



Lembaga Penelitian dan
Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Pendidikan Ganesha

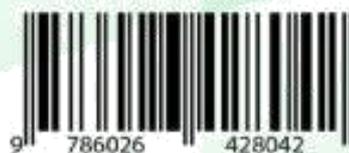
PROSIDING

Seminar Nasional Riset Inovatif

Sanur - Bali, 19 Nopember 2016

Senari
Seminar Nasional Riset Inovatif

ISBN 978-602-6428-04-2



9

786026

428042



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL RISET INOVATIF KE-4**

Disunting oleh:

Kadek Surya Mahedy
Nyoman Laba Jayanta
I Gede Partha Sindu
Agus Aan Jiwa Permana
Ida Komang Widhiarjaya
Gede Saindra Santyadiputra
I Made Ardwi Pradnyana

Nopember 2016
Diselenggarakan pada 19 Nopember 2016

Diselenggarakan oleh:
Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Pendidikan Ganesha

**UNDIKSHA PRESS
2016**

PROSIDING SEMINAR NASIONAL RISET INOVATIF KE 4

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pendidikan
Ganesha Prosiding Seminar Nasional
Seminar Nasional Riset Inovatif Ke-4
19 Nopember 2016

Penyunting:

Kadek Surya Mahedy

Nyoman Laba Jayanta

I Gede Partha Sindu

Agus Aan Jiwa Permana

Ida Komang Widhiarjaya

Gede Saindra Santyadiputra

I Made Ardwi Pradnyana

Diterbitkan oleh:

Undiksha Press

Jalan Udayana No. 11

Telp. +62 362 26609

Fax. +62 362 25735

Email lp3undiksha@yahoo.com

Singaraja-Bali

ISBN

978-602-6428-04-2

**Seminar Nasional Riset Inovatif (SENARI) Ke-4
Tahun 2016**

Komite Program:

Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.
Prof. Dr. Ida Bagus Putu Arnyana, M.Si.
Prof. Dr. I Wayan Lasmawan, M.Pd.
Dr. I Gusti Ngurah Pujawan, M.Kes.
Drs. I Wayan Suarnajaya, MA., Ph.D.
Prof. Dr. Nengah Suandi, M.Hum.

Reviewer:

Prof. Dr. I Made Candiasa, MI.Kom.
Prof. Dr. Nyoman Wijana, M.Si
Prof. Dr. I Ketut Dharsana, M.Pd
Prof. Dr. Ni Nyoman Padmadewi, M.A.
Prof. Dr. Ida Bagus Putrayasa, M.Pd
Dr. Ni Made Ratminingsih, M.A.
Dr. Drs. I Wayan Kertih, M.Pd.
Dr. I Wayan Bagia, M.Si
Dr. Desak Putu Parmiti, MS
Dr. Gede Indrawan, S.T, M.T.
Dr. Drs Wayan Mudana, M.Si.
Dr. Wahjoedi, S.Pd., M.Pd.
Dr. rer. nat I Gusti Ngurah Agung Suryaputra, S.T, M.Sc.
Dr. I Nyoman Sukajaya, M.T.
Dr. I Wayan Muderawan, M.S.

Komite Pelaksana :

Ketua Pelaksana: Putu Hendra Suputra, S.Kom., M.Cs.
Sekretaris: Nyoman Karina Wedhanti, S.Pd., M.Pd.
Bendahara: Made Henny Sawitri, A, Md.
Makalah/prosiding: Kadek Surya Mahedy, S.T., M.Pd.
Persidangan: Dr. Ketut Agustini, S.Si, M.Si.
Sekretariat: I Made Karunia, S.T.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa karena atas perkenan-Nya-lah Seminar Nasional Riset Inovatif (Senari) yang keempat ini dapat terlaksana sesuai dengan yang direncanakan. Kegiatan seminar ini digagas pertama kali oleh Lembaga Penelitian Undiksha (sekarang Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) UNDIKSHA) untuk mewadahi publikasi hasil-hasil penelitian yang mengedepankan sisi inovasi, keunggulan kualitas, dan keunikan tiap disiplin ilmu dalam rangka memperkuat identitas bangsa. Hal ini tercermin dalam tema yang secara konsisten diusung Senari sejak awal pelaksanaannya, yaitu “Memperkuat Jati Diri Bangsa Melalui Riset Inovatif, Unggul, dan Berkarakter”. Selanjutnya, kami sampaikan bahwa pada tahun ini, bersamaan dengan SENARI dilangsungkan pula Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat (Senadimas) yang pertama. Pelaksanaan Senadimas merupakan tugas yang diberikan kepada panitia oleh LPPM Undiksha yang dimaksudkan sebagai upaya memberikan kesempatan kepada para dosen dalam menyebarluaskan hasil-hasil pengabdian kepada masyarakat.

Senari IV dan Senadimas I dihadiri oleh 248 presenter. Dari jumlah ini, 172 adalah presenter Senari dan 72 adalah presenter Senadimas. Dari segi manuskrip, dapat kami laporkan bahwa panitia menerima total pendaftaran sebanyak 243 artikel dan abstrak, tetapi hanya 238 yang lolos review dan dinyatakan layak dengan perincian: Senari sebanyak 165 yang mencakup tiga bidang ilmu (pendidikan, sosial dan humaniora, serta sains dan teknologi) dan Senadimas 73 buah. Seperti pada tahun-tahun sebelumnya, Senari dan Senadimas tahun ini juga dihadiri oleh presenter dari luar Bali seperti dari Kupang, Sumatera, Jakarta, Bandung, Yogyakarta, Malang, dan Jember. Oleh karena itu, atas nama panitia izinkanlah kami mengucapkan selamat datang kepada seluruh peserta Senari keempat dan Senadimas pertama, dan terima kasih tak terhingga atas kepercayaannya kepada Undiksha.

Penyelenggaraan Senari dan Senadimas tahun ini menampilkan tiga pembicara. Sebagai pembicara utama adalah Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M.Sc., Direktur Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat DPRM Kemenristek Dikti. Pembicara kedua adalah Dr. I Ketut Eddy Purnama, MT., dosen, peneliti, reviewer, dan pemegang beberapa paten di bidang *biomedical engineering* dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember; dan pembicara ketiga adalah Prof. Dr. Ni Nyoman Padmadewi, M.A., guru besar di bidang pendidikan bahasa Inggris dari Undiksha dan pendiri serta direktur Yayasan Sukma Peduli Sesama Singaraja. Kami sampaikan rasa terima kasih terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pembicara yang telah memenuhi permintaan panitia sebagai narasumber dalam Senari dan Senadimas tahun 2016 ini.

Kami menyadari bahwa Senari dan Senadimas tahun ini tidaklah mungkin dapat terlaksana tanpa dukungan dan bantuan tulus dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ini izinkanlah kami pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih banyak kepada: (1) Kemenristek Dikti atas pendanaan penelitian yang diberikan, khususnya kepada para peneliti UNDIKSHA sehingga para peneliti dapat melakukan dan mempublikasikan hasil-hasil penelitiannya; (2) Rektor Universitas Pendidikan Ganesha yang telah mendukung terselenggaranya kegiatan ini; (3) Pemerintah daerah kabupaten Buleleng dan Provinsi Bali atas kerja sama yang telah terjalin selama ini baik di bidang penelitian maupun pengabdian pada masyarakat dengan peneliti-peneliti UNDIKSHA;

Komite Program yang telah memberikan dukungannya baik moral maupun material untuk pelaksanaan kegiatan ini, (5) para reviewer yang telah bekerja keras dalam proses seleksi artikel-artikel dalam seminar nasional riset inovatif ini, dan (6) teman-teman panitia pelaksana atas kerja keras dan dedikasinya demi terselenggaranya kegiatan seminar nasional ini.

Demikianlah yang dapat kami sampaikan. Semoga kegiatan Senari dan Senadimas dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi kita semua, masyarakat luas, serta bangsa dan negara. Akhir kata, kami ucapkan selamat berseminar, selamat menyemai ide, dan selamat ber-*network* untuk kita semua.

Singaraja, 19 Nopember 2016

Ketua Panitia



SAMBUTAN REKTOR
SEMINAR NASIONAL RISET INOVATIF (SENARI) KE-4 &
SEMINAR NASIONAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (SENADIMAS)
KE-1
19 NOPEMBER 2016, GRAND INNA BALI BEACH SANUR, BALI

Om Swastiastu, Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,
dan Salam Sejahtera buat kita semua.

Yang saya hormati,
Direktur Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (Prof. Dr. Okky Karna Radjasa, M.Sc.),
sekaligus sebagai nara sumber utama pada seminar nasional ini Para Pembantu Rektor,

Para Dekan dan Direktur Pascasarjana,
Para Nara Sumber

Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. (Dosen/Peneliti Institut Teknologi Sepuluh
Nopember, Surabaya)

Prof. Dr. Ni Nyoman Padmadewi (Guru Besar di Bidang Pendidikan, Universitas
Pendidikan Ganesha, Singaraja Bali)

Para peserta seminar,
dan undangan lainnya yang saya banggakan.

Kita patut memanjatkan puji syukur kepada Ida Sang Hyang Widi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa, karena hari ini kita dapat melaksanakan Seminar Nasional Riset Inovatif (SENARI) yang ke-4 dan Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat yang ke-1. Kegiatan ini digagas dan diselenggarakan oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Pendidikan Ganesha.

Hadirin yang saya hormati,

SENARI tidak sekedar acara rutin tahunan yang diselenggarakan sebagai forum ilmiah media solusi atas berbagai permasalahan yang dihadapi bangsa, dengan harapan memberikan kontribusinya sesuai bidang dan keahlian yang dikuasai. Tahun ini, untuk pertama kalinya dilaksanakan Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat (SENADIMAS) yang dilaksanakan bersamaan dengan SENARI. SENARI dan SENADIMAS mengambil tema “Memperkuat Jati Diri Bangsa melalui Riset Inovatif, Unggul, dan Berkarakter”. Tema ini merupakan penjabaran visi Universitas Pendidikan Ganesha dalam menguatkan partisipasi pembangunan negeri dan lebih dikenal di kalangan nasional maupun internasional.

Saya mengucapkan selamat kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Undiksha yang sudah membangun wadah akademik ini, sehingga para dosen atau peneliti baik di lingkungan Undiksha, maupun dari luar, memiliki ruang untuk saling berbagi pengalaman dan pengetahuannya baik di bidang Pendidikan, Sosial & Humaniora, dan Sains

Teknologi. Saya berharap bagi seluruh peserta seminar dapat memanfaatkan kegiatan ini dengan sebaik-baiknya.

Hadirin yang saya hormati,

Publikasi ilmiah dalam jurnal bereputasi internasional, seminar internasional maupun nasional berperan sebagai media aktualisasi diri para akademisi dan peneliti dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Negara-negara yang memiliki mutu pendidikan dan IPTEK yang bagus cenderung memiliki jumlah publikasi ilmiah yang tinggi pada jurnal bereputasi. Kegiatan ini merupakan salah satu wadah bagi para peneliti untuk mempublikasikan hasil karya ilmiahnya.

Research is never ending process, maka publikasikanlah hasil-hasil penelitian saudara. Sehingga universitas tidak menjadi menara gading yang hasil-hasil penelitiannya tidak menjangkau masyarakat. Kami berharap, kontribusi para peserta seminar dapat turut memujudkan tema yang diangkat pada seminar ini. Semoga dengan penyelenggaraan SENARI dan SENADIMAS tahun 2016 ini, Undiksha dapat lebih memberikan kontribusi dalam upaya mewujudkan kemandirian dan kejatidirian bangsa melalui forum diskusi ilmiah sekaligus menjadi motor penggerak perubahan yang berangkat dari penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang inovatif, unggul, dan berkarakter.

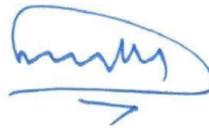
Akhirnya saya mengucapkan terima kasih kepada panitia, peserta seminar dan para undangan yang turut berpartisipasi dalam seminar kali ini dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Pendidikan Ganesha yang telah berusaha keras untuk menyelenggarakan kegiatan ini. Semoga seminar nasional ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, masyarakat dan kemanusiaan.

Selamat berbagi ilmu dan pengetahuan.

Om Santhi, Shanti, Shanti, Om.

Singaraja, 19 Nopember 2016

Rektor Universitas Pendidikan Ganesha,



Dr. I Nyoman Jampel, M.Pd.

NIP. 195910101986031003

DAFTAR ISI

SAINTEK.....	1
PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MUSEUM BERBASIS WEB DAN DIGITAL DISPLAY DENGAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY.....	2
PENGEMBANGAN JARINGAN SENSOR WIRELESS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328 UNTUK MONITORING KEBERSIHAN TOILET SECARA TERPUSAT	9
ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MIKROORGANISME PENGHASIL ENZIM SELULASE PADA RAYAP (<i>Coptotermes curvignathus Holmgren</i>)	24
AUTOMASI EFISIENSI PENGELOLAAN GEDUNG DENGAN APLIKASI INTEGRATED BUILDING CONTROL AND MONITORING (InCombine) STUDI KASUS DI PT ABC CREDIT COMPANIES.....	34
RESPONSE SURFACE OPTIMIZATION OF IMMOBILIZED <i>ACINETOBACTER BAUMANNII</i> FOR LIPASE PRODUCTION.....	43
SISTEM INFORMASI BERBASIS WEB 2.0 PRODUK UNGGULAN USAHA MIKRO KECIL DAN MENENGAH (UMKM) DI KABUPATEN BULELENG.....	50
SISTEM KONTROL KRAN SOLENOID BERBASIS RFID PADA SISTEM LAYANAN AIR MINUM DESA.....	60
SUMBER DAMPAK PENURUNAN KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DI KAWASAN WISATA TOYA BUNGKAH, BANGLI-BALI.....	72
TITIK RAWAN EROSI SEPANJANG LINTASAN SINGARAJA-BEDUGUL (BALI).....	84
UPAYA PENGELOLAAN DAN PEMANTAUAN LINGKUNGAN HIDUP PADA PEMBUDIDAYAAN UDANG DI LAUT LEPAS DESA SANGSIT KECAMATAN SAWAN KABUPATEN BULELENG.....	96
PENGARUH VOLUME AIR LAUT PADA RANGKAIAN PARALEL ANODA AI-C UNTUK MENDEGRADASI LIMBAH TEKSTIL.....	107
PEMODELAN KINETIKA DAN PEMANTAUAN OZON TROPOSFER DI PARKIR DEPAN GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA	114
RESPON PASAR ANEKA KERAJINAN KAYU SINTETIK DARI JERAMI DAN SEKAM PADI YANG DIPERKUAT NANOKOMPOSIT SILIKA-KARBON.....	120
SISTEM PENGELOLAAN SERTA DISTRIBUSI SURAT BERBASIS WEB DAN SMS GATEWAY (STUDI KASUS : FTK, UNDIKSHA).....	126
PENGGUNAAN TEKNOLOGI DAUR ULANG PERKERASAN ASPAL UNTUK MENINGKATKAN AKSESIBILITAS MENUJU LOKASI WISATA DI TIMOR	133
<i>VIRTUAL SIMULATION: PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS ANIMASI</i> UNTUK MENGANALISIS STABILITAS BELOK RANCANGAN KENDARAAN GANESHA ELECTRIC 1.0 GENERASI I DALAM RANGKA MENINGKATKAN DAYA SAING DAN KUALITAS PRODUK OTOMOTIF.....	147
STANDARDISASI KONDISI FISIK ATLET PORPROV BALI	154
AMOBILISASI BAKTERI <i>ACINETOBACTER BAUMANII</i> MENGGUNAKAN ALGINAT SEBAGAI BAHAN PEMBAWA (<i>CARRIER</i>).....	162

PENGEMBANGAN MODUL ANDROID BLUETOOTH REMOTE CONTROL RELAY SEBAGAI SISTEM OTOMASI RUMAH TINGGAL	172
PENGEMBANGAN PROTOTIPE ALAT BATIK CANTING ELEKTRONIK MELALUI INOVASI ALAT BATIK CANTING PADA PROSES PEMBUATAN BATIK TULIS TRADISIONAL.....	181
IDENTIFIKASI SERAT ALAM LOKAL POTENSIAL SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU PRODUK WISATA DALAM RANGKA PEMBERDAYAAN USAHA KECIL MENENGAH (UKM) DI KAWASAN BALI UTARA (Studi Kasus di Desa Musi, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng)	190
FILM ANIMASI KEBO IWA DAN GAME I RAJAPALA, PROGRAM IBIKK GANESHA CREATIVE STUDIO TAHUN I 2016	200
SIMULASI CFD PENGERING CENGKEH MENGGUNAKAN SINAR MATAHARI	205
SISTEM PENDETEKSI PAKAR BERDASARKAN KOLEKSI DOKUMEN ILMIAH UNDIKSHA 214	
CANTRANG: MASALAH DAN SOLUSINYA.....	219
PENDIDIKAN	229
INTERAKSI DALAM PEMBELAJARAN BAHASA INDONESIA DI SEKOLAH DASAR	230
PHYSICAL CONDITION LEVEL OF FOOTBALL REFEREE PENGKAB PSSI BULELENG....	240
ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN BUKU AJAR DAN PERANGKAT PEMBELAJARAN FISIKA SMA BERBASIS MODEL-MODEL STUDENT CENTERED LEARNING MENGAITKAN KONSEP DAN PRINSIP FISIKA DENGAN NILAI-NILAI KARAKTER, SIKAP SOSIAL, DAN SIKAP SPIRITUAL	254
EFEKTIVITAS SILABUS DAN BUKU AJAR MATA KULIAH DOKKAI II BERBASIS PENDIDIKAN KARAKTER.....	265
PENGARUH PEMBELAJARAN BERBANTUAN TEKNOLOGI KOMPUTER TERHADAP HASIL BELAJAR GEOMETRI TRANSFORMASI DENGAN MENGONTROL KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS	270
INSTRUMEN PENILAIAN HASIL BELAJAR SISWA SEKOLAH DASAR UNTUK RANAH SIKAP DAN KETERAMPILAN.....	279
PENGEMBANGAN KARAKTER BANGSA MELALUI MUATAN BUDAYA LOKAL DALAM SUPLEMEN PERANGKAT PEMBELAJARAN BAHASA INGGRIS.....	286
PERMASALAHAN GURU DALAM MERANCANG DAN MENGIMPLEMENTASIKAN PENILAIAN OTENTIK DALAM PEMBELAJARAN SAINS DI SMP DAN SMA	308
PENGUNAAN BAHASA INDONESIA LISAN MAHASISWA UNDIKSHA: TINJAUAN ASPEK KATA DAN KALIMAT.....	318
PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN DALAM PENYUSUNAN <i>FINANCIAL STATEMENT</i> MELALUI MEDIA <i>MICROSOFT EXCEL</i>	326
UMPAN BALIK GURU TERHADAP SISWA DALAM PEMBELAJARAN BAHASA INGGRIS DI SD SARASWATI 5 DENPASAR	339
UJI COBA LAPANGAN BUKU PANDUAN PENGELOLAAN LABORATORIUM KIMIA BERBASIS NILAI-NILAI KEARIFAN LOKAL <i>TRISAKTI</i>	352
PERSEPSI DAN MODEL MENTAL MAHASISWA TAHUN PERTAMA TERHADAP PEMBELAJARAN KIMIA ORGANIK DI SMA	359

KEARIFAN LINGKUNGAN SISWA SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA) DALAM MENUNJANG TERWUJUDNYA <i>BALI DWIPA JAYA</i> YANG BERLANDASAKAN <i>TRI HITA KARANA</i> DI PROVINSI BALI.....	366
TEACHING WRITING DESCRIPTIVE TEXT THROUGH TASK-BASED LANGUAGE TEACHING (TBLT) METHOD.....	376
KARTU GERAK M@WI: MEDIA PEMBELAJARAN PJOK BERBASIS GERAK DASAR DI SEKOLAH DASAR.....	380
PENGARUH MODEL <i>CONTEXTUAL TEACHING LEARNING</i> BERMUATAN PENDIDIKAN KARAKTER TERHADAP KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF DAN SIKAP ILMIAH DITINJAU DARI MOTIVASI BELAJAR.....	388
KEEFEKTIFAN PENGGUNAAN MODELS MATEMATIKA DALAM MEMBANGUN KONSEP PECAHAN.....	398
REKONSTRUKSI LANDASAN DAN TUNTUNAN PENDIDIKAN KARAKTER BERBASIS KEARIFAN LOKAL DI <i>DESA PAKRAMAN</i> UBUD, BALI.....	409
EFEKTIVITAS MODEL PRO-BHL DALAM UJICoba TERBATAS UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMAN 1 SINGARAJA.....	415
EFEKTIVITAS TES BAKAT MANDIRI.....	427
MODEL EVALUASI PENDIDIKAN KARAKTER YANG KOMPREHENSIF.....	436
THE PARADIGM OF MADRASAH DEVELOPMENT IN ACHIEVING INDONESIAN HUMAN DEVELOPMENT.....	445
IDENTIFIKASI DAN ANALISIS TINDAK KEKERASAN PADA SEKOLAH DI KABUPATEN BULELENG.....	461
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR DAN MODEL PENGEMBANGAN KARAKTER MELALUI PEMBELAJARAN PJOK PADA SISWA SEKOLAH DASAR SE-BALI.....	465
PENGEMBANGAN MODEL <i>PEER-MEDIATED INTERVENTION</i> DENGAN STRATEGI <i>PIVOTAL RESPONSE TRAINING</i> UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN SOSIAL SISWA AUTISTIK PADA SEKOLAH DASAR INKLUSI DI BALI.....	470
MENGONTROL MOTIVASI BERPRESTASI SISWA SEKOLAH DASAR DALAM PEMBELAJARAN SAVI DENGAN KURIKULUM 2013.....	479
SOSHUM.....	488
PERAN ADAT DAN TRADISI DALAM PROSES TRANSPARANSI DAN AKUNTABILITAS PENGELOLAAN KEUANGAN <i>DESA PAKRAMAN</i> (Studi Kasus <i>Desa Pakraman Buleleng</i> , Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali).....	489
JAPANESE CAREER WOMEN’S LINGUISTIC REALITIES : CONVERSATIONS FROM UBUD, BALI.....	521
KAJIAN ESTETIKA POSMODERN SENI KRIYA DI TEGALLALANG GIANYAR BALI.....	532
PENGEMBANGAN MODEL PENGUKURAN <i>SOFT SKILLS</i> MAHASISWA POLITEKNIK DI INDONESIA.....	539
PENGEMBANGAN PRODUK WISATA BERBAHAN BAKU LIDI DAN DAUN LONTAR SEBAGAI SALAH SATU ALTERNATIF PERCEPATAN PERTUMBUHAN EKONOMI MASYARAKAT MUNTIGUNUNG DAN PEDAHAN KECAMATAN KUBU KABUPATEN KARANGASEM.....	545

WANITA DAN BANTEN PERGULATAN STATUS DI TENGAH ABRASI SIMBOLISME KEAGAMAAN PADA MASYARAKAT BALI	555
ADAPTASI ETNIK BUGIS MEMPERTAHANKAN EKSISTENSINYA DALAM ERA GLOBALISASI DI KAMPUNG ISLAM KEPAON, DENPASAR SELATAN	562
LUAS PENGUNGKAPAN CSR DAN KINERJA KEUANGAN DALAM NILAI PERUSAHAAN	573
KAJIAN TENTANG FAKTOR INTERNAL DAN EKSTERNAL YANG MENDUKUNG PENGEMBANGAN USAHA PRODUK UNGGULAN LOKAL SULAM DAN BORDIR KABUPATEN MALANG	580
<i>TAT TWAM ASI</i> : ADAPTASI NILAI KEARIFAN LOKAL DALAM PENGENTASAN KEMISKINAN KULTURAL	589
PEMBERDAYAAN INDUSTRI KECIL KERAJINAN TANGAN MELALUI PENGEMBANGAN KEWIRAUSAHAAN DI KABUPATEN GIANYAR BALI	604
KELUARGA-KELUARGA DI PEDESAAN PINGGIRAN SELATAN JAKARTA 1904-1960	614
KAJIAN POTENSI SUMBERDAYA YANG TERKAIT DENGAN INVESTASI DALAM PENGENTASAN KEMISKINAN KABUPATEN BULELENG	629
PENERAPAN MOTIF HIAS DENGAN TEKNIK JUMPUTAN DAN TEKNIK <i>PAINTING</i> PADA KAIN	639
PERAN LEMBAGA PERKREDITAN DESA DALAM PENANGGULANGAN KEMISKINAN DI PROVINSI BALI	649
PENGEMBANGAN EKONOMI KREATIF WARGA BELAJAR DENGAN PENDEKATAN <i>ONE VILLAGE ONE PRODUCT (OVOP)</i> DALAM MENDUKUNG KEPARIWISATAAN DI PROVINSI BALI	656
KEBERTAHANAN <i>TRADISI MANAK SALAH</i> PADA MASYARAKAT PADANG BULIA	664
PUTUSAN DESA ADAT SEBAGAI LEGITIMASI MASYARAKAT ADAT TERHADAP PERKAWINAN NYENTANA DI KABUPATEN TABANAN	675
SISTEM TATA KELOLA USAHA PERTANIAN SEMANGKA MELALUI PENGURUSAN IJIN USAHA PERDAGANGAN DI KABUPATEN KLUNGKUNG	687
PUTUSAN MUDP BALI NO. 01/KEP/PSM-3MDP BALI/X/2010 SEBAGAI LEGITIMASI FORMAL ANAK PEREMPUAN BERHAK MEWARIS DI KABUPATEN BULELENG	697
<i>PANYELAMAN: MERAWAT KERUKUNAN ANTARUMAT AGAMA MELALUI DIALOG KULINER</i> (Studi Kasus di Desa Melaya, Melaya, Jembrana, Bali)	709
NILAI KEARIFAN LOKAL CERITA RAKYAT BALI YANG RELEVAN UNTUK PENDIDIKAN KARAKTER SISWA SD KELAS I	721
<i>BEBOTOH</i> PEREMPUAN DI ARENA PERMAINAN CEKI: REPRESENTASI PERLAWANAN TERHADAP MITOS INSKLUSIF BERBASIS GENDER	734
ANALISIS <i>MARKETING MIX</i> POP HOTEL SINGARAJA	748
PENYUSUNAN KAMUS SERAPAN DALAM BAHASA BALI (HASIL UJI EFEKTIVITAS DI LAPANGAN)	753
IMPLEMENTASI USADA SEBAGAI KEARIFAN LOKAL BALI DALAM MENINGKATKAN MINAT MASYARAKAT DAN WISATAWAN MENGONSUMSI KULINER LOKAL UNTUK MENINGKATKAN EKONOMI KREATIF MASYARAKAT BALI	764

STUDI ETNOGRAFI PADA BUDAYA LOKAL SEBAGAI PENGEMBANGAN KREATIVITAS DALAM KONTEKS INDUSTRI KREATIF	773
PENGEMBANGAN MODEL PENGENDALIAN ALIH FUNGSI LAHAN SAWAH IRIGASI BERBASIS PENGELOLAAN <i>SUBAK</i> DI KABUPATEN BADUNG BALI	789

SAINTEK

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI MUSEUM BERBASIS WEB DAN DIGITAL DISPLAY DENGAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY

Gede Mahendra Darmawiguna¹, I Made Gede Sunarya², Gede Aditra Pradnyana³, I Made Ardwi Pradnyana⁴^{1,2,3,4}Jurusan Pendidikan Teknik Informatika FTK Undiksha
Email: mahendra.darmawiguna@undiksha.ac.id

ABSTRACT

Museum is one of the cultural tourist attraction. Artifacts or objects of cultural heritage and the collection of a museum exhibition materials often become a tourist attraction. According to Edward P. Alexander and Mary Alexander (2007), a museum is an institution that cares about the preservation of a collection of artifacts and objects of scientific, artistic, cultural and other important historical objects that can be seen by the public through exhibitions either permanently or temporarily. Current technologies provide great influence in almost every area of life. One of the benefits can be seen in the museum. The use of technology in the museum have a significant impact on Pergamon Museum, Berlin, Germany.

This research aims to develop a Web-Based Information System Museum and Digital Display with Augmented Reality Technology. In the first year will be generated model of information system software, in the second year will produce an information and information systems in the third year will be generated augmented reality applications and digital systems display with a QR-Code. The methodology used to develop this software is SDLC (System Development Life Cycle). SDLC stages consist of Requirement Analysis, Design, Implementation, Testing and Evaluation.

Results from this study is an collection information system Museum Bali Based on Metadata Standards International Committee for Documentation (CIDOC) and Markerless Augmented Reality Application about Introduction and the Making of Keris

Keywords: museum, inventory information system, Augmented Reality

ABSTRAK

Museum adalah salah satu daya tarik wisata budaya. Artefak atau benda warisan budaya yang menjadi koleksi dan bahan pameran dari suatu museum sering menjadi daya tarik wisata. Menurut Edward P. Alexander dan Mary Alexander (2007), sebuah museum adalah institusi yang peduli akan pelestarian koleksi artefak dan benda ilmiah, seni, budaya dan benda sejarah penting lainnya yang dapat dilihat oleh publik melalui pameran baik secara permanen ataupun sementara. Saat ini teknologi memberikan pengaruh yang besar hampir di setiap bidang kehidupan. Salah satu manfaatnya dapat dilihat di museum. Pemanfaatan teknologi di museum berdampak signifikan di Museum Pergamon, Berlin, Jerman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Informasi Museum Berbasis Web dan Digital Display dengan Teknologi Augmented Reality. Pada tahun pertama akan dihasilkan model perangkat lunak sistem informasi, pada tahun kedua akan dihasilkan sebuah sistem informasi informasi dan pada tahun ketiga akan dihasilkan augmented reality application dan sistem digital display dengan QR-Code. Metodologi yang digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak ini adalah SDLC(System Development Life Cycle). Tahapan SDLC terdiri dari Requirement Analysis, Design, Implementation, Testing dan Evaluation.

Hasil dari penelitian ini adalah Informasi Koleksi Museum Bali Berdasarkan Metadata Standar International Committee for Documentation (CIDOC) dan Aplikasi Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris

Kata kunci: museum, sistem informasi inventory , Augmented Reality

PENDAHULUAN

Pariwisata budaya kini ditengarai sebagai salah satu segmen industri pariwisata yang perkembangannya paling cepat. Hal ini

dilandasi oleh adanya kecenderungan atau trend baru di kalangan wisatawan untuk mencari sesuatu yang unik dan autentik dari suatu kebudayaan. Hasil studi yang dilakukan oleh Travel Industry Association and

Smithsonian Magazine pada tahun 2003 menunjukkan bahwa wisatawan yang mengunjungi situs sejarah dan atraksi budaya umumnya berpendidikan lebih tinggi, dengan pendapatan lebih banyak, tinggal lebih lama dan membelanjakan uangnya lebih banyak dibandingkan dengan jenis wisatawan lainnya. Pariwisata budaya diyakini memiliki manfaat positif secara ekonomi dan sosial budaya. Jenis pariwisata ini dapat memberikan keuntungan ekonomi kepada masyarakat lokal, dan di sisi lain dapat melestarikan warisan budaya yang sekaligus berfungsi sebagai jati diri masyarakat bersangkutan.

Museum adalah salah satu daya tarik wisata budaya. Artefak atau benda warisan budaya yang menjadi koleksi dan bahan pameran dari suatu museum sering menjadi daya tarik wisata. Menurut Edward P. Alexander dan Mary Alexander (2007), sebuah museum adalah institusi yang peduli akan pelestarian koleksi artifak dan benda ilmiah, seni, budaya dan benda sejarah penting lainnya yang dapat dilihat oleh publik melalui pameran baik secara permanen ataupun sementara. Tujuan dari berdirinya museum di era modern adalah untuk mengkoleksi, melestarikan, menginterpretasi, dan menampilkan obyek-obyek baik yang arahnya budaya, artistik, maupun ilmiah sebagai edukasi bagi khayalak publik. Tujuannya bisa tergantung dari pandangan masing-masing. Untuk keluarga, museum dapat dijadikan media rekreasi akhir pekan, perjalanan ke museum mungkin akan menjadi hal yang menyenangkan dan menjadi cara yang bermanfaat untuk menghabiskan akhir pekan. Bagi pemimpin daerah, komunitas museum yang sehat dapat dilihat sebagai ukuran kestabilan ekonomi daerah tersebut dan merupakan cara meningkatkan kepedulian terhadap keunikan daerah. Untuk seorang profesional, museum dapat dilihat sebagai cara untuk mendidik masyarakat tentang misi dari museum, seperti hak-hak sipil dan lingkungan hidup.

Museum Bali adalah salah satunya. Museum Bali adalah salah satu Unit Pelaksana

Teknis Dinas Kebudayaan Provinsi Bali yang mempunyai tugas-tugas: mengumpulkan, meneliti, merawat, dan memamerkan benda-benda budaya untuk tujuan pendidikan, penelitian, dan rekreasi/pariwisata. Museum Bali terletak di pusat kota Denpasar, tepatnya di Jalan Mayor Wisnu, di sebelah timur lapangan Puputan Badung dan di sebelah selatan Pura Jagadhanata, membujur utara-selatan sepanjang 140 meter dengan pintu masuk menghadap ke barat atau ke Jalan Mayor Wisnu yang ditutup untuk kendaraan kecuali pengunjung museum. Berdasarkan koleksi yang dimilikinya, Museum Bali termasuk salah satu museum umum provinsi, memiliki dan memamerkan benda-benda budaya dari zaman prasejarah sampai kini mencerminkan seluruh unsur kebudayaan Bali antara lain arkeologika, koleksi historika, koleksi seni rupa, koleksi etnografika, koleksi biologika, koleksi nimismatika, koleksi filologika, koleksi keramalogika, dan koleksi teknologika.

Museum berfungsi sebagai pengelolaan warisan budaya sesungguhnya memiliki ideologi yang sama dengan pariwisata budaya yakni memberikan informasi dan pelayanan kepada publik dan/atau wisatawan tentang fungsi dan makna suatu artefak ataupun event tertentu. Eksibisi dan pengelolaan benda warisan budaya seharusnya diatur sedemikian rupa sehingga menarik minat wisatawan. Informasi yang lengkap dan menarik, serta penataan yang baik tentang warisan budaya akan dapat menjadi daya tarik wisatawan. Berdasarkan wawancara dari pihak UPT Museum Bali, Bapak Made Yuda, saat ini Museum Bali mengkoleksi ribuan benda bersejarah Bali.

Laboratory of Cultural Informatics, Jurusan Pendidikan Teknik Informatika telah mengembangkan beberapa penelitian yang mengarah ke budaya. Penelitian yang dikembangkan merupakan hasil skripsi mahasiswa. Berdasarkan penelitian yang telah dikembangkan di Jurusan Pendidikan Teknik Informatika, ada beberapa penelitian yang

dikembangkan yang mengarah ke budaya, salah satunya adalah pengembangan *Augmented Reality Book Project* untuk bangunan-bangunan pura di Bali, obyek-obyek budaya lainnya seperti barang, rumah tradisional, petulangan, tarian Bali, dan lain-lain. *AR Book Project* ini telah diseminarkan dalam *XII. Conference Culture and Computer Science* di Berlin, Jerman. Selain itu, pengembangan aplikasi berbasis *mobile* yang diarahkan ke budaya pun juga telah dilakukan diantaranya pengembangan aplikasi musik tradisional Bali seperti gong kebyar dan jegog. Berdasarkan latar belakang di atas penulis berkeinginan untuk mengkaji dan meneliti lebih dalam implementasi dari teknologi yang dapat dilakukan di Museum Bali dengan judul penelitian “Pengembangan Sistem Informasi Museum Berbasis Web dan Digital Display dengan Teknologi Augmented Reality”.

METODE

Penelitian difokuskan pada implementasi arsitektur yang telah di bangun pada tahun kedua ke aplikasi perangkat lunak. Rancangan arsitektur yang diimplentasikan adalah database, aplikasi mobile ke dalam bahasa pemrograman Android dan website penggalian potensi wisata. Metodologi yang digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak ini adalah SDLC(System Development Life Cycle). Tahapan SDLC terdiri dari

Requirement Analysis, Design, Implementation, Testing dan Evaluation. Tahapan ditunjukkan pada Gambar

Selain itu pada tahap ini diimplementasikan juga infrastruktur jaringan dan server untuk menunjang aplikasi yang sudah di bangun. Implementasi dilakukan pada rancangan Aplikasi Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris



Gambar 1 System Development Life Cycle

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lingkungan pengembangan perangkat lunak Sistem Informasi Koleksi Museum Bali Berdasarkan Metadata Standar International Committee for Documentation (CIDOC) menggunakan beberapa perangkat lunak dan perangkat keras. Adapun spesifikasi perangkat lunak yang digunakan, yaitu: (1) Sistem Operasi Microsoft Windows 7 (2) Android SDK (3) Android JDK (4) Android Studio (5) Adobe Dreamweaver CS6 (6) Adobe Photoshop CS6 (7) XAMPP Adapun spesifikasi perangkat keras yang digunakan, yaitu: (1) Laptop dengan spesifikasi, yaitu: (a) Monitor 14 inchi dengan resolusi 1366 x 768

Memori 4 GB RAM dan harddisk 500 GB
Processor Intel®Core™ i5-2410 @2,3 GHz.

(2) Personal Computer dengan spesifikasi, yaitu : (a) Monitor 18 inchi dengan resolusi 1280 x 720 (b) Memori 4 GB RAM dan harddisk 820 GB (c) Processor

Intel®Pentium™ G2030 @ 3 GHz. (3) Perangkat Android dengan spesifikasi, yaitu:

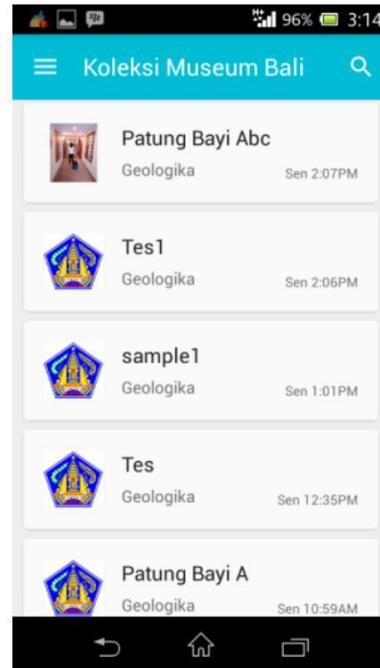
Android 4.2.2 (Jelly Bean) (b) Layar 4.3 inchi dengan resolusi 480 x 854 pixels (c) RAM 1 GB (d) Processor Dual-core 1 GHz (e) GPU Andreno 305 (f) Camera 8MP, 3264 x 2448 pixels.



Gambar 2 Implementasi Beranda

Adapun batasan implementasi Sistem Informasi Koleksi Museum Bali Berdasarkan Metadata Standar *International Committee for Documentation* (CIDOC) dibatasi oleh hal berikut, yaitu: (1) Spesifikasi perangkat minimal yang diperlukan untuk menjalankan aplikasi android, yaitu : (a) *Processor* ARM-v7a (b) GPU kelas mid-end (c) RAM 512 MB

OS Android versi 2.3 (Gingerbread) (e) resolusi layar 320 x 480. (2) Bahasa yang digunakan pada sistem informasi adalah Bahasa Indonesia. (3) Sistem informasi masih bersifat lokal, sehingga hanya bisa diakses melalui jaringan lokal milik Museum Bali. (4) Pengembangan aplikasi mobile ini difokuskan hanya pada sistem operasi Android. Implementasi antarmuka Perangkat Lunak ditunjukkan pada Gambar 3.



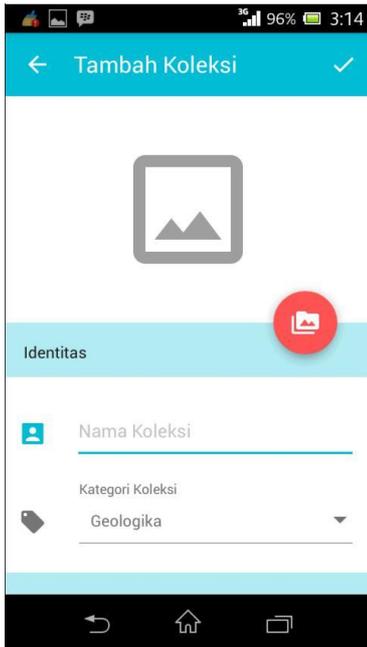
Gambar 3 Implementasi Antarmuka Tampilan Utama pada Aplikasi Android

Implementasi Antarmuka Kategori Koleksi Pada Aplikasi Android ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Implementasi Antarmuka Kategori Koleksi Pada Aplikasi Android

Implementasi Antarmuka Tambah Koleksi Pada Aplikasi Android ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Implementasi Antarmuka Tambah Koleksi Pada Aplikasi Android

Implementasi AR Keris

Implementasi perangkat lunak Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris ini terdiri dari lingkungan implementasi perangkat lunak, batasan implementasi perangkat lunak, implementasi arsitektur perangkat lunak, implementasi struktur data perangkat lunak serta implementasi layar antarmuka perangkat lunak.

Lingkungan implementasi perangkat lunak aplikasi Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris menggunakan beberapa perangkat lunak dan perangkat keras sebagai berikut.

4.2.1 Spesifikasi Perangkat Lunak

Pada lingkungan perangkat lunak, aplikasi Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris dijalankan pada lingkungan sebagai berikut.

- Sistem Operasi Microsoft Windows 7 Ultimate.
- Sistem Operasi Android Jelly Bean v 4.1. 2.
- Adobe Photoshop CS3
- Blender 2.74.
- Vuforia Qualcomm Augmented Reality.
- Unity 4.6.2.

g. SDK Android Tools.

4.2.1. Spesifikasi Perangkat Keras

- Pada lingkungan perangkat keras, aplikasi *Markerless augmented reality* Pengenalan Gerakan Dasar Olahraga dijalankan pada lingkungan sebagai berikut.
- Laptop Asus A450C.
 - Intel®Core™ i3CPU @ 1.8GHz.
 - RAM 2.00 GB.
 - Harddisk 500 GB.

Rancangan antarmuka tampilan perangkat lunak Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris diimplementasikan menggunakan fitur-fitur yang terdapat pada Unity 3D. Gambar 6 merupakan tampilan *splash screen*. Gambar 7 merupakan tampilan layar main menu. Gambar 8 merupakan tampilan layar augmented reality keris. Gambar 9 merupakan implementasi tampilan layar augmented reality proses pembuatan keris.



Gambar 6 Implementasi Tampilan Layar Intro/Splash Screen

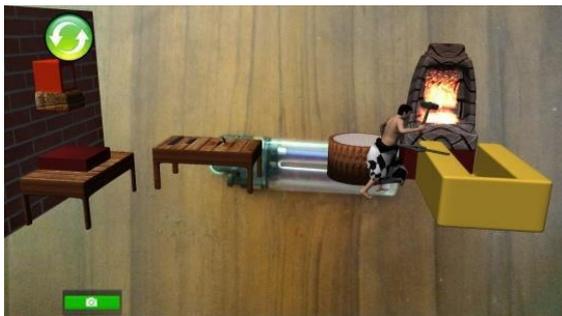
Implementasi antarmuka tampilan menu terdapat empat tombol yaitu mulai, bantuan, tentang, dan keluar



Gambar 7 Implementasi Tampilan Layar Main Menu



Gambar 8 Implementasi Tampilan Aplikasi Augmented Reality Keris



Gambar 9 Implementasi Tampilan Aplikasi Augmented Reality Proses Pembuatan Keris

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ada beberapa kesimpulan yang diperoleh:

Sistem Informasi Koleksi Museum Bali Berdasarkan Metadata Standar International Committee for Documentation (CIDOC) diimplementasikan menggunakan framework CodeIgniter untuk implementasi website, menggunakan bahasa pemrograman HTML, PHP, Javascript, CSS dan XML dengan editor Adobe Dreamweaver CS6. Untuk implementasi aplikasi android menggunakan bahasa pemrograman Java dan XML dengan editor Android Studio. Untuk implementasi basis data menggunakan MySQL melalui aplikasi XAMPP.

Rancangan Aplikasi Markerless Augmented Reality Pengenalan Keris dan Proses Pembuatan Keris

menggunakan metode proses SDLC (System Development Life Cycle).

Model yang digunakan dalam membangun teknologi ini adalah Model Rapid Application Development (RAD). Pada model ini mengutamakan kecepatan dalam setiap fase sehingga mengurangi waktu pengembangan sistem. Dalam model RAD diperlukan kedekatan pengguna dengan developer sehingga pengguna dapat ikut serta dalam pengembangan sistem tersebut. Adapun tahapan dalam model RAD ini adalah analisis, desain, dan implementasi. Aplikasi ini terdiri dari 35 buah keris dan animasi pembuatan keris.

Saran yang dapat diberikan dari kemajuan penelitian yang telah dilakukan yaitu Sistem informasi ini disimpan secara *online* bukan hanya menggunakan jaringan lokal, sehingga memudahkan dalam hal aksesibilitas. Aplikasi android dari sistem informasi ini dikembangkan untuk *multi-platform* Aplikasi markerless augmented reality pengenalan keris dan proses pembuatan keris ini masih bersifat statis, sehingga untuk pengembangan selanjutnya diharapkan bisa lebih dinamis, seperti untuk menambah objek baru tidak harus menginstal .apk dari awal melainkan dengan cara menambahkan objek baru melalui *database*

DAFTAR RUJUKAN

- Akhmad Afissunani, Akuwan saleh et al. tt. "Multi Marker Augmented Reality Untuk Aplikasi Magic Book". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember. (hlm. 70-76)
- Andriyadi, Anggi. 2011. "Augmented Reality With ARToolkit Reality Leaves a lot to Image". Lampung : Augmented Reality Team.

- Billinghurst, M. 2002. "Augmented Reality in Education, New Horizons for Learning".
<http://www.newhorizons.org/strategies/technology/billinghurst.htm>
- Christian A. Caroli. 2007. "Ptolemaios I. Soter - Herrscher zweier Kulturen", Konstanz. Originally presented as the author's thesis (doctoral)--Universität, Konstanz, 2007
- EdwardPorter Alexander, Mary Alexander. 2007. Museums in motion: an introduction to the history and functions of museums. Plymouth: AltaMira Press
- Findlen, Paula. 1989. "The Museum: its classical etymology and renaissance genealogy". *Journal of the History of Collections* 1 (1): 59–78. doi:10.1093/jhc/1.1.59
- Graham, Paul. 2005. "Web 2.0". <http://www.paulgraham.com/web20.html>
- Azuma, Ronald T. 2001. Augmented Reality: Approaches and Technical Challenges. Book chapter in *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, Woodrow Barfield and Thomas Caudell, editors. Lawrence Erlbaum Associates. ISBN 0-8058-2901-6

PENGEMBANGAN JARINGAN SENSOR WIRELESS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA328 UNTUK MONITORING KEBERSIHAN TOILET SECARA TERPUSAT

I Wayan Sutaya¹, Ketut Udy Ariawan²
¹Jurusan Teknik Elektronika; ²Jurusan Teknik Elektronika;
Email: wsutaya@undiksha.ac.id

ABSTRACT

The modernization of WSN technology rapidly nowadays was to be a reason to look for an innovative implementation of this technology. The development of WSN product to monitoring toilet rooms centrally was finally to be an innovative research in concerning of the problems of the cleanness of toilets that occur massively in some institution buildings. The product that was produced on this research that was already done is capable to implementing WSN technology to automate the monitoring process of the cleanness of toilets. The smell of toilets was to be a boundary in term of the cleanness of toilets that were monitored. This product used ammonia sensor MQ135 to sensing of ammonia smell that is exist in toilet rooms and as the cleanness level indicator. The network topology of this WSN product used Tree model by using the low cost radio frequency nRF24101 as a wireless communication tool. For implementing and testing in the field, this product can monitor six toilets and certainly for addition of the number of toilets can be done easily by adding new node sensor module.

Keywords: WSN, ammonia sensor, the monitoring of the cleanness of toilets

ABSTRAK

Kemajuan teknologi WSN secara pesat saat ini menjadi sebuah alasan untuk mencari sebuah implementasi inovatif terhadap teknologi ini. Pengembangan produk perangkat WSN untuk monitoring toilet secara terpusat akhirnya menjadi sebuah penelitian inovatif di tengah kondisi permasalahan kebersihan toilet yang terjadi secara masif di berbagai gedung institusi. Produk yang dihasilkan pada penelitian yang telah dilakukan ini sudah mampu menerapkan teknologi WSN dalam mengotomasi proses monitoring kebersihan toilet. Bau toilet menjadi sebuah batasan untuk kebersihan toilet yang dimonitor. Produk ini memanfaatkan sensor amonia MQ135 sebagai pengindera bau ammonia yang terdapat pada toilet sebagai indikator tingkat kebersihan. Topologi jaringan dari produk WSN ini menggunakan model Tree dengan memanfaatkan radio frekuensi berbiaya rendah nRF24101 sebagai perangkat komunikasi wireless. Untuk implementasi dan pengujian di lapangan, produk ini mampu memonitor enam toilet dan tentunya kebutuhan untuk penambahan jumlah toilet yang ingin dimonitor bisa dilakukan dengan sangat mudah lewat penambahan modul node sensor pada produk ini.

Kata kunci: WSN, sensor amonia, monitoring kebersihan toilet

PENDAHULUAN

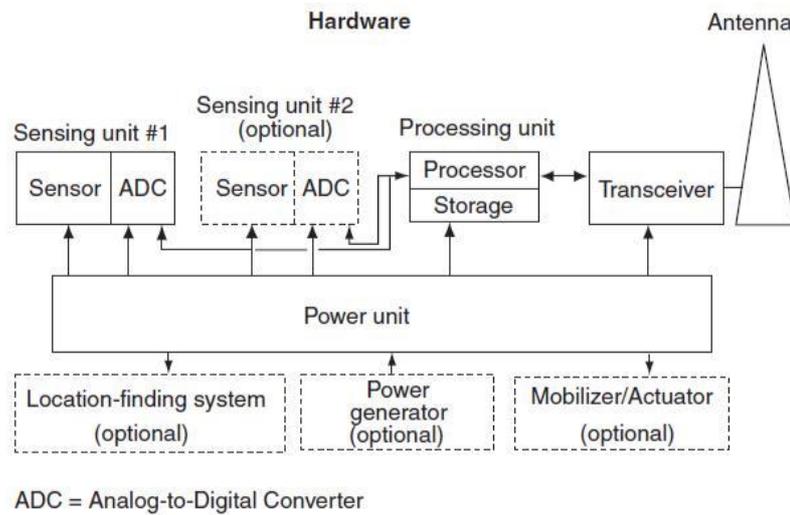
Jaringan sensor wireless atau wireless sensor network (WSN) telah menarik banyak perhatian dari kalangan akademisi sampai kalangan industri, dan menjadi topik penelitian yang sangat populer pada tahun belakangan ini. Populernya penelitian di bidang WSN disebabkan oleh perkembangan teknologi elektronika dan komunikasi yang sangat cepat. Saat ini

perangkat elektronika mempunyai fitur berbiaya rendah, fungsi yang banyak, memiliki kapasitas mobiliti dan berukuran kecil sehingga sangat cocok digunakan untuk membuat sebuah perangkat WSN (Kumar, 2013). Fitur-fitur prosesing seperti untuk sensing, komputasi, dan komunikasi saat ini bisa diintegrasikan ke dalam sebuah chip yang kecil seukuran biji jagung, sehingga hal ini memungkinkan perangkat WSN bisa dibuat

cerdas dan diimplementasikan di setiap sudut kehidupan (Rajesh, 2013).

WSN adalah kumpulan node sensor yang membentuk sebuah jaringan wireless untuk memonitor dan merekam kondisi fisik dari suatu lingkungan dan mengorganisasi data yang dikumpulkan pada lokasi tepusat

(Sharma, 2014). Node sensor seperti pada Gambar 1 adalah bagian utama dari sebuah WSN. Sebuah node sensor terdiri dari empat bagian utama yang terdiri dari modul power supply, sensor, mikrokontroler, dan wireless transmitter/ receiver.



Gambar 1. Komponen hardware dari sebuah WSN (Sohraby, 2007)

Power supply menyediakan daya listrik yang diperlukan oleh sistem. Sensor bertugas mengumpulkan dan mentransformasi sinyal seperti cahaya, getaran, gas kimia, menjadi sinyal elektrik dan mengirimkannya ke mikrokontroler. Mikrokontroler bertugas untuk menerima data dari sensor dan memprosesnya sesuai dengan kebutuhan. Modul wireless transmitter/ receiver mentransfer data ke node sensor lainnya. Sebuah WSN bisa dibuat dengan berbagai jenis topologi jaringan, seperti star, tree, dan mesh. Jenis topologi ini menentukan bagaimana sebuah node sensor berkomunikasi dengan node lainnya (Kaur, 2012).

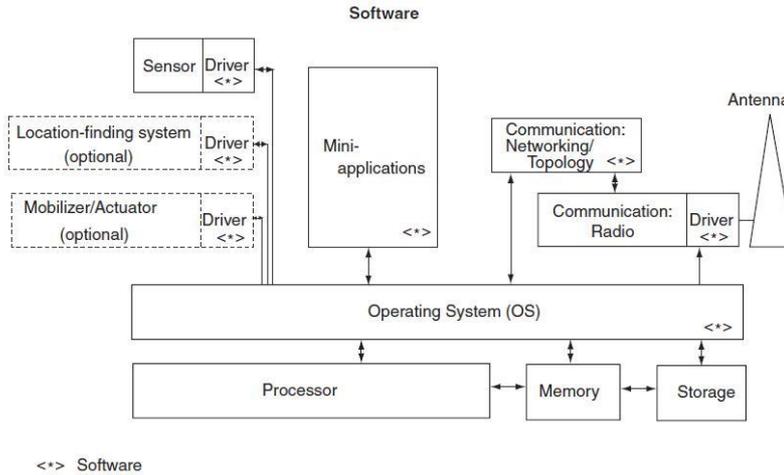
Dalam bentuk pengertian lain, WSN juga bisa disebut sebagai sebuah platform yang menggabungkan sensing, komputasi, dan komunikasi untuk menyediakan sebuah alat yang melakukan antar muka dengan lingkungan fisik. WSN terdiri dari sejumlah platform sistem komputer (mikrokontroler dan

mikrokomputer) yang murah dan kecil yang terembedded dalam lingkungannya. Platform ini mampu untuk mensensing lingkungan, memproses informasi pada sebuah board komputer yang kecil, dan berkomunikasi dengan jaringan server melalui link wireless multi-hop. Platform ini harus bisa beroperasi secara reliable untuk periode waktu yang lama dengan sumber yang terbatas seperti daya listrik, bandwidth komunikasi, kapasitas memori, power prosesi (Gupta, 2014).

Pada bagian software seperti pada Gambar 2, sebuah node sensor sebagai penyusun dari WSN mempunyai lima subsistem dasar (Shiravale, 2014). Subsistem yang pertama adalah middleware. Middleware berfungsi untuk menghubungkan antara software dengan fungsi-fungsi pada level hardware yang dimiliki oleh mikroprosesor. Kedua adalah driver sensor yang berfungsi manajemen fungsi-fungsi dasar dari sebuah komponen transmitter/ transceiver. Ketiga

adalah pengolah komunikasi yang bertugas untuk mengatur fungsi komunikasi termasuk routing, buffering packet, forwarding, perbaikan topologi, control akses. Keempat adalah driver komunikasi untuk mengatur link transmisi chanel radio, termasuk

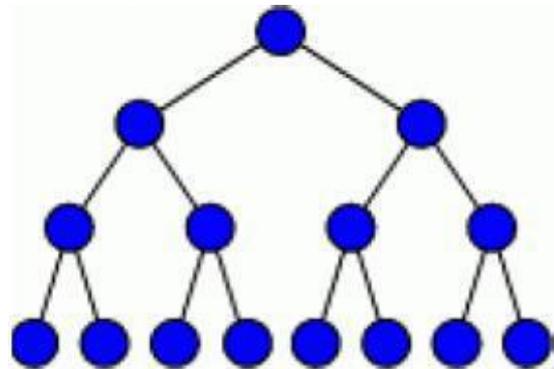
clocking dan sinkronisasi, encoding sinyal, recovery bit, counting bit, dan modulasi. Subsistem yang terakhir adalah pengolah data yang digunakan untuk penyimpanan nilai sinyal dan manipulasi aplikasi dasar lainnya.



Gambar 2. Komponen software dari sebuah WSN (Sohraby, 2007)

Penentuan jenis topologi dalam jaringan WSN menjadi hal yang sangat penting. Topologi Tree yang disajikan pada Gambar 3 adalah salah satu jenis topologi yang umumnya digunakan untuk membangun sebuah jaringan WSN. Topologi jaringan ini menggunakan sebuah hub pusat yang disebut dengan node root sebagai router komunikasi utama. Pada jalur jaringan WSN topologi ini bisa dalam bentuk satu hop atau multi hop. Node sensor bisa mengirimkan data yang dia dapatkan dari anaknya menuju ke induknya. Sangat penting untuk mencari jalur terpendek yang optimal sehingga menghasilkan delay yang kecil. Walaupun topologi ini mempunyai kompleksitas waktu yang tinggi tetapi cocok untuk sebuah implemmentasi sistem yang terdistribusi. Secara esensial topologi tree adalah gabungan dari topologi bus dan bintang. Topologi ini mempunyai node root yang terhubung dengan sejumlah node di bawahnya. Kekurangan utama dari topologi ini adalah jika suatu node root ada masalah maka node

anaknya tidak akan bisa berkomunikasi dengan node lainnya (Madauda, 2014).



Gambar 3. Topologi Tree (Madauda, 2014)

Penerapan WSN di berbagai bidang aplikasi menjadikan teknologi WSN berkembang sangat pesat. Sekarang ini WSN digunakan secara luas di berbagai bidang aplikasi seperti untuk proses industri, kesehatan, otomatisasi rumah/ smart home, pertanian cerdas dan sebagainya. Pada penelitian pertanian cerdas yang dilakukan oleh Chung (2013: 79–82), WSN digunakan

untuk memonitoring secara serentak temperatur, kelembaban, intensitas cahaya, dan lainnya yang berefek pada peningkatan kualitas dan kuantitas produksi. Sebagai contoh, salah satu faktor yang berefek pada kualitas panen adalah jumlah air dalam tanah yang disebut dengan kelembaban. Pada proses monitoring kelembaban ini, WSN tersusun atas beberapa node sensor dan koordinator. Node sensor ini terdiri atas sensor EC-5 yang berfungsi untuk mengukur volume air yang terkandung dalam tanah, mikrokontroler MPC82G81GA yang berfungsi untuk memproses data dari sensor, dan wireless transmitter/ receiver nRF24L01. Pada bagian koordinator terdiri dari wireless receiver nRF24L01 dan komputer. Data yang didapat dari sensor kemudian ditransfer ke koordinator untuk diproses sehingga bisa didapatkan waktu penjadwalan irigasi yang tepat.

Pada penelitian smart home yang dilakukan Chen (2012), WSN digunakan sebagai pengontrol keamanan seperti pipa gas, pemanas air, keracunan gas, kebakaran, dan untuk berbagai keperluan kontrol perangkat lainnya di sebuah rumah cerdas. Di sini pembuatan WSN melibatkan berbagai jenis sensor dan setiap sensor berkomunikasi dalam sebuah jaringan wireless dengan jenis topologi Mesh. Wireless transmitter/ receiver yang digunakan di sini adalah Zigbee.

Penelitian lain yang terkait adalah otomatisasi proses industri pengeboran minyak oleh Barani (2013: 341-346). Pada penelitian tersebut WSN digunakan untuk memonitoring keadaan pompa-pompa minyak yang tersebar di beberapa titik. Setiap unit pompa memiliki beberapa sensor seperti sensor suhu untuk mengetahui temperatur, sensor gas untuk mendeteksi kondisi data minyak, sensor level untuk mengetahui volume minyak, di mana semua sensor ini terhubung ke sebuah mikrokontroler yang akan mentransfer data yang didapat ini ke pusat data dengan menggunakan ZigBee transmitter. Setiap pompa menggunakan satu node sensor. Bagian

yang menerima semua data ini berupa komputer yang bertugas mengolah semua data.

Latar belakang dari pembuatan perangkat WSN untuk monitoring kebersihan toilet yang telah kami lakukan pada proyek penelitian ini adalah permasalahan terhadap kebersihan toilet saat ini. Kebersihan toilet menjadi masalah masif di gedung/ perkantoran di Indonesia. Kondisi toilet sekolah di Indonesia juga jauh dari ideal yaitu sering jorok dan baunya tidak sedap. Banyak sekolah di Indonesia tidak mempunyai toilet yang layak pakai. Kasus nyata permasalahan toilet juga terdapat di lingkungan kampus. Anggaran yang cukup tinggi untuk biaya kebersihan ternyata tidak membuat toilet kampus selalu bersih. Hal ini disebabkan tidak adanya proses otomatisasi dalam memonitoring tingkat kebersihan toilet sehingga memberikan kesempatan pada petugas kebersihan untuk berbuat nakal.

Penelitian ini sudah berhasil membuat produk perangkat WSN untuk memonitoring kebersihan toilet secara terpusat. Manfaat utama dari produk ini adalah bisa digunakan untuk mempermudah dalam proses menjaga toilet-toilet dalam sebuah gedung instansi tetap bersih lewat otomasi sistem yang diberikan. Selain itu, produk ini tentunya ikut memperkaya berbagai implementasi teknologi WSN saat ini.

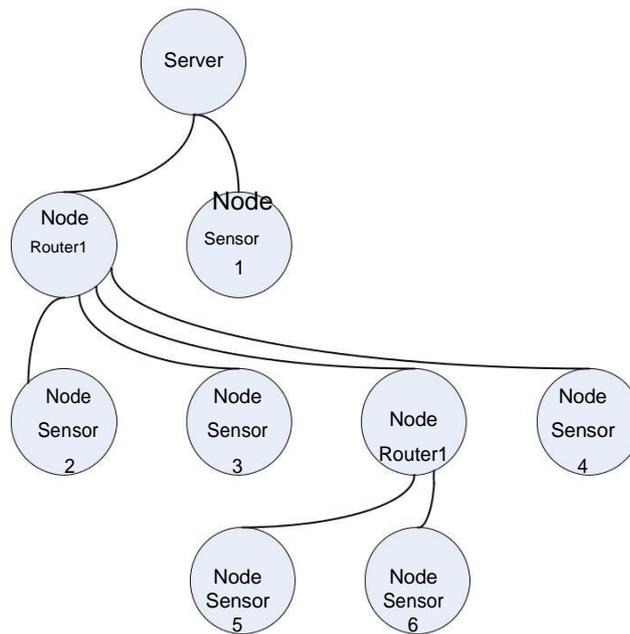
METODE

Rancangan umum untuk cara kerja dari produk yang telah dibuat cukup sederhana. Setiap toilet dipasang sensor untuk memantau tingkat kebersihan toilet tersebut. Sensor-sensor tersebut bertugas untuk mendeteksi bau dari toilet. Bau yang dideteksi adalah bau amonia dari air kencing pengguna toilet, sehingga sensor yang digunakan adalah sensor gas amonia.

Sensor-sensor ini terhubung dengan mikrokontroler yang berfungsi sebagai prosesor untuk menterjemahkan sinyal-sinyal yang didapat dari sensor ke dalam bentuk data-

data. Data-data ini kemudian dikirimkan secara wireless menggunakan radio frekuensi ke pusat informasi. Bagian pusat informasi yang disebut dengan koordinator/ server akan menerima semua data dari seluruh toilet (node sensor) yang ada dalam sebuah gedung. Server ini akan mengolah seluruh data toilet yang didapat kemudian menampilkan menjadi informasi kebersihan seluruh toilet dalam sebuah displai LCD.

Seorang supervisor kebersihan toilet dapat mengetahui informasi tentang tingkat kebersihan seluruh toilet dalam sebuah gedung dengan melihatnya di bagian displai LCD ini. Sebuah warning berupa suara akan dikeluarkan jika ada salah satu toilet yang tidak memenuhi tingkat kebersihan, sehingga tindakan yang cepat bisa dilakukan.

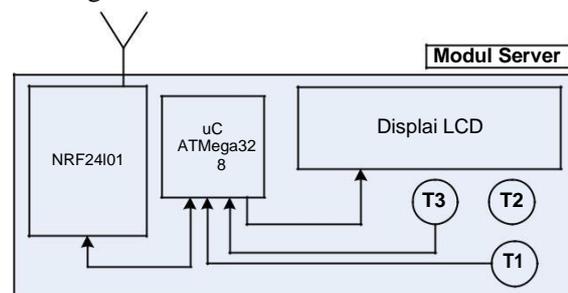


Gambar 4. Rancangan produk monitoring kebersihan toilet secara terpusat

Rancangan jaringan dari perangkat WSN untuk monitoring kebersihan toilet yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar 4. Modul server sebagai informasi secara terpusat tentang data-data dari seluruh toilet. Node router berfungsi untuk merouting data yang diterima untuk diteruskan ke tujuan selanjutnya. Node sensor akan merekam data dari sensor untuk dikirimkan ke server melalui perantara sebuah router atau langsung.

Blok-blok penyusun dari modul server ini ditunjukkan pada Gambar 5. Radio frekuensi akan menerima data dari node sensor. Kemudian data ini akan dikirim ke mikrokontroler untuk diproses. Data akan

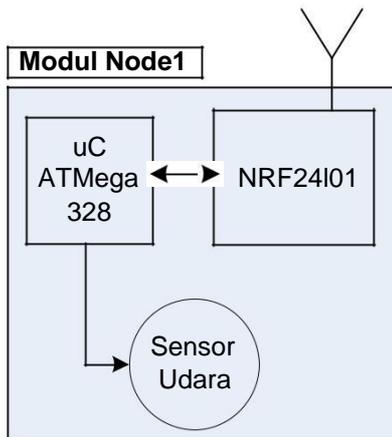
ditampilkan ke LCD berdasarkan inputan pada menu melalui tombol yang disediakan atau berdasarkan keadaan interupsi yang dilakukan oleh node sensor karena nilai bau melewati ambang batas.



Gambar 5. Modul server

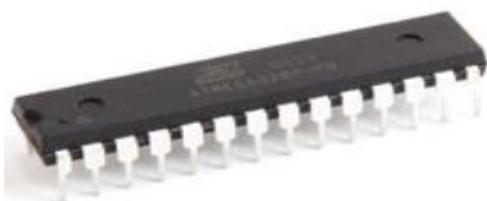
Selanjutnya untuk blok-blok penyusun modul node sensor ditunjukkan pada Gambar

Sensor udara akan mensensing keadaan udara di sekitarnya secara terus menerus. Kemudian mikrokontroler mengambil data sensor ini juga secara terus menerus. Data dari sensor ini kemudian diolah oleh mikrokontroler selanjutnya dikirimkan ke modul server melalui frekuensi radio.



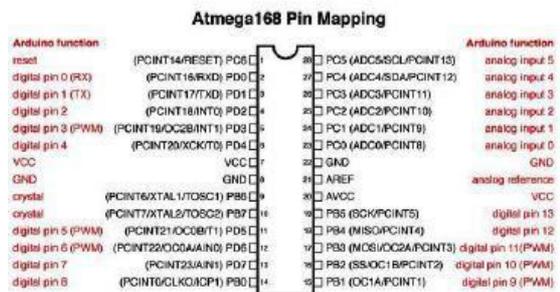
Gambar 6. Modul node sensor

Dalam merealisasikan perangkat WSN ini maka pada bagian node sensor menggunakan mikrokontroler AVR 8 bit. Mikrokontroler ini dipilih karena mempunyai harga yang murah dan dilengkapi dengan fitur ADC. Murah diperlukan karena setiap node sensor menggunakan mikrokontroler. Node sensor diperlukan sejumlah toilet yang akan dimonitoring. Ada beberapa mikrokontroler yang sejenis 8 bit yang berharga murah tetapi tidak mempunyai fitur ADC. ADC diperlukan untuk komunikasi antara sensor dengan mikrokontroler. Chip mikrokontroler ATmega328 seperti pada Gambar 7 adalah keluarga mikrokontroler AVR keluaran dari perusahaan Atmel.



Gambar 7. Chip mikrokontroler ATmega328 (Sudhan, 2015: 119-127)

AVR menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori bus untuk program dan data. Instruksi yang diletakkan dalam memori program dieksekusi dalam sebuah single level pipelining. Saat sebuah instruksi sedang dieksekusi, maka instruksi berikutnya sedang diambil sehingga setiap instruksi bisa dieksekusi dalam satu clock. Semua instruksi dalam AVR mempunyai lebar 16 bit atau 32 bit (Mohan, 2005: 405-414). Modul hardware dengan mikrokontroler ATmega328 sebagai pengolah utama memerlukan sebuah rangkaian minimum sistem dengan menggunakan kristal 16 MHz sebagai clock.

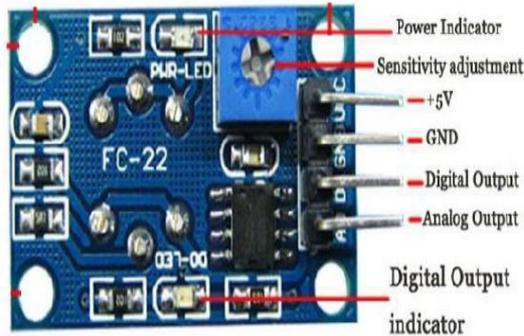


Gambar 8. Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega328 (Sudhan, 2015)

Sensor amonia yang digunakan adalah sensor MQ135 Ammonia. Sensor ini sangat mudah dicari di pasaran karena banyak perangkat aplikasi elektronik memerlukan sensor ammonia. Sensor ini sangat sensitive terhadap ammonia dan memberikan respon yang cepat. Sensor ini juga stabil dan mempunyai umur yang panjang. Sensor ini menggunakan rangkaian driver sederhana seperti pada Gambar 9 dan Gambar 10 (Mardikar, 2015).

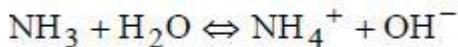


Gambar 9. Sensor ammonia MQ135 tampak bagian atas (Mardikar, 2015).



Gambar 10 Sensor ammonia MQ135 tampak bagian bawah (Mardikar, 2015).

Gas amonia (NH₃) adalah gas yang tidak berwarna dan berbau tajam. Zat ini adalah berupa cairan yang mudah larut dalam air. Amonia yang berionisasi dalam air akan menjadi ion NH₄⁺ dan beberapa di antaranya masih dalam bentuk NH₃ bebas dalam kesetimbangan dengan ion NH₄⁺ dan OH⁻.



Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Parwati (2014) seperti Tabel 1 adalah untuk mengukur dan merekam level dari gas ammonia didapatkan hasil perbandingan antara konsentrasi ammonia dalam ppm (part per million) terhadap tegangan sensor gas ammonia. Penelitian terkait juga dilakukan oleh (Mardikar, 2015) yang menghasilkan perbandingan konsentrasi ammonia terhadap tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor yang selengkapnya tersaji pada Tabel 2.

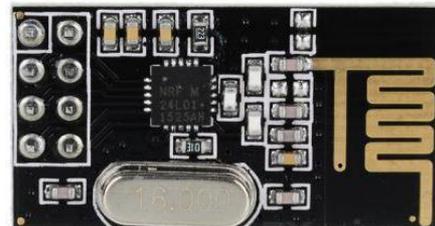
Tabel 1. Perbandingan antara level gas ammonia terhadap tegangan sensor (Parwati, 2014)

PPM	Voltage (mV)	ADC (bit)	Delta PPM	Delta ADC	Bit per PPM
0	1680	351	-	-	-
10	2810	588	10	236	23.639
40	3120	653	30	65	2.162
200	3680	770	160	117	0.732

Tabel 2. Perbandingan konsentrasi ammonia terhadap tegangan sensor (Mardikar, 2015)

Concentration of liquid ammonia	Analog Voltage
1gm	0.42V
2gm	0.50V
3gm	0.57V
4gm	0.59V
5gm	0.63V

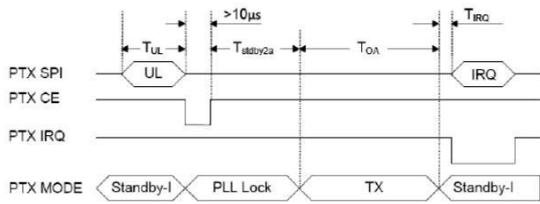
Sedangkan radio frekuensi sebagai wireless transmitter/ receiver yang digunakan adalah nRF24L01 seperti pada Gambar 11. Radio frekuensi ini beroperasi pada frekuensi 2.4 GHz sampai 2.5 GHz yang mana frekuensi ini bebas lisensi. Saat mentransmisikan data, radio ini mengkonsumsi arus sebesar 11.3 mA dan saat menerima data 12.3 mA (Jun, 2014: 86-90). Radio frekuensi ini mampu mengirimkan data dengan maksimum data rate sebesar 2 Mbps dengan jarak jangkauan 1 km pada area terbuka dan 70 – 100 meter pada area tertutup. Untuk mendapatkan jarak jangkauan yang lebih jauh maka data rate bisa diset maksimum 256 kbs (Rahim, 2015).



Gambar 11. Modul chip nRF24L01 (Rahim, 2015)

Kekurangan dari chip nRF24L01 yang digunakan ini adalah diperlukannya lebih banyak programming karena fungsi-fungsi yang tersedia sangat sedikit. Tapi hal ini menjadi sebuah tantangan dalam penelitian ini untuk menghasilkan sebuah perangkat dengan biaya produksi yang rendah.

Diagram urutan pewaktuan dari modul radio yang ditunjukkan pada Gambar 12 di bawah dibuat dalam penelitian Kumar (2013: 68-71) yang digunakan untuk membentuk persamaan yang bisa digunakan untuk mengestimasi komponen delay packet.



Gambar 12. Urutan pewaktuan dari modul radio NRF24L01 (Kumar, 2013)

Penentuan waktu transmitter terjadi pada layer MAC sebelum packet data diupload ke PTX FIFO. Total delay transmitter yang terdiri atas pengiriman, pengaksesan, dan waktu transmisi diberikan oleh persamaan berikut:

$$PDT = \frac{1000}{62.5} (T_{UL} + T_{CE} + T_{stdby2a} + T_{OA} + T_{IRQ} + T_t)$$

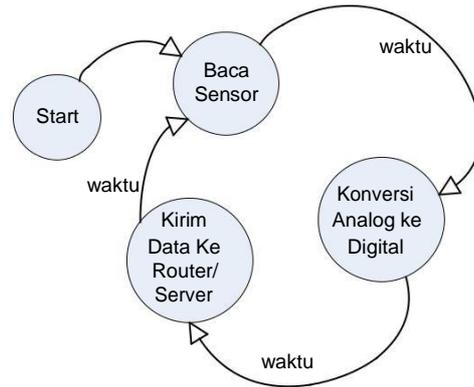
Dimana PDT adalah delay packet transmitter dalam jumlah siklus clock, $T_{CE} = 21.12 \mu s$ adalah waktu dimana pin PTX CE adalah low, dan T_t adalah waktu pemrosesan software dari transmitter. Persamaan untuk mengestimasi nilai dari TUL (μs) menjadi

$$T_{UL} = 2.06(PL) + 20.48$$

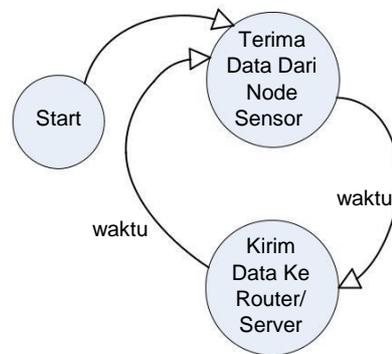
di mana PL adalah ukuran paket data. Nilai dari $T_{stdby2a}$ diberikan sebesar $130 \mu s$ sedangkan T_{IRQ} untuk kecepatan data di udara sebesar 1 Mbps diberikan sebesar $8.2 \mu s$. Sehingga nilai dari TOA dalam μs didapatkan sebesar

$$T_{OA} = 4(PL) + 32.65$$

Rancangan state machine untuk perangkat WSN juga sudah dibuat pada penelitian ini. State machine berfungsi untuk menggambarkan kondisi atau keadaan suatu alat atau modul pada waktu tertentu. Membuat rancangan state machine untuk suatu sistem embedded sangat penting karena sistem ini harus bekerja secara riil time. State machine yang dibuat pada penelitian ini ada tiga buah. State machine yang pertama adalah untuk modul node sensor. State machine dari node sensor seperti pada Gambar 13 ini mempunyai tiga state/ kondisi yang dieksekusi secara terus menerus dan berulang-ulang.

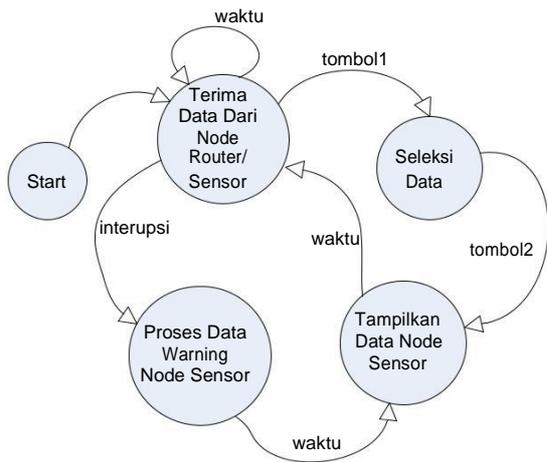


Gambar 13. State machine node sensor



Gambar 14. State machine node router

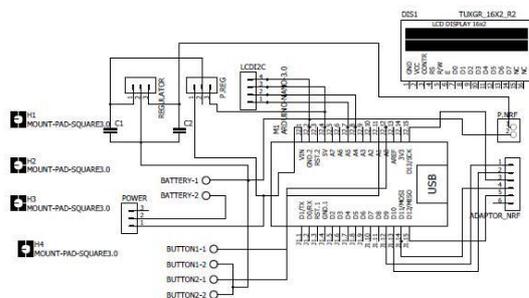
Selanjutnya, state machine yang kedua adalah untuk modul node router ditunjukkan pada Gambar 14. Terdapat dua state untuk modul ini dan perpindahan dari satu state ke state lainnya dipicu oleh waktu. State machine yang terakhir adalah untuk modul server disediakan pada Gambar 15. Mempunyai empat buah state yang dieksekusi secara berulang dan terus menerus dengan terdiri empat jenis pemicu atau trigger sebagai penyebab terjadinya perpindahan antar state.



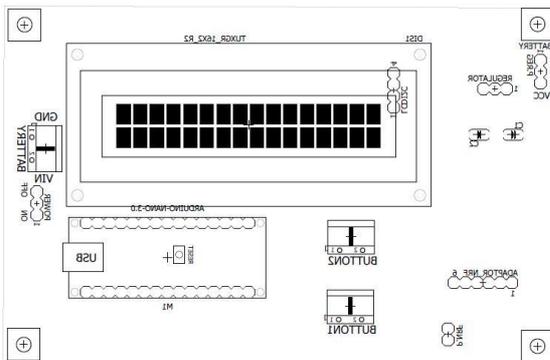
Gambar 15. State machine server

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengimplementasikan rancangan yang sudah dibuat maka langkah selanjutnya adalah membuat modul hardware. Modul hardware untuk server dan node sensor masing-masing dibuatkan gambar rangkainnya kemudian dikonversikan menjadi layout PCB (printed circuit board).

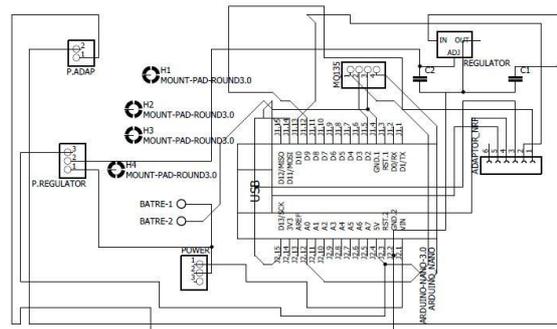


Gambar 16. Rangkaian hardware modul server

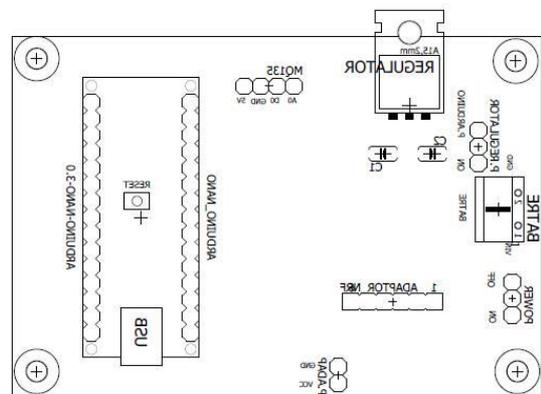


Gambar 17. Layout hardware modul server

Layout PCB ini selanjutnya dicetak ke dalam papan PCB dan komponen-komponen yang diperlukan direkatkan ke papan PCB dengan cara disolder. Layout PCB untuk modul server dicetak ke papan PCB sebanyak satu unit. Hal ini dikarenakan dalam sebuah jaringan WSN hanya terdapat satu unit server.



Gambar 18. Rangkaian hardware modul node sensor



Gambar 17. Layout hardware modul node sensor

Sedangkan layout PCB untuk modul node sensor yang dicetak ke papan PCB sebanyak jumlah toilet yang dimonitor ditambah dengan dengan banyaknya router yang diperlukan sebagai perantara. Pada penelitian ini, kami mencetak layout PCB ini sebanyak delapan unit dengan rincian untuk monitor toilet sebanyak enam unit dan untuk router sebanyak dua unit.

Produk hardware modul server yang sudah direalisasikan ditunjukkan pada Gambar

Di sini terlihat display LCD menampilkan kadar ammonia untuk node tertentu.

Modul server yang dibuat seperti pada Gambar 18 dilengkapi dengan display LCD untuk menampilkan data dari setiap sensor node. Pengguna bisa memilih informasi node yang ingin ditampilkan dengan menekan tombol push button. Terdapat dua tombol push button di sini. Button bagian atas berfungsi untuk decrement/ penurunan urutan nomer node yang ingin ditampilkan. Sebaliknya, button bagian bawah berfungsi untuk increment/ penaikan urutan nomer node yang informasinya ingin diketahui oleh pengguna lewat display LCD.



Gambar 18. Hardware modul server

Realisasi dari modul node sensor seperti Gambar 19 dan Gambar 20. Di sini kami menggunakan dua versi radio frekuensi nRF24101. Versi antenna diperlukan jika jarak komunikasi yang diinginkan adalah jauh. Sedangkan versi tanpa antenna jika jarak komunikasi dekat. Masalah harga akan menjadi pembeda dari kedua versi antenna ini. Sensor ammonia yang terpasang juga bisa dilihat pada modul. Sensor ammonia dan radio frekuensi menggunakan catu daya 5V langsung dihubungkan dengan catu daya pensuplay mikrokontroler yang juga menggunakan tegangan 5V.



Gambar 19. Hardware modul node sensor versi dengan antenna



Gambar 20. Hardware modul node sensor versi tanpa antenna

Software aplikasi untuk pengembangan sistem ini menggunakan Arduino IDE. Software aplikasi ini menggabungkan tiga fitur dalam satu aplikasi yaitu: sebagai text editor, kompiler dan downloader. Software Arduino ini menggunakan bahasa C dalam membuat kode program untuk mikrokontroler. Alasan menggunakan Arduino karena telah tersedianya banyak librari-librari yang

diperlukan dalam memprogram sebuah mikrokontroler.

```

server_Neo - server.cpp | Arduino 1.6.9
File Edit Sketch Tools Help

server_Neo $ server.cpp $ server.h $
68 ////////////////////////////////////////////////////////////////////
69 void NRF::mengirimPerintah()
70 {
71     pipeNavigasi(0);
72     rttLoading=true;
73     defuseBlinking();
74     //if(GMperintah)menerimaDMQ();
75
76     wireless.stopListening();
77     wireless.openWritingPipe(wAddress[pipeR-1]);
78     if (!wireless.write(&mTampilan, 1))
79     {
80         Serial.println("gagal mengirim perintah");
81         GMperintah=true;
82         countGagalMengirim(); //stateGMP=true
83         if(countGMP<10)
84         {
85             uLoading();
86         }
87         else if (countGMP==10)
88         {
89             tampilanTerputus();
90             reloadRL(); //hidupkan reset loading
91         }
92         if(stateGMP=true && mTampilan!=perintahSebelumnya)
93         r

```

Gambar 21. Aplikasi Arduino untuk pembuatan program mikrokontroler

Bagian yang mempunyai porsi besar dalam pembuatan software pada proyek penelitian ini adalah pada pemrograman jaringan. Pada proyek penelitian ini kami menggunakan librari open source yang terkait dengan radio frekuensi nrf24l01. Kami mendownload file librari-librari dengan nama *nRF24L01.h*, *RF24.c*, *RF24_config.h* dan *RF24.h* dari website www.github.com.

Librari-librari ini sebagai driver dari perangkat radio frekuensi NRF24L01 yang mengatur komunikasi data pada proses transmitter dan receiver. Sedangkan program yang dibuat pada penelitian terfokus pada pembuatan program jaringan Tree dari WSN dan pembacaan sensor amonia. Pemanfaatan librari-librari open source sangat menghemat waktu dalam pembuatan proyek ini karena tidak semua proses harus dibuat secara mandiri.

```

simpleNrf2401 - nRF24L01.h | Arduino 1.6.8
File Edit Sketch Tools Help

simpleNrf2401 RF24.cpp RF24.h RF24_config.h nRF24L01.h
25
26 /* Memory Map */
27 #define CONFIG 0x00
28 #define EN_AA 0x01
29 #define EN_RXADDR 0x02
30 #define SETUP_AW 0x03
31 #define SETUP_RETR 0x04
32 #define RF_CH 0x05
33 #define RF_SETUP 0x06
34 #define NRF_STATUS 0x07
35 #define OBSERVE_TX 0x08
36 #define CD 0x09
37 #define RX_ADDR_P0 0x0A
38 #define RX_ADDR_P1 0x0B
39 #define RX_ADDR_P2 0x0C
40 #define RX_ADDR_P3 0x0D
41 #define RX_ADDR_P4 0x0E
42 #define RX_ADDR_P5 0x0F
43 #define TX_ADDR 0x10
44 #define RX_FW_P0 0x11
45 #define RX_FW_P1 0x12
46 #define RX_FW_P2 0x13
47 #define RX_FW_P3 0x14
48 #define RX_FW_P4 0x15
49 #define RX_FW_P5 0x16

```

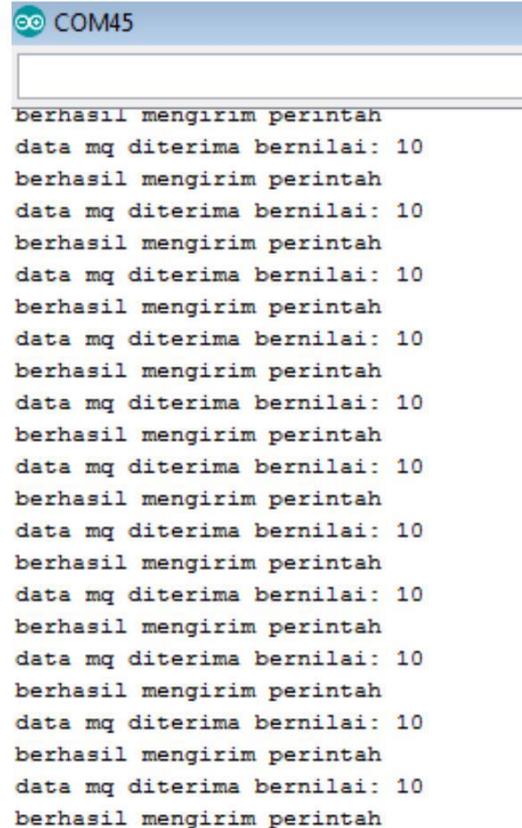
Gambar 22. librari-librari open source yang didownload dari www.github.com

Proses pengujian produk dikategorikan menjadi dua jenis. Proses pengujian permodul hardware dan pengujian produk secara keseluruhan telah kami lakukan. Pengujian permodul, kami mulai pada modul server untuk memastikan bahwa modul ini telah berjalan dengan baik seperti pada Gambar 23. Ada beberapa tahap pengujian modul server ini. Pertama, pengujian radio frekuensi dengan cara membuat komunikasi pear to pear dengan satu modul radio frekuensi lainnya. Pengecekan ini dilakukan dengan bantuan aplikasi serial monitor seperti Gambar 24 yang terdapat pada aplikasi Arduino IDE. Sebuah paket kata dikirim dari radio frekuensi lainnya kemudian modul server akan menerima data tersebut kemudian menampilkannya di serial monitor. Kedua, pengecekan display LCD untuk memastikan data yang ditampilkan sesuai dengan keinginan pengguna.



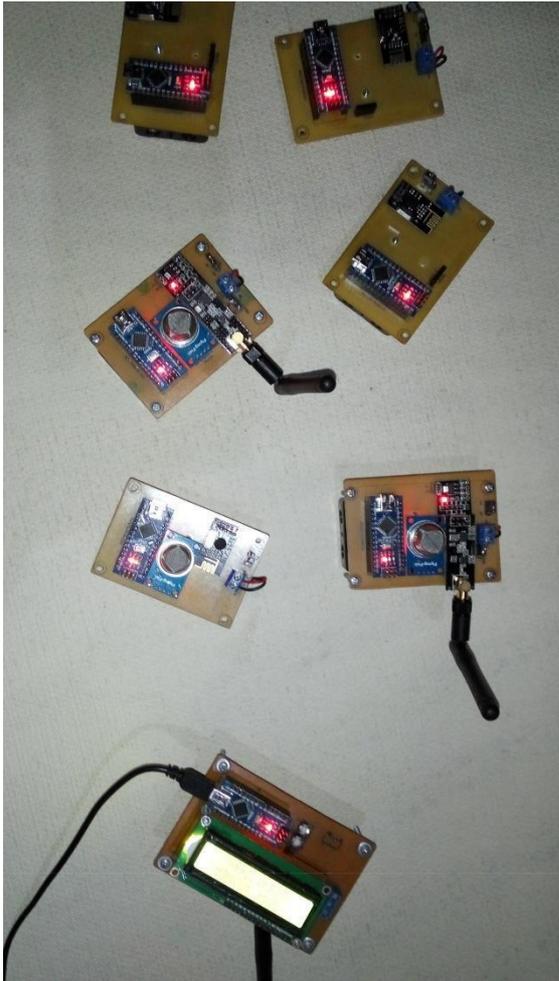
Gambar 23. Pengujian modul server dengan komunikasi per to pear.

Pengujian node sensor dilakukan dengan mengetes tegangan masuk dari sensor MQ135. Dua dari modul node sensor digunakan sebagai node router diuji dengan menggunakan serial monitor. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan data yang menuju sever dari setiap node sensor melewati node router.



Gambar 24. Pengecekan komunikasi radio frekuensi dengan bantuan serial monitor

Pengujian terakhir adalah melakukan uji secara keseluruhan pada produk WSN untuk monitoring toilet secara terpusat seperti Gambar 25. Proses pengujian dengan pemberian bau ammonia pada setiap node dan mengamati display LCD di modul server. Hasil pengujian ditabelkan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 25. Produk WSN untuk monitoring kebersihan toilet secara terpusat

Proses pengujian yang kami lakukan adalah dengan memberikan bau ammonia pada setiap node sensor. Node sensor 1 adalah yang pertama kali diberikan bau ammonia. Kemudian di server dilakukan pengecekan apakah data dari node sensor 1 bisa ditampilkan atau tidak. Selanjutnya melakukan pengecekan untuk mengetahui jika datanya melewati node router 1 atau node router 2. Karena node ini tidak terhubung ke salah satu node router maka tidak ada data node ini yang masuk ke router melainkan langsung ke server. Monitoring data yang masuk ke setiap router dilakukan secara terus menerus dengan menggunakan serial monitor arduino. Selanjutnya pada node sensor 1 juga diuji untuk kondisi terputus. Pengujian dilakukan dengan cara mematikan catu daya pada node kemudian mengecek pada server untuk memastikan bahwa node sensor 1 tampil dengan kondisi terputus di LCD. Dari pengujian node1 ini dapat disimpulkan bahwa node berfungsi dengan normal.

Tabel 3. Tabel hasil pengujian

No	Kondisi	Nama Node Sensor	Lewat Node Router1	Lewat Node Router2	Diterima di Server	Status
1	Tersambung	Node1	tidak	tidak	ya	normal
2	Terputus	Node1	tidak	tidak	tidak	normal
3	Tersambung	Node2	ya	tidak	ya	normal
4	Terputus	Node2	tidak	tidak	tidak	normal
5	Tersambung	Node3	ya	Tidak	ya	normal
6	Terputus	Node3	tidak	tidak	tidak	normal
7	Tersambung	Node4	ya	tidak	ya	normal
8	Terputus	Node4	tidak	tidak	tidak	normal
9	Tersambung	Node5	ya	ya	ya	normal
10	Terputus	Node5	tidak	tidak	tidak	normal
11	Tersambung	Node6	ya	ya	ya	normal
12	Terputus	Node6	tidak	tidak	tidak	normal

Proses pengujian selanjutnya adalah untuk node sensor 2. Saat diberikan bau ammonia kami melakukan pengecekan pada server dengan melihat secara langsung di tampilan LCD. Kemudian mengamati data masuk di node router 1 dan node router 2 lewat serial monitor. Kami mengambil kesimpulan bahwa node 2 beroperasi dengan normal karena datanya di tampilkan di LCD dan datanya juga dilewatkan oleh router 1 untuk menuju ke server. Sedangkan di router 2 datanya tidak ada karena memang semestinya tidak lewat router

Saat catu daya dari node sensor 2 ini tidak disambungkan maka data node sudah terdisplai terputus di server dan data node ini juga tidak ada masuk ke router 1. Untuk pengujian node sensor yang lainnya telah menggunakan cara yang sama.

SIMPULAN

Secara umum produk monitoring toilet secara terpusat dengan menggunakan jaringan WSN yang dibuat pada proyek penelitian ini sudah bisa beroperasi secara normal sesuai yang diinginkan. Produk ini sudah bisa mensensing bau ammonia yang digunakan sebagai indikator kebersihan toilet pada setiap node sensor kemudian menampilkan level bau ammonia tersebut pada server pusat secara wireless dengan menggunakan radio frekuensi berbiaya murah NRF24101. Jumlah node sensor bisa ditambahkan sesuai dengan kebutuhan jumlah toilet yang akan dimonitoring kebersihannya dengan melakukan setting secara manual.

Produk yang dibuat pada penelitian ini mempunyai kesempatan untuk pengembangan yang sangat luas. Dalam penambahan node sensor baru ke jaringan WSN, produk ini masih melakukannya secara manual dengan menseting secara terprogram. Pengembangan lebih lanjut untuk bisa konfigurasi secara dinamik pada setiap penambahan node sensor baru akan menjadikan perangkat ini lebih bisa diterima oleh pasar. Selain itu, merubah topologi tree yang digunakan menjadi topologi mesh

menjadikan produk ini lebih reliable untuk kasus jumlah node sensor yang banyak dalam sebuah jaringan WSN.

DAFTAR RUJUKAN

- Barani, R., Lakshmi, V., J., 2013, *Oil Well Monitoring and Control Based on Wireless Sensor Networks Using ATmega2560 Controller*, International Journal of Computer Science & Communication Network, Vol. 3, No. 6, pp. 341-346, 2013.
- Chung, W., Villaverde, J., Tan, J. 2013, *Wireless Sensor Network Based Soil Moisture Monitoring System Design*, Conference on Computer Science and Information System, pp. 79 – 82, 2013.
- Chen, H., 2012, *The Construction of Intelligent Home Based on Wireless Sensor Networks*, International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT), Volume 4, No.16, September 2012.
- Gupta, A., Rautela, B.S, Kumar., B., 2014, *Power Management in Wireless Sensor Networks*, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 4, No. 4, April, 2014.
- Jun, L., Murong, L., Jianju X., Beixuan L., Qiuci, M., 2014, *Wireless Sensor Network for Indoor Air Quality Monitoring*, International Frequency Sensor Association (IFSA). Volume 172, No. 6, pp. 86 - 90, Juni 2014.
- Kumar, S., Lee, K., Lee, S.R., 2013, *Time Synchronization in Wireless Sensor Network: Estimating Packet Delay*, International Journal of ICCA, Volume 24, pp. 68-71, 2013.

- Kaur, G., Garg, R., M., 2012, *Energy Efficient Topologies for Wireless Sensor Networks*, International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS), Vol.3, No.5, September 2012.
- Mardikar, S., Ali, 2015, *Detection of Ammonia in Exhaled Human Breath*, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE), Volume 3, No. 4, April 2015.
- Madauda, S., Kazimoto, P., 2014, *Analysis of Concepts of Wireless Sensor Networks*, International Journal of Scientific Knowledge, Volume 5, No. 3, Juli 2014.
- Mohan, S., Mueller, F., Whalley, D., and Healy, C., 2005, *Timing Analysis for Network Nodes of the Atmega Processor Family*, Conference: Real-Time and Embedded Technology and Applications, IEEE Symposium, pp.405-414, 2005.
- Parwati, C.I, Suseno, H.P., and Iswahyudi, C., 2014, *Electronic Nose System for Ammonia Gas Leak at The Chemical Industry With TGS 826 Sensor-Based AVR Microcontroller*, Conference: Bali International Seminar On Science and Technology, September 2014.
- Rahim, A., Ali, Z., Ramya, B.K., 2015, *Design and Implementation of a Low Cost Wireless Sensor Network using Arduino and nRF24L01(+)*, International Journal of Scientific Research Engineering & Technology (IJSRET), Volume 5, No. 5, Mei 2015.
- Rajesh, T., Kumar, S., Tarak, R., P., 2013, *Evolution Of Wireless Sensor Technologies And Energy Resource Management Of Microcontroller Used In Wireless Networks*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Volume 2, No. 4, April 2013.
- Sudhan,R.H., Kumar,M.G., Prakash, A.U., 2015, *Arduino ATMega-328 Microcontroller*, International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, pp.119-127, Mei 2015.
- Sharma, U., Reddy, S.R.N., 2014, *Implementation of a WSN Based Home/Office Automation (HOA)*, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). Volume 3, No. 3, Februari 2014, ISSN: 2249 – 8958.
- Shiravale, S., Bhagat, S.M., 2014, *Wireless Sensor Networks in Agriculture Sector Implementation and Security Measures*, International Journal of Computer Applications. Volume 92, No.13, April 2014.
- Sohraby, K., Minoli, D., Znati, T., 2007, *Wireless Sensor Network*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MIKROORGANISME PENGHASIL ENZIM SELULASE PADA RAYAP (*COPTOTERMES CURVIGNATHUS HOLMGREN*)

N. P. Ristiati¹, S. Mulyadiharja², R. A. Adhiguna³

^{1,2,3}Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, Indonesia
e-mail: puturistiati@gmail.com, sanusimulyadiharja@yahoo.com, aryaadhiguna@rocketmail.com

ABSTRACT

The aims of this study was to determine: (1) The number of microorganisms colonies that producing cellulase enzymes found in termites, (2) the characteristics of microorganism that producing cellulase enzymes found in termites, (3) the microorganism genus that producing cellulase enzymes found in termites. This research is descriptive eksploratif research. Objects in this study are bacteria and fungi present on termites. While the subjects in this study were all of microorganism that producing cellulase enzymes exist in termites. Data obtained by testing the ability to degrade CMC (Carboxymethyl Cellulose). Isolates capable of degrading the CMC or in other words a clear zone that isolates able to produce cellulase enzymes. Furthermore, observed by macroscopic observation, microscopic and biochemical tests to determine the genus of microorganisms capable of producing cellulase enzymes. Based on data obtained obtained: (1) after dilution 10⁻⁵ on the number of colonies of bacteria is 138 colonies and the mushrooms are 30 colonies. (2) the characteristics of the microorganism producing cellulase enzymes found in termite droppings showed mixed results both in bacteria and in fungi. But in bacteria is dominated with circular shape, smooth edges, flat elevation and have a solid white color. (3) The genus of bacteria that can produce cellulase enzymes is Enterobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Bacillus, and Cellulomonas. While the fungus genus capable of producing the enzyme cellulase is Aspergillus and Cladosporium

Keywords: *enzymes cellulose. identification, cellulolytic microorganisms.*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui: (1) Jumlah koloni mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada rayap, (2) karakteristik mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada rayap, (3) genus mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada rayap. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif. Objek dalam penelitian ini adalah bakteri dan jamur yang ada pada rayap. Sedangkan subjek dalam penelitian ini adalah seluruh mikroorganisme penghasil enzim selulase yang ada pada rayap. Data yang diperoleh melalui uji kemampuan mendegradasi CMC (Carboxymethyl Cellulose). Isolat yang mampu mendegradasi CMC atau dengan kata lain menghasilkan zona bening merupakan isolat yang mampu menghasilkan enzim selulase. Selanjutnya diamati berdasarkan pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia untuk mengetahui genus mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim selulase. Berdasarkan data yang diperoleh didapatkan: (1) setelah dilakukan pengenceran 10⁻⁵ jumlah koloni pada bakteri yaitu 138 koloni dan pada jamur yaitu 30 koloni. (2) karakteristik mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada kotoran rayap menunjukkan hasil yang beragam baik pada bakteri maupun pada jamur. Namun pada bakteri didominasi dengan bentuk sirkuler, tepian mulus, elevasi datar dan memiliki warna putih pekat. (3) Genus bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase adalah Enterobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Bacillus, dan Cellulomonas. Sedangkan genus jamur yang mampu menghasilkan enzim selulase adalah Aspergillus dan Cladosporium.

Kata Kunci: enzim selulase, identifikasi, mikroorganisme selulolitik.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki iklim tropis. Berbagai jenis flora dan fauna mampu tumbuh dengan baik karena Indonesia mempunyai daya dukung

lingkungan yang sangat baik untuk pertumbuhan keanekaragamannya. Berbagai jenis flora dan fauna yang hidup mengakibatkan Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah. Salah satu jenis fauna yang

berkembang dengan baik di Indonesia adalah rayap. Rayap pada dasarnya adalah serangga yang banyak ditemukan pada daerah tropis dan subtropis. Indonesia yang memiliki iklim tropis mengakibatkan rayap dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Rayap secara taksonomi dikelompokkan ke dalam ordo Isoptera (*iso* = sama dan *ptera* = sayap). Rayap memiliki tubuh yang lunak dan berwarna terang. Jumlah spesies rayap di dunia ada sekitar 2.648 spesies yang digolongkan ke dalam tujuh famili dan 281 genus. Famili Termitidae merupakan famili dengan jumlah anggota spesies yang tertinggi. Delapan puluh lima persen total spesies rayap yang telah diidentifikasi merupakan anggota Famili Termitidae (Kambhampati & Eggleton, 2000). Sedangkan, Famili Mastotermitidae dan Famili Serritermitidae hanya memiliki satu anggota spesies rayap. Famili rayap yang lain adalah Famili Kalotermitidae, Termopsidae, Hodotermitidae dan Rhinotermitidae yang masing-masing famili berturut-turut terdiri dari 411, 20, 15, dan 305 spesies rayap (Kambhampati & Eggleton, 2000).

Rayap banyak memberikan manfaat bagi ekosistem bumi, sebagai makrofauna tanah, rayap memiliki peran dalam pembuatan lorong-lorong di dalam tanah dan mengakibatkan tanah menjadi gembur sehingga baik untuk pertumbuhan tanaman (Sigit & Hadi, 2006). Spesies-spesies rayap tertentu mampu mempercepat daur hara sehingga dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah. Disamping itu rayap juga dapat digunakan sebagai hewan perombak limbah selulosa baik itu berupa limbah pertanian, hutan, sampah organik dan industri. Namun demikian, rayap seringkali juga merusak kayu atau menyerang pohon dan tanaman hidup sehingga menjadi hama yang potensial serta merugikan dari sisi ekonomi. Serangga ini merugikan karena merusak tanaman dan selain itu juga makan kayu kering, atau bahan lain yang mengandung selulosa. Hampir semua jenis kayu potensial untuk dimakan rayap. Serangan rayap pada saat ini merupakan masalah yang sangat besar mengingat intensitas serangannya yang semakin tinggi dan meluas sehingga nilai

kerugian akibat serangan rayap cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Kemampuan merusak rayap ada hubungannya dengan populasinya yang sangat tinggi, daya jelajah yang luas serta daya adaptasi terhadap lingkungan yang cukup baik. Dengan demikian dapatlah dimengerti mengapa rayap merupakan serangga perusak yang luas penyebarannya dan besar dampak ekonominya.

Kemampuan rayap dalam merombak limbah selulosa tersebut tidak terlepas dari mikroba di saluran pencernaannya (Adawiah, 2000). Kemampuan rayap dalam mendegradasi selulosa ini dimungkinkan karena keberadaan bakteri selulolitik dalam ususnya. Bakteri selulolitik adalah bakteri yang memiliki kemampuan menguraikan selulosa menjadi monomer glukosa dan menjadikannya sebagai sumber karbon dan sumber energi. Hubungan antara rayap dan bakteri selulolitik ini bersifat simbiosis mutualisme. Simbiosis ini terjadi secara seimbang, dimana saluran pencernaan rayap merupakan tempat hidup bagi bakteri selulolitik dan bakteri tersebut mampu melanjutkan metabolisme kehidupannya dari hasil selulosa yang dihidrolisisnya berupa glukosa, sedangkan bakteri selulolitik mencerna makanan bagi rayap dengan hasil berupa glukosa untuk memenuhi kebutuhan nutrisi rayap. Bakteri selulolitik mampu menguraikan selulosa akibat enzim selulase yang dihasilkannya. Enzim selulase merupakan enzim yang memegang peranan penting dalam proses biokonversi limbah-limbah organik berselulosa menjadi glukosa, protein sel tunggal, makanan ternak, etanol dan lain-lain. Enzim tersebut akan menghidrolisis ikatan β -1,4 glikosidik pada selulosa. Hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan monomer selulosa yaitu glukosa dan hidrolisis tak sempurna akan menghasilkan disakarida dari selulosa yang disebut selobiosa.

Jenis mikroorganisme yang terdapat pada kotoran rayap masih belum diketahui karena belum pernah diteliti. Jadi untuk mengetahui apakah pada kotoran rayap terdapat mikroorganisme penghasil enzim selulase maka dipandang perlu untuk

melakukan studi identifikasi mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada kotoran rayap.

Tujuan penelitian ini, yaitu: (1) Mengetahui jumlah koloni mikroorganisme yang terdapat pada kotoran rayap, (2) Mengidentifikasi karakteristik mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada kotoran rayap, (3) Untuk mengetahui genus mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada kotoranrayap.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif, dikatakan deskriptif karena penelitian ini bersifat memaparkan secara objektif perihal keanekaragaman genus mikroorganisme penghasil enzim selulase yang ada pada kotoran rayap. Dikatakan eksplorasi karena penelitian ini mengungkapkan hal baru tentang ragam mikroorganisme penghasil enzim selulase yang terdapat pada rayap. Subjek dalam penelitian ini adalah seluruh mikroorganisme penghasil enzim selulose (selulolitik) yang ada pada kotoran rayap. Sedangkan objek dalam penelitian ini adalah bakteri, jamur yang hidup pada kotoran rayap.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan april 2016 yang dilakukan dilapangan (tempat pengambilan sampel) selanjutnya diteliti di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Pendidikan Biologi. Penelitian dilapangan mengambil lokasi di sebelah barat Laboratorium Biologi Universitas pendidikan Ganesha dengan mengambil sampel pada pohon yang telah berisi kotoran rayap. Pengambilan sampel dilakukan pada pohon yang telah digerogeti rayap dan yang sudah terdapat kotoran rayap. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan ukuran 30 x 30 cm pada permukaan batang pohon yang telah berisi kotoran rayap menggunakan spatula yang sudah disterilisasi. Tahap pengenceran dilakukan sebelum melakukan biakan pada media yang bertujuan agar koloni mikroorganisme yang tumbuh tidak terlalu rapat.

Pembiakan mikroorganisme dilakukan pada 2 media yaitu bakteri dibiakan pada media *Nutrient Agar* dan jamur dibiakan pada media *Potato Dextrase Agar*. Mikroorganismme yang sudah tumbuh pada media kemudian di pisahkan berdasarkan perbedaan bentuk dan warna koloni. Untuk mengetahui mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim selulase maka dilakukan uji kemampuan mendegradasi CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). Mikroorganisme yang menghasilkan zona bening pada media CMC menandakan mikroorganisme tersebut mampu menghasilkan enzim selulosa. Mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim selulase tersebut selanjutnya diteliti untuk mengetahui genus dari masing-masing mikroorganisme tersebut. Pada bakteri dilakukan serangkaian identifikasi makroskopis yang meliputi bentuk, tepian, elevasi dan warna koloni, uji mikroskopis yaitu pewarnaan gram dan uji biokimia yang meliputi uji indol, methyl red, voges proskauer, H₂S, motilitas dan katalase. Sedangkan pada jamur dilakukan pengamatan makroskopis yang meliputi warna koloni, bentuk koloni, tekstur koloni dan pertumbuhan koloni, dan pengamatan mikroskopis yang dilakukan dengan cara melihat ada tidaknya hifa (bersekat atau tidak bersekat), warna konidia, bentuk konidia dan bentuk spora.

Data yang telah terkumpul pada akhir penelitian selanjutnya ditabulasi dalam tabel kerja. Berdasarkan karakteristik yang didapat pada setiap isolat yang diuji kemudian disesuaikan berdasarkan sumber menurut Holt (1994) untuk bakteri dan bersarkan sumber menurut H.L Barnet (1962).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan jumlah koloni mikroorganisme yang terdapat pada rayap setelah dilakukan pengenceran 10⁻⁵ dan masing –masing dibiakan ulang pada lima cawan petri yang sudah berisi media agar didapatkan total jumlah koloni sebagai berikut, pada bakteri total jumlah koloni yang didapatkan sebanyak 138 koloni sedangkan pada jamur total jumlah koloni yang didapatkan sebanyak 30 koloni.

Pertumbuhan jumlah koloni baik bakteri dan jamur dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor abiotik maupun faktor biotik. Faktor biotik ada yang dari dalam dan ada faktor biotik dari lingkungan. Faktor biotik dari dalam menyangkut bentuk mikroorganisme, sifat mikroorganisme terutama di dalam kehidupannya apakah mempunyai respon yang tinggi atau rendah terhadap perubahan lingkungan, kemampuan menyesuaikan diri (adaptasi). Faktor lingkungan biotik berhubungan dengan keberadaan organisme lain didalam lingkungan hidup mikroorganisme yang bersangkutan (Purnomo. 2004).

Faktor abiotik meliputi susunan dan jumlah senyawa yang dibutuhkan di dalam medium kultur, lingkungan fisik (suhu, kelembaban, cahaya, pH) yang dimana setiap mikroorganisme memiliki batas minimum dan maksimum yang berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya, keberadaan senyawa-senyawa lain yang dapat bersifat toksik, penghambat atau pemacu pertumbuhan mikroorganisme baik yang berasal dari lingkungan maupun yang dihasilkan sendiri (Purnomo. 2004).

Tabel 1. Data kemampuan degradasi CMC (*Carboxymethyl Cellulose*) pada setiap isolat yang diuji

Kemampuan Mendegradasi CMC (<i>Carboxymethyl Cellulose</i>)			
Bakteri		Jamur	
Isolat	(+/-)	Isolat	(+/-)
A. <i>Enterobacter</i>	+	A. <i>Aspergillus</i>	+
r			
B. <i>Bacillus</i>	+	B. <i>Cladosporium</i>	+
C. <i>Pseudomonas</i>	+		
D. <i>Flavobacterium</i>	+		
E. <i>Bacillus</i>	+		
F. <i>Bacillus</i>	+		
G. <i>Cellulomonas</i>	+		

Berdasarkan uji kemampuan mendegradasi CMC didapatkan hasil bahwa ke tujuh isolat bakteri yang di uji pada media CMC menunjukkan hasil positif, sedangkan ke dua isolat jamur yang di uji juga menunjukkan hasil positif atau dengan kata lain semua isolat baik itu bakteri dan jamur mampu menghasilkan enzim selulase. Bukti bahwa semua isolat bakteri dan jamur mampu menghasilkan enzim selulase karena kenampakkan zona bening pada media CMC.

Zona bening yang nampak dikarenakan akibat lepasnya *congo red* karena terdegradasinya selulosa atau CMC. *Congo red* merupakan pewarna yang berinteraksi secara kuat dengan ikatan β -1,4-glikosidik

pada rantai utama selulosa. Adanya kemungkinan bahwa *congo red* didegradasi oleh bakteri dan jamur dapat dianalisa karena zona degradasi yang dihasilkan jernih, mengindikasikan ikatan β -1,4-glikosidik telah terputus dan *congo red* tidak mampu lagi berikatan padanya (Ng, 2010).

Isolat yang mampu menghasilkan enzim selulase baik itu bakteri dan jamur selanjutnya diidentifikasi untuk mengetahui genus dari semua isolat yang mampu menghasilkan enzim selulase. Pada bakteri dilakukan pengamatan secara makroskopis serta dilakukan serangkaian uji mikroskopis dan uji biokimia. Sedangkan pada jamur dilakukan pengamatan makroskopis dan mikroskopis.

Tabel 2. Data pengamatan makroskopis isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase

Isolat Bakteri	Pengamatan Makroskopis			
	Bentuk	Tepian	Elevasi	Warna
A	Sirkuler	Bergelombang	Datar	Putih pekat
B	Sirkuler	Mulus	Datar	Putih pekat
C	Rizoid	Filamentus	Datar	Putih bening
D	Sirkuler	Bergerigi	Datar	Putih pekat
E	Sirkuler	Mulus	Naik	Putih pekat
F	Sirkuler	Mulus	Datar	Putih pekat
G	Sirkuler	Lobatus	Cembung	Putih kekuningan

Tabel 3. Data uji mikroskopis isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase

Isolat Bakteri	Uji Mikroskopis	
	Bentuk	Gram
A	Monobasil	-
B	Monobasil	+
C	Monobasil	-
D	Diplobasil	-
E	Stertobasil	+
F	Monobasil	+
G	Streptobasil	+

Tabel 4. Data hasil uji biokimia isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase

Isolat	Uji Biokimia						Genus
	Indol	MR	VP	Katalase	H ₂ S	Motilitas	
A	-	+	-	-	-	-	<i>Enterobacter</i>
B	-	+	-	+	+	+	<i>Bacillus</i> sp 1
C	-	+	-	+	-	-	<i>Pseudomonas</i>
D	-	-	-	+	+	-	<i>Flavobacterium</i>
E	-	+	-	+	+	+	<i>Bacillus</i> sp 2
F	-	+	-	+	+	+	<i>Bacillus</i> sp 3
G	-	-	-	+	+	+	<i>Cellulomonas</i>

Tabel 5. Data hasil pengamatan makroskopis isolat jamur yang mampu menghasilkan enzim selulase

Isolat Jamur	Pengamatan Makroskopis			
	Warna Koloni	Bentuk Koloni	Tekstur Koloni	Pertumbuhan Koloni
A	Hijau	Bulat	Kasar	Rata
B	Biru	Bulat	Seperti Beludru	Tidak Rata

Tabel 6. Data hasil pengamatan mikroskopis isolat jamur yang mampu menghasilkan enzim selulase

Isolat Jamur	Pengamatan Mikroskopis			Genus
	BentukWarna	Bentuk	Bentuk	

	Hifa	Konidia	Konidia	Spora	
A	Aseptia	Abu-abu	Oval	Bulat	<i>Aspergillus</i>
B	Septa	Abu-abu	Menyerupai Rantai	Elips	<i>Cladosporium</i>

Karakteristik Bakteri Penghasil Enzim Selulase

Bakteri yang diinokulasi pada media NA selanjutnya diamati karakteristiknya. Karakteristik morfologi setiap isolat yang mampu menghasilkan enzim selulase dilakukan secara makroskopis, yaitu berdasarkan bentuk koloni, tepian koloni, elevasi (permukaan) dan juga warna koloni. Acuan yang digunakan dalam mengamati karakteristik bakteri dikemukakan dalam Cappucino dan Sherman (2013).

Ke tujuh isolat bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase memperlihatkan karakteristik yang bervariasi. Dilihat dari bentuk koloni, dapat dibedakan menjadi tiga yaitu sirkuler (bulat), rizoid, dan tidak beraturan. Bakteri dengan kode A, B, D, E, F, dan G memiliki bentuk koloni sirkuler (bulat), bakteri kode C memiliki bentuk koloni rizoid, sedangkan bentuk koloni tidak beraturan tidak ditemukan pada ketujuh isolat. Sehingga bentuk koloni bakteri yang diisolasi dari rayap dominan berbentuk sirkuler (bulat). Berdasarkan tepian koloni, ke tujuh isolat bakteri memiliki tepian yang beragam antara satu dengan yang lainnya. Tepian koloni dibedakan menjadi lima yaitu mulus, bergelombang, bergerigi, lobatus, dan filamentus. Bakteri dengan kode B, E, dan F memiliki tepian mulus, bakteri kode A memiliki tepian yang bergelombang, pada bakteri kode D memiliki tepian yang bergerigi, bakteri kode G memiliki tepian lobatus, sedangkan pada bakteri dengan kode C memiliki tepian filamentus. Sehingga tepian koloni bakteri yang diisolasi dari rayap yang dominan ditemukan yaitu koloni dengan tepian mulus.

Berdasarkan elevasi (permukaan) koloni, dapat dibedakan menjadi empat antara lain datar, naik, cembung, dan umbonatus. Pada bakteri dengan kode A, B, C, D, dan F semuanya memiliki elevasi datar, bakteri dengan kode E memiliki elevasi naik. Pada

bakteri kode G memiliki elevasi cembung, sedangkan elevasi umbonatus tidak ditemukan pada ke tujuh isolat bakteri. Sehingga elevasi koloni bakteri yang diisolasi dari rayap yang dominan ditemukan adalah elevasi datar. Berdasarkan warna koloni, ditemukan koloni berwarna putih pekat yang ditunjukkan pada bakteri kode A, B, D, E, dan F, warna koloni putih bening ditunjukkan pada bakteri kode C, dan warna koloni putih kekuningan ditunjukkan pada bakteri kode G. Sehingga warna koloni bakteri yang dominan ditemukan yaitu berwarna putih pekat.

Karakteristik bakteri yang diisolasi dari rayap dominan memiliki bentuk sirkuler, tepian koloni mulus, elevasi datar dan warna koloni putih pekat. Morfologi koloni bakteri dipengaruhi oleh suhu lingkungan, pH serta kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan bakteri. Bakteri umumnya berkembang baik pada suhu 37⁰C, sedangkan pH pada medium padat yang digunakan yaitu medium *Nutrient Agar* yang cocok untuk perkembangan bakteri yaitu 6,5-7,5, sehingga ditemukan berbagai jenis bakteri yang memiliki karakteristik morfologi yang berbeda-beda (Kusnadi. 2003).

Karakteristik Jamur Penghasil Enzim Selulase

Jamur yang diinokulasi pada media PDA selanjutnya diidentifikasi. Identifikasi secara umum suatu jenis jamur didasarkan atas karakteristik morfologi koloni dan pengamatan secara mikroskopis. Karakteristik morfologi setiap isolat yang mampu menghasilkan enzim selulase dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis.

Dua isolat jamur yang mampu menghasilkan enzim selulase memperlihatkan morfologi koloni yang bervariasi. Dilihat pada warna koloni, kedua isolat memiliki perbedaan warna, dimana jamur dengan kode A memiliki warna hijau sedangkan jamur dengan kode B memiliki warna biru. Pada bentuk koloni

kedua isolat memiliki bentuk yang sama yaitu bulat. Pada tekstur koloni jamur dengan kode A memiliki tekstur yang kasar, sedangkan jamur kode B memiliki tekstur seperti beludru. Dan jika dilihat berdasarkan pertumbuhan koloni, jamur kode A memiliki pertumbuhan yang rata, sedangkan jamur kode B memiliki pertumbuhan yang tidak rata.

Berbagai variasi bentuk koloni pada jamur merupakan keanekaragaman yang bergantung pada kondisi substrat tempat tumbuhnya dan jenis dari jamur itu sendiri (Mahardika, 2013). Proses pembentukan suatu koloni tertentu merupakan suatu fenomena organisasi diri secara biologis, karena sistem dari jamur itu sendiri mengalami perubahan yang spontan yang mencakup peningkatan atau komplikasi dari elemen sistem tersebut, modifikasi kondisi yang sedang berlangsung dan sebagainya. Dalam pendekatan sistem yang kompleks, sistem dari jamur memiliki sejumlah ketetapan ciri-ciri makroskopis tersendiri yang bersifat stabil pada tingkat koloni. Variasi dan ciri-ciri ini ditentukan oleh potensi morfologi yang dimiliki oleh setiap jenis jamur. Sedangkan transisi diantara ciri ini diatur oleh parameter kontrol eksternal (faktor lingkungan). Untuk itu proses pembentukan suatu pola tertentu pada jamur dapat dikatakan sebagai suatu bentuk adaptasi koloni dalam tahap perkembangannya terhadap perubahan kondisi lingkungan (Mahardika, 2013).

Genus Bakteri Penghasil Enzim Selulase

Berdasarkan karakteristik yang didapat pada setiap isolat yang diuji, kemudian disesuaikan berdasarkan sumber menurut Holt (1994). Didapatkan 7 genus bakteri antara lain: (1) Isolat bakteri genus *Enterobacter* yaitu memiliki bentuk sirkuler dengan tepian bergelombang, elevasi datar dan warna koloni putih pekat. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram negatif karena pada saat diuji bakteri berwarna merah dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini tidak dapat menguraikan

hydrogen peroksida karena tidak menghasilkan enzim katalase, bersifat non motil dan tidak membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, Isolat bakteri kode A memiliki kemiripan dengan genus *Enterobacter* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Enterobacter*. Bakteri genus *Enterobacter* ini bersimbiosis di dalam saluran pencernaan rayap dan mampu menghasilkan enzim selulase (Ramin *et al.* 2008). (2) Isolat bakteri genus *Bacillus* yaitu memiliki bentuk sirkuler dengan tepian mulus, elevasi datar dan warna koloni putih pekat. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram positif karena pada saat diuji bakteri berwarna biru dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini dapat menguraikan hydrogen peroksida karena menghasilkan enzim katalase, bersifat motil dan membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut Isolat bakteri kode B memiliki kemiripan dengan genus *Bacillus* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Bacillus*. Bakteri genus *Bacillus* yang mampu menghasilkan enzim selulase ini hidup pada saluran pencernaan rayap (Ramin *et al.* 2008). (3) Isolat bakteri genus *Pseudomonas* yaitu memiliki bentuk rizoid dengan tepian filamentus, elevasi datar dan warna koloni putih bening. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram negatif karena pada saat diuji bakteri berwarna merah dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini dapat menguraikan hydrogen peroksida karena menghasilkan enzim katalase, bersifat non motil dan tidak membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, Isolat bakteri

kode C memiliki kemiripan dengan genus *Pseudomonas* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Pseudomonas*. Bakteri ini bersimbiosis dengan rayap dan hidup dalam saluran pencernaan rayap (Adawiah. 2000).

Isolat bakteri genus *Flavobacterium* yaitu memiliki bentuk sirkuler dengan tepian bergerigi, elevasi datar dan warna koloni putih pekat. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram negatif karena pada saat diuji bakteri berwarna merah dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, tidak mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini dapat menguraikan hydrogen peroksida karena menghasilkan enzim katalase, bersifat non motil dan membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, Isolat bakteri kode D memiliki kemiripan dengan genus *Flavobacterium* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Flavobacterium*. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Adawiah (2000), bakteri genus *Flavobacterium* ini mampu menghasilkan enzim selulase dan hidup pada saluran pencernaan rayap. (5) Isolat bakteri genus *Bacillus* yaitu memiliki bentuk sirkuler dengan tepian mulus, elevasi datar dan warna koloni putih pekat. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram positif karena pada saat diuji bakteri berwarna biru dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini dapat menguraikan hydrogen peroksida karena menghasilkan enzim katalase, bersifat motil dan membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut Isolat bakteri kode B memiliki kemiripan dengan genus *Bacillus* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Bacillus*. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Ramin *et al*

(2008), bakteri genus *Bacillus* ini mampu menghasilkan enzim selulosa dan bersimbiosis dengan rayap. (6) Isolat bakteri genus *Bacillus* yaitu memiliki bentuk sirkuler dengan tepian mulus, elevasi datar dan warna koloni putih pekat. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram positif karena pada saat diuji bakteri berwarna biru dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini dapat menguraikan hydrogen peroksida karena menghasilkan enzim katalase, bersifat motil dan membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut Isolat bakteri kode B memiliki kemiripan dengan genus *Bacillus* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Bacillus*. Bakteri genus *Bacillus* yang mampu menghasilkan enzim selulase ini hidup pada saluran pencernaan rayap (Ramin *et al.* 2008). (7) Isolat bakteri genus *Cellulomonas* yaitu memiliki bentuk sirkuler dengan tepian lobatus, elevasi cembung dan warna koloni putih kekuningan. Ketika dilakukan uji pewarnaan gram bakteri tergolong ke dalam gram positif karena pada saat diuji bakteri berwarna biru dan memiliki bentuk basil. Ketika dilakukan serangkaian uji biokimia bakteri ini tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan, tidak mampu memfermentasi glukosa, dan tidak membentuk produk akhir non-asam. Pada uji katalase bakteri ini dapat menguraikan hydrogen peroksida karena menghasilkan enzim katalase, bersifat motil dan membentuk hydrogen sulfida. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 2, 3, dan 4. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, Isolat bakteri kode G memiliki kemiripan dengan genus *Cellulomonas* sehingga bakteri ini kemungkinan masuk ke dalam genus *Cellulomonas*.

Genus Jamur Penghasil Enzim Selulase

Berdasarkan karakteristik yang didapat pada setiap isolat kemudian disesuaikan berdasarkan sumber menurut H.L

Barnet (1962). Didapatkan 2 genus jamur antara lain: (1) Isolat jamur *Aspergillus* yaitu memiliki bentuk hifa tidak bersekat (asepta), warna konidia yang ditunjukkan adalah berwarna abu-abu, bentuk konidia berbentuk elips, sedangkan bentuk spora dari jamur ini memiliki bentuk bulat. Berdasarkan ciri-ciri yang ditunjukkan isolat jamur kode B memiliki kemiripan dengan genus *Aspergillus*, sehingga jamur ini kemungkinan masuk kedalam genus *Aspergillus*. (2) Isolat jamur genus *Cladosporium* yaitu memiliki bentuk hifa yang bersekat (septa), warna konidia yang ditunjukkan adalah berwarna abu-abu, bentuk konidia menyerupai rantai, sedangkan bentuk spora dari jamur ini memiliki bentuk elips. Berdasarkan ciri-ciri yang ditunjukkan isolate jamur kode C memiliki kemiripan dengan genus *Cladosporium*, sehingga jamur ini kemungkinan masuk kedalam genus *Cladosporium*.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa karakteristik mikroorganisme penghasil enzim selulase menunjukkan hasil yang beragam baik pada bakteri maupun jamur. Namun pada bakteri didominasi dengan bentuk sirkuler, tepian mulus, elevasi datar dan memiliki warna putih pekat. Sedangkan pada jamur didapatkan hasil yang beragam baik dari bentuk, warna, tekstur dan pertumbuhan koloni. Sedangkan genus mikroorganisme didapatkan lima genus bakteri yang teramati diantaranya: *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, dan *Cellulomonas*. Dan dua genus jamur yang teramati diantaranya: *Aspergillus* dan *Cladosporium*.

Adapun saran yang dapat diajukan bahwa dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memotivasi kalangan mahasiswa untuk melakukan penelitian lanjut terkait bakteri dan jamur penghasil enzim selulase. Disamping sebagai sumber belajar, juga dapat dijadikan starter untuk pembuatan pupuk kompos dengan menggunakan limbah kayu yang mengandung selulosa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah. 2000. Kinerja Mikroba Symbion Rayap Dalam Proses Degradasi Beberapa Jenis Limbah Pertanian. *Tesis*. Fakultas Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Barnet, H L. 1962. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. USA.
- Cappucino, J. G dan Natalie S. 2014. *Manual Laboratorium Mikrobiologi Edisi 8*. Jakarta. Buku Kedokteran EGC.
- Holt, G J, Krieg N R, Sneath P H A, Staley J T, Wiliam S T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. USA.
- Kambhampati S, Egglenton P. 2000. Taxonomy and phylogeny of termites. *Di dalam: Abe T, Bignell DE, Higashi M. Termites Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Dordecht: Kluwer Academic. hal: 1- 23.
- Meryandini, A, Widosari, W, Maranatha, B, Sunarti, T C, Rachmania, N, Satria, H. 2009. *Isolasi bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya*. Makara Sains 2009; 13: 33-38.
- Mulyadiharja, S. 1999. *Lembar Kerja Mahasiswa*. Singaraja: Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA STKIP Singaraja.
- Ng, S.. 2010. *Pure Culture and Metagenomic Approaches to Investigate Cellulose and Xylan Degradation*. Ontario: The Faculty of Science, Applied Bioscience, Universitas of Ontario Institute of Technology.
- Ramin M, A. R. Alimon, And N. Abdullah. 2008. Identification of Cellulolytic Bakteria Isolated from the Termite *Coptotermes curvignathus* (Holmgren). *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*. Number 17: 103-116
- Ristiati, N P. 2000. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Jakarta: Direktorat jendral Pendidikan Tinggi Departement Pendidikan Nasional
- Sigit, S. H. 2006. *Hama Pemukiman Indonesia (Pengenalannya, Biologi dan Pengendalian)*. Unit Kajian Pengendalian Hama Pemukiman. Fakultas Kedokteran Hewan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

AUTOMASI EFISIENSI PENGELOLAAN GEDUNG DENGAN APLIKASI INTEGRATED BUILDING CONTROL AND MONITORING (INCOMBINE) STUDI KASUS DI PT ABC CREDIT COMPANIES

Sasmito Budi Utomo¹, Dwi Wulandari², dan Wasita Anggara³

Program Studi Manajemen Informatika, Politeknik Manufaktur Astra, Jakarta^{1,2,3}

E-mail : sasmibu@gmail.com¹, dwiwulandari.mi12@gmail.com², wasitaanggara@gmail.com³

ABSTRACT

Building good management of a company based on the controlling and monitoring the overall building management. Currently the building management in most companies is still done manually. This situation resulted in less efficiency building management to handle the many requests a submission the project data building management. This problem also occurs in PT ABC Credit Companies (PT. ABC), which has more than 40 times in the submission of data every year for the building project across headquarters and branch offices. Those problems include the submission of building project data, monitoring, controlling, and the existence of project data existing building management. Therefore, PT. ABC did the automation of the building management by using Application InCombine. The results obtained from this automation process is the time efficiency of 116 700 seconds to 62 seconds from a case that tested the project.

Keywords : *Building Management, Automation, Efficiency.*

ABSTRAK

Pengelolaan gedung yang baik bagi suatu perusahaan bertumpu pada mengontrol dan memonitor dalam pengelolaan gedung secara menyeluruh. Saat ini manajemen gedung pada sebagian besar perusahaan masih dilakukan secara manual. Hal ini mengakibatkan pengelolaan gedung kurang efisien dalam menangani banyaknya permintaan untuk pengajuan data proyek pengelolaan gedung. Permasalahan ini juga terjadi di PT ABC Credit Companies (PT. ABC) yang memiliki lebih dari 40 kali dalam pengajuan data proyek gedung setiap tahunnya untuk seluruh kantor pusat maupun kantor cabang. Permasalahan tersebut mencakup pengajuan data proyek gedung, memonitor, mengontrol, dan keberadaan data proyek pengelolaan gedung yang ada. Untuk mengatasi hal tersebut PT. ABC melakukan proses automasi terhadap manajemen gedungnya dengan menggunakan Aplikasi InCombine. Hasil yang diperoleh dari proses automasi ini adalah efisiensi waktu dari 116.700 detik menjadi 62 detik dari sebuah kasus proyek yang diujikan.

Kata Kunci : Manajemen Gedung, Automasi, Efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banyaknya penggunaan perangkat lunak komputer di sektor bisnis membuat permintaan sistem informasi baru meningkat [1]. Peningkatan permintaan ini menjadikan kebutuhan efisiensi manajemen pengelolaan gedung menjadi salah satu masalah yang cukup untuk dicarikan solusinya. Informasi yang didapatkan dalam pembuatan proyek pengelolaan gedung masih sering terlambat, terdapatnya kerugian pada perusahaan serta tidak sesuai dengan tujuan bisnis yang berjalan merupakan bentuk permasalahan efisiensi pengelolaan gedung [2].

PT ABC Credit Companies (PT. ABC) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pemberian fasilitas pembiayaan kendaraan bermotor (sedan, minibus, *jeep*, *pick up* dan *truck*) serta alat berat, baik skala *retail* ataupun korporasi (*fleet*). Pada saat ini salah satu permasalahan yang dialami dan harus segera dicarikan solusinya adalah mengenai pengelolaan gedung, karena akan berdampak kerugian pada perusahaan yaitu produktivitas menurun. Pengelolaan gedung sering terlambat karena proses pengajuan usulan data proyek pengelolaan gedung masih menggunakan sistem manual yaitu masih menggunakan lembar kerja/ dokumen MS Excel. Pengajuan usulan data proyek pengelolaan gedung

ini harus melalui serangkaian proses persetujuan yang banyak melibatkan pihak. Penggunaan lembar kerja manual memicu masalah bagi tim pengelola gedung karena keberadaan dan status pengajuan data pengelolaan gedung tidak diketahui dengan cepat dan tepat. Masalah ini muncul juga disebabkan saat pengiriman lembar kerja yang berisi data proyek pengelolaan gedung tersebut melalui surat elektronik (surel) di mana pada judul surel tersebut tidak ada standar penulisan keterangan mengenai status dokumen. Hal ini menambah tidak efektif bagi tim pengelola gedung karena harus selalu membuka surel untuk mendapatkan informasi status data proyek pengelolaan gedung.

Penelitian Terkait

Sebelum penelitian ini dilakukan, telah banyak penelitian-penelitian yang membahas mengenai manajemen pengelolaan gedung. Diantaranya adalah penelitian dilakukan oleh Fira, Afifuddin, Aulia yang melakukan Kajian Pengorganisasian Pemeliharaan Bangunan Gedung Sekretariat Daerah Kabupaten Aceh Tengah [3], Penelitian lainnya dilakukan oleh Kristianto dan Restita mengenai Kajian Manajemen Pengelolaan gedung (*Building Management*) Di Universitas Lampung [4]. Penelitian lain yang dilakukan oleh Jeffri, Yenni, Christina yang melakukan Analisis Dan Pengembangan Sistem Pengelolaan gedung, Prosedur Dan Formulir Untuk Gedung Keseluruhan Universitas Kristen Maranatha [5]. Serta penelitian lain oleh Rosalina mengenai Sistem Pengelolaan gedung Ditinjau Dari Keandalan Bangunan Gedung [6].

Penelitian-penelitian tersebut membahas mengenai permasalahan yang sama, yaitu permasalahan mengenai manajemen gedung, yang mencakup masalah keterlambatan dalam proses pengajuan proyek pengelolaan gedung serta dampak kerugian dari manajemen gedung dan mengoptimalkan waktu dalam mendapatkan informasi yang diinginkan dan belum adanya tempat penyimpanan data pengelolaan gedung yang akurat.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut disimpulkan bahwa terdapat permasalahan yang sama dan diberikan pula solusi yang sama yaitu mengenai penggunaan automasi pengelolaan

gedung. Untuk melakukan automasi dari penggunaan lembar kerja/ dokumen MS. Excel menjadi terkomputerisasi tanpa penggunaan lembar kerja manual tersebut, yang akhirnya sangat membantu mengetahui informasi yang diinginkan secara cepat, tepat dan efektif. Kesimpulannya adalah penggunaan automasi untuk memproses data proyek pengelolaan gedung dapat dijadikan sebagai salah satu solusi dalam melakukan efisiensi pengelolaan gedung.

Perumusan Masalah

Masalah-masalah yang terdapat di PT ABC yaitu:

Bagaimana cara menghilangkan penggunaan lembar kerja dokumen MS excel dalam pembuatan proyek pengelolaan gedung?

Bagaimana cara mengetahui keberadaan data proyek pengelolaan gedung yang telah diajukan?

Bagaimana cara meminimalkan waktu untuk mendapatkan informasi yang diinginkan secara cepat mengenai data proyek pengelolaan gedung yang telah diajukan?

Tujuan

Tujuan penelitian ini untuk mencari solusi dan membuat alat bantu ketiga masalah utama yang ada pada perusahaan PT. ABC dengan melakukan automasi dengan membuat aplikasi

Integrated Building Control and Monitoring (InCombine) yang mampu:

mengganti mekanisme lembar kerja/ dokumen MS. Excel dalam proses pengajuan data proyek pengelolaan gedung,

mengetahui keberadaan atau menelusuri data proyek pengelolaan gedung yang telah diajukan, serta

meminimalkan waktu untuk mendapatkan informasi yang diinginkan secara tepat dan cepat mengenai data proyek pengelolaan gedung yang telah diajukan.

METODOLOGI YANG DITERAPKAN

Tahapan Penelitian

Pada penelitian kali ini, proses penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

Perumusan Masalah.

Desain Penelitian.

Business Process Automation (BPA).

Pengembangan Perangkat Lunak:

Perencanaan

Analisis

Desain

Implementasi

Menguji Proses Automasi.

Kesimpulan dan Saran.

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1. Tahapan perumusan masalah dilakukan dengan pengumpulan data melalui metode studi literatur, analisis dokumen dan wawancara.



Gambar 2.1 Tahapan Penelitian

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dokumen-dokumen terkait manajemen pengelolaan gedung serta mempelajari teori-teori dan penelitian-penelitian sebelumnya sebagai dasar penyelesaian permasalahan yang ada.

Adapun dokumen-dokumen tersebut meliputi:

User Requirement dari Head Office PT. ABC.

Dokumen *building management* PT. ABC

sesuai proses bisnis yang diberikan PT. ABC.

Dokumen *System Development Life Cycle (SDLC)*.

Dokumen *Guide Framework Yii Versi 2.0*.

Wawancara dilakukan untuk menambahkan informasi secara detail kepada pihak yang terkait dalam pengelolaan gedung yaitu Head Office PT. ABC. Setelah masalah dapat dirumuskan, selanjutnya melakukan tahap desain penelitian. Pada tahap ini ditentukan tujuan penelitian dan langkah pencapaiannya. Desain ini lebih banyak mengacu pada penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya.

Kemudian pada tahap *Business Process Automation (BPA)* dilakukan cara mengubah dari sistem yang manual menjadi terkomputerisasi. Metodologi yang digunakan selama melakukan BPA serta pengembangan perangkat lunak adalah purwarupa (*prototyping*).

Tahap selanjutnya adalah proses pengujian kepada perangkat lunak yang berhasil dikembangkan. Setelah itu proses otomasi melalui perangkat lunak yang berhasil diuji dibandingkan dengan proses manual sebelumnya untuk mendapatkan ketepatan dan efisiensi pengajuan data proyek pengelolaan gedung.

Business Process Automation (BPA)

Business Process Automation [7] merupakan salah satu dasar dari suatu strategi pengembangan teknologi informasi. *Business Process Automation* melengkapi atau mengganti proses manual dengan memanfaatkan teknologi komputer dengan maksud untuk mendapatkan efisiensi biaya. *Business Process Automation* juga dirancang untuk membawa perubahan laba perusahaan yang cukup signifikan. Pengembangan dengan cara ini, dirancang untuk mempertahankan efisiensi serta meningkatkan stabilitas dan produktivitas tenaga operasional dengan mengintegrasikan aplikasi perangkat lunak.

Analisis dimulai dengan meminta pengguna membuat daftar masalah yang ada, kemudian memprioritaskan masalah sesuai urutan kepentingan, yaitu dimulai dari yang paling penting, kemudian menemukan akar masalah tersebut. Setiap kemungkinan penyebab masalah diselidiki, dan dicari solusinya. Penggambaran masalah-masalah yang ditemukan dilakukan dengan teknik [8].

Metodologi Pengembangan Perangkat Lunak

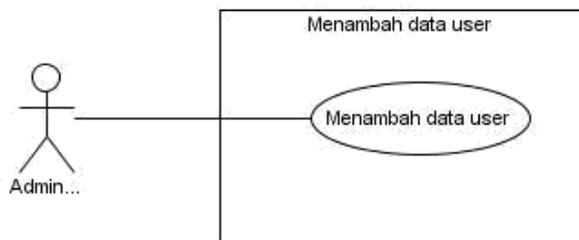
Metodologi yang digunakan dalam pengembangan perangkat lunak yaitu metodologi purwarupa. Metodologi ini dipilih dikarenakan sangat tepat untuk mengembangkan sistem yang kurang jelas kebutuhan pengguna, pengembangnya kurang menguasai teknologi yang digunakan untuk mengembangkan sistem, sistem sederhana, waktu pengembangan sistem singkat dan proses pengembangan sistem dapat dilakukan sesuai jadwal pelaksanaan yang telah

No.	Activity	PIC	April				May				June					
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
1	Survey	DWI - WAN														
2	System Analyst	DWI - WAN														
3	Design	DWI - WAN														
4	Implementation	DWI - WAN														
5	Acceptance Test Generator	DWI - WAN														
6	Quality Assurance	DWI - WAN														

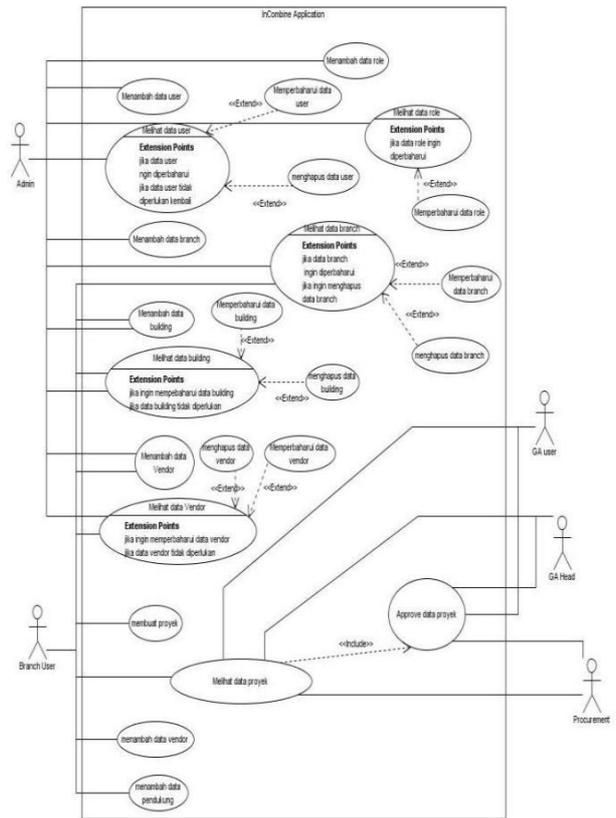
Pada tahap analisis digunakan untuk menentukan apa yang akan dilakukan oleh sistem informasi yang dibuat dengan menggunakan tiga model, yaitu:

functional model,

Dalam pengembangan sistem berorientasi objek terdapat tipe model yang digunakan untuk menjelaskan fungsionalitas sistem yaitu *activity diagram, use case description, dan use case diagram.* Untuk melihat diagram-diagram tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 s.d. Gambar 3.3.

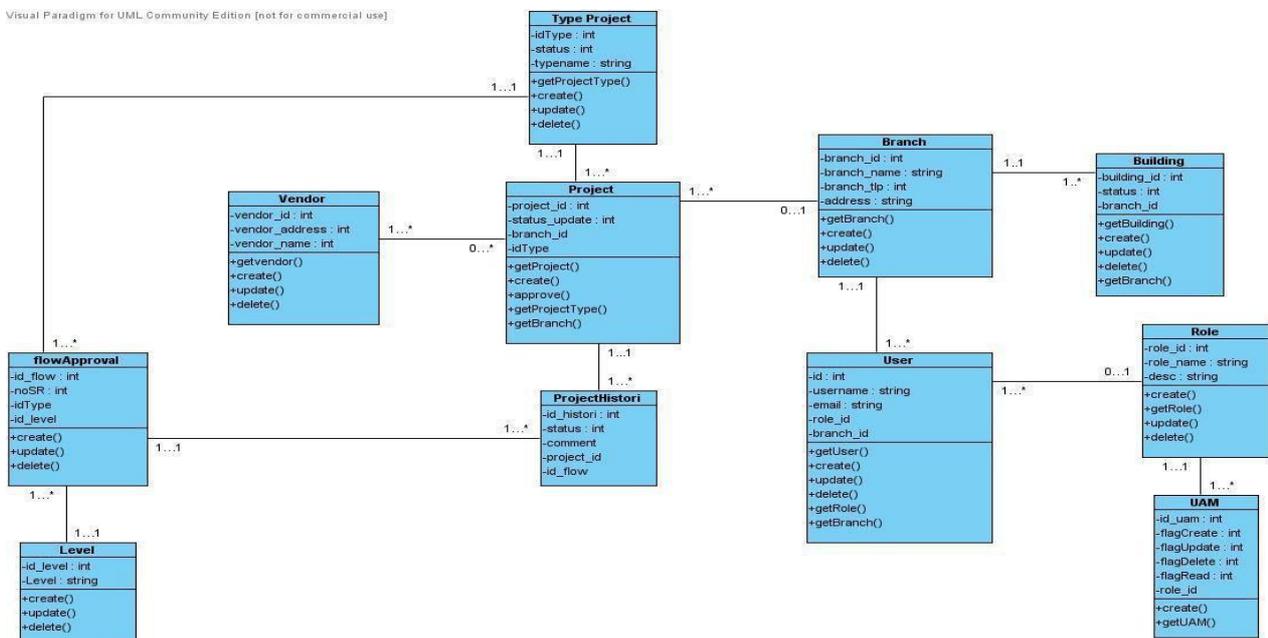


Gambar 3.2 Salah satu contoh Use case description menambah data user



Gambar 3.3 Use Case Diagram InCombine Application

Visual Paradigm for UML, Community Edition [not for commercial use]



Gambar 3.4 Class Diagram InCombine Application

Structural model

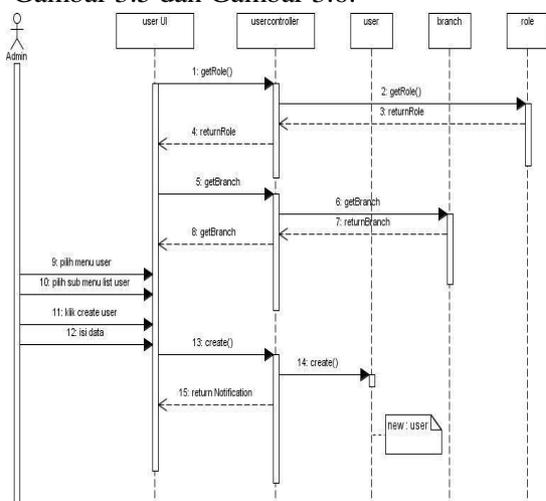
Structural model menghasilkan dua objek untuk menjelaskan struktur data dari proses bisnis, yaitu *class diagram* dan *Class Responsibilities and Collaborations (CRC) cards*. *Class diagram* dan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan CRC cards dapat dilihat pada Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Salah satu contoh CRC Cards Incombine Application

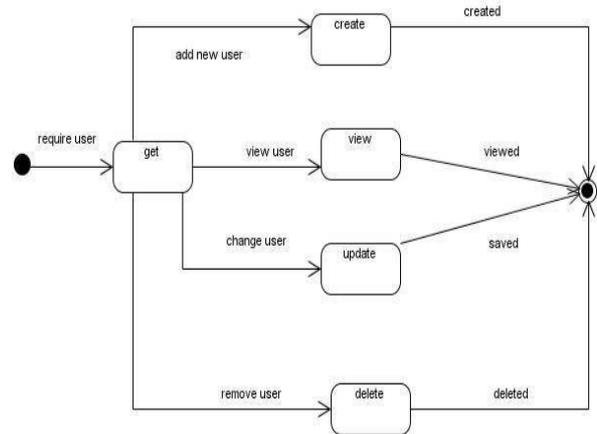
Front:		
Class Name: User	ID: 3	Type: Concrete, Domain
Description: Sebuah individual yang dapat memberikan informasi pengguna aplikasi	Associated Use Case: IC001, IC002, IC003, IC004	
Responsibilities Menyimpan nama pengguna Menyimpan email pengguna Mengetahui ID Role Mengetahui ID Branch	User Role Branch	Collaboration
Back:		
Attributes: User_id (int) username (varchar) email (varchar) role_id (int) branch_id (int)		
Relationships: Generalization (a-kind-of): Aggregation (has-part-of): Other Association : Role, Branch		

Behavior model

Behavioral model menggunakan dua diagram, yaitu *sequence diagrams* dan *behavioral state machines*. Untuk melihat diagram-diagram tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



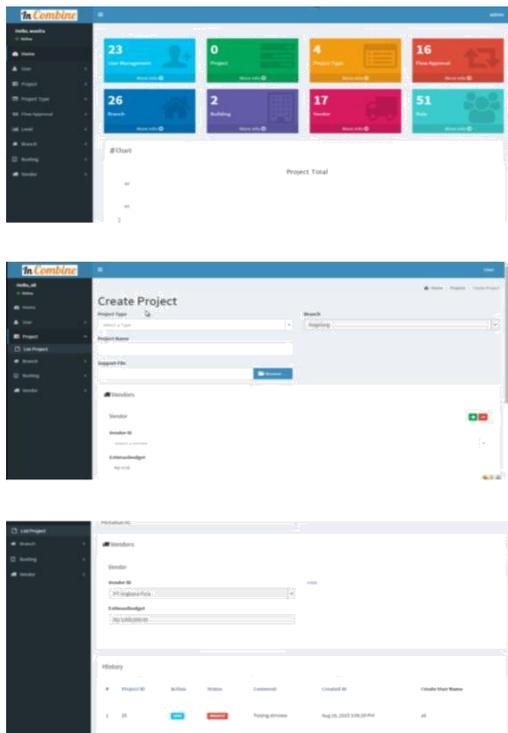
Gambar 3.3 Salah satu Sequence Diagram Menambah Data User Incombine Application.



Gambar 3.4 Salah satu Behavioral State Machine Incombine Application

Pada tahap desain, Aplikasi InCombine menggunakan arsitektur *three-tiered client-server*, bahasa pemrograman PHP dengan *Framework YII* versi 2.0, serta tampilan telah mengalami beberapa kali perubahan. Perubahan tersebut berdasar pada hasil evaluasi desain purwarupa aplikasi oleh pengguna. Desain purwarupa terakhir untuk tampilan InCombine dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Pada tahap Implementasi dilakukan dilakukan kontruksi sistem yaitu pembuatan kode program dan melakukan uji.



Gambar 3.5 Purwarupa terakhir tampilan Aplikasi InCombine

Tabel 3-3 Hasil Pengujian InCombine Application

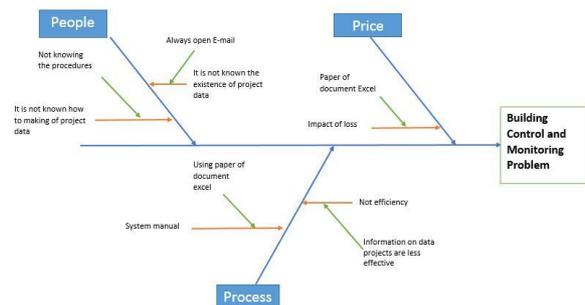
No	Nama	Deskripsi
IC000	Login	Digunakan untuk masuk kedalam aplikasi
IC001.	Menambah data user.	Digunakan untuk menambahkan data pengguna baru.
IC002.	Melihat data user.	Digunakan untuk menampilkan daftar data pengguna keseluruhan atau rinci data pengguna
IC003.	Memperbaharui data user.	Digunakan untuk memperbaharui atau mengubah data pengguna yang telah ada dan akan diganti sesuai keinginan.
IC004.	Menghapus data user.	Digunakan untuk menghapus data pengguna.
IC005.	Menambah data cabang.	Digunakan untuk menambahkan data cabang baru.
IC006.	Melihat data cabang.	Digunakan untuk menampilkan daftar data cabang keseluruhan atau rinci data cabang
IC007.	Memperbaharui data cabang.	Digunakan untuk memperbaharui atau mengubah data cabang yang telah ada dan akan diganti sesuai keinginan.
IC008.	Menghapus data cabang	Digunakan untuk menghapus data cabang.
IC009.	Menambah data gedung.	Digunakan untuk menambahkan data gedung baru.
IC0010.	Melihat data gedung.	Digunakan untuk menampilkan daftar data gedung keseluruhan atau rinci data gedung
IC0011.	Memperbaharui data gedung.	Digunakan untuk memperbaharui atau mengubah data gedung yang telah ada dan akan diganti sesuai keinginan.
IC0012.	Menghapus data gedung	Digunakan untuk menghapus data gedung.
IC0013.	Menambah data role.	Digunakan untuk menambahkan data role baru.

No	Nama	Deskripsi
IC0014.	Melihat data role.	Digunakan untuk menampilkan daftar data role keseluruhan atau rinci data role
IC0015.	Memperbaharui data role.	Digunakan untuk memperbaharui atau mengubah data <i>role</i> yang telah ada dan akan diganti sesuai keinginan.
IC0016.	Menambah data vendor.	Digunakan untuk menambahkan data vendor baru.
IC0017	Melihat data vendor.	Digunakan untuk menampilkan daftar data <i>vendor</i> keseluruhan atau rinci data <i>vendor</i> .
IC0018	Memperbaharui data vendor.	Digunakan untuk memperbaharui atau mengubah data <i>vendor</i> yang telah ada dan akan diganti sesuai keinginan.
IC0019	Menghapus data vendor	Digunakan untuk menghapus data <i>vendor</i> .
IC0020	Membuat proyek	Digunakan untuk membuat data proyek
IC0021	Menambahkan data pendukung	Digunakan untuk menambahkan data pendukung yang berada di proyek
IC0022	Melihat proyek.	Digunakan unuk melihat data proyek yang telah ada (pemeliharaan gedung atau penyewaan gedung).
IC0023	Mencetak laporan project	Digunakan untuk mencetak laporan data proyek.

Tahapan berikutnya adalah menguji Aplikasi InCombine yaitu untuk memastikan Aplikasi InCombine sesuai dengan keinginan pengguna. Pengujian ini dilakukan oleh pengguna bersama pengembang perangkat lunak. Hasil pengujian Aplikasi InCombine dapat dilihat pada Tabel 3-3. Setelah pengujian berhasil, Aplikasi InCombine diimplementasikan ke dalam PT. ABC untuk membantu proses automasi.

PEMBAHASAN HASIL

Berdasarkan permasalahan yang didapat, maka diperoleh gambaran mengenai akar permasalahan yang terbagi menjadi tiga bagian yaitu: manusia, biaya, proses yang terdapat pada latar belakang di *fishbone* diagram permasalahan. Gambaran ringkasan permasalahan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Permasalahan Pengelolaan Gedung

Business Process Automation (BPA) yang dilakukan berfokus pada tiga hal, yaitu:

- Penggunaan lembar kerja/ dokumen MS excel.
- Tidak diketahui mengenai keberadaan data proyek pengelolaan gedung yang telah diajukan.
- Lamanya dalam konfirmasi data proyek pengelolaan gedung serta informasi yang didapatkan masih kurang efektif yang masih menggunakan surel.

Tiga hal fokus BPA tersebut telah dibuatkan solusinya yaitu automasi dengan mengembangkan Aplikasi **InCombine**. Dengan menggunakan Aplikasi InCombine diperoleh hasil perbandingan sistem manual menjadi sistem automasi seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4-1 Perhitungan penghematan waktu proses automasi

No	Nama Kegiatan	Estimasi Waktu (detik)		Selisih
		Sistem Lama	Sistem Baru	
1	Membuat proyek pengelolaan gedung	600	5	595
2	Approve data proyek pengelolaan gedung	86400	20	86380
3	Mengirimkan data proyek pengelolaan gedung	300	2	298
4	Memperbaharui data data proyek pengelolaan gedung	18000	30	17970
5	Mencari data proyek pengelolaan gedung	10800	5	10795
Total		116700	62	116038

Dari Tabel 4-1 tersebut menunjukkan hasil pengujian nilai efisiensi yang diperoleh setelah automasi dilakukan mencapai atau dapat menghemat waktu hingga 116.700 detik. Nilai efisiensi ini sebanding dengan Rp173.256.000. Perhitungan nilai efisiensi ditunjukkan pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2 Perhitungan penghematan biaya setelah proses automasi dijalankan

Penurunan rework/scrap		
Penurunan waktu pengerjaan yang berhubungan dengan proses mengajukan permintaan maintenance dan sewa gedung serta proses review dan approval		
Sistem Manual via Email		
1 bulanan 10 menerima form pengajuan maintenance dan sewa gedung		
1 bulanan 20 hari aktif		
1 form = 3x review / approval (Analyst, Approver 1, Approver 2 / Procurement)		
1 review dan approval = rata-rata memakan waktu 8jam / 1 hari kerja		
1 form = 3x8 = 24jam.		
1 form 1 approval = 1 hari		
Gaji rata-rata Analyst = 8000000 / 20 hari	Gaji rata-rata Approver 1 = 10000000 / 20 hari	Gaji rata-rata Approver 2 = 15000000 / 20 hari
Rp 400.000 / hari =	Rp 500.000 / hari =	Rp 750.000 / hari =
Rp 400.000 / 8jam kerja =	Rp 500.000 / 8jam kerja =	Rp 750.000 / 8jam kerja =
*1 jam = Rp 50.000	*1 jam = 62.500	*1 jam = Rp 93.700
Nilai 1 form = Rp 400.000 + Rp 500.000 + Rp 750.000 = Rp 1.650.000		
1 bulanan = 10 form * Rp 1.650.000 = Rp 16.500.000		
1 tahun = 12 * Rp 16.500.000 = Rp 198.000.000		
Sistem yang akan dibangun		
1 form (review / approve) = 60 menit		
1 form pengajuan = 60 menit * 3 review		
1 form = 180 menit = 3jam		
Nilai 1 form = Rp 50.000 + Rp 62.500 + Rp 93.700 = Rp 206.200		
1 bulanan = 10 form * Rp 206.200 = Rp 2.062.000		
1 tahun = Rp 2.062.000 * 12 bulanan = Rp 24.744.000		
Penghematan	Rp	173.256.000

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari pembahasan di atas serta hasil dari implementasi dan pengujian Aplikasi InCombine, maka dapat disimpulkan bahwa:

Aplikasi InCombine dapat menghilangkan sistem manual yang masih menggunakan lembar kerja/ dokumen MS Excel menjadi sistem automasi.

Aplikasi InCombine dapat memberikan keterangan status pada data proyek pengelolaan gedung yang ditampilkan pada *history project* sehingga keberadaan dan status data proyek mudah diketahui.

Aplikasi InCombine dapat meminimalkan waktu pengajuan data proyek dibandingkan mengajukannya melalui surel. Dari sebuah kasus proses pengajuan data proyek, Aplikasi InCombine mampu meminimalkan waktu sebesar 116.700 detik menjadi 62 detik.

Saran

Berdasarkan proses uji Aplikasi InCombine yang telah dilaksanakan, maka saran yang dapat dipertimbangkan selanjutnya adalah perlu menyediakan fungsi untuk mencetak laporan data proyek dalam format .pdf. Fasilitas ini belum disediakan karena saat proses pengembangan belum ada permintaan kebutuhan tersebut dari pengguna untuk mencetak laporan dengan format .pdf.

DAFTAR PUSTAKA

- Joyowiyono, Marsudi, (1995). *Prospek & Prinsip Pengelolaan Perawatan Bangunan Gedung di Indonesia*, PT. Ideco Utama, Jakarta,
- HM, Jogiyanto. (1999). *Analisis dan Desain Sistem Informasi*”, edisi ke-2, Yogyakarta: Andi.
- Isma Fira, Afifuddin Mochammad, and Aulia Budi. (2012). *Kajian Pengorganisasian Pemeliharaan Gedung sekretariat Daerah Kabupaten Aceh Tengah*. Aceh: s.n.
- Usman Kristianto, Winandi Restita. (2009). *Kajian Pengorganisasian Pemeliharaan Gedung sekretariat Daerah Kabupaten Aceh Tengah*. Lampung: Jurnal Sipil dan Perencanaan, Vol 13.
- Sugianto Jeffri, Djajalaksana Yenni M, and Christina. (2001). *Analisis Dan Pengembangan Sistem Pemeliharaan Gedung, Prosedur Dan Formulir Untuk Gedung Keseluruhan Universitas Kristen Maranatha*. Bandung: Jurnal Kuliah Sistem Informasi Manajemen.

Rosalina. (2011). *Sistem Pemeliharaan Gedung Ditinjau Dari Keandalan Bangunan Gedung*. Cilacap: s.k.

Alan Dennis, B. H. (2010). *Systems Analysis and Design with UML Third Edition*. New York: Wiley.

Gupta, K., Sleezer, C.M., & Russ-Eft, D.F. (2007). *A Practical Guide to Needs Assessment*, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

RESPONSE SURFACE OPTIMIZATION OF IMMOBILIZED *ACINETOBACTER BAUMANNII* FOR LIPASE PRODUCTION

I Putu Parwata¹, Made Vivi Oviantari²

^{1,2}Analytical Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Pendidikan Ganesha *Email:
iputuparwata@gmail.com

ABSTRACT

Previous work has successfully immobilized a lipase-producing bacteria of Acinetobacter baumannii on paddy straw powder. This study was designed to optimize the activity of lipase produced by the immobilized bacteria. Optimization was conducted by incubating the immobilized bacteria in media containing (per liter): 5 g peptone, 5 g of yeast extract, 0.5 g CaCl₂, 1 g NaCl, and varied levels of olive oil. The experiments were performed using central composite design (CCD) with three continuous factors, i.e. the level of olive oil, incubation temperature and incubation period. The activity of lipase produced by the immobilized bacteria was then determined by colorimetric techniques. The optimization data were analyzed using response surface methodology (RSM). The results showed that the levels of olive oil and incubation temperature gave a significant linear impact on the activity of lipase produced by the immobilized bacteria, while the incubation period gave a quadratic impact significantly. Interestingly, the response model also showed a significant negative interaction between the level of olive oil with the incubation temperature on lipase activity produced. Based on the response model obtained, the best lipase activity of around 0.24 unit/g was produced after incubation of the immobilized bacteria in media containing olive oil with a concentrations of 0 to 0.2% (w/v) at 30 to 40 °C for about 8 hours.

Keywords: lipase, immobilized *Acinetobacter baumannii*, optimization, response surface methodology

ABSTRAK

Penelitian sebelumnya telah berhasil mengamobilisasi bakteri penghasil lipase *Acinetobacter baumannii* pada serbuk jerami padi. Penelitian ini dirancang untuk mengoptimalkan aktivitas lipase yang dihasilkan oleh bakteri teramobil. Optimalisasi dilakukan dengan menginkubasi bakteri teramobil dalam media yang mengandung (per liter): 5 g pepton, 5 g ekstrak ragi, 0,5 g CaCl₂, 1 g NaCl, dan minyak zaitun. Percobaan dirancang menggunakan central composite design (CCD) dengan tiga variabel bebas, yaitu kadar minyak zaitun, temperatur inkubasi dan masa inkubasi. Aktivitas lipase yang dihasilkan oleh bakteri teramobil kemudian ditentukan dengan teknik kolorimetri. Data optimalisasi dianalisis dengan response surface methodology (RSM). Hasil penelitian menunjukkan kadar minyak zaitun dan temperatur inkubasi memberikan pengaruh linier yang signifikan terhadap aktivitas lipase yang dihasilkan oleh bakteri teramobil, sedangkan masa inkubasi memberikan pengaruh kuadrat secara signifikan. Model juga menunjukkan terdapat interaksi negatif yang signifikan antara kadar minyak zaitun dengan temperatur inkubasi terhadap aktivitas lipase yang dihasilkan. Berdasarkan model yang diperoleh, aktivitas lipase terbaik (sekitar 0,24 unit/g) dihasilkan setelah inkubasi bakteri teramobil dalam media yang mengandung 0-0,2% b/v minyak zaitun pada temperatur 30-40 °C selama ± 8 jam.

Kata kunci: lipase, *Acinetobacter baumannii* teramobil, optimalisasi, response surface methodology

INTRODUCTION

Immobilization of an enzyme-producing bacteria on supporting material is more interesting than immobilization of pure enzyme for several reasons. First, the cost required for isolation, purification and immobilization of pure enzyme can be removed (Fukuda et al. 2009; Xiao et al.,

2009). Second, bacterial cell immobilization facilitates the process of enzyme production and maintains its catalytic activity for a long time (Indumathi and Raj, 2013). Furthermore, immobilization of microbial cells increases biomass production, metabolic activity of cells, and cell resistance to various toxic

materials (Cai et al., 2011; Liu et al., 2002).

In previous work, we have immobilized a lipase-producing bacteria of *Acinetobacter baumannii* on paddy straw powder which have been activated using 20% (w/v) CaCl₂ solution. The bacteria were isolated from oil contaminated soil obtained from a traditional market at Singaraja Bali, Indonesia. The immobilized bacteria were able to produce lipase which showed a good stability in methanol and ethanol. Furthermore, lipase produced by the immobilized bacteria were able to maintain its catalytic activity more than 50% after seven catalysis cycle (Parwata and Oviantari, 2016).

In this study we report the optimization of lipase activity produced by the immobilized bacteria. Optimization were conducted by incubating the immobilized bacteria in media containing varied levels of olive oil and varied setting of temperature and incubation period. The experiments were performed using central composite design (CCD) and analyzed with response surface methodology (RSM). This stastical method is an efficient technique to determine the relationship between factors and system responses (Dutka et al., 2015). With this technique, the number of experiments required much less than factorial design but still able to provide accurate and comprehensive analysis of data.

MATERIALS AND METHODS

Chemicals

Chemicals used in this study, i.e. yeast extract, peptone, CaCl₂, NaCl, glycine and NaOH were purchased from Merk (Germany). Solvents such as

acetonitrile, ethanol, and lipase substrat of p-nitrophenyl palmitate were obtained from Sigma-Aldrich (USA).

Optimization of Immobilized *Acinetobacter baumannii*

Optimization of the immobilized bacteria was carried out by incubate the bacteria in media composed of (per litre): 5 g peptone, 5 g yeast extract, 0.5 g CaCl₂, 1 g NaCl and varied levels of olive oil. Incubation was done at varied setting of temperatures and incubation periods. After incubation, lipase activities produced by the immobilized bacteria were than assayed using the technique proposed by Lee at al. (1999). Substrate emulsion was prepared by mixing 10 mM p-nitrophenyl palmitate (pnpp) with glycine-NaOH buffer (pH 8.5) and ethanol at a ratio of 1:95:4 (v/v/v). The reaction was started by adding 0.01 g of the immobilized bacteria into 900 µL substrate emulsion, then incubated in a water bath at 45 °C for 15 minutes. The activity of lipase was determined by measuring the absorbance of p-nitrophenol as a catalysis product of the enzyme at 405 nm using UV/Vis

Spectrophotometer. Lipase activity is expressed in units/g which is defined as mole product (p-nitrophenol) generated by lipase per minute per gram of immobilized bacteria.

Experimental Design

Three factors were varied on the incubation of the immobilized bacteria, i.e. the levels of olive oil in the media (0-0.8% w/v), temperatures (30-50 °C) and incubation periods (2-10 hours). The combination of all factors were performed using central composite design (Table 1). The experiments were conducted in two

replicates. The experimental design and statistical analysis of data was carried out using MINITAB version 17.2.1.

RESULTS AND DISCUSSION

Optimization of Immobilized *Acinetobacter baumannii* for Lipase Production

Using central composite design (CCD), a total of 20 experiments with different combinations of olive oil levels, temperatures and incubation periods were performed, and the results obtained for lipase activity produced by the immobilized bacteria are presented in Table 1. The coefficient of determination

for the response model of lipase activity produced by the immobilized bacteria was 90.76%, which showed a good agreement between experimental observations and predicted values. It means that 90.76% of the variability in the responses could be explained by the model. It also proved by the lack of fit value of 0.577 (far above the significant level of 0.05). Furthermore, the R-pred value of the model (83.23%) indicated that the model can be used to predict the value of response significantly. Lipase activities of the

immobilized bacteria obtained from the experiments were comparable to which predicted from the model (shown by standard error value below 0.0097 in Table 1). Thus, the model can be used to predict the optimum condition of the factors tested.

The statistical significance of the model was carried out using Fisher's test for ANOVA (Table 2). It showed that in linear terms, the factor of olive oil level and incubation temperature gave a significant effect on lipase activity produced by immobilized *Acinetobacter baumannii* (given by P value below 0.05). However, the quadratic terms of the two factors were not significantly influence the response. Meanwhile, incubation period gave a significant quadratic effect on lipase activity of the immobilized bacteria (P value below 0.05), but the factor showed less significant linear effect (P value near 0.05). Interestingly, the model also showed a significant interaction between temperature and the level of olive oil on lipase activity of the immobilized bacteria.

Table 1. Experimental design and lipase activity produced by the immobilized *Acinetobacter baumannii* after incubation in media containing varied levels of olive oil

Run Order	Olive oil level (% w/v)	Temperature (°C)	Incubation period (Hour)	Lipase Activity (Unit/g)		
				Experimental	Prediction	Standard Error
1	0.4	40.0	6.0	0.180	0.173	0.0037
2	0.6	34.1	8.4	0.196	0.200	0.0082
3	0.4	40.0	10.0	0.210	0.218	0.0097
4	0.4	40.0	6.0	0.162	0.173	0.0037
5	0.6	45.9	3.6	0.110	0.112	0.0082
6	0.6	45.9	8.4	0.129	0.128	0.0082
7	0.2	45.9	8.4	0.212	0.207	0.0082
8	0.4	40.0	6.0	0.192	0.173	0.0037
9	0.4	30.0	6.0	0.200	0.214	0.0069

10	0.2	34.1	8.4	0.248	0.233	0.0082
11	0.2	34.1	3.6	0.214	0.218	0.0082
12	0.4	40.0	6.0	0.194	0.173	0.0037
13	0.6	34.1	3.6	0.184	0.184	0.0082
14	0.4	40.0	6.0	0.181	0.173	0.0037
15	0.8	40.0	6.0	0.125	0.125	0.0069
16	0.0	40.0	6.0	0.203	0.220	0.0069
17	0.2	45.9	3.6	0.200	0.192	0.0082
18	0.4	40.0	6.0	0.165	0.173	0.0037
19	0.4	40.0	2.0	0.193	0.192	0.0097
20	0.4	50.0	6.0	0.114	0.132	0.0069

Table 2. Analysis of variance of Optimization Data

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Model	5	0.022908	0.004582	27.52	0.000
Linear	3	0.019985	0.006662	40.01	0.000
Olive oil level	1	0.010920	0.010920	65.59	0.000
Temperature	1	0.008249	0.008249	49.54	0.000
Incubation period	1	0.000819	0.000819	4.90	0.044
Square	1	0.001888	0.001888	11.34	0.005
Incubation period*Incubation period	1	0.001888	0.001888	11.34	0.005
2-Way interaction	1	0.001035	0.001035	6.22	0.026
Olive oil level*Temperature	1	0.001035	0.001035	6.22	0.026
Error	14	0.002331	0.000166		
Lack-of-Fit	9	0.001447	0.000161	0.91	0.577
Pure Error	5	0.000884	0.000177		
Total	19	0.025239			

Effect of Olive oil level, Temperature and Incubation period on Lipase Activity Produced by Immobilized *Acinetobacter baumannii*

The effect of olive oil level, incubation temperature and incubation period on the activity of lipase produced by the immobilized bacteria is shown in Figure 1, 2 and 3. It showed that the incubation period give a linear impact on lipase activity of the immobilized bacteria before and after 5 hour of incubation period (Figure 1 and 2). Before 5 hours of incubation, the effect of incubation period on lipase activity of the immobilized

bacteria was negatively linear, while after 5 hours of incubation the effect became positively linear. The best lipase activity was obtained at incubation period above 8 hours.

Incubation temperature showed a negatively linear effect on lipase activity of the immobilized bacteria (Figure 1 and 3). Increment of incubation temperature was followed by reduction of the activity of lipase produced by the immobilized bacteria. The best lipase activity was achieved after incubation of the immobilized bacteria at temperature below °C.

The same as incubation period, the level of olive oil in media also showed a negatively linear effect on lipase activity of the immobilized bacteria (Figure 2 and 3). It gave the best lipase activity after incubation of the immobilized bacteria in media contained the level of olive oil below 0.3 % (w/v).

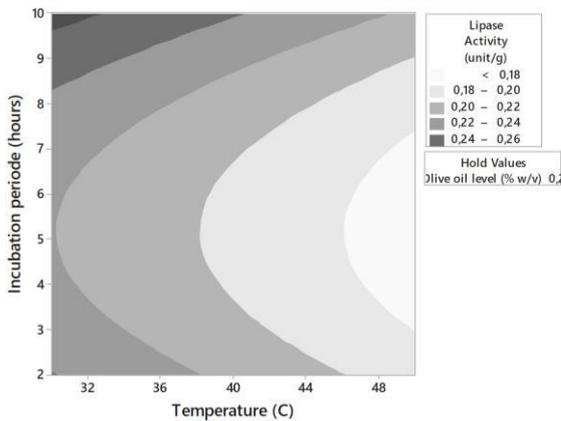


Figure 1. Contour plot of temperature and incubation period on lipase activity produced by immobilized *Acinetobacter baumannii*

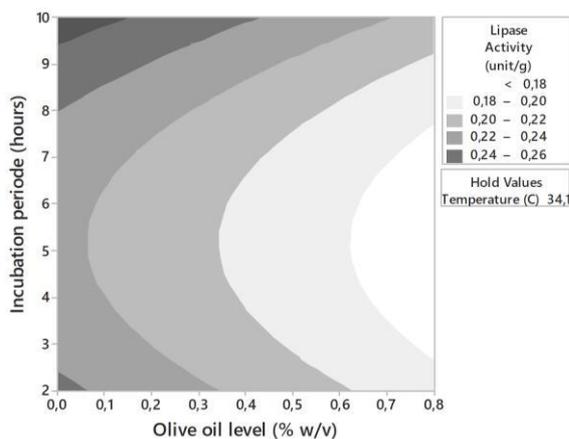


Figure 2. Contour plot of olive oil level and incubation period on lipase activity produced by immobilized *Acinetobacter baumannii*

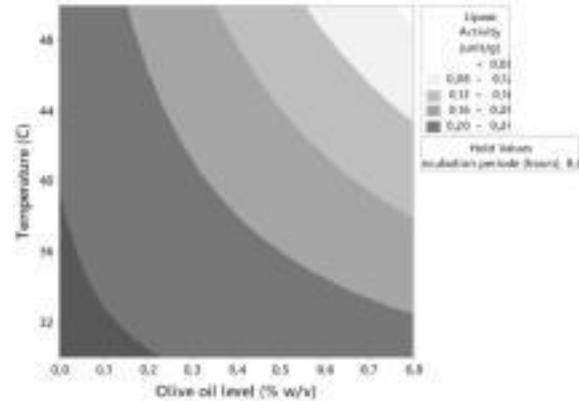


Figure 3. Contour plot of olive oil level and temperature on lipase activity produced by immobilized *Acinetobacter baumannii*

The interaction between the level of olive oil and incubation temperature on lipase activity produced by the immobilized bacteria is shown in Figure 3. In order to generate a good lipase activity, a higher level of olive oil in media should be incubated at a lower temperature, and vice versa. Incubation of the immobilized bacteria in media containing higher level of olive oil at higher temperature gave the worst effect on lipase activity produced. High olive oil level at high incubation temperature apparently gave a detrimental effect on the physiology of the immobilized bacteria to produce lipase.

Generally, most bacterial lipases are induced in media containing fatty acids and oils (Joseph et al., 2006; Immanuel et al., 2008; Kiran et al., 2008). Lipase produced by *Acinetobacter baumannii* in this study are apparently partially induced by olive oil due to its optimum activity was obtained at lower concentration of the oil. Mahler et al. (2000) reported that the activity of lipase produced by *Acinetobacter calcoaceticus* was repressed by the presence of a lipid source in the medium. Meanwhile, lipase produced by *Acinetobacter junii* isolated from oil

contaminated soil in South Korea was moderately induced by olive oil (Anbu et al., 2011). Thus, different species of bacteria have different response on inducer in term of lipase production.

CONCLUSION

Using response surface methodology, we have optimized the effect of olive oil level, incubation temperature and incubation period on lipase activity produced by immobilized *Acinetobacter baumannii*. Based on the model, the best lipase activity was generated after incubation of the immobilized bacteria in media containing olive oil with the level of 0-0.2% (w/v) at temperature 30-40 °C for about 8 hour of incubation period.

ACKNOWLEDGMENT

This study was funded by the Ministry of Research, Technology and Higher Education of Indonesia through a research grant of Hibah Bersaing.

REFERENCES

- Anbu, P., Noh, M.J., Kim, D-H., Seo, J-S., Hur, B-K., dan Min, K.H. (2011). Screening and optimization of extracellular lipases by *Acinetobacter* species isolated from oil-contaminated soil in South Korea. *African Journal of Biotechnology*, 10(20): 4147-4156
- Cai, T., Chen, L., Ren, Q., Cai, S., Zhang, J. (2011). The biodegradation pathway of triethylamine and its biodegradation by immobilized *Arthrobacter protophormiae* cells. *J. Hazard Mater*, 186:59-66.
- Dutka, M., Ditaranto, M., Løvås, T. (2015). Application of a Central Composite Design for the Study of NOx Emission Performance of a Low NOx Burner. *Energies*, 8: 3606-3627
- Fukuda, H., Kondo, A., Tamalampudi, S. (2009). Bioenergy: sustainable fuels from biomass by yeast and fungal whole-cell biocatalysts. *Biochemical Engineering Journal*, 44: 2–12.
- Immanuel, G., Esakkiraj, P., Jebadhas, A., Iyapparaj, P., Palavesam, A. (2008). Investigation of lipase production by milk isolate *Serratia rubidaea*. *Food Technol. Biotechnol.*, 46(1): 60-65.
- Indumathi, R., Paul Raj, S. (2013). Biodiesel production from microbial whole cell biocatalyst. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(8): 94-101
- Joseph, B., Ramteke, P.W., Kumar, P.A. (2006). Studies on the enhanced production of extracellular lipase by *Staphylococcus epidermidis*. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 52: 315-320.
- Kiran, G.S., Shanmughapriya, S., Jayalakshmi, J., Selvin, J., Gandhimathi, R., Sivaramkrishnan, S., Arunkumar, M., Thangavelu, T., Natarajaseenivasan, K. (2008). Optimization of extracellular psychrophilic alkaline lipase produced by marine *Pseudomonas*

sp. (MSI057). *Bioprocess Biosyst. Eng.* 31:483-492.

Lee, D., Koh, Y., Kim, K., Kim, B., Choi, H., Kim, D., Suhartono, M.T., Pyun, Y. (1999). Isolation and Characterization of Thermophilic Lipase from *Bacillus thermoleovorans* ID-1. *FEMS Microbiology Letters*, 179: 393-400

Liu, H., Guo, L., Liao, S., Wang, G. (2002). Reutilization of immobilized fungus *Rhizopus* sp. LG04 to reduce toxic chromate. *J. Appl. Microbiol.*, 112:651-659.

Mahler, G.F., Kok, R.G., Cordenons, A., Hellingwerf, K.J., Nudel, B.C. (2000). Effects of carbon sources on extracellular lipase production and *lipA* transcription in *Acinetobacter calcoaceticus*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 24: 25-30.

Parwata, I P. and Oviantari, M.V. (2016). Immobilization of Lipase-Producing Bacteria *Acinetobacter baumannii* on Paddy Straw Powder. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(2): 661-668

Xiao, M., Mathew, S., Obbard, J.P. (2009). Biodiesel fuel production via transesterification of oils using lipase biocatalyst. *GCB Bioenergy*, 1: 115–125.

SISTEM INFORMASI BERBASIS WEB 2.0 PRODUK UNGGULAN USAHA MIKRO KECIL DAN MENENGAH (UMKM) DI KABUPATEN BULELENG

Desak Nyoman Sri Werastuti¹, Dessy Seri Wahyuni²

¹Jurusan Akuntansi FE UNDIKSHA, ²Jurusan Pendidikan Teknik Informatika FTK UNDIKSHA
Email : weras_tuti@yahoo.com

ABSTRACT

On his way, found that the development of Micro, Small and Medium Enterprises in Semarang city impressed slow. This is due to failed in adopting information technology in its efforts to. When compared with large companies, they always have concern for the use of new technologies in support of its business. The system used by Micro, Small and Medium Enterprises (UMKM) in Semarang still utilize the traditional system, While this has become more sophisticated and the existence of modern technology. It is the lack of opportunities to be able to compete in the global effort if this system to be. Because of that, to increase the capacity of Micro, Small and Medium Enterprises (UMKM) in technology Buleleng, Web based which is expected to be able to resolve some of the problems faced by Micro, Small and Medium Enterprises (UMKM) in Buleleng in the introduction of the superior products

Keywords : *Information Sistem, Website, Superior Products, UMKM*

ABSTRAK

Dalam perjalanannya, didapati bahwa perkembangan UMKM di Kabupaten Buleleng terkesan lambat. Hal ini disebabkan ketertinggalan dalam mengadopsi teknologi informasi di dalam usahanya. Jika dibandingkan dengan perusahaan-perusahaan besar, mereka senantiasa memiliki kepedulian terhadap penggunaan teknologi baru dalam menunjang bisnisnya. Sistem yang digunakan oleh UMKM di Kabupaten Buleleng masih memanfaatkan sistem yang tradisional, sementara saat ini zaman sudah semakin canggih disertai dengan keberadaan teknologi yang modern. Maka tentu sangat minim peluang untuk mampu bersaing di dunia usaha jika sistem ini tetap dipertahankan. Oleh karena itu, dengan meningkatkan kemampuan UMKM Kabupaten Buleleng di bidang Teknologi, maka dibuatlah Sistem Informasi yang komunikatif berbasis Web yang diharapkan dapat menyelesaikan beberapa permasalahan yang dihadapi oleh UMKM di Kabupaten Buleleng dibidang pengenalan produk-produk unggulannya.

Kata Kunci : Sistem Informasi, Website, Produk Unggulan, UMKM

PENDAHULUAN

Perkembangan UMKM semakin pesat di berbagai daerah di Indonesia. Tidak bisa dipungkiri, keberadaan UMKM mampu memberikan banyak kesempatan kepada para pengangguran untuk dapat berkarya dan menghasilkan sesuatu yang akhirnya dapat memenuhi kebutuhan hidup mereka.

Tingginya motivasi masyarakat di daerah untuk memiliki usaha sendiri merupakan hal yang patut dibanggakan.

Masyarakat semakin menyadari bahwa betapa minimnya lapangan pekerjaan formal yang disediakan bagi mereka sehingga menuntut adanya kemauan untuk menciptakan lapangan pekerjaan sendiri dan akhirnya mampu membuka lapangan pekerjaan kepada para pengangguran. Hadirnya Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) dalam kancah perekonomian hendaknya mendapat perhatian penuh dari pemerintah mengingat besarnya manfaat usaha ini

dalam perkembangan perekonomian bangsa.

Perkembangan UMKM saat ini terkesan lambat. Hal ini disebabkan karena ketertinggalan dalam mengadopsi teknologi informasi di dalam usahanya. Jika dibandingkan dengan perusahaan-perusahaan besar, mereka senantiasa memiliki kepedulian terhadap penggunaan teknologi baru dalam menunjang bisnisnya. Sistem yang digunakan oleh UMKM masih memanfaatkan sistem yang tradisional, sementara saat ini zaman sudah semakin canggih disertai dengan keberadaan teknologi yang modern. Maka tentu sangat minim peluang untuk mampu bersaing di dunia usaha jika sistem ini tetap dipertahankan. Oleh karena itu, dengan meningkatkan kemampuan UMKM di bidang Teknologi, diharapkan dapat menyelesaikan beberapa permasalahan yang dihadapi oleh UMKM.

Potensi UMKM yang belum berkembang secara optimal ini tidak dapat menjamin apakah akan mampu bertahan (*survive*) di era pasar bebas. UMKM harus senantiasa didorong dan mengatasi berbagai kelemahannya agar mampu bersaing dan tidak jatuh tertindas oleh kompetitor dari negara luar. Menyikapi hal di atas, salah satu penyelesaian UMKM di daerah adalah bahwa UMKM perlu difasilitasi dalam liberalisasi perdagangan dan investasi untuk segera beradaptasi terhadap kecenderungan globalisasi serta perlu difasilitasi dengan optimalisasi sistem informasi dan aplikasi. Era globalisasi dan kemajuan teknologi informasi yang berkembang sangat cepat telah memaksa kita mempersiapkan diri mau tidak mau untuk masuk dan menjadi bagian aktif dari masyarakat ekonomi-informasi. '*Internet economy*' mendorong

globalisasi dan *networking* dunia usaha. Kondisi di atas menjadikan pasar dan perdagangan makin terbuka tanpa batas, serta peluang yang setara bagi pelaku-pelaku bisnis tidak mengenal apakah berasal dari pengusaha besar, menengah, atau pun kecil, siapa yang cepat akan menang atau dikenal dengan *time-to-market* atau *economic of time*. (Muhammad Nadzif, 2001).

Di Kabupaten Buleleng terdapat banyak UMKM yang sebagian besar bergerak dalam sektor perdagangan (Werastuti, 2013). Dalam perkembangannya, UMKM di Kabupaten Buleleng memiliki kendala seperti lemahnya akses pemasok dan pasar; terbatasnya pemanfaatan teknologi; inefisiensi; serta lemahnya manajerial juga mengakibatkan terpuruknya industri UMKM. Perlu dukungan dan partisipasi semua pihak dalam menemukan solusi dari kendala tersebut (Dekranasda, Buleleng, 2010). Masalah yang paling sering timbul dalam pengembangan UMKM ini berhubungan dengan karakteristik yang dimiliki oleh UMKM yang sedikit menyulitkan. Karakteristik yang menyulitkan adalah kurangnya inovasi dan adopsi teknologi-teknologi baru, serta kurangnya akses pemasaran ke pasar yang potensial. Oleh sebab itu perlu adanya teknologi pendukung UMKM untuk membantu UMKM dalam menghadapi guncangan dan memecahkan masalah dalam adopsi teknologi. Salah satu teknologi yang bisa digunakan untuk mengembangkan sistem pemasaran adalah melalui pemanfaatan web 2.0 untuk digitalisasi pasar (e-Marketing) pada UMKM. Jika hal ini bisa diimplementasikan akan mempermudah dan mengoptimalkan akses pemasaran

UMKM melalui internet dengan menyediakan profile usaha berupa nama usaha, produk yang dihasilkan, contact person, alamat/lokasi usaha, no. Telp./HP, e-mail, harga serta foto dari hasil produksi masing-masing industri pada tiap kecamatan serta kelurahan yang ada di Kabupaten Buleleng. E-marketing memiliki lingkup yang lebih luas karena tidak hanya merujuk ke internet, e-mail, dan media nirkabel, tetapi meliputi pengelolaan data pelanggan digital dan *customer relationship management* elektronik (eCRM) sistem. Pada web UMKM, akan diklasifikasikan menjadi tiga bagian, yaitu Usaha Menengah, Mikro dan Kecil. Selain itu, akan diklasifikasikan juga berdasarkan jenis sektor yang ada di Kabupaten Buleleng, yaitu sektor perdagangan, sektor industri, sektor jasa dan sektor pertanian (Werastuti, 2013). Pada tahun pertama sudah dianalisa penyusunan model sebagai dasar untuk merancang sistem pemasaran usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) berbasis web 2.0 di Kabupaten Buleleng, dan dirancang *prototype* sistem pemasaran usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) berbasis web 2.0 UMKM di Kabupaten Buleleng. Sedangkan untuk tahun kedua, berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah : 1) Untuk mengetahui cara membuat aplikasi perangkat lunak dan/atau perangkat keras sistem pemasaran usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) berbasis web 2.0 di Kabupaten Buleleng, 2) Mengetahui prosedur uji coba, evaluasi dan implementasi perangkat lunak pada UMKM di Kabupaten Buleleng.

METODE

Penelitian ini meliputi aspek utama yaitu implementasi direktori bisnis menggunakan Web 2.0 untuk UMKM berdasarkan luaran yang sudah dicapai pada tahun pertama yaitu (i) analisa penyusunan model database, (ii) perancangan *prototype* direktori bisnis dan pemetaan UMKM dengan menggunakan Web 2.0. Dengan demikian, penelitian ini mencakup tahapan akhir dari tiga aspek utama tersebut tersebut.

Tahapan yang sudah dilaksanakan adalah :

Analisa penyusunan model direktori bisnis UMKM

Tahap analisa penyusunan model UMKM dilakukan untuk memotret profil dan klasifikasi direktori bisnis UMKM. Dari profil UMKM tersebut, peneliti dapat memetakan keinginan dan kenyataan (*content* aktual) UMKM dalam melakukan interaksi dengan pemasok maupun konsumen. Sehingga pada akhirnya akan didapat beberapa model direktori bisnis yang sesuai dengan karakteristik UMKM.

Perancangan *prototype* direktori bisnis UMKM

Perancangan perangkat lunak direktori bisnis UMKM meliputi lima fase, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan pengujian. Dalam fase-fase tersebut dipertimbangkan aspek konsumen, lingkungan UMKM, dan penggunaan dan penyempurnaan sistem.

Fase pertama ialah tahap analisis. Fase ini menetapkan arah pengembangan perangkat lunak dengan memperhatikan tujuan dikembangkannya direktori bisnis UMKM, profil UMKM dan model direktori UMKM. Analisis ini dilakukan lewat kerjasama antara UMKM dan pengembang perangkat lunak dalam

meneliti direktori bisnis UMKM berdasarkan tujuan yang ingin dicapai. Analisis ini digunakan untuk menentukan spesifikasi dan kebutuhan perangkat lunak. Fase kedua adalah perancangan perangkat lunak berdasarkan model direktori bisnis UMKM. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan basis data dan antarmuka perangkat lunak. Antarmuka perangkat lunak dibuat dengan menggunakan teknologi web. Multimedia digunakan untuk membuat perangkat lunak lebih menarik. Fase ketiga ialah tahap pengembangan perangkat lunak berdasarkan model direktori bisnis UMKM yang telah disusun, hingga tercipta sebuah prototipe perangkat lunak direktori bisnis UMKM. Dalam fase keempat, yaitu implementasi, unit-unit yang telah dikembangkan tersebut diujicobakan untuk mendapatkan input dari calon pengguna. Fase kelima ialah tahap pengujian untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan perangkat lunak yang telah dikembangkan. Evaluasi ini perlu dilakukan untuk menyempurnakan perangkat lunak tersebut. Evaluasi ini dilakukan di lingkungan Undiksha. Kelima fase ini bisa diulang secara *cyclical* sesuai keperluan. Hasil dari tahapan ini adalah perangkat lunak yang berbentuk on-line (*web based*) dan berbasis multimedia.

Manakala perancangan perangkat keras direktori bisnis UMKM adalah langkah-langkah untuk menghasilkan direktori bisnis UMKM berupa *paper based* (misalnya *product catalog*, brosur, dll.). Langkah yang dilakukan hampir sama dengan pengembangan perangkat lunak di atas yaitu melakukan kelima fase yang juga diulang secara *cyclical* sesuai keperluan.

Kegiatan yang akan dilaksanakan pada tahapan berikutnya adalah

Pembuatan aplikasi perangkat lunak dan/atau perangkat keras, serta melakukan uji coba dan evaluasi perangkat lunak dan/atau perangkat keras di Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja

Implementasi pada UMKM, dengan melalui tahapan :

- penginstalan dan pengujian prototype perangkat lunak dan/atau perangkat keras pada beberapa sampel UMKM
- sosialisasi pada UMKM (melalui forum workshop UMKM);
- pengaplikasian direktori bisnis pada UMKM secara mandiri maupun bersama

Populasi dan Sampel

Populasi merupakan kumpulan individu dengan kualitas serta ciri-ciri yang telah ditetapkan (Cooper & Emory, 2000). Populasi juga merupakan keseluruhan individu untuk siapa kenyataan yang diperoleh akan digeneralisasikan (Cooper & Emory, 2000). Sedangkan sampel adalah sebagian populasi yang karakteristiknya hendak diteliti dan dianggap dapat mewakili keseluruhan populasi. Populasi penelitian ini adalah UMKM yang ada di Kabupaten Buleleng yang terdaftar di Departemen Perindustrian dan Perdagangan (DEPERINDAG) Kabupaten Buleleng. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* dua tahap. Metode *purposive sampling* diterapkan karena pada permasalahan ini diperlukan interaksi intensif dengan subyek penelitian, sehingga subyek penelitian dipilih berdasarkan pertimbangan (*judgment*) peneliti mengenai lokasi subyek dan kesediaan subyek untuk terlibat dalam

penelitian ini. Sebelum dilakukan Survey lapangan, maka Angket dipersiapkan terlebih dahulu. Sampel dari responden adalah UMKM yang berdomisili di sekitar Kota Singaraja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Werastuti (2013) terdapat 281 buah UMKM di bidang industri yang ada di Kabupaten Buleleng. Sektor ekonomi UMKM yang memiliki unit usaha yang paling dominan di Kabupaten Buleleng adalah di sektor industri produk kue dan roti, minyak kelapa, pengolahan teh dan kopi, kue basah, kerupuk, keripik, air minum dan air mineral, gula merah, konveksi, percetakan, tempe dan tahu, minuman ringan, tenun, batik, percetakan, anyam-anyaman, ukir-ukiran, jamu, batu bata, furniture, dan perhiasan.

Data-data tersebut menunjukkan bahwa UMKM berada di sebagian besar sektor usaha yang ada di Kabupaten Buleleng. Apabila mau dicermati lebih jauh, pengembangan sektor swasta, khususnya UMKM, perlu untuk dilakukan dan dikembangkan, mengingat sektor ini memiliki potensi untuk dikenal lebih jauh oleh masyarakat agar dapat terpublikasi dengan baik di luar Kabupaten Buleleng, agar dapat menghasilkan income masyarakat dalam mengembangkan UMKM.

Pengembangan Sistem UMKM Kabupaten Buleleng

Untuk bisa menjalankan strategi pemasaran pada UMKM Kabupaten Buleleng, akan dikembangkan pemasaran berbasis web berdasarkan kebutuhan fungsional dan rancangan yang telah dibuat pada tahapan Analisis dan Desain.

Adapun daftar kebutuhan fungsional Sistem UMKM Kabupaten Buleleng adalah sebagai berikut.

1. Pengguna bisa melihat profil UMKM Kabupaten Buleleng
2. Pengguna bisa melihat detail UMKM Kabupaten Buleleng

Pengguna bisa melihat produk setiap UMKM Kabupaten Buleleng

Pengguna bisa memberikan komentar dan penilaian terhadap produk UMKM Kabupaten Buleleng

Pengguna bisa berkomunikasi melalui fasilitas contact us

Pengguna bisa mengetahui peta lokasi UMKM Kabupaten Buleleng

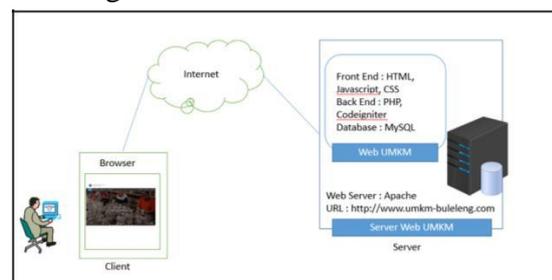
Pemilik UMKM bisa mendaftarkan UMKM nya pada sistem UMKM Kabupaten Buleleng

Pemilik UMKM bisa memanipulasi produk UMKM yang sudah didaftarkan

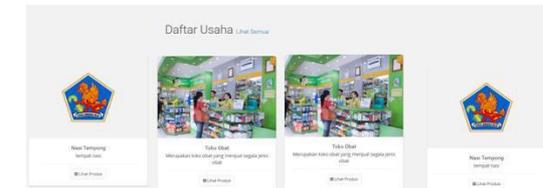
Administrator bisa memanipulasi data UMKM dan Produk

Administrator menonaktifkan UMKM yang tidak sesuai

Sistem UMKM dikembangkan berbasis web dengan bahasa pemrograman PHP, framework Codeigniter, basis data MySQL serta diimplementasikan pada web server Apache. Berikut adalah arsitekur dan infrastruktur sistem UMKM Kabupaten Buleleng.



Halaman Utama Website UMKM Buleleng



Gambar 1. Halaman Utama Web Pada Halaman utama website UMKM Kabupaten Buleleng menampilkan menu Home, Sektor UMKM, Produk, Kontak Kami dan Tentang Kami.

Menu Home berfungsi untuk memudahkan pengguna untuk menuju kehalaman utama.

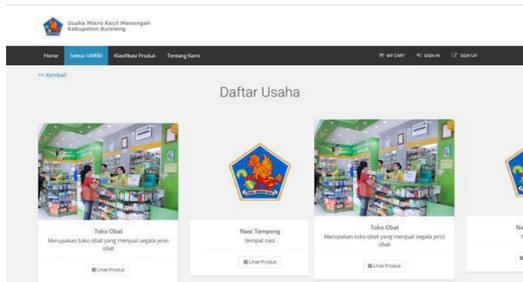
Menu Sektor UMKM berfungsi untuk menampilkan data UMKM yang ada di kota singaraja

Menu Produk berfungsi untuk menampilkan daftar semua produk yang dimiliki oleh UMKM

Menu kontak kami berfungsi untuk menampilkan form untuk berkomunikasi dengan pengelola web

Menu tentang kami menampilkan informasi terkait website UMKM Kabupaten Buleleng

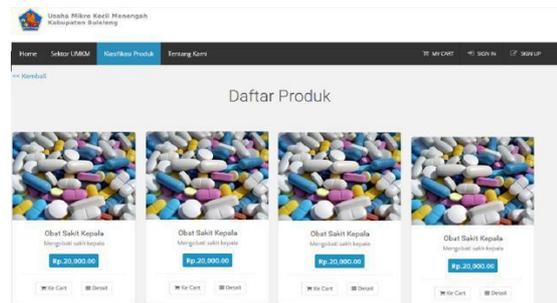
1. Halaman UMKM



Gambar 2. Halaman UMKM

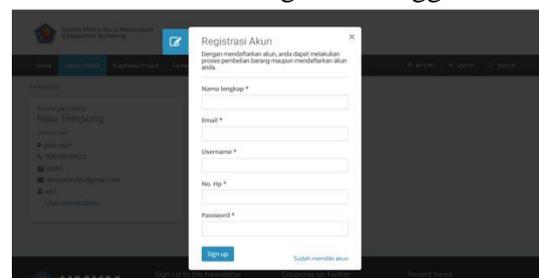
Halaman Sektor UMKM menampilkan daftar UMKM yang ada di Kabupaten Buleleng, Daftar UMKM ini dimasukkan oleh administrator web dan juga berasal dari data yang didaftarkan oleh pemilik UMKM. Pada halaman ini hanya menampilkan daftar UMKM yang dilengkapi dengan gambar utama beserta nama dan keterangan singkat UMKM UMKM tersebut. Pada bagian bawah setiap UMKM terdapat tombol lihat produk untuk melihat produk-produk yang dihasilkan atau dikembangkan oleh UMKM tersebut.

2. Halaman Produk



Gambar 3. Halaman Produk Halaman produk menampilkan produk-produk yang dihasilkan oleh UMKM kabupaten Buleleng. Pada setiap menu produk terdapat menu detail untuk melihat informasi detail mengenai produk tersebut.

2. Halaman Registrai Pengguna



Gambar 4. Halaman Registrasi Pengguna

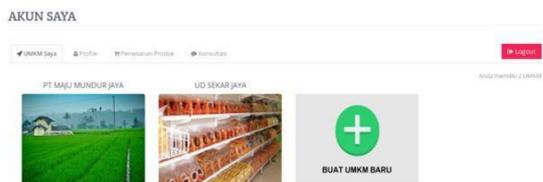
Pada halaman ini, pengguna bisa mendaftarkan dirinya baik sebagai pengguna umum maupun sebagai pemilik UMKM. Pengguna harus mengisi nama lengkap, email, username, no HP dan

password. Jika pengguna sudah memiliki account, maka pengguna bisa klik link “Sudah memiliki Account”



Gambar 6. Login Akun

Setelah pengguna login, pengguna bisa melihat daftar UMKM dan produk yang dikelolanya



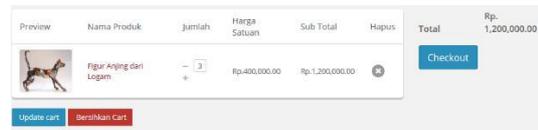
Gambar 7. Akun

Saya 3. Halaman konsultasi

Pada halaman ini, pengguna bisa berkonsultasi dengan admin web terkait dengan UMKM dan produk yang ada di website. Pengguna yang ingin berkonsultasi harus login terlebih dahulu.



Gambar 8. Halaman Konsultasi
4. Halaman Pembelian



Gambar 9. Halaman Pembelian

Implementasi UMKM Kabupaten Buleleng

Implementasi sistem UMKM Kabupaten Buleleng akan dilakukan dengan menginstall pada hosting www.umkk-buleleng.com. Namun saat ini pengerjaan sistem masih dilakukan pada server lokal milik programmer.

Evaluasi UMKM

Pengujian yang dilakukan pada website UMKM ini meliputi pengujian fungsionalitas dan pengujian usability. Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk memastikan semua fitur berjalan sesuai harapan. Pengujian ini sering disebut dengan pengujian whitebox yang dilakukan sendiri oleh programmer

No	Fungsionalitas	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Login	Ok	
2	Logout	Ok	
3	Hyperlink	Ok	
4	Pencarian	Ok	Perlu perubahan warna form pencarian agar mudah dikenai
5	Shopping Chart	Ok	
6	Halaman Konsultasi	Ok	
7	Pendaftaran Akun		Perlu dilakukan konfirmasi email
8	Pendaftaran UMKM	Ok	
9	Pendaftaran produk	Ok	
10	Subscribe	Ok	

SIMPULAN

Dengan dibuatnya Sistem Informasi Produk UMKM Kabupaten Buleleng berbasis Web, maka diharapkan masyarakat mendapatkan informasi yang akurat mengenai UMKM maupun produk unggulan UMKM yang ada di Kabupaten Buleleng. Melalui Survey lapangan berupa

observasi dan wawancara, telah didapatkan data yang akurat mengenai aktifitas yang sedang berjalan di lapangan, identifikasi kegiatan usaha yang dijalankan oleh sebuah UMKM, produk unggulan yang dihasilkan, identifikasi secara detail mengenai produk unggulan yang dihasilkan dan Lokasi tempat aktifitas UMKM yang sedang berjalan. Untuk mengembangkan prorotype, diperlukan beberapa langkah yaitu identifikasi profil UMKM di Kabupaten Buleleng, identifikasi profil UMKM di Kabupaten Buleleng, pemetaan keinginan dan kenyataan (content aktual) manajemen UMKM di Kabupaten Buleleng, pengembangan model sebagai dasar untuk merancang sistem pemasaran berbasis web 2.0 UMKM.

Untuk menciptakan framework sistem pemasaran berbasis web 2.0 UMKM di Kabupaten Buleleng, diperlukan beberapa langkah yaitu penyelesaian produk aplikasi dan uji coba dengan cara melalui pembuatan aplikasi perangkat lunak dan/atau perangkat keras dan uji coba dan evaluasi perangkat lunak dan/atau perangkat keras di Universitas Pendidikan Ganesha Singaraja, serta yang terakhir mengimplementasikan pada UMKM melalui penginstalan dan pengujian prototype perangkat lunak dan/atau perangkat keras pada beberapa sampel UMKM, dan pengaplikasian sistem pemasaran berbasis web 2.0 pada UMKM secara mandiri maupun bersama. Dengan demikian, sistem ini akan menjadi media pengenalan yang efektif untuk memasarkan produk-produk unggulan UMKM di Kabupaten Buleleng. Web yang dibuat sangat komunikatif, menarik dan user friendly.

DAFTAR RUJUKAN

- Apulu, I., Latham, A. *Driver for Information and Communication Technology Adoption: A Case Study of Nigerian Small and Medium Sized Enterprises*. International Journal of Business and Management, Vol. 6, No. 5, May 2011.
- Adeosun, O., Adeosun, T.H., and Adetunde, I.A., *Strategic Application of Information and Communication Technology for Effective Service Delivery in Banking Industry*. Journal of Social Science, 5(1), 47-51. 2009.
- Berisha-Namani, M. *The Role of Information Technology in Small and Medium sized Enterprises in Kosovo*. Fullbright Academy Conference Small Places Can Change The World, 2012.
- Buhalis, D. *eAirlines: Strategic and Tactical Use of ICTs in the Airlines Industry*. Information and Management, 41, 805-825, 2009.
- Dekranasda Buleleng, 2010, *Strategi Pengelolaan UMKM Yang Efisien*.
- Fillis, I., Johansson, U.L.F., dan Wagner, B., 2003, *A Conceptualization of the Opportunities and Barriers to Business Development in Small Firm*, Journal of Small Business and Enterprise Development, 10(3), 336 – 344.
- Hengst, M., Sol, H.G. *The Impact of Information and Communication Technology on Interorganizational Coordination: Guidelines from Theory*. Informing Science, Special Series on Information Exchange in Electronic Markets, 4, 3, 2007. A Special Series on Information Exchange in Electric Markets, 2007.
- Sukarta, 2010, *Pemasaran UMKM Kabupaten Buleleng Menuju Pasar Bebas Asean-China: Peluang dan Tantangan*, Dekranasda Kabupaten Buleleng.
- Lang, A., Paravicini, D., Pigneur, Y., dan Revaz, E., 2002, *From Customer Relationship Management (CRM) to Supplier Relationship Management (SRM)*, HEC Lausanne 2002, <http://inforge.unil.ch/yp/Pub/02-SRM.pdf>.
- Macpherson, A. dan Wilson, A., 2003, *Enhancing SME's Capability: Opportunities in Supply Chain Relationship*, Journal of Small Business and Enterprise Development, 10(2), 167 – 179.
- Maldeni, H.M.C.M., Jayasena, S. *Information and Communication Technology Usage and Bank Branch Performance*. The International Journal on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer), 2(2), 29-37, 2012.
- O'Reilly, T., *What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*, Communications & Strategies. 2007
- Pavic, S., Koh, S.C.L., Simpson, M., Padmore, J. *Could e-Business Create a Competitive Advantage*

*in UK SMEs? Benchmarking: An
International Journal 14(3), 320-
2010*

<http://balipost.co.id/mediadetail.php?>

*module...kid=2.../UMKMBulelen
g-Terancam-Gulung-Tikar,
diakses12Januari2013.*

SISTEM KONTROL KRAN SOLENOID BERBASIS RFID PADA SISTEM LAYANAN AIR MINUM DESA

I Gede Nurhayata¹, Nyoman Santiyadnya²

^{1,2} Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FTK Undiksha
email : gede_nur@yahoo.co.id

ABSTRACT

The payment system voluntarily to the village drinking water services through charity boxes obtained substantial funding difference between revenue funds from the donation box of the actual fund revenues from the volume of water that removed. The goal of this research is to improve the payment system services the village drinking water by implementing a prepaid system through the RFID-based customer identification. This research is an applied research begins with needs analysis, system model development, design and manufacture of automatic control system solenoid valves, as well as system testing and implementation. The results showed the control system is able to automatically identify a customer RFID card number and activate the solenoid valves only if the customer's card number has been registered on the system and pulse the water is still insufficient. In addition, the control system is able to automatically adjust the volume of water that comes out in accordance with a predetermined water rates.

Keywords: RFID, Solenoid Valves, Control Systems

ABSTRAK

Sistem pembayaran secara sukarela pada layanan air minum desa melalui kotak amal diperoleh perbedaan dana cukup besar antara pendapatan dana dari kotak amal terhadap pendapatan dana sebenarnya dari jumlah volume air yang dikeluarkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki sistem pembayaran layanan air minum desa dengan menerapkan sistem prabayar melalui identifikasi pelanggan berbasis rfid. Penelitian ini merupakan riset terapan yang diawali dengan analisis kebutuhan, pengembangan model sistem, perancangan dan pembuatan sistem kontrol otomatis kran solenoid, serta pengujian sistem dan implementasinya. Hasil penelitian menunjukkan sistem kontrol mampu secara otomatis mengidentifikasi nomor kartu rfid pelanggan dan mengaktifkan kran solenoid hanya jika nomor kartu pelanggan telah terdaftar pada sistem dan pulsa airnya masih mencukupi. Disamping itu, sistem kontrol secara otomatis mampu mengatur volume air yang keluar sesuai dengan tarif air yang telah ditentukan.

Kata kunci : RFID, Kran Solenoid, Sistem Kontrol

PENDAHULUAN

Desa Banyuning merupakan salah satu desa di Bali terletak di tengah kota Singaraja, kabupaten Buleleng. Desa ini memiliki salah satu kekayaan sumber daya alam vital berupa mata air Candi Kuning yang bersih dan siap diminum tanpa perlu dimasak sehingga banyak penduduk desa maupun luar desa berminat mengkonsumsi air tersebut. Pengelolaan air minum desa Banyuning dilakukan oleh perangkat desa dengan pemasangan pipa-pipa saluran air ke rumah penduduk. Karena kondisi jarak dan letak geografis yang tidak mendukung antara rumah penduduk dengan sumber mata air, maka tidak semua penduduk

desa mendapat layanan air minum secara langsung dari sumber mata air tersebut. Oleh karena itu, pengelola air minum desa Banyuning menyediakan suatu tempat layanan umum untuk mengambil air minum melalui kran air. Lokasi strategis dipilih di pinggir jalan yang cukup ramai kendaraan bermotor sehingga mudah diketahui dan dijangkau oleh penduduk desa setempat dan sekitarnya.

Dalam pengelolaan dan pemeliharaan pipa-pipa saluran air tersebut dibutuhkan dana operasional sehingga setiap penduduk desa Banyuning yang mengambil air minum melalui layanan kran umum seperti tampak pada Gambar 1, dikenakan biaya sukarela yang dimasukkan pada kotak amal (punia) sebesar

Rp.500 untuk setiap pengambilan air dengan volume 20 liter air dimana volume air tersebut setara dengan volume air satu galon Aqua. Harga volume air tersebut masih sangat murah dibandingkan dengan harga air kemasan isi ulang pada jumlah volume air yang sama.



Gambar 1. Sistem layanan air minum desa

Berdasarkan pembacaan pada meteran air untuk volume air yang keluar menunjukkan bahwa jumlah volume pemakaian air minum desa rata-rata sebesar 200 kubik per bulan. Apabila jumlah volume tersebut dibandingkan dengan volume air yang diambil oleh setiap penduduk sebesar 20 liter atau 0,02 kubik maka jumlah galon untuk pengambilan air minum tersebut sebanyak 10 ribu galon per bulan. Jika jumlah galon tersebut dikalikan dengan harga tiap galon sebesar Rp. 500 maka jumlah dana pendapatan air minum desa Banyuning yang sebenarnya sebesar 5 juta rupiah.

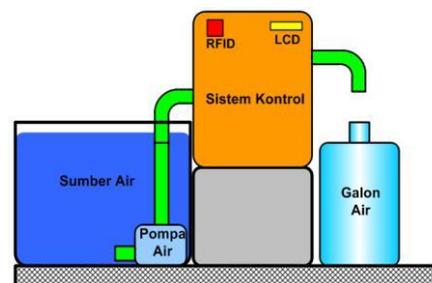
Namun pada kenyataannya beberapa penduduk desa bahkan di luar desa, ada saja yang dengan sengaja tidak membayar ketika mengambil air minum dari kran layanan umum sehingga perolehan dana untuk biaya pengelolaan air minum desa pada kotak amal rata-rata 2 juta per bulan. Bila dibandingkan dengan pendapatan dana yang sebenarnya, maka pendapatan dana dari kotak amal tersebut tidak sesuai dengan jumlah volume air yang dikeluarkan. Hal ini berarti biaya pengelolaan air minum mengalami kerugian sebesar 3 juta atau hampir 60 persen dari biaya sebenarnya.

Melihat kondisi permasalahan tersebut menunjukkan bahwa masih rendahnya kesadaran penduduk desa untuk menghargai

keberadaan sumber daya alam desanya dan juga jerih payah perangkat desa dalam pengembangan dan pemeliharaan pipa saluran air minum. Disamping itu bagi penduduk luar desa sering ditemukan mengambil air pada jam-jam tertentu dalam volume besar tanpa membayar kewajibannya untuk dijual kembali dengan harga lebih mahal sehingga tindakan tersebut merupakan suatu aksi pencurian. Permasalahan lain yakni tidak adanya tenaga pengawas untuk menegur penduduk yang lupa membayar dengan uang koin pada kotak amal yang telah disediakan. Pembayaran pada kotak amal dengan uang koin Rp. 500 juga menjadi alasan terutama bagi warga yang tidak membayar karena terbiasa membawa uang kertas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini berupaya memperbaiki sistem layanan umum air minum desa dengan penerapan teknologi RFID (radio frequency identification) untuk pengendalian volume air menggunakan kran solenoid secara otomatis berdasarkan nomor identitas pelanggan seperti diperlihatkan pada Gambar

Dengan upaya ini akan menjamin bahwa tidak sembarang penduduk desa dapat mengambil air minum dari kran umum kecuali sudah teregistrasi melalui kartu RFID. Penerapan teknologi ini memungkinkan sistem pembayaran air minum dengan sistem layanan prabayar seperti layaknya pada pulsa handphone ataupun pulsa listrik.



Gambar 2. Model sistem layanan air minum desa berbasis RFID

Pada sistem layanan air minum desa yang dikembangkan ini mewajibkan setiap penduduk desa yang berniat mengambil air minum desa mendaftarkan diri sehingga

memperoleh kartu RFID sebagai tanda pengenal identitas pelanggan dengan nomor register khusus. Adapun dasar pemikiran menggunakan kartu RFID sebagai kartu pelanggan karena nomor identitasnya bersifat unik dan sangat rahasia sehingga tidak mudah diduplikasi oleh pihak yang tidak bertanggungjawab. Kemudian penduduk desa diwajibkan untuk membayar pulsa air minum minimal lima ribu rupiah. Selanjutnya apabila penduduk desa hendak mengambil air, maka cukup dengan mendekatkan kartu RFID tersebut pada sistem layanan otomatis untuk dilakukan pengecekan nomor identitas pelanggan dan jumlah sisa pulsa air. Bila nomor identitas pelanggan dan sisa pulsa air memenuhi syarat maka sistem layanan akan membuka kran solenoid sehingga penduduk desa dapat menampung air yang sudah keluar. Jika air yang keluar sudah sesuai dengan batas volume yang sudah ditentukan sebesar 20 liter maka kran solenoid akan menutup kembali secara otomatis.

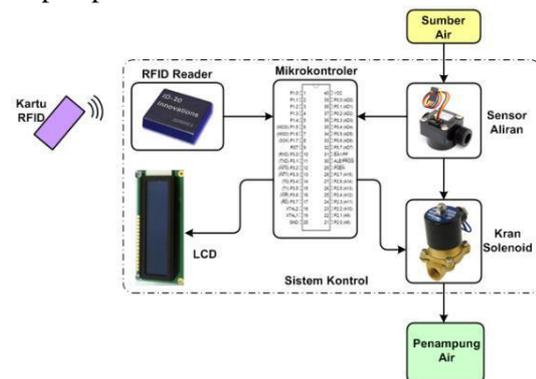
Pengembangan sistem layanan air minum otomatis ini memerlukan sistem perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem perangkat keras meliputi pembaca kartu RFID, sistem kontroler dengan mikrokontroler AT89S51, penggerak kran solenoid, dan sensor aliran serta display LCD sebagai informasi sisa pulsa air. Sedangkan perangkat lunak meliputi program membaca nomor identitas kartu RFID, program pengujian sisa kuota pulsa air minum, program kendali kran solenoid.

Pada penelitian sebelumnya "Pengembangan prototipe sistem kendali MP3 player berbasis Radio Frequency Identification dengan mikrokontroler AT89S51 pada Sistem Pelayanan Informasi Objek Museum " (Gede Nurhayata : 2014) telah berhasil melakukan pembacaan nomor identitas kartu RFID berbasis mikrokontroler AT89S51 sehingga sistem ini dapat diterapkan pada aplikasi sistem layanan umum air minum otomatis untuk mengidentifikasi identitas pelanggan. Rancangan penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan sistem layanan umum air minum desa khususnya desa Banyuning sehingga dapat

meningkatkan pendapatan biaya pengelolaan dan pemeliharaan air minum desa.

METODE

Penelitian ini merupakan riset terapan untuk mengembangkan suatu prototipe sistem kontrol otomatis kran solenoid berbasis RFID pada sistem layanan air minum desa. Berdasarkan model sistem tersebut diperoleh rancangan diagram blok sistemnya seperti tampak pada Gambar 3 .

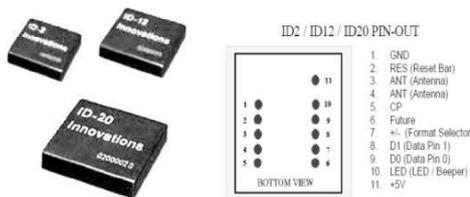


Gambar 3. Diagram blok sistem kontrol otomatis kran solenoid berbasis RFID

Adapun cara kerja sistem di atas sebagai berikut jika pelanggan hendak mengambil air minum desa, maka harus mendekatkan kartunya pada sensor RFID reader. Nomor identitas kartu pelanggan akan dibaca oleh RFID reader dan dikirim ke mikrokontroler. Sebelum mikrokontroler membuka kran solenoid, maka mikrokontroler akan melakukan pengecekan secara sistematis mulai dari validasi nomor pelanggan yakni apakah nomor pelanggan telah terdaftar pada sistem ataukah belum. Jika nomor pelanggan dinyatakan terdaftar, kemudian mikrokontroler akan melakukan pengecekan berikutnya terhadap jumlah sisa pulsa airnya yakni apakah pulsa airnya telah habis atau belum. Apabila salah satu dalam proses pengecekan tidak terpenuhi, maka kran solenoid akan tetap tertutup. Sebaliknya apabila nomor pelanggan dinyatakan telah terdaftar dan pulsa airnya masih mencukupi, maka kran air akan terbuka sehingga air dari sumber akan mengalir menuju pelanggan. Selama proses aliran air tersebut, mikrokontroler akan melakukan pembacaan

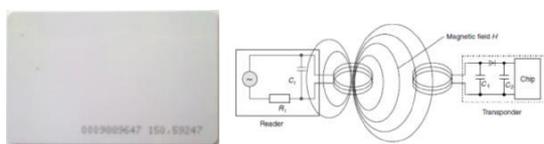
jumlah volume air yang keluar. Apabila volume air sudah mencapai batas yang telah ditentukan maka kran solenoid akan menutup kembali secara otomatis. Selanjutnya, setelah kran ditutup, mikrokontroler akan melakukan perubahan data terbaru terhadap pulsa air pelanggan dengan melakukan pengurangan nilai pulsa pelanggan sesuai tarif yang telah ditentukan. Demikian prosesnya akan berulang kembali ke awal.

Pada Gambar 4 memperlihatkan bentuk fisik dan tata letak dari masing-masing pin pada RFID Reader ID-12. (Sparkfun : 2013). RFID Reader selain mempunyai penerima internal gelombang RF yang berfungsi menangkap gelombang elektromagnetik, juga mempunyai fungsi khusus untuk menangkap data-data analog dari gelombang RF yang dipancarkan oleh RFID Tag Card dan mengubahnya menjadi data-data digital.



Gambar 4. Bentuk fisik RFID Reader ID-12

Pada Gambar 5 memperlihatkan sebuah Tag Card ID EM 4001 sebagai pemancar gelombang radio (RF). Tag Card akan mengenali diri sendiri ketika mendeteksi sinyal dari RFID Reader.

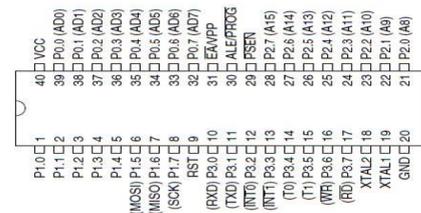


Gambar 5. Bentuk fisik Tag Card ID EM 4001 dan prinsip kerjanya

Pada sistem RFID, umumnya Tag Card ditempelkan pada suatu obyek. Ketika Tag Card ini melalui medan listik yang dihasilkan oleh RFID Reader yang sesuai, Tag Card akan mentransmisikan informasi yang ada pada Tag

Card kepada RFID Reader, sehingga proses identifikasi dapat dilakukan.

Sebuah Mikrokontroler AT89S51 merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus secara khusus (Benny : 2012). Mikrokontroler AT89S51 memiliki kemasan 40 pin seperti pada Gambar 6. (Atmel :2013)



Gambar 6. Mikrokontroler AT89S51

Kran air merupakan pintu untuk mengatur besarnya debit aliran air yang keluar. Secara umum kran air dikendalikan secara manual menggunakan tangan dengan cara memutar tuas kran. Kelemahan umum dari kran air manual adalah mudah mengalami kerusakan mekanis sehingga kran ini memiliki umur pemakaian yang pendek. Disamping itu kelemahan lainnya adalah tidak dapat dilakukan pengendalian secara kelistrikan sehingga tidak dapat digunakan pada sistem kontrol dengan pengendalian tegangan secara otomatis. Pada Gambar 7 memperlihatkan salah satu model kran air solenoid dimana pada kran tersebut tidak terdapat tuas mekanis sebagai pengatur debit (Prasimax mikron : 2016)



Gambar 7. Kran air solenoid

Prinsip kerja dari kran solenoid ini adalah dengan memberikan sinyal kendali listrik pada kabel yang tersedia maka sebuah katup akan

melakukan operasi membuka aliran. Sebaliknya dengan meniadakan sinyal kendali listrik maka katup akan menutup kembali. Kelemahan dari kran ini adalah tidak dapat dilakukan pengaturan variasi debit air yang keluar seperti pada kran manual karena hanya memiliki 2 operasi yakni operasi buka dan tutup.

Pada Gambar 8 memperlihatkan sebuah sensor aliran air dimana sensor ini berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran air dalam suatu pipa saluran air (Kalam TT Siregar: 2013), (SeedStudioWork.com:2016)



Gambar 8. Sensor aliran air

Berdasarkan kecepatan aliran air maka dapat diketahui besarnya jumlah volume air yang keluar. Penerapan sensor aliran ini dapat dilihat pada sistem pengisian bahan bakar bermotor di SPBU dimana volume bensin yang keluar dapat dibatasi berdasarkan biaya yang dibayar oleh pembeli. Aplikasi sensor aliran ini akan dapat juga diterapkan pada sistem layanan air minum otomatis dimana volume air yang dikeluarkan akan disesuaikan dengan nilai pembayarannya.

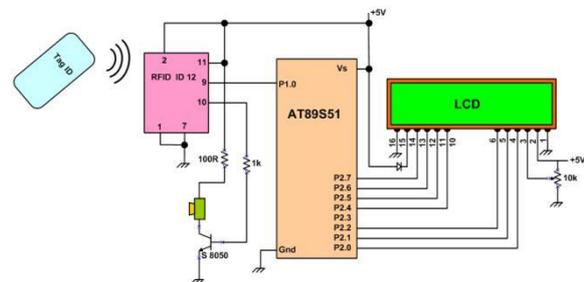
Dalam proses pengembangan perangkat lunak sistem kontrol otomatis kran solenoid berbasis rfid memerlukan perangkat keras yang sesuai dalam proses pengujian kinerjanya. Beberapa perangkat keras yang dikembangkan pada penelitian tahun pertama ini adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan rangkaian pembaca nomor kartu RFID tipe 125 kHz dengan format ID-12 dan hasilnya ditampilkan pada layar LCD M1632.

Pengembangan rangkaian driver kran solenoid untuk kendali buka dan tutup.

3. Pengembangan inverter untuk pengoperasian pompa air dari catu daya DC 12V.

Rangkaian pembaca kartu RFID berfungsi untuk mengidentifikasi jenis kartu RFID. Beberapa jenis kartu RFID tersedia dipasaran dengan frekuensi kerja yang berbeda. Pada penelitian ini dipilih jenis kartu RFID dengan tipe frekuensi kerja 125 kHz dengan format data ID-12. Untuk mengenali jenis kartu RFID tersebut dibutuhkan tipe RFID reader yang sesuai sehingga dalam aplikasinya. Adapun pengembangan rangkaian pembaca kartu RFID diperlihatkan pada Gambar 9 di bawah ini.

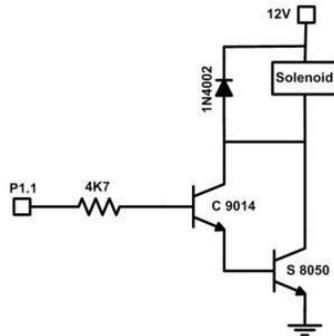


Gambar 9. Perangkat keras pembaca kartu RFID

Adapun cara kerja rangkaian pembaca kartu RFID pada di atas adalah ketika ada kartu pasif RFID didekatkan pada RFID Reader ID-12 maka RFID reader akan mendeteksi sinyal elektromagnetik yang dipancarkan oleh kartu tersebut dan mengubahnya menjadi sinyal data digital untuk dikirim ke mikrokontroler AT89S51. Kemudian mikrokontroler melakukan proses pengolahan data digital dan menampilkan nomor identitas kartu pada layar LCD M1632.

Untuk menggerakkan kran solenoid dibutuhkan arus penggerak pada kumparannya dengan nilai yang cukup besar. Sedangkan sinyal kendali yang digunakan untuk menggerakkan kran tersebut diberikan oleh mikrokontroler. Karena arus sinyal kendali dari mikrokontroler sangat rendah dibatasi maksimum 20 mA maka arus keluaran dari mikrokontroler tidak dapat langsung digunakan untuk menggerakkan kran solenoid yang membutuhkan arus kerja sebesar 450 mA. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah

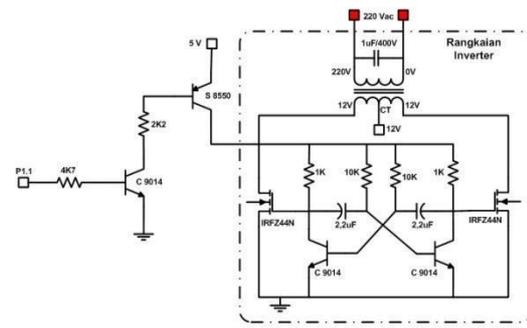
rangkaian driver yang sesuai untuk menghubungkan antara mikrokontroller dengan kran solenoid. Adapun rangkaian penggerak atau driver solenoid diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Perangkat keras driver kran solenoid

Pada gambar di atas, rangkaian penggerak kran solenoid dibangun dengan menggunakan 2 buah transistor dalam konfigurasi sebagai transistor darlington dengan tujuan agar arus basis yang dibutuhkan jauh di bawah arus kendali dari mikrokontroller sehingga sinyal kendalinya tidak mengalami pembebanan.

Dalam penelitian ini, simulator untuk sumber air menggunakan air yang disirkulasikan dari bak air dengan menggunakan sebuah pompa air aquarium. Pompa air aquarium bekerja pada sumber tegangan bolak-balik 220 Vac. Sedangkan dalam prototipe ini menggunakan sumber tegangan searah 12 Vdc. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah rangkaian inverter untuk mengubah sumber tegangan searah 12Vdc menjadi tegangan bolak-balik 220 Vac sehingga pompa air dapat bekerja normal. Adapun pengembangan rangkaian inverter untuk pompa air diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian inverter pompa air

Pada gambar di atas terlihat bahwa sebuah rangkaian multivibrator astabil digunakan untuk mengendalikan sebuah transformator step up 12Vdc/220Vac. Pengendalian inverter dilakukan dengan mengendalikan tegangan untuk rangkaian multivibrator astabil. Apabila sinyal kemudi dari mikrokontroler pada pin P1.1 diberikan logika 1 maka inverter akan diaktifkan, dan sebaliknya jika diberi logika 0 maka inverter dimatikan. Dengan cara tersebut, pompa air dapat dikendalikan dengan sinyal kemudi yang rendah.

Setelah semua bagian sistem perangkat keras telah dirancang, kemudian langkah selanjtnya adalah membangun rancangan prototipe produk layanan air minum desa berbasis RFID seperti diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Prototipe sistem layanan air minum desa berbasis RFID

Sub sistem dari perangkat keras yang telah dirancang sepenuhnya dikendalikan oleh sebuah mikrokontroler sebagai jantung utamanya. Oleh karena kinerja mikrokontroler

bekerja berdasarkan urutan instruksi-instruksi secara sekuensial maka pada mikrokontroler perlu ditanam sebuah program intruksi agar dapat bekerja sesuai dengan sub sitem perangkat keras yang telah dirancang. Langkah awal sebelum menanam program pada mikrokontroler adalah merancang instruksi program berdasarkan suatu algoritma. Algoritma merupakan urutan atau langkah-langkah berpikir secara logis dan sistematis.

Oleh karena pada setiap sub sistem perangkat keras sepenuhnya digunakan sebagai dasar pengujian pada sistem secara keseluruhan, maka dibutuhkan algoritma pada masing-masing sub sistem tersebut yakni :

- Pembacaan nomor kartu RFID Reader
- Pengecekan nomor identitas kartu pada tabel
- Pengendalian kran solenoid
- Pembacaan volume air yang keluar
- Pembaharuan pulsa air

Adapun algoritma yang dikembangkan sehubungan dengan pembacaan nomor kartu RFID adalah sebagai berikut :

Mendeteksi byte data start dengan nilai 02h. Jika byte data start yang diterima salah, maka proses ini akan berulang sampai byte start yang diterima benar.

Jika byte start benar, kemudian membaca sejumlah data 12 byte yakni D1-D8, CS1,CS2, CR dan LF sampai diterima data end text (ETX).

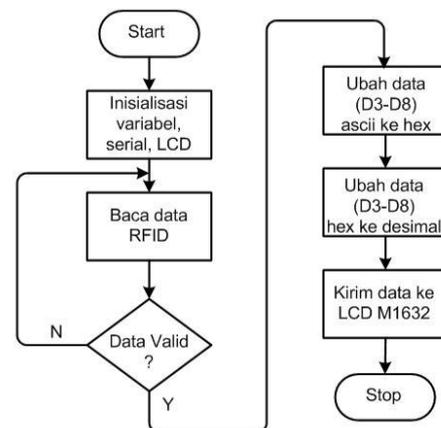
Setelah data semua diterima, kemudian menguji validasi data yang tujuannya untuk mengetahui apakah data yang diterima sudah benar atautkah salah. Hal ini bisa dicek dengan membandingkan data dengan nilai ceksumnya. Jika data benar maka hasilnya ditandai dengan logika 0, sebaliknya jika data salah ditandai dengan logika 1.

Setelah validasi data benar, kemudian data diolah agar dapat ditampilkan pada layar LCD M1632. Data yang diterima dari kartu RFID semuanya masih dinyatakan dalam format bilangan ASCII sehingga harus diubah terlebih dahulu ke

dalam format heksadesimal. Data yang diolah hanyalah 6 byte data yakni (D3 - D8) karena data inilah yang menunjukkan identitas kartu RFID. Keenam byte data tersebut setelah diolah menjadi bilangan heksadesimal harus dikonversi lagi menjadi bilangan desimal dengan menggunakan metode konversi heksa ke desimal.

Setelah data identitas kartu dikonversi ke nilai desimal, maka sebelum dikirim ke LCD M1632 harus diubah lagi setiap nilai desimalnya ke dalam format ASCII sehingga nilai identitas kartu RFID dalam format desimal dapat ditampilkan pada display.

Pada Gambar 13 memperlihatkan algoritma program utama pembaca kode ID Card dari RFID Reader ID-12.



Gambar 13. Algoritma pembaca kartu rfid

Pengembangan perangkat lunak untuk mengukur volume air dengan mengolah data dari sensor aliran.. Pengukuran volume air bertujuan untuk menyesuaikan agar volume air yang keluar sesuai dengan aturan yang ditetapkan untuk setiap satu kali pengambilan air dengan kartu RFID. Adapun algoritma yang dikembangkan sehubungan dengan pembacaan volume air adalah sebagai berikut :

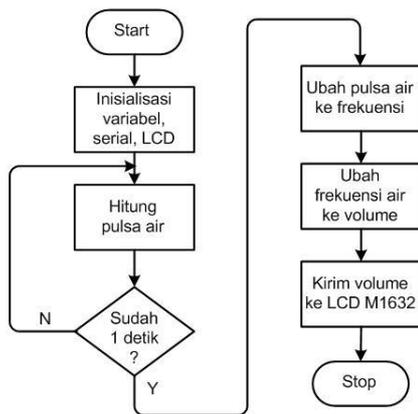
- Inisialisasi variabel data, komunikasi serial dan kontrol display LCD M1632.

Menghitung jumlah pulsa air dalam periode tetap dan mengubah menjadi frekuensi.

Mengolah data frekuensi menjadi nilai volume yang sebenarnya.

Menampilkan nilai volume pada layar LCD M1632.

Berdasarkan algoritma tersebut, dapat digambarkan diagram alir seperti tampak pada Gambar 14



Gambar 14. Algoritma pembaca kartu rfid

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengembangan perangkat keras dan lunak selama proses pelaksanaan penelitian diperoleh hasil penelitian berupa kinerja dari perangkat keras dan perangkat lunak serta kinerja keseluruhan dalam bentuk prototipe sistem layanan air minum berbasis radio frequency identification (RFID). Adapun kinerja hasil penelitian perangkat keras dan lunak meliputi :

- Kinerja pembacaan kartu RFID
- Kinerja pengukur volume air
- Kinerja driver kran solenoid
- Kinerja inverter pompa aquarium

Pada gambar 15 menunjukkan hasil

pengembangan perangkat keras untuk proses pembacaan kartu RFID dimana nomor kartu

ditampilkan pada display LCD. Hasil pembacaan nomor kartu RFID tampak jelas seperti pada gambar dimana nomor kartu RFID ditampilkan dalam jumlah 8 digit. Jika kita bandingkan pada nomor kartu yang tertera seperti pada gambar 15 (b) dimana nilainya terdiri dari 8 digit yakni 11108305, maka dapat disimpulkan bahwa kinerja perangkat lunak dalam proses pembacaan nomor kartu RFID telah bekerja dengan baik.



(a) Perangkat keras



(b) Kartu rfid (ID: 0011108305)

Gambar 15. Prototipe perangkat keras sistem pembaca kartu rfid

Pada gambar 16 menunjukkan hasil identifikasi nomor kartu RFID dan nomor urut pelanggannya. Dari gambar tersebut, setelah catu daya dihidupkan mikrokontroler menyiapkan permintaan untuk memasukkan kartu RFID.



Gambar 16. Identifikasi nomor pelanggan

Jika nomor kartu pelanggan telah terdaftar maka akan muncul pesan seperti tampak pada gambar 16 dimana pada gambar tersebut nomor urut kartu 009 telah berhasil dideteksi karena sudah terdaftar.

Pada gambar 17 menunjukkan hasil pengembangan perangkat keras untuk proses pengukuran volume air dengan menggunakan sensor aliran dimana nilai volumenya ditampilkan pada display LCD.



Gambar 17. Perangkat keras pembaca volume air

Setelah pelanggan memasukkan kartu RFID, dan apabila kartu dinyatakan terdaftar maka muncul pesan ucapan “ Selamat Datang “ dan menampilkan nomor urut pelanggan “009” kemudian kran solenoid dibuka seperti gambar 18



Gambar 18. Pembukaan kran solenoid

Setelah pembukaan kran solenoid, mulai menampilkan pesan pembacaan volume air yang dinyatakan dengan satuan Liter seperti

pada gambar 19. Kemudian pada gambar tersebut menampilkan proses pembacaan volume air yang dibatasi pada nilai volume 1500 mL atau 1,5 Liter. Setelah nilai volume tersebut tercapai maka instruksi berikutnya adalah mikrokontroler AT89S52 mengirim pesan untuk menutup kran solenoid sehingga aliran air dihentikan. Tujuan pembatasan volume air ini adalah untuk menguji apakah volume air yang terukur sudah sesuai dengan takaran volume yang sebenarnya. Dalam pengujian ini, penakar volume air digunakan sebuah botol aqua dengan volume 1,5 Liter, sehingga keberhasilan dari pengujian ini adalah volume air tidak melimpah dan tepat pada batas mulut botol.



Gambar 19. Penutupan kran solenoid

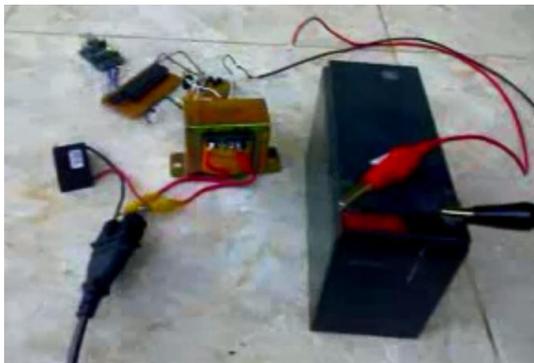
Dalam pengaturan volume air dilakukan dengan mengatur laju aliran air dengan cara membuka dan menutup kran solenoid berdasarkan nilai volume yang sudah ditentukan. Untuk operasi membuka dan menutup kran solenoid dengan cara mengalirkan arus listrik ke kumparannya pada tegangan kerja 12 Volt. Pengujian kinerja driver solenoid dilakukan dengan menghubungkan sinyal kendali pada terminal input yang dihubungkan pada pin Port P1.1 dari mikrokontroler. Kemudian mengukur tegangan kerja pada kumparan solenoid setelah menerima sinyal kendali tersebut apakah nilainya normal atau tidak. Dari hasil pengujian diperoleh data seperti pada tabel 1:

Tabel 1 : Pengujian kran solenoid

Sinyal Input	Tegangan kumparan kran solenoid	Kondisi kran solenoid
0 Volt	0 Volt	menutup
5 Volt	12 Volt	membuka

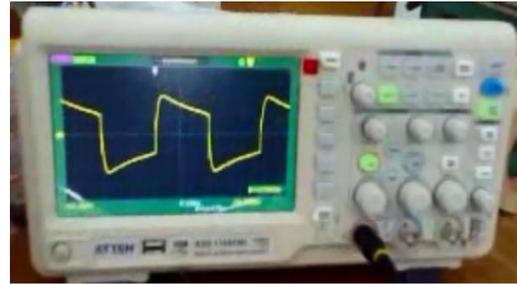
Pada tabel tersebut terlihat bahwa kumparan kran solenoid mendapat tegangan kerja normal ketika mendapat sinyal input 5 Volt (logika 1) sehingga kondisi kran berhasil terbuka secara penuh. Sementara itu, pada saat sinyal input bernilai 0 Volt sehingga tidak ada arus mengalir pada kumparan solenoid akibatnya kondisi kran kembali pada kondisi awalnya yakni tertutup rapat. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa driver solenoid dapat bekerja dengan baik sebagai penghubung antara sinyal kendali dari mikrokontroler dengan beban yang dikendalikan berupa kran solenoid.

Dalam mensirkulasikan aliran air dari sebuah bak air, maka dibutuhkan sebuah pompa air dimana dalam penelitian ini menggunakan sebuah pompa air aquarium pada prototipe sistem layanan air minum. Pada gambar 20 memperlihatkan hardware inverter untuk pompa air aquarium.



Gambar 20. Perangkat keras inverter pompa air

Pada gambar 21 terlihat bahwa tegangan keluaran inverter sudah bolak-balik, namun bentuknya tidak menyerupai sinus murni seperti pada jaringan listrik PLN melainkan bentuknya menyerupai gelombang persegi atau kotak.



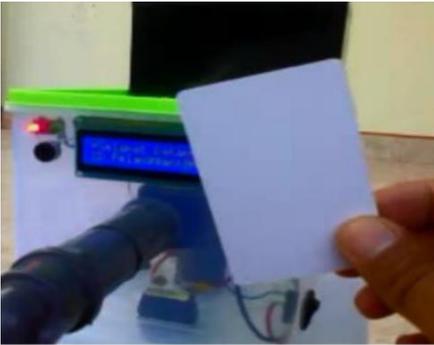
Gambar 21. Bentuk tegangan keluaran inverter

Adapun hasil operasi pompa air aquarium dengan menggunakan inverter di atas diperlihatkan pada gambar 22. Pada gambar tersebut tampak air dapat dilontarkan pada ketinggian yang cukup untuk mengangkat air ke atas. Apabila hasil ini dibandingkan dengan kinerja pompa air yang dihubungkan langsung dengan sumber tegangan listrik PLN ternyata daya lontar airnya memiliki ketinggian yang sama. Hal ini berarti kinerja inverter sudah bekerja dengan baik.



Gambar 22. Kinerja inverter pompa air

Setelah menjelaskan kinerja dari masing-masing setiap sub sistem di atas maka pada bagian ini akan dijelaskan kinerja keseluruhan dari prototipe sistem layanan air minum. Pada gambar 23 menunjukkan hasil pengujian sistem layanan air minum.



Gambar 23. Hasil kinerja sistem layanan air minum berbasis rfid.

Pada gambar tersebut ketika catu daya dihidupkan, maka lampu hijau menyala menunjukkan kondisi siap menerima kartu rfid dari pelanggan. Jika nomor kartu pelanggan terdaftar, maka lampu merah menyala dan kemudian kran solenoid dibuka sampai mencapai volume air yang sudah ditentukan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian di atas dapat disimpulkan yakni mikrokontroler telah berfungsi baik dalam mengidentifikasi dan memvalidasi nomor kartu rfid pelanggan air minum desa serta mampu melakukan pengontrolan secara otomatis dengan mengeluarkan air pada jumlah

volume tertentu. Prototipe sistem layanan air minum berbasis kartu RFID dapat digunakan sebagai layanan air minum prabayar dengan menerapkan sistem pulsa air sehingga dapat meningkatkan pendapatan pengelola air minum desa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Pendidikan Ganesha (Lemlit Undiksha) yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada peneliti melaksanakan penelitian "Pengembangan Prototipe Sistem Kontrol Otomatis Kran Solenoid Berbasis Radio Frequency Identification (RFID) Pada Sistem Pelayanan Air Minum Desa" dengan surat kontrak penelitian nomor : 194/UN48.15/LT/2016.

DAFTAR RUJUKAN

- Atmel, 2013, *8-Bit Microcontroller With 4K Bytes AT89S51 Datasheet*, Tersedia pada <http://www.atmel.com/images/doc2487.pdf>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2013.
- Bob Violino, 2005. *The History of RFID Technology*, Tersedia pada <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2013.
- Kalam T T Siregar, 2013, *Viskosimeter Digital Menggunakan Water Flow Sensor G1/2 Berbasis Mikrokontroler 8535*, tersedia pada <http://jurnal.usu.ac.id/index.php/sfisika/article/view/4754/2171>, diakses tanggal 10 Januari 2016
- Prasimax Mikron, *Sensor Flow Aliran Air 1/2 inch*, tersedia pada <http://www.mikron123.com/index.php/Air/Sensor-Flow-Aliran-Air/Detailed-product-flyer.html>, diakses tanggal 10 Januari 2016
- Prasimax Mikron, *Valve Electronic 1/2 inch*, tersedia pada <http://www.mikron123.com/index.php/Sensor/Valve-Electronic-1/2-inch/Detailed-product-flyer.html>, diakses tanggal 10 Januari 2016
- Gede Nurhayata, 2014. *Aplikasi Mikrokontroler AT89S51 sebagai Kendali*

MP3 Player Berbasis Radio Frequency Identificaion (RFID) pada Sistem Pelayanan Objek Museum Publikasi Penelitian pada SENARI ke 2.

Sparkfun. 2013. *ID-Series Datasheet*, Tersedia pada <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/ID-12-Datasheet.pdf>. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2013.

SeedStudioWork.com, 2010, *Water Flow Sensor*, tersedia pada <http://www.seeedstudio.com/depot/datasheet/water20flow%20sensor%20datasheet.pdf> diakses tanggal 10 Januari 2016

SUMBER DAMPAK PENURUNAN KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DI KAWASAN WISATA TOYA BUNGKAH, BANGLI-BALI

Nyoman Wijana

Staf Dosen Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA Undiksha Singaraja
Email:wijana_1960@yahoo.com

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas lingkungan hidup dan sumber dampak penurunan kualitas lingkungan hidup yang ada di kawasan wisata Toya Bungkah, Bangli-Bali. Populasi penelitian ini adalah kawasan wisata terestrial dan kawasan wisata danau. Sampel dalam penelitian ini meliputi vegetasi terestrial, faktor edafik, air danau, dan culture sekitar kawasan wisata. Teknik sampling yang digunakan adalah sistematis sampling. Data dianalisis secara statistik ekologi dan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan (1) kualitas lingkungan hidup terestrial dengan parameter stratifikasi, densitas, crown cover, tekstur tanah, dan kemiringan lahan, termasuk ke dalam kualitas sangat buruk; (2) kualitas air Danau Batur sudah terjadi pencemaran. Dari dua belas komponen yang diujikan, terdapat empat komponen yang sudah tercemar yaitu pH, DO, NVC ikan, dan total coliform, sedangkan delapan komponen lainnya tidak tercemar yaitu suhu, BOD, COD, konduktivitas, salinitas, fosfat, nitrat, dan klorin; (3) sumber dampak penurunan kualitas lingkungan hidup yang ada di kawasan wisata Toya Bungkah adalah (a) kawasan terestrial sebagai akibat dari faktor aktivitas manusia (galian C dan wisata) dan faktor alamiah.(akibat sisa-sisa letusan gunung Batur); (b) kawasan wisata danau dengan sumber dampak dari aktivitas manusia (pertanian, wisata, limbah rumah tangga, dan perikanan/keramba jaring apung) dan akibat alamiah (sumber belerang, gulma, dan erosi alamiah).

Kata kunci: Kualitas Lingkungan Hidup, Kawasan Wisata, Sumber Dampak

PENDAHULUAN

Bali dikenal sebagai daerah tujuan wisata yang telah mendunia. Konsekuensi dari daerah tujuan wisata ini adalah terjadinya perubahan sumber daya alam yang meliputi (1) sumber daya alam hayati,

sumber daya alam non-hayati, (3) sumber daya alam buatan, dan (4) sumber daya alam manusia. Dampak yang dimunculkan dari situasi ini dapat berdampak positif dan dapat berdampak negatif. Salah satu dampak negataif terjadi pada sumber daya alam hayati dan non-hayati yang menjadi isu besar saat ini adalah isu kerusakan lingkungan akibat langsung ataupun tidak langsung yang terjadi akibat dari aktivitas pariwisata. Isu-siu tersebut di antaranya adalah (1) untuk di kawasan wisata Kuta dan Sanur telah terjadi Abrasi sepanjang pantai kawasan wisata. (2) Di kawasan wisata Bedugul

telah terjadi pendangkalan danau, diduga karena penebangan hutan secara liar, perubahan fungsi lahan sekitar danau dan bukit, (3) Kekurangan air, diduga disebabkan kurangnya pepohonan di sekitar bukit dan danau akibat penebangan liar dan perubahan fungsi lahan.

Bali Post, Sabtu, 7 April 2012 memuat berita bahwa telah terjadi pencemaran laut oleh aktivitas penggunaan *boat* yang berbahan bakar minyak sebagai transportasi dari Sanur menuju objek wisata Jungut Batu, Lembongan-Nusa Penida, menimbulkan dampak pada pembusukan rumput laut. Hasil penelitian Wijana (2004, 2005, 2006), yang menganalisis tentang kualitas air Danau Batur, dan penelitian kualitas air Danau Buyan yang dilakukan tahun 2009 dan 2010, kedua danau tersebut menunjukkan adanya beban pencemaran.

Hasil penelitian yang dilakukan di kawasan wisata di luar Bali, seperti yang dilakukan di pantai Nongsan, Batam menunjukkan bahwa dari hasil pengukuran parameter fisika-kimia perairan laut telah menunjukkan adanya degradasi (Feliatra, 1999). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sudaryono (2000) menyimpulkan bahwa kondisi air permukaan (air sungai) di wilayah Kotamadya Yogyakarta teridentifikasi telah mengalami pencemaran.

Sebagaimana sudah disampaikan di atas bahwa hasil penelitian penulis tentang kualitas air Danau Batur pada tahun 2004, 2005, dan 2006 menunjukkan bahwa kualitas air danau Batur tersebut dalam kondisi tergejala adanya pencemaran pada parameter lingkungan tertentu. Di sisi lain dari hasil penelitian di tahun 2006 menunjukkan pula bahwa di dadam darah petani sudah terpapar pestisida dalam kategori rendah. Demikian pula tentang penggunaan pestisida untuk pemberantasan hama penyakit terhadap tanaman budidaya seperti bawang merah, bawang putih, tomat, cabai, kol, dan lain-lain tidak mengikuti aturan yang ada pada petunjuk penggunaan pestisida.

Kejadian tersebut telah berlangsung 9-11 tahun yang lalu. Dalam perjalanan waktu tersebut telah terjadi perkembangan pemanfaatan sumber daya alam yang jauh lebih meningkat dibandingkan dengan 11 tahun yang lalu. Sebagaimana dalam azas dasar Ilmu Lingkungan menyatakan bahwa dalam suatu usaha atau kegiatan yang dilakukan oleh aktivitas manusia maka akan selalu menimbulkan dampak terhadap lingkungan itu sendiri. Bahkan tanpa ada suatu intervensi manusia atau dengan berlangsungnya kondisi alam secara alamiah, akan menimbulkan dampak pula terhadap ekosistem itu sendiri. Dampak

yang timbul tersebut dapat bersifat positif atau pun negatif.

Pola perilaku masyarakat Trunyan, terutama terkait dengan pariwisata “mayat” yang ada di kuburan, mulai menunjukkan citra yang kurang mendapat simpati dari para pengunjung. Banyak isu yang muncul bahwa adanya “pengemis” yang secara paksa meminta uang atau barang tertentu kepada pengunjung “mayat” di kuburan tersebut. Bahkan ada isu yang kurang sedap di mana wisatawan yang menyewa perahu/boat untuk berkunjung ke Desa Trunyan, di tengah danau, sengaja dalam perjalanannya di tengah-tengah danau, dihentikan dengan maksud untuk meminta biaya tambahan sewa perahu/boat secara memaksa.

Berdasarkan uraian di atas tampak bahwa telah terjadi berbagai isu kerusakan lingkungan hidup baik pada ekosistem darat atau hutan, air tawar atau danau, pertanian, dan sosial. Lebih lanjut kualitas lingkungan hidup pada berbagai ekosistem yang ada di kawasan wisata Toya Bungkah, dapat dikaji melalui aspek *ABC Environment*. Faktor apa yang memberi kontribusi terhadap menurunnya kualitas lingkungan di kawasan wisata Toya Bungkah, Bangli-Bali tersebut, perlu dikaji secara mendalam.

METODE PENELITIAN

Kawasan Wisata Terrestrial

Jenis penelitian yang dilakukan ini adalah jenis penelitian eksploratif. Penelitian ini bertujuan untuk menggali informasi atau mengeksplorasi tentang kualitas lingkungan hidup ditinjau dari *ABC Environment* dan faktor penurunan kualitas lingkungan.

Penentuan kualitas lingkungan hidup pada kawasan wisata alam hutan,

digunakan analisis sintesis dari 5 parameter yang digunakan yaitu *crown cover*, densitas, stratifikasi, tekstur tanah dan

kemiringan lahan. Dari parameter tersebut selanjutnya diberikan skor, seperti tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemberian Skor pada Masing-masing Parameter

No	Parameter	Skor
1	<i>Crown Cover</i> 1 (C1) : > 70 %	3
2	<i>Crown Cover</i> 2 (C2) : 50-70 %	2
3	<i>Crown Cover</i> 3 (C3) : < 50 %	1
4	Densitas 1 (D1) : 67-100	3
5	Densitas 2 (D2) : 34-66	2
6	Densitas 3 (D3) : 0-33	1
7	Stratifikasi 1 (S1) : 3 strata	3
8	Stratifikasi 2 (S2) : 2 strata	2
9	Stratifikasi 3 (S3) : 1 strata	1
10	Tekstur Tanah 1 (T1): tanah lempung	3
11	Tekstur Tanah 2 (T2) : tanah geluh	2
12	Tekstur Tanah 3 (T3) : tanah pasir	1
13	Kemiringan 1 (R1) : lahan datar (0-8°)	3
14	Kemiringan 2 (R2) : lahan landai - agak curam (20-55°)	2
15	Kemiringan 3 (R3) : lahan curam - sangat curam (56-140°)	1

Dari kelima parameter yang diukur, diperoleh 243 kombinasi. Selanjutnya, dengan mengacu pada Noerkencana (2004) maka kualitas lingkungan terdiri atas 5 kategori yaitu :

Skor 1-48 merupakan lingkungan dengan kualitas sangat buruk
Skor 49-96 merupakan lingkungan dengan kualitas buruk
Skor 97-157 merupakan lingkungan dengan kualitas sedang

Skor 158-205 merupakan lingkungan dengan kualitas baik
Skor 205-243 merupakan lingkungan dengan kualitas sangat baik

Kawasan Wisata Danau Batur

Populasi dari penelitian ini adalah air yang ada dalam badan air danau. Sampel penelitian ini adalah air danau yang diambil dari dalam badan air dengan menggunakan metode sistematis sampling (Canter, 1996; dan Keith, 1991). Pengambilan sampel dilakukan satu kali yakni pada siang hari sebanyak 8 jiregen.

Ringkasan keseluruhan metode penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Metode Penelitian

No	Kawasan Wisata	Komponen ABC Env	Parameter	Metode	Instrumen	Analisis	Kriteria
1	Wisata Alam Hutan Alami	Biotik: Vegetasi	Stratifikasi	<i>Line Transect</i>	Alat Lab Ekologi	Statistik Ekologi	Gabungan Skor Parameter Vegetasi dan Edafik dalam Modifikasi Skala
		Abiotik: Edafik	Densitas Crown Cover Tekstur Tanah Kemiringan	Kwadrat Kwadrat Sampel Tanah Utuh			

			Lahan	Pengukuran Lapangan			Lickert	
2	Wisata Alam Danau	Abiotik Air	pH, DO, BOD, Turb, NO3, Pestisida, Ikan, Coliform	Suhu, COD, Kond, Sal, P, Cr, Total	Uji Lab	Water Quality Checker dan Alat Uji Lab	Deskriptif Komparatif	Baku Mutu Air: PerGub Bali No 8 Tahun 2007 PerMen Kesehatan RI No 416/MEN KES/PER/IX/1990 KepGub Bali No 515 Tahun 2000 DinKes Prov. Bali (2009)
3	Wisata Budaya	Culture	Human nature orientation Man nature orientation Time orientation Activity orientation Relational orientation	Observasi Wawancara Kuesioner Check List		Lemb Obs, Ped Wawcr Kuesioner, Check List	Deskriptif	Persentase

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kualitas Lingkungan Hidup: Terrestrial
Rekapitulasi data kualitas lingkungan terestrial pada masing-masing stasiun seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Kualitas Lingkungan Kedua Stasiun

Stasiun	Crown cover		Densitas		Stratifikasi		T.Tanah		Kemiringan		Rekapitulasi	Skor	Kualitas
	Sk	Kode	Sk	Kode	Sk	Kode	Sk	Kode	Sk	Kode			
1	1	C3	1	D3	2	S2	1	T3	2	R2	C3 D3 S2 T3 R2	4	Sangat buruk
2	1	C3	1	D3	1	S3	1	T3	1	R3	C3 D3 S3 T3 R3	1	Sangat buruk
Rerata	1	C3	1	D3	2	S2	1	T3	2	R2	C3 D3 S2 T3 R2	4	Sangat buruk

Sk = Skor C = Crown Cover D = Densitas S = Stratifikasi R = Kemiringan lahan

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa kualitas lingkungan pada Stasiun I memiliki skor 4 dan Stasiun II memiliki skor 1. Dengan menggunakan acuan pada Tabel 1 di atas, maka kedua stasiun tersebut kualitas lingkungannya termasuk ke dalam kualitas sangat buruk.

dengan standar kualitas air yang termuat dalam Peraturan Gubernur Bali No 8 Tahun 2007, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 416/MENKES/PER/IX/1990 tanggal 3 September 1990 dan Keputusan Gubernur Bali No 515 Tahun 2000 Tentang Baku Mutu Lingkungan.

Data Kualitas Lingkungan Hidup: Air Danau

Dari hasil pengukuran komponen abiotik di Danau Batur, diperbandingan

Tabel 4. Perbandingan Kualitas Air Hasil Pengukuran dengan Kualitas Standar

No	Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel					Rerata	Kualitas Standar/Kelas			
		Songan	Toya Bungkah	Kedisan	Trunyan	Tengah		I	II	III	IV
1	pH	9.1	9.1	9.2	9.1	9.1	9.1	6-9	6-9	6-9	5-9
2	Suhu (°)	27	28	28	30	28	28	± 3	± 3	± 3	± 5
3	DO (mg/l)	5.9	7.8	10.5	4	4	5.4	6	4	3	1
4	BOD (mg/l)	1.69	2.84	1.24	8.86	8.86	4.7	2	3	6	12
5	COD (mg/l)	9.96	9.96	9.96	59.76	59.76	29.2	10	25	50	100
6	Konduktivitas (ms/cm)	0.6	0.6	0.8	0.3	0.3	0.5	3			
7	Salinitas (permil)	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6-1.0			
8	Phospat	0.3180	0.2738	0.1804	0.1674	0.1674	0.22	0.2	0.2	1	5
9	Nitrat	0.1537	0.0330	0.2654	0.3249	0.3249	0.22	10	10	20	20
10	Klorin	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
11	NVC Ikan						1.61	NVC > 1.7			
12	Total Coliform/ 100 ml	2.4x10 ³	2.3x10 ¹	0.6x10 ¹	1.4x10 ¹	2.4x10 ³	9.7x10 ²	5x10 ²	5x10 ³	1x10 ⁴	1x10 ⁴

Dari Tabel 12 dapat dilihat perbandingan kualitas air hasil pengukuran dengan kualitas air standar berdasarkan baku mutu air. Penentuan kualitas air standar yang digunakan mengacu pada baku mutu air Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007.

Dari hasil perbandingan kualitas air hasil pengukuran dengan kualitas air standar dibuatkan Tabel kriteria tingkat pencemaran air pada masing-masing lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria Tingkat Pencemaran Air pada Masing-Masing Lokasi Pengambilan Sampel

No.Parameter	Lokasi Pengambilan Sampel					Umum
	Songan	Toya Bungkah	Kedisan	Trunyan	Tengah	

1	pH	Tercemar	Tercemar	Tercemar	Tercemar	Tercemar
2	Suhu (⁰)	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
3	DO (mg/l)	Tercemar untuk kelas II, III, dan IV	Tercemar untuk kelas I, II, III, dan IV	Tercemar untuk kelas I, II, III, dan IV	Tercemar untuk kelas III dan IV	Tercemar untuk kelas III dan IV
4	BOD (mg/l)	Tidak tercemar	Tercemar untuk kelas I	Tidak tercemar	Tercemar untuk kelas I, II, dan III	Tercemar untuk kelas I, II, dan III
5	COD (mg/l)	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
6	Konduktivitas (ms/cm)	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
7	Salinitas (permil)	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
8	Fosfat	Tercemar untuk kelas I	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
9	Nitrat	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
10	Klorin	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar	Tidak tercemar
11	NVC Ikan					60% tidak sehat
12	Total <i>Coliform</i> / 100 ml	Tercemar untuk kelas III dan IV	Tercemar untuk kelas III dan IV	Tercemar untuk kelas III dan IV	Tercemar untuk kelas III dan IV	Tercemar untuk kelas III dan IV

Dari kondisi air danau seperti yang sudah disajikan pada Tabel 5, dapat dikatakan bahwa kualitas air Danau Batur sudah terjadi pencemaran. Dari dua belas komponen yang di ujikan, terdapat empat komponen yang sudah tercemar yaitu pH, DO, NVC ikan, dan total *coliform*, sedangkan delapan komponen lainnya tidak tercemar.

Berdasarkan acuan klasifikasi, kualitas air termasuk dalam kategori baik. Namun walau termasuk dalam kategori baik, perlu dicermati komponen-komponen atau parameter-parameter ini sangat berkaitan erat dengan kelangsungan

organisme dari berbagai spesies termasuk manusia di dalamnya.

Sumber Dampak Penurunan Kualitas Lingkungan

Kawasan Wisata Terrestrial

Suber dampak dari rendahnya kualitas lingkungan hidup pada kawasan wisata terestrial adalah faktor aktivitas manusia dan faktor alamiah. Faktor aktivitas manusia terutama adanya galian C yang dilakukan oleh masyarakat sekitar kawasan. Untuk di daerah pendakian, di samping oleh karena kondisi lingkungan secara alamiah, jada disebabkan oleh aktivitas pariwisata. Berdasarkan

wawancara dan observasi langsung ke lapangan, diketahui bahwa ada banyak yang menjadi sumber dampak terhadap kualitas lingkungan hidup di kawasan wisata toya Bungkah. Sumber dampak tersebut ada yang berasal dari alam dan ada pula yang berasal dari manusia. Sumber dampak yang berasal dari alam dikarenakan karena adanya proses suksesi yang berlangsung pada tahap awal dan akan berlanjut apabila kelangsungan alam tetap terjaga. Sedangkan sumber dampak yang berasal dari manusia diakibatkan karena terjadinya eksplotasi alam yang dilakukan manusia dengan mengambil pasir secara terus menerus tanpa diimbangi adanya revegetasi, khususnya pada daerah galian C. Galian C dilakukan oleh masyarakat sekitar kawasan terrestrial terutama oleh masyarakat dengan lahan milik pribadi. Pada kawasan galian C, pasir digali dengan tanpa mempertimbangkan *altitude* dan *latitude* lahan. Penggalan dilakukan secara serampangan, tanpa mempertimbangan dampak yang akan ditimbulkan terhadap keselamatan penggali. Sikap dan perilaku masyarakat yang memiliki lahan tersebut lebih banyak berorientasi pada finansial yang akan diterima.

Pelarangan yang dilakukan oleh pemerintah telah dilakukan, namun sering terjadi pelanggaran yang dilakukan oleh pemilik lahan tersebut. Demikian juga sebaliknya, pemerintah kadang-kadang kurang bertindak tegas pula terhadap pelanggaran yang dilakukan oleh penggali galian C tersebut.

Namun perkembangan saat ini secara tegas pemerintah telah memberikan tindakan tegas untuk menutup daerah galian C tersebut. Akan tetapi masih ada masyarakat yang secara diam-diam

melakukan galian C itu juga. Pemerintah juga telah melakukan larangan untuk lintasan truk agar tidak melalui jalur pariwisata Penelokan (arah barat). Arah lalu lintas truk dialihkan ke arah timur (Desa Songan naik ke atas), akan tetapi terjadi konflik sosial antara sopir dengan penegak hukum (Polisi).

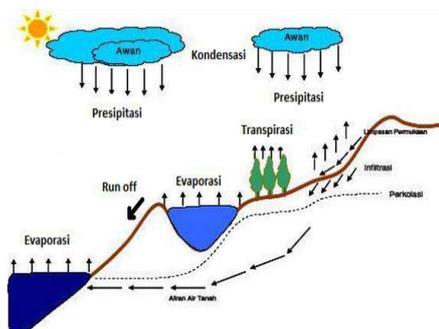
Sumber dampak yang terjadi pada kawasan galian C yaitu berasal dari faktor manusia. Keberadaan manusia yang dengan sengaja maupun tidak sengaja telah mengeksploitasi alam dengan mengambil pasir secara terus menerus tanpa adanya upaya revegetasi. Kondisi lingkungan seperti ini apabila dibiarkan terus menerus tanpa adanya upaya untuk menanggulangnya, maka akan berdampak terhadap kualitas lingkungan.

Daerah galian C yang umumnya di dominasi oleh tanah pasiran, memiliki tingkat erosi yang lebih tinggi. Hal ini akan diperparah apabila tidak ada vegetasi yang tumbuh di atasnya. Energi kinetik yang berasal dari air hujan akan jatuh langsung menuju ke lantai pasiran dan tentunya akan menimbulkan erosi yang besar sehingga dapat menimbulkan longsor. Apabila hal ini dibiarkan terus menerus maka akan berdampak pada kualitas lingkungan yang berjalan ke arah negatif. Tidak hanya itu, dampak yang ditimbulkan akibat adanya aktivitas pengangkutan pasir, berdampak pula terhadap kesehatan warga.

Pasir yang tertiuap angin ketika diangkut oleh truk pengangkut pasir akan mencemari udara di kawasan tersebut. Pencemaran udara tersebut dapat menimbulkan masalah kesehatan, dan dapat menimbulkan penyakit pada saluran pernapasan. Pertanian warga juga terganggu akibat banyaknya debu pasir yang menempel pada pertanian warga.

Apabila hal ini dibiarkan secara terus menerus maka akan menimbulkan masalah yang lebih kompleks dikemudian hari. Untuk itu diperlukan adanya suatu upaya dalam menanggulangi penurunan kualitas lingkungan. Pemerintah dan masyarakat harus ikut berperan aktif dalam menjaga kelestarian lingkungan hidup di kawasan tersebut.

Pada lokasi penelitian, ditemukan *crown cover* dengan persentase 80%, densitas sedang, tekstur tanah pasiran, dan kemiringan agak curam. Apabila terjadi intensitas hujan yang tinggi akan menghasilkan energi kinetik yang besar sehingga dapat beresiko tinggi terjadi *run off*, yang selanjutnya, apabila hujan semakin besar, maka akan memungkinkan terjadinya longsor, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Terjadinya *run off* dan atau longsor

(Sumber: adaptasi dari *Chemistry*, 2013)

Sumber dampak yang terjadi di kawasan Perhimpunan Pemandu Pendakian Gunung Batur (PPPG) dikarenakan oleh alam. Kawasan tersebut didominasi oleh bekas larva sehingga proses suksesi berjalan lambat. Proses suksesi yang berlangsung baru sampai pada tingkat pasir dan belum menjadi tanah. Sehingga proses suksesi masih akan terus berlangsung ke arah yang lebih baik. Kualitas lingkungan

di kawasan ini akan mengarah ke arah yang positif, jika pemerintah dan masyarakat ikut berperan dalam menjaga lingkungan di kawasan tersebut. Tindakan revegetasi dapat dilakukan sebagai upaya untuk mengelola lingkungan di kawasan tersebut. Selain dikarenakan oleh faktor alam, faktor manusia juga dapat mempengaruhi lingkungan di kawasan ini. Dengan adanya aktivitas pendakian yang dilakukan oleh wisatawan, tentunya akan berdampak pula terhadap kualitas lingkungan di kawasan tersebut, salah satu yang ditimbulkan di antaranya adalah masalah sampah. Masih banyak pendaki yang membuang sampah sembarangan di sekitar kawasan hutan, sementara sudah disediakan tempat sampah oleh pihak pengelola kawasan tersebut. Kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan belum ada pada diri wisatawan, sehingga diperlukan adanya suatu peraturan dan sanksi tegas untuk menanggulangi hal tersebut.

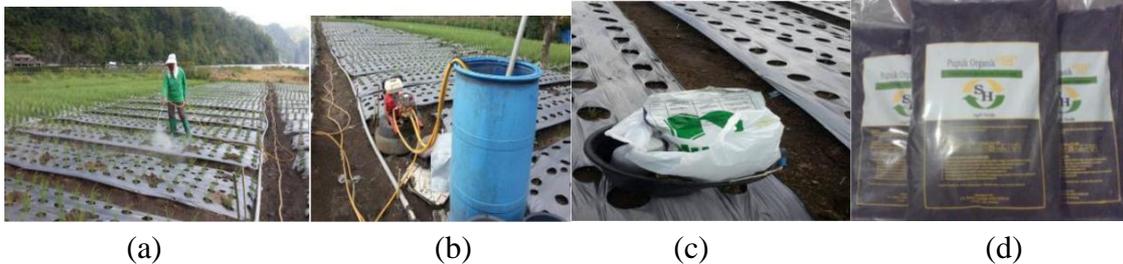
Kawasan Wisata Danau

Terdapat beberapa indikator yang digunakan untuk menyatakan kualitas air Danau Batur rendah. Berdasarkan baku mutu air Peraturan Gubernur Bali No. 8 Tahun 2007, diketahui bahwa terdapat empat parameter yang memberikan indikasi bahwa air danau tersebut telah tercemar seperti parameter *abiotic* yaitu pH dan DO, sedangkan parameter *biotic* yaitu NVC ikan, dan total *colifom*. Disamping itu parameter yang menunjukkan belum terjadinya pencemaran adalah suhu, BOD, COD, konduktivitas, salinitas, fosfat, nitrat, dan klorin. Nilai pH yang cukup tinggi pada Danau Batur dikarenakan adanya aktivitas manusia seperti aktivitas pertanian yang memanfaatkan penggunaan

pestisida yang berlebih sehingga menimbulkan residu bagi air Danau Batur, aktivitas rumah tangga dan pariwisata dengan membuang limbah cair (deterjen) ke danau sehingga menimbulkan efek bagi air danau. Deterjen dapat meningkatkan nilai pH perairan, karena deterjen memiliki surfaktan yang merupakan bahan aktif yang terdiri dari bagian komponen polar dan non polar dalam molekulnya. Akibat surfaktan di dalam air, sisa deterjen harus mampu mengalami degradasi (penguraian) oleh bakteri-bakteri yang umumnya terdapat di alam. Jika struktur kimia yang dipakai berupa rantai lurus, gugus surfaktan ini mudah diuraikan, sedangkan jika struktur berupa rantai cabang, maka surfaktan ini sulit untuk dipecah. Disamping itu masalah yang ditimbulkan oleh gugus pembentuk yaitu gugus ini akan mengalami hidrolisis yang menghasilkan senyawa fosfat. Penggunaan deterjen dapat meningkatkan senyawa fosfat pada air danau. senyawa fosfat ini dapat

merangsang pertumbuhan ganggang dan eceng gondok, sehingga akan menimbulkan *eutrofikasi* pada danau. Untuk parameter *abiotic* hanya dua parameter yang telah mengalami pencemaran, sedangkan enam lainnya dikatakan belum mengalami pencemaran namun sudah terindikasi akan terjadi pencemaran. Sedangkan untuk parameter *biotic* telah mengalami pencemaran yaitu NVC ikan dan total *coliform*.

Yang menjadi sumber dampak pencemaran air di Danau Batur antara lain akibat adanya aktivitas pertanian, aktivitas perikanan, aktivitas rumah tangga, aktivitas pariwisata, dan adanya sumber pencemaran alami. Hal yang paling memberi kontribusi terhadap pencemaran air adalah aktivitas pertanian kemudian aktivitas perikanan, aktivitas pariwisata dan aktivitas rumah tangga. Akibat yang ditimbulkannya tentunya akan berdampak pada kualitas lingkungan di kawasan tersebut.



Gambar 2. (a) Penyemprotan Pestisida, (b) Mesin Penyemprotan Pestisida (c) dan (d) Pupuk Organik

Pemanfaatan pupuk dan pestisida secara terus menerus dan terjadi peningkatan aplikasinya tanpa memperhatikan perhitungan dosis dan frekuensi penyemprotan, menimbulkan residu di alam itu sendiri. Residu ini dapat

muncul di tanah maupun di permukaan anah, atau pada organisme lain yang bukan target, semuanya akan bermuara ke air danau batur, karena posisi air danau lebih rendah dari posisi lahan pertanian.



(a) (b) (c) (d)
Gambar 3. (a) dan (b) Keramba Jaring Apung (KJA); (c) dan (d) Pemberian Pakan Ikan oleh Nelayan Setempat (*Sumber: Dokumentasi Pribadi 2016*)

Model budidaya ikan yang dikembangkan di Danau Batur saat ini adalah pemeliharaan ikan di dalam keramba atau yang lebih dikenal dengan istilah Keramba Jaring Apung (KJA). Pemeliharaan ikan dalam keramba jaring apung ini tentunya akan memberikan input energy ke dalam keramba tersebut, baik

berupa makanan atau senyawa kimia lainnya. Residu dari input energy yang tidak dimanfaatkan oleh ikan akan terlarut di dalam air danau. Dengan demikian akan terjadi penimbunan material baru ke dalam air danau. Hal ini akan berpengaruh terhadap komposisi kimia air dan kehidupan biologis dalam ekosistem air.



(a) (b) (c) (d)
Gambar 4. (a) Restoran Apung, (b) Pemandian Air Panas, (c) Limbah Restoran Apung, (d) Limbah Pemandian Air Panas (*Sumber: Dokumentasi Pribadi 2016*)

Dengan adanya aktivitas pariwisata yang semakin maju di kawasan tersebut, seperti misalnya wisata pemandian air panas dan restoran apung tentunya akan berdampak pada kualitas air danau. Limbah hasil pembuangan dari pemandian

dan restoran tersebut akan dibuang ke danau. Hal ini akan menyebabkan air danau menjadi tercemar. Limbah yang di buang ke danau lama kelamaan akan mengendap sehingga menyebabkan danau mengalami pendangkalan.



(a) (b) (c) (d) **Gambar 5.** (a) Pemukiman Warga, (b) Aktivitas MCK, (c) Tempat Memancing Penuh Sampah, (d) WC umum (*Sumber: Dokumentasi Pribadi 2016*)

Aktivitas rumah tangga seperti Sumber pencemaran alami terjadi mandi, cuci, kakus (MCK) dan bentuk akibat adanya aktivitas gunung berapi. kegiatan lainnya yang tentunya akan Dekompisasi alami, erosi, pelindihan dan membuang limbah sisa ke danau, akan lain-lain yang smeuanya itu dapat berkaitan erat dengan kualitas air di danau menghasilkan senyawa kimia, fisik, dan Batur. Hal ini memberikan kontribusi biologis yang akan dapat memberikan terhadap tingkat pencemaran air pada di penambahan pencemaran terhadap kualitas Danau Batur. air di Danau Batur.

Semakin banyaknya aktivitas yang dilakukan oleh manusia, maka akan menimbulkan dampak terhadap kondisi lingkungan hidup khususnya pada ekosistem danau. Jika hal ini terus menerus terjadi akan mengakibatkan kondisi danau semakin buruk. Gejala awal yang ditimbulkan akibat dampak tersebut salah satunya yaitu *eutrofikasi*. Semakin banyak populasi gulma yang ada di danau mencerminkan bahwa danau tersebut sudah mengalami *eutrofikasi*.



**Gambar 6. Eutrofikasi di Danau Batur
(Sumber: Dokumentasi Pribadi 2016)**

PENUTUP

Ada beberapa simpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini yaitu: (1) kualitas lingkungan terestrial dengan parameter stratifikasi, densitas, crown cover, tekstur tanah, dan kemiringan lahan, termasuk ke dalam kualitas sangat buruk;

kualitas air Danau Batur sudah terjadi pencemaran. Dari dua belas komponen yang di ujikan, terdapat empat komponen yang sudah tercemar yaitu pH, DO, NVC ikan, dan total *coliform*, sedangkan delapan komponen lainnya tidak tercemar yaitu suhu, BOD, COD, konduktivitas, salinitas, fosfat, nitrat, dan klorin; (3) sumber dampak penurunan kualitas lingkungan hidup yang ada di kawasan wisata Toya

Bungkah adalah (a) kawasan terestrial sebagai akibat dari faktor aktivitas manusia (galian C dan wisata) dan faktor alamiah.(akibat sisa-sisa letusan gunung Batur); (b) kawasan wisata danau dengan sumber dampak dari aktivitas manusia (pertanian, wisata, limbah rumah tangga, dan perikanan/keramba jaring apung) dan akibat alamiah (sumber belerang, gulma, dan erosi alamiah). Sebagai rekomnedasi dapat disampaikan adalah (1) bahwa aktivitas masyarakat hendaknya memperhatikan kondisi lingkungan hidup, baik terestrial maupun danaunya, dalam mengeksplor sumber daya alam yang ada. Pemerintah harus tegas dalam melaksanakan aturan yang ada terkait dengan konservasi lingkungan hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Bali Post. 2011. Air Danau Buyan Capai Tepi Jalan. Selasa Kliwon, 12 April 2011 hal. 12.
- Bali Post. 2011. Air Danau Buyan dan Tamblingan Terus Meluap. Senin Wage, 11 April 2011 hal. 12.
- Bali Post. 2011. Air Danau Meluap Warga Harus Pindah. Rabu Umanis, 13 April 2011 hal. 11.
- Bali Post. 2011. Obok-Obok Hutan Sepang Polhut hanya Temukan Balok Kayu. Senin Wage, 7 Maret 2011 hal. 12.
- Bali Post. Terbitan tanggal 12 November 2012. Danau di Bali Telah Tercemar.
- Barbour, M. G; J. H. Burk and W. D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. Inc. California : The Benjamin/cummings Publishing Company.
- Canter, Larry W. 1996. *Environmental Impact Assessment*. New York: McGraw-Hill.

- Feliatra. 1999. Identifikasi Bakteri Patogen (*Vibrio* sp) di Perairan Nongsa Batam Propinsi Riau. *Jurnal Natur Indonesia II* (1): p.28-33 (1999)
- Jalal, Tanjung Salihuddin. 2004. *Ekologi dan Pengantar Lingkungan Hidup*. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana UGM.
- Keith, Lawrence H. 1991. *Environmental Sampling and analysis: a Practical Guide*. Florida: Lewis Publishers.
- Mueller-Dombois, D., H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Sanfransisco : W. H. Freeman and Company.
- Nurkencana, Wayan. 2004. *Evaluasi Pendidikan*. Surabaya : Penebar Ilmu.
- Purwowidodo. 2003. *Panduan Praktikum Ilmu Tanah Hutan : Mengenal Tanah*. Laboratorium Pengaruh. Jakarta.
- Sudaryono. 2000. *Tingkat Pencemaran Air Permukaan di Kodya Yogyakarta*. *Jurnal Teknologi*
- Tivy, Joy and Greg O'hare.1985. *Human Impact on the Ecosystem*. New York: Oliver & Boyd.
- Wijana, Nyoman dan I Nengah Sumardika. 2004. *Penentuan Kualitas Air Danau Batur (Kajian dari Sisi ABC Envirotment)*. Hasil Penelitian. Tidak Diterbitkan.
- Wijana, Nyoman dan I Nengah Sumardika. 2005. *Analisis Vegetasi Hutan Bukit Kangin Desa Adat Tenganan Pengringsingan, Kabupaten Karangasem. Laporan Hasil Penelitian*. Tidak Diterbitkan.
- Wijana, Nyoman. 2006. *Penentuan Kualitas Air Batur Melalui Indeks Pencemaran Algae*. Laporan Hasil Penelitian. Tidak Diterbitkan.
- Wijana, Nyoman. 2009. *Analisis Kualitas Air Danau Buyan di Desa Pancasari Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng*. Hasil Penelitian. Tidak Diterbitkan.
- Wijana, Nyoman. 2010. *Analisis Kualitas Air pada Ekosistem Tumpang Tindih (Overlap Ecosystem) pada Danau Buyan di Desa Pancasari Kecamatan Sukasada Kabupaten Buleleng*. Hasil Penelitian. Tidak Diterbitkan.
- Wijana, Nyoman. 2016. *Penentuan Kualitas Lingkungan hidup Melalui Analisis ABC Environtmen di Kawasan Wisata Toya Bungkah, Bangli-Bali*. Laporan Penelitian. Tidak Diterbitkan.
- Wijana, Nyoman. 2014. *Metode Analisis Vegetasi*. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha Press.
- Wijana, Nyoman. 2016. *Pengelolaan Lingkungan Hidup (Aspek Kearifan Lokal, Ergonomi, Ergologi, dan Regulasi)*. Yogyakarta: Plantaxia.

TITIK RAWAN EROSI SEPANJANG LINTASAN SINGARAJA-BEDUGUL (BALI)

Nyoman Wijana

Staf Dosen Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA Undiksha Singaraja

Email: wijana_1960@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah titik rawan erosi sepanjang lintasan Singaraja-Bedugul (Bali). Populas dalam penelitian ini adalah seluruh vegetasi dan edafik yang ada di sepanjang lintasan Singaraja-Bedugul. Sampel dalam penelitian ini adalah parameter vegetasi berupa stratifikasi, crown cover, tekstur tanah, dan kemiringan lahan sepanjang garis transek. Teknis pengumpulan datanya dengan menggunakan metode line transect, pengambilan sampel utuh, dan pengukuran langsung di lapangan. Data dianalisis secara statistik ekologi dan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan (1) Jumlah titik-titik rawan erosi yang ada di sepanjang jalur lintasan Bedugul-Singaraja, dari 265 stasiun yang dikaji, ada sebanyak 8 kuadrat (lokasi) (3,1%) yang termasuk ke dalam kategori sangat rawan erosi, 31 lokasi (11,69%) rawan erosi, 123 lokasi (46,41%) cukup rawan erosi, 89 lokasi (33,58%) kurang rawan erosi, dan tidak rawan erosi sebanyak 14 lokasi (6,28%).

Kata Kunci: Titik Rawan Erosi, Lintasan Singaraja-Bedugul, Stratifikasi, Crown Cover, Tekstur Tanah, Kemiringan Lahan

PENDAHULUAN

Sebagaimana telah kita ketahui bersama, pada bulan pada April tahun 2012 telah terjadi erosi atau tanah longsor di sepanjang jalur lintasan Bedugul-Singaraja. Berita dari berbagai media cetak di antaranya *Kompasiana edisi 18 desember 2010* juga mewartakan bahwa telah terjadi tanah longsor di lintasan jalur Singaraja-Bedugul. Menurut informasi dari Kasatlantas Polres Tabanan AKP I Made Punia, tanah longsor kecil telah terjadi sekitar pukul 23.00 di dekat Patung Jagung Bedugul, akibat hujan deras sejak pagi hingga siang hari.

Selanjutnya, media cetak *Bali Post edisi 12 November 2012* memuat berita tentang terjadinya bencana longsor yang menimpa daerah Wanagiri, dekat kawasan *Pura Yeh Ketipat*. Bencana ini menimpa seorang pengemudi motor hingga jatuh ke jurang.

Kepala Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Buleleng, (14/11/2012), mengakui tiga jalur antar kabupaten itu rawan longsor saat terjadi hujan lebat. Dari catatan yang diperolehnya, hampir setiap hujan lebat pada akhir tahun atau awal

tahun daerah itu selalu dilanda longsor. Mulai dari longsor berskala kecil hingga berskala besar yang sampai membuat jalan tertutup tanah dan menyebabkan lalu lintas macet total.

Di sepanjang jalur lintasan Singaraja-Bedugul, kondisi ekosistemnya telah banyak mengalami alih fungsi vegetasi dan alih fungsi lahan. Beberapa tahun yang lalu, di sepanjang jalur ini ditanami tanaman produktif seperti cengkeh. Sebelum tanaman cengkeh ditanam di sepanjang jalur tersebut, ekosistem aslinya adalah ekosistem hutan. Namun alih fungsi vegetasi dan juga alih fungsi lahan dari hutan menjadi tanaman produktif dan pemukiman telah berlangsung secara besar-besaran. Dalam tahun-tahun terakhir ini telah terjadi perubahan total dari hutan, kemudian tanaman cengkeh dan saat ini dengan tanaman kopi yang mempunyai arsitektur morfologi tumbuhan yang pendek dengan habitus tipe sapling.

Stratifikasi vegetasi yang ada di sepanjang jalur ini juga mengalami perubahan yang sangat signifikan, yakni vegetasi strata bawah dan strata atas telah semakin menipis. Stratifikasi pada ekosistem produktif hanya terdiri atas satu strata. *Crown cover*, berfungsi sebagai “payung” terhadap faktor edafik yang

ada di bawahnya agar tidak terjadi erosi. *Crown cover* yang ada di sepanjang jalur ini, menunjukkan kondisi yang terputus dan kurang dari 75%. Kondisi ini akan menjadikan *run off* pada permukaan tanah. Dalam kondisi tertentu, dapat menimbulkan erosi yang lebih besar. Kejadian ini disebabkan tidak adanya kemampuan vegetasi untuk menghalangi infiltrasi air hujan jatuh ke permukaan tanah. Ketidakmampuan vegetasi untuk menghalangi dan mengurangi energi kinetik air hujan sebagai akibat dari kondisi *crown cover* vegetasi yang hidup di atas lahan yang terputus dan kurang dari 75%.

Tekstur tanah juga sangat berperan terhadap terjadinya erosi. Tekstur tanah berpasir, memiliki porositas yang besar, dan daya ikat antar partikel-partikel tanah yang lemah maka akan memudahkan terjadinya erosi. Kondisi tekstur tanah di sepanjang jalur Bedugul-Singaraja, tidak jarang yang bertekstur non liat, sehingga memudahkan terjadinya erosi. Tingkat kemiringan juga sebagai salah satu kondisi yang sangat berkontribusi terhadap terjadinya erosi. Kemiringan di sepanjang jalan Bedugul-Singaraja sangat memungkinkan terjadinya erosi. Sepanjang jalur ini, banyak lahan yang menjulang tinggi dan dalam posisi miring. Kemiringannya bahkan melebihi dari 45 derajat.

Dapat dinyatakan bahwa pada sepanjang jalur Bedugul-Singaraja ini, telah terjadi perubahan pada strata vegetasi dan *crown cover* dari masing-masing spesies. Di tambah dengan kondisi faktor edafik seperti tekstur tanah dan posisi kemiringan lahan, semuanya akan berinteraksi dan berpengaruh serta berkontribusi terhadap terjadinya erosi di sepanjang jalur ini. Barbour et al (1987) Mueller-Dombois (1974), Cox (1976), dan Alhasanah (2006) menyatakan bahwa faktor penyebab tanah longsor secara alamiah meliputi morfologi permukaan bumi (tekstur tanah), penggunaan lahan, vegetasi dan curah hujan. Sementara ini belum ada data yang

terkait tentang titik-titik rawan erosi di sepanjang jalur lintasan Bedugul-Singaraja tersebut. Oleh karenanya diperlukan kajian untuk mengetahui titik-titik rawan erosi. Kajian yang dilakukan ini melalui analisis stratifikasi, *crown cover*, tekstur tanah, dan kemiringan lahan. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui jumlah titik-titik rawan erosi yang ada di sepanjang jalur lintasan Bedugul-Singaraja melalui analisis strata vegetasi, *crown cover*, tekstur tanah, dan kemiringan lahan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksploratif. Dalam hal ini, mengadakan eksplorasi terhadap titik-titik rawan erosi melalui analisis stratifikasi vegetasi, *crown cover*, tekstur tanah dan kemiringan lahan di sepanjang jalur lintasan Bedugul- Singaraja. Populasi dalam penelitian ini adalah stratifikasi vegetasi, kemiringan lahan dan tekstur tanah yang ada di sepanjang jalur lintasan Singaraja-Bedugul. Sampel dalam penelitian adalah seluruh stratifikasi vegetasi, kemiringan dan tekstur tanah yang berada pada 29 zona dengan 265 kuadrat di sepanjang jalur lintasan Singaraja-Bedugul. Dalam pengambilan data di lapangan, digunakan metode yang dapat dipilah sesuai dengan permasalahan yang akan dikaji. Untuk memperoleh data yang berkaitan dengan stratifikasi dan *crown cover*, digunakan metode *line transect* (Barbour et al, 1987). Untuk mengukur kemiringan lahan digunakan metode pengukuran langsung dengan alat hagameter. Dan untuk tekstur tanah penulis menggunakan metode pengambilan utuh tanah.

Untuk menentukan tingkat kerawanan digunakan analisis sintesis dari ketentuan atas stratifikasi, kemiringan dan tekstur tanah. Penentuan tingkat kerawanan ini adalah hasil penyederhanaan dari parameter yang ada, selanjutnya diberikan skor. Pemberian skor ini didasarkan atas kombinasi dari 4 parameter yang ada yaitu stratifikasi, *crown cover*,

kemiringan, dan tekstur tanah. Masing-masing parameter tingkat kerawanan tadi dibagi atas 3 kategori dengan menggunakan kombinasi tiga

parameter maka tingkat kerawanan terhadap terjadinya erosi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Pemberian Nilai dari Masing-masing Faktor Acuan

No	Stratifikasi	Crown Cover	Kemiringan	Tekstur Tanah
1	3	X	A	I
2	2	Y	B	II
3	1	Z	C	III

Keterangan :

- Stratifikasi 1 : Terdapat 1 strata
- Stratifikasi 2 : Terdapat 2 strata
- Stratifikasi 3 : Terdapat 3 strata
- Crown cover 1 : < 25%
- Crown cover 2 : 25-50%
- Crown cover 3 : > 50%
- Kemiringan A : Tergolong lahan Datar (0-8°)
- Kemiringan B : Tergolong Lahan Landai – Agak Curam (20-55°)
- Kemiringan C : Tergolong Lahan curam – Sangat Curam (56-140°)
- Tekstur Tanah I : Dominan Tanah Pasir
- Tekstur Tanah II : Dominan Tanah Geluh
- Tekstur Tanah III : Dominan Tanah

Lempung

Berdasarkan Tabel 1 lebih lanjut akan dikombinasikan di antara parameter yang

diukur, sehingga diperoleh 81 kombinasi. Dengan demikian skor tertinggi adalah 81 dan terendah adalah 1. Dengan mengacu pada Nurkencana (2004) menggunakan Rumus interval diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kelas Interval} &= (\text{Nilai Maksimal} - \\ &\text{Nilai Minimal}) : \text{Panjang Interval} \\ &= (81-1) : \text{Panjang} \\ &\text{Interval} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang Interval} = 80/5 = 16$$

Berdasarkan acuan di atas, maka dapat ditentukan tingkat kerawanan sesuai pembagian skor di atas seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Penentuan Tingkatan Kerawanan Erosi

NO	JUMLAH SKOR	TINGKAT KERAWANAN
1	1-16	SANGAT RAWAN
2	17-33	RAWAN
3	34-50	CUKUP RAWAN
4	51-67	KURANG RAWAN
5	68-84	TIDAK RAWAN

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data *Crown cover* pada masing-masing stasiun memiliki nilai persentase *crown cover* yang berbeda. Persentase *crown cover* dengan nilai terendah yaitu sebesar 23,3% dengan skor 1 kualitas 3 dan kode C3 sehingga tergolong dalam kualitas buruk. Dan persentase *crown cover* dengan nilai tertinggi yaitu sebesar 90,3% dengan skor 3 kualitas 1 kode C1 sehingga tergolong dalam kualitas baik. Rerata dari

crown cover adalah dengan 80,9% dengan skor 3 berada pada kualitas 1 dengan kategori baik. Data stratifikasi pada Stasiun 1 sampai Stasiun 29 vegetasi terdiri atas 3 strata dengan skor 3 serta dengan kualitas 1. Berdasarkan data tersebut rerata stratifikasi keseluruhan stasiun tergolong ke dalam kualitas baik. Data kemiringan lahan pada masing-masing stasiun terdapat kemiringan lahan dengan rata-rata % dengan skor 2 yang termasuk ke dalam kategori sedang. Data tekstur tanah secara keseluruhan pada masing-masing stasiun memiliki tekstur

tanah yang didominasi oleh lempung dengan skor 2 kualitas sedang.

Sebagai hasil analisis terhadap titik rawan erosi, maka di bawah ini disajikan titik-titik rawan erosi yang terbagi atas 5 kategori yaitu kategori tidak rawan erosi, kurang rawan erosi, cukup rawan erosi, rawan erosi, dan sangat rawan erosi.

Tabel 5.10. Kualitas Lingkungan Secara Umum Singaraja
Bedugul

Sta siu n	Kua drat	GPS	Kualitas
1	1	S:08 ⁰ 14.461' E:115 ⁰ 08.741'	KURANG RAWAN
	2	S:08 ⁰ 14.460' E:115 ⁰ 08.733'	RAWAN
	3	S:08 ⁰ 14.457' E:115 ⁰ 08.724'	CUKUP RAWAN
	4	S:08 ⁰ 14.454' E:115 ⁰ 08.720'	CUKUP RAWAN
	5	S:08 ⁰ 14.456' E:115 ⁰ 08.717'	KURANG RAWAN
	6	S:08 ⁰ 14.461' E:115 ⁰ 08.772'	KURANG RAWAN
	7	S:08 ⁰ 14.459' E:115 ⁰ 08.709'	CUKUP RAWAN
	8	S:08 ⁰ 14.467' E:115 ⁰ 08.700'	CUKUP RAWAN
	9	S:08 ⁰ 14.463' E:115 ⁰ 08.649'	TIDAK RAWAN
	10	S:08 ⁰ 14.467' E:115 ⁰ 08.696'	KURANG RAWAN
2	1	S: 08 ⁰ 14'17.0528" E: 115 ⁰ 8'28.7671"	KURANG RAWAN
	2	S: 08 ⁰ 14'16.1084" E: 115 ⁰ 8'28.6407"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08 ⁰ 14'17.1056" E: 115 ⁰ 8'28.4186"	TIDAK RAWAN
	4	S: 08 ⁰ 14'17.4061" E: 115 ⁰ 8'28.1895"	TIDAK RAWAN
	5	S: 08 ⁰ 14'16.8613" E: 115 ⁰ 8'28.0450"	CUKUP RAWAN
	6	S: 08 ⁰ 14'16.5567" E:115 ⁰ 8'27.7984"	KURANG RAWAN
	7	S: 08 ⁰ 14'16.3229" E:115 ⁰ 8'27.7179"	KURANG RAWAN
	8	S: 08 ⁰ 14'16.9188" E:115 ⁰ 8'27.6147"	KURANG RAWAN
	9	S: 08 ⁰ 14'16.1222" E:115 ⁰ 8'27.7315"	KURANG RAWAN
	10	S: 08 ⁰ 14'16.6959" E:115 ⁰ 8'27.0513"	KURANG RAWAN
3	1	S: 08 ⁰ 14'19.3149" E:115 ⁰ 8'37.7924"	SANGAT RAWAN
	2	S: 08 ⁰ 14'19.0496" E:115 ⁰ 8'36.9877"	RAWAN
	3	S: 08 ⁰ 14'19.2032" E:115 ⁰ 8'37.4375"	SANGAT RAWAN
	4	S: 08 ⁰ 14'19.0669" E:115 ⁰ 8'37.0434"	RAWAN
	5	S: 08 ⁰ 14'18.7319" E:115 ⁰ 8'36.7712"	RAWAN
	6	S: 08 ⁰ 14'18.6410" E:115 ⁰ 8'36.8063"	RAWAN
	7	S: 08 ⁰ 14'18.5900" E:115 ⁰ 8'35.7012"	CUKUP RAWAN
	8	S: 08 ⁰ 14'18.3402" E:115 ⁰ 8'36.1741"	SANGAT RAWAN
	9	S: 08 ⁰ 14'18.4362" E:115 ⁰ 8'35.5549"	SANGAT RAWAN

4	10	S: 08 ⁰ 14'18.3450" E:115 ⁰ 8'35.4822"	SANGAT RAWAN
	1	S:08 ⁰ 14.374' E:115 ⁰ 08.669'	KURANG RAWAN
	2	S:08 ⁰ 14.371' E:115 ⁰ 08.669'	KURANG RAWAN
	3	S:08 ⁰ 14.364' E:115 ⁰ 08.669'	CUKUP RAWAN
	4	S:08 ⁰ 14.359' E:115 ⁰ 08.659'	RAWAN
	5	S:08 ⁰ 14.358' E:115 ⁰ 08.660'	RAWAN
	6	S:08 ⁰ 14.356' E:115 ⁰ 08.659'	RAWAN
	7	S:08 ⁰ 14.347' E:115 ⁰ 08.660'	TIDAK RAWAN
	8	S:08 ⁰ 14.342' E:115 ⁰ 08.659'	KURANG RAWAN
	9	S:08 ⁰ 14.334' E:115 ⁰ 08.658'	TIDAK RAWAN
5	10	S:08 ⁰ 14.336' E:115 ⁰ 08.660'	CUKUP RAWAN
	1	S:08 ⁰ 14.267' E:115 ⁰ 08.367'	RAWAN
	2	S:08 ⁰ 14.276' E:115 ⁰ 08.360'	RAWAN
	3	S:08 ⁰ 14.278' E:115 ⁰ 08.357'	RAWAN
	4	S:08 ⁰ 14.279' E:115 ⁰ 08.351'	RAWAN
	5	S:08 ⁰ 14.275' E:115 ⁰ 08.345'	RAWAN
	6	S:08 ⁰ 14.272' E:115 ⁰ 08.344'	RAWAN
	7	S:08 ⁰ 14.264' E:115 ⁰ 08.340'	SANGAT RAWAN
	8	S:08 ⁰ 14.264' E:115 ⁰ 08.338'	SANGAT RAWAN
	9	S:08 ⁰ 14.263' E:115 ⁰ 08.330'	SANGAT RAWAN
6	10	S:08 ⁰ 14.261' E:115 ⁰ 08.329'	SANGAT RAWAN
	1	S: 08 ⁰ 14'15.0093" E:115 ⁰ 8'18.6817"	RAWAN
	2	S: 08 ⁰ 14'14.9422" E:115 ⁰ 8'18.3788"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08 ⁰ 14'15.1636" E:115 ⁰ 8'17.6220"	CUKUP RAWAN
	4	S: 08 ⁰ 14'15.1854" E:115 ⁰ 8'17.2605"	CUKUP RAWAN
	5	S: 08 ⁰ 14'14.1854" E:115 ⁰ 8'17.2605"	CUKUP RAWAN
	6	S: 08 ⁰ 14'14.6431" E:115 ⁰ 8'17.5783"	RAWAN
	7	S: 08 ⁰ 14'14.7067" E:115 ⁰ 8'17.6141"	CUKUP RAWAN
	8	S: 08 ⁰ 14'14.6542" E:115 ⁰ 8'17.1567"	KURANG RAWAN
	9	S: 08 ⁰ 14'14.7684" E:115 ⁰ 8'18.4425"	KURANG RAWAN
6	10	S: 08 ⁰ 14'14.5787" E:115 ⁰ 8'18.5472"	CUKUP RAWAN
	1	S:08 ⁰ 14.180'	KURANG

		E:115 ⁰ 08.176'	RAWAN
	2	S:08 ⁰ 14.183' E:115 ⁰ 08.757'	KURANG RAWAN
	3	S:08 ⁰ 14.183' E:115 ⁰ 08.756'	KURANG RAWAN
	4	S:08 ⁰ 14.180' E:115 ⁰ 08.750'	KURANG RAWAN
7	5	S:08 ⁰ 14.178' E:115 ⁰ 08.750'	TIDAK RAWAN
	6	S:08 ⁰ 14.176' E:115 ⁰ 08.746'	CUKUP RAWAN
	7	S:08 ⁰ 14.173' E:115 ⁰ 08.740'	KURANG RAWAN
	8	S:08 ⁰ 14.172' E:115 ⁰ 08.738'	KURANG RAWAN
	9	S:08 ⁰ 14.172' E:115 ⁰ 08.736'	KURANG RAWAN
	10	S:08 ⁰ 14.170' E:115 ⁰ 08.735'	TIDAK RAWAN
	1	S: 08 ⁰ 14'09.6504" E:115 ⁰ 8'45.3098"	CUKUP RAWAN
	2	S: 08 ⁰ 14'09.0152" E:115 ⁰ 8'45.3886"	KURANG RAWAN
	3	S: 08 ⁰ 14'08.7319" E:115 ⁰ 8'45.2942"	CUKUP RAWAN
	4	S: 08 ⁰ 14'08.5839" E:115 ⁰ 8'45.1089"	KURANG RAWAN
8	5	S: 08 ⁰ 14'08.1840" E:115 ⁰ 8'45.0057"	CUKUP RAWAN
	6	S: 08 ⁰ 14'08.1319" E:115 ⁰ 8'45.0159"	KURANG RAWAN
	7	S: 08 ⁰ 14'07.9508" E:115 ⁰ 8'44.8596"	KURANG RAWAN
	8	S: 08 ⁰ 14'07.5300" E:115 ⁰ 8'44.9278"	RAWAN
	9	S: 08 ⁰ 14'06.9999" E:115 ⁰ 8'45.0322"	KURANG RAWAN
	10	S: 08 ⁰ 14'06.6532" E:115 ⁰ 8'44.9613"	KURANG RAWAN
	1	S:08 ⁰ 14.108' E:115 ⁰ 08.788'	KURANG RAWAN
	2	S:08 ⁰ 14.110' E:115 ⁰ 08.789'	KURANG RAWAN
	3	S:08 ⁰ 14.114' E:115 ⁰ 08.790'	CUKUP RAWAN
	4	S:08 ⁰ 14.120' E:115 ⁰ 08.788'	CUKUP RAWAN
9	5	S:08 ⁰ 14.116' E:115 ⁰ 08.788'	CUKUP RAWAN
	6	S:08 ⁰ 14.114' E:115 ⁰ 08.777'	CUKUP RAWAN
	7	S:08 ⁰ 14.111' E:115 ⁰ 08.776'	CUKUP RAWAN
	8	S:08 ⁰ 14.108' E:115 ⁰ 08.775'	CUKUP RAWAN
	9	S:08 ⁰ 14.105' E:115 ⁰ 08.794''	CUKUP RAWAN
	10	S:08 ⁰ 14.102' E:115 ⁰ 08.773'	CUKUP RAWAN
	1	S: 08 ⁰ 14'04.6893" E:115 ⁰ 8'46.7534"	KURANG RAWAN
	2	S: 08 ⁰ 14'04.4450" E:115 ⁰ 8'46.5283"	KURANG RAWAN
	3	S: 08 ⁰ 14'04.1146"	KURANG

		E:115 ⁰ 8'46.3886"	RAWAN
10	4	S: 08 ⁰ 14'03.7889" E:115 ⁰ 8'46.2884"	KURANG RAWAN
	5	S: 08 ⁰ 14'03.6951" E:115 ⁰ 8'46.2347"	CUKUP RAWAN
	6	S: 08 ⁰ 14'03.6045" E:115 ⁰ 8'46.2130"	CUKUP RAWAN
	1	S:08 ⁰ 13.902' E:115 ⁰ 08.893'	KURANG RAWAN
	2	S:08 ⁰ 13.901' E:115 ⁰ 08.897'	CUKUP RAWAN
	3	S:08 ⁰ 13.915' E:115 ⁰ 08.902'	CUKUP RAWAN
	4	S:08 ⁰ 13.918' E:115 ⁰ 08.901'	CUKUP RAWAN
	5	S:08 ⁰ 13.919' E:115 ⁰ 08.906'	KURANG RAWAN
11	6	S:08 ⁰ 13.925' E:115 ⁰ 08.913'	KURANG RAWAN
	7	S:08 ⁰ 13.929' E:115 ⁰ 08.912'	CUKUP RAWAN
	8	S:08 ⁰ 13.934' E:115 ⁰ 08.915'	CUKUP RAWAN
	9	S:08 ⁰ 13.937' E:115 ⁰ 08.916'	CUKUP RAWAN
	10	S:08 ⁰ 13.941' E:115 ⁰ 08.916'	CUKUP RAWAN
	1	S: 08 ⁰ 14'56.7447" E:115 ⁰ 8'51.2889"	CUKUP RAWAN
	2	S: 08 ⁰ 14'56.9031" E:115 ⁰ 8'51.3587"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08 ⁰ 14'57.2140" E:115 ⁰ 8'51.6046"	CUKUP RAWAN
	4	S: 08 ⁰ 14'57.2191" E:115 ⁰ 8'51.5506"	CUKUP RAWAN
12	5	S: 08 ⁰ 14'57.7315" E:115 ⁰ 8'51.7722"	CUKUP RAWAN
	6	S: 08 ⁰ 14'57.6636" E:115 ⁰ 8'52.0705"	KURANG RAWAN
	7	S: 08 ⁰ 14'58.5609" E:115 ⁰ 8'52.2808"	CUKUP RAWAN
	8	S: 08 ⁰ 14'59.1314" E:115 ⁰ 8'51.5977"	CUKUP RAWAN
	1	S:08 ⁰ 14.0.15' E:115 ⁰ 08.771'	CUKUP RAWAN
	2	S:08 ⁰ 14.0.12' E:115 ⁰ 08.769'	CUKUP RAWAN
	3	S:08 ⁰ 14.0.10' E:115 ⁰ 08.769'	CUKUP RAWAN
	4	S:08 ⁰ 14.000' E:115 ⁰ 08.767'	CUKUP RAWAN
	5	S:08 ⁰ 13.999' E:115 ⁰ 08.767'	CUKUP RAWAN
13	6	S:08 ⁰ 13.998' E:115 ⁰ 08.765'	KURANG RAWAN
	7	S:08 ⁰ 13.992' E:115 ⁰ 08.761'	CUKUP RAWAN
	8	S:08 ⁰ 13.985' E:115 ⁰ 08.759'	CUKUP RAWAN
	9	S:08 ⁰ 13.985' E:115 ⁰ 08.757'	KURANG RAWAN
	10	S:08 ⁰ 13.980' E:115 ⁰ 08.757'	KURANG RAWAN
	1	S: 08 ⁰ 14'04.7017"	CUKUP RAWAN

14		E:115°08'50.2329"	
	2	S: 08°14'50.0245" E:115°08'50.4337"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08°14'50.1000" E:115°08'50.7138"	KURANG RAWAN
	4	S: 08°14'50.6140" E:115°08'50.8771"	KURANG RAWAN
	5	S: 08°14'50.9268" E:115°08'51.0998"	KURANG RAWAN
	6	S: 08°14'51.2958" E:115°08'51.4640"	KURANG RAWAN
	7	S: 08°14'51.3550" E:115°08'51.6432"	CUKUP RAWAN
	8	S: 08°14'51.6125" E:115°08'51.7896"	CUKUP RAWAN
	9	S: 08°14'51.7700" E:115°08'52.3768"	KURANG RAWAN
	10	S: 08°14'51.8005" E:115°08'52.2341"	CUKUP RAWAN
15	1	S:08°12.136' E:115°08.450'	CUKUP RAWAN
	2	S:08°12.138' E:115°08.457'	CUKUP RAWAN
	3	S:08°12.138' E:115°08.462'	CUKUP RAWAN
	4	S:08°12.142' E:115°08.466'	CUKUP RAWAN
	5	S:08°12.144' E:115°08.649'	CUKUP RAWAN
	6	S:08°12.146' E:115°08.472'	CUKUP RAWAN
	7	S:08°12.168' E:115°08.474'	CUKUP RAWAN
	8	S:08°12.158' E:115°08.475'	CUKUP RAWAN
	9	S:08°12.158' E:115°08.475'	CUKUP RAWAN
	10	S:08°12.166' E:115°08.480'	CUKUP RAWAN
16	1	S: 08°14'42.2836" E:115°08'57.5961"	CUKUP RAWAN
	2	S: 08°14'42.1423" E:115°08'57.1957"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08°14'42.8410" E:115°08'57.2624"	CUKUP RAWAN
17	1	S: 08°14'26.1401" E:115°08'48.8926"	KURANG RAWAN
	2	S: 08°14'26.3666" E:115°08'49.2072"	KURANG RAWAN
	3	S: 08°14'26.0787" E:115°08'49.3143"	KURANG RAWAN
	4	S: 08°14'26.2928" E:115°08'49.5509"	CUKUP RAWAN
	5	S: 08°14'25.9814" E:115°08'49.6227"	RAWAN
18	1	S: 08°14'25.9454" E:115°08'49.6583"	CUKUP RAWAN
	2	S: 08°14'25.6317" E:115°08'49.6819"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08°14'25.4926" E:115°08'49.8177"	RAWAN
	4	S: 08°14'25.2223" E:115°08'49.8494"	RAWAN
5	S: 08°14'25.0769"	CUKUP RAWAN	

19		E:115°08'49.7531"	
	6	S: 08°14'25.1264" E:115°08'49.5699"	KURANG RAWAN
	7	S: 08°14'24.8387" E:115°08'49.9619"	RAWAN
	8	S: 08°14'24.8387" E:115°08'49.6161"	CUKUP RAWAN
	9	S: 08°14'24.1156" E:115°08'49.4854"	CUKUP RAWAN
	10	S: 08°14'23.9612" E:115°08'50.1503"	CUKUP RAWAN
	1	S: 08°14'24.2526" E:115°08'53.3801"	CUKUP RAWAN
	2	S: 08°14'24.4698" E:115°08'53.3746"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08°14'24.5656" E:115°08'53.5657"	CUKUP RAWAN
	1	S: 08°14'24.6394" E:115°08'59.4066"	RAWAN
20	2	S: 08°14'24.5801" E:115°08'58.8973"	RAWAN
	3	S: 08°14'24.6167" E:115°08'58.7983"	RAWAN
	4	S: 08°14'24.5546" E:115°08'58.4914"	CUKUP RAWAN
	5	S: 08°14'24.7400" E:115°08'58.3879"	CUKUP RAWAN
	6	S: 08°14'25.0594" E:115°08'58.1266"	CUKUP RAWAN
	7	S: 08°14'24.8158" E:115°08'58.1366"	CUKUP RAWAN
	8	S: 08°14'24.3628" E:115°08'57.9226"	RAWAN
	9	S: 08°14'24.2934" E:115°08'57.6127"	CUKUP RAWAN
	10	S: 08°14'24.3352" E:115°08'57.1598"	CUKUP RAWAN
	1	S: 08°14'23.8200" E:115°08'55.3925"	CUKUP RAWAN
21	2	S: 08°14'23.3799" E:115°08'55.2111"	RAWAN
	3	S: 08°14'23.1089" E:115°08'55.2111"	CUKUP RAWAN
	4	S: 08°14'23.9906" E:115°08'54.4130"	CUKUP RAWAN
	5	S: 08°14'22.9503" E:115°08'54.0258"	RAWAN
	6	S: 08°14'22.4773" E:115°08'54.5697"	CUKUP RAWAN
	7	S: 08°14'22.1376" E:115°08'54.4423"	CUKUP RAWAN
	8	S: 08°14'21.8758" E:115°08'53.9640"	CUKUP RAWAN
	9	S: 08°14'21.7283" E:115°08'54.1849"	CUKUP RAWAN
	10	S: 08°14'21.0048" E:115°08'53.8213"	CUKUP RAWAN
	1	S: 08°14'21.2709" E:115°08'52.7081"	CUKUP RAWAN
18	2	S: 08°14'21.6148" E:115°08'52.4667"	CUKUP RAWAN
	3	S: 08°14'20.6148" E:115°08'25.4667"	CUKUP RAWAN
	4	S: 08°14'20.2422"	KURANG

22	5	E:115°08'25.4196" S: 08°14'19.7083" E:115°08'52.1007"	RAWAN KURANG RAWAN
	6	S: 08°14'20.8692" E:115°08'52.0406"	KURANG RAWAN
	7	S: 08°14'21.4001" E:115°08'52.1333"	KURANG RAWAN
	8	S: 08°14'20.2414" E:115°08'51.4395"	KURANG RAWAN
	9	S: 08°14'19.9269" E:115°08'50.8780"	KURANG RAWAN
	10	S: 08°14'20.2634" E:115°08'50.7380"	KURANG RAWAN
	1	S:08°12.262' E:115°08.494'	CUKUP RAWAN
	2	S:08°12.267' E:115°08.495"	RAWAN
	3	S:08°12.270' E:115°08.492'	CUKUP RAWAN
	4	S:08°12.276' E:115°08.491'	CUKUP RAWAN
23	5	S:08°12.282' E:115°08.490'	CUKUP RAWAN
	6	S:08°12.286' E:115°08.490'	KURANG RAWAN
	7	S:08°12.293' E:115°08.489'	KURANG RAWAN
	8	S:08°12.289' E:115°08.487'	KURANG RAWAN
	9	S:08°12.298' E:115°08.489'	KURANG RAWAN
	10	S:08°12.299' E:115°08.488'	KURANG RAWAN
	1	S:08°12.567' E:115°08.641'	KURANG RAWAN
	2	S:08°12.556' E:115°08.636'	CUKUP RAWAN
	3	S:08°12.556' E:115°08.635'	KURANG RAWAN
	4	S:08°12.549' E:115°08.635'	KURANG RAWAN
24	5	S:08°12.545' E:115°08.636'	TIDAK RAWAN
	6	S:08°12.543' E:115°08.634'	TIDAK RAWAN
	7	S:08°12.540' E:115°08.630'	KURANG RAWAN
	8	S:08°12.538' E:115°08.628'	KURANG RAWAN
	9	S:08°12.535' E:115°08.525'	KURANG RAWAN
	10	S:08°12.530' E:115°08.623'	KURANG RAWAN
	1	S:08°12.832' E:115°08.615'	CUKUP RAWAN
	2	S:08°12.834' E:115°08.613'	CUKUP RAWAN
	3	S:08°12.838' E:115°08.612'	CUKUP RAWAN
	4	S:08°12.843' E:115°08.609'	CUKUP RAWAN
25	5	S:08°12.848' E:115°08.608'	TIDAK RAWAN
	6	S:08°12.850'	TIDAK RAWAN

	7	E:115°08.609' S:08°12.852' E:115°08.612'	CUKUP RAWAN	
	8	S:08°12.855' E:115°08.615'	CUKUP RAWAN	
	9	S:08°12.858' E:115°08.617'	TIDAK RAWAN	
	10	S:08°12.860' E:115°08.620'	KURANG RAWAN	
	1	S:08°13.244' E:115°08.690'	KURANG RAWAN	
	2	S:08°13.246' E:115°08.691'	KURANG RAWAN	
	3	S:08°13.248' E:115°08.694'	KURANG RAWAN	
	4	S:08°13.249' E:115°08.696'	KURANG RAWAN	
	26	5	S:08°13.251' E:115°08.699'	KURANG RAWAN
		6	S:08°13.253' E:115°08.701'	KURANG RAWAN
7		S:08°13.255' E:115°08.703'	KURANG RAWAN	
8		S:08°13.259' E:115°08.709'	KURANG RAWAN	
9		S:08°13.263' E:115°08.712'	KURANG RAWAN	
10		S:08°13.269' E:115°08.717'	CUKUP RAWAN	
1		S:08°13.275' E:115°08.723'	CUKUP RAWAN	
2		S:08°13.277' E:115°08.725'	CUKUP RAWAN	
3		S:08°13.279' E:115°08.726'	KURANG RAWAN	
4		S:08°13.281' E:115°08.230'	KURANG RAWAN	
27	5	S:08°13.283' E:115°08.733'	KURANG RAWAN	
	6	S:08°13.286' E:115°08.739'	TIDAK RAWAN	
	7	S:08°13.289' E:115°08.742'	KURANG RAWAN	
	8	S:08°13.291' E:115°08.746'	TIDAK RAWAN	
	9	S:08°13.293' E:115°08.750'	KURANG RAWAN	
	10	S:08°13.296' E:115°08.752'	KURANG RAWAN	
	1	S:08°13.301' E:115°08.759'	CUKUP RAWAN	
	2	S:08°13.305' E:115°08.762'	CUKUP RAWAN	
	3	S:08°13.307' E:115°08.763'	KURANG RAWAN	
	4	S:08°13.310' E:115°08.769'	CUKUP RAWAN	
28	5	S:08°13.312' E:115°08.771'	CUKUP RAWAN	
	6	S:08°13.313' E:115°08.774'	RAWAN	
	7	S:08°13.315' E:115°08.776'	RAWAN	
	8	S:08°13.319'	RAWAN	

	E:115°08.779'	
9	S:08°13.322'	CUKUP RAWAN
	E:115°08.781'	
10	S:08°13.323'	CUKUP RAWAN
	E:115°08.782'	
1	S:08°13.325'	CUKUP RAWAN
	E:115°08.743'	
2	S:08°13.327'	CUKUP RAWAN
	E:115°08.796'	
3	S:08°13.329'	KURANG RAWAN
	E:115°08.799'	
4	S:08°13.332'	KURANG RAWAN
	E:115°08.804'	

29	5	S:08°13.339'	CUKUP RAWAN
		E:115°08.810'	
	6	S:08°13.341'	CUKUP RAWAN
		E:115°08.813'	
	7	S:08°13.344'	CUKUP RAWAN
		E:115°08.817'	
	8	S:08°13.348'	CUKUP RAWAN
		E:115°08.820'	
	9	S:08°13.352'	CUKUP RAWAN
		E:115°08.825'	
	10	S:08°13.355'	CUKUP RAWAN
		E:115°08.831'	

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kawasan lintasan Singaraja-Bedugul memiliki persentase *crown cover* yang baik, yaitu dengan tajuk yang menutupi lebih dari 50% area vegetasi. Hal ini dikarenakan bahwa jenis tumbuhan tersebut memiliki arsitektur pohon model Rauh (Wijana, 2016), dengan batang bercabang, poliaksial, orthotropic, percabangan monopodial dengan perbungaan lateral dan mempunyai batang pokok yang mengalami pertumbuhan secara ritmik. Dengan jenis arsitektur tersebut, tanaman memiliki susunan ranting yang melebar dengan daun rapat, sehingga area yang ternaungi oleh tanaman semakin luas.

Data penelitian stratifikasi vegetasi menunjukkan bahwa strata vegetasi tumbuhan yang berada di kawasan lintasan Singaraja-Gitgit tergolong dalam kualitas sedang dengan susunan strata bervariasi mulai dari strata 1 sampai strata 3, dengan susunan tajuk bervariasi yaitu kontinyu secara vertikal, kontinyu secara horizontal, dan diskontinyu, yang masing-masing berdiri sendiri-sendiri. Jumlah strata yang tergolong sedang tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor antara lain yaitu; (1) faktor alam yaitu adanya kompetisi antar tumbuhan dalam memperoleh air dan cahaya matahari, dan (2) karena adanya

regenerasi kedua, sehingga hanya terdapat 2 strata.

Kondisi stratifikasi suatu vegetasi dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain umur tanaman, intensitas cahaya matahari, dan pengaruh keberadaan tanaman lain yang dapat menghalangi pertumbuhan suatu tanaman. Hal ini sejalan dengan Vickery (1984) dalam Indriyanto (2006) yang menyatakan bahwa stratifikasi terjadi karena dua hal penting yang dimiliki atau dialami oleh tumbuhan dalam persekutuan hidupnya dengan tumbuhan lainnya, yaitu akibat persaingan antar tumbuhan dan akibat sifat toleransi spesies pohon terhadap intensitas radiasi matahari. Spesies pohon yang intoleran mendapat kesempatan ruang tumbuh dengan radiasi matahari yang penuh, membuat pohon tersebut akan tumbuh cepat dan lebih tinggi dibandingkan pohon lainnya.

Stratifikasi suatu vegetasi berperan penting dalam menentukan kualitas lingkungan. Semakin banyak lapisan tajuk yang menyusun suatu vegetasi dengan susunan tajuk yang kontinyu baik secara vertikal maupun horizontal, maka akan semakin baik kualitas lingkungannya. Hal ini disebabkan karena lapisan strata yang dibentuk oleh tajuk tanaman membantu mengurangi energi kinetis yang dihasilkan oleh air hujan. Dengan susunan tajuk yang

bertingkat, energi kinetis yang dihasilkan oleh air hujan akan banyak berkurang, sehingga ketika air sampai di tanah, tumbukan yang dihasilkan tidak terlalu keras sehingga tidak sampai memecah partikel-partikel tanah. Hal ini akan membantu mengurangi terjadinya erosi.

Pada lokasi penelitian, masih ditemukan susunan tajuk yang diskontinyu, sehingga walaupun tajuk tersusun atas 2 strata namun susunannya diskontinyu, masih berpeluang menimbulkan erosi karena tidak semua air hujan mampu bertahan. Hal ini akan mengganggu stabilitas kehidupan di bawahnya. Kondisi inilah yang menyebabkan kualitas lingkungan di kawasan jalur Singaraja-Bedugul tergolong ke dalam kategori buruk, karena peran stratifikasi dalam menjaga stabilitas lingkungan belum maksimal. Namun secara keseluruhan kualitas stratifikasi tergolong ke dalam kualitas baik.

Data tekstur tanah pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa tekstur tanah di kawasan lintasan Singaraja-Bedugul didominasi oleh lempung. Tekstur tanah berperan penting dalam menentukan kualitas lingkungan karena berhubungannya dalam menjaga kestabilan lahan, dan sebagai penyedia nutrisi tanaman yang hidup di atasnya. Tanah yang baik, yaitu komposisi antara pasir, lempung, liat dalam keadaan seimbang, sehingga tekstur tanah yang dihasilkan tidak terlalu rapat, atau tidak terlalu renggang. Pada tanah pasir, ikatan antar partikelnya sangat renggang sehingga apabila terkena air hujan, ikatan antar partikelnya mudah terlepas. Hal ini menyebabkan terjadinya erosi karena partikel-partikel tanah mudah hanyut terbawa air hujan. Jenis tanah lempung dan

liat lebih tahan terhadap resiko erosi karena partikel yang menyusun kedua jenis tanah tersebut, susunannya rapat dan tidak mudah terurai. Tanah bertekstur halus memiliki kemampuan menahan air yang tinggi sehingga mendorong aliran permukaan dan menyebabkan genangan pada cekungan (Purwowidodo, 2003).

Data penelitian terkait dengan kemiringan lahan, menunjukkan bahwa secara umum, kondisi lahan pada kedua stasiun di domiasi oleh kondisi lahan yang agak curam. Kemiringan lahan pada kedua stasiun disebabkan karena lokasi penelitian masih terdapat dalam area perbukitan dengan ketinggian di atas 1.240 m dpl, sehingga kemiringan lahan pada kawasan tersebut cenderung agak curam. Penetapan kualitas lingkungan berbasis kemiringan lahan di dasarkan atas banyaknya daya kemampuan lahan yang dimanfaatkan. Hockensmith dan Stelle (1943) dalam Wijana (2016) menyatakan semakin besar kelerengan suatu lahan, maka kemampuan lahannya akan semakin terbatas. Kemudian, Wijana (2016) menambahkan bahwa lahan dengan kemiringan $< 3\%$ memiliki sedikit faktor penghambat, drainase baik, dan resiko erosi kecil sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pemukiman, dan lahan pertanian. Lahan dengan kemiringan 3-8% memiliki tingkat erosi sedang, sehingga banyak dimanfaatkan untuk penanaman tanaman semusim, dan penggembalaan.

Lahan dengan kemiringan 8-15% dengan tingkat erosi tidak terlalu tinggi banyak dimanfaatkan untuk suaka marga satwa. Lahan dengan kemiringan 15-30% tingkat erosi cukup tinggi dan drainase buruk, sehingga dimanfaatkan sebagai cagar alam dan hutan lindung. Lahan dengan kelerengan lebih dari 30%

memiliki tingkat kerawanan yang tinggi, baik dari resiko erosi, drainase, dan kedalaman tanah yang dangkal sehingga tidak dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan pemukiman. Penggunaan hanya terbatas pada hutan lindung dan cagar alam saja. Hutan di kawasan penelitian ini, memiliki rata-rata kemiringan lahan sebesar 28,03%, yang tergolong dalam kategori agak curam sehingga pemanfaatannya hanya terbatas pada cagar alam, sedangkan hutan lindung tidak dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan pemukiman. Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas lingkungan berdasarkan kemiringan lahan tergolong ke dalam kualitas Sedang. Dengan demikian, dari empat parameter yang diteliti, parameter yang (diskontinyu), *crown cover* (diskontinyu), tekstur tanah (menimbulkan genangan air), dan kemiringan lahan (curam).

PENUTUP

Dari uraian di atas, ada beberapa simpulan yang dapat disampaikan yaitu: (1) Jumlah titik-titik rawan erosi yang ada di sepanjang jalur lintasan Bedugul-Singaraja, dari 265 stasiun yang dikaji, ada sebanyak 8 kuadrat (lokasi) (3,1%) yang termasuk ke dalam kategori sangat rawan erosi, 31 lokasi (11,69%) rawan erosi, 123 lokasi (46,41%) cukup rawan erosi, 89 lokasi (33,58%) kurang rawan erosi, dan tidak rawan erosi sebanyak 14 lokasi (6,28%). Berdasarkan hal tersebut, ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan (1) kepada pemakai jalan untuk lintasan Singaraja-Bedugul agar lebih hati-hati terutama di saat musim hujan; (2) Agar pemerintah dapat mengantisipasi kondisi lapangan sepanjang Singaraja Bedugul yang rawan erosi; dan (3) Perlu dilakukan revegetasi sepanjang lintasan Singaraja-Bedugul untuk meningkatkan kualitas stratifikasi vegetasi, *crown cover*, dan meminimalisasi erosi permukaan dan erosi besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhasanah, Fauziah. 2006. Pemetaan dan Analisa daerah rawan tanah longsor serta upaya mitigasinya menggunakan SIG. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
Bali Post. Terbitan tanggal 12 november 2012
- Barbour, M. G; J. H. Burk and W. D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. Inc. California : The Benjamin/ cummings Publishing Company.
- Cox, G.W. 1976. *Laboratory Manual of General Ecology*. WM. C. Brown Company Publisher, USA.
- Irwanto. 2007. Analisis Vegetasi untuk Pengelolaan Kawasan Hutan Lindung Pulau Marsegu, Kabupaten Seram Barat, Provinsi Maluku. *Thesis*. Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Tersedia pada <http://www.irwantoshut.com>. (Diakses tanggal 6 Maret 2011).

- Mueller-Dombois, D., H. Ellenberg.
1974. *Aims and Methods of
Vegetation Ecology*.
Sanfransisco : W. H.
Freeman and Company.
- Nurkencana, Wayan. 2004. Evaluasi
Pendidikan. Surabaya :
Penebar Ilmu.
- Purwowidodo. 2003. Panduan
Praktikum Ilmu Tanah
Hutan : Menenal Tanah.
Laboratorium Pengaruh.
Jakarta.
- Setiawan, IGAN dan Nyoman Wijana. 2016.
Penentuan Titik Rawan
Erosi Sepanjang Lintasan
Wisata Singaraja-Bedugul
Melalui Analisis
Stratifikasi, *Crown Cover*,
tekstur Tanah, dan
Kemiringan Lahan. Laporan
Penelitian. Tidak
Diterbitkan.
- Surya Negara dan Indrawan. Ekologi Hutan.
Surabaya : Penebar Ilmu.
- Wijana, Nyoman. 2014.
Metode Analisis
Vegetasi. Yogyakarta: Plantxia.
- Wijana, Nyoman. 2016. Pengelolaan
Lingkungan Hidup (Aspek
Kearifan Lokal, Ergonomi,
Ergologi, dan Regulasi).
Yogyakarta: Plantxia.

UPAYA PENGELOLAAN DAN PEMANTAUAN LINGKUNGAN HIDUP PADA PEMBUDIDAYAAN UDANG DI LAUT LEPAS DESA SANGSIT KECAMATAN SAWAN KABUPATEN BULELENG

Nyoman Wijana

Staf Dosen Jurusan Pendidikan Biologi FMIPA Undiksha Singaraja
Email: nyoman wijana_1960@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup pada pembudidayaan udang di laut lepas di desa Sangsit, Kecamatan Sawan Kabupaten Buleleng. Populasi penelitian ini adalah seluruh komponen ABC Environmen di tapak proyek dan ekologis pembudidayaan udang. Sampel penelitian ini adalah komponen culture masyarakat Desa Sangsit, Kepala Dinas Lingkungan Hidup, dan Kepala Dinas perikanan Kabupaten Buleleng. Total seluruhnya adalah sebanyak 23 orang. Data diambil dengan menggunakan metode observasi, wawancara, dan kuesioner. Data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan (1) Kerusakan lingkungan yang berpotensi ditimbulkan oleh usaha pembudidayaan udang di laut lepas mencakup kerusakan komponen abiotik, biotik, dan culture. (2) Upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup yang dapat dilakukan adalah dengan mengikuti dokumen UKL-UPL yang telah disusun dan disetujui oleh instansi terkait.

Kata Kunci: Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup, Pembudidayaan Udang, Laut Lepas, Desa sangsit

Di laut lepas Desa Sangsit Kecamatan Sawan Kabupaten Buleleng telah dilakukan usaha pembudidayaan udang terpadu dengan sistem kurungan laut. Pembudidayaan ini dilaksanakan di laut lepas pada kedalaman 30-40m di bawah permukaan laut. Sistem budidaya udang seperti ini menggunakan teknologi *aquapod* yang termmodern. Teknologi ini baru diterapkan oleh dua Negara yaitu Mexico dan Indonesia. Khusus untuk di Indonesia, laut lepas yang dipilih adalah laut lepas Desa Sangsit Kecamatan Sawan Kabupaten Buleleng.

Penggunaan teknologi pembudidayaan udang terpadu dengan sistem kurungan di laut lepas ini, memiliki beberapa keuntungan di antaranya : (1) tidak merusak vegetasi hutan mangrove, (2) udang yang dipanen adalah udang yang dibudidayakan semata dan tidak menangkap jenis biota lainnya, (3) mengurangi penggunaan energi listrik, (4) pemeliharaan udang berlangsung secara alami, sesuai dengan habitat aslinya (5) posisi kedalaman untuk menempatkan instrumen ini dapat disesuaikan dengan kondisi setempat, dan (6) udang yang dipanen lebih higienis dan mudah dibersihkan

(PT. TOP, 2011). Dengan mempertimbangkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki teknologi pembudidayaan udang terpadu dengan sistem kurungan di laut lepas tersebut, maka salah satu perusahaan swasta yang bergerak di bidang pembudidayaan udang melakukan investasi dengan menggunakan teknologi tersebut. Penerapan teknologi sistem kurungan di laut lepas ini satu-satunya di Indonesia.

Sebagai dasar pertimbangan untuk melakukan pembudidayaan udang di Desa Sangsit adalah : (1) Letak geografis Desa Sangsit yang strategis, (2) Merupakan area dengan laut dalam, (3) Mendukung kegiatan logistik, (4) Bukan merupakan area hutan lindung atau konservasi alam, (5) Perusahaan ini ingin memperkenalkan Desa Sangsit Kecamatan Sawan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali sebagai penghasil udang dengan kualitas terbaik dan tidak merusak lingkungan (PT. TOP, 2011).

Berdasarkan pertimbangan tersebut, untuk tahun 2012 telah dikembangkan budidaya udang dengan sistem kurungan di laut lepas dengan luas area laut lepas seluas 4,5 Ha. Kegiatan tahap pertama ini sebagai *pilot*

project sebelum dikembangkan lebih lanjut pada tahun-tahun berikutnya yang rencana pengembangannya mencapai 100 hektar di tahun 2015. Rincian pengembangannya dapat disampaikan bahwa untuk tahun 2012 dilakukan *pilot project* dengan luas area 4,5 Ha, dan tahun 2013 akan dikembangkan seluas 30 Ha, dan ini akan terus dikembangkan sampai tahun 2015 mencapai area seluas 100 Ha (PT. TOP, 2011). Sebagaimana sudah disampaikan di depan, bahwa teknologi pembudidayaan udang terpadu dengan sistem kurungan laut yang digunakan oleh investor ini termasuk ke dalam kategori teknologi termmodern dan ramah lingkungan. Namun di satu sisi, sesuai dengan azas dasar ilmu lingkungan dan kaidah-kaidah dalam analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) bahwa di dalam pemanfaatan sumber daya alam untuk keperluan suatu usaha atau kegiatan, akan selalu terjadi perubahan atau

menimbulkan dampak potensial terhadap lingkungan itu sendiri, di mana dampak potensial itu dapat bersifat positif dan dapat bersifat negatif. Hal ini memberikan indikasi bahwa agar kondisi air laut (sebagai batas proyek), air sungai dan vegetasi pantai (sebagai batas ekologis) dan *culture* (sebagai batas sosial) tetap dalam kondisi tidak tercemar atau dampak potensial negatif yang terjadi dapat ditekan seminimal mungkin, maka diperlukan kajian ilmiah yang mendalam dan independen. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup yang dapat dilaksanakan untuk mengantisipasi terjadinya dampak potensial terhadap lingkungan hidup (Wijana, 2014a, 2014b, 2016).

METODE PENELITIAN

Ringkasan metode penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Data dianalisis secara deskriptif.

Tabel 1. Rekapitulasi Populasi dan Sampel Penelitian

N o	INDIKATOR	Populasi	JENIS SAMPEL	LOKASI SAMPEL	UKURAN/BESARNYA SAMPEL	JUMLAH SAMPEL
1	Dokumen UKL-UPL	Data Penlt Tahun I Pemrakar sa Dinas Lingkungan Hidup Dinas Perk & Kelautan	Abiotik, Biotik, <i>Culture</i>	Desa Sangsit Pemda Buleleng	Pemrakarsa = 1 orang Dinas Lingkungan Hidup = 1 orang. Dinas Kelautan = 1 orang Masyarakat 20 orang	23 orang

Rona Lingkungan Awal di Sekitar Usaha Pembudidayaan Udang

Berikut ini akan disajikan hasil dan analisis data tentang kondisi awal lingkungan sekitar usaha pembudidayaan udang meliputi komponen Abiotik, Biotik dan *culture* yang diperkirakan akan terkena dampak dari usaha pembudidayaan udang dengan sistem kurungan di laut lepas Desa Sangsit, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng.

Komponen Abiotik

Berikut akan disajikan hasil dan analisis data rona lingkungan awal di sekitar

usaha pembudidayaan udang pada komponen abiotik meliputi data kualitas air laut dan kualitas air sungai.

Kualitas Air Laut

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada tahap awal penelitian ini yaitu pada tahun 2015 didapatkan data hasil pengukuran kualitas air laut menggunakan *Water Quality Checker*, dapat disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Air Laut di Desa Sangsit

No	Parameter	Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut	Lokasi Proyek
1	pH	7-8,5	8,0
2	Salinitas	Coral: 33-34%; Mangrove s/d 34%; Lamun:33-34%	2,9%
3	Suhu Air	Coral: 28-30 °C, Mangrove:28-32 °C; Lamun: 28-30 °C	29,5°C
4	Konduktivitas	-	46,2
5	Turbiditas	<5 NTU	10 NTU
6	COD	Mg/l	-
7	DO	>5 mg/l	0,097 mg/l
8	BOD		0,0
9	Ammonia	0,3 mg/l	<0,0011 mg/l
10	Nitrat	0,008 mg/l	0,0409 mg/l
11	Phospat	0,015 mg/l	0,0164 mg/l
12	Bau	Alami	Tidak Berbau
13	Rasa	Alami	Asin
14	Warna	Alami	Biru
15	Sianida (CN)	0,5 mg/l	-
16	Sulfida (H ₂ S)	0,01 mg/l	-
17	Senyawa Fenol Total	0,002 mg/l	-
18	PCB Total	0,01 µg/l	-
19	Surfaktan (deterjen)	1 Mg/l MBAS	-
20	Minyak dan Lemak	1 mg/l	-
21	Pestisida	0,01 µg/l	-
22	TBT (Tributil Tin)	0,01 µg/l	-
23	Raksa (Hg)	0,001 mg/l	-
24	Kromium Heksavalen (Cr(VI))	0,005 mg/l	-
25	Arsen (As)	0,012 mg/l	-
26	Kadmium (Cd)	0,001 mg/l	-
27	Tembaga (Cu)	0,008 mg/l	-
28	Timbal (Pb)	0,008 mg/l	-
29	Seng (Zn)	0,05 mg/l	-
30	Nikle (Ni)	0,05 mg/l	-
31	Colliform (total)	1000 MPN/100 ml	-
32	Patogen	0 sel/100ml	-
33	Plankton	Tidak bloom	Lihat Tabel

(Sumber: Artawan dan Wijana, 2015)

Berdasarkan data Tabel 2 di atas tampak bahwa terdapat beberapa parameter seperti salinitas, turbiditas, DO, dan ammonia tidak sesuai dengan baku mutu air laut karena baku mutu air laut di lokasi proyek tidak sesuai dengan standar baku mutu air laut untuk biota laut, tetapi parameter yang lain sangat sesuai

dengan baku mutu air laut yaitu, pH, suhu, konduktivitas, kandungan nitrat, kandungan phospat, bau, rasa, dan warna.

Berikut ini merupakan data pengukuran faktor klimatik kawasan laut di sekitar keramba udang, yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Klimatik Kawasan Laut

Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan Udara (mph)	GPS	Waktu
I	30,2	69	9	115°07'374" BT 08°04'554" LS	17.20.32
II	30,2	69	10	115°07'331" BT 08°04'578" LS	17.21.55

III	29,8	74	6	115°07'199" BT	17.31.00
				08°04'611" LS	

(Sumber: Artawan dan Wijana, 2015)

Dari data pada Tabel 3 pada lokasi 1 memiliki suhu sebesar 30,2°C dan kelembaban 69%. Pada lokasi 2 memiliki suhu sebesar 30,2 °C dan kelembabanya sebesar 69%. Pada lokasi 3 suhu yang dimiliki sebesar 29,8 °C.

1. Komponen Biotik

Berikut akan disajikan hasil dan analisis data rona lingkungan awal di sekitar tempat pembudidayaan udang pada komponen biotik meliputi data keanekaragaman plankton

air laut, keanekaragaman plankton air sungai dan struktur vegetasi pantai di kawasan usaha pembudidayaan udang.

a. Keanekaragaman Plankton Air Laut

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada tahap awal penelitian ini yaitu pada tahun 2015 didapatkan data hasil keanekaragaman plankton air laut, dapat disajikan dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Komposisi Spesies Plankton Air Laut

No.	Nama Spesies	Jumlah
Fitoplankton		
1	<i>Euglena aeus</i>	55
2	<i>Gomphonema acuminatum</i>	12
3	<i>Hitzschia brebissonii</i>	79
4	<i>Cypridina noctiluca</i>	34
5	<i>Sapphirina sp.</i>	37
6	<i>Halocypria globosa</i>	10
7	<i>Sipunculus nudus</i>	29
8	<i>Panilia schmackeri</i>	46
Zooplankton		
9	<i>Creseis virgula</i>	60
10	<i>Conchoecia daphnoidea</i>	40
11	<i>Pelomyxa paluatriis</i>	35
12	<i>Astramoeba radiosa</i>	60
13	<i>Calanus sp.</i>	56
14	<i>Rhizophysa filiformis</i>	33
15	<i>Cavolinia globosa</i>	39
16	<i>Muggiaea kochi</i>	43
17	<i>Sulculeoria turgida</i>	44
18	<i>Nodilittorina granulata</i>	13
19	<i>Polydora ciliata</i>	16
20	<i>Autolytus prolifer</i>	18
TOTAL		759

(Sumber: Artawan dan Wijana, 2015)

Dari data pada Tabel 4 didapatkan jumlah total keseluruhan keseluruhan spesies yaitu sebanyak 20 spesies dan jumlah spesies plankton yang terdapat di air laut yaitu 759

individu. Spesies plankton dengan jumlah individu terbanyak yaitu *Astramoeba radiosa* dan *Creseis virgule* dengan jumlah individu 60. Sedangkan spesies dengan jumlah individu

paling kecil yaitu *Halocypria globosa* dengan jumlah individu 10. Data keanekaragaman plankton pada masing masing stasiun yaitu pada stasiun 1 sebesar 0.913178, stasiun 2 sebesar 0.918066, stasiun 3 sebesar 0.874373, dan stasiun 4 sebesar 0.89694.

Sumber Dampak, Jenis Dampak, dan Deskripsi Dampak yang Diprediksi Akan Timbul Dalam Tahap Pembangunan Pembudidayaan Udang

Berdasarkan hasil wawancara dan studi dokumentasi yang dilakukan, ditemukan beberapa sumber dampak, jenis dampak, dan deskripsi dampak pada masing-masing tahapan kegiatan pembangunan pembudidayaan udang. Data ini didapatkan dari dokumen Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan PT. Tropical Ocean Prawn yang disusun pada tahun 2011, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sumber Dampak, Jenis Dampak, dan Deskripsi Dampak pada Masing-Masing Tahapan Kegiatan Pembangunan Pembudidayaan Udang

Tahapan Kegiatan	Sumber Dampak	Komponen yang terkena Dampak	Jenis Dampak	Deskripsi Dampak
Operasi	Pemeliharaan (Pemberian Pakan)	Komponen Abiotik	Terjadinya penambahan nutrisi baru ke dalam ekosistem laut dan sumber polutan bagi ekosistem laut	Pemberian pakan harus sesuai dengan jadwal, jumlah, dan jenis pakan, jika tidak makan lingkungan disekitar kurungan laut akan menjadi lebih subur dan lebih jauh lagi dapat diprediksi bahwa terjadi pencemaran terhadap lingkungan akibat residu pakan yang berlebihan. Pencemaran itu dapat mempengaruhi kualitas parameter lingkungan seperti amonia, nitrat, pospat, pH, konduktivitas, turbiditas, DO, COD, BOD, dan lain-lain, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1
		Komponen Biotik	Terjadinya dampak negatif berupa <i>booming</i> dan dampak positif yang terjadi adalah banyaknya biota laut yang bernilai ekonomi seperti ikan ditemukan ditempat yang subur ini.	Dampak negatif berupa <i>booming</i> yang dapat muncul lebih jauh adalah eutropikasi akan mulai berlangsung. Dampak positifnya adalah dengan banyaknya ikan yang berada disekitar kurungan laut akan mengundang nelayan untuk memancing didaerah tapak proyek dan sekitarnya
		Komponen Culture	Pemberian pakan yang sesuai dengan jadwal, jumlah, dan jenis pakannya oleh pekerja.	Kecelakaan kerja dan kualitas udang yang kurang bagus
	Pemeliharaan (Menjaga kesehatan udang)	Komponen Abiotik	Pencemaran lingkungan di luar kurungan dan residu obat yang diperuntukan bagi kesehatan udang	Pengaruh pada parameter lingkungan seperti amonia, pospat, nitrat, pH, konduktivitas, turbiditas, DO, BOD, COD, dan lain-lain, lihat pada Tabel 4.1

		Komponen Biotik	Pemeliharaan dengan memperhatikan 3J, yaitu jenis obat yang akan digunakan, jumlah atau dosis obat yang diberikan, dan jadwal pemberian obat, vitamin, dan sejenisnya	Kualitas udang yang dihasilkan akan menurun, udang yang dibudidayakan akan terserang oleh organisme patogenik, biota laut di luar kurungan akan mengalami penularan penyakit yang bersumber dari udang yang telah terkena penyakit, biota laut di luar kurungan udang dapat bermigrasi ke tempat lain, dan kemungkinan besar biota laut dan juga udang yang dibudidayakan akan mengalami kematian
		Komponen <i>Culture</i>	Masalah (Keselamatan Kesehatan Kerja)	K3 dan Pekerjaan ini dilakukan pada kedalaman ± 20-30 meter dibawah permukaan laut yang berpotensi menimbulkan kecelakaan bagi pekerja
Penen udang (Pengkangkutan dari dalam kurungan)	udang	Komponen Biotik	Ikut tertangkapnya atau terperangkapnya biota laut lain	Kematian biota laut yang ikut tertangkap saat pemanenan.
		Komponen <i>Culture</i>	Masalah (Keselamatan Kesehatan Kerja)	K3 dan Jika terjadi kecelakaan kecil (luka ringan) maupun kecelakaan yang mengakibatkan cedera berat maka pihak perusahaan bertanggung jawab atas segala hal yang berkaitan dengan kecelakaan kerja
Penen udang (Pengkangkutan panen dari laut ke darat)	hasil laut ke	Komponen <i>Culture</i>	Penambahan penghasilan nelayan setempat	bagi Penambahan penghasilan nelayan yang ikut bekerja pada saat panen ini khususnya sebagai pengangkut hasil panen dari laut ke darat, karena pihak perusahaan menggunakan tenaga lokal khususnya kelompok buruh dan nelayan
Penen (Pengepakan penen)	udang hasil	Komponen Abiotik	Menimbulkan bau dan menghasilkan limbah cair maupun limbah padat	dan Limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan saat pengepakan seperti pencucian dan udang rusak atau berbagai organisme laut lain yang ikut terpanen dapat berpengaruh terhadap masyarakat sekitar dan jika tidak ditangani dengan baik maka akan mencemari dan mengganggu estetika lingkungan
		Komponen Biotik	Timbulnya bau dan berkembangnya	Adanya limbah yang tidak terbuang secara

			populasi serangga	tidak terkelola maka akan meningkatkan populasi serangga seperti lalat dan nyamuk. Sumber polutan tadi sebagai sumber pakan bagi serangga. Hal ini sesuai dengan azas dalam ilmu lingkungan
		Komponen <i>Culture</i>	Terbukanya lapangan kerja baru	Lapangan kerja baru kan memberikan tambahan penghasilan bagi buruh disekitar pangkalan atau di Desa Sangsit pada umumnya.
Penen udang (Pengangkutan panen dari darat ke tempat tujuan)	Komponen <i>Culture</i>	Memunculkan kemacetan lalu lintas, terganggunya aktiivitas rekreasi warga setempat, dan penambahan penghasilan buruh setempat	Terjadinya kemacetan lalu lintas saat panen diangkut menggunakan mobil, terutama di waktu pagi hari pada perempatan pasar Desa Sangsit, mengingat terdapat pangkalan ojek dan angkutan umum lainnya serta aktivitas perdagangan di tepi jalan. Dampak positif yang diperoleh adalah tambahan penghasilan bagi pekerja bongkar muat dan pemindahan hasil panen	

Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa, diprediksi akan terjadi dampak potensial baik negatif maupun positif pada masing-masing tahapan kegiatan pembangunan pembudidayaan udang yang meliputi tahapan pra kontruksi, kontruksi, operasi, dan pasca operasi terhadap komponen Abiotik, Biotik, dan *culture*. Setelah mengetahui kemungkinan dampak yang ditimbulkan dari tahapan kegiatan tersebut, diharapkan besaran dampak yang akan dihasilkan apabila kegiatan tersebut dilakukan tidak melebihi dari kondisi rona lingkungan awal.

Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup

Berdasarkan hasil wawancara, kuesioner dan studi dokumen, adapun upaya

pengelolaan dan pemantauan lingkungan yang dapat dilakukan dari sumber, jenis, dan deskripsi dampak yang diprediksi akan timbul pada masing-masing tahapan kegiatan pembudidayaan udang di Desa Sangsit, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng. Pada data ini menekankan pada bidang operasi, sebab akan melihat keefektifan dari dokumen Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup setelah beberapa tahun dibuat dan menambahkan hal-hal yang perlu diperhatikan karena dapat menimbulkan dampak potensial khususnya dalam komponen *culture*.

Tabel 6. Upaya Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan pada Tahap Kegiatan Pemeliharaan Udang

Tabapan Kegiatan	Sumber Dampak	Komponen yang terkena Dampak	Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL)	Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL)
Operasi	Pemberian pakan udang	Komponen Abiotik, Biotik, dan <i>Culture</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dalam pemberian pakan udang memperhatikan pola 3J yakni dalam pemberian pakan udang mengikuti jadwal yang telah ditetapkan, jenis pakan yang diberikan hendaknya disesuaikan dengan jenis udang udang yang dibudidayakan, umur dan memperhatikan komposisi kimia pakan, jumlah pemberian pakan hendaknya tetap diperhatikan. 2. Untuk mencegah kecelakaan kerja maka perusahaan harus melengkapi pekerja dengan berbagai kelengkapan kerja (<i>safety instrumen</i>) untuk keperluan kerja di airlaut dengan kondisi ruang kerja yang sangat berpeluang besar mengundang kecelakaan kerja 3. Mencegah timbulnya penyakit Dekompresi, yaitu adanya gelembung-gelembung nitrogen di dalam tubuh dengan melakukan pengecekan kesehatan rutin kepada pekerja. 4. Bentuk jaminan kerja (asuransi kecelakaan) harus disiapkan oleh perusahaan untuk pekerja tetap. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan observasi dan pengambilan sampel air laut untuk uji laboratorium untuk mengukur parameter lingkungan meliputi amonia, pospat, pH, konduktivitas, turbiditas, DO, COD, BOD, dan lain-lainnya, 2. Melakukan observasi dan pengambilan sampel air laut untuk uji laboratorium untuk mengetahui komposisi dan jumlah individu spesies yang selanjutnya secara statistik ekologi dihitung keanekaragaman planktonnya (fitoplankton dan zooplankton), 3. Mengadakan pengecekan kesehatan kepada para pekerja setiap 6 bulan sekali. 4. Mengadakan observasi dan wawancara untuk mengetahui pengelolaan pencegahan dan asuransi kecelakaan kerja.
	Pemeliharaan kesehatan udang	Komponen Abiotik, Biotik, dan <i>Culture</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan 3J dalam pemeliharaan kesehatan udang yaitu jadwal pemeriksaan dan pengobatan, jenis obat yang diberikan disesuaikan dengan penyakit udang yang ada, jumlah atau konsentrasi obat yang diberikan. Untuk itu perusahaan memperkerjakan dokter hewan yang keahliannya pada udang serta teknisi dalam bidang 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan observasi dan wawancara tentang pelaksanaan 3J dalam pemeliharaan udang, 2. Melakukan observasi dan wawancara untuk mengetahui upaya peningkatan nilai jual udang dipasaran, 3. Melakukan observasi dan uji laboratorium sampel air laut untuk mengetahui kualitas air laut, 4. Melakukan observasi dan uji kualitas air laut dan organisme yang ada di luar kurungan berkenaan dengan

		<p>pemeliharaan udang,</p> <p>2. Untuk meningkatkan nilai jual udang dipasaran maka kualitas udang yang diproduksi tetap ditingkatkan dna dipertahankan,</p> <p>3. Agar kualitas lingkungan tetap pada RLA nya maka pengawasan dan pemeriksaan laboratorium senantiasa dilakukan agar diketahui permasalahan yang muncul lebih dini,</p> <p>4. Agar tidak terjadi penularan penyakit ke organisme lain yang ada diluar kurungan perlu dilakukan kajian dan pemeriksaan sampel organisme yang ada di luar kurungan secara periodik agar tidak terjadi penularan wabah penyakit di luar kurungan secara tiba-tiba tanpa diprediksi terlebih dahulu,</p> <p>5. Agar tidak terjadi kecelakaan kerja maka perusahaan dan pekerja hendaknya telah menggunakan instrumen pengamanan kerja. Jaminan asuransi kecelakaan kerja senantiasa tetap dilakukan secara pasti.</p>	<p>penularan penyakit terhadap organisme lain yang ada di luar kurungan,</p> <p>Observasi dan wawancara untuk mengetahui kecelakaan dan asuransi kerja.</p>
Penangkapan udang	Komponen Biotik dan <i>Culture</i>	<p>1. Panen udang dilakukan secara hati-hati, selektif dan terfokus pada penangkapannya pada udang yang dibudidayakan, gunakan alat penangkap secara spesifik. Bila ada biotalaut lain yang tertangkap segera dilepas kembali ke habitatnya,</p> <p>2. Untuk menghindari kecelakaan kerja perusahaan dan pekerja hendaknya telah menggunakan instrumen pengaman kerja. Jaminan asuransi kecelakaan kerja senantiasa tetap dilakukan secara pasti. Penerapan program CSR.</p>	<p>1. Observasi dan identifikasi spesies biota laut yang ikut tertangkap dalam jaring/kurungan saat proses panen.</p> <p>2. Melakukan observasi dan wawancara untuk mengetahui kecelakaan kerja yang terjadi dan asuransi kesehatan dan keselamatan kerja.</p>
Pengangkutan hasil panen dari laut ke	Komponen <i>Culture</i>	<p>Pekerja hendaknya telah menggunakan instrumen</p>	<p>Dengan melakukan observasi dan wawancara berkaitan dengan</p>

darat			pengaman kerja. Jaminan pelaksanaan K3. asuransi kecelakaan kerja senantiasa tetap dilakukan secara pasti.
Pengepakan	Komponen Abiotik, Biotik, dan <i>Culture</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agar bau yang berasal dari hasil panen dapat dikurangi maka dalam pengepakan dilakukan pada saat hasil panen masih segar, Limbah yang bersumber dari hasil panen baik berupa limbah cair maupun limbah padat tidak dibuang pada sembarang tempat sebaiknya ditempatkan pada tempat yang telah disediakan, 3. Agar populasi serangga (lalat, nyamuk, dll) tidak meningkat maka proses pengepakan dilakukan secara cepat dan selama proses pengepakan berlangsung hasil panen diletakan dalam wadah yang tertutup. 4. Untuk menjaga kesehatan pekerja maka para pekerja harus menggunakan perlengkapan keselamatan kerja, 5. Pelaksanaan kegiatan pengepakan ini memanfaatkan tenaga buruh lokal sehingga mereka memperoleh penghasilan tambahan, 6. Upaya pengepakan dilakukan mulai jam 09.00-17.00 WITA dan malam hari jam 19.00-21.00 WITA. 7. Hasil panen yang dapat di distribusikan/ dijual kepada masyarakat sekitar Desa Sangsit untuk dijadikan menu olahan agar dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan dapat dijadikan sebagai icon daerah khususnya Desa Sangsit. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pengecekan terhadap bau yang berasal dari hasil panen, 2. Observasi terhadap buangan limbah yang bersumber dari hasil panen baik berupa limbah cair dan limbah padat, 3. Observasi terhadap populasi serangga (lalat, nyamuk, dan lain-lain) 4. Observasi dan wawancara tentang pelaksanaan K3, kecelakaan kerja dan jaminan asuransi pekerja, 5. Observasi dan wawancara berkaitan dengan pelaksanaan kegiatan pengepakan hasil panen dan besaran upah yang diterima 6. Observasi dan wawancara jadwal pelaksanaan pengepakan hasil panen. 7. Pendistribusian secara berkala kepada masyarakat untuk dijadikan makanan olahan dipantau oleh manajer pemasaran.
Pengangkutan hasil panen ke tempat tujuan	Komponen <i>Culture</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Waktu pengangkutan ke tempat tujuan dapat dilakukan pada pukul 09.00 WITA, 2. Penempatan atau parkir mobil pengangkut diatur di tempat yang tidak mengganggu aktivitas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observasi jadwal pengangkutan hasil panen ke tempat tujuan, 2. Observasi dan wawancara tentang penataan parkir mobil pengangkut hasil panen, 3. Observasi dan wawancara dengan sopir transportasi

warga berekreasi, Sopir yang mengangkut hasil panen hendaknya tetap hati-hati dan mematuhi peraturan lalu lintas, kondisi keamanan kendaraan dalam keadaan baik, kenyamanan dan kesejahteraan sopir terjamin, surat-surat kendaraan dan surat- surat yang berkaitan dengan penjualan hasil panen harus lengkap.	yang mengangkut hasil panen tentang ketaatan berlalu lintas di jalan, kondisi kendaraan, surat-surat kendaraan, surat ijin perdagangan, dan kenyamanan dan kesejahteraan sopir.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa, terdapat beberapa upaya pengelolaan lingkungan pada komponen Abiotik, Biotik, dan *Culture* yang dapat dilakukan untuk menanggulangi jenis dampak yang ditimbulkan dari sumber dampak pada tahapan kegiatan pembudidayaan udang yang meliputi tahap operasi. Upaya pengelolaan ini bertujuan untuk meminimalisir atau menekan dampak negatif yang ditimbulkan dan mengembangkan dampak positifnya. Sedangkan, upaya pemantauan lingkungan dilakukan dengan mengevaluasi dan memantau keberhasilan dari upaya pengelolaan lingkungan. Periode pemantauan lingkungan dapat dilakukan setiap 3 bulan sekali di lokasi yang kemungkinan

terkena dampak. Pelaksanaan upaya pemantauan lingkungan terutama dilakukan oleh pemrakarsa itu sendiri dengan pengawasan dan pelaporan dari Kantor Badan Lingkungan Hidup dan dinas-dinas terkait serta masyarakat. Hal ini bertujuan untuk memantau kondisi lingkungan agar besaran dampak tidak melebihi kondisi rona lingkungan awal.

PENUTUP

Dari hasil penelitian ini ada beberapa simpulan yang dapat disampaikan yaitu: (1) Kerusakan lingkungan yang berpotensi ditimbulkan oleh usaha pembudidayaan udang di laut lepas mencakup kerusakan komponen abiotik, biotik, dan *culture*. (2) Upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup

yang dapat dilakukan adalah dengan mengikuti dokumen UKL-UPL yang telah disusun dan disetujui oleh instansi terkait. Rekomendasi yang dapat disampaikan adalah bahwa pemrakarsa, pemerintah, dan masyarakat hendaknya tetap ikut menjaga kelestarian lingkungan hidup dengan memperhatikan dan mengikuti dokumen UKL-UPL yang telah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Artawan, Ketut. Nyoman Wijana (2015). Analisis Dampak Lingkungan Terhadap Usaha Pembudidayaan Udang Dengan Sistem Kurungan Di Laut Lepas Desa Sangsit Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng, Bali. Laporan Penelitian. Tidak Diterbitkan.
- PT. TOP. 2011. Pengembangan Budidaya Udang dengan Sistem Kurungan di Laut Lepas Pantai Sangsit Kabupaten Buleleng. Bahan Presentasi di Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Buleleng.
- Wijana, Nyoman. 2014a. Ilmu Lingkungan. Yogyakarta: PT. Graha Ilmu.
- Wijana, Nyoman. 2014b. Metode Analisis Vegetasi. Yogyakarta: Plantaxia.
- Wijana, Nyoman. 2016. Pengelolaan Lingkungan Hidup (Aspek Kearifan Lokal, Ergonomi, Ergologi, dan Regulasi). Yogyakarta: Plantaxia.

PENGARUH VOLUME AIR LAUT PADA RANGKAIAN PARALEL ANODA AL-C UNTUK MENDEGRADASI LIMBAH TEKSTIL

Ni Made Wiratini

¹Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha
Email: wiratininimade@gmail.com, wiliangga@yahoo.com

ABSTRACT

The purpose of this study was determined to volume effect of sea water at parallel circuit of Al-C anode to degrade textile waste. To achieve these objectives, volume of sea water varied 350, 400, 450, and 500 mL. Voltage, time, and distance between the electrodes was fixed, respectively 13, 5 V; 1 h, and 3 cm. Examining the effects of each of these variations, textile waste before and after processing the measured BOD, DO, COD, pH, and its absorbance. The results showed the volume of sea water affect the degradation of textile waste and sea water most effective volume was 450 mL.

Keywords: *textile waste, parallel circuit anode, the volume of sea water*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh volume air laut pada rangkaian paralel anoda Al-C untuk mendegradasi limbah tekstil. Untuk mencapai tujuan tersebut, volume air laut divariasikan 350, 400, 450, dan 500 mL. Voltase, waktu degradasi dan jarak antar elektroda dibuat tetap, masing-masing 13, 5 V; 1 jam, dan 3 cm. Pengujian pengaruh setiap variasi tersebut, limbah tekstil sebelum dan sesudah diolah diukur BOD, DO, COD, pH, dan absorbansinya. Hasil penelitian menunjukkan volume air laut berpengaruh terhadap hasil degradasi limbah tekstil dan volume air laut paling efektif untuk mendegradasi limbah tekstil adalah 450 mL.

Kata kunci: limbah tekstil, rangkaian paralel anoda Al-C, volume air laut

PENDAHULUAN

Zat warna industri tekstil tidak terserap seluruhnya oleh kain. Sekitar 20-50%, zat warna tersebut tidak terserap. Dampak ketidakterserapan tersebut menimbulkan masalah lingkungan, karena residu zat warna tekstil tidak diolah sebelum dibuang ke sungai. Air sungai menjadi berwarna warni. Kadar limbah tekstil di sungai mencapai 60-70 mg/L (Wiratini, dkk. 2011). Parameter yang menentukan kualitas limbah tekstil antara lain kadar BOD dan COD. Pencapaian kadar BOD dan COD limbah tekstil berturut-turut 80-6.000 mg/L dan 150-12.000 mg/L (Pandey *et al.*, 2007). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan industri tekstil, kadar maksimum COD dan BOD masing-masing 150 mg/L dan 60 mg/L.

Limbah tekstil sangat mengganggu rantai makanan dan biota sungai, karena limbah tersebut sangat sukar didegradasi secara biologis (Shofian, M, 2005). Dampak lain limbah tekstil adalah toksik, karsinogenik, dan mutagenik (Mathur N., dkk., 2005, Daneshvar *et. al*, 2007). Untuk itu diperlukan upaya untuk mengolah limbah tekstil menjadi tidak berbahaya terhadap lingkungan.

Penelitian pengolahan limbah tekstil agar tidak berbahaya terhadap lingkungan telah banyak dilakukan, seperti: adsorpsi teraktivasi (Copa dan Meidl. 1986), biodegradasi (Wiszniewski, J., *et all* (2006), oksidasi fenton (Zazo, J.A.,*et all* (2005), dan degradasi secara fotokimia (Cerqueira, A.,*et all*, 2009). Upaya-upaya tersebut belum efektif dan efisien, karena menimbulkan biaya pengolahan semakin meningkat dari tahun ke tahun, seiring dengan kenaikan harga bahan kimia. Untuk itu,

penggunaan bahan kimia harus seminimal mungkin (Mehmet Kobya, et all, 2003).

Proses elektrokimia adalah salah satu pengolahan limbah yang berkembang saat ini, seperti elektooksidasi dan elektrokoagulasi (Caria Regina Costa, et all, 2010 dan Saprykina, M.N., 2012). Jenis elektroda yang digunakan dalam elektooksidasi adalah elektroda inert, seperti Pt dan karbon. Sedangkan jenis elektroda yang digunakan dalam elektrokoagulasi adalah elektroda Fe dan elektroda Al (Mikko Vepsalaina, 2012). Wiratini dan Kartowasono (2016) melaporkan kombinasi elektroda Al-C secara paralel di anoda menghasilkan hasil terbaik dalam pengolahan limbah.

Selain elektroda, dalam sel elektrokimia juga dipengaruhi oleh larutan elektrolit dalam proses pengolahan limbah. Untuk menurunkan biaya pengolahan limbah akibat kenaikan harga bahan kimia, maka dalam penelitian ini menggunakan air laut Buleleng sebagai larutan elektrolit. Tulisan ini mengkaji dampak penambahan air laut Buleleng dalam mendegradasi limbah tekstil akan ditinjau dari kadar COD, BOD, DO, pH, dan absorbansi pada anoda Al-C paralel.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah tekstil yang diambil

di tempat pembuangan limbah tekstil industri rumah tangga dan menengah di Kabupaten Gianyar. Sedangkan air laut Buleleng diambil secara random. Elektroda yang digunakan adalah elektroda karbon dan aluminium. Bahan yang digunakan untuk menganalisis adalah: asam sulfat p.a., $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ p.a., $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ p.a., Ag_2SO_4 p.a., HgSO_4 p.a., FAS p.a., dan indikator feroin p.a..

Alat yang digunakan adalah DO meter Hanna, pH meter digital, COD reactor Hach, UV vis doble beam Shimadzu. Alat-alat tersebut digunakan untuk menguji DO, COD, pH, BOD, dan absorbansi sampel. Pengukuran COD pada panjang gelombang 600 nm dan absorbansi tekstil pada 511 nm.

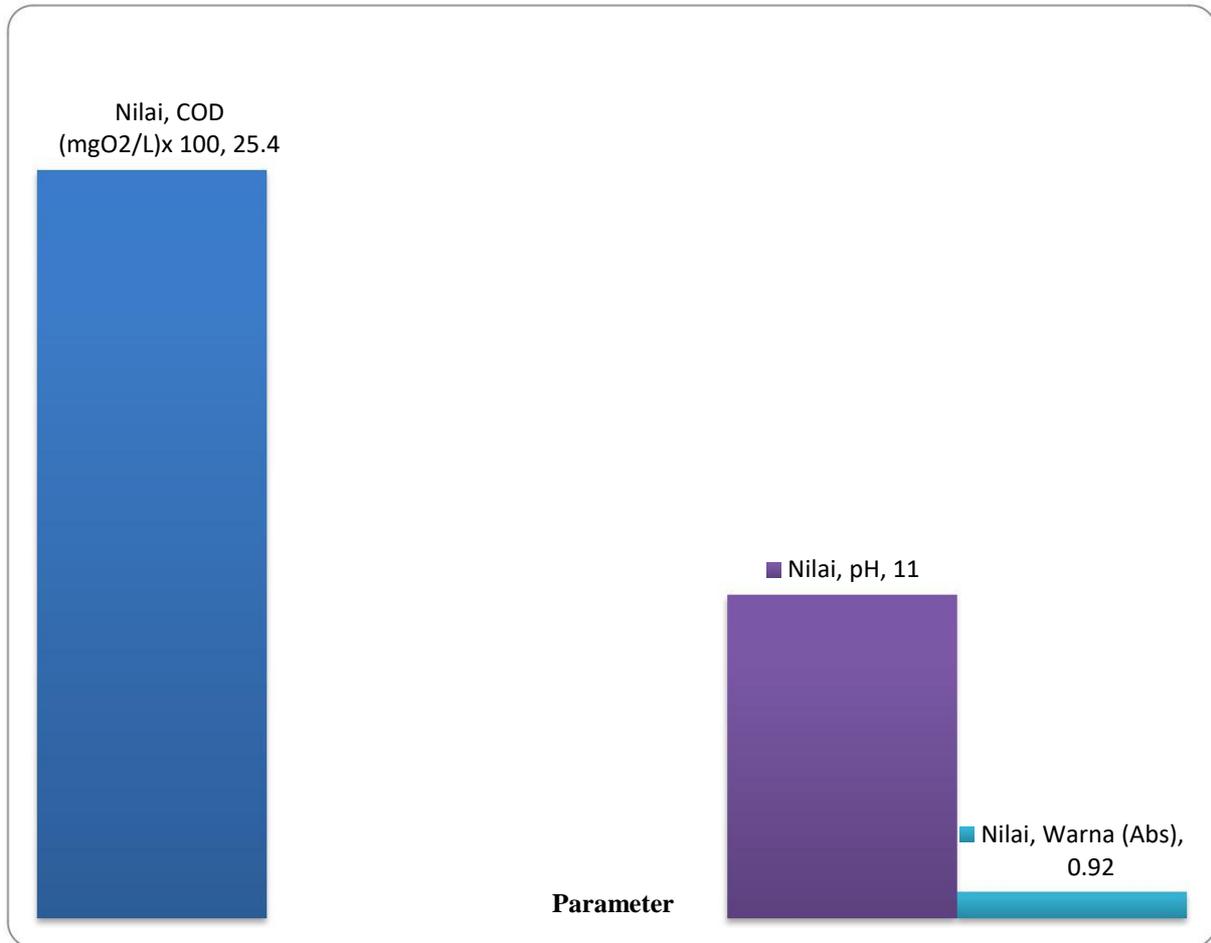
Tahapan pelaksanaan penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah menentukan pengaruh volume air laut terhadap pendegradasian limbah tekstil. Volume air laut divariasikan 350, 400, 450, dan 500 mL kemudian dimasukkan dalam reactor yang telah berisi 50 mL limbah tekstil. Elektroda dicelupkan ke reactor selama 1 jam dan diberi tegangan 13,5 V. Pola rangkaian elektroda anoda: Al-C paralel dan katoda C. Pengujian dampak setiap variasi tersebut, limbah tekstil sebelum dan sesudah diolah diukur BOD, DO, COD, pH, dan absorbansinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

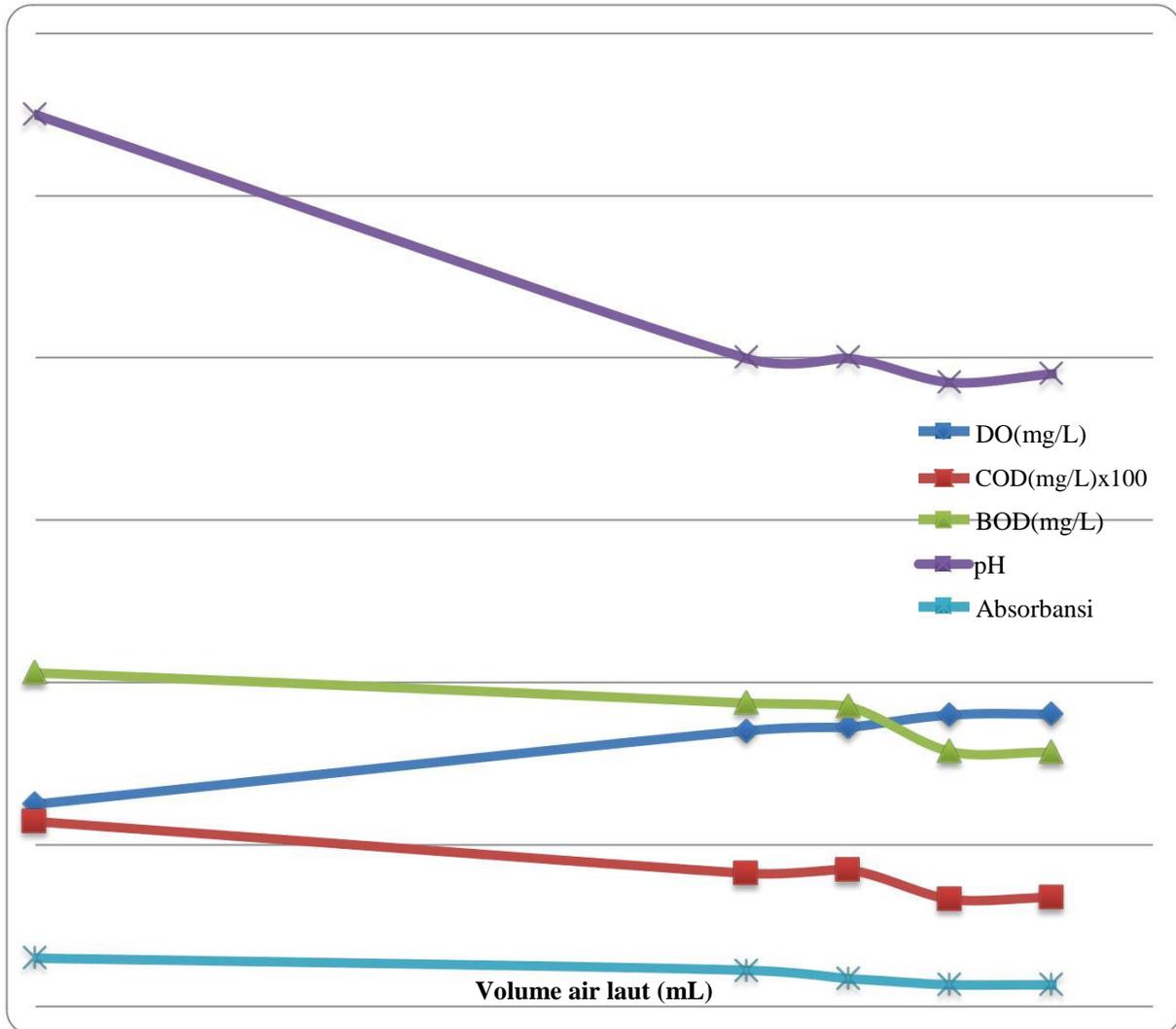
Hasil penelitian yang diperoleh adalah BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi limbah tekstil sebelum dan sesudah perlakuan. Kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi tekstil sebelum perlakuan disajikan dalam Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa limbah tekstil ditinjau dari BOD, COD dan pH sudah

melampaui ambang batas berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha kegiatan industri tekstil, kadar maksimum COD, BOD, dan pH masing-masing 150 mg/L, 60 mg/L dan 6-9. Dengan demikian limbah tekstil telah mencemari air sungai.



Gambar 1. Kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi tekstil sebelum perlakuan

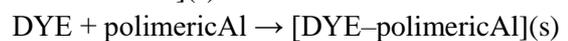
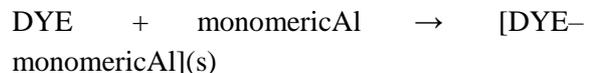
Dampak variasi volume air laut terhadap kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi terhadap pendegradasian limbah tekstil disajikan dalam Gambar 2.



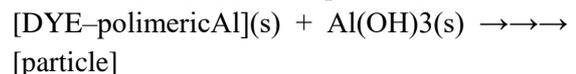
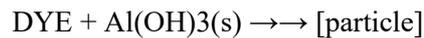
Gambar 2. Pengaruh Volume Air Laut Terhadap Pendegradasian Limbah Tekstil

Gambar 2 menunjukkan walaupun tidak ditambahkan air laut, terjadi pula penurunan COD, BOD, dan absorbansi. Sedangkan DO mengalami peningkatan. Perubahan tersebut terjadi karena aluminium (Al) di anoda teroksidasi menjadi ion Al^{3+} dan bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-) membentuk $Al(OH)_3$. Apabila ion Al^{3+} dan OH^- yang terbentuk berlebih, maka terbentuk $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al_2(OH)_2^{4+}$, $Al(OH)^{4-}$ dan juga membentuk spesi polimer seperti: $Al_{16}(OH)_{15}^{3+}$, $Al_{17}(OH)_{17}^{4+}$, $Al_{18}(OH)_{20}^{4+}$, $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$, dan $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$. Dengan demikian limbah tekstil (DYE) mengalami dua tahap, yaitu pengendapan dan adsorpsi (Mehmet Kobya, at

all, 2003). Proses pengendapan terjadi seperti reaksi berikut:



Proses adsorpsi terjadi reaksi berikut

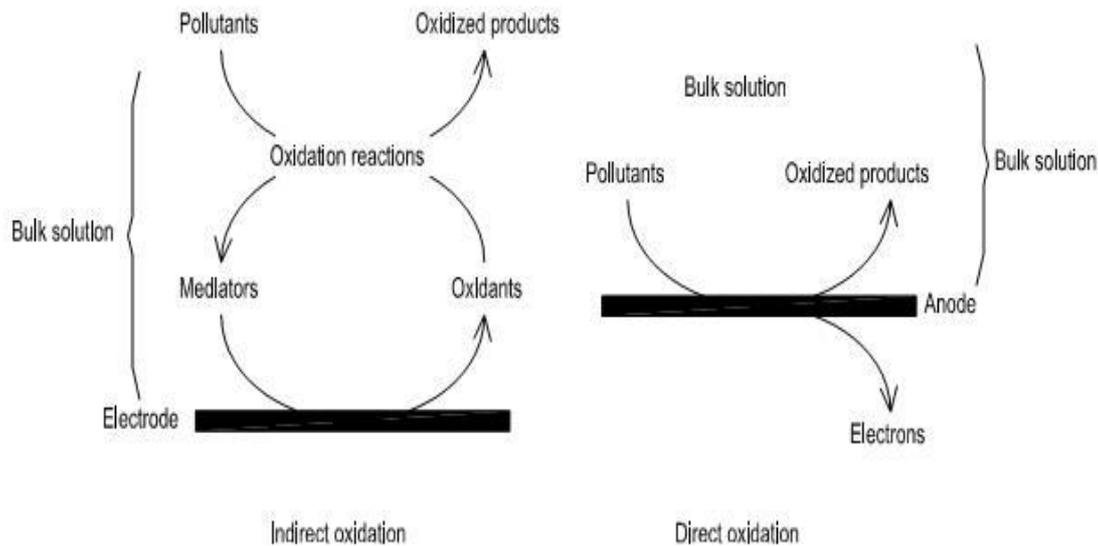
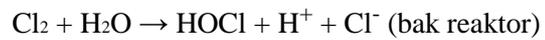
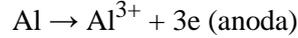
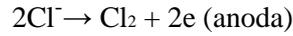


Peristiwa tersebut menyebabkan kadar COD, BOD, dan absorbansi pada limbah tekstil berubah.

Gambar 2 juga menunjukkan semakin banyak jumlah volume air laut maka kadar COD, BOD, pH, dan absorbansi semakin menurun dan DO semakin meningkat.

Penurunan kadar COD, BOD, pH dan absorbansi terjadi karena peningkatan jumlah klor dalam sistem reaktor. Wiratini & Gunamantha (2013) melaporkan air laut Buleleng mengandung 16,862 gram dalam setiap liter. Ion klor (Cl^-) yang terdapat dalam air laut dioksidasi menjadi klor (Cl_2) di anoda dan membentuk hipoklorit (HOCl). Klor dan hipoklorit merupakan oksidator kuat untuk

mendegradasi limbah tekstil. Pembentukan klor dan hipoklorit dari air laut dapat dituliskan seperti reaksi berikut:



Gambar 3. Proses penguraian limbah dalam reaktor
(Sumber:Wei Li. at. all. 2010)

Chiang dkk. (1995) melaporkan bahwa kepekatan klor sangat efektif dalam mendegradasi limbah tekstil. Semakin banyak jumlah ion klor dalam larutan semakin efektif dalam mendegradasi limbah tekstil. Volume air laut 450 mL - 500 mL, relatif tidak disebabkan oleh jumlah partikel limbah tekstil sudah semua terdegradasi oleh Cl_2 dan HOCl , sehingga walaupun jumlah klor ditambah tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi. Proses pendegradasian limbah tekstil dapat digambarkan seperti Gambar 3.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan, bahwa terdapat pengaruh penambahan jumlah volume air laut terhadap mendegradasian limbah tekstil pada rangkaian

menunjukkan perubahan signifikan terhadap kadar BOD, DO, COD, pH, dan absorbansi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah ion Cl^- dari air laut menjadi Cl_2 dan HOCl di anoda tidak berpengaruh terhadap proses pendegradasian limbah tekstil. Hal ini paralel anoda Al-C. Volume air laut 450 mL yang paling efektif untuk mendegradasian limbah tekstil pada rangkaian paralel anoda Al-C.

DAFTAR PUSTAKA

- Cerqueira, A.C. Russo, M.R.C. Marques. 2009. Electroflocculation for Textile Wastewater Treatment. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. Vol. 26. No. 04. Pp. 659-668. www.Abeq.org.br/bjce

- Caria Regina Costa, Francisco Montilla, Emilia Morallon, Paulo Olivi. 2010. Electrochemical Oxidation of Synthetic Tannery Wastewater in Chloride Free Aqueous Media. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 180, Issue: 1-3, pp 429-435. <http://www.mendeley.com>
- Chiang, L.C., Chang, J.E., and Wen, T.C., (1995), Indirect Oxidation Effect in Elektrochemical Oxidation Treatment of Landfill Leachate, *Water Research*, 29(2), pp. 671-678.
- Copa. W.M., Meidl. J.A. 1986. Powdered carbon effectively treats toxic leachate. *Pollution Engineering*. 18 (7). pp. 32-34
- Daneshvar, N., Khataee, A. R., Ghadim, A. R. A., Rasoulifard, M. H. 2007. Decolorization of c.i. Acid Yellow 23 Solution by Electrocoagulation Process: Investigation of Operational Parameters and Evaluation of Specific Electrical Energy Consumption (SEEC). *Journal of Hazardous Materials*, 148, No. 3, 566
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 *Tentang Baku Mutu Limbah bagi Usaha Kegiatan Industri Tekstil*.
- Mehmet Kobya, Orhan Taner Can, Mahmut Bayramoglu. 2003. Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. *Journal of Hazardous Materials B100* (2003) 163-178
- Mikko Vapsalainen. 2012. *Electrocoagulation in the Treatment of Industrial Water and Wastewater*. Desertation. Jukaisija. Utgivare. <http://www.vtt.fi/publication/>. Diunduh 12 April 2014.
- Pandey, A., Singh, P. & Lyengar, L. 2007. Bacterial decolorization and degradation of azo dyes. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 59: 73-84.
- Sprykina, M.N.. 2012. A New Design of the Electrocoagulation Apparatus for Removal of Micromycetes from Water. *Journal of Water Chemistry and Technology*. Vol. 34. No. 5. Pp 240-245. <http://link.springer.com/journal/>
- Shofian M. 2005. *Kesan Perencat terhadap Keberkesanan Reagen Fenton dalam Mengolah Pewarna Industri tekstil*. Akademi Tentera. UT Malaysia.
- Wei Li, Qitiang Zhou, Tao Hua. 2010. Removal of Organic Matter from Landfill Leachate by Advanced Oxidation Processes: A review. *International Journal Of Chemical Engineering*. Volume 2010. pp 1-10.
- Wiratini Ni Made, Suja I Wayan, Lasia I Ketut . 2011. *Perombakan Zat Warna Tekstil Diazo Remazol Black 5 dengan Teknik Elektrooksidasi Menggunakan Larutan NaCl*. Proseding Seminar Nasional Pengembangan Pendidikan Karakter Menuju Bangsa yang Mandiri Melalui Penelitian dan Pendidikan MIPA. hal. 136-139 Singaraja: FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha.
- Wiratini Ni Made, Gunamantha I Made, 2013. *Desain Reaktor Elektrooksidasi Berbasis Potensi Lingkungan untuk Mendegradasi Limbah Organik Lindi di Tempat Pembuangan Sampah*. Laporan Penelitian HB I. Undiksha: Singaraja.
- Wiratini Ni Made, Kartowasono, Ngadiran. 2016. Dampak Rangkaian Sel Elektroda Al-C dalam Elektrokimia untuk Mendegradasi Limbah Tekstil. *Reaktor*. Vol. 16. No 2. Hal 65-71.
- Wiszniewski. J., Robert. D., Surmacz Gorska. J. 2006. Landfill Leachate Treatment Methods: A Review. *Environmental Chemical* 4. pp. 51-61.

Zazo. J.A., Casas. J.A., Mohendano. A.F.,
Gilarranz. Rodriguez. J.J. 2005.
Chemical Path Way and Kinetics ff

Phenol Oxidation by Fenton's
Reagent. *Environmental Sciences
Technologies*. 39. pp. 9295-9305.

PEMODELAN KINETIKA DAN PEMANTAUAN OZON TROPOSFER DI PARKIR DEPAN GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

Supriyanto¹, Luthfiana Rahmasari²

¹Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII; ² Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII
Email: supri.yanto@uii.ac.id

ABSTRACT

Tropospheric Ozone is secondary pollutant in air pollutant. Moreover it has hazard potency for health problem in respiratory system. This study aims to know ozone concentration and to determine kinetic model from 06.00 am to 06.00 p.m at parking area in front of Universitas Islam Indonesia (UII) Rectorat Building. The result shows which average ozone is 33, 9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ and peak ozone is 55.74 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ at 01.00 pm to 02.00 p.m. Meanwhile kinetic model get pre-exponential factor, A is $1.23 \times 10^{10} \text{ jam}^{-1}$ and activation energy, E is 45 kJ.mol^{-1}

Keywords: Ozone, Monitoring, Kinetic Model, Rectorat UII, Parking Area

ABSTRAK

Ozon (O_3) di lapisan troposfer adalah polutan sekunder dari pencemaran udara. ozon membahayakan bagi kesehatan manusia terutama penyakit yang menyerang saluran pernapasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi ozon pada pukul 06.00 sampai dengan 18.00 WIB dan untuk mengetahui model kinetika di tempat parkir depan Gedung Rektorat Universitas Islam Indonesia (UII). Hasil penelitian menunjukkan rerata konsentrasi ozon sebesar 33, 9 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan konsentrasi ozon tertinggi terjadi pada pukul 13.00-14.00 sebesar 55,74 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Sementara itu pemodelan kinetika pembentukan ozon mendapatkan nilai eksponensial faktor, A = $1,23 \times 10^{10} \text{ jam}^{-1}$ dan energi aktivasi, E = 45 kJ.mol^{-1} .

Kata kunci: Ozon, Pemantauan, Pemodelan Kinetika, Rektorat UII, Tempat Parkir

PENDAHULUAN

Peningkatan populasi manusia yang sangat cepat berbanding lurus dengan meningkatnya perkembangan teknologi serta industri demi memenuhi kebutuhan manusia. Selain memberikan efek positif yakni menyejahterakan kehidupan manusia, perkembangan teknologi dan industri juga menyebabkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan. Pencemaran yang ditimbulkan dapat berupa pencemaran air, pencemaran udara dan pencemaran tanah.

Pencemaran udara dapat dijumpai di daerah perkotaan seperti halnya Yogyakarta. Sebagai kota pelajar, kota budaya dan kota pariwisata. Pencemaran udara dapat bersumber dari tempat parkir di beberapa fasilitas umum seperti jalan raya, pusat pendidikan, kesehatan,

dan perbelanjaan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 41 Tahun 1999 salah satu parameter kualitas udara adalah Ozon (O_3) troposfer dengan baku mutu 250 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Ozon (O_3) di lapisan troposfer merupakan polutan sekunder yang NO_x , CO, CH_4 dan HMHC (Non Metan Hidrokarbon). (Arifien, 2011). Menurut Penuelas (1999) keberadaan Volatil Organic Compound (VOC) yang semakin tinggi cenderung akan meningkatkan konsentrasi O_3 di udara ambient A.Montiero (2011), yang melakukan pengukuran ozon di daerah pegunungan, menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi ozon dikarenakan oleh udara dari perkotaan dan industri yang dipengaruhi angin gunung dan angin laut yang mengangkut polutan.

Konsentrasi O_3 yang dapat meningkat perlu diantisipasi karena tingginya konsentrasi

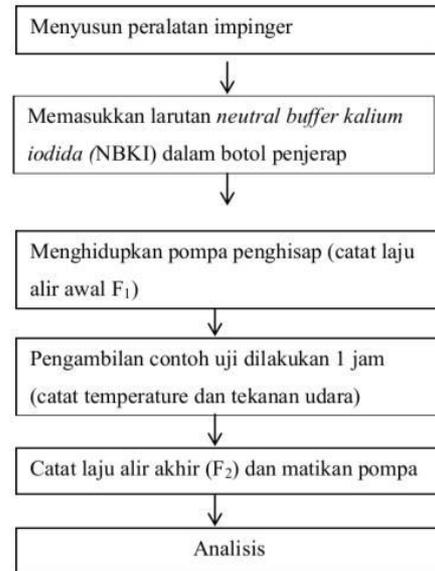
O₃ dapat menimbulkan dampak negatif. O₃ yang masuk kedalam tubuh dapat menyebabkan infeksi pernafasan, radang paru-paru, asma, dan menurunkan tingkat kekebalan tubuh (Tilton dalam Heo & Kim, 2003). Sedangkan bagi lingkungan keberadaan O₃ dapat menyebabkan kerusakan terhadap daun, menghambat pertumbuhan tanaman dan menghambat produksi biomasa (Lefohn, dkk dalam Heo & Kim, 2003).

Oleh karena itu penyajian mengenai kualitas udara dari pencemar O₃ sangatlah diperlukan. Sementara itu pengukuran konsentrasi O₃ secara berkala di Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) belum pernah dilakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi O₃ dan menentukan model kinetika konsentrasi O₃ pada udara ambien di tempat parkir depan Gedung Rektorat Universitas Islam Indonesia

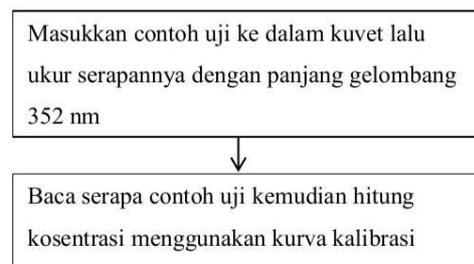
METODE

Prinsip Pengambilan Contoh Uji

Sampling kadar O₃ menggunakan alat impinger dengan metode *neutral buffer kalium iodida* (NBKI) dengan spektrofotometer. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 19-7119.8-2005 cara uji kadar Oksidan (O₃) dengan metode *neutral buffer kalium iodida* (NBKI) dengan spektrofotometer. Gas O₃ di udara ambien dijerap dalam larutan *neutral buffer kalium iodida* (NBKI) dan bereaksi dengan iodida membebaskan iod (I₂) yang berwarna kuning setelah 15 menit. Kosentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 352 nm. Gambar 1 menunjukkan diagram alir pengambilan contoh uji dan gambar 2 menunjukkan diagram alir pembuatan kurva kalibrasi



Gambar 6. Diagram Alir Pengambilan Contoh Uji



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi

Perhitungan volume contoh uji udara

$$= \frac{V_1}{T} \times \frac{298}{T_a} \times \frac{760}{P_a} \dots (1)$$

Keterangan :

V = Volume udara yang dihisap koreksi pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg

F₁ = Laju alir akhir (L/menit)

F₂ = Laju alir akhir (L/menit)

T = Durasi pengambilan contoh uji (menit)

P_a = Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji

T_a = Suhu rerata selama pengambilan contoh uji

298 = Konversi temperature pada kondisi normal (25°C) ke dalam Kelvin

760 = Tekanan udara standar (mmHg)

Perhitungan kosentrasi O₃ di udara ambien

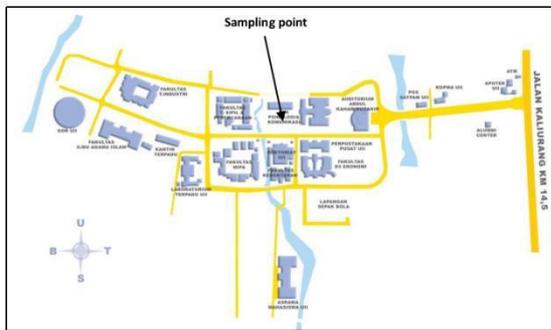
$$= \dots \times 1000 \quad \dots (2)$$

Keterangan:

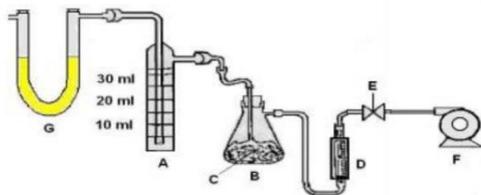
C = Konsentrasi O₃ di udara (µg/Nm³)
a = Jumlah O₃ dari contoh uji hasil perhitungan kurva kalibrasi (µg)
V = Volum udara yang dihisap dikoreksi pada kondisi normal 25°C, 760 mmHg
1000 = Konversi liter ke m³

Lokasi Pengambilan Contoh Uji

Pengambilan contoh uji udara, gambar 3, berada di tempat parkir depan Gedung Rektorat Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Sedangkan sketsa peralatan pengambilan contoh uji seperti ditunjukkan gambar 4.



Gambar 3. Lokasi Sampling O₃



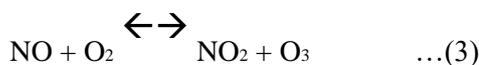
dengan pengertian :

- A adalah botol penjerap berwarna coklat volume 30 mL;
- B adalah perangkap uap;
- C adalah serat kaca (glass wool);
- D adalah flow meter yang mampu mengukur laju alir 0,5 L/menit;
- E adalah kran pengatur;
- F adalah pompa; dan
- G adalah alat penjerap SO₂.

Gambar 4. Peralatan Pengambilan Contoh Uji

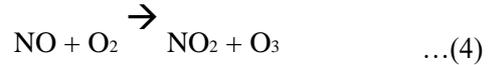
Pemodelan Kinetika

Reaksi yang diusulkan dalam penelitian ini mengikuti reaksi (3)



Jika laju reaksi mengikuti order 1 dan reaksi tersebut dibagi menjadi reaksi (4) dan reaksi (6)

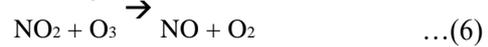
Reaksi Pembentukan Ozon



Dengan laju reaksi pembentukan oksidan,

$$r_f = k \cdot \text{CO}_3 \quad \dots(5)$$

Reaksi Penguraian (disosiasi) Ozon



Dengan laju reaksi disosiasi Ozon,

$$r_d = -k \cdot \text{CO}_3 \quad \dots(7)$$

Selanjutnya model kinetika reaksi dirumuskan dengan persamaan Arrhenius

$$k = A \exp (-E/RT) \quad \dots(8) \text{ Keterangan}$$

k = konstanta laju reaksi (jam⁻¹)

= pre-eksponensial factor (jam⁻¹)

¹) E = Energi Aktivasi (J.mol⁻¹)

R = Konstanta Gas (J.mol⁻¹.K⁻¹)

¹) T = Suhu Reaksi (K)

Dengan mengikuti persamaan neraca massa, maka Persamaan

$$\frac{\text{Kecapatan}}{\text{Massa yang}} = \frac{\text{Kecapatan}}{\text{Massa yang}} - \frac{\text{Kecapatan}}{\text{Massa yang}} + \dots \text{ (9)}$$

terakumulasi masuk keluar ± Kecepatan reaksi kimia

Asumsi Model

Steady State, ≠ 0

$$C_{\text{input}} = 0$$

Complete mixed, C_{output} = C

Reaksi pembentukan Ozon mengikuti orde 1, r_f = k · CO₃

Tidak ada reaksi disosiasi ozon, r_d = k · CO₃ = 0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan tersebut dilakukan dengan penyesuaian model (*fitting to model*) dengan pemantauan ozon di tempat pengambilan

contoh uji. Model mengasumsikan kondisi *steady state* yang menunjukkan bahwa ada perubahan konsentrasi terhadap waktu dan asumsi adanya pengadukan sempurna (*complete mix*) dengan ketinggian 20 m. Dat sekunder mendapatkan 3.700 m/jam kecepatan angin sebesar (BMKG Yogyakarta, 2016), dan tempas parkir seluas 2.716,71 m²(Yayasan Badan Wakaf, 2016) . Jumlah kendaraan bermotor roda dua sebanyak 948 buah pada pukul 06.00-14.00 dan 867 buah pada pukul 14.00-20.00.

Tabel 1 menunjukkan perhitungan untuk mendapatkan eksponensial faktor, A sebesar $1,23 \times 10^{10} \text{ jam}^{-1}$ dan energy aktivasi 4,17 kJ.mol⁻¹. Pada gambar 5 menunjukkan bahwa pemantauan konsentrasi ozon tertinggi terjadi pada interval waktu 11.00-15.00. Hasil pemantauan tersebut sesuai dengan prosedur pemantauan yang telah ditetapkan oleh SNI 19-7119.8-2005 bahwa interval waktu tersebut.

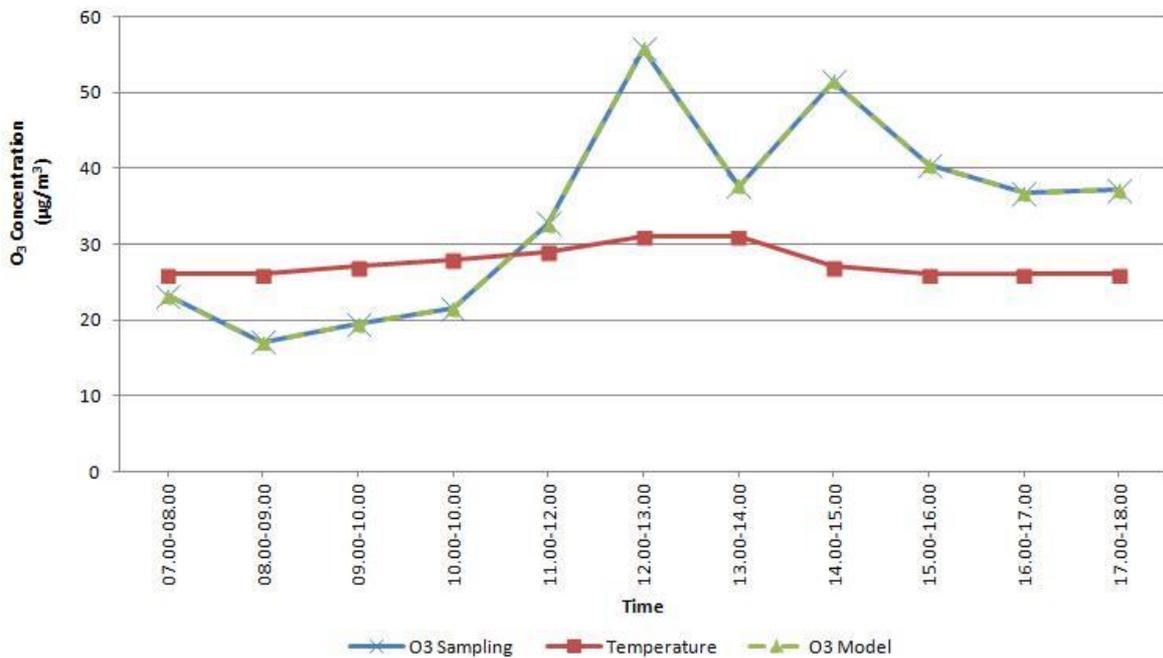
Terutama pada interval waktu 12.00-13.00 konsentrasi ozon menunjukkan 55,74 µg/Nm³ dan konsentrasi tersebut terjadi pada suhu yang tetinggi 31°C pada pengamatan tersebut.

Seperti yang ditemukan oleh Budiyo (2009) reaksi pembentukan O₃ di atmosfer adalah NO akan membentuk NO₂ melalui pembakaran gas pada temperatur tinggi

didalam mesin kendaraan bermotor. Kemudian NO₂ yang telah terbentuk akan terurai kembali karena adanya fotodisosiasi oleh radiasi matahari pada panjang gelombang < 420 yang menghasilkan NO dan atom O. Selanjutnya atom O tersebut bereaksi dengan O₂ membentuk O₃ pada interval waktu 11.00-15.00. Setelah pukul 15.00 terjadi penurunan ozon karena tidak terjadi fotodisosiasi senyawa NO₂ sebagai bahan pembentuk ozon melalui produksi atom O. Hal ini menyebabkan berkurangnya ozon yang terbentuk setelah sore hari.

Tabel 1. Perhitungan Pre-Ekspensial Faktor (A) dan Energi Aktivasi (E)

Jam	t (jam)	O ₃ Sampling (µg/Nm ³)	Suhu °C	A (1/jam)	E (j/mol)	k (1/jam)	O ₃ Model (µg/Nm ³)
06.00-07.00	0	11,69	25				
07.00-08.00	1	23,23	26	$1,35 \times 10^{10}$	45.000	185,6867	23,23
08.00-09.00	2	17,10	26	$1,34 \times 10^{10}$	45.000	184,6872	17,10
09.00-10.00	3	19,53	27	$1,26 \times 10^{10}$	45.000	184,4146	19,53
10.00-10.00	4	21,55	28	$1,19 \times 10^{10}$	45.000	184,2253	21,55
11.00-12.00	5	32,72	29	$1,12 \times 10^{10}$	45.000	184,4198	32,72
12.00-13.00	6	55,74	31	$9,98 \times 10^9$	45.000	184,7702	55,74
13.00-14.00	7	37,67	31	$9,95 \times 10^9$	45.000	184,2242	37,67
14.00-15.00	8	51,45	27	$1,26 \times 10^{10}$	45.000	184,4024	51,45
15.00-16.00	9	40,39	26	$1,34 \times 10^{10}$	45.000	184,0426	40,39
16.00-17.00	10	36,67	26	$1,34 \times 10^{10}$	45.000	183,8406	36,67
17.00-18.00	11	37,21	26	$1,34 \times 10^{10}$	45.000	183,7599	37,21
Rerata		33,9327	27,5455	$1,23 \times 10^{10}$	45.000	184,4067	33,9328



Gambar 5. Pemantauan dan Pemodelan Ozon

SIMPULAN

Pemantauan kualitas ozon rerata di tempat parkir di depan Gedung Rektorat Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta sebesar $33,9 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ dan konsentrasi ozon tertinggi terjadi pada interval waktu 13.00-14.00 sebesar $55,74 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Pemodelan kinetika mendapatkan nilai pre-eksponensial faktor, $A = 1,23 \times 10^{10} \text{ jam}^{-1}$ dan energi aktivasi, $E = 45 \text{ kJ/mol}$.

DAFTAR RUJUKAN

- Arifien, Novie Fitriani. 2011. *Prediksi Kadar Polutan Menggunakan Jaringan Syarag Tiruan (JST) untuk Pemantauan Kualitas Udara di Kota Surabaya*. Surabaya: ITS.
- Arya, S.P. 1999. *Air Pollution Meteorology and Dispersion*. Oxford University. New York.
- Badan Meteorologi dan Geofisika. 2016. *Prakiraan Cuaca Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tanggal 6 Oktober 2016*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *SNI 19-7119.8-2005 cara uji kadar Oksidan (O3) dengan metode neutral buffer kalium iodide (NBKI) dengan spektrofotometer*.
- Budiyono, A., Hamdi, S., Komala, N., & Sumaryati. (2009). *Analisis Variasi Diural Ozon dan Precursornya Pada Musim Kemarau dan Musim Hujan Di Bandung*. Jurnal Sains Dirgantara Vol.7 No 1, 165-175.
- Dilley, J.F. dan Yen, K.T. 1971. *Effect of Mesoscale Type Wind on the Pollutant Distribution From a Line Source*. Atmospheric Environment 5. 843-851.
- Heo, J. S., & Kim, D. S. 2003. *A New Method of Ozone Forecasting Using Fuzzy Expert and Neural Network Syatem*. Science of the Total Environment, 221-237.
- Monteiro, A. 2011. *Investigating A High Ozone Episode In A Rural Mountain Site*. Environmental Pollution 162 (2012) 176-189.
- Penuelas, J. 1999. *Effect of Ozone Concentrations On Biogenic Volatile Organic Compound Emission In The Mediterranean Region*. Environmental Pollution 105 (1999) 17-23.

Presiden Republik Indonesia. (1999).
*Peraturan Pemerintah Republik Indonesia
No 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian*

Pencemaran Udara. Lampiran Baku
Mutu Udara Nasional.

RESPON PASAR ANEKA KERAJINAN KAYU SINTETIK DARI JERAMI DAN SEKAM PADI YANG DIPERKUAT NANOKOMPOSIT SILIKA-KARBON

I Wayan Karyasa¹, I Wayan Muderawan², dan I Made Gunamantha³

¹Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja ^{2,3}Jurusan Analis Kimia, FMIPA
Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja Email: karyasa.undiksha@gmail.com

ABSTRACT

The current study was aimed to analyze the market responses of various synthetic wood crafts made from lignocellulose fibers of rice straw and rice husks reinforced by silica-carbon nanocomposite from rice husk ashes and binded with polyester resin. Survey method was conducted to gain market responses of visitors at the synthetic wood craft products located at Main Road of Kedewatan, in between Amandari Hotel and Four Season Hotel at the tourism area of Ubud along two months, May – June of 2016. The survey was conducted through intensive interview multilingually depending on the language of the foreign visitors. The data of visitors opinion on quality and market acceptability of the craft products. Results of descriptive data analysis of the visitors responses (123 visitors spreading into public community 49%, entrepreneurs 32% and foreigners 19%) showed that the various synthetic wood crafts reach market need in very high category about 60% visitors, the interest of visitors for buying the products in very high category about 81%, and the interest of visitors for getting involve in marketing the products in very high category about 77%. There are five main reasons why the visitors have interest for buying as well as getting involve in marketing of the products, namely cheap price, environmental friendly, good quality, unique, and light. The market prices of the synthetic wood craft products based on visitors deal prices about 50% lower that of similar products from natural woods, although the prices are about 60% higher than their production costs.

Keywords: synthetic wood, straw, rice husk, silica-carbon nanocomposite.

ABSTRAK

Tujuan dari studi ini adalah menganalisis respon pasar dari aneka kerajinan kayu sintetis berbahan serat lignoselulosa jerami dan sekam padi yang diperkuat nanokomposit silika-karbon dari abu sekam padi dan perekat resin poliester. Metode yang digunakan untuk menjangkau respon pasar adalah dengan survey terhadap pengunjung showroom pemajangan karya-karya aneka kerajinan kayu sintetis yang berlokasi di Jalan Raya Kedewatan antara Hotel Amandari dan Hotel Four Season di kawasan wisata Ubud sepanjang dua bulan, Mei – Juni 2016. Survey dilakukan dengan wawancara intensif dengan multibahasa sesuai dengan bahasa yang digunakan oleh pengunjung warga negara asing. Data yang dijangkau dalam survey adalah kelayakan pasar, ketertarikan pengunjung untuk membeli produk, ketertarikan untuk memasarkan produk, alasan-alasan ketertarikan, dan harga pasar dari produk-produk tersebut. Hasil analisis data secara deskriptif terhadap respon pengunjung (123 pengunjung dengan sebaran 49% masyarakat umum, 32% pengusaha, dan 19% warga negara asing) menemukan bahwa aneka kerajinan kayu sintetis memiliki kelayakan pasar berkategori sangat tinggi sebanyak 60% pengunjung, ketertarikan untuk membeli sangat tinggi sebanyak 81% pengunjung, dan ketertarikan untuk terlibat dalam pemasaran sangat tinggi sebanyak 77% pengunjung. Lima alasan utama yang mendukung ketertarikan untuk membeli dan atau memasarkan produk adalah harga murah, ramah lingkungan, berkualitas, unik dan ringan. Harga-harga pasar berdasarkan penawaran pengunjung hampir 50% lebih murah dari harga-harga produk sejenis dari kayu alam, walaupun harga-harga tersebut adalah 60% lebih tinggi dari biaya produksi.

Kata-kata kunci: kayu sintetis, jerami, sekam padi, nanokomposit silika-karbon

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki hutan terluas nomor 5 di dunia, namun dengan laju kerusakan hutannya nomor 2 berdasarkan laporan *State of World Forest* (dalam Kurnianingsih, 2011). Kesadaran dunia tentang hutan tropis sebagai paru-paru dunia berimplikasi pada penolakan banyak negara maju terhadap produk-produk yang berbahan kayu tropis, termasuk aneka kerajinan kayu Bali yang mengandalkan pasar ekspor. Beberapa negara termasuk Indonesia menerapkan sistem verifikasi legalitas kayu (SVLK) untuk menjamin terlindunginya hutan basah tropis dari penebangan liar. Pemberlakuan SVLK pada produk-produk kerajinan kayu menjadikan permasalahan sendiri bagi pengerajin. Solusi yang telah ditawarkan pasar saat ini adalah kayu sintetis partikel komposit dari serbuk gergajian kayu atau sering disebut sebagai *particelboard*.

Pada prinsipnya proses pembuatan kayu sintetis dibedakan atas tiga proses utama seperti yang dirangkum oleh Good & Jones (1997) yaitu proses kering, proses basah-kering, dan proses basah. Bahan baku dari berbagai jenis kayu komposit sintetis lebih banyak menggunakan serat selulosa berbahan kayu atau sisa-sisa dari pengolahan kayu sementara penggunaan limbah pertanian non-kayu berserat selulosa masih jarang dilaporkan, padahal pemanfaatan agrifiber dari limbah pertanian tersebut memiliki berbagai keunggulan seperti kelimpahan yang besar karena pertumbuhannya cepat dibandingkan dengan kayu, memberi nilai tambah terhadap limbah pertanian, dan ramah lingkungan. Beberapa kelemahan dari penggunaan agrifiber sebagai kayu komposit atau kayu sintetis adalah struktur komposit yang dihasilkan masih kurang kuat dan masih rentan terhadap serangan jamur, cuaca, suhu, sinar dan sebagainya. Oleh karena itu diperlukan proses yang tepat dalam pembuatan kayu sintetis berbahan baku serat selulosa non-kayu paling tidak meliputi pemilihan binder (zat perekat) yang tepat, penambahan bahan pengisi untuk memperkuat struktur dan sifat-sifat mekanis lainnya, proses dalam pengepresan untuk menghasilkan tekstur yang baik dan pewarnaan yang menghasilkan warna kayu alami. Kajian literatur di atas juga menunjukkan bahwa produk kayu sintetis yang dihasilkan juga masih terbatas pada papan kayu (*woodboard*), panel atau *plywood*, walaupun demikian, *woodboard* multi layer yang telah dilaporkan oleh Zehner (2005), Nilsson (2012), dan Davis *et al.* (2013) dapat menginspirasi

pembuatan kayu sintetis yang dapat *designable* untuk berbagai industri kerajinan kayu.

Temuan berupa proses produksi nanokomposit silika-karbon dari biomassa tropis kaya silikon dan pemanfaatannya sebagai bahan campuran dalam memproduksi prototipe kayu sintetis (Karyasa, *et al.*, 2015 & 2016) menjadi dasar pengembangan proses produksi skala industri dengan pertimbangan keterjangkauan teknologi proses yang telah ada dan keberlimpahan bahan baku limbah pertanian/perkebunan tropis yang kaya silikon seperti jerami, sekam padi, limbah sisa panen bambu, tangkai dan daun salak, dan sebagainya yang telah dipetakan potensinya (Karyasa, 2012).

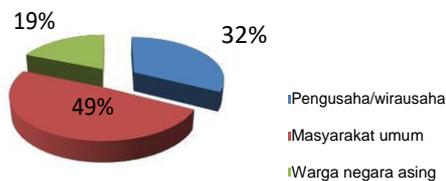
Teknologi kayu sintetis dari serat lignoselulosa sekam dan jerami padi yang diperkuat dengan nanokomposit silika-karbon (Karyasa, dkk., 2015 & 2016) telah berhasil diujiterap oleh peneliti dalam skala industri untuk aneka kerajinan, namun produk-produk kerajinan ini perlu diuji kelayakan pasarnya. Hasil studi kelayakan pasar dari produk-produk kerajinan yang dihasilkan dari teknologi kayu sintetis yang diperkuat nanokomposit silika-karbon dipaparkan pada tulisan ini.

2. METODE

Studi respon pasar terhadap produk kerajinan kayu sintetis ini menggunakan metode *survey*. Responden yang digunakan dalam penelitian ini adalah semua pengunjung (yang berumur di atas 17 tahun) *showroom* pemajangan karya-karya aneka kerajinan kayu sintetis yang berlokasi di Jalan Raya Kedewatan antara Hotel Amandari dan Hotel Four Season di kawasan wisata Ubud sepanjang dua bulan, Mei – Juni 2016. Responden selanjutnya dipilih menjadi responden masyarakat umum yaitu pengunjung warga negara Indonesia yang pekerjaannya bukan sebagai pengusaha yang terkait atau memiliki peluang terlibat langsung ataupun tidak langsung dengan bisnis dari kayu sintetis ini, responden pengusaha yaitu pengunjung warga negara Indonesia yang berprofesi sebagai pengusaha, dan responden warga negara asing. *Survey* dilakukan dengan wawancara intensif dengan multibahasa sesuai dengan bahasa yang digunakan oleh pengunjung warga negara asing. Data yang dijaring dalam *survey* adalah kelayakan pasar, ketertarikan pengunjung untuk membeli produk, ketertarikan untuk memasarkan produk, alasan-alasan ketertarikan, dan harga pasar dari produk-produk tersebut.

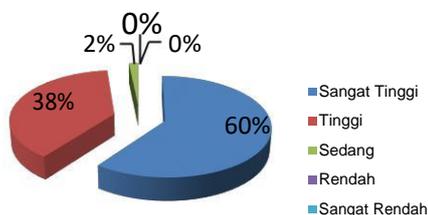
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Display produk untuk ujicoba pasar dilakukan dengan membuat showroom di Jalan Raya Kedewatan Ubud seluas 8 m x 5 m selama dua bulan pengujian 1 Mei 2016 hingga 28 Juni 2016. Terdapat 123 orang pengunjung dengan sebaran masyarakat umum 60 orang (49%), wisatawan asing (WNA) 23 orang (19%) dan pengusaha sebanyak 40 orang (32%). Sebaran wisatawan asing yang mampir ke toko/showroom adalah 3 orang warna negara Australia, 2 orang warga negara Amerika Serikat, 4 orang warga negara Jepang, 2 orang warga negara Kanada, 2 orang warga negara Inggris, 2 orang warga negara Perancis, 3 orang warga negara Jerman, 2 orang Korea Selatan, dan 2 orang China dan 1 orang India. Masyarakat umum yang mampir adalah masyarakat yang berasal dari wilayah Ubud dan sekitarnya yang umumnya berprofesi sebagai tukang bangunan, karyawan hotel/restaurant, pegawai negeri dan petani dan ibu rumah tangga. Kelompok pengusaha atau pengerajin/seniman yang berkunjung ke showroom adalah pengusaha penginapan, pengusaha aneka kerajinan, pengusaha restaurant, pengusaha galeri atau artshop, pengerajin kayu, pengerajin perak, pengerajin batu/cadas, pelukis dan penari.



Gambar 1 Sebaran Pengunjung Showroom

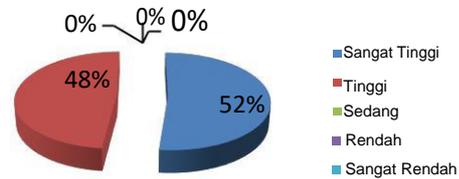
Data penerimaan pasar terhadap produk-produk Bali Synwood yang diukur berdasarkan respon pengunjung terhadap kualitas produk dapat disampaikan sebagai berikut.



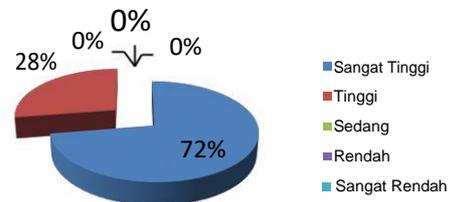
Gambar 2 Respon Pengunjung Secara Umum Terhadap Kualitas dan Kelayakan Pasar

Gambar 2 menunjukkan bahwa sebagian besar pengunjung menyatakan bahwa produk kerajinan kayu sintetis memiliki kualitas dan kelayakan pasar yang sangat tinggi 60% dan tinggi 38% dan sedang 2%. Kalau diuraikan per kelompok pengunjung

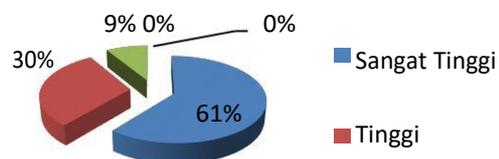
maka gambaran respon pengunjung terhadap kualitas dapat disampaikan seperti pada Gambar 5.3, Gambar 5.4, dan Gambar 5.5 masing-masing secara berturut-turut untuk kelompok pengunjung masyarakat umum, pengusaha/pengerajin/seniman, dan wisatawan asing.



Gambar 3 Kualitas dan Kelayakan Produk Menurut Pengunjung Kelompok Masyarakat Umum

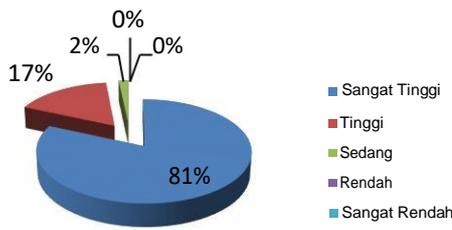


Gambar 4 Kualitas dan Kelayakan Produk Menurut Pengunjung Kelompok Pengusaha

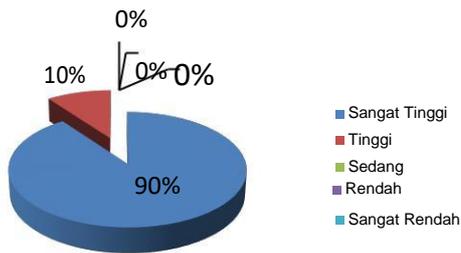


Gambar 5 Kualitas dan Kelayakan Produk Menurut Pengunjung Kelompok Wisatawan Asing (WNA)

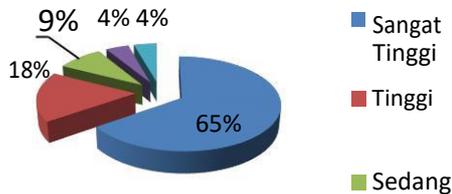
Respon pengunjung terhadap pertanyaan mengenai ketertarikan pengunjung untuk membeli produk-produk Bali Synwood diperoleh data sebagai berikut. Secara umum pengunjung menyatakan ketertarikan yang sangat tinggi 81% pengunjung, ketertarikan yang tinggi 15% dan sisanya adalah 4% terdiri dari sedang (2%) rendah (1%) dan sangat rendah (1%). Selanjutnya untuk melihat respon per kelompok pengunjung terhadap ketertarikan membeli produk dijabarkan pada Gambar 6 hingga Gambar 8.



Gambar 6 Ketertarikan untuk Membeli Produk oleh Pengunjung Kelompok Masyarakat Umum

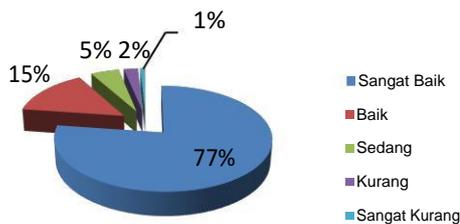


Gambar 7 Ketertarikan untuk Membeli Produk oleh Pengunjung Kelompok Pengusaha

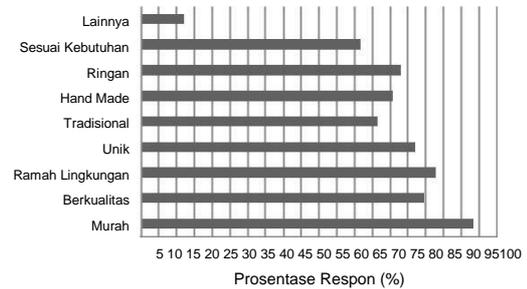


Gambar 8 Ketertarikan untuk Membeli Produk oleh Pengunjung Kelompok Wisatawan Asing (WNA)

Dalam survey respon pasar terhadap produk-produk kerajinan kayu sintetis juga dijangka prospek pasar atau ketertarikan pengunjung untuk terlibat dalam bisnis pemasaran dari produk-produk ini. Demikian juga telah alasan mengapa pengunjung tertarik untuk membeli dan atau berkeinginan untuk turut memasarkan produk-produk kerajinan kayu sintetis juga dijangka, demikian juga alasan sebaliknya.

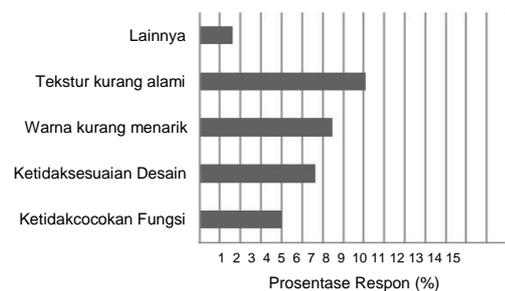


Gambar 9 Prospek Pasar atau Ketertarikan untuk Terlibat dalam Pemasaran Produk Bali Synwood oleh Seluruh Kelompok Pengunjung



Gambar 10 Alasan untuk tertarik membeli atau turut memasarkan produk

Alasan-alasan pengunjung tertarik untuk membeli dan atau tertarik untuk turut terlibat dalam pemasaran produk atau turut serta bisnis aneka kerajinan kayu sintetis mencerminkan keunggulan produk ini di mata pasar. Dengan demikian, urutan keunggulan produk kerajinan kayu sintetis menurut pasar adalah (1) harga murah dibandingkan dengan produk sejenis, (2) ramah lingkungan, (3) berkualitas, (4) unik, (5) ringan, (6) hand made, (7) tradisional, (8) sesuai kebutuhan, dan (9) alasan lainnya. Alasan-alasan responden (pengunjung) untuk tidak tertarik untuk membeli atau tidak tertarik untuk turut memasarkan produk-produk kerajinan dari kayu sintetis dapat dijabarkan pada Gambar 11. Alasan-alasan yang terungkap adalah ketidakcocokan fungsi, tekstur, warna, desain dan alasan lainnya. Alasan-alasan ini dijadikan kelemahan-kelemahan produk-produk kerajinan dari kayu sintetis menurut pasar dan dipakai sebagai refleksi untuk memperbaiki kualitas produk sesuai dengan keinginan/kebutuhan pasar.

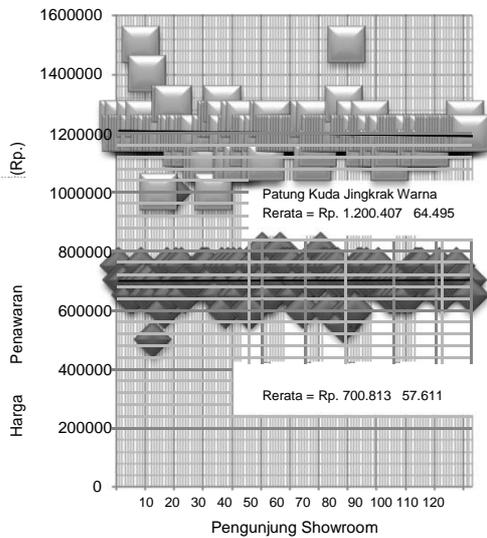


Gambar 11 Alasan-Alasan Pengunjung Tidak Terarik Membeli atau Turut Memasarkan Produk Kayu Sintetik.

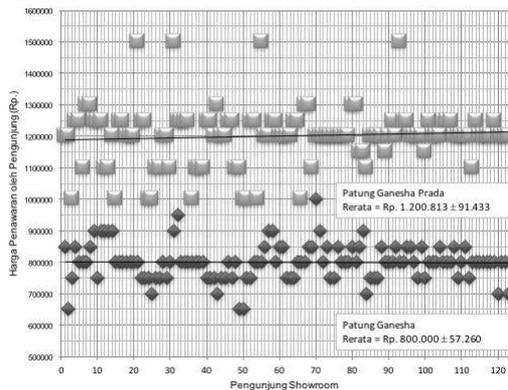
Survey terhadap harga-harga yang dikehendaki oleh pasar telah dilakukan dengan menanyakan harga-harga terendah yang ditawarkan atau harga-harga yang disepakati antara calon pembeli (pengunjung atau penawar) dengan penjual dalam hal ini tim peneliti selama periode uji penjualan 2 bulan terhadap

beberapa produk aneka kerajinan dari kayu sintetik yang dipajang di showroom di Ubud yaitu: (1) patung kuda jingkrak polos dan berwarna, (2) patung Ganesha besar polos dan berwarna prada,

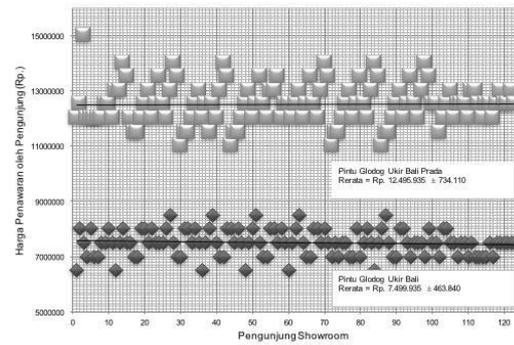
set pintu ukir Bali glodog polos dan berwarna prada, dan (4) set saka pat yaitu rangka gazebo ukir Bali. Harga rerata penawaran atau harga rerata yang disepakati oleh pembeli (dalam hal ini pengunjung showroom yang terjaring antara tanggal 1 Mei hingga 28 Juni 2016 di showroom Bali Synwood Satu di Jalan Raya Kedewatan antara Hotel Amandari dan Hotel Four Season di kawasan wisata Ubud seperti dipaparkan pada Gambar 12 hingga Gambar 15.



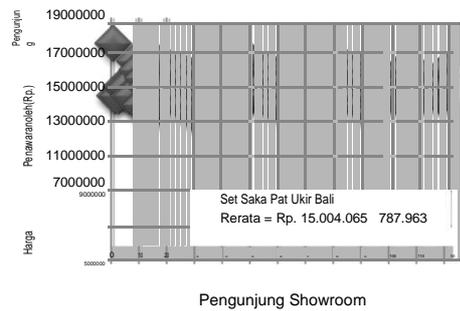
Gambar 12 Harga Penawaran oleh Pengunjung Terhadap Produk Kuda Jingkrak



Gambar 13 Harga Penawaran oleh Pengunjung Terhadap Produk Patung Ganesha



Gambar 14 Harga Penawaran oleh Pengunjung Terhadap Produk Set Pintu Ukir Bali Glodog



Gambar 15 Harga Penawaran oleh Pengunjung Terhadap Produk Set Saka Pat (kerangka gazebo ukir)

Hasil survey harga-harga pasar dari produk kerajinan berbahan kayu alam untuk kuda jingkrak dan patung ganesha tanpa warna adalah Rp. 1.500.000 hingga 1.700.000 sedangkan yang dipulas atau berwarna adalah Rp. 2.000.000 hingga Rp. 2.500.000. Hal ini menunjukkan bahwa harga pasar dari kerajinan patung kuda dan patung ganesha dari kayu sintetik hampir setengahnya lebih rendah. Demikian juga halnya dengan pintu glodog dan saka pat. Sementara itu jika dibandingkan dengan biaya produksi tiap item kerajinan kayu sintetik tersebut dengan harga pasar yang diperoleh dari studi ini menunjukkan bahwa harga pasar ini sudah lebih tinggi sekitar 60% dari biaya produksi. Hal ini berarti, kerajinan kayu sintetik memiliki peluang bisnis yang sangat baik.

5.SIMPULAN

Respon pengunjung (123 pengunjung dengan sebaran 49% masyarakat umum, 32% pengusaha, dan 19% warga negara asing) menyatakan bahwa aneka kerajinan kayu sintetik memiliki kelayakan pasar berkatagori sangat tinggi sebanyak 60% pengunjung, ketertarikan untuk membeli sangat tinggi sebanyak 81% pengunjung, dan ketertarikan untuk terlibat dalam pemasaran sangat tinggi sebanyak 77% pengunjung. Lima alasan utama yang mendukung ketertarikan untuk membeli dan

atau memasarkan produk adalah harga murah, ramah lingkungan, berkualitas, unik dan ringan. Harga-harga pasar berdasarkan penawaran pengunjung hampir 50% lebih murah dari harga-harga produk sejenis dari kayu alam, walaupun harga-harga tersebut adalah 60% lebih tinggi dari biaya produksinya.

6. PENGHARGAAN

Penghargaan dan terima kasih ditujukan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian skim Penelitian Unggulan Strategis Nasional tahun 2014-2016..

7. DAFTAR PUSTAKA

- Davis, B. R. Buhrts, B. K., Haemmerle, S. A., Taylor, W. G. Alessandro, J. A. 2013. Composit Component Having Multilayer Cap. *United State Patent*. Number: US 20130052395A1, February 28, 2013.
- Good, D. B. and Jones, L. B., 1997. Method of producing fibers from a straw and board products made therefrom. *US Patent*. Number: US5656129 A
- Karyasa, I W., 2012. Meta-analisis Terhadap Material Berbasis Silika Terbarukan dari Sekam Padi dan Pemetaan Biomassa Tropis Kaya Silikon. *Prosiding dalam Seminar Nasional MIPA 2012*, di Universitas Pendidikan Ganesha, 30
- Karyasa, I W., Muderawan, I W., Gunamantha, I M., Vivi Oviantari, N. M. 2016. Nanokomposit Silika-Karbon Sebagai Penguat Kayu Sintetik dari Serat Lignoselulosa Berbahan Biomassa Tropis Kaya Silikon. *Paten*. Nomor Permohonan: P00201407241Tgl 21-11-2014, Berita Resmi Paten Seri-A, Nomor: BRP477/II/2016, Tgl. 26 Februari 2016, Nomor Pengumuman: 2016/00843.
- Karyasa, I W., Muderawan, I W., Gunamantha, I M. 2016. Renewable Silica-Carbon Nanocomposite and Its Use for Reinforcing Synthetic Wood Made of Rice Straw Powders, *KnE Engineering*, vol. 2016, 6 pages. DOI 10.18502/keg.v1i1.522
- Karyasa, I W., Muderawan, I W., Gunamantha, I M. 2015. Silica-Carbon Nanocomposite from Bamboo Stems and Its Use for Reinforcing Synthetic Woods Produced From Lignocellulosic Agrifibers. *1st-International Conference on Inovative Research Across Discipline (ICIRAD)*, 18 Nopember 2015, Hotel Grand Inna Kuta Bali.
- Kurnianingsih, A. 2011. *Baliwood Baligood*. Kuta: Wisnu Press.
- Nilsson, B. 2012. Particle Board. *United State Patent*. Number: US 20120217671A1. August 30, 2012.
- Zehner, B. E. 2005. Multilayer Synthetic Wood Components. *United State Patent*. Number: US006958185B1. October 25, 2005.

SISTEM PENGELOLAAN SERTA DISTRIBUSI SURAT BERBASIS WEB DAN SMS GATEWAY (STUDI KASUS : FTK, UNDIKSHA)

Agus Aan Jiwa Permana¹, Gede Aditra Pradnyana²

¹Jurusan Manajemen Informatika FTK Undiksha; ² Jurusan Pendidikan Teknik Informatika FTK Undiksha Email:
agus.aan@undiksha.ac.id)

ABSTRACT

Based on the interview, obtained information that has not been computerized for mail processing and delivery of information is still using email and the leadership did not directly see the related letters. Management methods and the distribution of mail at the Faculty of Technology and Vocational (FTK) based on observations and interviews was done conventionally. Process documentation is done by writing in ledgers and filing the letter just a hardcopy document storage. The problems above can be solved by a system for the distribution of letters circulating in FTK. Dissemination of information-based website for ease of disseminating information. In addition, the dissemination of information are popular and can be accessed by all people is the media of the Short Message Service (SMS) via mobile phones. The advantage of SMS is inexpensive and can be accessed from all types of mobile phones and the possibility of the data in the receiver until more definite than the media sosial. So, in this research is necessary to develop a system of management and distribution of web-based mail and sms gateway technology at the Faculty of Technical and Vocational Undiksha.

Keywords: Distribution of mail, Web-based, SMS Gateway

ABSTRAK

Berdasarkan hasil wawancara, diperoleh informasi bahwa untuk pengelolaan surat belum terkomputerisasi serta penyampaian informasinya masih menggunakan email dan pimpinan tidak langsung dapat melihat surat terkait. Metode pengelolalan dan distribusi surat di Fakultas Teknologi dan Kejuruan (FTK) berdasarkan observasi dan wawancara masih dilakukan secara konvensional. Proses dokumentasi dilakukan dengan penulisan di buku besar dan pengarsipan surat hanya berupa penyimpanan dokumen hardcopy. Permasalahan-permasalahan di atas dapat diatasi dengan sebuah sistem untuk distribusi surat yang beredar di FTK. Penyebaran informasi berbasis website karena memudahkan menyebarkan informasi. Selain itu, penyebaran informasi yang populer dan bisa diakses oleh semua kalangan adalah media penyebaran dengan Short Message Service (SMS) melalui handphone. Keunggulan dari SMS adalah murah dan bisa diakses dari semua tipe handphone dan kemungkinan data sampai di penerima lebih pasti jika dibandingkan dengan media sosial. Sehingga pada penelitian ini perlu dikembangkan sebuah sistem pengelolaan dan distribusi surat berbasis web dan teknologi sms gateway pada Fakultas Teknik dan Kejuruan Undiksha.

Kata kunci: Distribusi Surat, Berbasis Web, SMS Gateway

PENDAHULUAN

Fakultas Teknik dan Kejuruan (FTK) merupakan bagian dari Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) yang berdiri sejak tahun 1990. Sampai tahun 2015, FTK memiliki enam jurusan, yaitu: Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (S1), Jurusan Pendidikan Teknik Informatika (S1), Jurusan Pendidikan Teknik Elektro (S1), Jurusan Manajemen

Informatika (D3), Jurusan Teknik Elektronika (D3), dan Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (S1). Sejak didirikan sampai sekarang FTK telah banyak menghasilkan sumberdaya manusia dibidang pendidikan teknik dan kejuruan. Sebagai salah satu fakultas yang memiliki jurusan sangat erat kaitannya dengan teknologi, beberapa pekerjaan administrasi di FTK masih dikerjakan secara manual. Salah satu pekerjaan adminstrasi rutin yang dilakukan

di FTK adalah pengelolaan dan distribusi surat.

Surat merupakan sarana penting bagi sebuah instansi, karena banyak informasi penting terdapat didalamnya. Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu staff FTK yang menangani disposisi surat, diperoleh informasi bahwa untuk pengelolaan surat belum terkomputerisasi serta penyampaian informasinya masih sebatas komunikasi dan pimpinan tidak langsung dapat melihat surat terkait. Secara umum surat yang beredar di FTK dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu surat masuk, surat keluar, dan surat internal. Surat masuk adalah surat datang dari pihak luar fakultas untuk fakultas atau unit yang ada dalam fakultas. Surat masuk diterima oleh sekretariat fakultas untuk selanjutnya diteruskan ke pihak atau unit penerima. Unit penerima surat akan memproses surat yang diterima. Pemrosesan surat bisa berupa pengarsipan atau disposisi surat. Surat keluar adalah surat yang dikirim fakultas ke unit tertentu sesuai dengan kebutuhan dan kepentingan di fakultas. Surat internal adalah surat yang dibuat oleh pihak dalam fakultas untuk diedarkan kepada internal jurusan dalam fakultas. Surat ini biasanya dibawakan langsung kepada penerima surat.

Contoh surat internal adalah surat undangan rapat. Surat masuk dan internal merupakan surat yang paling banyak didistribusikan di Fakultas Teknik dan Kejuruan. Metode pengelolaan dan distribusi surat di FTK berdasarkan observasi dan wawancara masih dilakukan secara konvensional. Proses dokumentasi dilakukan dengan penulisan di buku besar dan pengarsipan surat hanya berupa penyimpanan dokumen hardcopy. Metode ini masih belum efektif

dan efisien serta dapat menimbulkan beberapa persoalan yang dapat menghambat kinerja fakultas dan unit-unit yang berada di bawah fakultas. Persoalan yang muncul antara lain arsip yang tidak terkomputerisasi yang mengakibatkan penelusuran surat yang lama, kerangkapan data surat, surat tidak sampai pada pimpinan, kemungkinan surat salah kirim, atau bahkan surat yang dapat rusak karena dapat basah terkena air. Hal yang sering terjadi dosen sering lupa dan terlambat memeriksa surat yang ditujukan kepadanya. Hal ini tentu akan apabila berbahaya apabila sebuah surat mengandung informasi penting yang sifatnya segera, bahkan terkadang mendadak karena mobilitas dosen yang cukup padat.

Permasalahan-permasalahan di atas dapat diatasi dengan sebuah sistem yang dapat berfungsi sebagai media distribusi surat sekaligus tempat pengelolaan surat yang beredar di lingkungan FTK. Penggunaan teknologi informasi bisa menjadi salah satu solusi untuk mengatasi persoalan diatas. Penyebaran informasi berbasis website merupakan salah satu metode penyebaran informasi yang efektif karena website bisa diakses dimanapun selama terkoneksi jaringan internet. Selain itu, penyebaran informasi yang populer dan bisa diakses oleh semua kalangan adalah media penyebaran dengan Short Message Service (SMS) melalui handphone. Salah satu keunggulan dari media SMS ini adalah murah dan bisa diakses dari semua tipe handphone dan kemungkinan data sampai di penerima lebih pasti jika dibandingkan dengan media sosial misalnya. Handphone lebih efektif karena hampir semua orang memiliki handphone sehingga penyebaran informasi

menjadi lebih tepat sasaran. Informasi yang di sebarakan melalui SMS biasanya dapat disampaikan dan diterima secara lebih cepat karena data pending lebih diminimalisir. Pengolahan data yang berbasis komputer akan memudahkan proses manipulasi data menjadi informasi penting dan berarti. Kelebihan dan kemudahan teknologi yang dipaparkan sebelumnya seharusnya dapat mengatasi permasalahan pengelolaan dan distribusi surat di lingkungan FTK, sehingga pada penelitian ini perlu dikembangkan sebuah sistem pengelolaan dan distribusi surat berbasis web dan teknologi sms gateway pada Fakultas Teknik dan Kejuruan Undiksha.

METODE

State of The Art

Penelitian yang dilakukan oleh Saputra dan Famukhit (2014) merancang sebuah sistem informasi pengelolaan surat masuk dan surat keluar pada MTs GUPPI Jetiskidul berbasis desktop. Sistem yang dibuat berfungsi dalam pendataan surat masuk dan surat keluar agar nantinya mudah dilakukan pencarian terkait arsip surat.

Serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Saputra dan Famukhit (2014), penelitian yang dilakukan oleh Oetari,dkk. (2015) melakukan perancangan dan pembangunan sebuah sistem informasi kearsipan pada PT. Zenith Djaja Palembang. Sistem yang dibangun oleh Oetari, dkk masih berbasis desktop akan tetapi sudah dilengkapi dengan fitur laporan serta distribusi data surat ke direktur. Bibit dan Sukadi (2015) membangun sebuah sistem pengelolaan surat masuk dan surat keluar terkomputerisasi di SMP Negeri 1 Tegalombo. Syahrin, dkk (2015) juga

melakukan penelitian terkait dengan pembangunan sebuah aplikasi pengelolaan surat pada Komisi Pemilihan Umum Kota Palembang berbasis web menggunakan metode Rational Unified Process (RUP).

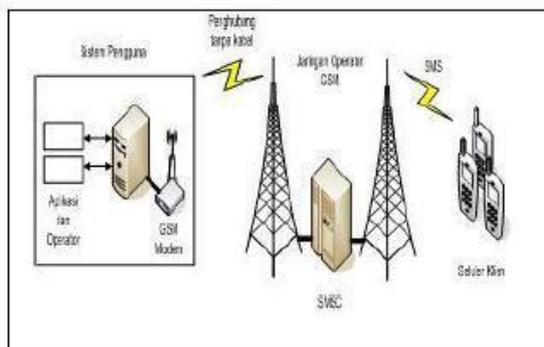
Pada penelitian ini akan dibangun sebuah sistem yang melakukan pengelolaan serta distribusi surat berbasis web. Selain mengelola pengarsipan surat, sistem berbasis web yang akan dibangun juga akan dilengkapi teknologi SMS gateway untuk memberikan notifikasi atau informasi secara langsung melalui SMS pada penerima surat.

Pengertian Sistem

Pengertian sistem diambil dari asal mula sistem yang berasal dari bahasa Latin (systema) dan bahasa Yunani (sustema) yang memiliki pengertian bahwa suatu sistem merupakan suatu kesatuan yang didalamnya terdiri dari komponen atau elemen yang berhubungan satu dengan yang lainnya, yang berfungsi untuk memudahkan aliran informasi, materi atau energi. Istilah ini sering dipergunakan untuk menggambarkan suatu set entitas yang berinteraksi (Hartono, 2005). Menurut Hall (2001), sebuah sistem adalah dua atau lebih komponen yang saling berkaitan (inter-related) atau subsistem-subsistem yang bersatu untuk mencapai tujuan bersama (common purpose). Menurut O'Brien (2005), sistem adalah sekelompok komponen yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama dengan menerima input serta menghasilkan output dalam proses transformasi yang teratur. Selain kedua pendapat tersebut, Hartono (2005) membagi definisi sistem menjadi dua pendekatan, yaitu pendekatan yang menekankan pada prosedurnya dan menekankan pada komponen atau elemennya.

SMS Gateway

Short Message Service atau yang lebih dikenal dengan SMS adalah layanan yang dipakai dalam sistem pengiriman dan penerimaan teks antar telepon selular. Teknologi ini mulai diperkenalkan pada tahun 1991 di Eropa (Putro, 2009) dan kemudian menjadi standar komunikasi selular berbasis GSM. Menurut Wibawa (2008), dalam sistem SMS, mekanisme utama yang dilakukan dalam sistem adalah melakukan pengiriman short message dari satu terminal pelanggan ke terminal yang lain. SMS Gateway dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi SMS Gateway

Website

Menurut Kadir (2006, 2-4), *World Wide Web* (WWW) atau biasa disebut dengan Web merupakan salah satu sumberdaya internet yang berkembang pesat. Saat ini, informasi Web didistribusikan melalui pendekatan hyperlink, yang memungkinkan suatu teks, gambar, ataupun objek yang lain menjadi acuan untuk membuka halaman-halaman Web yang lain. Dengan pendekatan hyperlink ini, seseorang dapat memperoleh informasi dengan meloncat dari suatu

halaman ke halaman yang lain. Halaman-halaman yang diakses pun dapat tersebar di berbagai mesin bahkan di berbagai Negara. Pada awalnya aplikasi web dibangun hanya dengan menggunakan bahasa yang disebut HTML (HyperText Markup Language) dan protokol yang digunakan dinamakan HTTP (HyperText Transfer Protocol).

Tahapan Penelitian

Pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *System Development Live Cycle* (SDLC) dengan model Waterfall. SDLC merupakan salah satu metodologi pengembangan perangkat lunak yang umum digunakan dalam beberapa teknik dan bidang industri seperti rekayasa sistem, perangkat lunak, teknik mesin, dan ilmu komputer.

Model waterfall merupakan proses pengembangan perangkat lunak secara sekuensial dengan daftar tahapan yang mengalir ke bawah (Bassil, 2012). Adapun tahapan-tahapan pengembangan sistem yang akan dilaksanakan terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Pengembangan Sistem

Metode Pengumpulan Data

Adapun metode yang akan digunakan dalam pengumpulan data atau fakta yang relevan dengan sistem adalah :

Observasi, dengan mengamati langsung ke FTK

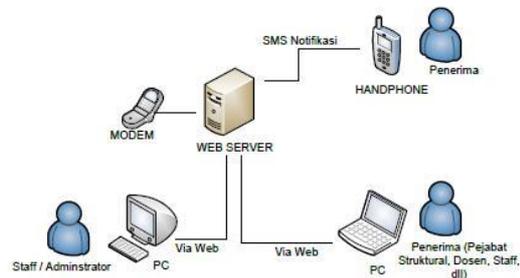
Wawancara, langsung dengan staff yang menangani masalah surat menyurat.

Serta kajian pustaka atau studi literatur, membaca berbagai buku, makalah dan bahan bacaan lain sebagai referensi yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan sistem. Selain itu data dan informasi yang di butuhkan juga diperoleh dengan mengunjungi berbagai situs-situs terkait yang menyediakan berbagai informasi yang relevan dengan bahasan penelitian.

Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk mengidentifikasi data yang dibutuhkan sistem dalam pengembangannya. Data yang digunakan adalah data surat masuk, keluar, ataupun surat yang dibuat untuk internal di lingkungan fakultas. Adapun gambaran umum dari sistem yang akan

dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambaran Umum Sistem

Secara garis besar, dapat dijelaskan bahwa beberapa proses pada sistem yang akan dibangun antara lain :

Staff akan melakukan input data surat masuk seperti asal surat, perihal surat, ringkasan isi surat, dan tingkat kepentingan surat. File surat akan dipindai (scan) kemudian tersimpan dalam server sebagai arsip.

Penerima surat akan menerima notifikasi melalui SMS mengenai surat yang diterima. Penerima dapat melihat detail dari surat yang diterima via website menggunakan komputer atau smartphome.

Penerima surat juga dapat memberikan disposisi atau meneruskan surat ke penerima lain jika diperlukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan telah berjalan, telah menghasilkan beberapa kemajuan meliputi proses identifikasi permasalahan, pengumpulan data, perancangan basis data, perancangan halaman master data, halaman admin, dan halaman user. Namun banyak hal yang masih harus dikerjakan untuk menghasilkan sebuah sistem seperti yang diharapkan. Dengan alokasi waktu yang minim, perkembangan dari penelitian telah menciptakan beberapa modul antara lain :

Modul Halaman Utama
Modul Master Data
Modul Locker Surat
Modul Kotak Keluar

Modul Halaman Utama ini adalah untuk memasukkan data surat penting di fakultas, baik yang bersifat internal maupun eksternal. Pada halaman ini, bukan saja memasukkan identitas surat namun pengguna disediakan tempat untuk mengupload surat aslinya yang dapat dilihat seperti Gambar 4. Modul master data seperti Gambar 5, akan dijabarkan lagi menjadi beberapa bagian penting terkait dengan data surat seperti :

- Data Dosen
- Data Pegawai
- Data User
- Data Fakultas
- Data Jurusan

Gambar 4. Modul Halaman Utama

Modul yang dikenal dengan nama lengkap *e-locker*, adalah modul inti dari sistem. Dosen dapat login yang akan masuk ke halaman utama seperti Gambar 5. Dosen dapat melihat apakah ada surat yang masuk pada *e-locker*. Halaman ini diakses oleh dosen dan admin. Admin untuk memantau apakah surat yang ditembuskan ke jurusan atau dosen sudah terbaca atau belum.

No.	Nomor Surat	Jumlah Lampiran	Perihal	Tanggal Surat Tertera	Tanggal Surat Terima	Tembusan	Jenis Surat	File Scan Surat	Keterangan	Status	Action
1	272/UN48.15/LT/2016	1	Jadwal Pelaksanaan Penugasan Program Penelitian di Perguruan Tinggi Tahun 2016	2016-04-04	2016-06-30	Rektor, Pembantu Rektor I, Dekan	Internal	Lihat Surat	Surat Penelitian untuk Pendanaan 2016	Aktif	[Red Stop Icon] [Blue Refresh Icon]

Gambar 5. Modul Master Data

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, dapat dikatakan dalam implementasi sudah dapat menghasilkan

sebuah system yang dapat membantu menangani manajemen data surat dan selain mengirimkan notifikasi melalui SMS, pemberitahuan juga dilakukan melalui email bahkan dengan keduanya. Namun

aplikasi masih dalam proses *Beta Testing*, untuk menghasilkan aplikasi yang familiar untuk digunakan. Dengan pengembangan aplikasi berbasis SMS gateway, diharapkan aplikasi dapat menampilkan notifikasi di perangkat mobile berbasis multiplatform.

DAFTAR RUJUKAN

- Bassil, Youssef. 2012. A Simulation Model for the Waterfall Software Development Life Cycle. *International Journal of Engineering & Technology (iJET)*, Vol. 2, No 5
- Bibit dan Sukadi. 2015. Sistem Pengelolaan Surat Masuk Dan Surat Keluar Terkomputerisasi Pada Unit Pelaksana Teknis (Upt) Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Tegalombo. *Speed Journal – Indonesian Journal on Computer Science*, Vol. 4, No. 2.
- Hall, James, 2001. *Sistem Informasi Akuntansi*, Edisi Ketiga. Jakarta : Salemba Empat.
- Hartono, Jogyanto, 2005. *Analisis & Desain Sistem Informasi: pendekatan terstruktur teori dan praktik aplikasi bisnis*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Kadir, Abdul. 2006. *Dasar Pemrograman Web Dinamis Menggunakan PHP*. Yogyakarta: Andi.
- O'Brien, James A, 2005. *Pengantar Sistem Informasi*, Edisi Kedua Belas. Jakarta : Salemba Empat.
- Oetari, Dwi., Mulyati, dan Hartati, Ery. 2015. *Rancang Bangun Sistem Informasi Kearsipan pada PT. Zenith Djaja Palembang*. E-Prints STMIK GI Multi Data Palembang (MDP).
- Putro, B.L. 2009. *Aplikasi Message Center: Modul Antar Muka Antara Handphone Dengan Komputer*. SNATI 2009, Yogyakarta, hal. E-108 – E-113
- Saputra, Kurnia Adhi dan Famukhit, Muga Liggar. 2014. *Perancangan Sistem Informasi Pengelolaan Surat Masuk dan Surat Keluar pada MTs Guppi Jetiskidul*. *Indonesian Journal on Networking and Security*, Vol. 3 No. 4.

PENGGUNAAN TEKNOLOGI DAUR ULANG PERKERASAN ASPAL UNTUK MENINGKATKAN AKSESIBILITAS MENUJU LOKASI WISATA DI TIMOR

Melchior Bria¹, Anastasia H. Muda², Lodofikus Dumin³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang; ²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Kupang

Email : melchibria@yahoo.co.id

ABSTRACT

The use of recycling technologies to the principles of green roads should get priority. For it should be studied whether feasible or not both technical and economical. Research carried out in two stages, testing asphalt content, fine and coarse aggregate tests and test and analysis marshall cost per unit of work. The results showed that the type of asphalt mixture on the pavement Roads Kupang - Tablolong, Lakafehan - Kolam Susu, Kefamenanu - Wini and Soe - When (Fatumnasi) is a type Mixed Asphalt Concrete or Asphalt Concrete (AC), with average bitumen in the old asphalt pavement mixture is between 6% - 7% . While the analysis of the cost per ton of air conditioning work in general is Rp. 1,107,240.00. Whereas if you use the old pavement material: Without adding new material, total cost per ton of Rp. 456,390.00 per ton while adding bitumen and aggregate average of 10%, then there is still a savings of Rp. 144,900.00 per ton.

Keywords: recycling, asphalt concrete, cost

ABSTRAK

Penggunaan teknologi daur ulang dalam menerapkan prinsip green roads perlu mendapat prioritas. Untuk itu perlu dikaji apakah layak diterapkan ataukah tidak baik dari sisi teknik maupun ekonomis. Penelitian dikerjakan dalam dua tahap yaitu, pengujian kadar aspal, ujia agregat halus dan kasar dan uji marshall serta analisa biaya per satuan pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jenis campuran beraspal pada perkerasan Ruas Jalan Kupang – Tablolong, Lakafehan – Kolam Susu, Kefamenanu – Wini dan Soe – Kapan (Fatumnasi) adalah Jenis Campuran Lapis Aspal Beton atau Asphalt Concrete (AC), dengan Rata-rata kadar aspal dalam campuran perkerasan aspal lama adalah antara 6% – 7% . Sedangkan Analisa biaya per ton pekerjaan Jalan AC secara umum adalah sebesar Rp. 1.107.240,00. Sedangkan jika menggunakan material perkerasan lama : Tanpa menambah material baru, total biaya per ton sebesar Rp. 456.390,00 per ton sedangkan dengan menambah kadar aspal dan agregat rata-rata 10% maka masih terjadi penghematan sebesar Rp. 144.900,00 per ton.

Kata kunci: daur ulang, asphalt concrete, biaya

PENDAHULUAN

Dalam pembangunan pariwisata, jalan merupakan salah satu prasarana vital sebagai akses menuju ke lokasi wisata andalan di Timor, yaitu wilayah Kabupaten Kupang (Pantai Tablolong, Air Terjun Onesu, dan Taman Doa Oebelo), Wilayah Kota Kupang (Pantai Lasiana), Wilayah TTS (Kawasan Wisatan Taman Gunung Mutis), Kabupaten TTU (Pantai Wini), Kabupaten Belu (Kolam Susuk-Teluk Gurita).

Guna tetap menjaga umur layanan jalan-jalan khusus untuk mencapai tempat

wisata tersebut, Pemerintah telah mengalokasikan secara khusus anggaran pemeliharaan jalan tersebut dan pada umumnya dilakukan dengan cara pelapisan ulang (overlay) pada permukaan jalan akan tetapi tetap juga mengalami kerusakan kembali (Dinas PU Propinsi NTT, 2012).

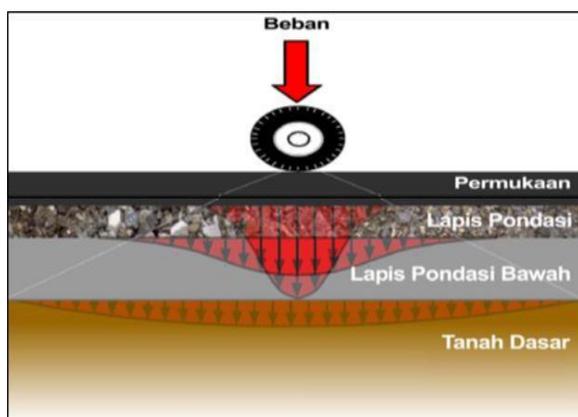
Upaya pelapisan ulang yang selama ini dilakukan merupakan cara yang paling mudah untuk dilakukan. Namun, seringkali selesai dilapisi ulang, tetap saja mengalami kerusakan (Bria, 2015: 26-35). Aly (2008:5-6)

menyebutkan overlay merupakan teknologi konvensional, mengandung unsur over disain, kesulitan melakukan perbaikan mutu bahan dan adanya batas minimum tebal lapis ulang, menyebabkan biaya melebihi dari kebutuhan yang diperlukan.

Penggunaan teknologi modern dengan menerapkan prinsip green roads perlu mendapat prioritas sehingga dapat meminimalisasi permasalahan di atas. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan teknologi daur ulang.

Untuk itu, maka apakah ruas-ruas jalan menuju lokasi wisata di atas, perkerasan aspalnya layak untuk didaur ulang dan berapakah besar penghematan yang bisa dilakukan dengan menggunakan teknologi daur ulang?

Lapisan perkerasan jalan adalah salah satu elemen pada konstruksi perkerasan jalan. Lapisan ini terletak di atas tanah dasar yang telah mengalami pemadatan. Lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima beban langsung dari kendaraan yang melewatinya untuk kemudian didistribusikan ke badan jalan, sehingga diharapkan tanah dasar menerima pembebanan dari kendaraan dengan intensitas pembebanan tidak melebihi kapasitas dayanya.



Gambar 1. Distribusi Beban pada Struktur Jalan Sumber : Soemino, 2006

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 jenis konstruksi perkerasan, yaitu :

Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Disebut "lentur" karena konstruksi ini memungkinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas dari permukaan sampai ke tanah dasar. Salah satu jenis perkerasan lentur adalah HRS, Porous Asphalt (PA) serta Asphalt Concrete (AC)

Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (portland cement) sebagai bahan pengikat. Disebut "kaku" karena plat beton tidak terdefleksi akibat beban lalu lintas dan didesain untuk umur 40 tahun sebelum dilaksanakan rekonstruksi besar-besaran.

Konstruksi perkerasan komposit (compasite pavement), yaitu perkerasan yang mengkombinasikan antara aspal dan semen (PC) sebagai bahan pengikatnya. Penyusunan lapisan komposit terdiri dari dua jenis.

Teknik daur ulang atau penggunaan kembali material jalan asli dengan konsep daur ulang (recycling pavement asphalt (RAP) yaitu penggunaan kembali konstruksi perkerasan lama (eksisting), baik dengan ataupun tanpa tambahan bahan baru untuk keperluan pemeliharaan, perbaikan maupun peningkatan konstruksi perkerasan jalan. Teknologi ini terdapat 7 jenis metode daur ulang konstruksi perkerasan jalan, yaitu : (1) *hot mix recycle*;

cold mix recycle; (3) *surface recycle*; (4) *reconstruct with all new material*; (5) *patch and thick overlay*; (6) *patch and thin overlay*;

patch pada rutin maintenance (Ally, 2008 : 3 - 11).

Penelitian terdahulu (Bria, 2015:26-35) telah dilakukan identifikasi kondisi jalan dengan menentukan nilai road condition index (RCI) dan merencanakan program pemeliharaan dari masing-masing ruas jalan menuju lokasi wisata tersebut di atas. Dari penelitian ini diperoleh tiga kriteria dasar yaitu nilai kondisi jalan, tingkat kerusakan jalan dan kemandapan jalan untuk menentukan jenis

pemeliharaannya dan rekomendasi penggunaan teknologi RAP pada ruas jalan tertentu. Hasilnya adalah sebagai berikut :

Kondisi ruas jalan yang ditinjau umumnya mengalami kerusakan dari Rusak Berat hingga dalam kondisi Baik dengan nilai RCI paling rendah 2 dan paling tinggi 8 dengan tingkat kemantapan jalan tidak mantap dan mantap. Ruas jalan yang mengalami rusak berat adalah ruas Kupang –Tablolong dari Gapura menuju pantai, ruas Batakte – Oenesu, ruas Kapan – Fatumasi, dan ruas Kolam Susuk – Teluk Gurita. Nilai RCI dari ruas-ruas jalan tersebut adalah 2 – 3. Sedangkan kerusakan kategori rusak ringan dialami oleh ruas jalan Pantai Lasiana, Taman Doa Oebelo dan ruas Soe – Kapan dengan nilai RCI adalah 3,5 – 6. Selanjutnya kerusakan kategori sedang, dialami oleh jalan ruas Batulesa – Tablolong dan Maubesi Wini dengan nilai RCI adalah 7. Ruas jalan terakhir adalah ruas Lakafehan – Kolam Susuk kondisi baik dengan nilai RCI adalah 8.

Dari hasil analisa kondisi jalan maka rekomendasi penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan peningkatan untuk ruas jalan dengan kondisi rusak ringan – rusak berat, dan pembangunan baru pada ruas yang mengalami rusak berat. Sedangkan ruas jalan dengan kondisi sedang dapat dilaksanakan rehabilitasi dan jika kerusakan belum parah dapat dilakukan perawatan rutin

Ruas jalan yang akan dilanjutkan dengan pemeriksaan Pengujian RAP adalah ruas jalan yang perkerasannya menggunakan campuran HMA, yaitu ruas jalan Kupang – Tablolong, Soe – Kapan, Lakafehan - Kolam Susuk dan ruas jalan Kefamenanu – Pantai Wini.

Pada dasarnya Teknologi Pavement Recycling adalah teknik untuk merehabilitasi /merekonstruksi dan/atau meningkatkan perkerasan jalan dengan mengolah kembali (daur ulang) material perkerasan lama menjadi perkerasan baru yang lebih kuat. Konsep ini dikenal dengan istilah New Roads from Old. Pada dasarnya, hakekat dari pavement

recycling adalah mengoptimalkan penggunaan material jalan yang sudah ada dilokasi pekerjaan.

Semua proses recycling terdiri dari 4 (empat) kategori adalah sebagai berikut (Nicholls, 1998) :

Hot Recycling: adalah proses daur ulang panas dimana reclaimed dikombinasikan dengan agregat dan aspal baru apabila diperlukan, kemudian dicampur dan dipanaskan dengan temperatur tertentu untuk memproduksi HMA

Cold Recycling adalah proses daur ulang tanpa pemanasan tetapi dilakukan sesuai dengan suhu lingkungan atau suhu sekitarnya, kemudian dihampar dan dipadatkan serta difungsikan sebagai lapisan di bawah lapis permukaan

In-Situ Recycling: merupakan proses daur ulang yang dilakukan langsung di lokasi dengan memanfaatkan mesin recycling khusus, yang perangkat utamanya adalah millingdrum yang dilengkapi dengan gigi-gigi penghancur. Millingdrum ini dapat berputar dan melakukan proses penghancuran dan pencampuran material bekas perkerasan lama dengan material baru atau bahan pengikat jika diperlukan, sampai kedalaman tertentu.

In-Plant Recycling: dilakukan dengan memanfaatkan mesin penghancur perkerasan jalan (milling) kemudian dibawa ke plant dengan dump truck, diproses di plant dan dibawa kembali ke lapangan untuk ditebarkan dan dipadatkan.

Pada akhir tahun 1991 atau awal tahun 1992, diadakan serangkaian penelitian guna menetapkan spesifikasi penggunaan RAP untuk perkerasan jalan dengan lalu lintas berat. Campuran aspal yang berisi 10 % RAP bisa digunakan untuk lapis permukaan tanpa pengujian. Sedangkan campuran aspal yang menggunakan lebih besar 10 % RAP harus dilakukan pengujian terlebih dahulu (Nicholls, 2008).

Ada tiga jenis bahan yang digunakan pada daur ulang campuran panas yaitu bahan

garukan perkerasan lama, agregat dan aspal baru.

Sedangkan Lapis perkerasan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapat lapis perkerasan yang kuat, aman dan nyaman untuk dilewati kendaraan. Khususnya untuk perkerasan lentur, karakteristik perkerasannya tidak lepas dari sifat-sifat bahan penyusunnya, yaitu sifat-sifat dari aspal dan agregat. Adapun karakteristik perkerasan meliputi : Stabilitas; Kelelahan (flow); Durabilitas; Tahanan Geser (Skid Resistance); Fleksibilitas (Kelenturan); Porositas ; Permeabilitas; Kuat tarik; Kuat Tekan.

Pengujian campuran beraspal dilakukan melalui serangkaian pemeriksaan/pengujian sebagai berikut (Puslitbang Jalan dan jembatan, 2006), yaitu :

A. Pemeriksaan Volumetrik Test

a. Densitas

$$\frac{W_{dry}}{D}$$

$$D = \frac{W_s}{W_w}$$

b. Specific Gravity Campuran

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%Wak}{SGak} + \frac{\%Wah}{SGah} + \frac{\%Wf}{SGf} + \frac{\%Wb}{SGb}}$$

c. Porositas

$$P_1 = \frac{D}{SG_{mix}} \times 100$$

B. Marshall Test

Uji Marshall dilakukan untuk menentukan stabilitas, flow dan Marshall Quotient. Selanjutnya hasil tersebut digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum.

Stabilitas

$$S = q \times k \times H \times 0,454$$

Flow

Marshall Quotient

$$MQ = \frac{S_f}{f}$$

C. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung (Indirect

Tensile Strength Test)

Indirect Tensile Strength Test adalah metode pengujian gaya tarik secara tidak langsung untuk mengetahui karakter tensile dari campuran perkerasan.

$$\frac{2xP}{dh}$$

ITS

D. Uji Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compressive Strength Test) Kuat tekan bebas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara vertikal yang dinyatakan dalam kg atau lb.

$$UCS = \frac{P}{A}$$

C. Permeability Test

$$k = \frac{VxLx}{AxPxT}$$

METODE

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan, yaitu Pengujian Campuran Beraspal (RAP) dan analisa ekonomi penggunaan RAP yang selanjutnya sebagai dasar perencanaan strategis pengembangan teknologi daur ulang perkerasan aspal.

Pengujian Laboratorium untuk RAP dilakukan di Lab. Pengujian Bahan dan Surveying Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Kupang. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dan tempat pengambilannya adalah (1) Reclaimed Asphalt Pavement berupa lapis permukaan AC - WC ruas jalan yang menuju ke lokasi wisata di Timor; (2) Aspal Baru berupa aspal keras dengan nilai penetrasi 60/70. Bahan yang akan digunakan tersebut diuji melalui Pengujian Ekstraksi; Pemeriksaan Gradasi Agregat RAP ; Pengujian Agregat RAP; dan Pemeriksaan Gradasi Agregat Baru.

Pengambilan sampel bahan RAP pada ruas jalan menuju lokasi Wisata di wilayah Timor menggunakan alat manual berupa pahat untuk melakukan cutting (pemotongan). Pengambilan sampel dilakukan per setiap 100 m sepanjang

ruas jalan yang ditinjau pada STA yang mengalami kerusakan atau berpotensi mengalami kerusakan. Sedangkan alat pemeriksaan mutu Agregat RAP adalah mesin uji Los Angeles, mesin Abrasi, alat uji saringan (sieve) standar ASTM, mesin getar untuk saringan (sieve Stricker), timbangan, Alat pembuat briket campuran aspal panas dan alat Ekstraksi Tabung Refluks Gelas.

Selanjutnya dilakukan uji Ekastrasi adalah pemisahan dua atau lebih bahan dengan cara menambah pelarut yang dapat melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran. Pengujian Ekstraksi dilakukan terhadap reclaimed aspal untuk memisahkan aspal dan agregat, dengan menggunakan alat Ekstraksi Tabung Refluks Gelas. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah bensin, cairan triklorosan dan RAP. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar aspal dan gradasi agregat RAP sehingga dapat dilakukan penyusunan komposisi bahan sesuai perencanaan dan selanjutnya dapat dilakukan pengujian sifat aspal pada pelaksanaan dan masa pelayanannya.

Setelah Ekstraksi, pada penelitian ini dilakukan penggabungan gradasi yaitu gradasi RAP, gradasi agregat kasar dan halus dengan menggunakan metode grafis diagonal dilakukan dengan cara trial and error. Dalam penelitian ini penggabungan gradasi diarahkan pada proporsi RAP yang terbesar diantara proporsi agregat lainnya dengan alasan nilai ekonomis. Penggabungan gradasi yang memenuhi spesifikasi adalah yang persentase agregatnya lolos pada tiap saringan.

Selanjutnya dilakukan pembuatan dan Pengujian Benda Uji. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian Marshall, kuat tarik, kuat tekan dan permeabilitas dengan 2 (dua) variasi RAP yang prosentasenya lolos saringan dan prosentase RAP-nya terbesar. Adapun jumlah benda uji yang dibuat untuk penentuan kadar aspal optimum sebanyak 40, masing-masing 10 benda uji untuk setiap ruas jalan. Pengujian dalam penelitian berupa Pengujian Volumetrik (meliputi : uji Densitas, Spesific Gravity

Campuran, Porositas) dan Marshall Ttest (meliputi pengujian Stabilitas, Flow dan Marshall Quotient).

Pada tahap akhir penelitian ini dilakukan analisa ekonomis pemakaian bahan pada campuran HRS sesuai dengan mix design pada kadar aspal optimum. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar nilai ekonomis dari penggunaan RAP per m³ dalam campuran aspal, yang akan dibandingkan dengan campuran yang menggunakan fresh aggregate.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian RAP merupakan bagian penting dalam menentukan kelaikan perkerasan struktur jalan yang akan didaur ulang. Untuk dilakukan pengambilan sampel perkerasan lama pada ruas jalan yang diajukan dalam penelitian terdahulu., yaitu ruas jalan Kupang Tablong, Ruas Jalan Soe – Kapan (Fatumnasi) di TTS, Ruas Jalan Kefamenanu (Maubesi) – Wini di TTU dan Ruas Jalan Lakafehan – Kolam Susuk di Atambua. Sampel diambil pada setiap 100 meter sepanjang 1000 meter pada bagian ruas jalan yang mengalami kerusakan.

Selanjutnya dilakukan pengujian ekstraksi yaitu pemisahan dua atau lebih bahan dengan cara menambah pelarut yang dapat melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran. Pengujian Ekstraksi dilakukan terhadap reclaimed aspal untuk memisahkan aspal dan agregat, dengan menggunakan alat Ekstraksi Tabung Refluks Gelas. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah bensin, cairan triklorosan dan RAP. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar aspal dan gradasi agregat RAP sehingga dapat dilakukan penyusunan komposisi bahan sesuai perencanaan dan selanjutnya dapat dilakukan pengujian sifat aspal pada pelaksanaan dan masa pelayanannya

Prosedur pengujian yang harus dilakukan diuraikan dibawah ini :

tentukan berat air dari contoh uji (W
2);

keringkan kertas saring dalam oven $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan timbang sampai berat tetap; timbang berat tiap rangka silinder yang telah dipasang kertas saring, dengan ketelitian 0,5 gram; masukkan benda uji ke dalam rangka yang telah diberi kertas saring berbentuk kerucut, bila digunakan dua rangka, benda uji dibagi menjadi dua bagian dengan berat yang sama. Benda uji harus terletak dibawah ujung atas dari kertas saring, tentukan berat dari masing-masing rangka + benda uji dengan ketelitian 0,5 gram (W 1);

kerucut;

teruskan ekstraksi dengan cara refluks, sampai pelarut berwarna jernih;

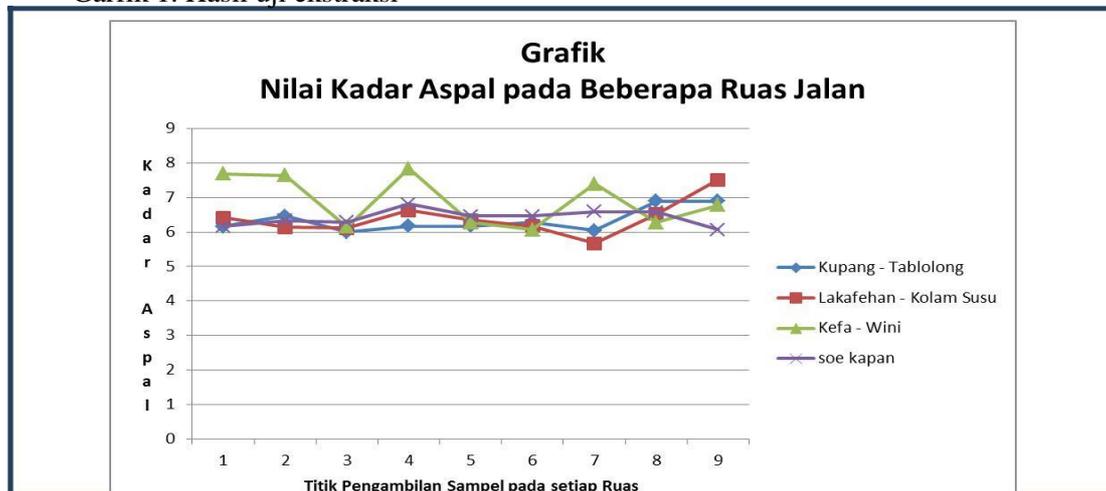
matikan pelat pemanas listrik dan biarkan tabung cukup dingin untuk dipegang, lepaskan pendingin dan pindahkan dari tabung;

pindahkan rangka dari dalam tabung,

biarkan kering di udara, setelah itu

Hasil Uji Ekstraksi dapat dilihat dari garfik 1 berikut ini

Garfik 1. Hasil uji ekstraksi



Sumber : Hasil Olah Data

Tabel 1. Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar SNI 03-1968-1990

e. gunakan salah satu pelarut Trichlorethylene atau Methylene Chloride; bila digunakan dua rangka, tempatkan rangka atas pada rangka di bawahnya; tuangkan pelarut kedalam tabung gelas yang sudah berisi rangka dan benda uji, dengan permukaan pelarut berada dibawah ujung kerucut rangka atas; letakkan kasa asbes di atas pelat pemanas listrik dan letakkan tabung gelas di atasnya; atur pemanasan sehingga pelarut yang terkondensasi membasahi rangka yang berisi benda uji, jaga jangan sampai pelarut berlebih masuk ke dalam penyaring pada

keringkan di dalam oven pada temperatur $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, setelah kering agregat ditimbang (W 3);

saring filtrat dengan kertas saring yang telah ditimbang (B). keringkan dalam oven pada temperatur $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap , timbang (C) .W 4 = C - B

Ruas Jalan : Kupang Tablong

		Berat Bahan Kering =		491,3 gram		
Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	JUMLAH PERSEN		Spesifikasi Laston (AC - WC)
				Tertahan	Lewat	
25,4	(1")		0	0	100	100 - 100
19,1	(3/4")		0	0	100	100 - 100
12,7	(1/2")		19,3	4,00	96,00	90 - 100
9,52	(3/8")		50,6	10,40	89,60	77 - 90
No.	4		159,4	32,80	67,20	53 - 69
No.	8		246,2	50,70	49,30	33 - 53
No.	16		317,4	65,30	34,70	21 - 40
No.	30		351,6	72,30	27,70	14 - 30
No.	50		388,6	80,00	20,00	9 - 22
No.	100		420,6	86,40	13,60	6 - 15
No.	200		442,3	91,00	9,00	4 - 9
Pan						

Ruas Jalan : Lakafehan Kolam Susu

		Berat Bahan Kering =		465,5 gram		
Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	JUMLAH PERSEN		Spesifikasi Laston (AC - WC)
				Tertahan	Lewat	
25,4	(1")		0	0	100	100 - 100
19,1	(3/4")		0	0	100	100 - 100
12,7	(1/2")		19,3	4,15	95,85	90 - 100
9,52	(3/8")		52,7	11,32	88,68	77 - 90
No.	4		158,3	34,01	65,99	53 - 69
No.	8		248,4	53,36	46,64	33 - 53
No.	16		320,2	68,79	31,21	21 - 40
No.	30		362,3	77,83	22,17	14 - 30
No.	50		377,9	81,18	18,82	9 - 22
No.	100		411,3	88,36	11,64	6 - 15
No.	200		439,5	94,41	5,59	4 - 9
Pan						

Ruas Jalan : Kefamenanu - Wini

		Berat Bahan Kering =		461,5 gram		
Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	JUMLAH PERSEN		Spesifikasi Laston (AC - WC)
				Tertahan	Lewat	
25,4	(1")		0	0	100	100 - 100
19,1	(3/4")		0	0	100	100 - 100
12,7	(1/2")		20,4	0,00	100,00	90 - 100
9,52	(3/8")		49,7	10,77	89,23	77 - 90
No.	4		148,9	32,26	67,74	53 - 69
No.	8		238,5	51,68	48,32	33 - 53
No.	16		319,4	69,21	30,79	21 - 40
No.	30		352,3	76,34	23,66	14 - 30
No.	50		387,9	84,05	15,95	9 - 22
No.	100		421,3	91,29	8,71	6 - 15
No.	200		429,5	93,07	6,93	4 - 9
Pan						

Ruas Jalan : Soe - Kapan (Fatumnasi)

		Berat Bahan Kering =		485,2 gram		
Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	JUMLAH PERSEN		Spesifikasi Laston (AC - WC)
				Tertahan	Lewat	
25,4	(1")		0	0	100	100 - 100
19,1	(3/4")		0	0	100	100 - 100
12,7	(1/2")		21,4	0,00	100,00	90 - 100
9,52	(3/8")		46,7	9,62	90,38	77 - 90
No.	4		140,9	29,04	70,96	53 - 69
No.	8		218,8	45,09	54,91	33 - 53
No.	16		329,8	67,97	32,03	21 - 40
No.	30		362,3	74,67	25,33	14 - 30
No.	50		387,9	79,95	20,05	9 - 22
No.	100		431,3	88,89	11,11	6 - 15
No.	200		451,5	93,05	6,95	4 - 9
Pan						

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Dari hasil pengujian kadar aspal dan agregat halus dan kasar, terlihat bahwa semua

ruas jalan yang diteliti menggunakan jenis campuran Aspal Panas Lapis Aspal Beton (Laston) atau AC (Asphalt Concrete).

Laston adalah suatu lapis permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam kondisi panas dan suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai nilai struktural, awet, dengan kadar aspal berkisar 4 – 7% terhadap berat campuran dan dapat digunakan untuk lalulintas ringan, sedang, sampai berat. Campuran ini memiliki tingkat kekakuan yang

Hal ini didukung dengan hasil pengujian Marshall, yang menunjukkan kesesuaian dengan persyaratan/spesifikasi.

tinggi sehingga cocok diletakkan pada campuran fleksibel seperti lapis penetrasi (Hardiyatmo, 2007: 102-105).

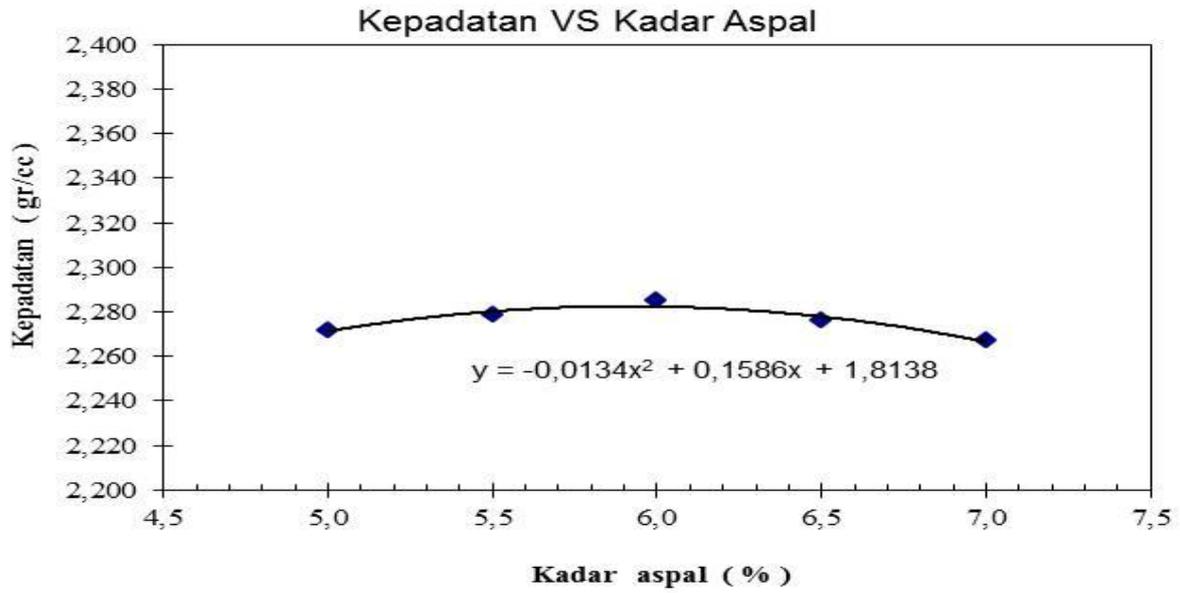
Dengan demikian maka campuran aspal pada perkerasan lama dari Ruas Jalan Kupang – Tablolong, Lakafehan – Kolam Susuk, Ruas Kefamenanu – Wini, dan Ruas Soe – Kapan dapat digunakan kembali (daur ulang) untuk memperbaiki kondisi jalan yang mengalami kerusakan. Dari penelitian tahun sebelumnya diperoleh hasil, prioritas penanganan jalan adalah dengan melakukan program peningkatan jalan (Bria, 2015;26-35).

Hasilnya dapat dilihat pada lampiran dan resume uji Marshall dapat dilihat pada Tabel 2 dan Grafik 2 - 5

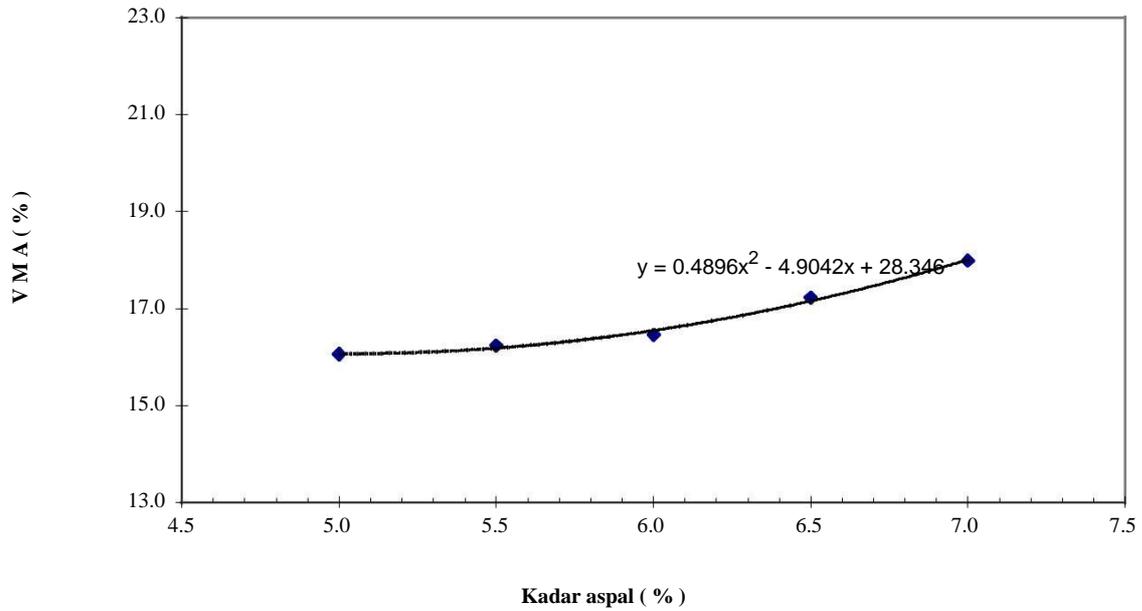
Tabel 2. Nilai parameter Marshall terhadap Standar BM 1998

NO	Persyaratan Campuran	Ruas Jalan			
		1	2	3	4
1	Stabilitas, Standar BM 1998 ≥ 800	1744	1861,8	1956,1	1947,2
2	Kelelehan (mm), Standar BM ≥ 2	4	3,7	3,7	3,7
3	Hasil Bagi Marshall, Standar BM 200 - 500	463,1	510,3	532,7	506,1
4	Rongga dalam Agregat, Standar BM ≥ 16	16,05	16,23	16,45	17,22
5	Rongga terisi Aspal, Standar BM ≥ 65	66,23	72,49	78,41	81
6	Rongga dalam Campura, Standar BM	5,42	4,47	3,55	3,27
7	Index peredaman, Standar BM ≥ 75	66,23	72,49	78,41	81

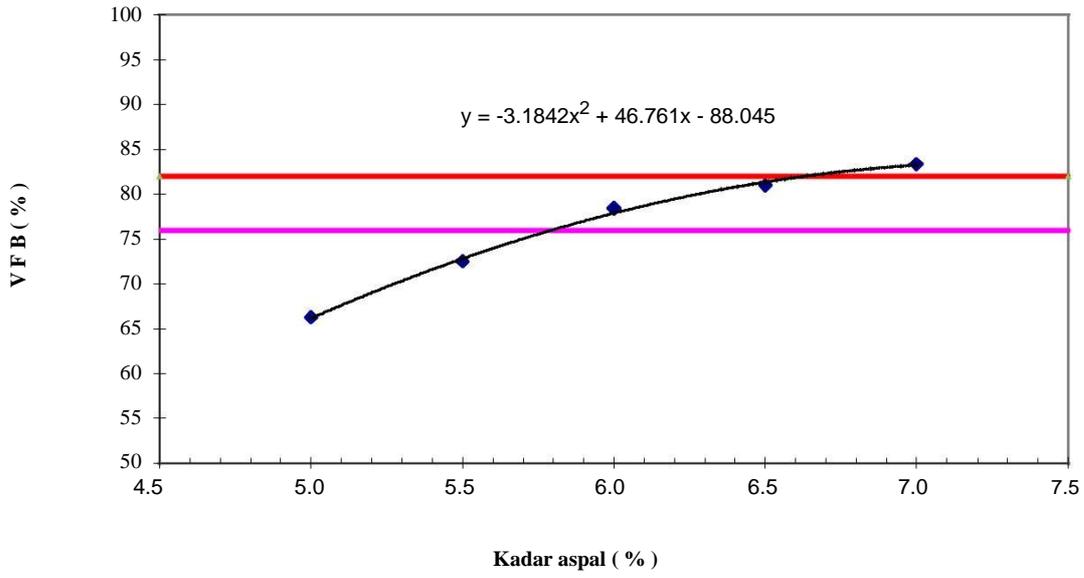
Grafik 2 Perbandingan nilai kadar aspal dan kepadatan



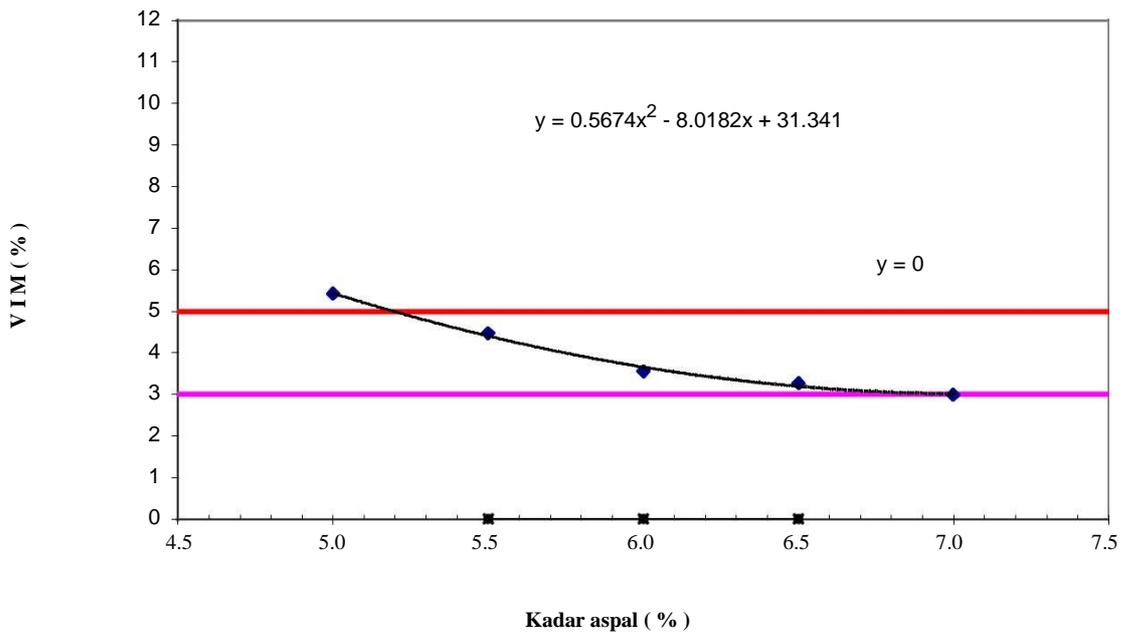
Grafik 3 Perbandingan nilai kadar aspal dan VMA



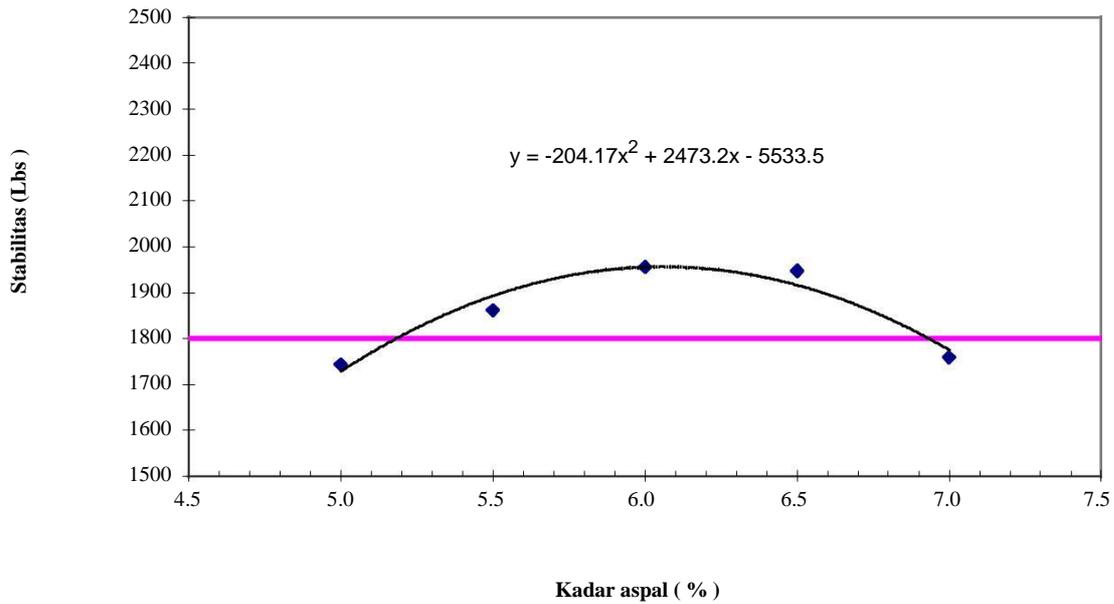
Grafik 4 Perbandingan nilai kadar aspal dan VFB



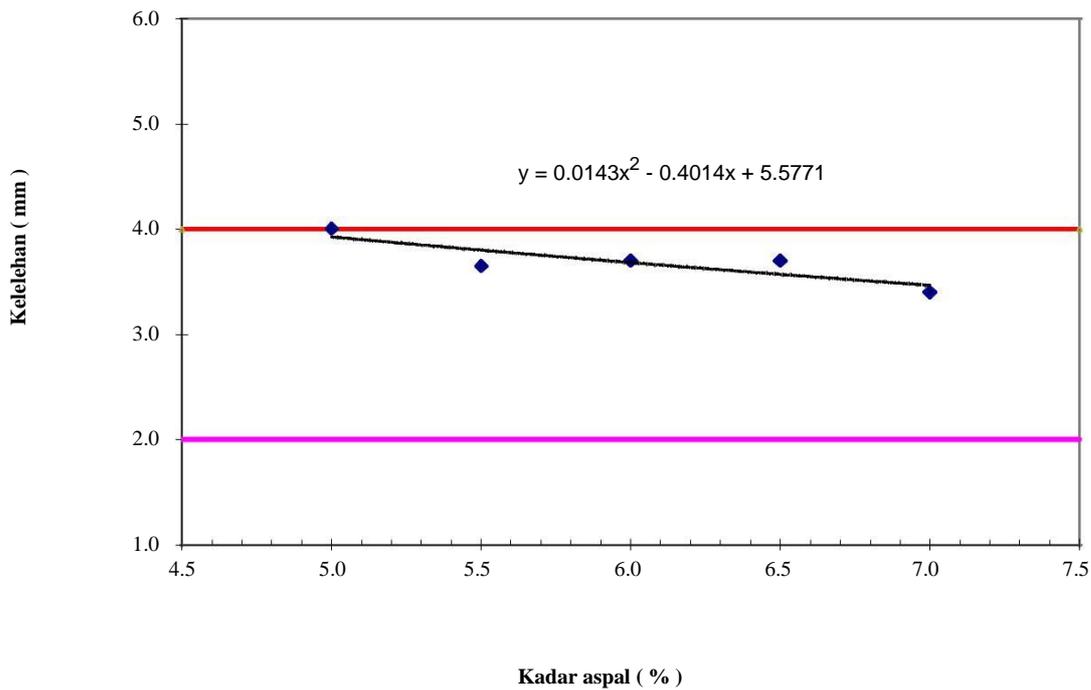
Grafik 5 Perbandingan nilai kadar aspal dan VIM



6 Perbandingan nilai kadar aspal dan Stabilitas



Grafik 5 Perbandingan nilai kadar aspal dan Kelelahan



Dari hasil tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa sebagian besar campuran perkerasan lama masih dapat memenuhi standar parameter Marshall yang harus terpenuhi berdasarkan Metode Bina Marga Tahun 1998.

Dalam melakukan analisa ekonomi, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah

menghitung besarnya biaya satuan pekerjaan per meter persegi. Menurut cara menghitung biaya satuan pekerjaan berdasarkan pada kebutuhan tenaga kerja, peralatan dan bahan. Contoh analisa biaya tertera pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Analisa Perhitungan Biaya Pekerjaan Jalan Khusus Lapisan AC Berdasarkan AHSP Bidang Pekerjaan Umum Tahun 2013

Jenis Pekerjaan : **Lapisan AC**

Satuan Pembayaran : m²

No.	RAIAN KEGIATAN	SAT.	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4	5	6=4x5
1	Mandor	Jam	0,0201	60.000,00	1.206,00
2	Pekerja	Jam	0,2008	35.000,00	7.028,00
3	Agregat Kasar	m ³	0,7710	205.000,00	158.055,00
4	Agregat Halus	m ³	0,7450	205.000,00	152.725,00
5	Filter	Kg	49,1700	5.000,00	245.850,00
6	Aspal Curah	ton	0,0540	6.400.000,00	345.600,00
7	Sewa Asphatt Mixing Plant	Jam	0,0201	4.818.593,08	96.853,72
8	Sewa Wheel Leader 10-15 HP	Jam	0,0119	253.964,94	3.022,18
9	Sewa Dump Truck 8-10 m ³	Jam	0,3698	212.812,53	78.698,07
10	Sewa Asphatt Finisher	Jam	0,0137	820.779,19	11.244,67
11	Sewa Todem Roller	Jam	0,0135	379.339,78	5.121,09
12	Sewa Tire Roller	Jam	0,0025	335.448,22	838,62
13	Sewa Alat Bantu	set	1,0000	1.000,00	1.000,00
HARGA SATUAN PEKERJAAN					1.107.242,36
DIBULATKAN					1.107.240,00

Sumber : Hasil Olah Data, AHSP Bidang PU, 2013

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kadar aspal dan agregat diketahui bahwa pada ke empat ruas jalan yang diteliti, kadar aspal dan agregat masih layak untuk digunakan kembali. Dengan demikian Analisa tersebut di atas dapat dimodifikasi dengan menghilangkan material / agregat, filler dan Aspal sehingga dapat diperoleh harga baru dan dapat dihitung rasio penghematan biaya menurut asumsi tersebut di atas adalah sebesar 41% setiap

tonnya atau sebesar Rp. 456.390,00 rupiah. Namun demikian, dalam beberapa kali pengujian terlihat pada ruas-ruas tertentu perlu ditambahkan kadar aspal atau zat tambah sebesar 10 – 15% dari total aspal yang dibutuhkan, sehingga jika dipakai pendekatan penambahan material baru sebesar 10% maka terdapat penghematan sekitar 13% atau sekitar Rp. 144.900,00. (dapat dilihat pada Tabel 4.)

Tabel 4. Analisa Perhitungan Biaya Pekerjaan Jalan Khusus Lapisan AC Berdasarkan AHSP Bidang Pekerjaan Umum Tahun 2013 yang dimodifikasi

Jenis Pekerjaan : **Lapisan AC**

Satuan Pembayaran : m²

No.	RAIAN KEGIATAN	SAT.	KOEFFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH (Rp.)
1	2	3	4	5	6=4x5
1	Mandor	Jam	0,0201	60.000,00	1.206,00
2	Pekerja	Jam	0,2008	35.000,00	7.028,00
3	Agregat Kasar	m ³	0,7710	20.500,00	15.805,50
4	Agregat Halus	m ³	0,7450	20.500,00	15.272,50
5	Filter	Kg	49,1700	5.000,00	245.850,00
6	Aspal Curah	ton	0,0540	640.000,00	34.560,00
7	Sewa Cold Miling dan Asphalt Mixer	Jam	0,0201	27.000.000,00	542.700,00
8	Sewa Wheel Loader 10-15 HP	Jam	0,0119	253.964,94	3.022,18
9	Sewa Dump Truck 8-10 m ³	Jam	0,3698	212.812,53	78.698,07
10	Sewa Asphatt Finisher	Jam	0,0137	820.779,19	11.244,67
11	Sewa Todem Roller	Jam	0,0135	379.339,78	5.121,09
12	Sewa Tire Roller	Jam	0,0025	335.448,22	838,62
13	Sewa Alat Bantu	set	1,0000	1.000,00	1.000,00
HARGA SATUAN PEKERJAAN					962.346,64
DIBULATKAN					962.340,00

Sumber : Hasil Olah Data, AHSP Bidang PU 2013

Dengan demikian maka ditinjau dari biaya terdapat penghematan sebesar 35 – 40% per ton dibandingkan dengan menggunakan teknologi konvensional. Oleh karena itu, pada keempat ruas jalan tersebut sangat tepat jika menggunakan teknologi daur ulang perkerasan jalan dengan terlebih dahulu melakukan pengujian terhadap material lama.

SIMPULAN

Dari berbagai pengujian terhadap kadar aspal, agregat halus dan kasar dari perkerasan jalan Ruas Kupang – Tablolong, Lakafehan – Kolam Susu, Kefamenanu – Wini dan Soe – Kapan (Fatumnasi) dan analisa biaya pekerjaan jalan maka dapat disimpulkan bahwa :

- Jenis campuran beraspal pada perkerasan Ruas Jalan Kupang – Tablolong, Lakafehan – Kolam Susu, Kefamenanu – Wini dan Soe – Kapan (Fatumnasi) adalah Jenis

Campuran Lapis Aspal Beton atau Asphalt Concrete (AC)

Rata-rata kadar aspal dalam campuran perkerasan aspal lama adalah antara 6% – 7%, yang menunjukkan masih dalam batas toleransi untuk jenis campuran Laston (AC) dimana disyaratkan (4 – 7% terhadap berat campuran).

Analisa biaya pekerjaan berdasarkan AHSP Bidang PU 2013, biaya per ton pekerjaan Jalan AC secara umum adalah sebesar Rp. 1.107.240,00. Sedangkan jika menggunakan material perkerasan terdapat dua kemungkinan, yaitu :

- a. Tanpa menambah kadar aspal dan agregat halus dan kasar, total biaya per ton pekerjaan jalan AC adalah sebesar Rp. 456.390,00 per ton

Dengan menambah kadar aspal dan agregat rata-rata 10% maka masih terjadi penghematan sebesar Rp. 144.900,00 per ton

DAFTAR RUJUKAN

- Departemen Pekerjaan Umum, 1976, Manual Pemeriksaan Jalan, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Bahan Jalan
- Departemen Pekerjaan Umum, 1999, Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak,
- Departemen Pekerjaan Umum, 1983, Petunjuk Pelaksanaan Lapis Tipis Aspal Beton (Flexible Lataston),
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, Teknik Bahan Perkerasan Jalan, (Badan Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi)
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006, Modul Perencanaan Campuran Beraspal Panas (Badan Penelitian dan Pengembangan, Puslitbang Jalan dan Jembatan)
- Filter, Ari, 2008, Kuat Tarik dan Kuat Tekan dari Hot Rolled Asphalt (HRA) diukur pada suhu terkontrol. Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Fuad, Yusuf, 2008, Makalah Pavement Recycling, (Direktur PT. Conbloc Infratecno)
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2007, *Pemeliharaan Jalan Raya*, Gajah Mada University Press
- Nicholls J.C, 1998, Asphalt Surfacing (Aguide to Asphalt Surfacing and Treatment Used for the Surface Course of Road Pavements)
- SNI 03-2417-1996, Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles
- SNI 03-1737-1989, Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas, Badan Litbang Dept. PU
- Soemino, dkk, 2006, Pemeliharaan Jalan, Bahan Kuliah Prog. Magister Manajemen Aset, FTSP – Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Sukirman, Silvia, 1995, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova Bandung
- Tm, Suprpto, 2004, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada

VIRTUAL SIMULATION: PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS ANIMASI UNTUK MENGANALISIS STABILITAS BELOK RANCANGAN KENDARAAN GANESHA ELECTRIC 1.0 GENERASI I DALAM RANGKA MENINGKATKAN DAYA SAING DAN KUALITAS PRODUK OTOMOTIF

Putu Hendra Suputra¹, I Ketut Resika Arthana.², Gede Widayana³

^{1,2,3}Fakultas Teknik dan Kejuruan,
Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia.

hendra.suputra@undiksha.a.id, ²resika.arthana@gmail.com, ³Widayana_1@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study aims to determine the vehicle stability by observing the speed limit allowable vehicle when turning at an angle. These parameters were measured in order to determine critical speed where the vehicle will skid and experience rolling speed. By knowing the critical speed of the vehicle will help the driver to control the vehicle's speed at the time to turn at certain turning radius.

The results of the study Stability Analysis Turn draft Vehicles Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generation 1 transmission Continuous Variable Transmission (CVT) Method Using Quasi Static-based Microsoft Visual Studio with programming language C # that vehicle tends to have behavioral responsiveness during turns that oversteer during constant speed and skid occurs at a speed of 20 km / h and the rolling speed will occur at a speed of 30 km / h where; front skid occurred on a front turn angle (α_f) = 42° with front skid speed (V_{sf}) = 10.9 km / h, and the vehicle is rolling speed at the next turn angle (α_f) = 39° with a speed of rolling speed (V_g) = 22,4 km / h.

Keywords : angle of turn , rolling speed, skid, stability.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesetabilan kendaraan dengan melakukan pengamatan terhadap batas kecepatan kendaraan yang diijinkan saat berbelok dengan sudut tertentu. Parameter tersebut diukur untuk dapat mengetahui kecepatan kritis dimana kendaraan akan skid dan mengalami rolling speed. Dengan mengetahui kecepatan kritis kendaraan akan membantu pengemudi untuk mengendalikan kecepatan kendaraan pada saat berbelok pada radius belok tertentu.

Hasil dari penelitian Analisis Stabilitas Belok Rancangan Kendaraan Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generasi 1 Bertransmisi Continous Variable Transmision (CVT) Dengan Menggunakan Metode Quasi Statis Berbasis Microsoft Visual Studio Dengan Bahasa Pemrograman C# yaitu kendaraan cenderung mempunyai perilaku responsif pada saat berbelok yaitu oversteer pada saat kecepatan konstan dan terjadi skid pada kecepatan 20 km/jam dan rolling speed baru akan terjadi pada kecepatan 30 km/jam dimana; skid depan terjadi pada sudut belok depan (α_f) = 42° dengan kecepatan skid depan (V_{sf})= 10,9 km/jam, dan kendaraan mengalami rolling speed pada sudut belok depan (α_f)= 39° dengan kecepatan rolling speed (V_g)= 22,4 km/jam.

Kata kunci : rolling speed , skid, stabilitas, sudut belok. .

PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan suatu alat transportasi yang digunakan untuk membantu mempermudah manusia dalam memenuhi kebutuhannya. Di era modern seperti sekarang sepeda motor merupakan alat transportasi yang

banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini disebabkan oleh karena nilai ekonomis ataupun kepraktisan dari sepeda motor itu sendiri. Nilai ekonomis kendaraan ini adalah mudahnya dijangkau oleh hampir seluruh lapisan masyarakat dan penggunaan bahan bakar yang relatif hemat dibandingkan kendaraan roda

empat. Disamping itu kelincahan kendaraan ini ketika digunakan di jalan raya yang padat. Namun banyaknya pengguna sepeda motor, juga berpotensi menimbulkan permasalahan yang mengkhawatirkan terkait dengan tingkat kecelakaan pengguna sepeda motor.

Angka kecelakaan pengguna sepeda motor merupakan angka kecelakaan tertinggi dibanding dengan kendaraan bermotor lainnya dan selalu meningkat jumlah tiap tahunnya (Sumber: www.bin.go.com). Kecelakaan tersebut salah satunya dikarenakan jenis kendaraan yang dipakai pengemudi. Persentase tingkat kecelakaan karena kendaraan mencapai 2,76%. Faktor – faktor penting dari kendaraan salah satunya adalah sistem stabilitas kendaraan (Sumber: *Direktorat Jenderal Perhubungan Darat – Departemen Perhubungan*). Untuk itu masyarakat dalam memilih kendaraan hendaknya mengetahui karakteristik kendaraan tersebut baik dari segi desainnya, bentuk kendaraanya dan dari segi kenyamanan, keamanan, handling, percepatan dan ekonomis dari kendaraan tersebut.

KAJIAN TEORI

Rancangan Kendaraan *Ganesha Electric Vehicles 1.0* Generasi 1 Bertransmisi *Continous Variable Transmission* (CVT) merupakan kendaraan yang dirancang oleh mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin yang dibagi menjadi tiga team dalam merancang Rancangan Kendaraan *Ganesha Electric Vehicles 1.0* Generasi 1 Bertransmisi *Continous Variable Transmission* (CVT) yaitu terdiri dari Team Body, Team Chasis, Team Mesin.



Gambar 1. *Ganesha Electric Vehicles 1.0* Generasi 1 Bertransmisi *Continous Variable Transmission* (CVT).

Untuk Analisis Stabilitas Belok Rancangan Kendaraan *Ganesha Electric Vehicles 1.0* Generasi 1 Bertransmisi *Continous Variable Transmission* (CVT) Dengan Menggunakan Metode Quasi Statis yaitu dengan menggunakan perumusan-perumusan untuk menentukan parameter operasional.

Dinamika Kendaraan Belok Pada Jalan Datar

Gerak belok kendaraan merupakan gerakan yang paling kritis dari suatu kendaraan dimana pada saat kendaraan berbelok ada dua hal yang paling kritis yang dapat terjadi dan dapat mengganggu stabilitas kendaraan saat berbelok.

Kecepatan Skid

Adalah kecepatan belok maksimum yang diijinkan agar roda depan dan belakang tidak skid.

Analisa Guling dan Kecepatan Guling

Kendaraan dinyatakan tidak terguling belakang jika memenuhi persyaratan seperti berikut:

Dinamika Kendaraan Belok Pada Jalan Miring

Pada umumnya pada jalan yang berbelok dimaksudkan supaya kendaraan lebih tahan terhadap skid dan guling. datar. perbedaan ini ditunjukkan pada gambar yang menunjukkan gaya arah momen yang dilihat dari belakang.

Analisa Skid dan Kecepatan Guling

Analisa Skid

Skid pada roda depan akan tidak terjadi jika gaya kesamping pada roda depan lebih kecil atau sama dengan gaya gesek yang mampu diimbangi oleh roda depan. Begitu pula pada roda belakang, skid tidak akan terjadi jika gaya gesek pada roda belakang bisa