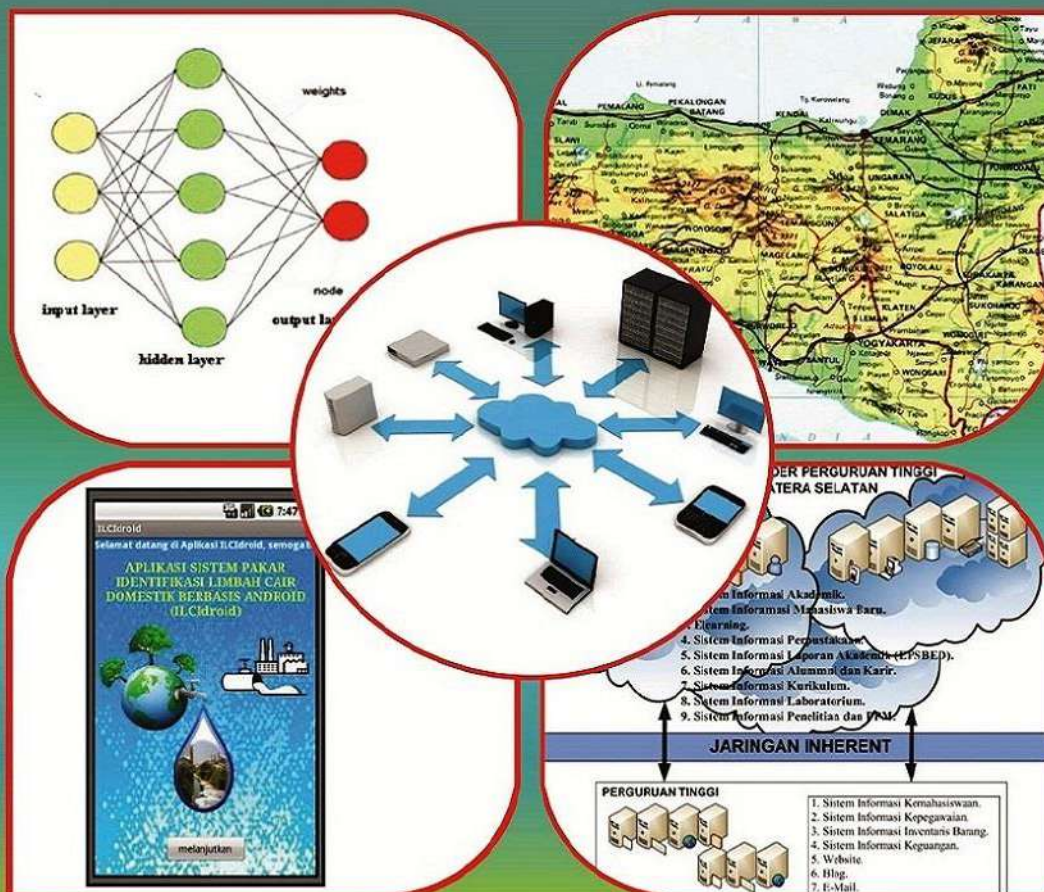


JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA

Vol. 12 No. 1 Agustus 2019



SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.T.
Ketua Penyunting : Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom.
Sekretaris : Rokhana Dwi Bakti, S.Si., M.Si.
Bendahara : Ari Santoso, S.T., M.Sc.

Reviewer :

1. Dr. Ir. Amir Hamzah, M.T.
2. Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.T.
3. Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.
4. Dr. Sri Mulyaningsih, S.T., M.T.
5. Dr. Suwanto Raharjo, S.Si., M.Kom.
6. Ellyawan Setyo Arbintarso, M.Sc., Ph.D.

Peer Reviewer :

1. Dr. Bambang Sugiantoro, M.T. (UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta)
2. Dr. Darwan, S.Kom., M.Kom. (IAIN Syekh Nurjati Cirebon)
3. Dr. Hermawan Syahputra, S.Si., M.Si. (Universitas Negeri Medan)
4. Dr. Heri Setiawan, S.Kom., M.Kom. (Univ. Indo Global Mandiri Palembang)
5. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si. M.Kom. (Univ. Pendidikan Ganesha Singaraja)
6. Dr. Ir. Muhammad Hasbi, M.Kom. (STMIK Sinar Nusantara Surakarta)
7. Dr. Jumi, S.Kom., M.Kom. (Politeknik Negeri Semarang)
8. Dr. Sri Andayani, S.Si., M.Kom. (Universitas Negeri Yogyakarta)
9. Dr. Wijang Widhiarso, S.Kom., M.Kom. (STMIK MDP Palembang)

Redaksi Pelaksana :

1. Syafriyudin, S.T., M.T.
2. Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.
3. Dra. Yuli Pratiwi., M.Si.
4. Muhammad Andang Novianta, S.T., M.T.
5. Joko Triyono, S.Kom., M.Cs.
6. Erna Kumalasari Nurnawati, S.T., M.T.
7. Dra. Suprih Ambawani, M.Pd.

DAFTAR ISI

PENENTUAN WAKTU OPERASIONAL UPS PADA SISTEM CATU DAYA OTOMATIS TRANSISI PLN-GENSET Prastyono Eko Pambudi, Agus Duniawan, Samsuhadi Fahmi	Hal: 1-7
ANALISIS DISTRIBUSI NANOPARTIKEL Fe₃O₄ TERHADAP PENYERAPAN LOGAM BERAT Pb Dewi Sartika, Eko Malis, Emmistasega Subama M	8-11
PEMBUATAN SERBUK PEWARNA ALAMI TEKSTIL DARI EKSTRAK DAUN JATI (<i>TECTONA GRANDIS LINN. F.</i>) Murni Yuniwati, Ganjar Andaka, Hanyfa Dofianti, Harnanda Prawitasari	12-20
PENGARUH SUHU PROSES TERHADAP SINTESIS ALKYD RESIN DARI DAUN KEMANGI (<i>OCIMUM BASILICUM</i>) SEBAGAI BAKAL BINDER PEMBUATAN CAT Theodorus Cahyo Paparingan, Dony Syamsuddin Halomoan Pasaribu, Fatah Ibnul Qoyyim, Ani Purwanti	21-26
KORELASI MINYAK-BATUAN INDUK UNTUK MENENTUKAN ASAL MINYAK DI CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN BARAT Danis Agoes Wiloso	27-36
PETROGRAFI KARAKTERISTIK BATUPASIR FORMASI GAMPING WUNGKAL IMPLIKASI UNTUK PROVENAN, DIAGENESIS, DAN PROSES PENGENDAPAN, FORMASI GAMPING WUNGKAL, KECAMATAN BAYAT, KABUPATEN KLATEN, PROVINSI JAWA TENGAH Aaf Aji Pangestu, Danis Agoes Wiloso	37-48
PENINGKATAN KEAMANAN TRANSMISI REAL TIME VIDEO SURVEILLANCE MENGGUNAKAN SECURE SOCKET LAYER Catur Iswahyudi, Nanda Adi Pratama, Joko Triyono	49-55
ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DAN MENTAL PETUGAS <i>CLEANING SERVICE</i> MENGGUNAKAN METODE <i>WORK SAMPLING</i> DAN NASA-TLX (STUDI KASUS: UPT STASIUN BESAR LEMPUYANGAN) Retno Widiastuti, Emmy Nurhayati, Erlin Nur Indah Sari	56-61
REPRESENTASI KAMPUNG PRAJURIT KRATON YOGYAKARTA DALAM APLIKASI BERBASIS PERANGKAT BERGERAK Erna Kumalasari Nurnawati, Edhy Sutanta, Fikar Tri Putra Lumaksono	62-67
PERANCANGAN SISTEM AKSES KUNCI ELEKTRONIS PADA KOTAK PENYIMPANAN MEMANFAATKAN E-KTP DAN TEKNOLOGI RFID Slamet Hani, Gatot Santoso, Fahmi Bilbirril Hikam	68-76
SISTEM <i>MONITORING</i> DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER Gatot Santoso, Subandi, Slamet Hani, Agung Wahyu Nugroho	77-84
PEMANFAATAN BONGGOL JAGUNG SEBAGAI BIOETANOL Hadi Prasetyo Suseno	85-99

PENENTUAN WAKTU OPERASIONAL UPS PADA SISTEM CATU DAYA OTOMATIS TRANSISI PLN-GENSET

Prastyono Eko Pambudi¹, Agus Duniawan², Samsuhadi Fahmi³

¹Jurusan Teknik Elektro, IST AKPRIND Yogyakarta

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin, IST AKPRIND Yogyakarta

Email: ¹prastyono@akprind.ac.id, ²agus.duniawan@akprind.ac.id, ³shdfahmi@gmail.com

Masuk: 05 Juni 2019, Revisi masuk: 25 Juni 2019, Diterima: 10 Juni 2019

ABSTRACT

PLN main source of power supply from PLN is very influential on electricity supply for the community. Electrical energy from PLN sometimes often occur blackouts. The need for reliable power supply is indispensable to residential consumers, especially in home industries. From these problems, this research is conducted to realize the control system used to transition the power supply with the main power supply from PLN and backup power supply from Uninterruptible power supply (UPS) and Genset. This study produces an automatic power supply transition which has two backup power supplies in the form of UPS and Genset. From the analysis of residential houses that have PLN 450 VA subscription, the system will work with a 12 Volt UPS battery at a current capacity of 28,125 A, and a capacity of Genset 800 VA. The automatic power supply transition system will instruct the UPS power supply to be connected when the PLN main supply is disconnected, after a UPS battery low will command the Genset for the starter, and when the generator is in stable condition the power supply will switch to the power supply Genset. At the time of PLN power supply source again available load will be transferred system to PLN source.

Keywords: Automatic power supply transition, Genset, Power, UPS.

INTISARI

PLN sebagai penyedia energi listrik sangat berpengaruh bagi masyarakat. Energi listrik dari PLN terkadang sering terjadi pemadaman. Kebutuhan sumber catu daya listrik yang handal sangat diperlukan oleh konsumen perumahan, terutama pada industri rumahan. Dari permasalahan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mewujudkan sistem pengendali yang digunakan untuk melakukan transisi catu daya listrik dengan catu daya utama dari PLN dan catu daya cadangan dari *Uninterruptible power supply* (UPS) serta Genset. Penelitian ini menghasilkan transisi catu daya otomatis yang mempunyai dua buah catu daya cadangan berupa UPS dan Genset. Dari hasil analisis pada rumah tinggal yang mempunyai daya langganan PLN 450 VA sistem akan bekerja dengan UPS baterai 12 Volt pada kapasitas arus 28.125 A, dan kapasitas Genset 800 VA. Sistem transisi catu daya otomatis akan memerintahkan catu daya UPS terhubung ketika suplai utama PLN terputus, selang beberapa saat setelah baterai UPS dalam kondisi drop atau low sistem akan memerintahkan Genset untuk starter, dan pada saat genset sudah dalam kondisi stabil catu daya akan beralih ke catu daya Genset. Pada saat sumber catu daya listrik PLN kembali tersedia beban akan dialihkan ke sumber PLN.

Kata-kata kunci: Daya, Genset, Transisi catu daya otomatis, UPS.

PENDAHULUAN

Konsumen listrik perumahan yang menggalakan industri rumahan dan UKM pada rumah tinggal membutuhkan kontinuitas ketersediaan listrik. PT. PLN sebagai penyedia jasa tenaga listrik yang hanya berkoordinasi dengan perusahaan-

perusahaan saat melakukan pemadaman listrik membuat siklus produksi pada industri rumahan terhambat. Keadaan tersebut dapat ditanggulangi dengan penyediaan sumber catu daya cadangan genset atau sumber listrik lainnya seperti UPS. Perkembangan teknologi sistem

starter genset yang ada di pasaran memungkinkan untuk dilakukan perancangan sistem yang dapat melakukan transisi catu daya secara otomatis. Perancangan sistem transisi daya otomatis sebenarnya sudah banyak penelitian yang membahasnya, biasa disebut dengan perancangan panel ATS dan AMF. Perancangan panel tersebut dapat memakai PLC, mikrokontroler, dan modul yang sudah tersedia di pasaran contoh merk Deepsea seperti penelitian yang dilakukan sebelumnya diantaranya:

a. Shiha, dkk, (2011). melakukan perancangan automatic transfer switch (ATS) dan automatic main failure (AMF) Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). Perancangan ini dibuat untuk mempermudah dalam pengontrolan catu daya dalam mengantisipasi kehilangan suplai daya ke beban. Dari perancangan dapat disimpulkan bahwa jika suplai energi listrik dari PLN mengalami gangguan, maka suplai energi listrik akan diambil alih oleh genset secara otomatis. Proses peralihan suplai energi listrik dari PLN ke Genset membutuhkan waktu 25 detik untuk mempersiapkan suplai energi listrik dari genset seperti starting dan pemanasan genset. Ketika suplai energi listrik dari PLN kembali normal, maka PLN akan kembali mengambil alih suplai energi listrik ke beban, sedangkan suplai energi listrik dari genset akan diputus dan genset akan off.

b. Mahardika (2011) telah melakukan perancangan sistem pengaturan pasokan listrik pada pembangkit hibrida. Perancangan menghasilkan suplai catu daya listrik utama dengan PLTS, dan sumber listrik PLN/ genset sebagai catu daya sekunder. Perancangan menggunakan kontrol utama mikrokontroler Atmega 16 dengan asumsi bahwa mikrokontroler dapat menurunkan biaya perancangan. Dengan sensor-sensor perancangan panel transisi daya otomatis ini akan digunakan pada sekmen ekonomi bawah yaitu rumah tinggal sederhana, maka perancangan

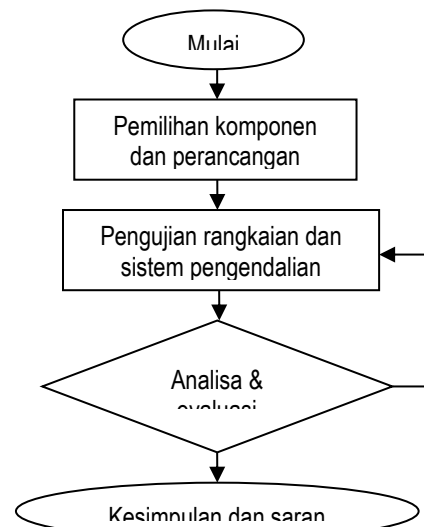
menggunakan mikrokontroler bisa menjadi pilihan utama.

Untuk melakukan penelitian maka rumusan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan perancangan perangkat keras panel transisi catu daya otomatis berbasis mikrokontroler Atmega 32, Mikrokontroler Atmega 32 dipilih karena kapasitas memori lebih besar dari Atmega 8535.
- b. Merancang sistem yang aman yang dapat dioperasikan oleh semua kalangan dengan mudah.
- c. Melakukan uji unjuk kerja unit yang dihasilkan dengan mengacu pada step daya terpasang, sehingga panel akan berfungsi maksimal sesuai dengan kapasitas daya terpasang.

METODE

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dituangkan dalam diagram (Gambar 1).



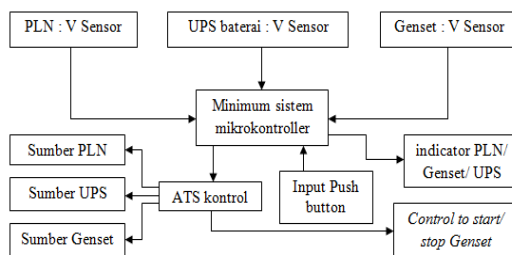
Gambar 1: Diagram alir penelitian

1. Pemilihan komponen dan perancangan

Pada perancangan transisi catu daya otomatis PLN-Genset yang dibuat membutuhkan:

- a. Minimum sistem mikrokontroler
Minimum sistem mikrokontroler adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari chip mikrokontroler dengan beberapa perintah masukan (*input*)

dan perintah keluaran (*output*). Pada sistem perancangan yang telah dibuat menggunakan mikrokontroler Atmega 32 sebagai pusat pengendalian dengan didukung *input push button* untuk seting alat, sensor tegangan PLN menggunakan relay, sensor tegangan baterai UPS memakai tahanan pembanding, dan sensor tegangan genset dengan trafo *step down*. Pada bagian *output* dari alat hasil perancangan meliputi; *relay kontrol* sebagai pemindah atau transisi catu daya (PLN, UPS, dan genset), *relay* yang digunakan untuk melakukan *start* dan *stop* genset, dan *indicator kerja* dari pada alat yang ditampilkan dalam *display LCD 16x2* (Gambar 2).



Gambar 2: Diagram blok perancangan

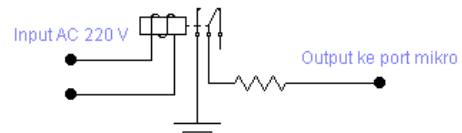
b. Lampu pilot

Lampu pilot digunakan sebagai lampu indikator dari sumber catu daya yang ada. Pada perancangan sistem transisi catu daya otomatis yang dirancang menggunakan tiga buah lampu indikator sumber catu daya yaitu; lampu pilot berwarna hijau sebagai indikator catu daya PLN tersedia, lampu pilot berwarna kuning sebagai indikator catu daya UPS tersedia, dan lampu pilot berwarna merah sebagai indikator catu daya genset tersedia.

c. Relay

Relay adalah alat yang dioperasikan dengan catu daya listrik AC atau DC yang secara mekanik atau elektronik mengontrol sebuah rangkaian listrik. Pada perancangan yang dilakukan menggunakan tiga jenis *relay* yaitu; *relay DC* yang digunakan untuk mengontrol rangkaian transisi dengan digerakan dengan rangkaian driver oleh mikrokontroler, *relay AC 220 V*

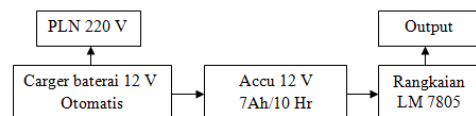
yang digunakan sebagai sensor catu daya PLN tersedia, dan *solite state relay* (SSR) yang digunakan sebagai pengendali transisi catu daya dengan kapasitas tegangan dan tegangan yang besar meneruskan pengendalian dari relay DC (Gambar 3).



Gambar 3: Skematik relay deteksi tegangan

d. Rangkaian catu daya

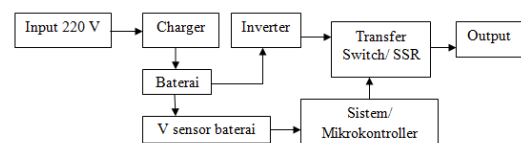
Rangkaian catu daya pada perancangan sistem transisi catu daya otomatis yang dibuat digunakan sebagai suplai catu daya pada peralatan sistem sehingga pada saat terjadi kegagalan sumber listrik sistem yang dirancang dapat bekerja tanpa kendala karena mempunyai catu daya *DC backup* (Gambar 4).



Gambar 4: Diagram blok catu daya

e. UPS

Uninterruptible power supply (UPS) adalah peralatan yang digunakan sebagai sumber catu daya *backup* alternatif terbatas terhadap beban listrik sehingga dapat terus bekerja dengan batasan waktu tertentu. Pada perancangan sistem transisi catu daya otomatis yang dibuat UPS digunakan sebagai sumber catu daya cadangan pertama. UPS yang digunakan adalah jenis *off-line* UPS (Gambar 5).



Gambar 5: Diagram kerja modifikasi UPS *offline*

f. MCB

Miniature circuit breaker (MCB) adalah alat yang digunakan sebagai pembatas dan proteksi catu daya listrik. Pada perancangan sistem transisi catu daya otomatis ini MCB single pole digunakan sebagai kontrol input catu daya utama dan catu daya cadangan. Pada sisi output menggunakan MCB *double pole* sebagai pembatas catu daya sistem.

2. Perancangan Sistem

Proses perancangan perangkat keras diperlukan sebagai gambaran dalam memulai suatu pekerjaan dengan tujuan alat yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan, pemilihan komponen-komponen elektronika yang tepat untuk menekan kesalahan (*error*), serta guna menghasilkan alat yang efisien dalam proses kerjanya.

a. Kapasitas daya terpasang

Daya terpasang yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan catu daya 1 phase dengan range 450 VA. Daya pada sumber PLN merupakan daya semu, sehingga pada penggunaan daya harus didasarkan dengan penggunaan daya aktif dengan satuan W (Watt), dan mengacu pada nilai konstanta $\cos \phi = 1$ untuk perhitungan. Sehingga didapatkan nilai,
Tegangan sumber : 220 V
Daya semu langganan : 450 VA
Pembatas CB : 2 A
maka, daya aktif maksimal yang bisa dicapai:

$$P = 220 V \times 2 A \times 1 = 440 \text{ Watt}$$

b. Kapasitas genset terpasang

Besar nilai daya PLN sudah didapatkan. Untuk mengetahui standar nilai kapasitas genset yang sesuai maka perlu dilakukan perhitungan. Dalam menentukan faktor kebutuhan sistem (DF) maka nilai daya aktif maksimum digunakan sebagai acuan beban maksimum dan beban terpasang ditentukan 85% dari beban maksimum. Beban maksimum sesuai daya aktif perhitungan 440 Watt, dengan, asumsi beban terpasang:

$$440 \text{ watt} \times 85\% = 374 \text{ Watt}$$

sehingga faktor kebutuhan sistem:

$$DF = \frac{440 \text{ Watt}}{374 \text{ Watt}} = 1,176$$

Nilai faktor kebutuhan sistem sudah didapatkan sehingga kapasitas generator dapat ditentukan, dan dapat dilakukan perhitungan. Kapasitas generator hasil perhitungan dikalikan 110% untukantisipasi *overload* pada generator, yaitu:

Beban sistem: $P_L = 440 \text{ Watt}$

Efisiensi: dengan konstanta 0,85

Faktor daya: dengan konstanta 0.8

maka, kapasitas generator yang dapat digunakan adalah:

$$S = \frac{440 \text{ Watt}}{0,85 \times 0,8} \times 1,176 = 760,9 \text{ VA}$$

$$S_{max} = 760 \times 110\% = 836 \text{ VA}$$

Dari perhitungan kapasitas generator maksimal, untuk daya langganan PLN 450 VA dapat di-backup dengan aman oleh genset 800 VA.

c. Kapasitas UPS *backup*

Penentuan waktu *backup* UPS dapat dilakukan dengan perhitungan. Data yang diperlukan dalam perhitungan harus merujuk pada spesifikasi teknis UPS yang digunakan, sehingga dapat diketahui waktu *backup* untuk menyuplai beban. Sesuai spesifikasi teknis, didapatkan hasil perhitungan seperti Tabel 1.

Tabel 1: Spesifikasi teknis UPS

Merk	Delta
Kapasitas	600 VA/350 W
Range tegangan input	170-280 Vac
Tegangan output	230 Vac $\pm 10\%$ (mode baterai)
Jenis baterai	12 V / 7 Ah

Setelah mendapatkan spesifikasi teknis UPS, maka dapat diketahui waktu *backup* UPS. Daya nyata yang digunakan dalam perhitungan sesuai daya nyata maksimum UPS. Sehingga di dapat nilai sebagai berikut,

$$T_{Backup} = \frac{(12 \times 7)}{350} \times 60 \text{ menit}$$

$$0,24 \text{ Jam} = 14,4 \text{ menit}$$

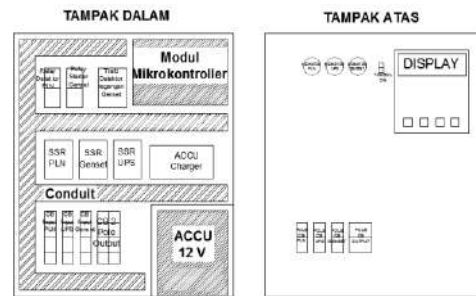
Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon panel ini setelah dirakit. Transisi catu daya otomatis PLN-Genset yang telah dibuat

beroperasi dengan baik bila kerja sistem sesuai dengan yang dikehendaki. Pengujian dilakukan pada dua metode operasi, yaitu manual dan otomatis. Pada proses perancangan sistem ini menggabungkan peralatan dan bahan yang telah dipilih sehingga menjadi kesatuan sistem transisi catu daya otomatis sehingga menghasilkan sistem kerja alat sebagai berikut:

1. Mode otomatis
 - a. Catu daya PLN normal
Saat catu daya PLN dalam keadaan suplai normal *relay* saklar daya PLN akan aktif menghubungkan sumber ke beban.
 - b. Catu daya PLN gangguan
Saat catu daya PLN mengalami gangguan atau dalam keadaan off maka suplai daya listrik diambil alih oleh UPS. Lama waktu UPS menyuplai daya listrik dapat diatur sesuai kapasitas baterai UPS dan lama pemanasan Genset. Bersamaan dengan peralihan daya ke UPS, *relay* saklar genset bekerja dan *relay* starter genset juga bekerja. Jumlah starter genset maksimal 3 kali kegagalan, setelah 3 kali mengalami kegagalan starter sistem akan membunyikan *buzzer*.
 - c. Peralihan catu daya UPS ke genset
Saat catu daya UPS sudah berkurang dan waktu pemanasan Genset terpenuhi, sumber catu daya genset mengambil alih suplai daya listrik ke beban. Selanjutnya, saat kondisi catu daya PLN normal kembali siklus akan kembali seperti semula, dan genset akan dimatikan oleh *relay* saklar genset.
2. Mode manual PLN
Pada kondisi manual PLN, menunjukkan bahwa suplai catu daya menggunakan PLN.
3. Mode manual genset
Pada kondisi manual genset, menunjukkan bahwa suplai catu daya menggunakan genset, dengan cara menekan tombol starter pada *push botton* yang disediakan.

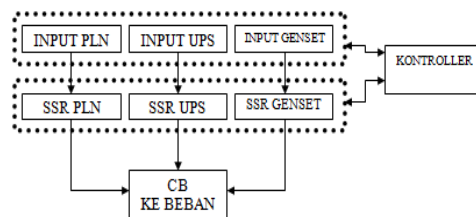
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan menghasilkan sebuah capaian bentuk peralatan sistem transisi catu daya yang siap untuk digunakan (Gambar 6).



Gambar 6: Tampak panel box

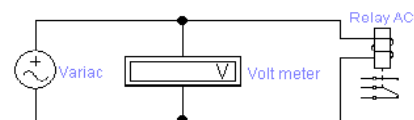
Perancangan sistem transisi catu daya otomatis terbagi menjadi dua bagian yaitu, *wiring* arus kuat dan *wiring* arus lemah atau sistem *controller* (Gambar 7).



Gambar 7: Diagram alur perancangan

3. Pengujian *relay* sebagai sensor tegangan PLN

Pengujian *relay* yang digunakan sebagai sensor tegangan PLN bertujuan untuk mengetahui respon *relay* terhadap besar tegangan kerja yang dapat memicu *relay* aktif (Gambar 8).



Gambar 8: Rangkaian pengujian *relay* AC

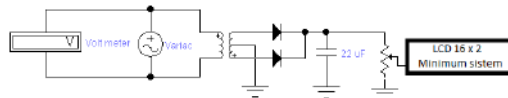
Pengujian *relay* AC menggunakan variabel regulator tegangan AC yang digunakan untuk memicu kerja *relay*. Nilai tegangan pada regulator yang dapat memicu *relay* ditampilkan dalam sebuah volt meter tegangan AC yang dipasang paralel dengan *relay* (Tabel 2).

Tabel 2: Pengujian respon *relay*

No.	Tegangan kerja	Kondisi relay
1	150 Volt	Belum terpicu
2	180 Volt	Terpicu terhubung tidak kuat
3	200 Volt	Terpicu terhubung kuat

4. Pengujian transformator *step down*

Pengujian transformator *step down* dilakukan untuk mengetahui tegangan yang ditampilkan pada LCD apakah sesuai dengan hasil pengukuran (Gambar 8).



Gambar 8: Rangkaian pengujian trafo *step down*

Pengujian transformator *step down* menggunakan *variac* yang digunakan sebagai simulasi perubahan tegangan pada genset. Pada tegangan keluaran dilakukan *couple parallel* voltmeter AC dengan transformator *step down sensor*. Pengujian dilakukan dengan cara mengoperasikan minimum sistem mikrokontroler dan melakukan perubahan tegangan pada *variac*. Hasil pengujian dapat dibandingkan tegangan terbaca voltmeter AC dengan tegangan terbaca pada minimum system (Tabel 3).

Tabel 3: Pengujian perbandingan tegangan sensor genset

No	Tegangan minimum sistem	Tegangan volt meter
1	180 Volt	181 Volt
2	185 Volt	184 Volt
3	190 Volt	190 Volt
4	195 Volt	196 Volt
5	200 Volt	200.5 Volt
6	205 Volt	205.6 Volt
7	210 Volt	210.8 Volt
8	215 Volt	215.8 Volt
9	220 Volt	220.9 Volt
10	225 Volt	226 Volt

Dari Hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui faktor *error* sistem sensor yang telah dirancang, yaitu:

$$error = \frac{Deviasi}{Rata - rata tegangan terbaca} \times 100\%$$

$$= \frac{0.55}{202.5} \times 100\% = 0.272\%$$

5. Pengujian waktu *backup* UPS

Pengujian waktu *backup* UPS dilakukan dengan melihat spesifikasi teknis pada UPS yang terpasang. Pengujian dilakukan sebagai tolok ukur kerja normal UPS yang terpasang.

Daya beban : 350 Watt
Tegangan baterai : 12 Vdc
Arus baterai : 7 Ampere jam
Tegangan output : 225 Vac (pengukuran)
Waktu backup : 14,4 menit
Pengujian waktu *backup* UPS yang dilakukan menggunakan simulasi beban resistif murni yaitu dengan bohlam 100 watt 3 buah ditambah bohlam 50 watt 1 buah, sehingga didapatkan hasil percobaan pada Tabel 4.

Tabel 4: Pengujian UPS

Uji ke	Waktu backup (Perhitungan)	Waktu backup (Percobaan)	Deviasi (Perhitungan - Percobaan)
1	14,4 Menit	12,3 Menit	2,1
2	14,4 Menit	11,9 Menit	2,5
3	14,4 Menit	12 Menit	2,4
4	14,4 Menit	11,7 Menit	2,7
5	14,4 Menit	11,8 Menit	2,6

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat diketahui faktor *error* dari UPS yang digunakan adalah sebagai berikut,

$$error = \frac{Rata - rata Deviasi}{T Backup perhitungan} \times 100\%$$

$$= \frac{2,52}{14,4} \times 100\% = 17,5\%$$

6. Pengujian operasi manual

Pengujian kondisi manual dilakukan dengan melakukan seting pada mikrokontroler pada posisi manual. Prosedur pengujian pada kondisi manual adalah sebagai berikut:

1. Merangkai *wiring* tenaga listrik (sumber listrik PLN, genset, dan UPS).
2. Menghidupkan kerja alat dengan menekan tombol pada posisi ON.
3. Memosisikan MCB PLN, Genset dan UPS dalam posisi ON.
4. Posisi *selector* pada mikrokontroler pada mode manual.
5. Tahap pertama, SSR sumber PLN akan bekerja dan beban disuplai dari sumber PLN.
6. Tahap kedua, memilih suplai listrik dengan *push button*, maka sumber listrik dapat dipilih dengan PLN atau dari genset.
7. Tahap ketiga, untuk starter genset dapat dilakukan dengan menekan pada *push button*.

Hasil pengujian mode operasi manual, diperoleh data pada Tabel 5.

1. Tahap pertama SSR sumber PLN akan bekerja dan beban akan disuplai dengan sumber PLN.
2. Tahap kedua MCB sumber PLN diposisikan pada posisi OFF, sehingga suplai listrik akan beralih ke sumber UPS.
3. Tahap ketiga selang beberapa saat akan terjadi starter pada genset, sehingga suplai listrik setelah beberapa saat akan beralih pada sumber genset.
4. Tahap keempat memposisikan MCB PLN pada posisi ON, sehingga suplai listrik kembali pada sumber PLN, dan genset akan OFF.

Hasil pengujian mode operasi otomatis diperoleh data pada Tabel 6.

Tabel 5: Pengujian manual sistem transisi catu daya

NO	Tahapan Pengujian	Push Button	Waktu (s)	Indikator (PLN)	Indikator Genset
1	MCB sumber PLN Posisi ON	Manual PLN	0,7	Hidup	Mati
2	MCB sumber genset Posisi ON	Manual genset	0,8	Mati	Hidup
3	MCB Sumber PLN Posisi OFF	Manual PLN	0,7	Hidup	Mati
4	MCB Sumber genset Posisi OFF	Manual Genset	0,8	Mati	Hidup

Tabel 6: Pengujian otomatis sistem transisi

NO	Tahapan Pengujian	Waktu (s)	Indikator (PLN)	Indikator (UPS)	Indikator Genset
1	MCB sumber Posisi ON	0,8	Hidup	Mati	Mati
2	MCB Sumber PLN Posisi OFF	0,2	Mati	Hidup	Mati
3	Starter Genset	5	Mati	Hidup	Mati
4	Genset hidup	5	Mati	Mati	Hidup
5	MCB Sumber PLN Posisi ON	0,8	Hidup	Mati	Mati

KESIMPULAN

Dari pembahasan penelitian dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu, pertama penggunaan *relay* sebagai sensor tegangan PLN sangat mudah penggunaannya dalam sistem, namun mempunyai kelemahan koil *relay* dapat terpicu aktif saat tegangan kerja bernilai 180 volt yang berarti tegangan masih dibawah batas normal. Oleh karena itu penggunaan trafo *step down* sebagai sensor tegangan arus bolak balik mempunyai keuntungan karena pembacaan dapat dilakukan *realtime* dengan faktor eror hanya 0.272%. Dalam pengujian sistem mode manual waktu

yang dibutuhkan untuk mengaktifkan transfer *switch* rata-rata 0.8 detik. Ini terjadi karena proses sensor mendapatkan data dari sumber catu daya. Saat pengujian sistem mode otomatis mempunyai seting standar starter genset dan genset hidup adalah 5 detik. Hal tersebut terjadi karena proses starter genset harus menggerakkan *premove* sehingga genset beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Mahardika, K. E., 2011, *Rancang Bangun Sistem Pengaturan Pasokan Listrik pada Pembangkit Hibrida*, Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia.
- Shiha, M. N. 2011. *Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF) PLN-Genset Berbasis Plc Dilengkapi dengan Monitoring*, Jurusan Teknik Elektro Industri PENS-ITS.

BIODATA PENULIS

Ir. Prastyono Eko Pambudi, M.T., lahir di Banyuwangi pada tanggal 19 April 1961, menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Elektro dari ITN Malang tahun 1989, dan S2 pada Program Studi Teknik Elektro dari UGM Yogyakarta tahun 1998. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap pada Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat ketenagaan listrik.

Agus Duniawan, S.T., M.Eng., lahir di Trenggalek pada tanggal 11 Nopember 1956, menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 1996, dan S2 pada bidang teknik mesin/bahan dari UGM Yogyakarta tahun 2011. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Jurusan Teknik Mesin IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik asisten ahli pada bidang minat teknologi bahan.

Samsuhadi Fahmi, S.T., lahir di Bantul Yogyakarta pada tanggal 13 Mei 1993 menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Elektro dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2018.

ANALISIS DISTRIBUSI NANOPARTIKEL Fe_3O_4 TERHADAP PENYERAPAN LOGAM BERAT Pb

Dewi Sartika¹, Eko Malis², Emmistasega Subama M³

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi

³Rumah Fisika Lampung

Email: ¹dewisartika@unibabwi.ac.id, ²malisgsn@gmail.com, ³ms.tasega@yahoo.com

Masuk: 30 Mei 2019, Revisi masuk: 30 Juni 2019, Diterima: 15 Juli 2019

ABSTRACT

Magnetic nanomaterial Fe_3O_4 has fabricated using coprecipitation methods for 90 minutes with temperatur $60^\circ C$. Fabrication product of this sample were coloured black powder. Characterisation of Fe_3O_4 used Transmission Electron Microscopy (TEM). Characterization result studied were density using J-image software. Mixing Fe_3O_4 powder into liquid waste has goal to determine the level of absorption of Fe_3O_4 magnetic nanomaterials to heavy metals contained in waste. Particle density has a big potential to absorb heavy metals, especially Pb. At the density level of the densest Fe_3O_4 particles shows the optimal absorption ability of Pb metal absorbed at a concentration of 0,56 grams with an absorption percentage of 99,99%.

Keywords: Fe_3O_4 , Heavy metal Pb, Nanomaterial.

INTISARI

Material nanomagnetik Fe_3O_4 telah difabrikasi menggunakan metode kopresipitasi selama 90 menit dengan suhu $60^\circ C$. Produk dari pabrikasi ini berupa serbuk berwarna hitam. Karakterisasi Fe_3O_4 menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Hasil karakterisasi dipelajari kerapatannya menggunakan software *image-J*. Pencampuran serbuk Fe_3O_4 ke dalam limbah cair bertujuan untuk mengetahui tingkat penyerapan nanomaterial magnetik Fe_3O_4 terhadap logam berat yang terdapat dalam limbah. Kerapatan partikel berpotensi besar terhadap penyerapan logam berat, khususnya Pb. Pada tingkat kerapatan partikel-partikel Fe_3O_4 yang terpadat menunjukkan kemampuan penyerapan logam Pb terserap secara optimal yaitu pada konsentrasi 0,56 gram dengan persentase penyerapan sebesar 99,99%.

Kata-kata kunci: Fe_3O_4 , Logam berat Pb, Nanomagnetik.

PENDAHULUAN

Ilmu dan pengetahuan tentang magnet berkembang dengan pesat. Salah satu material magnet adalah Fe_3O_4 . Teknologi nanomaterial juga menjunjung kemajuan material magnetik Fe_3O_4 . Nanopartikel Fe_3O_4 menarik perhatian para peneliti untuk dipelajari, baik secara teori maupun secara eksperimen. Nanopartikel magnetik memiliki kegunaan seperti material perekaman, *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) for clinical diagnosis, *magnetic drug target* (Hariani, et al. 2013)

Beberapa cara preparasi nanopartikel Fe_3O_4 adalah *energy milling* (Bolto, 1990), pereduksian (Fuentes et al., 2008), dan

ultrasonic assisted impregnation (Yang et al., 2008). Pembentukan material magnetik Fe_3O_4 pada suhu $55^\circ C$ berpengaruh pada ukuran orde nano sebesar 45 nm dengan struktur kubik (Nurjanah Siti, 2008). Nanopartikel magnetik Fe_3O_4 sebagai adsorben telah digunakan untuk mengadsorpsi logam berat Pb (II), Cu(II), Zn (II) dan Mn(II) pada variasi pH, temperatur, dan waktu kontak yang berbeda. Hasil eksperimen mengindikasikan absorpsi dipengaruhi sangat kuat oleh pH dan temperatur (Giraldo et al., 2012).

Keberadaan kontaminan di lingkungan memunculkan perhatian besar bagi para peneliti. Kontaminan sebagian besar merupakan logam berat

(Dief dan Hamdan (2016), Sartika dkk. (2014), Khattak et al. 2017). Logam berat dihasilkan dari kegiatan pertambangan, industri, dan manufaktur yang menggunakan produk sintesis dan hampir mencemari seluruh segmen lingkungan. Dari berbagai sumber, logam berat merupakan zat yang berbahaya karena cenderung mengarah pada bioakumulasi. Bioakumulasi akan meningkatkan konsentrasi kimia di dalam organisme dalam waktu tertentu dibandingkan konsentrasinya di lingkungan (Gautam et al., 2016). Toksisitas logam berat dapat dituliskan sesuai urutan menurun, yaitu:

Hg> Cd> Cu> Zn> Ni> Pb> Cr> Al> Co.
Data ini sebagai perkiraan kerentanan spesies terhadap berbagai logam (Hassaan et al., 2016).

Banyaknya limbah yang berdampak besar pada lingkungan, maka objek penelitian ini adalah sintesis nanopartikel magnetik Fe₃O₄ dengan metode kopresipitasi. Metode ini dipilih karena mudah dan cepat (Khajeh dan Khajeh, 2009). Karakterisasi Fe₃O₄ dengan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) selain digunakan untuk mengetahui ukuran partikel, juga digunakan untuk mengetahui distribusi atau kerapatan partikel Fe₃O₄ melalui software *image-J*.

METODE

Pada penelitian ini, proses sintesis nanopartikel Fe₃O₄ dilakukan dengan melarutkan Fe₃O₄.7H₂O dan FeCl₃.6H₂O ke dalam aquades. Pencampuran dilakukan di atas *magnetic stirrer* selama 90 menit 60°C dengan kecepatan aduk 450 (sampel 1), pengadukan selama 60 menit pada suhu 60°C dengan kecepatan aduk 450 rpm (sampel 2), pengadukan selama 60 menit pada suhu 90°C dengan kecepatan aduk 450 rpm (sampel 3), masing-masing ditetesi NH₄OH 10% secara perlahan. Proses ini dilanjutkan dengan pengendapan dengan bantuan medan magnet eksternal agar proses pengendapan dapat dilakukan lebih cepat dan efektif. Pada proses akhir diperlukan *furnace* untuk mengeringkan sampel dengan suhu 80°C selama 2 jam. Produk akhir dari proses ini adalah serbuk hitam Fe₃O₄ yang digunakan

sebagai adsorben penyerapan logam berat Pb. Serbuk Fe₃O₄ dikarakterisasi menggunakan TEM dengan tiga sampel preparasi Fe₃O₄ yang berbeda-beda.

PEMBAHASAN

Produk sintesis Fe₃O₄ ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Powder Fe₃O₄

Sampel Fe₃O₄ berwarna hitam pekat. Hal ini menunjukkan preparasi sampel berhasil dipabrikasi. Warna hitam sampel menunjukkan bahwa nanopartikel yang dihasilkan dari proses sintesis didominasi Fe₃O₄ (Tartaj et al., 2003). Hasil penyerapan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{kadar awal} - \text{kadar akhir}}{\text{kadar awal}} \times 100\%$$

Hasil penyerapan yang penurunan logam Pb disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel penurunan logam Pb

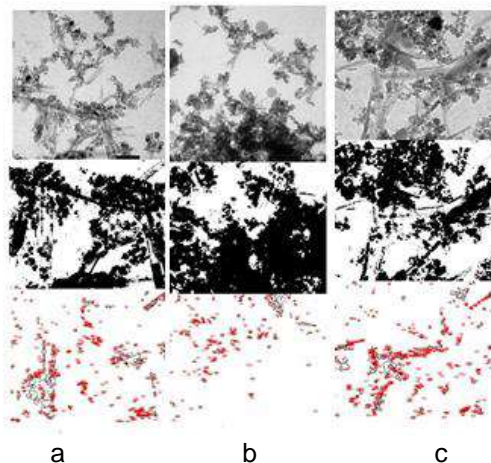
No	Variasi absorben (gram)	Konsent rasi awal (ppm)	Konsent rasi akhir (ppm)	Persentase penurunan (%)
1	0,35	400	0,05	99,98
2	0,42	400	0,1	99,97
3	0,56	400	0,02	99,99

Gambar 2 menjelaskan hasil karakterisasi Fe₃O₄ dengan TEM. Data hasil TEM kemudian diolah dengan *image-J*. Gambar 2 bagian atas merupakan hasil karakterisasi sampel menggunakan TEM. Gambar di bagian tengah merupakan bagian *threshold*,

sedangkan bagian paling bawah (berwarna merah) merupakan *outile* yang telah didapatkan penyebaran partikel-partikelnya. Gambar a merupakan sampel 1, Gambar b merupakan sampel 2, dan Gambar 3 merupakan sampel 3.

Gambar a memiliki sebaran partikel lebih padat dibandingkan gambar b. Gambar c distribusinya lebih padat dibanding gambar b. Pengaruh dari sebaran partikel-partikel ini berdampak pada penyerapan logam berat.

Berdasarkan Tabel 1, penyerapan adsorben yang berbeda menunjukkan hasil penyerapan juga berbeda. Semakin besar adsorben, penyerapan logam Pb juga semakin besar. Hal ini bisa dilihat pada adsorben 1 dan 2 yaitu 0,35 gram dan 0,42 gram. Pada adsorben 0,56 gram, penyerapan Logam Pb naik lagi. Trend ini disebabkan karena konsentrasi ion logam berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan Fe_3O_4 . Dengan potensi magnetik pada sisi aktif dan jumlah sisi aktif yang cukup besar menyebabkan gaya magnetiknya semakin besar (Sartika, 2016).



Gambar 2. Pengolahan Gambar TEM menggunakan *Image-J* melalui proses *Thresholding* dan gambar *outline* untuk a. sampel 1, b. sampel 2, c. sampel 3

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan sebuah hubungan. Kerapatan partikel Fe_3O_4 dapat meningkatkan penyerapan logam berat Pb. Gambar 2c menginterpretasikan adsorben yang dapat meningkatkan penyerapan logam

berat, yaitu dengan besar adsorben 0,56 gram dengan penurunan kadar logam sebesar 0,02ppm atau 99,99%. Pada Gambar 2b dengan kerapatan yang lebih rendah menyebabkan penyerapan logam mengalami penurunan, yaitu pada konsentrasi 0,42 gram dengan penurunan kadar logam 0,1 ppm atau 99,97%. Hal ini disebabkan karena semakin rapat distribusi partikel Fe_3O_4 menyebabkan penyerapan logam Pb semakin besar. Fe_3O_4 dengan kerapatan tinggi memiliki sisi aktif adsorben yang tinggi pula sehingga penyerapannya juga lebih besar.

KESIMPULAN

Semakin besar kerapatan adsorben Fe_3O_4 menyebabkan semakin besar tingkat penyerapan logam berat. Begitu juga sebaliknya, jika kerapatan renggang maka akan menyebabkan penurunan nilai penyerapan.

DAFTAR PUSTAKA

- Santi, A., Sartika, D., 2018, Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Tecnoscientia*, Vol. 11, No. 1, ISSN: 1979-8415.
- Khattak, M. M. U. R, Zahoor, M., Muhammad, B., Khan, F. A., Ullah, R., Salam, N. A., 2017, Removal of Heavy Metals from Drinking Water by Magnetic Carbon Nanostructures Prepared from Biomass, *Jurnal of Nanomaterials*.
- Dief, A. M. A., Hamdan, S. K., 2016. Functionalization of Magnetic Nano Particles: Synthesis, Characterization and Their Application in Water Purification, *American Journal of Nanoscience*, DOI: 10.11648/j.ajn.20160203.12
- Gautam, P. K., Gautam, R. K., Banerjee, S., Chattopadhyaya, and Pandey, J. D., 2016, Heavy Metals in The Environment: Fate, Transport, Toxicity and Remediation Technologies, *Nava Science Publishers*, ISBN: 978-1-63484-740-7.
- Hassaan, M. A., Nemr, A. E., Madkour, F. F. 2016. Environmental Assessment of Heavy Metal Pollution and Human Health Risk., *American*

- Journal of Water Science and Engineering*, DOI: 10.11648/j.ajwse.20160203.11.
- Giraldo, L., Erto, A., Pirajan, J. C. M. 2012. Magnetite Nanoparticles for Removal of Heavy Metals from Aqueous Solutions: Synthesis and Sharacterization, *Adsorption*, DOI: 10.1007/s10450-012-9468-1.
- Nurjanah, S., 2018, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄ Pasir Besi Glagah Kulon Progo dengan Metode Kopresipitasi, *Skripsi*, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Bolto, B. A., 1990, Magnetic Particle Technology for Wastewater Treatment, *Waste Management*, Vol. 10. pp. 11-21.
- Yang T., Zhu S. H., Zhang D., and Xu S. H., 2008, Synthesis and Properties of Magnetic Fe₃O₄ Activated carbon Nanocomposite Particles For Dye Removal, *Matter lett*, Vol. 18, pp. 1675-1679.
- Fuertes, A. B and Tartaj, P., 2008, A facile Route for The Preparation of Superparamagnetic Porous Carbon. *Chem Mater*. Vol. 18. pp. 1675-1679.
- Hariani P. L., Faizal M., Ridwan R., Marsi, 2013, Syntesis and Properties of Fe₃O₄ Nanoparticles by Co-precipitation Method to Removal Procion Dye.
- Khajeh, M., dan Khajeh A., 2009, Synthesis of Magnetic Nanoparticles for Biological and Water Application, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*.
- Sartika, D., 2016, Sifat Magnetik Adsorben Nanopartikel Fe₃O₄ Terhadap Adsorben Logam Berat (Co dan Fe) dalam Larutan.
- Sartika, D., Puji, A. F., Suharyadi, E., 2014, Studi Penurunan Kadar Logam Fe dan Co pada Limbah Cair dengan Purifikasi Berbasis Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄, *Jurnal Fisika Indonesia*, No. 52, Vol. XVIII.
- Tartaj, P., Morales M.D.P., Verdaguer S.P., Carreno T.G., Serna C.J., 2003. The Preparation of Magnetic nanoparticles for Applications in Biomedicine, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 36: pp. R182-R197.

BIODATA PENULIS

Dewi Sartika, M.Sc., lahir di Banyuwangi pada tanggal 22 Juni 1989, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Negeri Malang tahun 2011 pada bidang fisika material, dan pendidikan S2 dari Universitas Gadjah Mada tahun 2014 pada bidang fisika material. Saat ini tercatat sebagai pengajar tetap pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi dengan bidang minat fisika.

Eko Malis, M.Si., lahir di Banyuwangi tanggal 2 Agustus 1980, menyelesaikan pendidikan S1 bidang teknik kimia di ITN Malang tahun 2003, dan S2 bidang ilmu kimia material dari Universitas Brawijaya Malang tahun 2014. Saat ini aktif sebagai pengajar tetap pada Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas PGRI Banyuwangi dengan bidang minat kimia analitik dan monolith organik.

Emmistasega Subama Mangunang, M.Sc., lahir pada tanggal 7 Mei 1987, menyelesaikan S1 dari Universitas Lampung tahun 2010 pada bidang fisika material dan S2 dari Universitas Gadjah Mada tahun 2015 pada bidang fisika material. Saat ini aktif di sebagai peneliti pada Rumah Fisika Lampung.

PEMBUATAN SERBUK PEWARNA ALAMI TEKSTIL DARI EKSTRAK DAUN JATI (*TECTONA GRANDIS LINN. F.*)

Murni Yuniwati¹, Ganjar Andaka², Hanyfa Dofianti³, Harnanda Prawitasari⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, IST AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹murni@akprind.ac.id, ²ganjar_andaka@akprind.ac.id, ³dofihanifa@gmail.com,
⁴harnanda.prawita@gmail.com

Masuk: 01 Juli 2019, Revisi masuk: 15 Juli 2019, Diterima: 16 Juli 2019

ABSTRACT

Anthocyanin is a dye that plays a role in providing a brownish red color that has the potential to become a natural dye for food and can be used as an alternative substitute for coloring dyes that are safer for health. Textile dyes are divided into two, namely natural dyes and synthesis dyes. Natural dyes come from animals and plants while synthetic dyes can be produced from chemicals Anthocyanins are widely found in plants with striking colors, one of which is teak leaves. Teak leaves are one part of the teak tree which can be used as a source of natural dyes for textiles by extracting the leaves. This research was conducted to obtain color powder from extracts of dyes from fresh teak leaves using the foam-mat drying method. This study was prepared to study the effect of citric acid addition on color intensity and the addition of chicken egg white to moisture content and solubility of color powder of teak leaf extract. To achieve this goal, in this study used fresh teak leaves with 95% ethanol solvent mass. At the beginning of the process, 25 grams of teak leaves are mashed first, then put into a beaker glass and macerated using a 95% ethanol mass of 250 ml and added 10 ml of citric acid from the amount of solvent with a concentration varied for 24 hours. After that filtered, the filter was taken. Powder making was carried out by foam-mat drying method using chicken egg white as foaming and maltodextrin as filler. The filtrate was added with 8% b/v maltodextrin and chicken egg white with the concentration varied stirred in the mixer until homogeneous. Then the oven is dried at a temperature of 60oC until a constant weight is reached. Using 25 grams of fresh teak leaves, 95% ethanol solvent as much as 250 ml, and 8% b/v maltodextrin obtained optimal conditions at 5% b/v egg white concentration and 30% b/v citric acid concentration, with these conditions obtained the powder results with a moisture content of 8% mass, solubility of 99.22% b/v with a reddish level of 16,625, a brightness level of 43,495, and a yellowish level of 5,925. It is hoped that this research can be used as a reference for the development of further research on anthocyanin dye powder which will then be developed as a raw material for dyes for the chemical industry, and textile industry.

Keywords: *Anthocyanin, Natural dyes, Teak leaves.*

INTISARI

Antosianin merupakan zat warna yang berperan memberikan warna merah kecoklatan berpotensi menjadi pewarna alami untuk pangan dan dapat dijadikan alternatif pengganti pewarna sintesis yang lebih aman bagi kesehatan. Pewarna tekstil dibagi menjadi dua, yaitu pewarna alami dan pewarna sintesis. Pewarna alami berasal dari hewan maupun tumbuhan sedangkan pewarna sintesis dapat dihasilkan dari bahan-bahan kimia Antosianin banyak terdapat dalam tanaman dengan warna mencolok, salah satunya pada daun jati. Daun jati merupakan salah satu bagian dari pohon jati yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber zat warna alami untuk tekstil dengan cara mengekstrak daunnya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan serbuk warna dari ekstrak zat warna dari daun jati segar dengan metode *foam-mat drying*. Penelitian ini disusun untuk mempelajari pengaruh penambahan asam sitrat terhadap intensitas warna dan penambahan putih telur ayam terhadap kadar air dan kelarutan serbuk warna

ekstrak daun jati. Untuk mencapai tujuan tersebut, pada penelitian ini digunakan daun jati segar dengan pelarut etanol 95% massa. Pada awal proses, daun jati sebanyak 25 gram dihaluskan terlebih dahulu, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker lalu dimaserasi menggunakan pelarut etanol 95% massa sebanyak 250 ml dan ditambahkan 10ml asam sitrat dari jumlah pelarut dengan konsentrasi yang divariasikan selama 24 jam. Setelah itu disaring diambil fitratnya. Pembuatan serbuk dilakukan dengan metode *foam-mat drying* menggunakan putih telur ayam sebagai pembusa dan maltodekstrin sebagai zat pengisi. Filtrat ditambahkan maltodekstrin 8% b/v dan putih telur ayam dengan konsentrasi yang divariasikan diaduk dalam *mixer* hingga homogen. Kemudian dilakukan pengeringan dengan oven pada suhu 60°C sampai tercapai bobot konstan. Dengan menggunakan daun jati segar 25 gram, pelarut etanol 95% massa sebanyak 250 ml, dan maltodekstrin 8%b/v didapatkan kondisi optimal pada konsentrasi putih telur 5%b/v dan konsentrasi asam sitrat 30%b/v, dengan kondisi tersebut diperoleh hasil serbuk dengan kadar air 8% massa, kelarutan 99,22%b/v dengan tingkat kemerahan sebesar 16.625, tingkat kecerahan sebesar 43.495, dan tingkat kekuningan sebesar 5.925. Diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk perkembangan penelitian selanjutnya mengenai serbuk pewarna antosianin yang kemudian akan dikembangkan menjadi bahan baku zat warna untuk industri kimia, dan industri tekstil.

Kata-kata kunci: Antosianin, Daun jati, Pewarna.

PENDAHULUAN

Tanaman Jati

Pohon jati merupakan tanaman yang dikenal sebagai pohon berkualitas dan bernilai jual tinggi. Indonesia memiliki hutan jati seluas 1.568.415 ha dengan potensi mencapai 39.564.000 m³, dimana jumlah pohon 226.680.000 batang yang terdiri dari pohon siap tebang 78.486.000 batang potensi produksi kayu minimal 19.621.000 m³ per tahun. (Effendi, 2006). Daun jati secara tradisional digunakan untuk pembungkus tempe dan daging. Hal ini mengakibatkan harga daun jati rendah, salah satu alternatif untuk meningkatkan nilainya, dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami. Klasifikasi ilmiah pohon jati adalah: *Kingdom Plantae, Devisi Magnoliophyta, Class Magnoliopsida, Ordo Lamiales, Family Verbenaceae, Genus Tectona, Spesies Tectona Grandis*.

Kandungan pohon jati antara lain: kandungan kimia pada kulitnya adalah asam, damar dan zat samak, sedangkan kandungan dalam tanaman dan daun adalah zat pahit, glucose dan lemak. Sifat fisik daun jati berupa daun tunggal, berbentuk bulat telur, permukaan kasar, tepi bergerigi, ujung runcing, pangkal berlekuk, penulangan menyirip, panjang 10-16 cm, warna hijau (Gambar 1).



Gambar 1: Sifat fisik daun jati

Antosianin

Antosianin merupakan zat warna yang berperan memberikan warna merah kecoklatan berpotensi menjadi pewarna alami untuk pangan dan dapat dijadikan alternatif pengganti pewarna sintesis yang lebih aman bagi kesehatan (Citramukti, 2008). Anthosianin banyak terkandung dalam buah, bunga, dan sayuran.

Anthosianin berasal dari bahasa Yunani yaitu *antho* yang berarti bunga dan *sianos* yang artinya biru, yang digunakan untuk menamai zat warna biru dari suatu bunga. Anthosianin merupakan pewarna yang penting dan tersebar luas dalam tumbuhan. Anthosianin secara umum mempunyai stabilitas yang rendah. Pada pemanasan yang tinggi, kestabilan dan ketahanan zat warna anthosianin akan berubah dan mengakibatkan kerusakan. Selain mempengaruhi warna

anthosianin, pH juga mempengaruhi stabilitasnya, dimana dalam suasana asam akan berwarna merah dan suasana basa berwarna biru. Menurut Suhardi (1999), penentuan jumlah anthosianin dapat menggunakan spek trofotometer pada panjang gelombang 520 nm pada pH 1 dan pH 4,5. Pemilihan pH 1 dan pH 4,5 berdasarkan penelitian.

Maserasi

Maserasi berasal dari bahasa latin *Macerace* berarti mengairi dan melunakan. Maserasi merupakan cara ekstraksi yang paling sederhana. Dasar dari maserasi adalah melarutnya bahan kandungan simplisia dari sel yang rusak, yang terbentuk pada saat penghalusan, ekstraksi (difusi) bahan kandungan dari sel yang masih utuh. Setelah selesai waktu maserasi, artinya keseimbangan antara bahan yang diekstraksi pada bagian dalam sel dengan masuk kedalam cairan, telah tercapai maka proses difusi segera berakhir.

Pelarut sangat mempengaruhi proses ekstraksi. Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi faktor-faktor, yaitu selektivitas pelarut dalam melarutkan zat yang akan diekstrak sehingga dapat cepat dan sempurna. (Guenter, 1987). Macam-macam pelarut yang biasa digunakan dalam ekstraksi zat warna alami adalah:

- a. **Aquadest**, merupakan pelarut yang paling mudah didapat dan murah. Pelarut ini bersifat netral dan tidak berbahaya. Lebih baik untuk digunakan karena aquades atau air yang telah disuling memiliki kadar mineral sangat minim. Kelemahannya hanya pada proses evaporasi (penguapan) yang lebih lama karena titik didihnya lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut lainnya.
- b. **Etanol**, sering digunakan sebagai pelarut dalam praktikum karena mempunyai kelarutan yang relatif tinggi dan bersifat inert sehingga tidak bereaksi dengan komponen lainnya. Kelemahannya harganya mahal (Guenter, 1987).

Kerugian maserasi adalah pengerjaannya lama dan penyarian

kurang sempurna. Secara teknologi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi pada keseimbangan. Maserasi kinetik berarti dilakukan pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat pertama, dan seterusnya (Depkes RI, 2000).

Metode Fam Mat Drying

Foam-Mat Drying adalah teknik pengeringan bahan berbentuk cair dan peka terhadap panas melalui teknik pembusaan dengan menambahkan zat pembusa. Pengeringan dengan bentuk busa (*foam*), dapat mempercepat proses penguapan air dan dilakukan pada suhu rendah, sehingga tidak merusak jaringan stabilitas zat warna. Menurut Kamsiati (2006), *foam-mat drying* memiliki kelebihan daripada metode pengeringan lain, karena relatif sederhana dan tidak mahal.

Zat Warna Tekstil

Proses pewarnaan pada tekstil secara sederhana meliputi, pewarnaan, fiksasi, dan pengeringan. Proses pewarnaan dilakukan dengan pencelupan kain pada zat warna. Proses fiksasi adalah proses pengunci warna kain. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan tawas yang telah dilarutkan oleh air (Moerdoko, 1975).

1. Perendaman kain pada larutan serbuk warna.

Pada proses ini dilakukan untuk memberi warna merah pada kain tekstil yang akan dijadikan sampel, dengan cara sebagai berikut:

- Serbuk warna alami sebanyak 1gr dilarutkan pada 10 mL aquades
 - Di rendam selama 12 jam, kemudian di tiriskan dan dilanjutkan ke proses selanjutnya
2. Pembuatan larutan *fixer* (pengunci warna).

Pada pencelupan bahan tekstil dengan zat warna alam dibutuhkan proses fiksasi yaitu proses penguncian warna setelah bahan dicelup dengan zat warna alam agar memiliki ketahanan luntur yang baik, ada tiga jenis larutan *fixer* yang biasa digunakan yaitu tunjung (FeSO_4), tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), dan kapur

tohor (CaCO_3). Untuk itu sebelum melakukan pencelupan kita perlu menyiapkan larutan fixer (Fitrihana, 2007). Pada penelitian ini digunakan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) yang berfungsi sebagai penguat pewarna kain dan meningkatkan ketahanan pada api.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah blender, mixer, loyang, oven, timbangan analitik, pisau, gelas arloji, gelas ukur, gelas beaker, mortar dan stamper, kromatometer, serta corong hisap.

Bahan

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah daun jati (Gambar 2), etanol 95% massa, putih telur, asam sitrat, maltodekstrin, dan kertas saring Whatman.



Gambar 2: Daun jati

Prosedur Penelitian

Sampel daun jati segar dibersihkan dan dicuci untuk memisahkan kotoran dari daun kemudian ditiriskan. Setelah air sisa pencucian tiris, daun jati segar dipotong kecil-kecil dan diblender hingga halus (Gambar 3). Sebanyak 25 g, sampel daun jati yang telah halus diekstraksi dengan teknik maserasi basah menggunakan pelarut etanol 95% massa sebanyak 250 mL dan ditambahkan 10ml asam sitrat dengan konsentrasi yang divariasikan. Maserasi dilakukan dengan waktu yaitu 24 jam (Gambar 4). Ekstrak disaring dan filtratnya ditampung (Gambar 5). Filtrat ditambahkan maltodekstrin sebanyak 8%b/v lalu diaduk sambil ditambahkan putih telur ayam dengan konsentrasi yang divariasikan, diaduk dalam *mixer*

dengan kecepatan 450 rpm (Gambar 6). Setelah homogen, bahan dipindahkan ke loyang lalu dioven pada suhu 60°C sampai tercapai bobot konstan (Gambar 7). Serbuk kemudian diayak dengan ayakan 60 *mesh*.



Gambar 3: Penghalusan dengan blender



Gambar 4: Proses maserasi



Gambar 5: Proses pemisahan filtrat



Gambar 6: Proses pengadukan



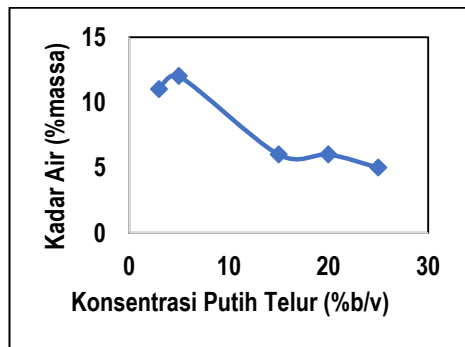
Gambar 7: Pengeringan & penumbukan serbuk

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Penambahan Variasi Putih Telur pada Serbuk Warna

a. Kadar Air

Pengaruh penambahan putih telur terhadap kadar air serbuk pewarna ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8: Pengaruh konsentrasi putih telur terhadap kadar air serbuk warna

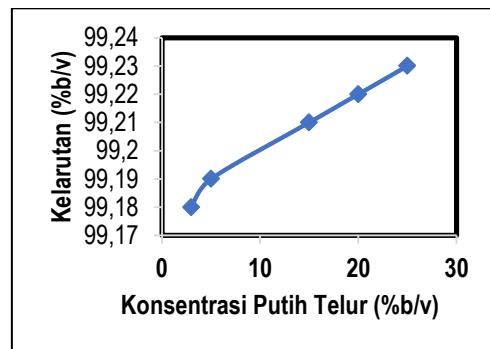
Dari Gambar 8 diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi putih telur akan mempengaruhi persentase kadar air pada serbuk warna. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah busa putih telur yang digunakan, akan semakin memperbesar luas permukaan dan memberikan struktur berpori pada bahan, sehingga akan berpengaruh pada kecepatan proses pengeringan, karena sistem transportasi dipercepat dalam mengeluarkan air dalam bahan pada proses penguapan. Akan tetapi juga mengalami sedikit kenaikan hal ini disebabkan oleh pengaruh oleh uap air dari lingkungan saat penyimpanan serbuk warna.

Rata-rata kadar air dengan konsentrasi bahan pembusa 3%, 5%,

15%, 20%, dan 25% berkisar antara 5% sampai 11%. Menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada konsentrasi putih telur 25% kadar air sebesar 5% dan tertinggi terdapat pada konsentrasi putih telur 3% dengan kadar air sebesar 11%.

b. Kelarutan

Pengaruh penambahan putih telur terhadap kadar air serbuk pewarna dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9: Pengaruh konsentrasi putih telur terhadap kelarutan serbuk warna

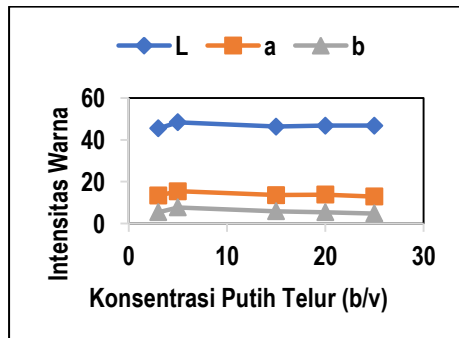
Secara teoritis kenaikan konsentrasi putih telur yang lebih besar pada setiap perlakuan juga akan berpengaruh terhadap meningkatkan kelarutan serbuk pewarna alami. Hal ini dikarenakan sifat albumin pada putih telur dapat larut dalam air. Pernyataan tersebut sesuai dengan Riawan (1990), bahwa albumin adalah protein yang dapat larut dalam air serta dapat terkoagulasi oleh panas. Kelarutan produk sangat dipengaruhi oleh porositas partikel dimana bila produk semakin porous (berpori-pori) maka beban tersebut akan semakin cepat larut. Kelarutan adalah kuantitas maksimal suatu zat terlarut (solute) untuk dapat larut pada pelarut tertentu membentuk larutan homogeny. Tingkat kelarutan yang tinggi merupakan sifat yang diharapkan dari produk serbuk warna alami

Rata-rata %kelarutan bahan pembusa dengan konsentrasi 3%, 5%, 10%, 20% dan 25% berkisar antara 99,18% sampai 99,23%. Hal ini menunjukkan bahwa terendah terdapat pada kombinasi konsentrasi putih telur 3%

%kelarutan sebesar 99.18% dan konsentrasi putih telur 25% dengan %kelarutan sebesar 99.23%.

c. Intesitas Warna

Pengaruh konsentrasi putih telur terhadap intensitas warna ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10: Pengaruh konsentrasi putih telur terhadap intensitas warna

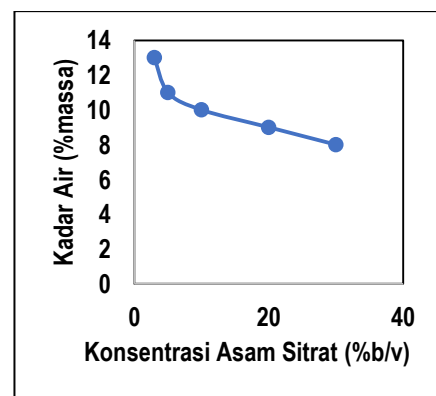
Nilai L tingkat kecerahan tertinggi terdapat 5% konsentrasi putih telur nilai L sebesar 48.4. Untuk parameter kemerahan ditunjukkan dengan notasi a nilai tertinggi terdapat pada konsentrasi putih telur 5% dengan nilai a sebesar 15.405. Sedangkan untuk nilai b yang menunjukkan kekuningan terdapat 5% konsentrasi putih telur nilai b sebesar 7.72. Hasil analisa tingkat kecerahan warna rerata derajat kecerahan serbuk warna alami daun cenderung mengalami peningkatan dengan semakin meningkatnya konsentrasi putih telur yang digunakan. Perlakuan penambahan putih telur. Hasil analisa tingkat kemerahan warna rerata derajat kecerahan serbuk warna alami daun jati muda cenderung mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya konsentrasi putih telur yang digunakan dikarenakan pada saat penambahan putih telur ini mengalami titik tertinggi dan selanjutnya mengalami penurunan. Menurut Karim dan Wai (1997), bahan pangan dalam bentuk cair yang ditambah dengan putih telur akan cepat mengering. Dilaporkan bahwa putih telur yang dibusakan mampu melindungi bahan tersebut dari reaksi

Maillard. Akibatnya derajat kemerahan serbuk warna daun jati muda semakin berkurang karena buih putih telur yang tidak tembus pandang menutupi warna bahan tersebut. Reaksi Maillard dalam makanan dapat berfungsi untuk menghasilkan *flavour* dan aroma, dapat menyebabkan berkurangnya ketersediaan asam amino, kehilangan nilai gizi, pembentukan antinutrisi, pembentukan komponen toksik dan komponen *mutagenic*. Sedangkan hasil analisa tingkat kekuningan warna cenderung mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya konsentrasi putih telur yang digunakan.

2. Pengaruh Penambahan Variasi Asam Sitrat pada Serbuk Warna

a. Kadar Air

Rata-rata kadar air bahan pembusa dengan konsentrasi 3%, 5%, 10%, 20%, dan 30% berkisar antara 8% sampai 13%. Menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada penambahan konsentrasi asam sitrat 30% dengan kadar air sebesar 8% dan kadar air tertinggi terdapat pada penambahan konsentrasi asam sitrat 3% dengan kadar air sebesar 13% (Gambar 11).



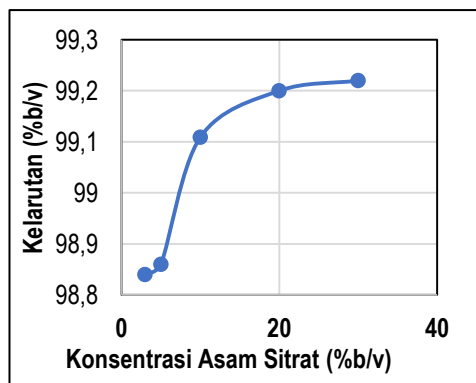
Gambar 11: Pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap kadar air serbuk warna

Dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan konsentrasi asam sitrat sangat terlihat pada kadar air serbuk warna, perlakuan peningkatan konsentrasi asam sitrat akan menurunkan nilai kadar air pada serbuk warna. Hal ini disebabkan karena asam

sitrat yang ditambahkan menyebabkan terjadinya proses difusi atau perpindahan partikel zat padat atau gas dari yang lebih pekat ke kurang pekat (Anwar, 1984). Semakin banyak penambahan asam maka semakin banyak air yang terdapat dalam bahan keluar, sehingga air yang terserap oleh bahan semakin sedikit. Hasil ini seiring dengan hasil rendemen, dengan semakin tinggi konsentrasi asam sitrat maka rendemen yang didapat akan semakin besar.

b. Kelarutan

Rata-rata %kelarutan bahan pembusa dengan konsentrasi 3%, 5%, 10%, 20% dan 30% berkisar antara 98,84% sampai 99,11%, menunjukkan bahwa terendah terdapat pada kombinasi konsentrasi asam sitrat 3% dengan %kelarutan sebesar 98,84% dan tertinggi terdapat pada kombinasi konsentrasi asam sitrat 30% dengan % kelarutan sebesar 99,11% (Gambar 12).



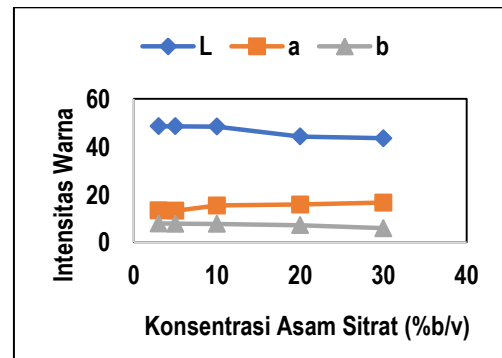
Gambar 12: Pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap kelarutan serbuk warna

Kenaikan konsentrasi asam sitrat menyebabkan semakin tingginya kelarutan serbuk warna. Hal ini disebabkan karena asam sitrat merupakan senyawa higroskopis, sehingga semakin tinggi jumlah asam pada campuran akan mempengaruhi proporsi bahan yang larut dalam air. Pengaruh konsentrasi asam sitrat dengan pelarut aquades berpengaruh nyata pada kelarutan serbuk warna, hal ini dapat dilihat pada grafik bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sitrat maka semakin baik tingkat kelarutan

yang dihasilkan. Tingkat kelarutan yang tinggi merupakan sifat yang diharapkan dari produk serbuk warna alami.

c. Intensitas Warna

Nilai L tingkat kecerahan tertinggi terdapat 3% konsentrasi asam sitrat nilai L sebesar 48.515. Untuk parameter kemerahan ditunjukkan dengan notasi a nilai tertinggi terdapat pada konsentrasi asam sitrat 30% dengan nilai a sebesar 16.625. Sedangkan untuk nilai b yang menunjukkan kekuningan terdapat 3% konsentrasi asam sitrat tertinggi nilai b sebesar 7.885 (Gambar 13).



Gambar 13: Pengaruh konsentrasi asam sitrat terhadap intensitas warna

Hasil analisa tingkat kecerahan serbuk warna alami daun jati muda cenderung mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya konsentrasi asam sitrat yang digunakan. Hasil analisa tingkat kemerahan serbuk warna alami daun jati muda cenderung mengalami peningkatan dikarenakan keadaan yang semakin asam menyebabkan semakin banyaknya pigmen antosianin yang berwarna lebih pekat (Setyaningrum, 2010). Intensitas warna merah akan berpengaruh terhadap intensitas warna kuning. Kenaikan intensitas warna merah (a+) akan menyebabkan kenaikan intensitas warna kuning (b+). Adanya warna kuning pada antosianin diduga karena adanya pigmen antosantin yang memberikan efek warna kuning (Fatmawati (2007). Hal ini menunjukkan bahwa karena intensitas warna merah meningkat dan intensitas warna kuning menurun konsisten dengan penambahan konsentrasi asam sitrat.

berpengaruh pada tingkat kekuningan serbuk warna yang dihasilkan. Pada penelitian sebelum dijelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam sitrat maka tingkat kekuningan serbuk warna akan semakin tinggi hal ini menunjukkan bahwa hasil penelitian ini tidak sesuai teori dikarenakan peningkatan intensitas warna merah yang terjadi tidak terlalu signifikan, hal ini juga mempengaruhi penurunan tingkat kekuningan yang tidak signifikan.

KESIMPULAN

1. Peningkatan konsentrasi asam sitrat memberikan pengaruh pada peningkatan kadar air dan meningkatnya tingkat kemerahan serbuk warna.
2. Peningkatan konsentrasi putih telur memberikan pengaruh pada penurunan kadar air dan menurunnya tingkat kemerahan serbuk warna.
3. Peningkatan konsentrasi asam sitrat dan putih telur tidak terlalu berdampak pada kelarutan serbuk warna.
4. Dengan mempertimbangkan nilai kadar air, kelarutan dan intensitas warna, maka kondisi serbuk terbaik terdapat pada kombinasi putih telur 5% (b/v) dan asam sitrat dengan konsentrasi 30% (b/v) diperoleh hasil serbuk warna dengan kadar air 8%(massa), kelarutan 99,22%(b/v) dengan tingkat kemerahan sebesar 16.625, tingkat kecerahan sebesar 43.495, dan tingkat kekuningan sebesar 5.925.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A., 1984, *Ringkasan Biologi*. Ganeca Exact Bandung: Bandung.
- Citramukti, I., 2008, Ekstraksi dan Uji Kualitas Pigmen Antosianin pada Kulit Buah Naga Merah (*Holocerecis Costaricensis*) (Kajian Masa Simpan Buah Naga dan Penggunaan Jenis Pelarut). *Skripsi*, Fakultas Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Muhammadiyah Malang.
- DepKes RI, 2000, *Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan*, Direktorat Jendral POM-DepKes RI, Jakarta.

- Effendi, R., 2006, Pengaruh Konsentrasi Putih Telur Terhadap Kualitas Fisik dan Kimia Susu Bubuk Metode Foam Mat Drying. *Tesis*. Fakultas Peternakan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Fatmawati, 2007, Ekstraksi Pigmen Antosianin dari Buah Murbei (*Morus Alba L*) Kajian Konsentrasi HCL dan Uji Stabilitas pada Produk Minuman Yoghurt. *Skripsi*, Jurusan Teknologi Pengolahan Pangan, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Fitrihana, N., 2007, *Teknik Eksplorasi Zat Pewarna Alam dari Tanaman Di Sekitar Kita untuk Pencelupan Bahan Tekstil*, www.batikindonesia.com.
- Guenter, E., 1987, *Minyak Atsiri*, jilid 1. Jakarta: UI Press.
- Kamsiati, E., 2006, Pembuatan Bubuk Sari Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum Mill*) dengan Metode Foam-Mat Drying. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 7(2):113-119.
- Karim, A. A dan Wai, C. C., 1997, Foam Mat Drying Starfruit (*Averrhoa Carambola L.*) Purre. Stability and Air Drying Characteristic. *Journal Food Chemistry*, 64: 337-343.
- Moerdoko, W., 1975, *Evaluasi Tekstil Bagian Kimia*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung.
- Riawan, S., 1990, *Kimia Organik*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Setyaningrum, E. N., 2010, *Efektivitas Penggunaan Jenis Asam dalam Proses Ekstraksi Pigmen Antosianin Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*) dengan Penambahan Aseton 60%*. Perpustakaan Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Suhardi, 1999, Analisa Pigmen Tanaman dan Bahan Tambahan Makanan, AHP, THP, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

Ir. Murni Yuniwati, M.T. lahir di Banjarnegara pada tanggal 11 Juni 1961, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Gajah Mada tahun 1988 pada bidang teknik kimia, dan

S2 dari Universitas Gajah Mada tahun 1999 pada bidang teknik kimia. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap pada Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat teknik kimia.

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. lahir di Sleman pada tanggal 7 Maret 1963, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Gajah Mada tahun 1992 pada bidang teknik kimia, S2 dari University of Salford tahun 1998 pada bidang teknik kimia, dan S3 dari University of Salford tahun 2005 pada bidang teknik kimia. Saat ini

tercatat sebagai Dosen Tetap pada Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat teknik kimia.

Hanyfa Dofianti lahir di Jakarta pada tanggal 4 Juli 1997. Saat ini tercatat sebagai mahasiswa jenjang S1 pada Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta.

Harnanda Prawitasari lahir di Klaten pada tanggal 23 Maret 1997. . Saat ini tercatat sebagai mahasiswa jenjang S1 pada Jurusan Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta.

PENGARUH SUHU PROSES TERHADAP SINTESIS ALKYD RESIN DARI DAUN KEMANGI (*OCIMUM BASILICUM*) SEBAGAI BAKAL BINDER PEMBUATAN CAT

Theodorus Cahyo Paparingan¹, Dony Syamsuddin Halomoan Pasaribu²,
Fatah Ibnu Qoyyim³, Ani Purwanti⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹thdrous.cahyo@gmail.com, ²donisyamsuddin@gmail.com,
³fatunqoyyim76@gmail.com, ⁴ani4wanti@akprind.ac.id

Masuk: 01 Juli 2019, Revisi masuk: 15 Juli 2019, Diterima: 16 Juli 2019

ABSTRACT

Alkyd resin are an example of a polymer product formed by the condensation polymerization process. Alkyd has great value when modified with natural oils or synthesis (triglycerides). This study aims to determine the effect of temperature on the mechanical properties of alkyd resin. The research process consists of 4 stages: the extraction process, the distillation process, the alcoholysis reaction and the esterification reaction. The study began by extracting essential oils from dried basil leaves. Extraction is done using n-hexane solvent which will be removed in the distillation process. The alcoholysis begins by reacting basil essential oil with glycerin in a volume ratio of 1:5 at 180°C. Then the esterification step is carried out by mixing phthalic anhydride into a batch reactor with a molar ratio of glycerol:phthalic anhydride 3:2. Then analyze aspects of viscosity, acid numbers, iodine numbers, and colors. The results obtained in the analysis showed a process temperature of 180°C more effectively used for further research processes because of the compatibility of the results with the alkyd resin reference value. The results obtained are 189516 cP viscosity, acid number 6,83935 mg/g, iodine number 1,8935 mg/g, and a dark yellow color.

Keywords: Alcoholysis, Alkyd resin, Basil, Esterification.

INTISARI

Alkyd resin adalah salah satu contoh produk polimer yang terbentuk dari proses polimerisasi kondensasi. Alkyd resin banyak digunakan dalam industri cat, coating, serta pembentukan film. Alkyd memiliki nilai besar ketika dimodifikasi dengan minyak alam atau sintesis (trigliserida). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu proses terhadap sifat mekanik alkyd resin. Proses penelitian ini ada 4 tahap yaitu proses ekstraksi, proses distilasi, reaksi alkoholisis dan reaksi esterifikasi. Penelitian dimulai dengan mengekstraksi minyak atsiri dari daun kemangi yang sudah dikeringkan. Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut n-heksana yang akan di hilangkan di proses distilasi. Tahap alkoholisis diawali dengan mereaksikan minyak atsiri kemangi dengan gliserin dengan perbandingan volume 1:5 pada suhu 180°C. Kemudian dilakukan tahap esterifikasi dengan mencampurkan anhidrida phtalat ke dalam reaktor batch dengan perbandingan molar gliserol : anhidrida phtalat 3:2. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap aspek viskositas, bilangan asam, bilangan iod dan warna. Hasil yang diperoleh pada analisis menunjukkan suhu proses 180 °C lebih efektif digunakan untuk proses penelitian lanjutan karena kesesuaian hasil dengan nilai acuan alkyd resin. Adapun hasil yang diperoleh ialah viskositas 189516 cP, bilangan asam 6,83935 mg/g, bilangan iod 1,8935 mg/g, dan warna kuning gelap.

Kata-kata kunci: Alkoholisis, Alkyd resin, Esterifikasi, Kemangi.

PENDAHULUAN

Saat ini polimer memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Manusia membutuhkan polimer seperti plastik, bahan perekat, dan lainnya dalam jumlah yang besar. *Alkyd resin* adalah salah satu contoh produk polimer yang terbentuk dari proses polimerisasi kondensasi. *Alkyd resin* memiliki nilai besar ketika dimodifikasi dengan minyak alam atau sintesis (trigliserida). Penambahan minyak tersebut berfungsi sebagai pemberi efek pengering (minyak akan mengering pada permukaan padat) karena teroksidasi oleh udara. Masalah yang terjadi pada pembuangan limbah *alkyd resin* adalah sulit terurai di lingkungan (Ikhuoria dkk., 2007). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengembangkan alternatif *alkyd resin* yang lebih ramah lingkungan.

Kemangi (*ocimum basilicum*) merupakan tanaman tahunan yang tumbuh liar dan dapat ditemukan di banyak tempat. Tanaman kemangi merupakan tanaman yang mudah didapatkan, dapat tumbuh di tanah terbuka maupun teduh, dan tidak tahan terhadap kekeringan. Tanaman kemangi adalah sejenis tanaman hemafrodit yang tumbuh di daerah tropis. Tanaman ini termasuk *family lamiaceae* yang banyak tumbuh di Indonesia. Seiring meningkatnya ilmu pengetahuan dan teknologi, tanaman kemangi telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Tanaman kemangi biasanya digunakan sebagai pelengkap masakan atau lalapan (Safwan dkk. 2016).

Kemangi banyak mengandung senyawa kimia, antara lain *alkaloid*, *flavonoid*, *tannin*, *saponin*, *triterpenoid*, dan minyak atsiri. Kandungan minyak atsiri pada daun kemangi sebesar 70,05% dan mengandung *eugenol* sebagai komponen utamanya (Kusuma, 2010). Minyak atsiri atau minyak eteris atau minyak esensial merupakan minyak yang mudah menguap pada suhu kamar, mempunyai rasa getir, berbau wangi, dan umumnya larut dalam pelarut organik. Minyak ini dihasilkan dari bagian tanaman tertentu

seperti akar, batang, kulit, daun, bunga dan biji (Gunawan dan Mulyani 2004; Lutony dan Rahmayati 1994). Besarnya kandungan minyak atsiri pada daun kemangi menjadi alasan untuk banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk pembuatan berbagai produk, salah satunya ialah *alkyd resin*.

Alkyd resin adalah polyester yang dihasilkan melalui polimerisasi kondensi dari tiga monomer, yaitu *polyols*, *polybasic acids*, dan *fatty acids* atau *triglyceride oil* (minyak nabati). *Alkyd resin* merupakan suatu produk hasil reaksi esterifikasi yang dimodifikasi oleh minyak kering atau asam lemak jenuh (Ikhuoria dkk., 2007). Minyak nabati memiliki potensi untuk mengembangkan *alkyd resin* menjadi produk kimia polimer, sehingga penelitian-penelitian tentang *alkyd resin* saat ini banyak membahas *alkyd resin* termodifikasi oleh minyak nabati. American Society for Testing and Materials (ASTM) mendefinisikan *alkyd* sebagai *resin* sintesis terbuat dari *polyhydric alcohol* dan *polybasic acid* yang dimodifikasi dengan minyak nabati atau asam lemak (Jones, 1983).

Fisher dan Hayward (1998) menerangkan bahwa proses pembuatan *alkyd resin* ada dua metode yaitu:

1. Proses monogliserida

Proses monogliserida adalah pembuatan *alkyd resin* dimana minyak nabati direaksikan dengan polyol yang dipanaskan bersama dengan katalis seperti timbal, sodium, kalsium, atau seng. Reaksi antara trigliserida (minyak nabati) dan gliserol (*polyol*) disebut dengan reaksi alkoholisis. Reaksi alkoholisis menghasilkan monogliserida, setelah monogliserida terbentuk dapat langsung direaksikan dengan *polybasic acid* atau *anhydride*.

2. Proses *fatty acid* (asam lemak)

Pada metode ini asam lemak, polyol (gliserol, atau pentaerythritol) dan *polybasic acid* atau *anhydride* (*maleic anhydride*) dipanaskan bersama dalam reaktor. Proses ini membutuhkan energi yang lebih besar dan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan proses

monogliserida, karena perlu proses pemisahan asam lemak dari minyak. Namun, metode ini membutuhkan waktu yang lebih singkat karena prosesnya hanya satu tahap.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu proses terhadap sifat mekanik *alkyd resin* yang dimodifikasi dengan minyak atsiri dari daun kemangi sebagai bahan dasar pembuatan cat. Penelitian ini penting dilakukan untuk mengurangi produk *alkyd* yang terbuat dari bahan kimia dengan memanfaatkan bahan alami.

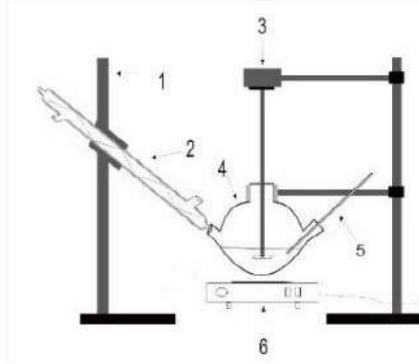
METODE PENELITIAN

Ruang lingkup penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimen dengan variabel suhu proses. Metode yang digunakan dalam pembuatan *alkyd resin* ialah proses monogliserida. Analisis hasil eksperimen yang dilakukan meliputi bilangan asam, bilangan iod, viskositas, dan warna.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas *beaker*, gelas ukur, pipet volume, corong, rangkaian alat *soxhlet* ekstraktor, rangkaian alat destilasi, dan rangkaian alat untuk pembuatan *alkyd resin* (Gambar 1).



Gambar 1. Rangkaian alat untuk pembuatan *alkyd resin*

Keterangan:

- 1) Statif
- 2) Pendingin balik
- 3) Motor pengaduk
- 4) Labu leher tiga
- 5) Termometer
- 6) Pemanas

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah minyak atsiri kemangi, gliserin ($C_3H_8O_3$), NaOH, dan *phthalic anhydride* ($C_8H_4O_3$).

Prosedur penelitian

a. Preparasi bahan

Kemangi dikeringkan di bawah sinar matahari lalu dipotong kecil hingga menjadi serbuk. Proses selanjutnya ialah mesh kemangi dengan ukuran 80 mesh.

b. Pengambilan minyak atsiri

Proses pengambilan minyak atsiri dilakukan dalam dua tahap, yaitu ekstraksi dan destilasi. Proses ekstraksi dilakukan dengan prosedur sebagai berikut. Kemangi ditimbang sebanyak 50 gr, kemudian dibungkus dengan kain putih dan dimasukkan ke rangkaian alat *soxhlet ekstraktor*, kemudian diekstraksi selama 1 (satu) jam dengan pelarut n-heksana volume 250 mL. Proses selanjutnya ialah destilasi. Hasil dari proses ekstraksi dimasukkan ke dalam rangkaian alat destilasi, kemudian dipanaskan pada suhu $69^{\circ}C$ selama 1 (satu) jam. Setelah proses selesai maka akan diperoleh hasil berupa minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan *alkyd resin*.

c. Pembuatan *alkyd resin*

Proses pembuatan *alkyd resin* dilakukan dalam dua tahapan proses, yaitu alkoholisis dan esterifikasi, keduanya dijalankan secara *batch* pada labu leher tiga. Dalam proses alkoholisis dibuat larutan dengan komposisi minyak dicampur dengan gliserin dengan perbandingan volume 1:5 yaitu volume minyak 10 mL dan volume gliserin 50 mL. Larutan yang terbentuk ditambah NaOH sebanyak 6,5 gr yang berfungsi sebagai katalis. Tahap selanjutnya, larutan dipanaskan pada suhu bervariasi antara $180-260^{\circ}C$ dengan selisih $20^{\circ}C$ pada setiap eksperimen. Proses pemanasan dilakukan selama 2 jam. Proses esterifikasi dilakukan setelah proses alkoholisis selesai. Dalam proses ini, larutan yang dihasilkan

pada tahap sebelumnya ditambah *ptahlic anhydride* (PA) dengan perbandingan PA dengan bahan ialah 2:3 molar), selanjutnya dipanaskan selama 45 menit pada suhu 200°C.

Variabel penelitian

Pembuatan *alkyd resin* pada penelitian ini menggunakan variabel suhu proses dengan 5 (lima) variasi, yaitu 180°C, 200°C, 220°C, 240°C, dan 260°C.

Analisis hasil

Analisis hasil eksperimen dilakukan pada 4 (empat) parameter uji, yaitu warna, bilangan asam, bilangan iod, dan viskositas.

a. Warna

Analisis warna pada sampel dilakukan dengan menggunakan indera penglihatan.

b. Bilangan asam

Sebanyak 20 gr sampel larutan dalam labu erlenmeyer berukuran 250 mL ditimbang, kemudian ditambahkan 50 mL alkohol 95% netral, selanjutnya dipanaskan dalam *water bath* sambil diaduk sampai mendidih (\pm 10 menit). Berikutnya, larutan dititrasi dengan KOH 0,1 N menggunakan indikator fenolftalein sampai berwarna merah jambu yang persisten selama 10 detik. Bilangan asam dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Bilangan asam} = \frac{\text{ml KOH} \cdot \text{N KOH} \cdot 56,1}{\text{berat sampel}} \quad (1)$$

$$\text{Kadar asam} = \frac{\text{ml KOH} \cdot \text{N KOH} \cdot \text{M}}{10 \text{ G}} \quad (2)$$

c. Bilangan Iod

Larutan ditimbang sebanyak 0,1-0,5 gr dalam labu erlenmeyer tertutup, kemudian ditambah 10 mL chloroform atau karbon tetra klorida dan 25 mL reagen yodium-bromida. Labu erlenmeyer berisi larutan dipindahkan ke tempat gelap, diamkan selama 30 menit, dan sesekali digojog. Kemudian ditambah 10 mL larutan KI 15% dan aquades 50-100 mL yang sebelumnya telah dididihkan.

Sampel segera dititrasi dengan larutan natrium-thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N) sampai larutan berwarna kuning pucat, kemudian ditambahkan 2 mL larutan pati, lalu lanjutkan proses titrasi sampai warna biru tepat hilang.

Kemudian dibuat larutan blanko, terbuat dari 25 mL reagen yodium-bromida dan 10 mL KI 15% yang diencerkan dengan 100 mL aquades yang telah dididihkan dan dititrasi dengan larutan natrium-thiosulfat. Bilangan Iod dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Yodium} = \frac{\text{mL titrasi}}{\text{gr lemak}} \times \text{Nthio} \times 12,691 \quad (3)$$

d. Viskositas

Sampel larutan sebanyak 500 mL dituang ke dalam gelas *beaker* kemudian dipasang pada alat viskometer. Alat viskometer dinyalakan sehingga spindel rotor berputar hingga kecepatan 50 rpm. Spindel rotor dimasukkan ke dalam sampel larutan hingga kepala spindel rotor berputar pada setengah bagian dari larutan. Erlenmeyer didiamkan sebentar biarkan spindel rotor berputar beberapa detik hingga tampilan angka pada spindel stabil, kemudian dicatat nilainya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ekstraksi minyak atsiri

Proses pengambilan minyak atsiri pada daun kemangi dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan suhu proses 69°C selama 2 jam, dan diperoleh hasil seperti tampak pada Tabel 1.

Pada proses pengambilan minyak atsiri dari kemangi dengan proses ekstraksi dan destilasi didapati hasil volume minyak yang beragam pada 5 kali percobaan. Hal ini disebabkan perbedaan perlakuan pada percobaan, seperti massa minyak kemangi yang ditambah, volume dari pelarut ditambah, dan waktu ekstraksi yang dipercepat. Hasil minyak kemangi ini juga tidak dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *alkyd resin*, karena volume yang tidak sesuai dengan jumlah bahan yang diinginkan, dan juga karena minyak menjadi kering.

Tabel 1. Hasil Minyak Atsiri

Percobaan	Volume Minyak (mL)
1	2
2	3,5
3	4,9
4	5
5	5

Hasil analisis bilangan asam

Hasil analisis bilangan asam pada sampel *alkyd resin* terhadap variabel perbandingan antara jumlah minyak dan pelarut ditampilkan pada Tabel 2.

Hasil analisis bilangan asam terhadap variabel suhu proses mengalami peningkatan nilai. Semakin tinggi suhu proses maka semakin kecil nilai asam yang dihasilkan. Standar komersial untuk bilangan asam pada *alkyd resin* adalah 7,05 mgKOH/g. Hasil analisis bilangan asam pada suhu proses 180°C adalah 6,83935mg/g, ini adalah nilai yang terdekat dengan nilai standar komersial.

Tabel 2. Hasil Analisis Bilangan Asam

Variasi Suhu (°C)	Percobaan 1 (mg/g)	Percobaan 2 (mg/g)	Rata-rata (mg/g)
180	6,7833	6,8954	6,8393
200	3,5487	3,6471	3,5979
220	3,6226	3,4896	3,5561
240	2,9272	2,6334	2.7803
260	2,5656	2,5659	2.5657

Hasil analisis bilangan lod

Hasil analisis bilangan lod pada sampel *alkyd resin* terhadap variabel perbandingan antara jumlah minyak dan pelarut ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil analisis bilangan lod menunjukkan bahwa suhu proses tidak mempengaruhi nilai lod *alkyd resin* dan tingkat kejenuhan produk. Bilangan lod ini digunakan untuk menunjukkan peningkatan ketidakjenuhan sebagai jumlah dari minyak dan metil ester yang digunakan dalam peningkatan *resin*, peningkatan bilangan lod seiring dengan peningkatan panjang minyak (*oil length*) dari *resin* (Ikhuoria, et al, 2004).

Tabel 3. Hasil Bilangan lod

Variasi Suhu (°C)	Percobaan 1 (mg/g)	Percobaan 2 (mg/g)	Rata-rata (mg/g)
180	1,9770	1,8100	1,8935
200	1,4314	1,5321	1,4818
220	1,9184	1,7601	1,8393
240	1,4850	1,5464	1,5157
260	1,6023	1,4714	1,5369

Hasil analisis viskositas

Hasil analisis viskositas pada sampel *alkyd resin* terhadap variabel suhu proses ditampilkan pada Tabel 4. Uji viskositas dilakukan untuk mengetahui berat molekul polimer *alkyd resin* terhadap suhu proses. Hasil analisis viskositas menunjukkan bahwa nilai suhu proses tidak mempengaruhi nilai lod dan berat molekul dari *alkyd resin*.

Tabel 4. Hasil Analisis Viskositas

Variasi Suhu (°C)	Percobaan 1 (cp)	Percobaan 2 (cp)	Rata-rata (cp)
180	193632	185400	189516
200	173000	180000	176500
220	169000	161252	165126
240	190000	192000	191000
260	173000	180000	176500

Hasil analisis warna

Hasil dari analisis warna pada *alkyd resin* terhadap variabel suhu proses ditampilkan pada Tabel 5. Hasil analisis warna menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu proses menyebabkan warna yang dihasilkan semakin gelap. Analisis warna menggunakan indera mata masih dapat menyebabkan hasil warna berbeda pada setiap orang yang melihatnya.

Tabel 5. Hasil Analisis Warna

Variabel Perbandingan	Warna
180	Kuning gelap
200	Kuning gelap
220	Kuning gelap
240	Kuning hitam
260	Hitam

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Minyak atsiri yang terkandung pada daun kemangi dapat dialkohlolis dan

- diesterifikasi menjadi bahan untuk pembuatan *alkyd resin*.
2. Berdasarkan standar bilangan asam pada *alkyd resin*, suhu proses yang direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya adalah 180°C.
 3. Semakin tinggi suhu proses alkoholisis dan esterifikasi maka semakin rendah nilai asam pada *alkyd resin*.
 4. Suhu proses alkoholisis dan esterifikasi tidak mempengaruhi nilai iod dan tingkat kejenuhan pada *alkyd resin*.
 5. Suhu proses alkoholisis dan esterifikasi tidak mempengaruhi nilai iod dan berat molekul pada *alkyd resin*.
 6. Warna *alkyd resin* yang diperoleh pada berbagai variasi suhu proses adalah kuning gelap (oranye).

SARAN

Saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Dilakukan penelitian lanjutan terkait kinetika serta pengaplikasian proses pembuatan cat.
2. Analisis lanjutan yang berkaitan dengan produk *alkyd resin* standar.
3. Melakukan penelitian dengan variabel yang berbeda.
4. Menggunakan metode yang berbeda dalam ekstraksi minyak atsiri dari daun kemangi.

DAFTAR PUSTAKA

- Fisher, L.A. and Hayward, G.R., 1998, *The Basic of Resin Technology*, No.10, Oil and Colour Chemist Association, Wembley.
- Gunawan, D. dan Mulyani, S., 2004, *Ilmu Obat Alam*, Bogor: Penebar Swadaya.
- Ikhuoria, E. U., Aigbodion, A. I., and Okieimen, F. E., 2004, *Enhancing The Quality of Alkyd Resins using Methyl Esters of Rubber Seed Oil*, *Trop. J. Pharm. Res.*, 3 (1): 311-317.
- Ikhuoria, E. U., Maliki, M., Okieimen, F. E., Aigbodion, A. I., Obaze, E. O., Bakare, I. O., 2007, *Synthesis and Characterisation of Chlorinated Rubber Seed Oil Alkyd Resin*,

Progress in Organic Coating, 59: 134-137.

- Kusuma, W., 2010, *Efek Estrak Daun Kemangi (Ocimum Sanctum L.) Terhadap Kerusakan Hepatosit Mencit Akibat Minyak Sawit dengan Pemanasan Berulang*, Universitas Sebelas Maret.
- Jones, F. N., 1983, *Alkyd Resin*, North Dakota State University, Fargo, USA.
- Lutony, T. L. dan Rahmayati, Y., 1994, *Produksi dan Perdagangan Minyak Atsiri*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Safwan, S., Sugara, T., Rohmi, M. K., 2016, Pengaruh Ekstrak Daun Kemangi (*Ocimum sanctum L.*) Terhadap Motilitas dan Konsentrasi Spermatozoa Mencit Jantan (*Mus musculus*), *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 1(2): 173-181.

BIODATA PENULIS

Theodorus Cahyo Paparingan, lahir di Ponorogo pada tanggal 14 November 1997, saat ini tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia jenjang sarjana di IST AKPRIND Yogyakarta.

Dony Syamsuddin Halomoan Pasaribu, lahir di Medan pada tanggal 25 Maret 1998, saat ini tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia jenjang sarjana di IST AKPRIND Yogyakarta.

Fatah Ibnul Qoyyim, lahir di Bantu pada tanggal 6 Juli 2000, saat ini tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia jenjang sarjana di IST AKPRIND Yogyakarta.

Ani Purwanti, S.T., M.Eng., lahir di Slemen tanggal 2 April 1981, menyelesaikan pendidikan S1 dari Universitas Gajah Mada tahun 2004 pada bidang teknik kimia dan S2 dari Universitas Gajah Mada tahun 2010 pada bidang teknik kimia. Saat ini tercatat sebagai dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik lektor pada bidang minat teknik kimia.

KORELASI MINYAK-BATUAN INDUK UNTUK MENENTUKAN ASAL MINYAK DI CEKUNGAN JAWA TIMUR BAGIAN BARAT

Danis Agoes Wiloso

Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: danisagoes@akprind.ac.id

Masuk: 05 Juli 2019, Revisi masuk: 16 Juli 2019, Diterima: 17 Juli 2019

ABSTRACT

The research area is located in the western part of the East Java Basin which is still a question about the origin of oil in the research area. Data on two oil seepage (Kedung Jati and Galeh oil seepage) and source rock from Rembang-1 drilling wells were tested based on normal alkanes, sterane (m/z 217) and triterpane (m/z 191), then compared to oil seepage and source rock. Oil-rock correlation based on normal alkane distribution, triterpane appearance (m/z 191) and sterane (m/z 217) of two oil seepage and source rock extraction from the Rembang-1 well show a positive correlation about oil seepage and source rock from the Ngimbang Formation, so it is estimated that the seepage of Kedungjati and Galeh oil is produced from the Ngimbang Formation.

Keywords: Alkane, Oil seepage, Oil-source rock correlation, Sterane, Triterpane.

INTISARI

Daerah penelitian ini terletak di Cekungan Jawa Timur bagian barat dimana masih menjadi pertanyaan tentang asal minyaknya. Data dua rembesan minyak (rembesan minyak Kedung Jati dan Galeh) dan batuan induk dari sumur pemboran Rembang-1 diuji berdasarkan alkana normal, sterana (m/z 217) serta triterpana (m/z 191) selanjutnya dibandingkan antara rembesan minyak dan batuan induk. Korelasi minyak-batuan berdasarkan distribusi alkana normal, kenampakan triterpana (m/z 191), dan sterana (m/z 217) dari dua rembesan minyak dan ekstraksi batuan induk menunjukkan korelasi positif antara rembesan minyak dan batuan induk dari Formasi Ngimbang, sehingga diperkirakan rembesan minyak Kedungjati dan Galeh dihasilkan dari Formasi Ngimbang.

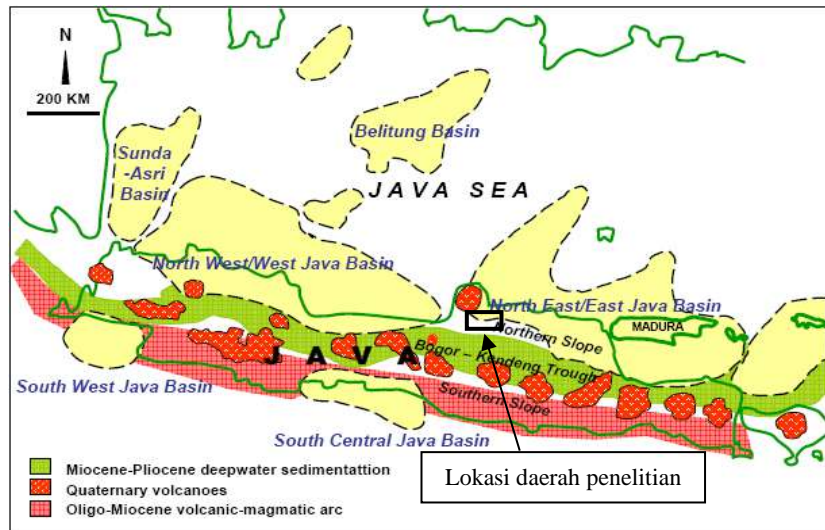
Kata-kata kunci: Alkana, Korelasi minyak-batuan induk, Rembesan minyak, Sterana, Triterpana.

PENDAHULUAN

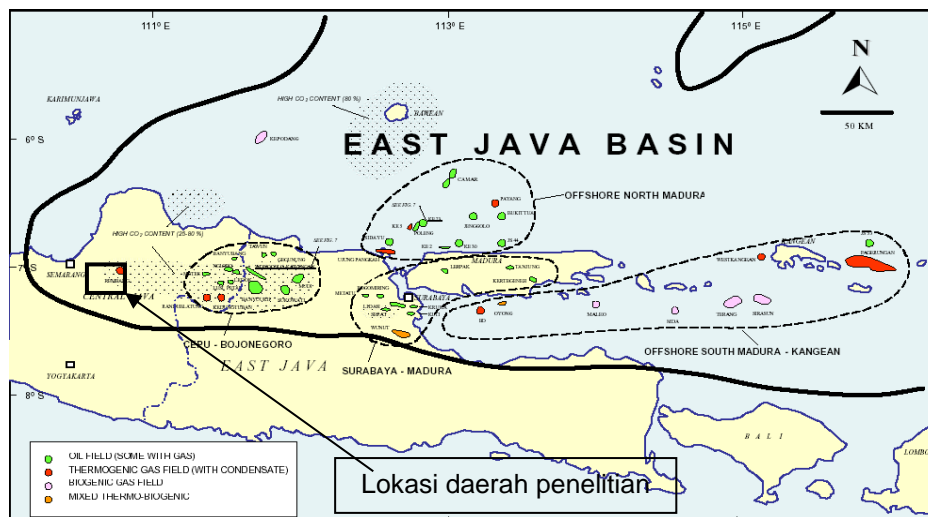
Lokasi penelitian ini berada di Cekungan Jawa Timur bagian barat, sekitar 130 km arah timurlaut dari Yogyakarta (Gambar 1), dimana asal batuan induk minyak masih menjadi masalah, karena sedikit yang mengulas tentang keberadaan hidrokarbonnya. Terdapat empat daerah geologi untuk kejadian minyak di Cekungan Jawa Timur yaitu Cepu-Bojonegoro, Surabaya-Madura, lepas pantai utara Madura, dan lepas pantai selatan Madura-Kangean (Satyana dan Purwaningsih, 2003), tetapi tidak banyak yang mengulas lebih detail tentang asal minyak di Cekungan Jawa Timur bagian barat (Gambar 2).

Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan data geokimia (alkana

normal, sterana, dan triterpana) dari rembesan minyak dan batuan induk Sumur Rembang-1 yang diperoleh dari Lundin Blora B.V. Tujuannya untuk menentukan asal rembesan minyak di daerah penelitian. Stratigrafi pada Paleogen Zona Rembang dicirikan dengan sedimentasi yang berhubungan dengan *rift*. Sedimen *syn-rift* sesuai dengan satuan Ngimbang bagian bawah yang diendapkan pada lingkungan lakustrin sampai laut pada jaman Eosen Tengah sampai Oligosen Awal (Subroto, et. al., 2007). Akhir pengendapan Formasi Ngimbang ditandai dengan batugamping CD berumur Oligosen Awal (Manur dan Barraclough, 1994).



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian yang berada di Cekungan Jawa Timur bagian barat (Satyana, 2005).



Gambar 2. Empat daerah geologi kejadian minyak yaitu daerah Cepu-Bojonegoro, daerah Surabaya-Madura, daerah lepas pantai utara Madura dan lepas pantai selatan Madura-Kangean. Di bagian barat cekungan hanya ditemukan lapangan gas termogenik di Rembang (Satyana dan Purwaningsih, 2003).

Periode *rift-sagging* diwakili oleh Formasi Kujung yang pada bagian bawah terdiri dari batuan sedimen berbutir halus didominasi oleh selang-seling napal dengan lapisan tipis batupasir berwarna hijau yang kaya akan fosil dan batugamping, bagian atas dari formasi ini terdiri dari batugamping bioklastik. Umur dari Formasi Kujung ini adalah Oligosen Akhir-Miosen Awal.

Pada Miosen Awal terjadi sedimentasi sedimen berbutir halus endapan muka pantai (*offshore*) dari Formasi Tuban.

Fase transgresi disertai naiknya aras air laut mengakibatkan terjadinya akumulasi endapan serpih dan napal dari Formasi Tawun. Amblesan cekungan terjadi pada Miosen Awal dengan terjadinya akumulasi endapan batugamping bioklastik (bagian atas dari Formasi Tawun). Bagian bawah dari Formasi Tawun didominasi batulempung abu-abu hitam dan napal, berubah secara gradasi ke arah atas menjadi batulanau (Darman dan Sidi, 2000).

Kala Miosen Tengah diendapkan Formasi Ngrayong yang diinterpretasikan sebagai endapan kipas lereng (*slope-fan*) dari *lowstand system tract*. Naiknya aras air laut menghasilkan perkembangan *transgressive system tract*, termasuk endapan pantai sampai laut terbuka di bagian bawah Anggota Ngrayong. Naiknya aras air laut diakhiri dengan berkembangnya *highstand system tract* pada bagian atas dari Formasi Ngrayong.

Kala awal Miosen Akhir terjadi endapan *transgressive* dan *highstand system tract* menghasilkan endapan *grainstone* berlapis dan *wackestone* dari Formasi Bulu.

Pengendapan *transgressive* dan *highstand system tract* masih berlanjut dari awal Miosen Akhir sampai pertengahan Miosen Akhir yaitu diendapkannya Formasi Wonocolo, formasi ini pada bagian bawah terdiri dari selang-seling napal pasiran kaya akan fosil dengan lapisan tipis kalkarenit abu-abu kaya fosil, sedangkan bagian atas dari formasi ini diinterpretasikan sebagai endapan *transgressive system tract* yang terdiri dari serpih dengan sisipan kalkarenit.

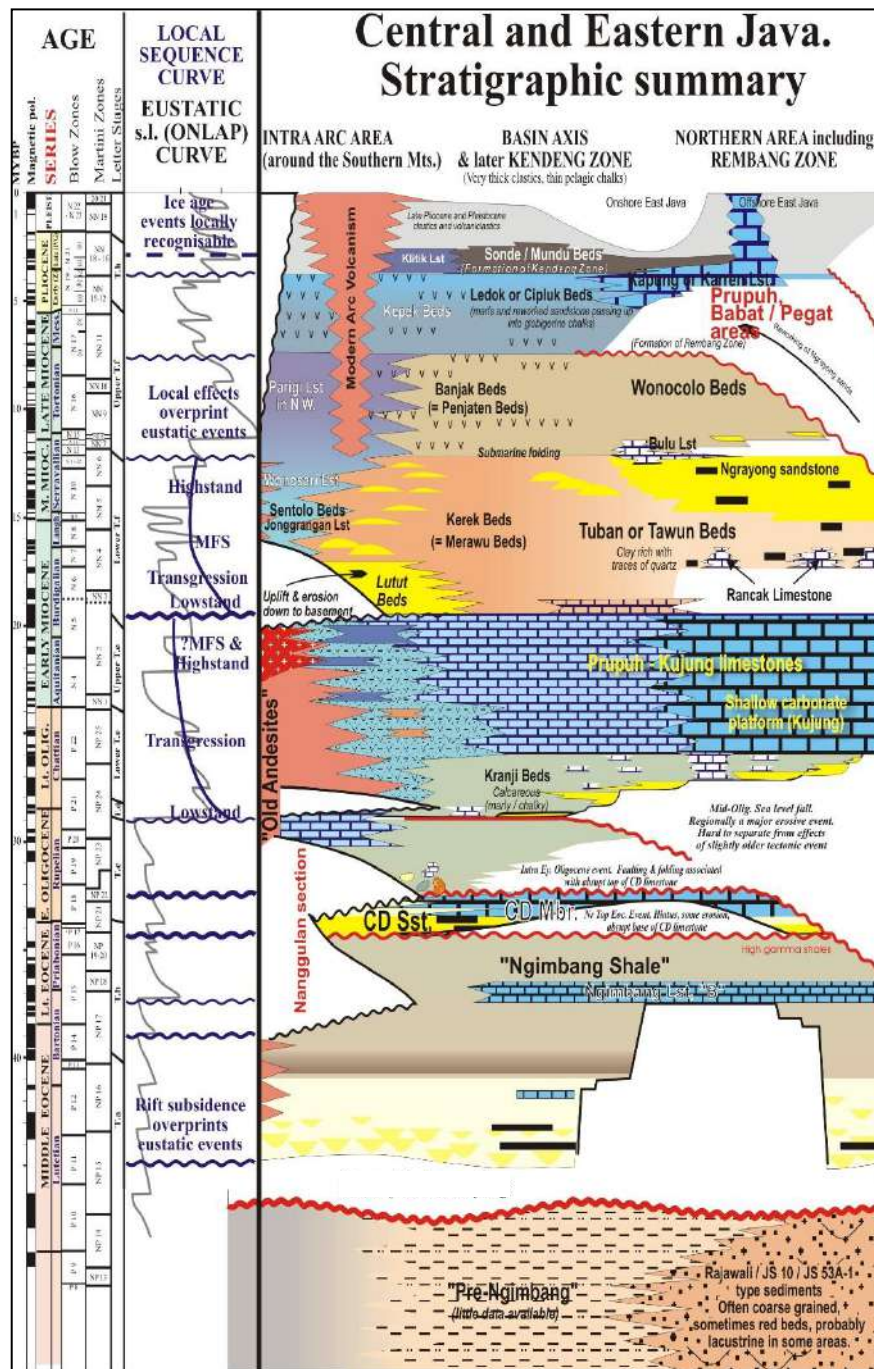
Kala Miosen Akhir bagian atas sampai Pliosen merupakan endapan *highstand system tract* dicirikan oleh sedimen progradasi Formasi Ledok yang terdiri dari satuan galukonit menebal ke arah atas, kaya fosil, batupasir gampingan berwarna abu-abu kehijauan, selang-seling lapisan kaya fosil menipis ke atas, napal pasiran abu-abu kehijauan, bagian atas dari Formasi Ledok dicirikan oleh bioturbasi dan silang siur dalam skala besar mengindikasikan lingkungan neritik tepi sampai luar (Gambar 3).

Alkana normal merupakan salah satu biomarker pertama yang dipelajari secara luas. Adanya konsentrasi tinggi dari alkana normal pada bitumen dan minyak diakibatkan oleh keberadaannya pada tumbuhan dan lemak alga serta formasi katagenik dari senyawa rantai panjang seperti asam lemak dan alkohol. Indikasi penting lain mengenai asal dari alkana normal adalah distribusi dari homolog, atau anggota dari seri alkana normal.

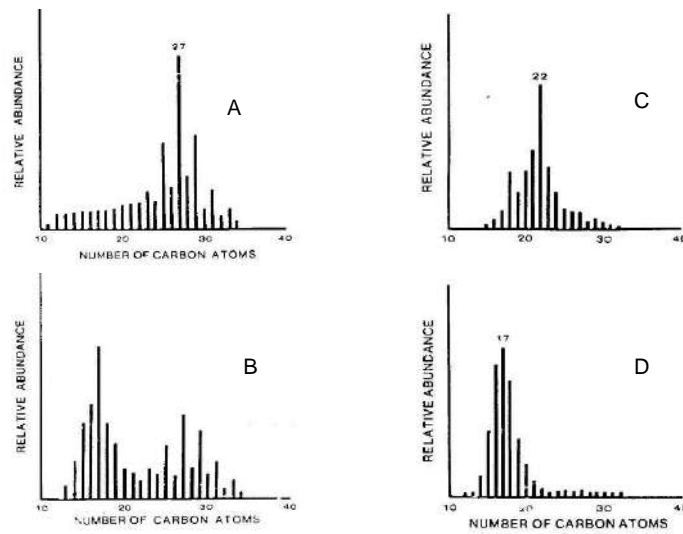
Menurut Waples (1985) bahwa untuk sebagian besar alkana normal yang ada pada tumbuhan tingkat tinggi memiliki nomor ganjil dari atom karbon, terutama atom karbon 23, 25, 27, 29 dan 31 sedangkan secara kontras, alga laut memproduksi alkana normal yang memiliki distribusi maksimum pada atom karbon 17 atau 22, tergantung dari spesiesnya saat ini, sehingga bentuk distribusinya sangat tajam, dan tidak ada kecenderungan memiliki nomor ganjil atau genap dari atom karbon (Gambar 4). Kebanyakan sedimen, tentunya, menerima kontribusi dari alkana normal baik dari arah darat maupun laut, sehingga bentuk distribusi alkana normal merefleksikan campuran antara keduanya

Sterana berasal dari sterol yang ditemukan pada sebagian besar tumbuhan tingkat tinggi dan alga serta jarang atau tidak ditemukan pada organisme prokariotik. Empat perintis sterol utama yang mengandung atom karbon 27, 28, 29 dan 30 telah diidentifikasi pada organisme fotosintetik. Sterol ini memberikan kenaikan jumlah pada keempat sterana "umum" yang berbeda selama proses diagenesis. Keempat sterana ini dapat disebut sebagai homolog atau anggota dari seri homolog karena mereka hanya dibedakan oleh tambahan berupa sekuen dari $-CH_2-$ pada tempat tertentu di molekul. Penggunaan kata "umum" mengindikasikan rangka karbon yang sama dengan prazat biologisnya.

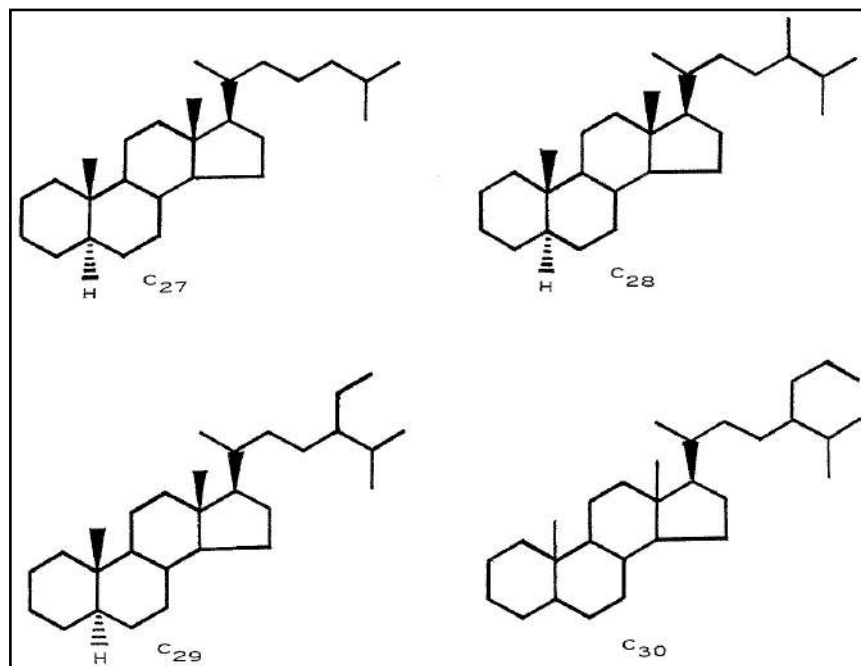
Terdapat beberapa macam penamaan terhadap sterana C_{27} - C_{29} (Gambar 5). Pada sistem penamaan yang pertama, setiap sterana mempunyai nama yang berbeda berdasarkan asal dari sterol umum dengan jumlah atom karbon yang sama. Secara berurutan nama untuk C_{27} sampai dengan C_{29} adalah kolestana, ergostana dan sitostana. Pada sistem penamaan lainnya, setiap sterana dinamakan sebagai homolog dari kolestana yaitu kolestana, metilkolestana 24 dan etilkolestana 24.



Gambar 3. Kolom stratigrafi bagian tengah dan timur Jawa (Anonim, 2007).



Gambar 4. Berbagai macam bentuk distribusi alkana normal akibat adanya perbedaan asal material alkana normal. A. Distribusi alkana normal asal material darat, B. Distribusi alkana normal asal material darat dan alga laut, C dan D. Distribusi alkana normal asal material alga laut (Waples, 1985).



Gambar 5. Struktur dari sterana C_{27} - C_{30} yang berasal dari sterol. C_{27} adalah kolestana, C_{28} adalah ergostana atau metilkolestana 24, C_{29} adalah sitostana atau etilkolestana 24, C_{30} adalah propilkolestana 24 (Waples dan Machihara, 1991).

Menurut Huang dan Meinschein (1979) dikutip dari Waples dan Machihara (1991) bahwa proporsi relatif dari C_{27} - C_{29} pada sterol biasa yang berasal dari organisme hidup berkaitan dengan lingkungan tertentu sehingga

sterana pada sedimen kemungkinan menyediakan informasi lingkungan purba yang berharga. Jumlah yang lebih besar dari sterol C_{29} mengindikasikan kontribusi yang kuat dari darat sedangkan dominasi dari C_{27} mengindikasikan kontribusi yang

kuat dari fitoplankton laut. C_{28} memiliki jumlah yang pada umumnya lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua sterol lainnya, akan tetapi jumlah yang relatif besar dari biasanya mengindikasikan kontribusi yang kuat dari alga lakustrin.

Sumber organisme untuk biomarker triterpana dipercaya berasal dari bakteri. Berbagai macam triterpenoid mengandung beberapa hal seperti grup –OH dan ikatan ganda yang telah dikarakterisasi sebagai unsur pokok yang penting dari membran sel pada bakteri. Suatu triterpenoid yang luas kemungkinan dihasilkan oleh di antara banyak tipe dari mikro organisme saat ini dalam lingkungan pengendapan yang berbeda, walaupun banyak hal-hal detail yang belum diketahui hingga saat ini. Secara khusus, terdapat perbedaan yang signifikan antara bakteri aerobik dan bakteri anaerobik, terutama metanogen. Transformasi dari triterpenoid menjadi triterpana kemungkinan terjadi bersamaan dengan transformasi dari sterol menjadi sterana. Arsitektur molekul umum dari triterpana pada umumnya sedikit dipengaruhi oleh proses diagenesis. Transformasi stereokimia pertama yang perlu diperhatikan adalah pembentukan pada saat awal diagenesis dari isomer $17\alpha(H),21\beta(H)$. Geometri ini, yang stabil pada keadaan tertentu, memiliki hidrogen yang menyisip pada C-17 di konfigurasi alfa dan hidrogen pada C-21 di konfigurasi beta. Hopana dengan konfigurasi $17\beta(H),21\beta(H)$ (hopana $\beta\beta$) hanya hadir pada contoh yang kurang matang, dan seperti sterana yang kurang matang, menjadi kurang penting di dalam dunia geokimia minyak.

METODE

Menurut Manur dan Barraclough (1994) pengisian sedimen pada cekungan Paleogen berhubungan erat dengan sejarah tektoniknya. Perlipatan dan peretakan (*doming and fracturing*)

pada seluruh daerah selama Eosen/Oligosen telah diikuti oleh periode amblesan regional (*regional subsidence*) dan diakhiri oleh kepasifan tektonik (*tectonic quiescence*) pada jaman Miosen Awal (Gambar 6). Terban berarah timurlaut-baratdaya yang terbentuk selama Eosen Tengah diisi oleh klastik aluvial, lempung lateritik dan serpih lakustrin. Serpih kaya organik di dalam runtunan ini sebagai batuan induk hidrokarbon untuk seluruh daerah ini. *Onlap* pada batuan dasar dimulai pada Eosen Akhir sampai Oligosen Awal dengan pengendapan batupasir laut sebagai dasar transgresif dan batugamping termasuk terumbu.

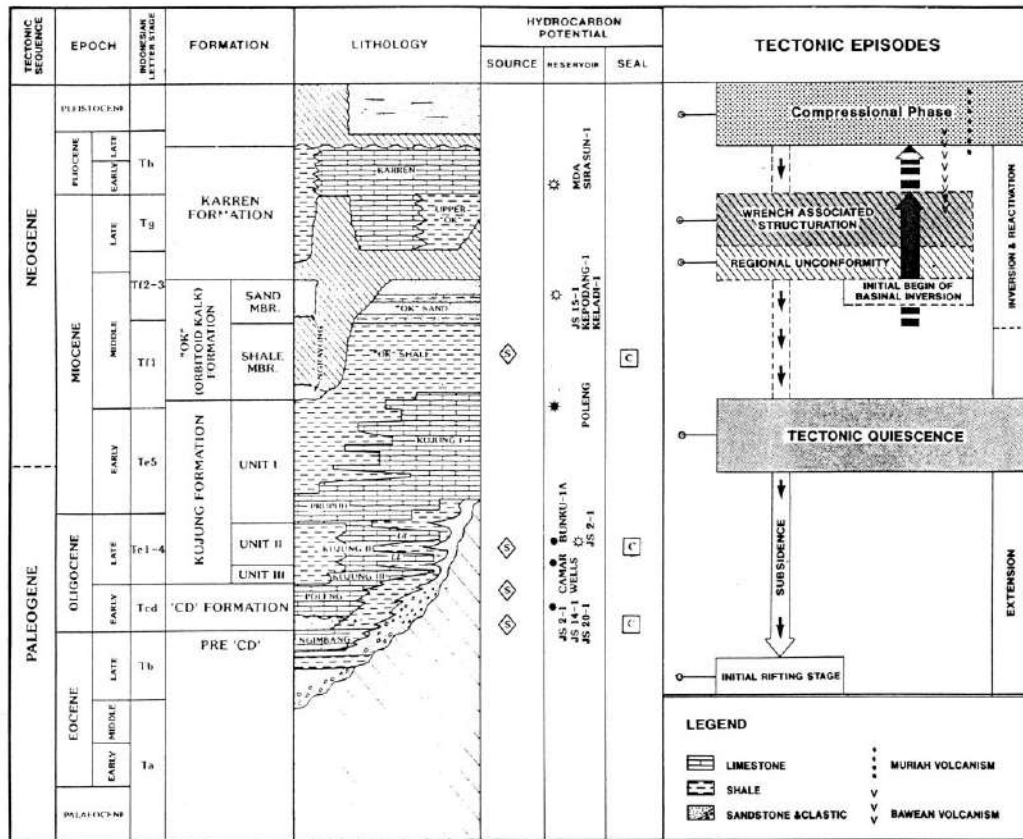
Distribusi fasies pada kala Neogen dikontrol juga oleh posisi dari tinggian terdahulu (*pre-existing highs*). Serpih laut dangkal, batupasir dan batugamping diendapkan di seluruh daerah dan sedimen laut dalam diendapkan ke arah selatan (Manur dan Barraclough, 1994).

Data rembesan minyak dan batuan induk pada sumur Rembang-1 akan diuji berdasarkan ketersediaan data alkana, sterana ($m/z217$) serta triterpana ($m/z 191$). Berdasarkan data-data tersebut maka selanjutnya dilakukan korelasi minyak-batuan induk dengan melihat distribusi alkana normal, sterana dan triterpana.

PEMBAHASAN

Korelasi minyak-batuan induk adalah perbandingan antara minyak dan batuan induk untuk menentukan ada atau tidak adanya suatu hubungan genetik antara minyak dan batuan induk.

Berdasarkan hasil analisis alkana normal yang dilakukan terhadap sejumlah contoh batuan induk yang diambil dari sumur-sumur Rembang-1, contoh minyak dari beberapa rembesan minyak (Galeh dan Kedungjati) maka didapatkan bentuk distribusi alkana normal.



Gambar 6. Sintesis tektonik dan sedimentasi di Cekungan Jawa Timur (Manur dan Barraclough, 1994).

Sumur Rembang-1 setelah dilakukan analisis alkana normal, triterpana dan sterana terhadap conto batuan induk yang berasal dari Formasi Ngimbang yang merefleksikan lingkungan pengendapan laut. Conto batuan induk menunjukkan bentuk distribusi alkana normal dengan satu puncak yaitu pada C₁₅. Bentuk distribusi alkana normal seperti ini menunjukkan bahwa material organik nya berasal dari alga laut, sehingga lingkungan pengendapan dari batuan induk Formasi Ngimbang sumur Rembang-1 mencirikan lingkungan pengendapan yang lebih ke arah laut. Distribusi alkana normal dari minyak pada rembesan minyak Galeh memiliki korelasi positif dengan distribusi alkana normal dari conto batuan induk pada sumur Rembang-1 (Gambar 7).

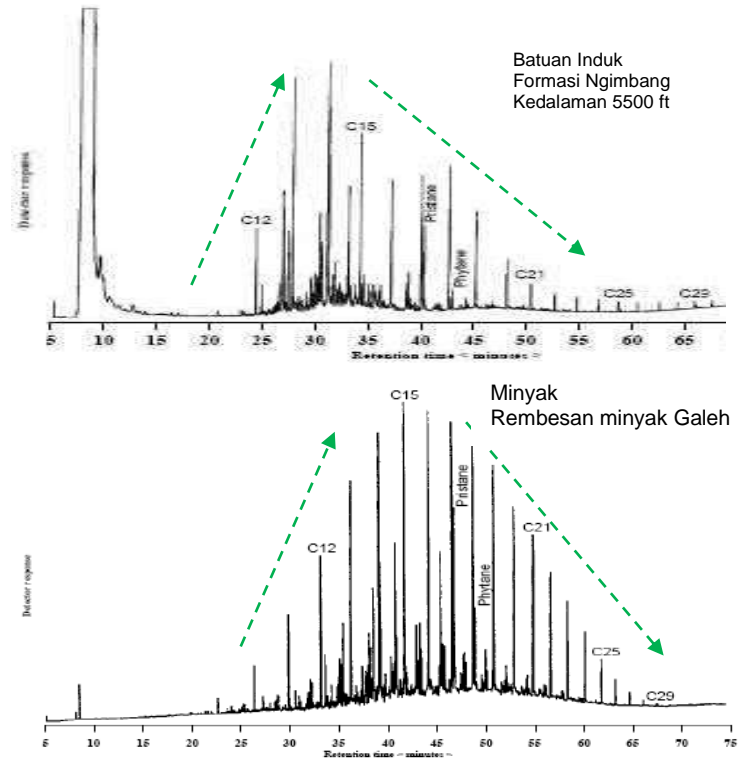
Sumur Rembang-1 dan rembesan minyak Kedung Jati dilakukan analisis triterpana dan sterana. Pada conto batuan induk Formasi Ngimbang

kedalaman 4901 kaki menunjukkan tingginya nonhopanoid berupa oleanana, C₃₀ 17α(H),21β(H) hopana, C₂₉ 17α(H),21β(H)-30 norhopana, perbandingan antara T_m dan T_s yang tinggi. Adanya kehadiran nonhopanoid berupa oleanana menunjukkan bahwa material organik nya berasal dari tumbuhan tingkat tinggi yang berbunga dan terawetkan dengan baik akibat pengaruh dari lingkungan pengendapan yang lebih ke arah laut dangkal (deltaik). Distribusi triterpana minyak pada rembesan minyak Kedung Jati memiliki korelasi positif dengan distribusi triterpana dari conto batuan induk pada sumur Rembang-1 (Gambar 8).

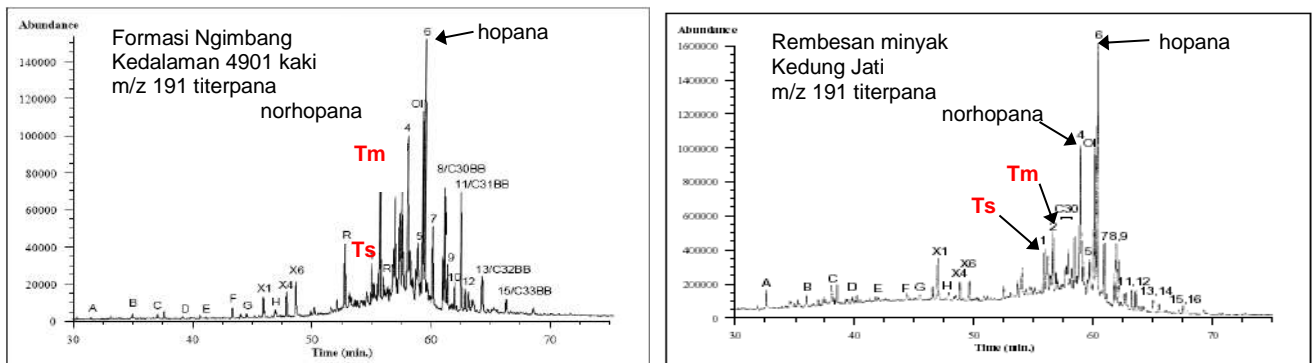
Sumur Rembang-1 dan rembesan minyak Galeh dilakukan analisis triterpana dan sterana. Pada conto batuan induk Formasi Ngimbang kedalaman 5500 kaki menunjukkan tingginya nonhopanoid berupa oleanana, C₃₀ 17α(H),21β(H) hopana, C₂₉

17 α (H),21 β (H)-30 norhopana, perbandingan antara Tm dan Ts yang rendah. Adanya kehadiran nonhopanoid berupa oleanana menunjukkan bahwa material organikya berasal dari tumbuhan tingkat tinggi yang berbunga dan terawetkan dengan baik akibat

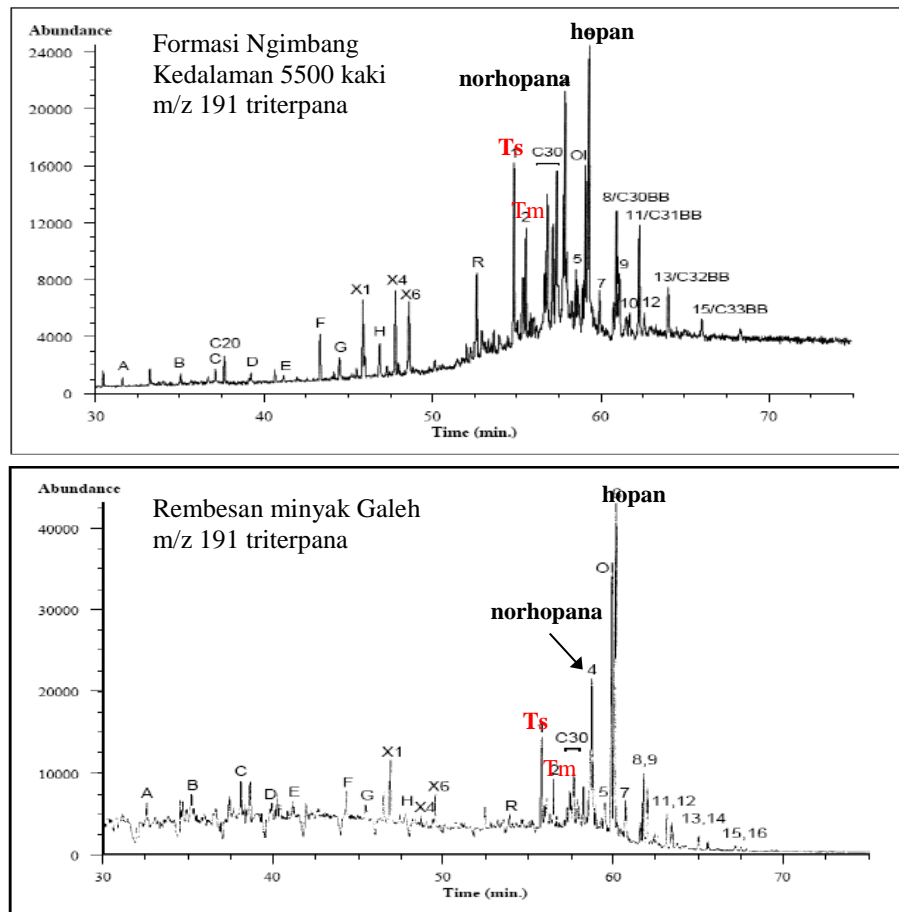
pengaruh dari lingkungan pengendapan yang lebih ke arah laut dangkal (deltaik). Distribusi triterpana dari minyak pada rembesan minyak Galeh memiliki korelasi positif dengan distribusi triterpana dari contoh batuan induk pada sumur Rembang-1 (Gambar 9).



Gambar 7. Korelasi positif distribusi alkana normal dari kelompok minyak laut dengan batuan induk pada sumur Rembang-1 yang berasal dari Formasi Ngimbang (Davis 1998 dan Davis, 1999)



Gambar 8. Korelasi positif distribusi triterpana dari rembesan minyak Kedung Jati dengan batuan induk pada sumur Rembang-1 yang berasal dari Formasi Ngimbang kedalaman 4901 kaki (Davis, 1998 dan Davis, 1999)



Gambar 9. Korelasi positif distribusi triterpana dari rembesan minyak Galeh dengan batuan induk pada sumur Rembang-1 yang berasal dari Formasi Ngimbang kedalaman 5500 kaki (sumber data Davis, 1998 dan Davis, 1999)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis alkana, triterpana, dan sterana, diketahui korelasi minyak-batuan induk pada daerah penelitian. Korelasi minyak-batuan induk pada daerah penelitian menunjukkan bahwa Formasi Ngimbang kedalaman 4901 kaki bertindak sebagai batuan induk rembesan minyak Kedung Jati, sedangkan Formasi Ngimbang kedalaman 5500 kaki bertindak sebagai batuan induk rembesan minyak Galeh.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2007, *Tengis-1 Prospect Montage, Tengis-1 Proposed Location*.
Darman, H., dan Sidi, F.H., 2000, *An Outline of The Geology of Indonesia*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia.

Davis, R. C., 1998, *Geochemical Characterisation of Oil, Gas and Rock Samples from the Blora Block, Central Java, Indonesia*, Eurafrep Energy B.V., A Coparex International Subsidiary, *Report No.: 98/0302/LAB*.

Davis, R.C., 1999, *Geochemical Characterisation of SWC and Fluid Samples from the Rembang-1 Well, Central Java, Indonesia*, Coparex Blora B.V., *Report No.: 99/1006/LAB*.

Manur, H., Barraclough, R., 1994, *Structural Control On Hydrocarbon In The Bawean Area, East Java Sea*, *Proceeding Indonesian Petroleum Association, 23th Annual Convention*, October 1994, p. 129-144.

Satyana, A. H, Purwaningsih, Margaretha E. M., 2003, *Geochemistry of The East Java Basin: New Observations On Oil Grouping, Genetic Gas Types*

And Trends Of Hydrocarbon Habitats, *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 29th Annual Convention & Exhibition*, October 2003.

Satyana, A. H., 2005, Petroleum Geology Of Indonesia: Current Concepts, *Pre-Convention Course, Indonesian Association of Geologists, 34st Annual Convention*, 28-30 November 2005.

Subroto, E. A., Noeradi, D., Priyono, A., Wahono, H. E., Hermanto, E., Praptisih dan Santoso, K., 2007, The Paleogen Basin Within the Kendeng Zone, Central Java, Java Island, and Implications to Hydrocarbon Prospectivity, *Proceedings Indonesia Petroleum Association 31st Annual Convention and Exhibition*. IPA07-G-091.

Waples, D. W., 1985, *Geochemistry in Petroleum Exploration*, International Human Resources Development Corporation, Boston.

Waples, D. W., Machihara, T., 1991, *Biomarkers for Geologists-A Practical Guide to The Application of Steranes and Triterpanes in Petroleum Geology*, American Association of Petroleum Geologists Methods in Exploration, The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, USA.

BIODATA

Danis Agoes Wiloso, S.T., M.T., lahir di Purwodadi-Grobogan tanggal 29 Agustus 1969. Menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta pada tahun 1997, dan S2 Jurusan Teknik Geologi ITB pada tahun 2008 Saat ini bertugas sebagai tenaga Pengajar pada Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta dengan bidang minat geokimia, geologi, dan minyak bumi.

**PETROGRAFI KARAKTERISTIK BATUPASIR FORMASI GAMPING
WUNGKAL IMPLIKASI UNTUK PROVENAN, DIAGENESIS, DAN PROSES
PENGENDAPAN, FORMASI GAMPING WUNGKAL, KECAMATAN BAYAT,
KABUPATEN KLATEN, PROVINSI JAWA TENGAH**

Aaf Aji Pangestu¹, Danis Agoes Wiloso²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

²Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: ¹aafaji65@gmail.com, ²danisagoes@akprind.ac.id

Masuk: 05 Juli 2019, Revisi masuk: 18 Juli 2019, Diterima: 19 Juli 2019

ABSTRACT

Gamping Wungkal Formation, middle Eocene to Upper Eocene, which consists of sandstones, sandy marl, claystone and limestone which are the problems of provenance rock, diagenesis and its deposition process. Retrieval of stratigraphic data to determine the deposition process which is divided into several facies and determine its depositional environment, petrographic observations to determine the type of rock, provenance, tectonic settings. Interpretation of tectonic settings of sandstones Gamping Wungkal Formations on QFL diagram plots include recycled orogens, foreland uplift sub-zones while the plot in the QmFLt diagram of the provenance rock is the same as the QFL diagram, which is recycled orogen, sub-zone foreland uplift, rock model from recycled orogen foreland uplift sub-zone. The sandstone diagenesis of the Gamping Wungkal Formation in the study area is included in the mesodiagenesis stage where the compaction or burial process still dominates, the depositional environment in the study area is an area formed in the transitional environment or intertidal flat (Middle tidal flat) and subtidal (Lower tidal flat).

Keywords: *Compaction, Diagenesis, Mesodiagenesis, Provenance.*

INTISARI

Formasi Gamping Wungkal, berumur Eosen tengah sampai Eosen atas yang terdiri dari batupasir, napal pasiran, batulempung dan batugamping yang menjadi permasalahan adalah batuan asal (provenan), diagenesis dan proses pengendapannya. Pengambilan data stratigrafi untuk mengetahui proses pengendapan yang dibagi menjadi beberapa fasies dan menentukan lingkungan pengendapannya, pengamatan petrografi untuk mengetahui jenis batuan, batuan asal (provenan), tatanan tektonik. Interpretasi tatanan tektonik dari batupasir Formasi Gamping Wungkal pada plot diagram QFL termasuk kedalam *recycled orogen*, sub-zona *foreland uplift* sedangkan plot pada diagram QmFLt batuan asalnya berada sama dari diagram QFL-nya, yaitu *recycled orogen*, sub-zona *foreland uplift*, model batuan asal *recycled orogen* sub-zona *foreland uplift*. Diagenesis batupasir Formasi Gamping Wungkal pada daerah penelitian termasuk kedalam tahap mesodiagenesis yang mana proses kompaksi atau *burial* masih mendominasi, lingkungan pengendapan pada daerah penelitian merupakan area yang terbentuk di lingkungan transisi atau *tidal flat* berada pada *intertidal (Middle tidal flat)* dan *subtidal (Lower tidal flat)*.

Kata-kata kunci: Diagenesis, Kompaksi, Mesodiagenesis, Provenan.

PENDAHULUAN

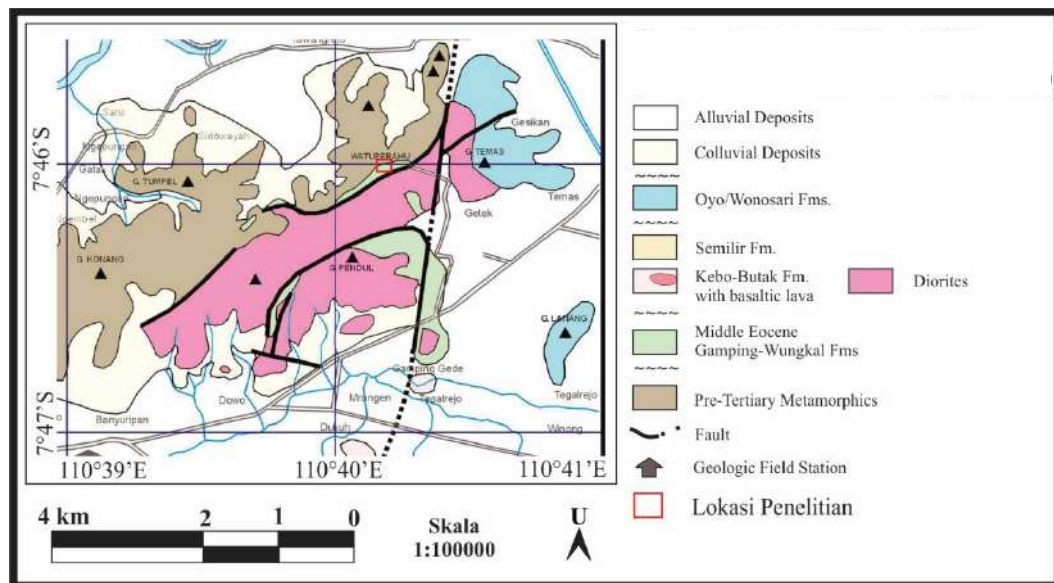
Secara administratif lokasi penelitian ini berada di Dusun Gunung Gajah, Desa Gemaharjo, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa

Tengah. Daerah penelitian berada di sebelah timur kota Yogyakarta sekitar 40 km dan dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan bermotor selama kurang lebih 1 jam 30 menit.

Secara astronomi daerah penelitian terletak pada koordinat $-07^{\circ} 46' 0.9''$ LS – $110^{\circ} 40' 14.4''$ BT.

Batupasir berumur Eosen Formasi Gamping Wungkal tersingkap di daerah Perbukitan Jiwo, Bayat (Gambar 1). Keterdapatannya memberikan

peluang yang baik untuk melakukan analisis provenan sehingga dapat diperoleh gambaran tatanan tektonik dan kesebandingan batuan asal, diagenesis serta proses pengendapan pada Formasi Gamping Wungkal.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian terletak di Dusun Gunung Gajah, Desa Gemaharjo, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah

Kajian mengenai karakteristik batupasir berdasarkan pengamatan petrografi terbatas pada kajian tentang provenan yang dapat mengetahui batuan asal dari presentase mineral-mineral kuarsa, feldspar, litik fragmen pada klasifikasi Dickinson dan Suczek (1979), penentuan dari tingkat diagenesis pada perubahan mineralogi dan tekstur asli. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui Petrografi Karakteristik batupasir Formasi Gamping Wungkal implikasinya untuk provenan, diagenesis, dan proses pengendapan Formasi Gamping Wungkal, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah.

Fisiografi Jawa daerah penelitian merupakan termasuk dalam zona Pegunungan Selatan Jawa Timur (Smyth dkk, 2003). Zona Pegunungan Selatan bagian Jawa Timur merupakan kompleks endapan gunungapi pada zaman Paleogen (Gambar 2).

Stratigrafi regional Pegunungan Selatan didominasi oleh batuan-batuan vulkanik klastik, vulkanik dan karbonat, susunan stratigrafinya dari tua ke-muda antara lain, Batuan Malihan, Formasi Gamping Wungkal, Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, Formasi Ngelanggeran, Formasi Sambipitu, Formasi Oyo, Formasi Wonosari, Formasi Kepek dan Endapan Quarter.

Struktur geologi yang berkembang di Pegunungan Selatan sangat bervariasi, dari lipatan sampai sesar berupa sesar mendatar, sesar turun dan sesar naik. Menurut Sudarno (1997) sesar-sesar di Pegunungan Selatan lebih banyak berorientasi Baratdaya-Timurlaut, Utara-Selatan, Baratlaut-Tenggara dan Barat-Timur, dengan genesa pembentukannya dari kompresi Utara Timurlaut-Selatan Baratdaya, Utara-Selatan dan Baratlaut-Tenggara. Mengacu pada periode tektonik regional oleh Purnomo dan Purwoko (1994) dibagi menjadi 3 periode yaitu: Periode pertama (Paleogen

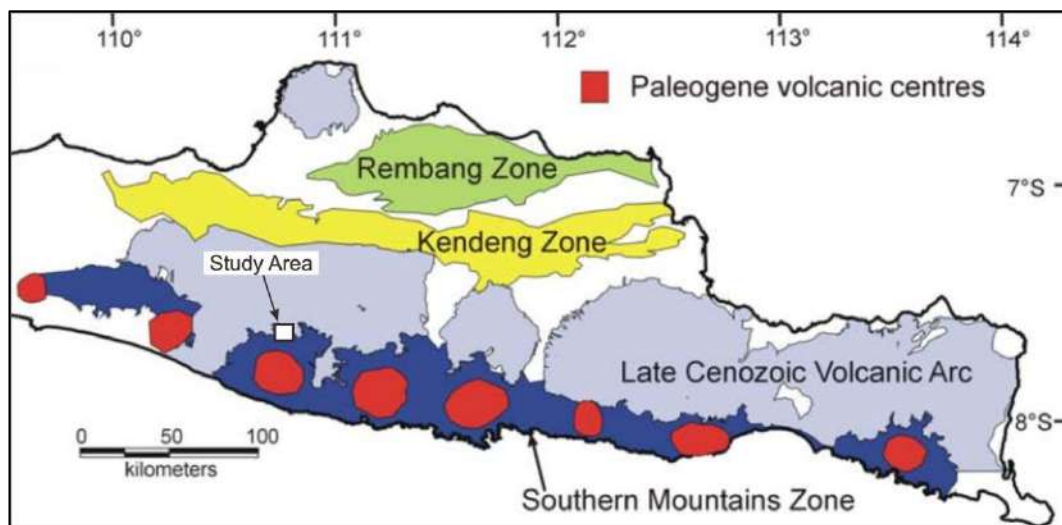
Extensional Rifting) terjadi pada kala Eosen-Oligosen yang menyebabkan terbentuknya cekungan tersier Pulau Jawa yang umumnya berupa graben dan *half*-graben yang mempunyai arah tertentu.

Periode kedua (Neogen *Compressional Wrenching*) ditandai dengan pembentukan struktur sesar mendatar. Struktur sesar mendatar ini merupakan hasil reaktivasi dari sesar turun pada zaman Paleogen yang

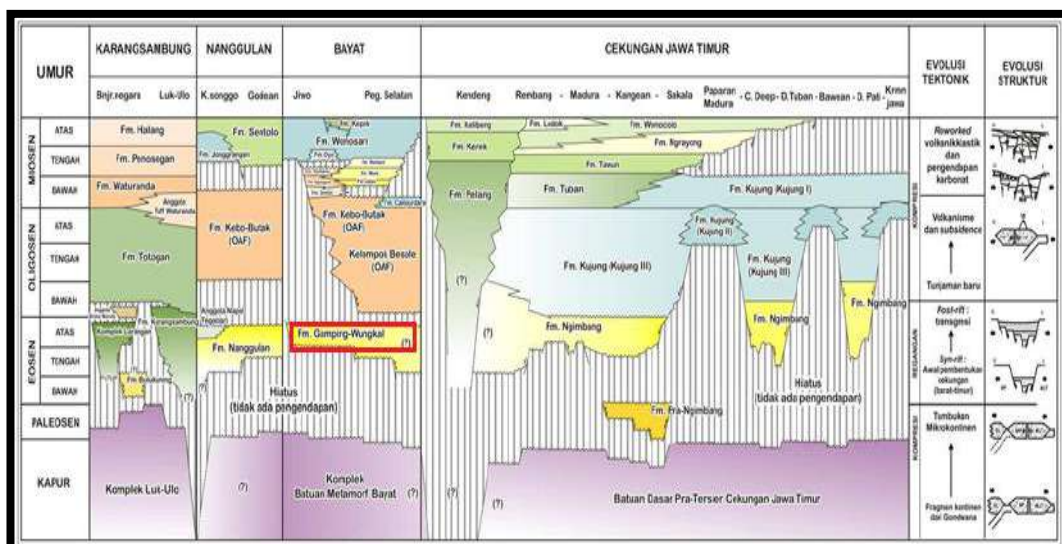
disebabkan oleh tumbukan lempeng Hindia dengan lempeng Eurasia.

Periode terakhir yakni Periode ketiga (Plio-Plistosen *Compressional Thrust-Folding*) yang ditandai oleh terbentuknya antiklinorium dan sesar naik yang umumnya berarah Barat-Timur.

Berbagai acuan stratigrafi, struktur geologi, periode tektonik dan proses tektonik regional dapat dirangkum pada tabel tektonostratigrafi Pegunungan Selatan (Gambar 3).



Gambar 2. Zonasi fisiografi Jawa bagian Timur dan lokasi penelitian (Smyth, dkk., 2003)



Gambar 3. Tektonostratigrafi daerah Karangsambung, Nanggulan, Bayat, dan Cekungan Jawa Timur, kotak merah merupakan fokus penelitian (Prasetyadi, 2007)

Batupasir adalah campuran dari butiran mineral dan fragmen batuan yang berasal dari hasil erosi berbagai jenis

batuan secara alami (Pettijohn, 1975). Kehadiran dan perubahan suatu butiran mineral pada batupasir sangat dikontrol

oleh proses sedimentasi selama pengendapannya, seperti proses pelapukan pada area sumber, transportasi dan penambahan jarak dari area sumber kelingkungan sedimentasi, dan oleh proses diagenesis (Pettijohn, 1975).

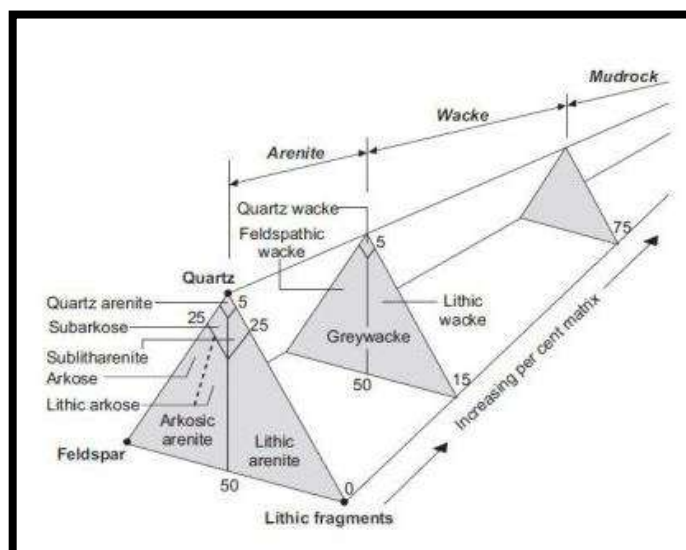
Proses sedimentasi batupasir akan terekam jelas pada komposisi mineral, tekstur dan struktur sedimen yang dihasilkan. Komposisi batupasir mencerminkan sifat provenan sedimen, yaitu dengan melihat proporsi butiran detrital sedimen dalam batupasir, sedangkan tekstur berperan dalam penentuan lingkungan pengendapan dan paleogeografi (Dickinson dan Suczek, 1979).

Batupasir umumnya tersusun oleh material terigen (asal daratan), yang merupakan produk erosi dari batuan di area sumber (Folk, 1980). Secara umum, komposisi batupasir disusun oleh mineral kuarsa, mineral feldspar, mineral lempung, fragment batuan dan mineral tidak stabil lainnya. Perbedaan kelimpahan mineral disetiap komposisi batupasir merupakan pencerminan dari stabilitas mekanik dan kimiawi mineral, serta ketersediaan mineral yang berasal dari batuan sumber (Folk, 1980).

Proses mekanik dalam pembentukan batupasir akan mengontrol variasi ukuran material-material penyusun batupasir, yang dapat dibedakan atas butiran atau fragmen,

matrik dan semen (Folk, 1980). Proses kimiawi dalam pembentukan batupasir akan mempengaruhi variasi mineral penyusun batupasir karena perbedaan stabilitas kimia dari tiap mineral penyusun batuan. Urutan stabilitas kimia mineral batuan sedimen merupakan kebalikan dari seri reaksi Bowen dimana kuarsa merupakan mineral yang paling stabil, sedangkan olivin merupakan yang paling tidak stabil (Folk, 1980).

Pettijohn (1975) membuat klasifikasi batupasir berdasarkan mineralogi dan material penyusunnya. Klasifikasi Pettijohn (1975) juga dikenal dengan QFL plot (*Quartz, Feldspar, Lithic fragment*). Komponen utama adalah tiga material kerangka penyusun batupasir berukuran pasir yaitu kuarsa, feldspar, dan fragmen batuan (Fragmen litik). Banyak klasifikasi yang diutarakan bervariasi modelnya tapi tetap saja tiga komponen tadi (QFL) merupakan unsur paling utama dalam klasifikasi manapun, namun Pettijohn (1975) menambahkan unsur matrik agar klasifikasi lebih sistematis bukan terpaku hanya pada komponen butiran kasar penyusun (Gambar 4). *Provenance* berasal dari bahasa Prancis, yaitu "*provenir*" yang berarti "berasal dari" (*to originate or to come from*), atau secara spesifik dapat diartikan sebagai studi untuk mengetahui sumber atau asal dari batuan sedimen (Pettijohn, 1975).



Gambar 4. Segitiga klasifikasi batupasir (Pettijohn, 1975)

Beberapa metode dapat digunakan untuk menentukan provenan suatu sedimen/batuan sedimen yaitu dengan menggunakan analisis petrografi melalui pengamatan sifat optik mineral kuarsa (Krynine, 1963, dalam Folk, 1974). Analisa mineral berat, dan juga dengan menggunakan parameter kehadiran mineral kuarsa, feldspar, dan fragmen batuan (QFL) sebagai indikator menentukan provenan sedimen atau butiran sedimen (Pettijohn, 1975).

Mineral kuarsa (SiO_2) merupakan mineral utama penyusun batuan sedimen. Mineral ini yang paling sering di jumpai pada batuan sedimen silisiklastik.

Bentuk butir mineral kuarsa dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu kristal tunggal (*monocrystalline grain*), dan kristal banyak (*polycrystalline grain*) yang terdiri dari dua atau lebih unit kristal yang berbeda orientasi optiknya (Folk, 1974). Butiran kuarsa polikristalin meliputi batuan beku dan batuan metamorf, kuarsit, batupasir, dan rijang, karena rijang memiliki butiran yang halus.

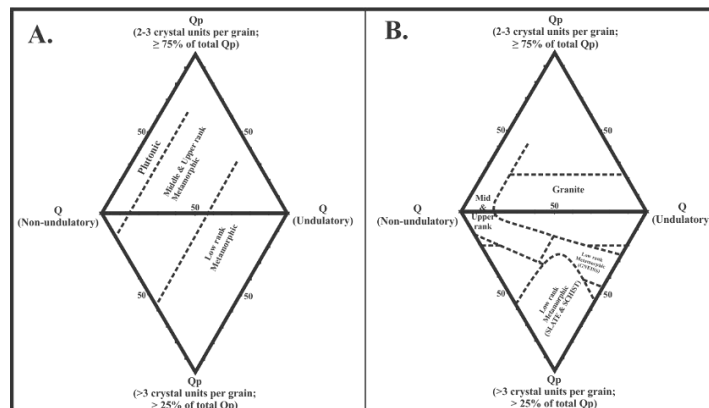
Kuarsa polikristalin secara umum terdiri dari dua bentuk, yaitu bentuk komposit dan semikomposit. Kuarsa komposit terdiri dari dua atau lebih unit kristal yang berbeda orientasi pemadaman terpisah serta batas antar unit kristal rata. Jumlah rata-rata unit kristal kuarsa polikristalin batuan plutonik terdiri dari dua hingga lima unit, sedangkan pada batuan metamorf lebih dari lima unit kristal. Kelimpahan dan karakteristik mineral kuarsa dalam suatu batuan sering dijadikan sebagai indikator untuk mengetahui batuan asal dari batuan sedimen (Folk, 1974). Menurut Krynine (1963 dalam Folk, 1974), penentuan batuan asal dapat dilakukan dengan pendekatan genetik mineral kuarsa. Klasifikasi genetik adalah pengelompokan butiran-butiran kuarsa

berdasarkan tempat terbentuknya yaitu batuan beku/plutonik, vulkanik, *sekistose*, metakursit meregang (*stretched metaquartzite*), metakuarsit terkristalisasi (*recrystallize metaquartzite*), dan hidrothermal. Klasifikasi ini berdasarkan pada jenis gelapan, inklusi, dan bentuk butir kuarsa (Folk, 1974).

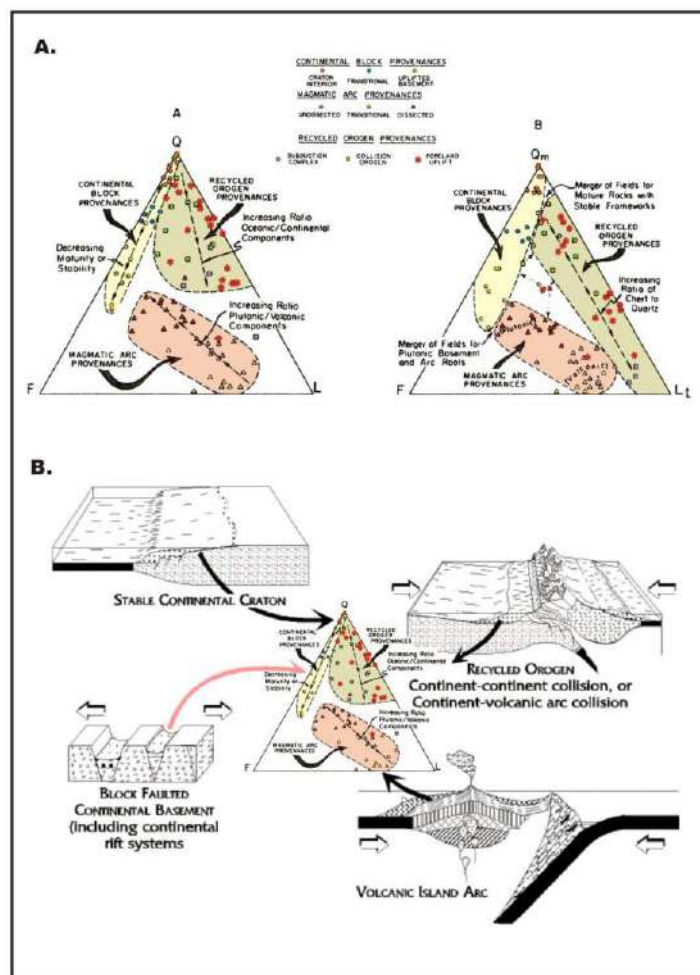
Analisis variasi kuarsa dimaksudkan untuk mengetahui batuan asal (*parent rock*) mengacu pada Basu, (1985) dan Tortosa, dkk., (1991). Berdasarkan variasi kuarsa monokristalin bergelombang (Qmu), kuarsa monokristalin tidak bergelombang (Qmnu), kuarsa polikristalin 2-3 kristal (Qp 2-3), dan kuarsa polikristalin >3 (Qp >3). Basu (1985) menyebutkan bahwa kuarsa monokristalin berasal dari batuan beku plutonik atau batuan metamorf berderajat rendah yang memiliki karakteristik *undulatory extinction* (Gambar 5).

Berdasarkan Dickinson dan Suczek (1979), kontrol tektonik batuan-batuan asal difokuskan kepada komposisi penyusun batuan yaitu mineral kuarsa, mineral feldspar dan fragmen batuan. Penentuan kedudukan tektonik batuan asal memiliki beberapa tahapan pengkerjaannya yang pertama menjadikan kehadiran QFL menjadi 100%, dimana Q merupakan total kehadiran mineral kuarsa, F merupakan total kehadiran mineral feldspar, L merupakan total kehadiran fragmen batuan.

Dickinson dan Suczek (1979) membagi tipe *provenance* ke dalam tiga kelas utama, yaitu *continental block* (blok kontinen), *magmatic arc* (busur magmatik), dan *recycled orogen provenance* (orogen terdaurkan) yang terbagi menjadi beberapa subprovenan (Gambar 6).



Gambar 5. Segitiga klasifikasi batuan asal dari komposisi kuarsa (A) Basu, 1975 (B) Tortosa, dkk, 1991



Gambar 6. (A) Diagram QFL (kiri) dan QmFLt (kanan), dan (B) Ilustrasi model tektonik daerah provenan batupasir berdasarkan diagram QFL (Dickinson dan Suczek, 1979)

Berdasarkan diagram pada Gambar 6, Q= Qm+Qp, dimana Q adalah jumlah total detritus kuarsa monoklin (Qm) dan

kuarsa polikristalin (Qp), F= Feldspar, L= Lm+Ls jumlah detritus fragmen batuan sedimen (Ls) dan fragmen batuan

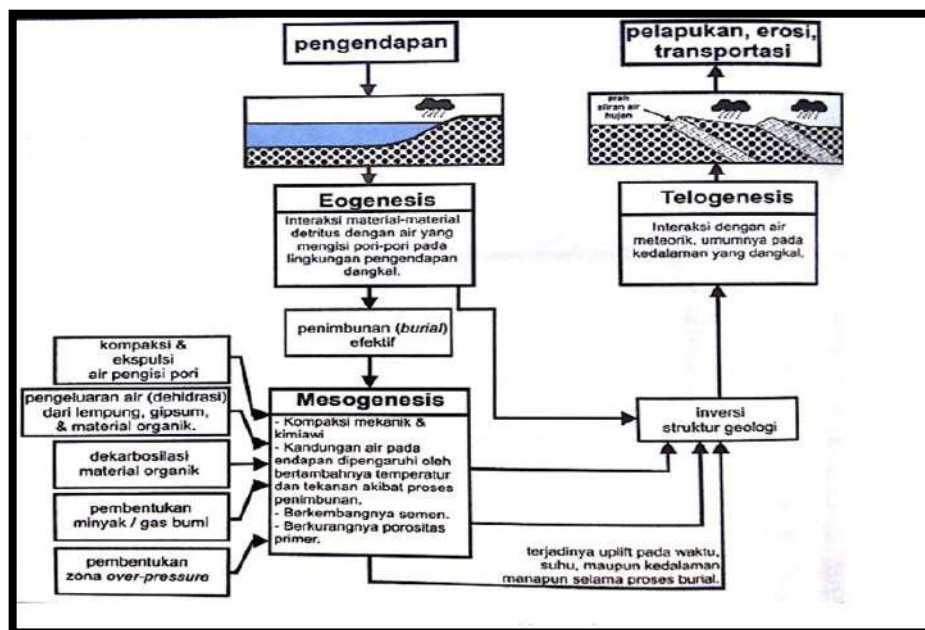
metasedimen (L_m), dan $L_t = \frac{L + Q_p}{\text{total titik point counting}}$, L_t adalah jumlah detritus dan kuarsa polikristalin dibagi total titik *point counting* (Dickinson dan Suczek, 1979).

Menurut Burley dan Worden (2003) diagenesis biasanya dibagi menjadi tiga tahap (Gambar 7), yaitu:

- *Eodiagenesis*, merupakan tahapan paling awal dari proses diagenesis yang terjadi pada kedalaman yang relatif dangkal (kondisi berada

dibawah lingkungan pengendapan, kedalaman relatif sebesar 1-10 m).

- *Mesodiagenesis*, fase ini berlangsung pada kedalaman yang lebih besar dibanding eodiagenesis dimana terjadi perubahan suhu dan tekanan diikuti dengan berkurangnya *porewater*.
- *Telodiagenesis*, merupakan tahap terakhir pada proses diagenesis yang diikuti oleh pengangkatan (*Uplifting*).



Gambar 7. Tahap-tahap diagenesis (Burley dan Worden, 2003)

METODE

Pembagian fasies dibuat untuk mengetahui karakteristik antar lapisan yang mempunyai kondisi fisik, kimia dan biologi yang sama, khususnya pada bagian fisik dan asosiasi pengendapannya. Deskripsi yang disajikan berdasarkan deskripsi fasies yang telah dibagi, hal ini bertujuan untuk lebih mendetailkan karakter fisik, kimia dan biologinya pada setiap lapisan.

Analisis petrografi dilakukan terhadap sampel batuan yang berada pada jalur pengukuran stratigrafi terutama pada batupasir. Analisis ini dilakukan dengan metoda *point counting*, setelah sampel batuan disayat setebal 0,03 mm

kemudian diamati di bawah mikroskop polarisasi. analisis provenan, analisis mineral yang telah terdiagenesiskan.

Analisis petrografi juga dilakukan untuk mempelajari tekstur dan mineralogi batuan serta proses-proses sekunder seperti adanya gejala ubahan mineral dan deformasi mikroskopis yang menghasilkan mikro struktur.

PEMBAHASAN

Data yang dianalisis berjumlah 3 sampel untuk analisis provenan dalam setiap sayatan secara umum mengamati butiran-butiran; kuarsa (Q), feldspar (F), dan litik (L) seperti yang tercantum pada (Tabel 1)

Tabel 1. Hasil *point counting* sampel batupasir pada daerah penelitian

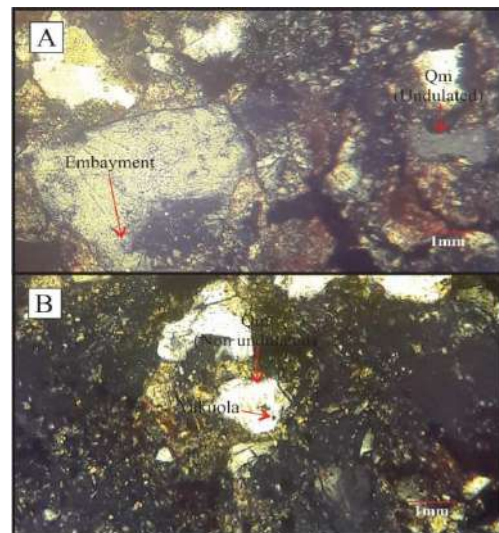
NO	Contoh Batuan	Q%			L%			F%	M%	Nama Batuan
		Qm	Qp	Total	Ls	Lm	Total			
1	SM 1	60	19	79	9	11	20	0.1	8	SUBLITHARENITE
2	SM 2	57	22	80	4	15	19	0.2	12	SUBLITHARENITE
3	SM 3	59	15	75	3	22	25	0	13	SUBLITHARENITE

Keterangan:
 Q = Kuarsa total Qm = Kuarsa monokristalin Lm = Litik metamorf
 F = Feldspar total Qp = Kuarsa polikristalin M = Matriks
 L = Litik total Ls = Litik sedimen

Karakteristik ketiga sampel batupasir yang diamati meliputi butiran-butiran: kuarsa (Q), feldspar (F), dan fragmen batuan (L). Kuarsa monokristalin (Qm) terdiri atas kuarsa dengan pepadaman bergelombang (*undulatory quartz*) dan kuarsa dengan pepadaman tak-bergelombang (*non undulatory quartz*), sedangkan kuarsa polikristalin (Qp) dicirikan oleh butiran 2 atau lebih, butiran feldspar, serta jenis fragmen batuan yang terkandung berikut karakteristik batupasir Formasi Gamping Wungkal yang ditemukan dari pengamatan petrografi dengan perbesaran 40x dengan menggunakan mikroskop polarisasi di dapatkan sebagai berikut:

1. Kuarsa monokristalin (Qm)

Kuarsa monokristalin merupakan komponen yang paling banyak dijumpai pada batupasir Formasi Gamping Wungkal. Kelimpahan Kuarsa monokristalin dalam ketiga sampel bervariasi dari 58% sampai 60%. Pada sayatan tipis dapat dikenali 4 karakteristik kuarsa monokristalin (Qm): (a) Butiran Qm dengan pepadaman bergelombang (*undulatory quartz*), (b) Butiran Qm dengan pepadaman tak-bergelombang (*non undulatory quartz*), (c) Butiran Qm dengan inklusi, dan (d) Butiran Qm dengan gejala *embayment* (Gambar 8).

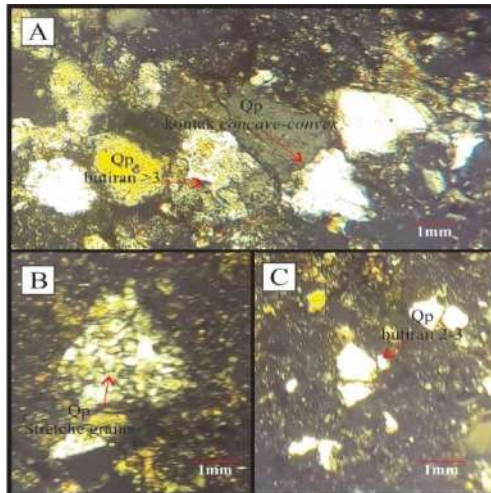


Gambar 8. Petrografi sayatan tipis (nikol silang) contoh butiran Qm (A) Butiran Qm dengan pepadaman bergelombang (*undulatory quartz*), dan Butiran Qm dengan gejala *embayment*; (B) Butiran Qm dengan pepadaman tak-bergelombang (*non undulatory quartz*), dan Butiran Qm dengan inklusi

2. Kuarsa polikristalin (Qp)

Butiran-butiran kuarsa polikristalin umumnya memiliki ukuran lebih besar dibandingkan butiran monokristalin dan terdapat pada batupasir dengan ukuran butir lebih kasar. Kelimpahan kuarsa polikristalin (Qp) pada ketiga sampel bervariasi dari 14% sampai 22% dari total butiran terigennya. Pada sayatan tipis dapat dikenali 4 jenis kuarsa polikristalin (Qp) terdiri dari: (a) Butiran Qp yang tersusun oleh 2-3 kristal, (b) Butiran Qp yang tersusun oleh >3 kristal,

(c) Butiran Qp dengan kontak butir garis lurus sampai cekung-cembung (*concave-convex*), dan (d) Qp yang tersusun oleh butiran yang teregang (*stretched grains*) (Gambar 9).



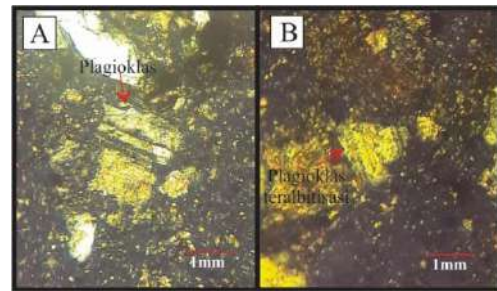
Gambar 9. Petrografi sayatan tipis (nikol silang) contoh butiran Qp yang terdiri dari: (A) Butiran Qp yang tersusun oleh >3 kristal, dan butiran Qp dengan kontak butir garis lurus sampai cekung-cembung (*concave-convex*); (B) Qp yang tersusun oleh butiran yang teregang (*stretched grains*), dan butiran Qp yang tersusun oleh 2-3 kristal

3. Feldspar (F)

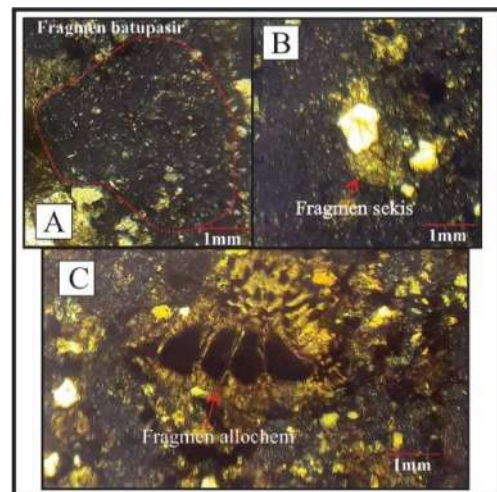
Kelimpahan butiran felspar dari ketiga sampel bervariasi dari 0.1% sampai 0.2%. Jenis plagioklas yang teramati terdiri plagioklas kembar kalsbad-albit dan telah teralbitisasi. Butiran plagioklas ini bersumber bisa dari material vulkanik ataupun juga terdapat pada sumber batuan plutonik dan batuan metamorf (Gambar 10).

4. Fragmen Batuan (L)

Fragmen batuan dapat dijumpai di ketiga sampel yang dianalisis. Kelimpahan butiran fragmen batuan secara volume berkisar dari: 18% sampai 25%. Butiran fragmen batuan yang dijumpai terdiri dari fragmen batuan sedimen (Ls) seperti batupasir, allochem, dan fragmen batuan metamorf (Lm) berupa sekis (Gambar 11).

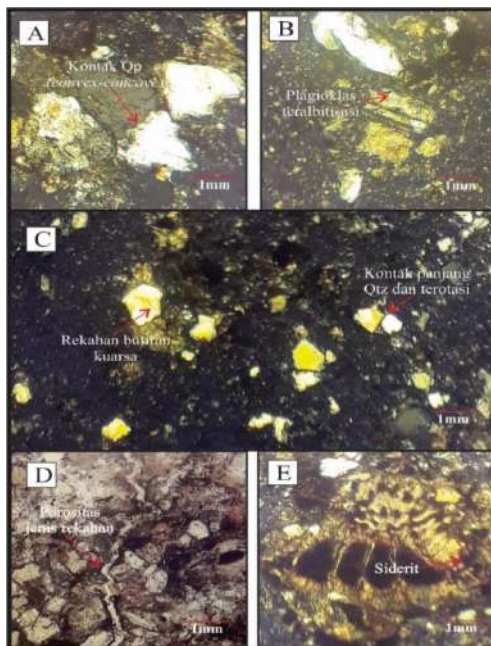


Gambar 10. Petrografi sayatan tipis (nikol silang) contoh butiran plagioklas yang terdiri dari: (A) Plagioklas, (B) plagioklas teralbitisasi



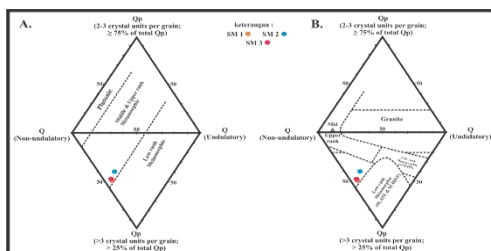
Gambar 11. Petrografi sayatan tipis (nikol silang) contoh butiran fragmen batuan yang terdiri dari: (A) fragmen batupasir; (B) Fragmen sekis; (C) Fragmen allochem

Data petrografi yang diamati menggunakan sampel yang sama untuk analisis provenan yang mana pengamatan dilakukan untuk menemukan semua perubahan dari aspek fisik, kimia dan biologi untuk mengetahui proses diagenesis yang terjadi pada lokasi penelitian, karakteristik dari hasil analisis diagenesis dari data petrografi didapat beberapa perubahan; (1) Kontak Qp cembung-cekung (*convex-concave*), (2) Plagioklas teralbitisasi, (3) Rekahan butiran kuarsa, (4) kontak panjang kuarsa dan terotasi, (4) Porositas jenis rekahan pengamatan nikol sejajar dan (5) Mineral autigenesis siderit (Gambar 12).



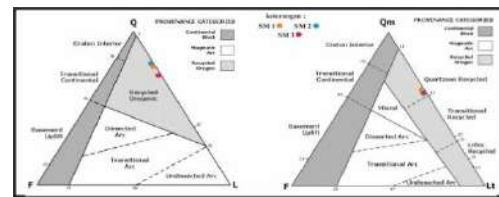
Gambar 12. (A) Kontak Qp cembung-cekung (*convex-concave*); (B) Plagioklas teralbitisasi; (C) Rekahan butiran kuarsa, dan kontak panjang kuarsa dan terotasi; (D) Porositas jenis rekahan pengamatan nikol sejajar dan (E) Mineral autigenesis siderit

Berdasarkan plot komponen Qm menunjukkan bahwa semua sampel batupasir yang dianalisis titik plotnya jatuh di bidang *low and middle rank metamorphic rock* (Gambar 13).



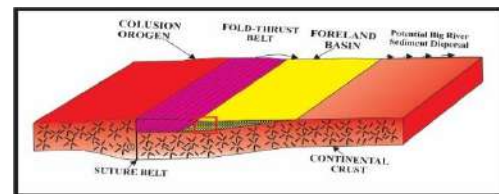
Gambar 3.13. Segitiga klasifikasi batuan asal dari komposisi kuarsa menunjukkan *low and middle rank metamorphic rock* sebagai batuan sumber sampel yang dianalisis

Diagram pada Gambar 13 dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan provenan dari sampel-sampel batupasir yang dianalisis. Plot hasil analisis sampel batupasir pada diagram QFL dan QmFLt ditunjukkan oleh (Gambar 14).



Gambar 14. Hasil plot diagram QFL (Dickinson dan Suczek, 1979)

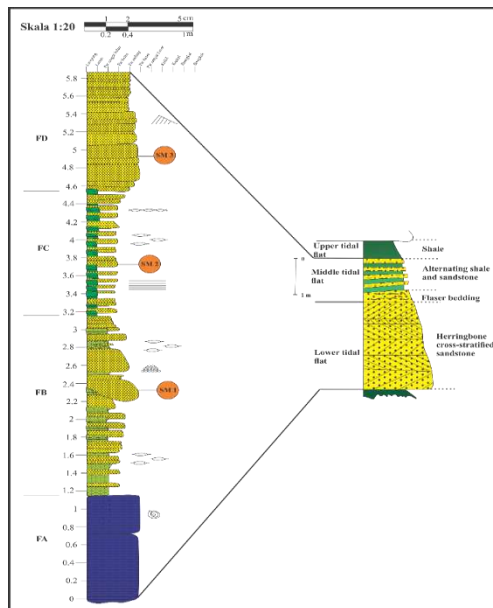
Batupasir Formasi Gamping Wungkal pada plot diagram QFL termasuk kedalam *recycled orogen*, sub-zona *foreland uplift*. Sedangkan plot pada diagram QmFLt provenannya berada sama dari diagram QFL-nya, yaitu *recycled orogen*, sub-zona *foreland uplift* (Gambar 15).



Gambar 15. Model provenan *recycled orogen* sub-zona *foreland uplift* (modifikasi, Dickinson dan Suczek, 1979)

Proses diagenesis didominasi oleh proses kompaksi atau burial di cirikan dari kenampakan kontak Qp cembung-cekung (*convex-concave*), Rekahan butiran kuarsa, kontak panjang kuarsa dan terotasi, Plagioklas teralbitisasi yang mana proses ini dipengaruhi oleh peningkatan intensitas rekahan butiran detrital yang memicu pelarutan khusus albit. Tahap pelarutan juga masih dijumpai yaitu mineral autigenesis siderit yang terdapat pada foraminifera *test*, menurut klasifikasi Burley dan Worden (2003) dapat diketahui batupasir Formasi Gamping Wungkal pada daerah penelitian termasuk ke dalam tahap mesodiagenesis.

Lingkungan pengendapan pada daerah penelitian merupakan area yang terbentuk di lingkungan transisi atau *tidal flat* berada pada *intertidal (Middle tidal flat)* dan lingkungan pengendapan *subtidal (Lower tidal flat)* lihat Gambar 16.



Gambar 16. Lingkungan pengendapan pada lokasi penelitian berada di *middle tidal flat* dan *lower tidal flat*

Mekanisme sedimentasi pembentuk fasies-fasies di daerah penelitian dipengaruhi oleh arus pasang surut tinggi hingga rendah. Sedimen yang terendapkan di zona ini dihasilkan dari sistem arus traksi dengan energi yang rendah dipengaruhi oleh pasang surut gelombang air laut sehingga menghasilkan struktur lentikular dan flaser, struktur *ripple mark*. Struktur laminasi silangsiur terbentuk ketika energi pengendapan berubah menjadi tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan petrografi dan pengukuran penampang stratigrafi dapat disimpulkan bahwa batupasir Formasi Gamping Wungkal batuan asalnya adalah batuan metamorf dengan kisaran *middle and upper rank metamorphic*, tatanan tektoniknya termasuk kedalam *recycled orogen*, sub-zona *foreland uplift*, proses diagenesis termasuk kedalam tahap mesodiagenesis, serta lingkungan pengendapan pada daerah penelitian merupakan area yang terbentuk di lingkungan transisi atau *tidal flat* berada pada *intertidal (Middle tidal flat)* dan *subtidal (Lower tidal flat)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Basu, A., 1985, Influence of Climate and Relief on Compositions of Sandstone Released at Source Areas, In: Zuffa, G.G. (ed.), 1990, *Provenance of Arenites, NATO ASI Series, Series C: Mathematical and Physical Sciences*, vol. 148, p. 1-18.
- Burley, D. S., dan Worden, H. R., (editor), 2003, *Sandstone Diagenesis: Recent and Ancient, Reprint Series, vol. 4, The International Association of Sedimentologist*, Wiley-Blackwell, England.
- Dickinson, W. R., dan Suczek, C. A., 1979, Plate Tectonics and Sandstone Compositions, *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, vol. 63., No. 12, p. 2164-2182.
- Folk, R. L., 1974, *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company, Austin.
- Husein, S., Novian, I. M., 2014, *Geology Excursion to Bayat, Central Java, Guide Book, Santos (Sampang) Pty Ltd and Departement of Geological Engineering UGM*.
- Pettijohn, F. J., 1975, *Sedimentary Rocks, 3rd ed.*, Harper & Row, New York.
- Prasetyadi, C., 2007, *Evolusi Tektonik Paleogen Jawa Bagian Timur, Disertasi*, Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, tidak dipublikasikan.
- Purnomo J. dan Purwoko, 1994, Kerangka Tektonik dan Stratigrafi Pulau Jawa Secara Regional dan Kaitannya dengan Potensi Hidrokarbon, *Prosiding Geology and Geoteknik Pulau Jawa*, Seminar Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., dan Kinny, P., 2005, East Java: Cenozoic Basins, Volcanoes, and Ancient Basement, *Proceedings 30th Indonesian Petroleum Association Annual Convention and Exhibition, Jakarta*.
- Sudarno, 1997, *Kendali Tektonik Terhadap Pembentukan Struktur Pada Batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah*

Istimewa Yogyakarta Dan Sekitarnya, Tesis, Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, tidak dipublikasikan.

Tortosa, A., Palomares, M., dan Arribas, J., 1991, Quartz Grain Types in Holocene Deposits from The Spanish Central System: Some Problems in Provenance Analysis, In: *Developments in Sedimentary Provenance Studies, Geol. Soc. London Spec. Pub., vol. 57, p. 47-54.*

BIODATA

Aaf Aji Pangestu, lahir di Sragen tanggal 10 Mei 1997, saat ini sedang

menyelesaikan studi S-1 di Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta.

Danis Agoes Wiloso, S.T., M.T., lahir di Purwodadi-Grobogan tanggal 29 Agustus 1969. Menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta pada tahun 1997, dan S2 Jurusan Teknik Geologi ITB pada tahun 2008 Saat ini bertugas sebagai tenaga Pengajar pada Jurusan Teknik Geologi IST AKPRIND Yogyakarta dengan bidang minat geokimia, geologi, dan minyak bumi.

PENINGKATAN KEAMANAN TRANSMISI REAL TIME VIDEO SURVEILLANCE MENGGUNAKAN SECURE SOCKET LAYER

Catur Iswahyudi¹, Nanda Adi Pratama², Joko Triyono³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹catur@akprind.ac.id, ²prataman79@gmail.com, ³jack@akprind.ac.id

Masuk: 06 Juli 2019, Revisi masuk: 20 Juli 2019, Diterima: 21 Juli 2019

ABSTRACT

Security is a very important aspect of data exchange. Usually, the data in video surveillance is transmitted only for certain parties. The data must be accepted by the entitled user with maintained confidentiality, and avoid from packet sniffing by others. Therefore, to secure the data in video surveillance, it needs a data encryption method to hide information. SSL (Secure Socket Layer) is reliable for securing a real-time data or video transmission. SSL can be implemented on a webserver that has public hosting. In this study, Zoneminder video surveillance system implemented on the web server, then SSL will encrypt the transmitted data between the Zoneminder server and the client. The results show that surveillance videos protected by SSL, safe from packet sniffing actions and no degradation on QoS and video quality.

Keywords: Data transmission, Real time, SSL, Video surveillance, Zoneminder.

INTISARI

Keamanan merupakan aspek yang sangat penting dalam pertukaran data video pengawasan. Pada umumnya, data video pengawasan hanya dikirim kepada pihak tertentu saja. Data harus sampai pada pihak yang berhak dengan kerahasiaan yang tetap terjaga, tanpa diketahui oleh pihak-pihak yang tidak berkepentingan. Untuk menjaga keamanan dan kerahasiaan data video pengawasan, perlu adanya metode enkripsi data untuk menyembunyikan informasi dari pihak ketiga. SSL (*Secure Socket Layer*) merupakan metode yang handal dalam mengamankan transmisi data / video secara real-time. SSL dapat diimplementasikan pada webserver yang memiliki public hosting. Pada penelitian ini, diimplementasikan *Zoneminder video surveillance system* pada webserver, dimana SSL diterapkan untuk enkripsi pada transmisi data antara server Zoneminder dan client. Hasil penelitian menunjukkan bahwa video pengawasan yang terlindungi SSL aman dari *packet sniffing* dan hasil perbandingan performa tidak menunjukkan penurunan kualitas.

Kata-kata kunci: Real time, SSL, Transmisi data, Video surveillance, Zoneminder.

PENDAHULUAN

Video Streaming adalah sebuah jenis layanan yang dapat langsung mengolah data yang diterima tanpa menunggu seluruh data selesai terkirim. Ide dasar dari video streaming adalah membagi paket video ke dalam beberapa bagian, mentransmisikan paket tersebut, kemudian penerima dapat mendecode dan memainkan potongan paket file video tanpa harus menunggu seluruh file terkirim ke mesin penerima (Satwika, 2011).

Surveillance dalam Bahasa Inggris memiliki arti "pengawasan, penjagaan, pengamatan". Video surveillance merupakan video yang digunakan untuk keperluan pengawasan, dan direkam menggunakan kamera. Kamera pengintai adalah teknologi yang dirancang sebagai alat pemantauan keamanan. Kamera pengintai telah diterapkan di banyak teknologi dan dalam beberapa versi seperti CCTV, IP Camera, maupun WebCam (Illyan dkk., 2016).

Kemajuan teknologi membuat penggunaan video pengawasan

(*surveillance*) dalam kehidupan sehari-hari semakin penting guna meningkatkan keamanan dan kerahasiaan bagi penggunanya. *Surveillance system* merupakan teknologi yang dipakai untuk meningkatkan pengawasan pada tempat atau lokasi yang lepas dari jangkauan penglihatan atau tempat tersebut sedang ditinggalkan sehingga tidak ada yang bisa mengawasi secara langsung contohnya rumah atau tempat kerja.

Video pengawasan banyak digunakan untuk merekam gambar pada suatu kegiatan/kejadian oleh instansi seperti perbankan, perkantoran, pertahanan negara, dan lain-lain. Masalah yang sering terjadi dalam pengiriman video real-time terletak pada kemungkinan bahwa informasi yang dipertukarkan dapat diakses oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Oleh sebab itu kerahasiaan menjadi hal yang penting.

Kerahasiaan merujuk pada perlindungan informasi dari penyingkapan pihak yang tidak sah. Perlindungan kerahasiaan data dapat diperoleh dengan memberi akses terbatas pada informasi atau dengan penyandian informasi sehingga tidak memiliki arti apapun bagi pihak yang tidak berhak tersebut. Jika kerahasiaan ini tidak terpenuhi mengakibatkan adanya penyalahgunaan wewenang oleh pihak yang tidak sah. Integritas dalam video surveillance menjadi hal yang penting karena apabila tidak terpenuhi dapat mengakibatkan masalah terjadinya manipulasi serta penghapusan terhadap data asli. Salah satu solusi untuk menghindari resiko penyerangan terhadap informasi adalah dengan melakukan tindakan enkripsi menggunakan SSL atau Secure Socket Layer.

Secure Socket Layer adalah salah satu metode keamanan dalam bentuk sebuah protokol yang berada di atas Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) yang berfungsi untuk mengamankan browsing web, mengelola keamanan transmisi dan juga dapat menjamin keamanan dalam pengiriman data dan pengaksesan informasi pada saat client dan server sedang melakukan pertukaran informasi lewat internet

(Monica, 2015). Setiap kali pengunjung web mengunjungi situs yang aman menggunakan teknologi SSL, menciptakan sebuah tautan yang terenkripsi antara sesi browser client dan web server. SSL menjadi standar industri untuk komunikasi web yang aman dan digunakan untuk melindungi web.

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan suatu metode untuk mengamankan integritas data real-time video surveillance menggunakan Secure Socket Layer. Karena perangkat Video Surveillance yang digunakan adalah sebuah IP Camera, maka dibutuhkan webserver untuk menempatkan Zoneminder Video Surveillance System. Webserver akan meneruskan akses yang sudah terlindungi SSL secara publik dari IP Camera ke Client. Dengan diimplementasikannya SSL pada Real-time video surveillance ini diharapkan dapat melindungi integritas data video dari pihak-pihak yang tidak berwenang.

Penelitian terdahulu terkait dengan pengamanan video pengawasan pernah dilakukan oleh Yong-Hua, dkk. (2013) yang mendesain dan mengimplementasikan metode untuk sistem video surveillance berbasis cloud. Prototipe sistem video surveillance berbasis cloud dibangun di jaringan kampus menggunakan teknologi cloud, termasuk kontrol akses tugas mesin virtual, penyimpanan data-data terdistribusi, dan metode komunikasi aktif basis data. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Widyantara, dkk. (2015) dengan membangun aplikasi VSS (Video Surveillance System) yang memudahkan monitoring setiap IP Camera. Aplikasi tersebut memadukan konsep sistem informasi geografis berbasis web dengan Google Maps API (Web-GIS). Aplikasi VSS dibangun dengan fitur-fitur smart meliputi peta ip-camera, live streaming event, informasi pada info window dan marker cluster. Illyan, dkk. (2016) merancang sistem pengamanan data pada video Surveillance, dengan teknik enkripsi menggunakan VEA (Video Encryption Algorithm) dan kunci tertentu, lalu memberikan hak akses secara aman kepada orang yang benar-benar berhak.

Kemudian dilakukan analisis kinerja algoritma VEA pada parameter waktu proses enkripsi dan dekripsi, serta waktu tunda (*delay*).

Penelitian terkait pengamanan video surveillance pernah dilakukan oleh Pranata, dkk. (2015) untuk menganalisis sejauh mana SSL dapat mengamankan data di jaringan. Ketika komputer mengirim data melalui jaringan, maka data dikirimkan dalam bentuk paket. Ancaman keamanan yang dilakukan oleh sniffer adalah kemampuannya untuk menangkap semua paket yang masuk dan keluar melalui jaringan, yang meliputi kata sandi, nama pengguna dan masalah sensitif lainnya. Penelitian ini menganalisis informasi berupa paket data berbentuk ASCII seperti *username* dan *password*. Sedangkan Wulandari (2016) melakukan penelitian untuk menganalisis kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) jaringan dengan mengukur seberapa baik jaringan dan upaya untuk menentukan karakteristik dan sifat layanan. QoS mengacu pada kinerja Paket IP melalui satu atau lebih jaringan. Kinerja jaringan komputer dapat bervariasi karena beberapa masalah, seperti masalah bandwidth, latensi dan jitter, yang dapat membuat efek besar untuk banyak aplikasi.

Hasad dan Paronda (2016) menganalisis dan melakukan optimasi terhadap kinerja sistem pada transmisi data rate video streaming melalui jaringan Bluetooth Piconet Pervasive, dengan symbian OS pada sisi client. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar interferensi Wi-Fi pada jaringan bluetooth piconet pervasive, maka kualitas video yang diterima di *client* (telepon seluler) semakin berkurang, ditandai dengan semakin besarnya nilai rata-rata *packet loss* yang didapatkan selama video streaming.

Rifai, dkk. (2016) melakukan analisis protokol RTSP yang diimplementasikan pada sebuah raspberry pi sebagai *live streaming server* untuk *video surveillance system* yang terintegrasi dengan camera pengawas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa protokol RTSP memiliki kelebihan dalam kualitas output video tetapi untuk kinerja lebih baik protokol RTMP karena

nilai *delay*-nya lebih kecil sehingga pengiriman data lebih cepat. Kehandalan raspberry pi sebagai *live streaming server* memiliki stabilitas yang baik saat menjalankan video streaming pada jaringan *video surveillance system* yang diakses oleh *user* atau *client*.

Muryanti dan Affandi (2018) membuat sistem keamanan *video on demand* (VoD) yang mengimplementasikan Video Encryption Algorithm (VEA). Metode ini membaca frame pada suatu video, kemudian dari masing-masing frame tersebut dibaca dalam bit-bit, dan dilakukan operasi XOR dengan *byte* kunci tertentu. Setelah itu, VEA dituliskan pada file VoD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa video yang terenkripsi dengan perubahan panjang kunci tidak berpengaruh terhadap *delay* tetapi berpengaruh terhadap kualitas video.

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, dikembangkan implementasi SSL pada *live-stream video surveillance* menggunakan aplikasi Zoneminder dan Apache Webserver. Implementasi SSL pada *Real-time video surveillance* diharapkan dapat melindungi integritas data video dari pihak-pihak yang tidak berwenang.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dan perangkat pendukung lainnya. Perangkat keras terdiri dari IP camera, komputer server, dan komputer klien. Perangkat lunak yang digunakan berupa Apache web server versi 2.4.35, Zoneminder versi 1.29.0, *web browser*, Media player, serta Wireshark untuk pemantauan lalu lintas jaringan. Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah hasil analisis kinerja *Real-time Video Surveillance*; antara lain *Packet loss*, *Troghput*, *Delay*, dan *Jitter*.

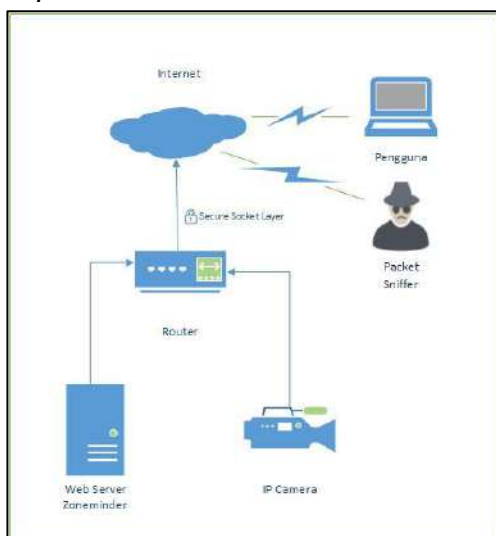
Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: (1) Metode observasi, dengan melakukan pengamatan cara kerja perangkat lunak, perangkat keras, dan jaringan yang digunakan dan (2) Metode studi pustaka, dengan melakukan pengumpulan data dan referensi yang berkaitan dengan penelitian dan perangkat yang digunakan.

Langkah-langkah penelitian menerapkan konsep *waterfall* untuk meminimalisir kesalahan pada setiap langkah penelitian, yang terdiri dari: (1) Analisis, (2) Perancangan sistem, (3) Pengembangan sistem, (4) Pengujian sistem, (5) Analisis keamanan dan kinerja, serta (6) Implementasi sistem.

PEMBAHASAN

Zoneminder merupakan *Real-time Video Surveillance System* berbasis PHP yang dapat diimplementasikan pada webserver. Zoneminder berfungsi sebagai aplikasi untuk melakukan pemantauan suatu lokasi indoor atau outdoor menggunakan IP Camera sebagai media pemantauan. Dalam penelitian ini Zoneminder diimplementasikan pada apache2 webserver dengan server berbasis linux debian 8.

Gambar 1 merupakan rancangan arsitektur sistem yang menunjukkan video diakses oleh pengguna secara publik menggunakan jaringan internet. Akses yang dituju adalah Web server Zoneminder. Zoneminder akan melakukan *stream data* ke IP Camera yang telah terdaftar di sistem Zoneminder dan mengirim data yang telah dienkripsi oleh SSL kembali ke *client*



Gambar 1. Rancangan arsitektur sistem Simulasi Real-Time Video Surveillance pada Zoneminder

Simulasi *Real-time Video Surveillance* dilakukan dengan menjalankan *Live Stream* pada web browser Mozilla Firefox. Pengguna juga dapat mengontrol pergerakan kamera menggunakan fitur Control pada Zoneminder. Simulasi *Real-time Video Surveillance* pada Zoneminder ditunjukkan pada Gambar 2.



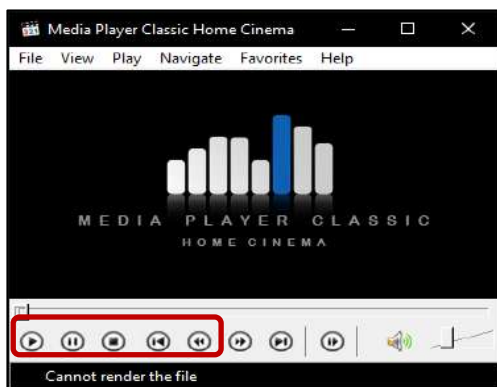
Gambar 2. Simulasi pada Zoneminder

Hasil Pengujian Packet Sniffing

Pada hasil *replay* video yang tidak terlindungi SSL diambil 4 frame berbeda dan hasilnya masih dapat di-*replay* seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan hasil *replay* video yang terlindungi SSL, file video yang telah disimpan tidak dapat di-*replay* menggunakan media player seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

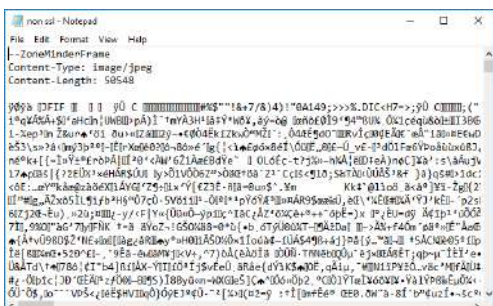


Gambar 3. Proses *replay* pada *packet* Wireshark tanpa SSL



Gambar 4. Proses *replay* pada packet Wireshark dengan SSL

Gambar 4 menunjukkan data video yang terlindungi SSL telah terenkripsi, sehingga jika *raw* data video diubah menjadi file video maka video tersebut tidak dapat di-*replay* menggunakan aplikasi media player. Untuk memperkuat bukti keamanan SSL, maka dilakukan inspeksi dari setiap hasil video menggunakan aplikasi *text editor*. Hasil inspeksi pada video yang terlindungi SSL dan yang tidak ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Hasil inspeksi *text editor* pada file video tanpa SSL

Berdasarkan hasil inspeksi file video yang tidak terlindungi SSL, masih terdapat informasi dari video yang dapat dibaca seperti ditunjukkan pada Gambar 5 yaitu berupa informasi *content-type* dan *content-length*. Informasi *Content-type* menunjukkan bahwa file tersebut berupa *image/jpeg*, dengan ukuran file sebesar 50548 bytes. Sedangkan hasil inspeksi video yang terlindungi SSL tidak ada informasi yang dapat dibaca seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

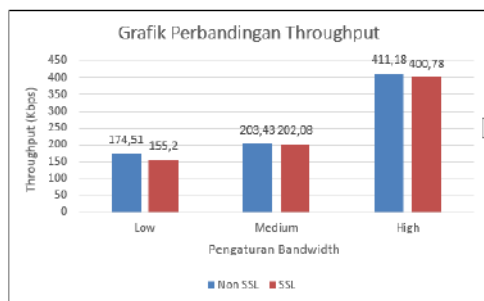


Gambar 6. Hasil inspeksi *text editor* pada file video dengan SSL

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa proses *packet sniffing* pada SSL tidak berhasil karena video hasil *packet sniffing* tidak dapat di-*replay* menggunakan aplikasi media player serta tidak memiliki informasi yang dapat dibaca pada aplikasi *text editor*. Sedangkan hasil *packet sniffing* tanpa SSL berhasil dibaca karena hasil video dapat di-*replay* menggunakan aplikasi media player serta memiliki informasi yang dapat dibaca pada *text editor*.

Perbandingan *Quality of Service* Perbandingan *Throughput*

Gambar 7 memperlihatkan grafik penggunaan *bandwidth/throughput* pada SSL lebih rendah dibandingkan tanpa perlindungan SSL. Diasumsikan karena proses enkripsi dari SSL membutuhkan *bandwidth* yang lebih kecil dibandingkan dengan proses transmisi data tanpa enkripsi namun hasil yang ditunjukkan tidak signifikan.

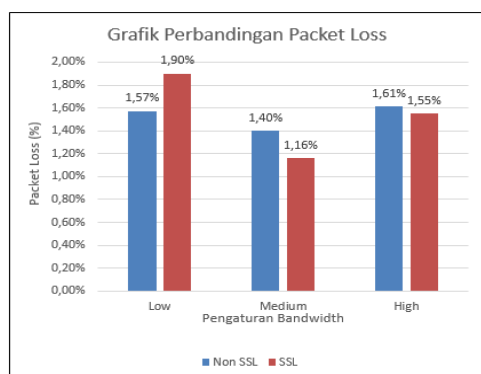


Gambar 7. Perbandingan *throughput*

Perbandingan *Packet Loss*

Gambar 8 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan *packet loss* yang signifikan antara sistem yang tidak terlindungi SSL dan yang terlindungi

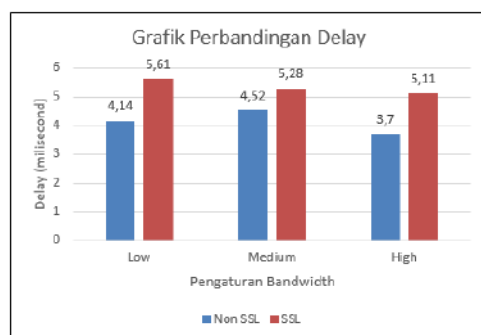
SSL. Perbedaan tersebut lebih disebabkan karena faktor trafik jaringan dan *data collision*.



Gambar 8. Perbandingan *packet loss*

Perbandingan Delay

Gambar 9 menunjukkan bahwa *delay* dari sistem yang terlindungi SSL lebih besar dibandingkan dengan sistem yang tidak terlindungi SSL. Hal tersebut disebabkan karena enkripsi memerlukan proses lebih lama sehingga menyebabkan *delay*, dibandingkan dengan transmisi data yang tanpa enkripsi SSL.



Gambar 9. Perbandingan *delay*

Perbandingan Jitter

Gambar 10 menunjukkan bahwa *jitter* pada sistem yang terlindungi SSL lebih besar dibandingkan dengan sistem yang tidak terlindungi SSL. Hal tersebut disebabkan karena proses enkripsi dari SSL menyebabkan waktu tunda yang lebih tinggi dibandingkan dengan transmisi data yang tanpa enkripsi SSL.

Perbandingan QoS dari server Zoneminder yang terlindungi SSL dan yang tidak terlindungi SSL menunjukkan

angka yang tidak signifikan; dengan perbandingan *throughput* pada server Zoneminder yang terlindungi SSL lebih rendah 19,31 Kbps untuk pengaturan *low*, 1,35 Kbps untuk pengaturan *medium*, dan 10,40 Kbps untuk pengaturan *high* dibandingkan dengan server Zoneminder yang tidak terlindungi SSL. Sedangkan perbandingan *packet loss* pada server Zoneminder yang terlindungi SSL lebih tinggi 0,33% pada pengaturan *bandwidth low*, pada *bandwidth medium* lebih rendah 0,24%, dan untuk pengaturan *high* lebih rendah 0,06% jika dibandingkan dengan server Zoneminder yang tidak terlindungi SSL. Pada parameter *delay* pada server Zoneminder yang terlindungi SSL lebih tinggi 1,47 ms untuk pengaturan *low*, 0,76 ms untuk pengaturan *medium*, dan 1,41 ms untuk pengaturan *high* jika dibandingkan dengan server Zoneminder yang tidak terlindungi SSL. Parameter *jitter* pada server Zoneminder yang terlindungi SSL lebih tinggi 1,96 ms untuk pengaturan *low*, 2,63 ms untuk pengaturan *medium*, dan 3,00 ms untuk pengaturan *high* jika dibandingkan dengan server Zoneminder yang tidak terlindungi SSL.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. SSL mampu melindungi keamanan data *real-time video surveillance* karena video hasil *packet sniffing* tidak dapat di-*replay* menggunakan aplikasi media player dan tidak memiliki informasi yang dapat dibaca pada aplikasi *text editor*. Sedangkan, *packet sniffing* tanpa SSL berhasil karena hasil video dapat di-*replay* menggunakan aplikasi media player dan memiliki informasi yang dapat dibaca pada aplikasi *text editor*.
2. Berdasarkan hasil perbandingan *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter* dapat disimpulkan bahwa selisih perbandingan *Quality of Service* dari server Zoneminder yang terlindungi SSL dan yang tidak terlindungi SSL menunjukkan angka yang tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasad, A. dan Paronda, A. H., 2016, Analisis Keamanan Sistem Pada Transmisi Data Rate Video Streaming Melalui Jaringan Bluetooth Piconet Pervasive, *Journal of Electrical and Electronics*, vol 4, hal. 99-102.
- Illyan, D. F., Nasution, S. M. dan Siswo, A. 2016, Pengamanan Data Video Surveillance Secara Real-Time Menggunakan Video Encryption Algorithm, *e-Proceeding of Engineering*, vol. 3, hal. 2179-2185.
- Monica, S. U., 2015, Secure Communication using DNA Cryptography with Secure Socket Layer (SSL) Protocol in Wireless Sensor Networks, *Procedia Computer Science*, vol. 70, hal. 808-813.
- Muryanti, S. D. P., dan Affandi, A., 2018, Rancang Bangun Sistem Keamanan Konten Video on Demand (VoD) Pada Internet Protocol Television (IPTV) Menggunakan Video Encryption Algorithm (VEA), *Digilib ITS*, hal. 1-6
- Pranata, Abdillah, L. A., dan Ependi, U., 2015, Analisis Keamanan Protokol Secure Socket Layer (SSL) Terhadap Proses Sniffing di Jaringan, *Student Colloquium Sistem Informasi & Teknik Informatika*, Universitas Bina Darma, hal. 1-6.
- Rifai, M. H, Irawan, B., dan Saputra, R. E., 2016, Analisis Performansi RTSP Live Streaming Server Berbasis Raspberry Pi untuk Video Surveillance System, *e-Proceeding of Engineering*, vol. 3, hal. 2268-2275.
- Satwika, I. K. S. 2011, *Proses Video Streaming dengan Protocol Real Time Streaming Protocol (RTSP)*, Universitas Udayana.
- Widyantara, I. M. O. Wedanti, N. U., dan Swamardika, I. B. A, 2015, Desain dan Implementasi Aplikasi Video Surveillance System Berbasis Web-SIG, *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 14, hal. 41-46.
- Wulandari, R., 2016, Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet (Studi Kasus: UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon-LIPI), *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, hal. 162-172.
- Yong-Hua, X., Wan S. Y., He, Y., dan Su D., 2013, Design and Implementation of a Prototype Cloud Video Surveillance System, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, vol. 18, hal. 40-47.

BIODATA PENULIS

Catur Iswahyudi, S.Kom., S.E., M.Cs.,

MTA, lahir di Kudus tanggal 19 Juni 1973, menyelesaikan studi S1 tahun 2000 di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta dan S1 Jurusan Manajemen di Universitas Terbuka tahun 2004, dan S2 tahun 2005 di Jurusan Ilmu Komputer UGM. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor pada bidang minat jaringan komputer dan keamanan jaringan.

Nanda Adi Pratama, S.Kom.,

lahir di Abepura tanggal 27 Mei 1996, menyelesaikan studi S1 tahun 2018 di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta, dengan bidang minat jaringan komputer.

Joko Triyono, S.Kom., M.Cs.,

lahir di Magelang tanggal 6 Agustus 1967, menyelesaikan studi S1 tahun 2001 di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta, dan S2 tahun 2010 di Jurusan Ilmu Komputer UGM. Saat ini bertugas sebagai Dosen Tetap di Jurusan Teknik Informatika IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat jaringan komputer.

ANALISIS BEBAN KERJA FISIK DAN MENTAL PETUGAS *CLEANING SERVICE* MENGUNAKAN METODE *WORK SAMPLING* DAN NASA-TLX (STUDI KASUS: UPT STASIUN BESAR LEMPUYANGAN)

Retno Widiastuti¹, Emmy Nurhayati², Erlin Nur Indah Sari³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa
Email: ¹dias.rw@ustjogja.ac.id, ²emmy.nurhayati@ustjogja.ac.id, ³lineerlin@gmail.com

Masuk: 08 Juli 2019, Revisi masuk: 20 Juli 2019, Diterima: 21 Juli 2019

ABSTRACT

The problem that occurs in the cleaning service staff at PT KAI is that besides cleaning the station area, they also have to do other work, such as cleaning trains, filling water in train toilets which should have its own officers. There are still many train passengers who dispose of their waste improperly, thereby increasing the workload of cleaning service officers. Another problem is the lack of division of tasks in each element of work. The number of officers in each shift is also not the same, a minimum of 2 and a maximum of 8 people. The number of officers on the morning and evening shifts is 6 to 8 people, while the night shift is 2 to 3 people. The cleaning service staff works for 8 hours per shift with no break time, resulting in complaints of fatigue of the cleaning service staff. This study aims to analyze the physical and mental workload on the cleaning service staff at PT. KAI Daop VI Yogyakarta using work sampling and NASA-TLX methods. Based on the results of this study it was known that the physical workload of staff on the morning shift was 88.6% (=7.1 hours) and on shift 1 it was 93% (=7.4 hours) for 8 productive working hours. The mental workload of staff on shift 1 was 73.3% and 75.0% on shift 2. This indicated that the cleaning service staff workload was classified as heavy and there was a need to improve the work system. This condition indicates that the cleaning service staff workload is heavy and needs to improve the work system.

Keywords: NASA-TLX, PT. Kereta Api (Persero) Operational Region VI Yogyakarta, Workload, Work sampling.

INTISARI

Permasalahan yang terjadi pada petugas *cleaning service* di PT KAI Daop VI Yogyakarta adalah selain membersihkan area stasiun juga harus mengerjakan pekerjaan lain, seperti membersihkan kereta api, mengisi air pada toilet kereta yang seharusnya sudah ada petugasnya tersendiri. Para penumpang kereta api juga masih banyak yang membuang sampah tidak pada tempatnya sehingga menambah beban pekerjaan petugas *cleaning service*. Permasalahan yang lainnya adalah belum adanya pembagian tugas dalam setiap elemen pekerjaan. Jumlah petugas di setiap *shift* juga tidak sama, minimal 2 dan maksimal 8 orang. Jumlah petugas pada *shift* pagi dan sore adalah 6 sampai 8 orang, sedangkan pada *shift* malam berjumlah 2 hingga 3 orang. Petugas *cleaning service* bekerja selama 8 jam setiap *shift* tanpa ada jadwal waktu istirahat. Kondisi tersebut mengakibatkan munculnya keluhan kelelahan pada sebagian petugas *cleaning service*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis beban kerja fisik dan mental pada petugas *cleaning service* di PT. KAI Daop VI Yogyakarta menggunakan metode *work sampling* dan metode NASA-TLX. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa beban kerja fisik petugas *cleaning service* pada *shift* 1 (pagi) adalah 88,6% (=7,1 jam) dan pada *shift* 2 (siang) adalah 93,4% (=7,5 jam) dari 8 jam kerja produktif. Selain itu, hasil perhitungan beban kerja mental pada *shift* 1 terdapat 11 petugas *cleaning services* yang memiliki beban tinggi dan 4 orang sangat tinggi, sedangkan pada *shift* 2 terdapat 11 orang yang memiliki beban tinggi dan 4 orang sangat tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa beban kerja petugas *cleaning service* tergolong berat dan perlu dilakukan perbaikan sistem kerja.

Kata-kata kunci: NASA-TLX, PT. Kereta Api (Persero) Daerah Operasional VI Yogyakarta, Workload, Work sampling.

PENDAHULUAN

PT. KAI Daop VI Yogyakarta merupakan perusahaan yang bergerak di bidang jasa pelayanan transportasi kereta

api kepada masyarakat, baik jarak dekat maupun jauh. Dalam upaya mencapai tujuannya maka sumber daya manusia yang dimiliki harus dikelola dengan baik.

Berdasarkan kriteria ergonomi dijelaskan bahwa kinerja seorang pekerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi lingkungan kerja yang meliputi kebersihan tempat kerja (Kamala dkk. 2016). Kebersihan tempat kerja merupakan tanggung jawab petugas *cleaning service*.

Petugas *cleaning service* di stasiun PT. KAI Daop VI Yogyakarta memiliki beban kerja yang berat, hal ini disebabkan area stasiun yang luas. Permasalahan pada petugas *cleaning service*, selain bertugas membersihkan area stasiun juga harus membantu pekerjaan lain, seperti membersihkan kereta api, mengisi air pada toilet kereta yang seharusnya sudah ada tugasnya tersendiri. Para penumpang kereta api juga masih banyak yang membuang sampah tidak pada tempatnya sehingga menambah beban pekerjaan petugas *cleaning service*. Permasalahan yang lainnya adalah belum adanya pembagian tugas dalam setiap elemen pekerjaan. Jumlah petugas di setiap *shift* juga tidak sama, jumlah petugas pada setiap *shift* adalah bervariasi minimal 2 dan maksimal 8 orang. Jumlah petugas pada *shift* pagi dan sore adalah 6 sampai 8 orang, sedangkan pada *shift* malam adalah 2 sampai 3 orang. Petugas *cleaning service* bekerja selama 8 jam per *shift* tanpa ada jadwal istirahat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban kerja fisik dan mental petugas *cleaning service* di PT. KAI Daop VI Yogyakarta, sehingga diketahui kategori beban kerja dan apakah masih perlu dilakukan perbaikan sistem kerja.

Secara teori beban kerja telah didefinisikan dalam beberapa cara. Menurut Gibson dan Ivancevich (1993), beban kerja adalah tekanan sebagai tanggapan yang tidak dapat menyesuaikan diri, yang dipengaruhi oleh perbedaan individual atau proses psikologis, yakni suatu konsekuensi dari setiap tindakan ekstern (lingkungan, situasi, peristiwa yang terlalu banyak mengadakan tuntutan psikologi atau fisik) terhadap seseorang. Beban kerja juga dapat didefinisikan sebagai keadaan dimana pekerja dihadapkan pada tugas yang harus diselesaikan pada waktu tertentu (Munandar, 2001). Definisi lain tentang beban kerja adalah volume dari hasil kerja atau catatan tentang hasil pekerjaan yang dapat menunjukkan volume yang dihasilkan oleh sejumlah pegawai dalam suatu bagian tertentu (Moekijat, 2004). Menurut Herrianto

(2010) beban kerja adalah jumlah kegiatan yang harus diselesaikan oleh seseorang ataupun sekelompok orang selama periode waktu tertentu dalam keadaan normal. Aktivitas manusia dapat digolongkan menjadi kerja fisik (otot) dan kerja mental otak. Meskipun tidak dipisahkan, namun masih dapat dibedakan pekerjaan dengan dominasi fisik dan pekerjaan dengan dominasi aktivitas mental. Analisis beban kerja banyak digunakan dalam penentuan kebutuhan pekerja (*man power planning*), analisis ergonomi, analisis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) hingga ke perencanaan penggajian (Tarwaka, 2004).

Menurut Satalaksana dkk. (2006) *work sampling* merupakan cara pengukuran kerja secara langsung di tempat berjalannya pekerjaan. Metode *work sampling* sangat cocok digunakan dalam melakukan pengamatan atas pekerjaan yang sifatnya tidak berulang dan memiliki waktu yang relatif panjang. Pada dasarnya langkah-langkah pelaksanaannya cukup sederhana, yaitu melakukan pengamatan terhadap satu atau lebih mesin atau operator dan kemudian mencatatnya apakah mereka dalam keadaan bekerja atau menganggur (Wignjosoebroto, 1992).

NASA-TLX merupakan prosedur *rating* multi dimensional yang membagi *workload* atas dasar rata-rata pembebanan 6 dimensi, yaitu *Mental Demand*, *Physical Demand*, *Temporal Demand*, *Effort*, *Own Performance*, dan *Frustration*. NASA-TLX dibagi menjadi dua tahap, yaitu perbandingan tiap skala (*Paired Comparison*) dan pemberian nilai terhadap pekerjaan (*Event Scoring*). Metode pengukuran dengan NASA-TLX ini banyak digunakan dibandingkan metode obyektif karena cukup sederhana dan tidak membutuhkan banyak waktu serta biaya (Hart dan Staveland, 1988).

Beberapa penelitian terkait pengukuran beban kerja pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, antara lain Widiastuti (2017a) tentang penentuan beban kerja mental perawat berdasarkan shift kerja dan jenis kelamin menggunakan metode NASA-TLX, Widiastuti (2017b) tentang analisis beban kerja mental guru untuk perbaikan sistem pembelajaran di Sekolah Luar Biasa (SLB) Kategori B dengan studi kasus pada SLB-B Karnamanohara Yogyakarta, Rafian dan Muhsin (2017) tentang analisis beban kerja mekanik pada Departemen Plant dengan metode *work sampling* di PT. XYZ

Nusantara Distrik Indomico Bontang, serta Sari (2017) tentang pengukuran beban kerja karyawan menggunakan metode NASA-TLX di bagian *quality control* pada PT. Tranka Kabel Bogor.

Metode

Penelitian ini dilakukan pada petugas *cleaning service* PT. KAI Daop VI Yogyakarta khususnya di Stasiun Lempuyangan. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Observasi.
Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi masalah yang akan diselesaikan dalam penelitian ini. Identifikasi masalah dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung dan diskusi dengan pihak-pihak terkait yaitu Bagian HRD dan para petugas *cleaning service*.
2. Pengumpulan data.
Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data yang relevan dengan objek penelitian, meliputi:
 - a. Data jumlah petugas *cleaning service*
 - b. Data *shift* kerja petugas *cleaning service*
 - c. Data waktu kerja petugas *cleaning service*
 - d. Data skala faktor *Weighted Workload* (WWL)
3. Pengolahan data.
Pengolahan data beban kerja fisik dihitung berdasarkan data waktu kerja dengan menggunakan metode *work sampling*, sedangkan beban kerja mental dihitung berdasarkan data WWL dengan metode NASA-TLX.
Perhitungan beban kerja fisik menggunakan metode *work sampling* dilakukan dengan langkah sebagai berikut (Sutalaksana dkk., 2006):
 1. Menetapkan tujuan pengukuran. Tujuan pengukuran waktu kerja adalah untuk mengetahui waktu baku.
 2. Menghitung waktu baku. Perhitungan waktu baku dilakukan menggunakan metode *work sampling*. Penelitian pendahuluan diperlukan untuk mengetahui apakah sistem kerja telah berjalan dengan baik, jika belum maka perlu dilakukan perbaikan terhadap sistem kerja terlebih dahulu. Pengolahan data *work sampling* meliputi:
 - a. Uji keseragaman data
 - b. Uji kecukupan data
 - c. *Performance rating*

- d. *Allowance*
- e. Persentase produktif
3. Memilih petugas *cleaning service* yang akan diukur.
Petugas *cleaning service* yang akan diukur adalah dipilih petugas baik yang dipilih berdasarkan 4 (empat) faktor yaitu *skill*, *effort*, *condition*, dan *consistency*.
4. Melakukan latihan.
Latihan dapat dilakukan apabila diperlukan, yaitu jika tidak diperoleh petugas *cleaning service* yang memenuhi kriteria baik.
Perhitungan beban mental menggunakan metode NASA-TLX dilakukan dengan langkah sebagai berikut (Riono dkk., 2018):
 - a. Melakukan pembobotan
 - b. Memberikan *rating*
 - c. Menghitung WWL
Nilai WWL dihitung menggunakan rumus (1), berikut:

$$WWL=MD+PD+TD+PO+FR+EF \quad (1)$$

Keterangan:

MD = rating x bobot

PO = rating x bobot

PD = rating x bobot

FR = rating x bobot

TD = rating x bobot

EF = rating x bobot

5. Menghitung rata-rata WWL
Nilai rata-rata WWL dihitung menggunakan rumus (2), yaitu:

$$Rata - rata WWL = \frac{\sum(bobot \times rating)}{15} \quad (2)$$
6. Interpretasi skor rata-rata WWL
Interpretasi skor rata-rata WWL adalah mengacu pada kategori yang ditetapkan oleh Hart & Staveland (1988), seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Kategori beban kerja mental

Range Beban Kerja	Kategori Beban Kerja
0-9	Sangat Rendah
10-29	Rendah
30-49	Sedang
50-79	Tinggi
80-100	Sangat Tinggi

PEMBAHASAN

1. Perhitungan beban kerja fisik

Perhitungan beban kerja fisik petugas *cleaning services* dilakukan menggunakan metode *work sampling*. Berikut ini adalah data elemen kerja dan jumlah *tally work*

sampling dari hasil pengamatan pada petugas *cleaning service*.

- a. Random waktu
Random waktu pengamatan pada petugas *cleaning service* adalah sebagai berikut:
Jam kerja per hari : 8 jam/hari
Interval waktu pengamatan : 5 menit

- b. Jumlah maksimal pengamatan
Jumlah maksimal pengamatan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\frac{\text{Jumlah jam kerja perhari} \times 60}{\text{Interval waktu kunjungan}}$$

$$= \frac{8 \times 60}{5}$$

$$= 96$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui jumlah maksimal pengamatan per hari adalah 96. Dari nilai tersebut selanjutnya dibuat bilangan random sebanyak 96.

- c. Jumlah pengamatan per hari
Berdasarkan nilai jumlah maksimal pengamatan kemudian ditentukan jumlah pengamatan per hari, yang dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$= \frac{2}{3} \times \text{Jumlah maksimal pengamatan per hari}$$

$$= \frac{2}{3} \times 96$$

$$= 64$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai jumlah pengamatan per hari adalah 64.

- d. Persentase aktivitas produktif
Tabel 2 menampilkan persentase aktivitas produktif petugas *cleaning services* pada *shift 1*.

Tabel 2. Persentase aktivitas produktif petugas *cleaning services shift 1*

Kegiatan	Frekuensi Pengamatan Hari Ke-i				Jumlah
	1	2	3	4	
Produktif	56	57	55	59	227
Idle	8	7	4	5	24
Jumlah	64	64	64	64	256
P%	87	89	85	92	88

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Berdasarkan Tabel 1, maka persentase aktivitas produktif petugas *cleaning service* pada *shift* pagi dapat dihitung adalah sebagai berikut:

$$= \frac{227}{256} \times 100\%$$

$$= 88,6\%$$

Dari perhitungan tersebut diketahui beban kerja fisik yang diterima oleh petugas *cleaning service* pada pengamatan yang telah dilakukan pada *shift 1*, yaitu sebesar 88,6%. Lamanya jam kerja satu *shift* adalah 8 jam dan tidak ada waktu istirahat khusus bagi petugas *cleaning service*, maka hasil ini menunjukkan bahwa waktu yang dipakai untuk bekerja adalah 88,6% x 8 jam = 7,1 jam dan 0,9 jam menganggur.

- e. Persentase aktivitas produktif *shift 2*
Tabel 3 menampilkan persentase petugas *cleaning services* pada *shift 2*.

Tabel 3. Persentase aktivitas produktif 2

Kegiatan	Frekuensi Pengamatan Hari ke- i				Jumlah
	1	2	3	4	
Produktif	60	59	59	61	239
Idle	4	5	5	3	17
Jumlah	64	64	64	64	256
P%	93	92	92	95	93

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Berdasarkan Tabel 1, maka persentase aktivitas produktif petugas *cleaning service* pada *shift* pagi dapat dihitung adalah sebagai berikut:

$$= \frac{239}{256} \times 100\%$$

$$= 93,4\%$$

Dari perhitungan tersebut diketahui beban kerja fisik yang diterima oleh petugas *cleaning service* pada pengamatan yang telah dilakukan pada *shift 2*, yaitu sebesar 93,4%, maka dari hasil ini diketahui bahwa waktu yang dipakai untuk bekerja adalah 93,4% x 8 jam = 7,5 jam dan sisanya yaitu 0,5 jam menganggur.

2. Perhitungan beban mental

Perhitungan beban kerja mental petugas *cleaning services* dilakukan menggunakan metode NASA-TLX. Tabel 4 menampilkan ringkasan hasil perhitungan skor NASA-TLX. Berdasarkan hasil perhitungan beban kerja pada Tabel 1, diketahui skor beban kerja mental petugas *cleaning services* pada *shift 1* (pagi) paling rendah adalah 55,3 dan beban kerja paling tinggi adalah 86,7. Sedangkan skor beban kerja pada *shift 2* (siang), paling rendah yaitu 61,3 dan paling tinggi adalah 84,0.

Dengan mengacu pada Tabel 1, maka pada *shift 1* terdapat 11 petugas *cleaning*

services yang memiliki beban kerja mental dalam kategori tinggi dan 4 orang termasuk dalam kategori sangat tinggi. Sedangkan pada *shift* 2 terdapat 11 orang petugas yang memiliki beban kerja mental dalam kategori tinggi dan 4 orang termasuk dalam kategori sangat tinggi.

Tabel 4. Hasil perhitungan skor NASA-TLX

Nama	Rata-rata WWL Shift 1	Rata-rata WWL Shift 2
Petugas 1	55,3	62,7
Petugas 2	70,7	79,7
Petugas 3	61,3	84,0
Petugas 4	59,3	84,0
Petugas 5	56,7	68,7
Petugas 6	62,0	69,3
Petugas 7	75,3	76,7
Petugas 8	80,0	61,3
Petugas 9	72,0	77,3
Petugas 10	79,3	80,7
Petugas 11	72,0	78,7
Petugas 12	94,0	72,7
Petugas 13	90,0	78,7
Petugas 14	84,7	82,7
Petugas 15	86,7	68,7
Jumlah	1.099,3	1.125,3
Rata-rata	73,3%	75,0%

(Sumber: Hasil pengolahan data)

Berdasarkan hasil analisis beban kerja fisik pada petugas *cleaning service* terdapat perbedaan beban kerja antara *shift* 1 dan *shift* 2 yaitu sebesar 4,8%, beban kerja pada *shift* 2 lebih tinggi dibandingkan *shift* 1. Beban kerja mental pada petugas *cleaning service shift* 2 juga lebih tinggi dari pada beban kerja petugas pada *shift* 1, yaitu sebesar 1,73%, hal ini disebabkan oleh beban kerja yang diterima petugas pada *shift* 2 lebih berat dari pada beban kerja *shift* 1.

Dengan mengacu pada UU No. 13/2003 tentang Ketenagakerjaan pada Pasal 79 yang mengatur tentang ketentuan istirahat, dimana sekurang-kurangnya setengah jam setelah bekerja selama 4 (empat) jam terus menerus pekerja berhak istirahat selama setengah jam. Artinya untuk waktu kerja selama 8 jam, maka pekerja berhak memperoleh waktu istirahat selama 1 jam.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis diperoleh kesimpulan bahwa beban kerja petugas *cleaning service* pada PT. KAI Daop VI Yogyakarta tergolong berat dan perlu dilakukan perbaikan sistem kerja. Rekomendasi untuk perbaikan sistem kerja petugas *cleaning service* pada PT. KAI Daop VI Yogyakarta

adalah melakukan pembagian kerja pada setiap elemen pekerjaan dan memberikan alokasi waktu istirahat pada setiap *shift* kerja, minimal 1 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Gibson, D. dan Ivancevich, 1993, *Perilaku Struktur Proses, Edisi Terjemahan*, Jakarta: Erlangga.
- Hart, S. G. dan Staveland L. E., 1988, *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Result of Empirical and Theoretical Research*, Aerospace Human Factor Research Division NASA-Ames Research Center, California.
- Herrianto, R., 2010, *Kesehatan Kerja*, Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Kamala, V., Malliga, P., and Priyanka, G. M., 2016, Criteria Based Ergonomic Assessment in a Manufacturing Industry, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Bali, 4th-7th December 2016, pp. 238-242.
- Moekijat, 2004, *Manajemen Tenaga Kerja dan Hubungan Kerja*, Bandung: Pioner Jaya.
- Munandar, 2001, *Stress dan Keselamatan Kerja, Psikologi Industri dan Organisasi*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Rafian, A. M. dan Muhsin, A., 2017, Analisis Beban Kerja Mekanik pada Departemen Plant dengan Metode Work Sampling, *Jurnal OPSI: Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Universitas Pembangunan Veteran, Yogyakarta, 10(1): 35-42.
- Riono, Suparno, dan Bandonno, 2018, Analysis of Mental Workload with Integrating NASA-TLX and Fuzzy Method, *International Journal of ASRO*, 1:37-45.
- Sari, R. I. P., 2017, Pengukuran Beban Kerja Karyawan Menggunakan Metode NASA-TLX di PT. Tranka Kabel, *SOSIO-E-KONS*, 9 (3): 223-231.
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., dan Tjakraatmadja, J. H., 2006, *Teknik Tata Cara Kerja*, Bandung: MTI ITB.
- Tarwaka, 2004, *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, Surakarta: UNIBA Press.
- Widiastuti, R., Purnomo, D. E. H., dan Mawardi, A. N. I. M, 2017a, Penentuan Beban Kerja Mental Perawat Berdasarkan Shift Kerja dan Jenis

Kelamin Menggunakan Metode National, *Science Tech: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 3(2): 113-120.

Widiastuti, R., Sulistiani, P., dan Kurniawan, V. R. B., 2017b, Analisis Beban Kerja Mental Guru untuk Perbaikan Sistem Pembelajaran Sekolah Luar Biasa (SLB) Kategori B (Studi Kasus: SLB-B Karnnamanohara Yogyakarta), *IEJST (Industrial Engineering Journal of The University of Sarjanawiyata Tamansiswa)*, 1(1): 17-26.

Wignjosoebroto, S., 1992, *Pengantar Teknik & Manajemen Industri*, Surabaya: Guna Widya.

BIODATA PENULIS

Retno Widiastuti, S.T., M.Eng., lahir di Kulon Progo tanggal 6 Desember 1973 menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik & Manajemen Industri dari Universitas Widya Mataram Yogyakarta tahun 1998, dan S2 bidang ilmu Teknik Mesin & Industri dari Universitas Gadjah Mada tahun 2008. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Program Studi

Teknik Industri di Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat ergonomi, perancangan sistem kerja, dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

Emmy Nurhayati, S.T., M.Eng., lahir di Yogyakarta tanggal 14 Oktober 1987, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Industri dari Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta tahun 2010, dan S2 bidang ilmu Sistem Produksi dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 2014. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Program Studi Teknik Industri di Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada bidang minat sistem produksi, perencanaan dan pengendalian produksi, dan sistem manufaktur.

Erlin Nur Indah Sari, S.T., lahir di Ponorogo tanggal 30 Agustus 1997, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Industri dari Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta tahun 2019.

REPRESENTASI KAMPUNG PRAJURIT KRATON YOGYAKARTA DALAM APLIKASI BERBASIS PERANGKAT BERGERAK

Erna Kumalasari Nurnawati¹, Edhy Sutanta², Fikar Tri Putra Lumaksono³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹ernakumala@akprind.ac.id, ²edhy_sst@akprind.ac.id, ³fikarputra3@gmail.com

Masuk: 08 Juli 2019, Revisi masuk: 21 Juli 2019, Diterima: 22 Juli 2019

ABSTRACT

Yogyakarta is a famous tourist destination city. One of the main destinations of tourists is cultural tourism, such as the palace, sites of cultural heritage, tourist villages and historic relics. One of the historical heritages that should be preserved is the Kampung Prajurit (Warrior Village). There are ten Kampung Prajurit in the Yogyakarta palace, namely Langenastran and Langenarjan, which are inside the castle of the palace, Wirobrajan, Resilience, Bugisan, Patangpuluhan, Suronggaman, Dhaengan, Jagakaryan, Mantrijeron, Prawirotaman, Jageran, Surokarsan and Nyutran who each have their own characteristics and characteristics. each other's uniqueness. Kampung Prajurit are cultural tourism assets that have not been seriously worked on, especially in terms of promotion through information technology and telecommunications. Considering the current use of mobile devices has become so widespread, the use of this media as a means of promoting the Kampung Prajurit is very urgent. Mobile-based applications can be downloaded and used easily through smartphone devices so the use of this facility to introduce Kampung Prajurit as a cultural tourism destination is very much needed. The method that will be used in this study is a qualitative method, including methods of collecting data with literature study and field observations. While the application development is done by prototyping method and application design is carried out based on the Object Oriented Analysis System with UML. While the application development uses the PHP 5.7 programming language and Android Studio 3.2.1.0 using the MySQL Admin. The result of the research is a mobile-based application prototype that will be able to display all information related to history, fashion, bregada and reality videos about activities in the warrior's village. With this application, it is expected that the Kampung Prajurit will be more widely known by the public so that tourist visits to the warrior villages will increase.

Keywords: Kampung Prajurit (*Warrior Village*), Mobile devices, Tourism, Yogyakarta.

INTISARI

Yogyakarta merupakan kota tujuan wisata yang terkenal di Indonesia dan dunia internasional. Salah satu tujuan utama wisata di Yogyakarta adalah wisata budaya, seperti Kraton, situs warisan budaya, kampung wisata, dan peninggalan bersejarah. Salah satu peninggalan bersejarah yang perlu dilestarikan adalah Kampung Prajurit. Masing-masing memiliki Kampung Prajurit mempunyai ciri khas dan keunikan masing-masing. Kampung Prajurit merupakan aset wisata budaya yang belum digarap dengan serius terutama dari sisi promosi melalui teknologi informasi dan telekomunikasi. Mengingat saat ini penggunaan perangkat bergerak sudah sedemikian meluas, maka dapat dimanfaatkan sebagai sarana untuk promosi Kampung Prajurit. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif, pengembangan aplikasi dilakukan dengan metode *prototyping*, dan perancangan aplikasi dilakukan berbasis objek dengan *UML (Unified Modelling Language)*. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP 5.7 dan Android Studio 3.2.1.0 dan DBMS MySQL Admin. Hasil penelitian ini adalah berupa purwarupa aplikasi berbasis perangkat bergerak yang dapat menampilkan informasi sejarah, busana, bregada (panji-panji), dan video realitas kegiatan di Kampung Prajurit. Dengan adanya aplikasi ini diharapkan Kampung Prajurit semakin dikenal oleh masyarakat sehingga kunjungan wisatawan ke Kampung Prajurit semakin meningkat.

Kata-kata kunci: Kampung Prajurit, Perangkat bergerak, Wisata, Yogyakarta.

PENDAHULUAN

Berdirinya Kota Yogyakarta berawal dari adanya Perjanjian Gianti pada tanggal 13

Februari 1755 yang ditandatangani Kompeni Belanda di bawah tanda tangan Gubernur Nicholas Hartingh atas nama Gubernur

Jendral Jacob Mossel. Isi Perjanjian Ganti adalah Negara Mataram dibagi dua, yaitu separuh menjadi Hak Kerajaan Surakarta, dan separuh lainnya menjadi Hak Pangeran Mangkubumi. Dalam perjanjian itu pula Pengeran Mangkubumi diakui menjadi Raja atas separuh daerah Pedalaman Kerajaan Jawa dengan Gelar Sultan Hamengku Buwono Senopati Ing Alaga Abdul Rachman Sayidin Panatagama Khalifatullah. Adapun daerah-daerah yang menjadi kekuasaannya adalah Mataram (Yogyakarta), Pojong, Sukowati, Bagelen, Kedu, Bumigede dan ditambah daerah mancanegara yaitu; Madiun, Magetan, Cirebon, separuh wilayah Pacitan, Kartosuro, Kalangbret, Tulungagung, Mojokerto, Bojonegoro, Ngawen, Sela, Kuwu, Wonosari, Grobogan. Setelah selesai perjanjian pembagian daerah tersebut, Pengeran Mangkubumi yang bergelar Sultan Hamengku Buwono I segera menetapkan bahwa Daerah Mataram yang ada di dalam kekuasaannya diberi nama Ngayogyakarta Hadiningrat dan beribukota di Ngayogyakarta (Yogyakarta). Ketetapan ini diumumkan tanggal 13 Maret 1755 (<https://www.jogjakota.go.id/pages/sejarah-kota>, 20 April 2019).

Saat ini terdapat sepuluh Kampung Prajurit yang ada di wilayah Kraton Yogyakarta, yaitu Langenastran dan Langenarjan yang berada di dalam benteng Kraton, Wirobrajan, Ketanggungan, Bugisan, Patangpuluhan, Suronggaman, Dhaengan, Jagakaryan, Mantrijeron, Prawirotdaman, Jageran, Surokarsan dan Nyutran (Dinas Pariwisata, Seni dan Budaya Kota Yogyakarta, 2007).

Pemanfaatan teknologi informasi terutama perangkat bergerak, yaitu aplikasi yang berjalan pada *platform smartphone* semakin berkembang. Hal ini dapat diterapkan untuk memperkenalkan wisata budaya Kampung Prajurit sebagai alternatif tujuan wisata budaya di Yogyakarta. Sebagai kota wisata, Yogyakarta banyak menawarkan alternatif tujuan wisata, misal wisata sejarah atau situs purbakala, wisata alam, wisata belanja, wisata kuliner, maupun wisata alam. Akan tetapi objek wisata pada Kampung Prajurit belum banyak digarap. Publikasi yang memperkenalkan Kampung Prajurit masih sangat terbatas, yaitu tersedia dalam bentuk *web* dimana informasi yang disajikan masih minim berisi informasi singkat tentang nama-nama dan toponim saja.

Aplikasi berbasis lokasi merupakan sistem yang didesain untuk bekerja dengan data yang tereferensi secara spasial atau koordinat-koordinat geografi, memiliki kemampuan untuk menerima, mengelola, menganalisis, dan menampilkan data. Aplikasi ini bisa berupa aplikasi berbasis *desktop*, maupun berbasis perangkat bergerak (Irwansyah, 2013).

Tujuan penelitian ini adalah menyediakan aplikasi berbasis perangkat bergerak yang menyajikan informasi tentang Kampung Prajurit di Yogyakarta, meliputi sejarah, peta wilayah, ciri busana, anggota, wisata *virtual reality*, dan video kegiatan para prajurit. Aplikasi ini diperlukan sebagai media promosi untuk memperkenalkan Kampung Prajurit sebagai salah satu kekayaan budaya yang keberadaannya belum banyak diketahui oleh masyarakat.

Penelitian tentang kampung wisata pernah dilakukan oleh Riadi (2018) yang menyoroti tentang ketimpangan sosial geografis yang ada di kampung Prawirotdaman. Sebagai kampung turis, kondisi di Prawirotdaman masih memiliki ketimpangan sosial. Sedangkan Herliani, dkk. (2017) telah meneliti tentang *cultural attachment* keterkaitan masyarakat Yogyakarta khususnya di kampung Bugisan dengan budaya yang terwujud dalam kehidupan sehari-hari. Sementara itu, Sudaryanto (2018) melakukan kajian toponimi Kampung Prajurit Kraton dikaitkan dengan pembelajaran Bahasa Indonesia bagi para penutur asing. Hal ini dirasa penting, karena pengucapan maupun pelafalan kampung prajurit cukup sulit dilakukan bagi para penutur asing. Sedangkan Suryanto dkk (2015) melakukan penelitian tentang aspek budaya dalam keistimewaan tata ruang kota di Yogyakarta. Sebagai daerah istimewa, Yogyakarta memiliki tata kota yang diatur sebagai penanda Keistimewaan Yogyakarta dalam UU Nomor 13 Tahun 2012 tentang Keistimewaan Yogyakarta, maka aspek tata ruang di Yogyakarta merupakan kasus spesifik, ditata berdasarkan aspek penanda (tata ruang), petanda (konsep budaya) dan makna, termasuk dalam pengelolaan tata ruang di Kampung Prajurit. Sebuah rancang bangun aplikasi destinasi wisata telah dikembangkan oleh Zarkasi dan Asmoro (2015) berupa aplikasi berbasis *web* tentang Kampung Baluwarti di kawasan Kraton Surakarta. Penelitian sejenis lainnya menampilkan dan menyediakan fasilitas

pencarian informasi tentang sarana kesehatan di wilayah Yogyakarta berupa aplikasi *mobile* berbasis lokasi (Nurnawati, 2014). Informasi yang disediakan antara lain adalah lokasi rumah sakit, puskesmas, klinik, apotek, serta lokasi daerah tertentu yang disajikan pada fitur peta digital. Aplikasi tersebut dikembangkan berdasarkan aplikasi berbasis perangkat bergerak untuk menampilkan informasi hotel di Yogyakarta (Nurnawati dan Russmarriya, 2017) dan aplikasi berbasis perangkat bergerak untuk menampilkan layanan sarana transportasi ke objek wisata di Yogyakarta Nurnawati dan Rohmah (2017). Suatu basis data terintegrasi untuk membangun aplikasi berbasis perangkat bergerak yang menampilkan potensi wisata, transportasi, kantor pemerintahan dan hotel di Yogyakarta juga telah dikembangkan sebelumnya oleh Nurnawati dan Ermawati (2017).

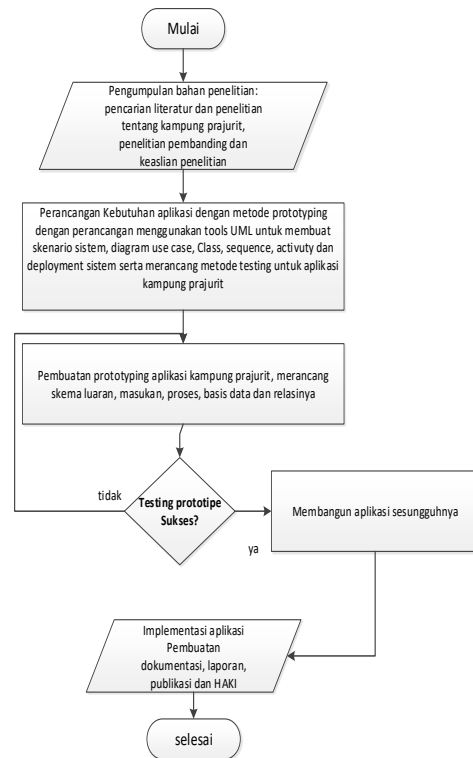
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif, meliputi pengumpulan data dengan metode studi pustaka dan observasi lapangan. Pengembangan aplikasi dilakukan dengan memanfaatkan metode *prototyping* dan perancangan aplikasi dilakukan dengan berbasis objek (*Object Oriented Analysis System*) dengan alat bantu UML (*Unified Modelling Language*). Pembangunan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman PHP 5.7 dan Android Studio 3.2.1.0 dengan DBMS MySQL Admin. Gambar 1 menampilkan diagram alir penelitian, dimulai dari studi pendahuluan hingga ujicoba penerapan aplikasi.

PEMBAHASAN

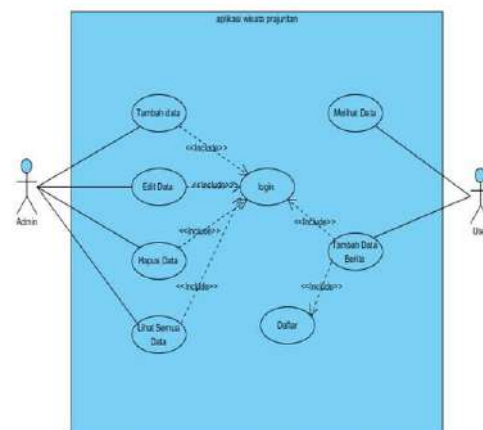
Hasil dari penelitian ini adalah sebuah aplikasi berbasis perangkat bergerak yang diberi nama BREGADA, yang artinya adalah prajurit. *Use case diagram* yang menggambarkan aktifitas aktor (pengguna sistem) secara detail dikembangkan pada langkah paling awal sebagai acuan pengembangan sistem aplikasi.

Use case diagram yang dikembangkan ditampilkan pada Gambar 2. Terdapat 2 aktor dalam *use case diagram* yaitu admin dan user. Admin dapat mengelola aplikasi dan pengguna dengan menggunakan aplikasi yang dapat diunduh di *AppStore*. Admin diharuskan untuk *login* terlebih dahulu agar bisa menambah, mengedit, menghapus, dan melihat data di dalam sistem. Pada sisi lain, *user* hanya bisa

melihat data dan menambahkan berita dengan cara mendaftar terlebih dahulu, kemudian melakukan *login* untuk bisa menambahkan berita. Data berita yang ditambahkan oleh *user* akan diverifikasi terlebih dahulu oleh Admin sebelum ditampilkan di dalam sistem.

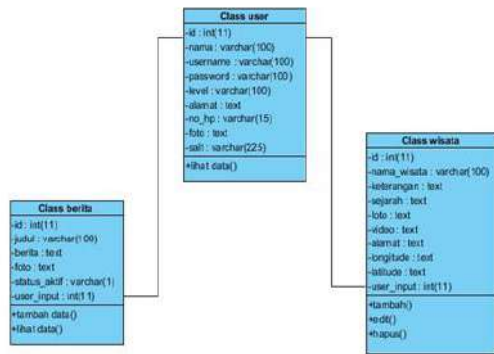


Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Use case diagram

Berdasarkan *use case diagram* dibuat *class diagram* yang merepresentasikan kelas-kelas (*clas*) di dalam sistem. *Class diagram* yang dikembangkan disajikan dalam Gambar 3.



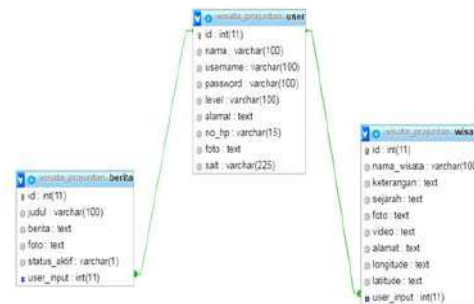
Gambar 3. Class diagram

Pada Gambar 3 terdapat 3 class yaitu berita, user, dan wisata. Pada class berita, id digunakan kode berita, judul digunakan untuk menyimpan data judul berita yang diinputkan, berita digunakan untuk menyimpan isi berita, foto digunakan untuk menyimpan informasi pada berita, status_aktif digunakan untuk mencatat hasil verifikasi berita oleh admin, user_input digunakan untuk mencatat nomor inputan dari user. Operasi pada class diagram berita meliputi tambah dan lihat data.

Pada class user, id digunakan untuk kode user, nama digunakan untuk mencatat nama user, username dipakai untuk mencatat nama user yang digunakan, password untuk menyimpan data password yang digunakan oleh user, level digunakan untuk mencatat level user, alamat digunakan untuk menampung data alamat user, no_hp dipakai untuk mencatat menampung nomor hp user, foto untuk menampung foto user, salt adalah bit acak untuk menentukan urutan pada daftar dan operasi pada class user.

Pada class wisata, id digunakan untuk penomoran objek, nama wisata digunakan untuk menampung nama objek wisata, keterangan digunakan untuk menyimpan keterangan detail tentang objek wisata, sejarah dipakai untuk menampung data sejarah Kampung Prajurit, foto untuk menampung foto prajurit, video digunakan untuk menampung video prajurit, alamat untuk menyimpan alamat Kampung Prajurit, longitude & latitude digunakan untuk menyimpan data koordinat lokasi objek pada google maps, user_input untuk menyimpan nomor inputan. Operasi yang dapat dilakukan pada class wisata meliputi tambah, lihat, edit, dan delete data. Berdasarkan class diagram di Gambar 3, maka dibangun basis data dan

kerelasiannya, hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan basis data

Basis data yang digunakan pada aplikasi terdiri atas 3 tabel yaitu berita, user, dan wisata. Tabel **berita** memuat atribut id untuk kode berita, judul untuk mencatat judul berita yang diinputkan, berita berisi data berita, foto digunakan untuk mencatat foto terkait yang berita, status_aktif untuk mencatat hasil verifikasi berita oleh admin, serta user_input yang digunakan untuk nomor inputan data dari user. Tabel **user** memuat id yang digunakan untuk penomoran user, nama untuk mencatat nama user, username untuk menyimpan data user_name yang digunakan oleh user, password dipakai untuk password yang digunakan oleh user, level untuk mencatat level user, alamat untuk menampung data alamat user, no_hp menampung nomor kontak handphone yang digunakan oleh user, foto untuk menyimpan foto user, dan salt yaitu bit acak untuk menentukan urutan pada saat pendaftaran user. Tabel **wisata** memuat id yang dipakai untuk penomoran objek wisata, nama wisata untuk menampung nama objek, keterangan untuk menampung keterangan detail tentang objek Kampung Prajurit, sejarah untuk menampung data sejarah Kampung Prajurit, foto untuk menampung foto prajurit, video dipakai untuk menampung video prajurit, alamat digunakan untuk menampung alamat Kampung Prajurit, longitude & latitude merupakan tempat untuk menampung data koordinat lokasi objek pada google maps, serta user_input untuk mencatat nomor inputan.

Berdasarkan model dan rancangan yang telah dibuat, selanjutnya dikembangkan aplikasinya. Beberapa tampilan aplikasi yang dibangun ditampilkan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.



Gambar 5. Tampilan halaman awal

Pada Gambar 5 disajikan halaman awal aplikasi BREGADA. Aplikasi ini memiliki 3 menu utama, yaitu berita, bregada detail, dan membagi berita dan video. Pada aplikasi ini disajikan 10 detail informasi tentang Kampung Prajurit yaitu Langenastran dan Langenarjan yang berada di dalam benteng Kraton, Wirobrajan, Ketanggungan, Bugisan, Patangpuluhan, Suronggaman, Dhaengan, Jagakaryan, Mantrijeron, Prawirotaman, Jageran, Surokarsan dan Nyutran. Tampilan masing-masing Kampung Prajurit ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

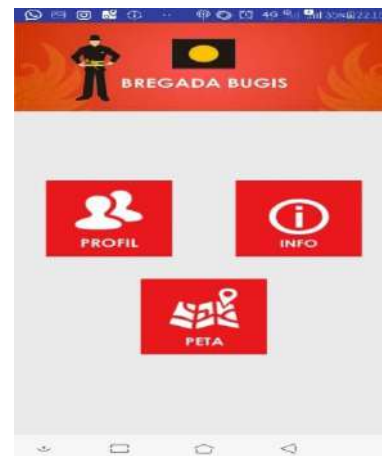


Gambar 7. Menu Kampung Prajurit (2)

Apabila salah satu menu pada Gambar 6 atau Gambar 7 dipilih maka akan ditampilkan detail informasi tentang objek Kampung Prajurit yang dipilih. Misal, pada Gambar 8, dipilih menu Bregada Bugis, maka akan ditampilkan profil, peta, dan informasi detail tentang Bregada Bugis.



Gambar 6. Menu Kampung Prajurit (1)



Gambar 8. Tampilan Bregada

KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil membangun aplikasi BREGADA telah dapat diwujudkan. Aplikasi yang dibangun diharapkan dapat menjadi media untuk promosi keberadaan Kampung Prajurit, sehingga semakin dikenal oleh masyarakat dan dapat meningkatkan kunjungan wisatawan ke Kampung Prajurit di Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Pariwisata, Seni dan Budaya Kota Yogyakarta, 2007, *Toponim Kota Yogyakarta*, Yogyakarta: Dinas Pariwisata, Seni dan Budaya Kota Yogyakarta.
- Herliani, E. T., Hanan, H., dan Kusuma, H. E., 2017, Cultural Attachment Sebagai Pembentuk Sense of Place Kampung Bugisan di Yogyakarta, *Prosiding Seminar Heritage IPLBI 2017*, Sekolah Tinggi Teknologi Cirebon, Universitas Indraprasta, Universitas Trisakti.
- Irwansyah, E., 2013, *Sistem Infomrasi Geografis, Prinsip Dasar dan pengembangan Aplikasi*, Yogyakarta: digibooks Printing and Publishing.
- Nurnawati, E. K. dan Rohmah, N., 2017, Jogja Transportasi: Pemetaan Jalur Transportasi Publik Berbasis Mobile sebagai Media Penunjang Potensi Wisata, *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 12(35): 1-6.
- Nurnawati, E. K., 2014, Aplikasi Mobile Berbasis Lokasi untuk Penyedia Lokasi Layanan Kesehatan di Yogyakarta, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014*, IST AKPRIND Yogyakarta.
- Nurnawati, E. K., dan Russmarriya, D., 2017, Pemetaan Hotel untuk Menunjang Potensi Wisata Berbasis Mobile untuk Menunjang Smart City, *Seminar Nasional Science dan Teknologi Indonesia (SENSEI)*, Universitas Muhammadiyah Jember.
- Nurnawati, E. K., Ermawati, Design of Integrated Database on Mobile Information System: A Study of Yogyakarta Smart City App, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 306(2017): 1-11.
- Riadi S., 2018, *Ruang Representasi Kampung Turis: Ketimpangan Sosio-Geografis dan Penjualan Tanah di Pawirotan Yogyakarta*, *Jurnal Emik: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Sosial*, 1(1): 19-36.
- Sholeh, M., Iswayudi, C., dan Prabowo, E. T., 2014, E-Museum: Informasi Museum di Yogyakarta Berbasis Location Based Service, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014*, IST AKPRIND Yogyakarta.
- Sudaryanto, 2018, Kajian Toponimi Kampung-Kampung Prajurit Keraton Yogyakarta: Kaitannya dengan Pembelajaran Bahasa Indonesia Bagi Penutur Asing (BIPA), *Tuah Talina*, 12(1): 1-13.
- Suryanto, Djunaedi A., dan Sudaryono, 2015, Aspek Budaya dalam Keistimewaan Tata Ruang Kota Yogyakarta, *Jurnal Perencanaan dan Kota*, 26(3): 230-252.
- Wulandari, A., 2012, *Dokumen Tata Busana Prajurit dalam Babad Ngayogyakarta Dalam Warisan Keberaksaraan*, Yogyakarta: Naskah Sebagai Sumber Inspirasi: Manassa Cabang Yogyakarta.
- Zarkasi, S. M. dan Asmoro, N. P., 2015, *Identitas Visual untuk Membangun Destination Branding Kelurahan Baluwarti di Kawasan Kraton Surakarta Sebagai Kampung Wisata Budaya*, Penelitian Hibah Bersaing DIPA DIKTI. <https://www.jogjakota.go.id/pages/sejarah-kota>, 20 April 2019.

BIODATA PENULIS

- Erna Kumalasari Nurnawati, S.T., M.T.**, lahir di Ngawi tanggal 3 Januari 1972 menyelesaikan pendidikan S1 Manajemen Informatika & Teknik Komputer dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 1995, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari UGM tahun 2002. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Program Studi Teknik Informatika di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat *database, mobile programming, pemrograman, dan sistem informasi*.
- Dr. Edhy Sutanta, S.T., M.Kom.**, lahir di Sentolo Kulon Progo tanggal 8 Maret 1972 menyelesaikan pendidikan S1 Manajemen Informatika & Teknik Komputer dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 1996, dan S2 bidang Ilmu Komputer dari UGM tahun 2006, dan S3 bidang Ilmu Komputer dari UGM tahun 2017. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Program Studi Teknik Informatika di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat *computer science, management information systems, database, e-government, dan schema matching*.
- Fikar Tri Putra Lumaksono**, lahir di Wonosobo, tanggal 5 Meret 1996, saat ini tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Jurusan Teknik Informatika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta dengan bidang minat multimedia dan pemrograman.

PERANCANGAN SISTEM AKSES KUNCI ELEKTRONIS PADA KOTAK PENYIMPANAN MEMANFAATKAN E-KTP DAN TEKNOLOGI RFID

Slamet Hani¹, Gatot Santoso², Fahmi Bilbirril Hikam³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹shan@akprind.ac.id, ²gatsan@akprind.ac.id, ³fahmibh@gmail.com

Masuk: 09 Juli 2019, Revisi masuk: 22 Juli 2019, Diterima: 23 Juli 2019

ABSTRACT

Storage box has an important function which is often used to store valuables. In general, the locking system in a storage box is still conventional or manual, making it less practical. In addition, the level of security of the storage box must also be good. As a solution to both of the above, then it is necessary to design an electronic lock system in the storage box by using Electronic Identity Card (E-KTP) as the key access. In the E-KTP embedded chip that contains data that is different from one another. So, with these differences E-KTP can be used as a key.

This electronic key system utilizes Radio Frequency Identification (RFID) technology, E-KTP as RFID tags, and Arduino Nano microcontroller. The UID (unique identity) data on the E-KTP will be read by the MFRC522 RFID reader. The data is then used as identification of certain E-KTPs that can be used to access electronic keys (in the form of DC solenoids) in the storage box. The results of the system control and output are in accordance with the plan. The E-KTP registered in the system can be used to access the storage box key. The voltage on the power supply and the Arduino Nano is in accordance with the requirements and in the test, the voltage error is not more than 10%, the MFRC522 RFID Reader is able to read the UID E-KTP data with reading distance 0 mm - 2 mm.

Keywords: *Arduino Nano solenoid DC, E-KTP, RFID, Storage box.*

INTISARI

Kotak penyimpanan memiliki fungsi yang cukup penting dimana sering digunakan untuk menyimpan barang-barang berharga. Pada umumnya, sistem kunci pada kotak penyimpanan masih konvensional atau manual sehingga kurang praktis. Selain itu, tingkat keamanan kotak penyimpanan juga harus baik. Sebagai solusi kedua hal di atas, maka perlu untuk merancang sistem kunci elektronik pada kotak penyimpanan dengan memanfaatkan Kartu Tanda Penduduk Elektronik (E-KTP) sebagai pengakses kunci tersebut. Di dalam E-KTP tertanam *chip* yang berisi data yang berbeda antara satu dengan yang lain, sehingga dengan perbedaan tersebut E-KTP dapat digunakan sebagai kunci.

Sistem kunci elektronik ini memanfaatkan teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID), E-KTP sebagai *RFID tag*, dan *microcontroller* Arduino Nano. Data UID (*unique identity*) pada E-KTP akan dibaca dengan *RFID reader* MFRC522. Data tersebut kemudian digunakan sebagai identifikasi E-KTP tertentu yang bisa digunakan untuk mengakses kunci elektronik (berupa solenoid DC) pada kotak penyimpanan. Hasil penelitian kendali sistem dan *output* alat sudah sesuai dengan perencanaan. E-KTP yang terdaftar pada sistem dapat digunakan untuk mengakses kunci kotak penyimpanan. Tegangan pada catu daya dan Arduino Nano sudah sesuai dengan kebutuhan dan pada pengujian diperoleh hasil nilai *error* tegangan tidak lebih dari 10%, *Reader* RFID MFRC522 mampu membaca data UID E-KTP dengan jarak 0- 2 mm.

Kata-kata kunci: Arduino Nano solenoid DC, E-KTP, Kotak penyimpanan, RFID.

PENDAHULUAN

Kotak penyimpanan adalah wadah yang dipergunakan untuk menyimpan barang atau dokumen berharga. Meskipun jasa penyimpanan barang telah ada di sekitar masyarakat, namun beberapa dari mereka masih cenderung ingin menyimpan beberapa benda berharga pada kotak penyimpanan di rumah sendiri. Sebuah

kotak penyimpanan memerlukan keamanan yang baik, mengingat yang disimpan di dalamnya adalah benda yang berharga. Salah satu bagian dari sistem keamanan kotak penyimpanan adalah bagian kunci.

Beberapa macam model dan sistem kunci pada kotak penyimpanan telah ada di pasaran, mulai dari kunci konvensional, kunci elektrik, hingga kunci yang dibuka

dengan kombinasi kode atau sebuah kartu untuk membukanya. Kunci konvensional dan kunci dengan kode kombinasi penggunaannya kurang praktis, karena memerlukan waktu untuk menaruh kunci pada lubang atau mencari kombinasi kode untuk membuka kunci. Kunci elektronik, yang telah dilengkapi berbagai macam metode untuk membukanya seperti dengan tombol kombinasi angka, *remote*, *magnetic card*, sidik jari, ataupun *RFID tag*, memang menawarkan kepraktisan dan keamanan lebih, namun biaya untuk pengadaannya masih banyak.

Penelitian yang telah dilakukan tentang pengembangan sistem kunci pada kotak penyimpanan telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penelitian oleh Benny, dkk. (2016). Pada penelitian tersebut digunakan *keypad* sebagai akses utama kunci, dengan *RFID tag* sebagai kunci tambahan. Farezi (2019) membuat Prototipe Keamanan Brankas Berbasis Arduino dan Android, dimana akses kunci juga menggunakan *keypad*, dengan tambahan aplikasi Android. Penggunaan *keypad* dirasa masih kurang praktis, karena memerlukan waktu untuk menemukan kombinasi kode yang tepat.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dirancang sistem kunci elektronis pada kotak penyimpanan dengan E-KTP sebagai kunci aksesnya. Sistem kunci elektronis ini akan memanfaatkan teknologi *RFID (Radio Frequency Identification)* dan berbasis Arduino Nano dengan *microcontroller ATmega328*. Pemanfaatan E-KTP dengan pembaca *RFID* mewakili fungsi sebagai kunci yang memudahkan akses kontrol pintu dan menambah pemanfaatan dari E-KTP sebagai bawaan sehari-hari.

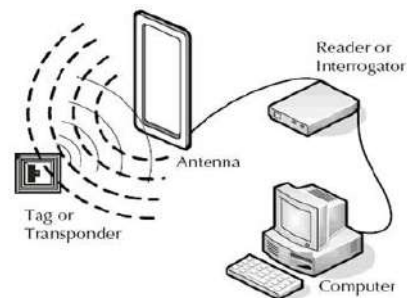
E-KTP yang diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri Republik Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1. Menurut Akbar dan Effendy (2017), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada tahun 2013 menyatakan bahwa pada E-KTP yang digunakan saat ini tertanam *chip* berbasis *microprosesor* dengan kapasitas ruang 8KB, dengan antar muka nirkontak.



Gambar 1. Wujud fisik E-KTP

E-KTP mulai diterapkan pada tahun 2011 menggantikan KTP konvensional yang digunakan sebelumnya. E-KTP mengacu pada standar ISO 14443 A/B bekerja dengan baik pada kisaran suhu antara -25°C sampai dengan 70°C dan dengan kisaran frekuensi operasional $13,56\text{ MHz} \pm 7\text{ KHz}$. E-KTP mempunyai SAM (*Secure Access Module*) berupa 4 bytes *UIDs (Unique identifier)* dalam range kombinasi 10 digit (Puasandi dkk., 2014).

Komunikasi antara E-KTP dengan sebuah *reader* dapat dilakukan dengan gelombang radio dengan frekuensi 13,56 MHz (sesuai dengan standar yang digunakan). Salah satu yang mendukung komunikasi tersebut adalah teknologi *RFID*. E-KTP dalam hal ini akan berfungsi sebagai *RFID tag* dan dibaca oleh sebuah *RFID reader* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem RFID

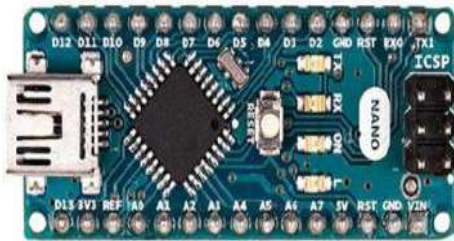
RFID (Radio Frequency Identification) adalah teknologi identifikasi berbasis gelombang radio. Teknologi ini mampu mengidentifikasi berbagai objek secara simultan tanpa diperlukan kontak langsung (atau dalam jarak pendek). *RFID* bekerja pada gelombang HF (*High Frequency*) untuk aplikasi jarak dekat (*proximity*) dan bekerja pada gelombang UHF (*Ultra High Frequency*) untuk aplikasi jarak jauh (*vicinity*) (Supriyanto dan Muhsin, 2008).

Farooq dkk. (2014) telah mengembangkan sistem *RFID* terdiri atas tiga komponen, yaitu *transponder (tag)*,

interrogator (reader) dan komputer yang berisi *database*. Data pada *tag* akan dibaca oleh *reader* dan ditransmisikan ke komputer untuk proses autentikasi. Informasi dari *tag* diproses untuk verifikasi oleh komputer dan dilanjutkan dengan pemberian akses. Santoso dan Hani (2018) telah merancang suatu *prototype* sistem keamanan pintu ruangan penyimpanan barang dengan mengaplikasikan Arduino Uno sebagai basis pemrogramannya. Sistem keamanan tersebut menggunakan motor servo sebagai aktuator kunci yang dapat dibuka dengan RFID *tag* dengan *reader* MFRC-522 dan perangkat Android yang terhubung dengan modul *Bluetooth* HC-05. Perangkat tersebut dilengkapi dengan *buzzer* sebagai tanda saat pengaksesan kunci elektronik.

Arduino adalah *kit* elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel (Syahwil, 2013). Wujud fisik Arduino Nano ditunjukkan pada Gambar 3 dengan spesifikasi teknis yang ditunjukkan pada Tabel 1. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian yaitu:

- Hardware* berupa papan *input/output (I/O)* yang *open source*.
- Software* Arduino yang juga *open source*, meliputi *software* Arduino IDE untuk menulis program dan *driver* untuk koneksi dengan komputer.



Gambar 3. Wujud fisik Arduino Nano
(<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>, 1 April 2019)

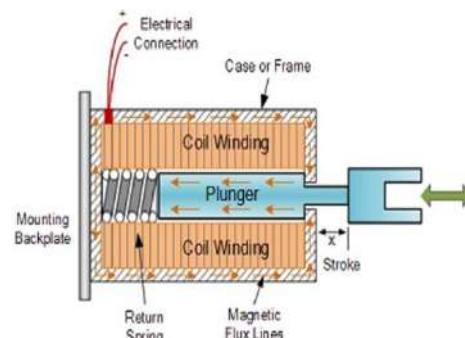
Arduino Nano dapat disuplai daya melalui sambungan Mini-B USB, *unregulated* catu daya 6-20 volt melalui pin 30 (pin *Vin*), atau *regulated* catu daya 5 volt melalui pin 27 (pin *+5V*). Rangkaian di dalam *board* Arduino Nano secara otomatis memilih catu daya dengan nilai tegangan terbesar, untuk kemudian masuk ke *regulator* 5 volt pada Arduino. Kisaran nilai tegangan yang disarankan adalah sebesar 7-12 volt.

Tabel 1. Spesifikasi teknis Arduino Nano

<i>Microcontroller</i>	Atmega328
Arsitektur	AVR
Tegangan operasi	5 V
<i>Flash memory</i>	32 KB (2 KB untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	2 KB
<i>Clock speed</i>	16 MHz
Pin <i>input</i> analog	8
EEPROM	1 KB
Arus DC tiap pin I/O	40 mA (I/O pin)
Tegangan <i>input</i>	7-12 V
Pin <i>input</i> digital	22 (6 pin PWM)
PWM <i>output</i>	6
Konsumsi daya	19 mA
Ukuran PCB	18 x 45 mm
Berat	7 g
Kode produk	A000005

(<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>, 1 April 2019)

Atmega328 pada Arduino Nano mempunyai memori 32 KB, 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang mana dapat dibaca tulis dengan library EEPROM) (Syahwil, 2013).



Gambar 4. Solenoid DC

Benny dkk. (2016), Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengubah sinyal elektrik atau arus listrik menjadi gerak mekanik. Solenoid dibuat dari kumparan dan inti besi yang dapat digerakkan. Solenoid DC beroperasi pada prinsip-prinsip seperti motor DC, dapat dilihat pada Gambar 4. Perbedaan antara solenoid dan motor adalah bahwa solenoid adalah motor yang tidak dapat berputar.

Sistem kerja solenoid adalah bahwa di dalam solenoid terdapat kawat melingkar pada inti besi. Ketika arus listrik melalui kawat ini, maka terjadi medan magnet untuk menghasilkan energi yang bisa mendorong inti besi. Poros dalam dari solenoid adalah piston seperti silinder terbuat dari besi atau baja, yang disebut *plunger* (setara dengan sebuah dinamo) medan magnet kemudian

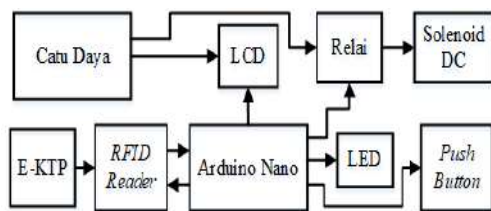
menerapkan kekuatan untuk *plunger* ini, baik menarik atau *repling* (kembali posisi). Ketika medan magnet dimatikan, pegas *plunger* kemudian kembali ke posisi semula.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* (R&D). Metode penelitian R&D dapat digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Dalam penelitian ini, produk yang akan dihasilkan adalah sistem akses kunci elektronik pada kotak penyimpanan, dengan menggunakan E-KTP sebagai pengakses kunci.

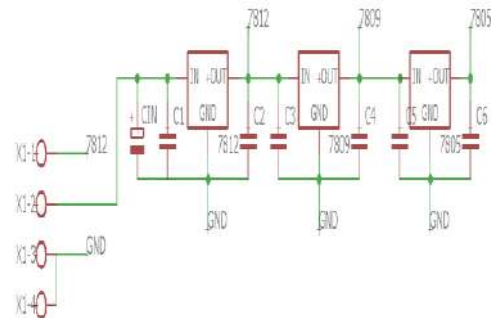
Priyambodo dkk. (2017) merancang purwarupa sistem pada jalan berbayar atau ERP (*Electronic Road Pricing*) dengan komunikasi menggunakan teknologi RFID. *Reader* RFID RC522 pada loket akan membaca *tag* pada kendaraan. *Tag* tersebut berisi informasi tentang jenis kendaraan yang akan melintas. Kemudian *interface* sistem akan menampilkan biaya untuk kendaraan tersebut sesuai dengan informasi jenis kendaraan yang dibaca sebelumnya.

Perangkat keras (*hardware*) yang dirancang terdiri atas catu daya (*power supply*) sebagai sumber tenaga untuk Arduino Nano, LCD dan solenoid yang dilewatkan relai, sedangkan catu daya untuk RFID *reader* diperoleh dari pin 3.3V pada Arduino Nano. Arduino Nano dengan *microcontroller* ATmega328 berfungsi sebagai pusat kendali alat. *Input* pengendalian adalah data pembacaan UID E-KTP oleh RFID *reader* dan push button untuk mengunci kotak penyimpanan saat ditutup. Untuk *output* dari pengendalian adalah LCD untuk menampilkan karakter sesuai program, LED sebagai indikator dan relai untuk mengendalikan solenoid yang digunakan sebagai kunci kotak penyimpanan. Diagram sistem *hardware* alat ditunjukkan pada Gambar 5.



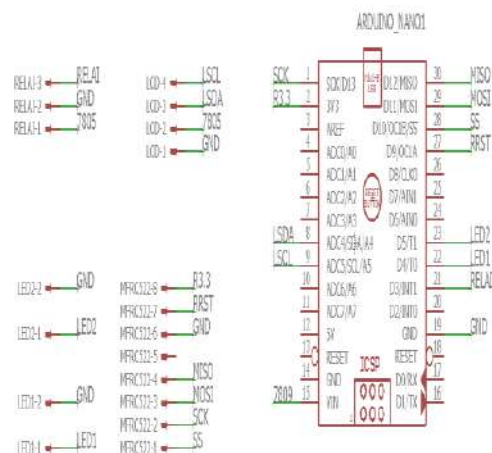
Gambar 5. Diagram sistem *hardware*

Rangkaian catu daya digunakan sebagai suplai tenaga untuk Arduino Nano, LCD, relai, dan solenoid. Skema dari rangkaian tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.



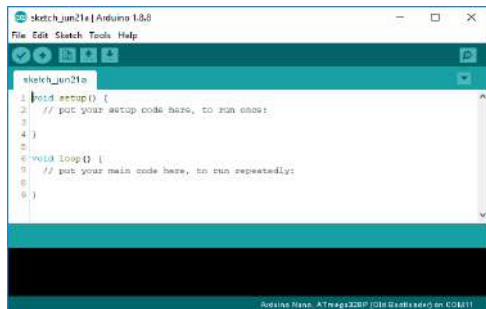
Gambar 6. Rangkaian catu daya

Catu daya tersebut menggunakan trafo CT (*Center Tap*) dengan output 15 VAC. Output tersebut disearahkan dengan dua buah diode 1N4002 dan ditapis dengan kapasitor elektrolit 1000 μ F untuk menghasilkan tegangan 15 VDC. Kemudian tegangan diregulasi dengan IC *regulator* LM7812 untuk mengasilkan *output* 12 VDC, LM7809 untuk mengasilkan *output* 9 VDC, dan M7805 untuk menghasilkan *output* 5 VDC. Pada masing-masing IC *regulator* ditambahkan tapis kapasitor 220 nF pada *input* dan kapasitor 100nF pada *output*. *Output* 12 VDC digunakan sebagai suplai tenaga solenoid, *output* 9 VDC digunakan sebagai suplai tenaga Arduino Nano, dan *output* 12 VDC sebagai suplai tenaga *relay* dan LCD. Untuk rangkaian kendali pada penelitian ini terdiri dari *board* Arduino Nano dan beberapa konektor untuk menghubungkan *input* dan *output* dengan Arduino Nano. Rangkaian kendali ditampilkan pada Gambar 7.



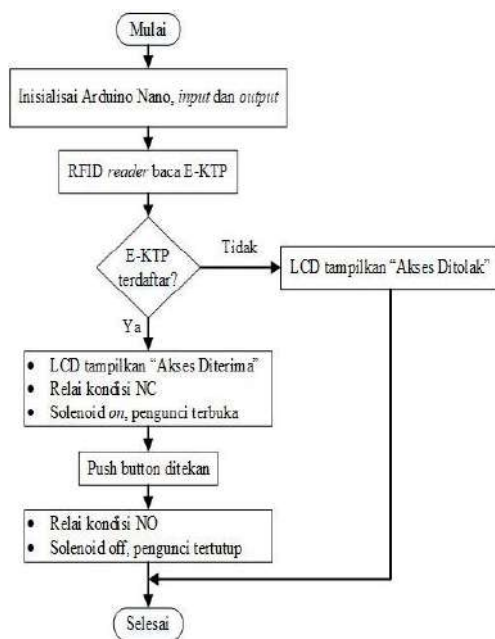
Gambar 7. Rangkaian kendali

Input pada alat ini adalah E-KTP dan *reader* MFRC522. Sedangkan *output* pada alat ini adalah solenoid DC (kunci), LED dan LCD 16x2. Program pada Arduino Nano pada penelitian ini dibuat dengan software Arduino IDE, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Arduino IDE

Flowchart algoritme sistem kerja dari kunci elektronis pada kotak penyimpanan yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Flowchart* sistem kerja alat

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 9, prinsip kerja dari alat dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Tahap pertama dalam pengoperasian alat adalah menghubungkan catu daya dengan alat.
- Pada proses inisialisasi awal, sistem telah aktif dengan Arduino Nano telah bekerja sebagai pengendali. Kondisi awal untuk *input* dan *output* adalah RFID *reader* siap untuk membaca E-KTP, LCD

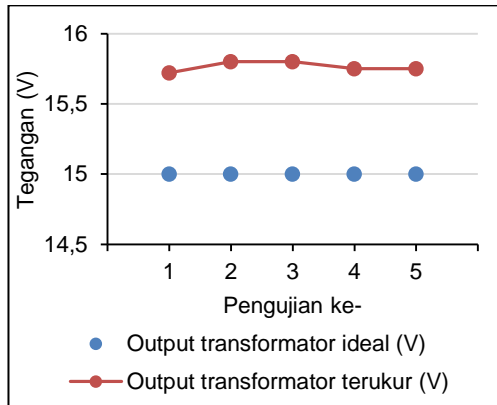
- menampilkan karakter untuk menempelkan E-KTP, dan kondisi solenoid *off* (pengunci tertutup).
 - RFID *reader* akan membaca data UID E-KTP yang ditempelkan untuk kemudian diteruskan ke Arduino Nano untuk pencocokan dengan data E-KTP yang terdaftar pada *microcontroller*.
 - Apabila E-KTP yang dibaca terdaftar, *microcontroller* akan memberikan perintah membuka kunci dengan membuat kondisi relai NC dan solenoid *on*. LCD akan menampilkan karakter "Akses Diterima" dan kotak penyimpanan dapat dibuka.
 - Saat menutup dan hendak mengunci kembali kotak penyimpanan, dilakukan dengan menekan *push button*, yang akan memberikan logika ke *microcontroller* untuk mengunci kotak penyimpanan dengan membuat kondisi relai NO dan solenoid *off*.
 - Apabila E-KTP yang dibaca tidak terdaftar, kotak penyimpanan akan tetap terkunci dan LCD menampilkan karakter "Akses Ditolak".
 - Setelah selesai dengan satu siklus proses di atas, alat akan kembali ke kondisi inisialisasi awal.
- Bentuk fisik keseluruhan alat ditampilkan pada Gambar 10.



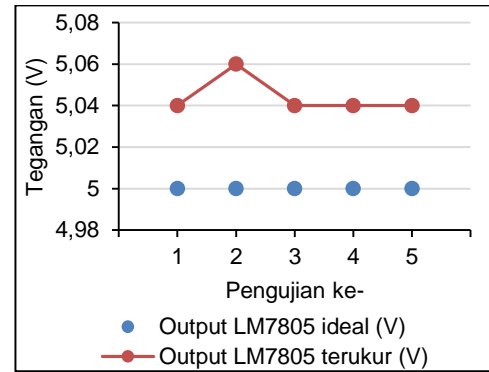
Gambar 10. Bentuk fisik keseluruhan alat

PEMBAHASAN

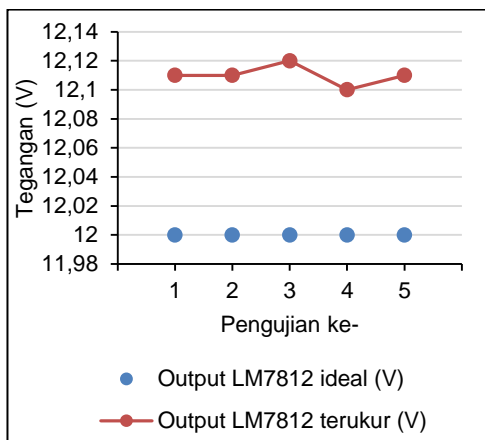
Pengujian pada penelitian ini meliputi pengujian tegangan, pengujian MFRC522, dan pengujian keseluruhan alat. Pengujian tegangan pada catu daya terdiri atas pengujian tegangan transformator, dan pengujian tegangan IC *regulator* LM7812, LM7809, dan LM7805. Hasil pengujian tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 11 hingga Gambar 16.



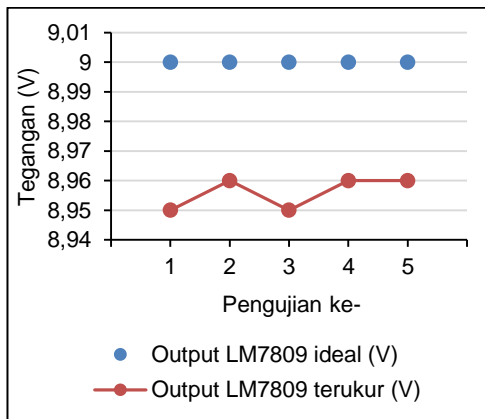
Gambar 11. Grafik hasil pengujian tegangan transformator



Gambar 14. Grafik hasil pengujian tegangan LM7805

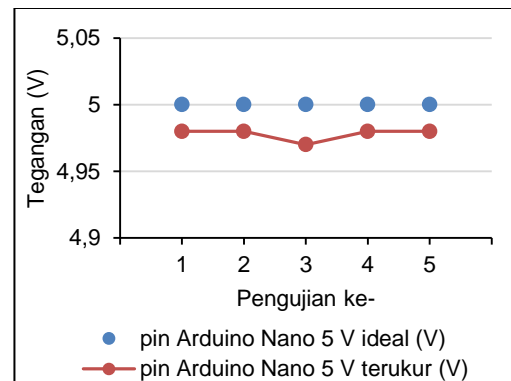


Gambar 12. Grafik hasil pengujian tegangan LM7812

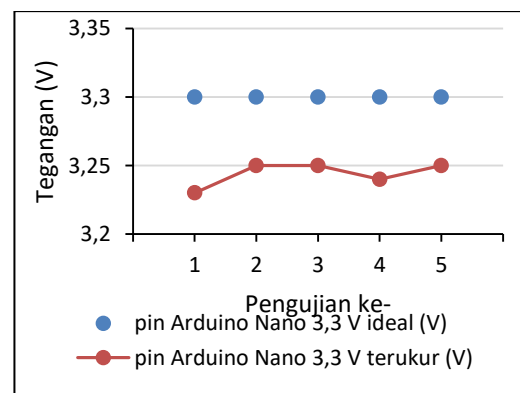


Gambar 13. Grafik hasil pengujian tegangan LM7809

Pengujian tegangan pada arduino uno dilakukan pada titik uji pin *output* pada Arduino Nano yaitu pin 5 V dan pin 3,3 V. Data hasil pengujian tegangan Arduino Nano ditampilkan dalam bentuk grafik hasil pengujian tegangan LM7805 ditunjukkan pada Gambar 14 dan grafik hasil pengujian tegangan Arduino Nano pin 5 V ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik hasil pengujian tegangan Arduino Nano pin 5 V



Gambar 16. Grafik hasil pengujian tegangan Arduino Nano pin 3,3 V

Dari hasil pengujian tegangan dilakukan perhitungan nilai *error* tegangan dengan Persamaan (1).

$$Error = \frac{\text{Rata-rata Selisih tegangan}}{\text{Tegangan ideal}} \times 100 \% (1)$$

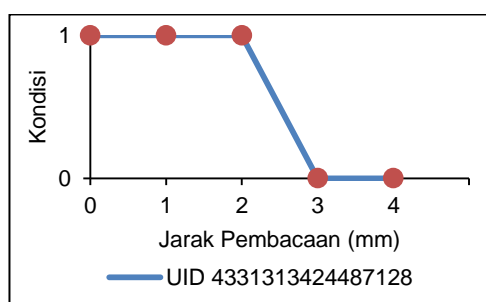
Hasil dari perhitungan *error* tegangan ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan *error* tegangan

Titik Uji	Tegangan terukur rata-rata (V)	Tegangan ideal (V)	Error (%)
Output transformator	15,76	15	5,09
LM7812	12,11	12	0,92
LM7809	8,956	9	0,49
LM7805	5,04	5	0,88
Pin 5V Arduino Nano	4,978	5	0,44
Pin 3,3V Arduino Nano	3,244	3,3	1,96

Berdasarkan Tabel 1, terlihat nilai *error* tegangan di bawah 10%, sehingga nilai tegangan terukur yang diuji pada masing-masing titik uji sudah sesuai kebutuhan untuk pengoperasian alat dengan normal.

Pengujian MFRC522 bertujuan untuk mengetahui jarak baca antara MFRC522 dengan E-KTP. Pengujian ini dilakukan dengan dua buah E-KTP dengan UID 4331313424487128 dan 4821311862244128. Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik pengujian jarak baca MFRC522

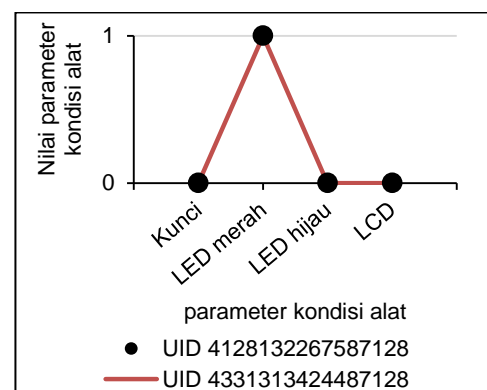
Keterangan:

- Kondisi 1 = E-KTP terbaca
- Kondisi 0 = E-KTP tidak terbaca

Reader MFRC522 mampu membaca data UID E-KTP dengan jarak baca 0 mm - 2 mm. Jarak pembacaan tersebut belum optimal dimana pada *datasheet*, jarak baca

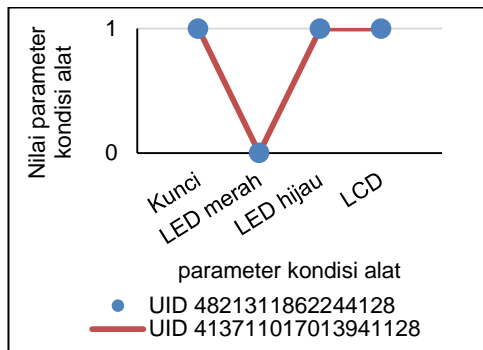
maksimum tergantung dari antenna dan jenis kartu adalah hingga 50 mm. Hal tersebut dikarenakan jenis RFID *tag*, dalam hal ini E-KTP, termasuk jenis *tag* pasif yang tidak memiliki catu daya sendiri, tetapi mendapatkan catu daya dari MFRC522 secara *wireless* saat kartu didekatkan

Setelah dilakukan pengujian pada setiap bagian komponen, selanjutnya dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Tujuannya untuk mengetahui apakah sistem dan program yang dibuat telah berjalan dan beroperasi sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan menggabungkan sistem secara keseluruhan. Pada pengujian keseluruhan alat ini digunakan sebanyak 4 buah E-KTP dengan UID yang berbeda-beda. Pada pengujian, E-KTP dengan UID 4128132267587128 dan UID 4331313424487128 diatur tidak terdaftar dalam sistem atau tidak bisa mengakses kunci kotak penyimpanan. Untuk E-KTP dengan UID 4821311862244128 dan UID 413711017013941128 diatur terdaftar dalam sistem atau bisa mengakses kunci kotak penyimpanan. Pada sistem alat diatur untuk kondisi alat saat kunci kotak penyimpanan terbuka (kunci *on*) adalah LED hijau menyala, LED merah padam dan LCD menampilkan karakter "AKSES DITERIMA". Sedangkan kondisi alat saat kotak penyimpanan terkunci (kunci *off*) adalah LED hijau padam, LED merah menyala dan LCD menampilkan karakter "AKSES DITERIMA". Kemudian dilakukan simulasi pengaksesan kunci kotak penyimpanan untuk masing-masing E-KTP. Grafik pengujian jarak baca MFRC522 dan grafik pengujian untuk E-KTP terdaftar ditampilkan pada Gambar 18, sedangkan Gambar 19 untuk yang tidak terdaftar.



Gambar 18. Grafik pengujian untuk E-KTP terdaftar

Keterangan:
Kondisi kunci 1 : Kunci *on*
Kondisi kunci 0 : Kunci *off*
Kondisi LED merah 1 : Menyala
Kondisi LED merah 0 : Padam
Kondisi LED hijau 1 : Menyala
Kondisi LED hijau 0 : Padam
Kondisi LCD 1 : TampilanLCD “AKSES DITERIMA”
Kondisi LCD 0 : TampilanLCD “AKSES DITOLAK”



Gambar 19. Grafik E-KTP tidak terdaftar

Keterangan:
Kondisi kunci 1 : Kunci *on*
Kondisi kunci 0 : Kunci *off*
Kondisi LED merah 1 : Menyala
Kondisi LED merah 0 : Padam
Kondisi LED hijau 1 : Menyala
“DITERIMA”.

Berdasarkan nilai dari parameter-parameter tersebut menunjukkan kunci kotak penyimpanan dalam keadaan terbuka, sehingga dapat disimpulkan untuk E-KTP yang terdaftar dalam sistem dapat digunakan untuk mengakses kunci kotak penyimpanan.

Berdasarkan pengujian dan analisis dari keseluruhan alat, dapat disimpulkan sistem kerja alat sudah bekerja dengan baik sesuai perencanaan, dimana kondisi *input* dan *output* alat bekerja dengan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari data penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Dari hasil simulasi, sistem kerja alat antara *input*, kendali sistem, dan *output* alat sudah sesuai dengan perencanaan. Dimana untuk E-KTP yang terdaftar pada sistem dapat digunakan untuk mengakses kunci kotak penyimpanan dan E-KTP yang tidak terdaftar pada

Kondisi LED hijau 0 : Padam
Kondisi LCD 1 : TampilanLCD “AKSES DITERIMA”
Kondisi LCD 0 : TampilanLCD “AKSES DITOLAK”

Dari hasil pengujian keseluruhan alat, untuk E-KTP dengan UID 4128132267587128 dan UID 4331313424487128 yang diatur tidak terdaftar diperoleh parameter kunci bernilai 0 atau kunci *off*, parameter LED merah bernilai 1 atau menyala, parameter LED hijau bernilai 0 atau padam dan parameter LCD bernilai 0 atau menampilkan karakter “AKSES DITOLAK”. Berdasarkan nilai dari parameter-parameter tersebut menunjukkan kondisi kotak penyimpanan dalam keadaan terkunci, sehingga dapat disimpulkan untuk E-KTP yang tidak terdaftar dalam sistem tidak dapat digunakan untuk mengakses kunci kotak penyimpanan.

Sedangkan untuk E-KTP dengan UID 4821311862244128 dan UID 413711017013941128 yang diatur terdaftar diperoleh parameter kunci bernilai 1 atau kunci *on*, parameter LED merah bernilai 0 atau padam, parameter LED hijau bernilai 1 atau menyala dan parameter LCD bernilai 1 atau menampilkan karakter “AKSES

sistem tidak dapat digunakan untuk mengakses kunci kotak penyimpanan.

- Tegangan pada catu daya dan Arduino Nano sudah sesuai dengan kebutuhan, dimana pada pengujian diperoleh hasil nilai *error* tegangan tidak lebih dari 10%.
- Reader* RFID MFRC522 mampu membaca data UID E-KTP dengan jarak baca 0 mm - 2 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. & Effendy, I. 2017. Implementasi Aplikasi Kehadiran Perkuliahan di Kelas Menggunakan Pembaca RFID pada E-KTP. *Jurnal Ilmiah MATRIK*, 19(2), 151-160. Palembang: Universitas Bina Darma.
- Arduino, Arduino Nano, <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>, diakses 1 April 2019.
- Benny, Rama, M. A., dan Dinda, N. R., 2016, Kunci Pengaman Brankas Menggunakan PIN dan RFID, *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(2).
- Farezi, R. M., 2019, Prototipe Keamanan Brankas Berbasis Arduino dan Android.

- Skripsi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Farooq, U., ul Hasan, M., Amar, M., Hanif, A., dan Asad, M. U., 2014, RFID Based Security and Access Control System. *International Journal of Engineering and Technology*, 6(4): 309.
- Priyambodo, S., Kurnianti, E., dan Novianta, M. A., 2017, *Prototype* Komunikasi Data pada ERP (*Electronic Road Pricing*) Menggunakan Teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*). *Jurnal Teknologi*, 10(2): 80-85.
- Puasandi, T., Rif'an, M., dan Nurussa'adah, 2014, Sistem Akses Kontrol Kunci Elektrik Menggunakan Pembacaan E-KTP. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(3).
- Santoso, G. dan Hani, S., 2018, Perancangan Sistem Doorlock Menggunakan RFID dan Android Berbasis Arduino Nano. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*. Yogyakarta: 15 September 2018.
- Supriyanto, W. dan Muhsin, A., 2008, *Teknologi Informasi Perpustakaan*, Yogyakarta: Kanisius.
- Syahwil, M., 2013. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Andi Offset.

sebagai mahasiswa S1 bidang ilmu Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta.

BIODATA PENULIS

- Slamet Hani, S.T., M.T.**, lahir di Yogyakarta tanggal 30 Desember 1960, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 1995, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gajah Mada tahun 2006. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala.
- Ir. Gatot Santoso, M.T.**, lahir di Madiun tanggal 3 Agustus 1965, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut Teknologi Nasional Malang tahun 1993, dan S2 bidang ilmu Teknik Telekomunikasi dari Universitas Indonesia Jakarta tahun 2003. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat teknologi seluler.
- Fahmi Bilbirril Hikam**, lahir di Blitar tanggal 5 September 1993, saai ini tercatat

SISTEM MONITORING DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Gatot Santoso¹, Subandi², Slamet Hani³, Agung Wahyu Nugroho⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹gatsan@akprind.ac.id, ²subandi@akprind.ac.id, ³shan@akprind.ac.id,
⁴agungwn@gmail.com

Masuk: 09 Juli 2019, Revisi masuk: 23 Juli 2019, Diterima: 24 Juli 2019

ABSTRACT

The heart is a human organ that has a vital function. Small flaws in the heart organ can have a big effect on our body. In general, our heart beats around 60-100 times in one minute. If you exceed 100 times and less than 60 times every minute means your heart is experiencing an abnormal beat. Because some patients who suffer from heart need the automation of early detection. The development of electronic technology makes it possible for heart examinations to be carried out by the patient himself.

This research aims to design and build a device to monitor heart rate using a microcontroller. Noise suppression on the ECG signal, heart rate data that has been detected and processed will be compared with normal and abnormal values of the heartbeat. Furthermore, the microcontroller will determine how the heart condition is detected. From the results of the study the heart rate monitoring system using a microcontroller input voltage of 3.7 V DC was changed by the step up module to 5 V DC with a magnitude of error percentage of 0.863% and a charger module used to charge batteries with 4.2 V DC voltage and the magnitude of the error percentage amounted to 0.119%. The amped pulse sensor has an output voltage value of 2.4 V when it is relaxed and 2.6 V when it is beat, and this sensor has a constant and significant output voltage value in accordance with the rhythm of the heartbeat. The heart rate monitoring tool that is made can measure accurately and precisely, because it has a fairly small average error value of 1,727%.

Keywords: Battery, ECG signal, Heart, Microcontroller.

INTISARI

Jantung adalah organ tubuh manusia yang memiliki fungsi vital. Kelalaian kecil pada organ jantung dapat berpengaruh besar pada tubuh manusia. Pada umumnya jantung manusia berdetak berkisar antara 60-100 kali dalam satu menit. Bila melebihi 100 kali dan kurang dari 60 kali tiap menit berarti jantung pada manusia mengalami detak yang tidak normal. Oleh karena itu ada beberapa pasien yang menderita jantung perlu adanya otomatisasi deteksi dini. Perkembangan teknologi elektronika dan biomedical memungkinkan bahwa pemeriksaan jantung dapat dilakukan oleh pasien sendiri.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun alat *monitoring* detak jantung menggunakan mikrokontroler. Adanya gangguan pada sinyal EKG pada data detak jantung yang telah dideteksi akan dibandingkan dengan nilai normal maupun abnormal detak jantung. Selanjutnya mikrokontroler akan menentukan bagian mana kondisi jantung yang terdeteksi. Sistem *monitoring* detak jantung menggunakan mikrokontroler tegangan *input* sebesar 3,7V DC yang diubah oleh modul *step up* menjadi 5V DC dengan besaran persentase *error* sebesar 0,863% dan modul *charger* yang digunakan untuk mengisi baterai dengan tegangan 4.2V DC dan besaran persentase *error* sebesar 0,119%. *Pulse sensor amped* memiliki nilai tegangan *output* sebesar 2,4V saat keadaan *relax* dan 2,6V saat keadaan *beat*, dan sensor ini memiliki tegangan *output* yang konstan dan signifikan sesuai dengan irama detak jantung. Alat *monitoring* detak jantung yang dibuat dapat mengukur dengan rata-rata *error* 1,727%.

Kata-kata kunci: baterai, jantung, mikrokontroler, sinyal EKG.

PENDAHULUAN

Sistem *monitoring* denyut jantung ini dirancang dan dibangun untuk memberikan kemudahan karena adanya penggunaan

sistem elektronik terprogram sebagai media pendeteksian detak jantung.

Sari dkk. (2015) membuat sistem *monitoring* denyut jantung menggunakan

mikrokontroler arduino dan komunikasi modul XBee yang menggunakan aplikasi LabVIEW sebagai penampil grafik sinyal detak jantung.

Harahap dan Perangin-angin (2003) membahas tentang pembuatan sistem pengukuran detak jantung manusia menggunakan media *online* dengan jaringan *wi-fi* berbasis PC (*Personal Computer*) dimana hasil pengukuran dapat disimpan atau dihapus dan ditampilkan pada layar monitor dan *smartphone*. Wicaksono dan Somawirata (2011) telah melakukan perancangan dan pembuatan alat penghitung detak jantung dengan *bipolar standart lead* berbasis mikrokontroler ATmega8535 yang ditampilkan ke LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan hasil detak jantung per menit. Harsono dkk. (2012) membuat rancang bangun alat pemantau laju detak jantung saat latihan fisik, alat pemantau laju detak jantung yang telah dirancang kemudian dibandingkan dengan sebuah produk pemantau detak jantung yang juga menggunakan teknik *photoplethysmography*. Adi dkk. (2012), Kinerja jaringan sensor nirkabel IEEE 802.15.4 untuk *me-monitoring* denyut nadi pasien, sensor nirkabel pendeteksi detak jantung mampu mengirimkan data sebanyak 5 sensor (5 korban) diterima dengan baik di *coordinator node* dengan jarak jangkauan 120 meter, dengan nilai *throughput* selama 10 detik sebesar 83,22%. Pamungkas dkk. (2015) telah melakukan perancangan sistem *monitoring* sinyal kelistrikan jantung, jumlah tetes infus, dan suhu tubuh secara *wirelessly*, berdasarkan hasil yang diperoleh, didapatkan hasil *monitoring* tetes infus dengan maksimum akurat 100% pada jarak 1-10 meter dan sinyal kelistrikan jantung dapat diperoleh tingkat akurat 0,1-0,4 mV lebih tinggi dari pengukuran biasa tanpa gel. Rahardian dan Arifin (2016) menjelaskan tentang pemrosesan data *pulse sensor amped* pada rancangan sistem informasi dokter dan pasien, perangkat tersebut dilengkapi dengan akses internet sehingga data sinyal jantung dapat disimpan dan dipantau dari jarak jauh. Nisha dan Vinita (2015) telah melakukan perancangan *monitoring* detak jantung dan transmisi data melalui *bluetooth* yang ditampilkan dengan LCD serta dapat ditampilkan melalui layar *smartphone* menggunakan koneksi *bluetooth*. Mallick dan Patro (2016) sistem

pemantauan denyut jantung menggunakan ujung jari melalui perangkat lunak Arduino dan *software* pengolahan. Mamun dkk. (2014) berhasil membuat sistem berbasis mikrokontroler penghitung denyut jantung otomatis dari ujung jari. Kusuma dkk. (2014) menjelaskan tentang monitor detak jantung berbasis FPGA (*Field Programmable Gate Array*) dengan sensor optik jari. Sali dkk. (2013) menjelaskan tentang *monitoring* detak jantung berbasis mikrokontroler yang menggunakan LCD, *buzzer*, *keypad* serta modul GSM sebagai antarmuka. Pandiyan dkk. (2014) tentang *force sensitive resistance* berbasis pemantauan detak jantung untuk sistem perawatan kesehatan. Memon dkk. (2004) Potensi telemedis sistem, pendekatan terhadap *mobile* dokter dimana terdapat unit telemedis bagi pasien dan unit *base* bagi dokter. Ho dkk. (2015), Memantau beberapa detak jantung menggunakan ponsel pintar. Figueredo dkk (2004) membahas tentang sistem *telemedicine mobile* untuk perawatan di rumah dan pemantauan pasien. Istepanian dkk. (2000) membahas tentang kemajuan dalam komunikasi seluler menggunakan telemedis.

Dari beberapa hasil penelitian di atas maka dimungkinkan membuat prototipe alat yang dapat memonitor jantung setiap saat serta menampilkannya pada layar LCD dan membuatnya *portable* sehingga diharapkan tidak mengganggu saat digunakan beraktifitas oleh pasien. Sistem *monitoring* detak jantung ini terdiri dari 4 komponen penting yaitu sensor, sistem kontrol, dan sistem *display* serta sistem peringatan. Sistem *monitoring* detak jantung ini dikendalikan dengan rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat sebuah otak sebagai pusat pengendali yang disebut oleh mikrokontroler. *Chip* berbasis mikrokontroler ini dapat dimanfaatkan sebagai pengendali, seperti digunakan untuk mengendalikan sistem peringatan menggunakan *buzzer* dengan pengendali berbasis ATmega328.

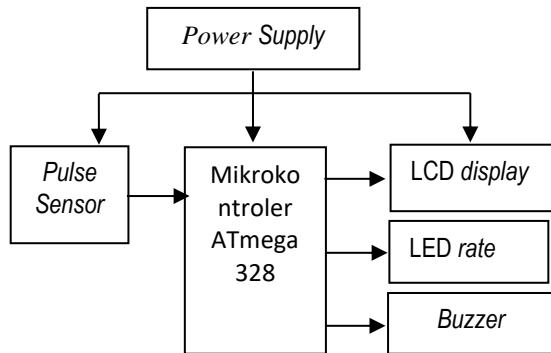
METODE

Alat *monitoring* detak jantung terdiri dari:

1. Perangkat kontrol dan pengolahan data yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega328.
2. Sensor detak jantung atau *pulse sensor amped* sebagai pendeteksi detak jantung yang membaca aliran darah.

3. *Buzzer* yang sebagai sarana untuk memberi suara peringatan jika detak jantung melebihi batas normal.
4. LCD yang berfungsi sebagai *display* jumlah BPM dan keterangan kondisi detak jantung.
5. *Push button* yang digunakan untuk tombol reset jika alat terjadi *error*.

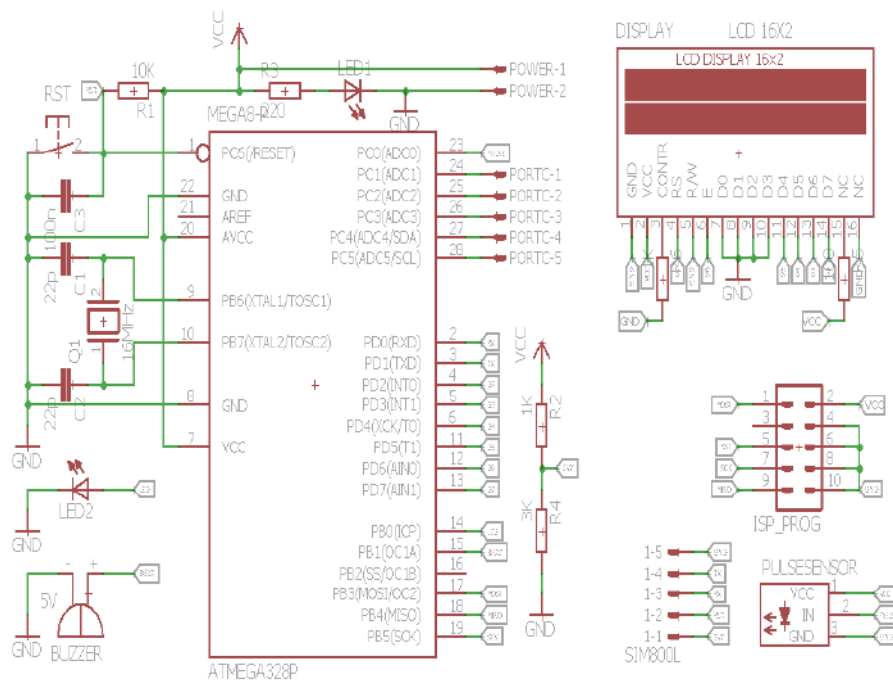
Gambar 1 menampilkan blok sistem kerja dari sistem *monitoring* detak jantung menggunakan *pulse sensor*.



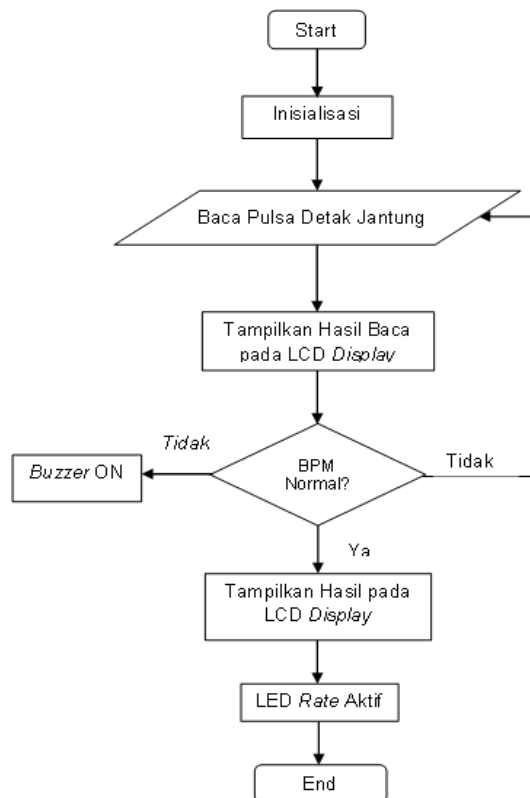
Gambar 1. Blok sistem kerja sistem *monitoring* detak jantung

Setelah diketahui sistem kerja *monitoring* detak jantung seperti pada blok diagram pada Gambar 1, selanjutnya dapat dirancang sebuah skema rangkaian keseluruhan dari alat yang akan dibuat. Skema keseluruhan alat yang dibuat ditampilkan pada Gambar 2.

Program yang digunakan pada Mikrokontroler ATmega328 ditulis dengan bahasa C, dimana nantinya program akan diterjemahkan oleh *software compiler* menjadi bahasa mesin, sehingga mampu dikenali dan dijalankan oleh perangkat elektronik (mikrokontroler). Program ini berisi sistem *monitoring* detak jantung yang sudah disesuaikan dengan batasan-batasan tertentu. Pada alat *monitoring* detak jantung ini menggunakan bahasa pemrograman bahasa C. Pemrograman dilakukan menggunakan *software Arduino*. Program yang ditulis dalam bahasa C, akan di-*compile*, kemudian *file* yang berektensi **hex* akan di-*download* ke dalam *chip* IC ATmega328. Skema sistem *monitoring* detak jantung yang dirancang ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema sistem *monitoring* detak jantung



Gambar 3. Flowchart program sistem *monitoring* detak jantung

Analisa Kebutuhan

Untuk merealisasikan alat *monitoring* detak jantung akan dibutuhkan:

1. Rangkaian mikrokontroler sebagai perangkat kontrol dan pengelola data.
2. Rangkaian LCD sebagai penampil hasil monitoring detak jantung.
3. Rangkaian sensor detak jantung/*pulse sensor*.
4. Rangkaian *power supply*.

PEMBAHASAN

Pada rangkaian catu daya terdiri dari baterai *Li-ion* seri 18650 sebagai tegangan sumber. Modul *step up* penaik tegangan digunakan sebagai penyuplai tegangan 5V yang dibutuhkan oleh rangkaian. Rangkaian catu daya yang dibuat tersebut menghasilkan tegangan 5V, untuk menghasilkan tegangan yang diinginkan maka digunakan modul *step up* 5 V karena nilai tegangan dari baterai hanya sebesar 3,7 V. Selain pengujian modul *step up*, dilakukan juga pengukuran modul *charger* yang digunakan karena alat dibuat dalam desain *portable*. Pengamatan dilakukan dengan multimeter untuk menguji besaran catu daya, dan hasil pengujian catu daya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan catu daya

Sumber	Tegangan (Volt)	Vout Pengujian (Volt)
Baterai 18650	3,7	3,927
Step up 5 V	5,1	5,144
Modul Charger	4,2	4,195

Nilai *error* persentase bisa didapatkan hitungan sebagai berikut:

1. Nilai *error* persentase baterai:

$$\text{Persentase error} = \frac{3,7 \text{ V} - 3,927 \text{ V}}{3,7 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error} = 6,135\%$$

2. Nilai *error* persentase tegangan *step up*:

$$\text{Persentase error} = \frac{5,1 \text{ V} - 5,144 \text{ V}}{5,1 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error} = 0,863\%$$

3. Nilai *error* persentase tegangan *charger*:

$$\text{Persentase error} = \frac{4,2 \text{ V} - 4,195 \text{ V}}{4,2 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase error} = 0,119\%$$

Berdasarkan hasil pengukuran catu daya, besarnya tegangan yang dihasilkan baterai adalah 3,9V mempunyai selisih 0.2V. Hal ini terjadi dikarenakan kondisi tegangan baterai pada keadaan terisi adalah sebesar 3,6-4,2V. Selisih tersebut menghasilkan nilai persentase *error* 6,135%. Hal ini wajar dan selisih masih dalam batas normal mengingat baterai sebagai tegangan sumber.

Pengujian modul *step up* didapatkan hasil pengukuran sebesar 5,144V dengan nilai persentase *error* sebesar 0,863%. Tegangan 5,144V adalah sangat baik mengingat masih dalam batas nilai tegangan perangkat yang dicatu dan juga tidak melebihi batas maksimal tegangan *input* IC ATmega328.

Pengujian modul *charger* didapatkan hasil pengukuran sebesar 4,195V dengan nilai persentase *error* sebesar 0,119%. Tegangan 4,195V masih dalam batas nilai tegangan baterai yang dicatu yang memiliki tegangan sebesar 4,2V saat keadaan terisi penuh. Dari data hasil pengujian tersebut terlihat bahwa kinerja sistem *power supply* bekerja dengan baik. Tegangan *output* yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan tegangan yang diperlukan oleh perangkat.

Pengujian Pulse Sensor

Pengujian *pulse sensor* dilakukan dengan pembacaan nilai tegangan *output* sensor menggunakan multimeter. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembacaan nilai tegangan *output*

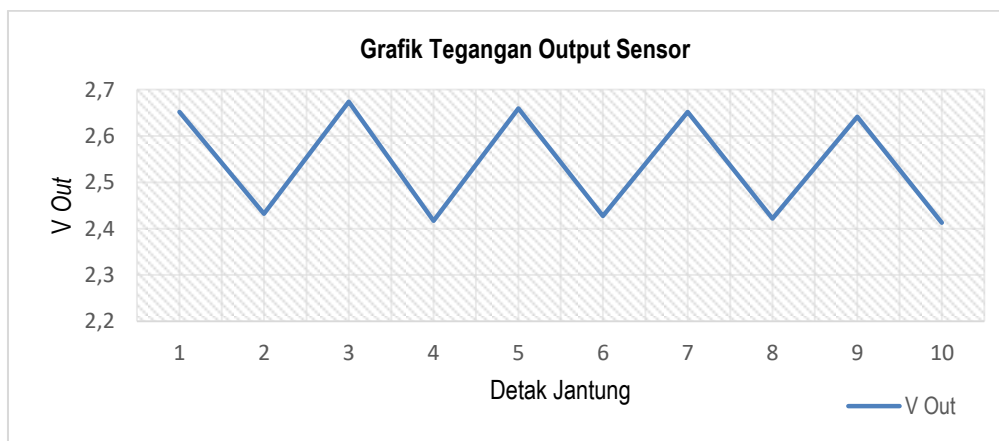
Detak Jantung ke-	V Out (Volt)
1	2,652
2	2,432
3	2,674
4	2,417
5	2,659
6	2,427
7	2,652
8	2,422
9	2,641
10	2,413

Analisa *pulse sensor* dengan membandingkan tegangan *output* yang dihasilkan oleh sensor terhadap detak jantung yang terbaca oleh sensor. Pembacaan dengan nomor ganjil merupakan kondisi *beat* (jantung memompa darah ke seluruh tubuh) dan nomor genap merupakan kondisi *relax* (jantung relaksasi, menerima darah kembali dari tubuh). Gambar 4 adalah menampilkan grafik dari pembacaan detak jantung terhadap tegangan *output* sensor.

Dari Gambar 4 diketahui bahwa respon tegangan *output* sudah baik karena selalu konstan sesuai dengan irama detak jantung. Pada kondisi *beat* tegangan *output* sensor sekitar 2,6V dan pada saat kondisi *relax* tegangan *output* sekitar 2,4V, maka hal tersebut masih dalam keadaan normal dimana tegangan masukan sensor sebesar 5V.

Kalibrasi Pembacaan Detak Jantung

Kalibrasian sensor dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan detak jantung menggunakan sensor lewat tampilan LCD dengan pembacaan manual menggunakan jari pada denyut nadi. Perbandingan antara hasil pembacaan detak jantung menggunakan sensor dan cara manual ditampilkan dalam bentuk Tabel 3 dan Gambar 5.



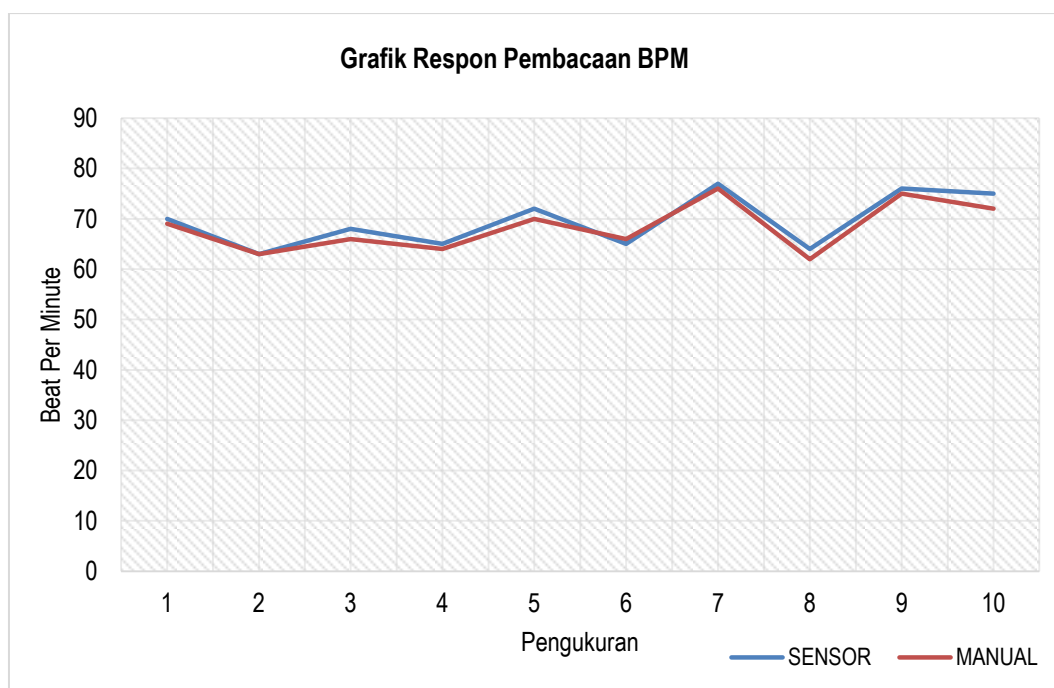
Gambar 4. Grafik nilai tegangan *output* sensor dan detak jantung

Dari Tabel 3. diketahui bahwa pembacaan detak jantung oleh sensor baik dengan rata-rata *error* pembacaan di bawah 2% yang artinya sensor ini sangat memungkinkan untuk membaca detak secara baik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa selisih pembacaan detak jantung dari sensor dan cara manual memiliki nilai selisih rata-rata sebesar 1,4 dan nilai ini didapatkan dengan menjumlahkan nilai selisih dari setiap pengujian dibagi dengan jumlah pengujian (10 kali).

Jika dilihat grafik pada Gambar 5 maka dapat dianalisis sistem kerja alat monitoring detak jantung yang telah dibuat mendapatkan hasil kerja yang sesuai dengan kriteria. Hal tersebut baik karena didasarkan pada perpindahan kedua grafik yang tidak terlalu jauh dimana antara hasil pengukuran dengan sensor dan pengukuran dengan cara manual mempunyai nilai selisih yang besar sehingga dapat dikatakan bahwa alat monitoring detak jantung tersebut dapat mengukur dengan akurat.

Tabel 3. Hasil pengamatan kalibrasi sistem monitoring detak jantung

Pengujian ke-	Umur (Tahun)	Sensor (BPM)	Manual (BPM)	Selisih	Error (%)
1	21	70	69	1	1,42
2	21	63	63	0	0
3	23	68	66	2	2,94
4	30	65	64	1	1,53
5	54	72	70	2	2,77
6	51	65	66	1	1,53
7	47	77	76	1	1,29
8	51	64	62	2	3,12
9	43	76	75	1	1,31
10	43	75	72	3	1,33
Rata-rata				1,4	1,724



Gambar 5. Grafik pembacaan kalibrasi nilai BPM

KESIMPULAN

Sistem *monitoring* detak jantung ini memberikan kemudahan bagi pengguna dalam menghitung jumlah detak jantung dari bentuk sinyal yang ditimbulkan oleh detak jantung. Sensor detak jantung atau *pulse sensor amped* memiliki nilai tegangan *output* sebesar 2,4 V saat keadaan *relax* dan 2,6 V saat keadaan *beat*, dan sensor ini memiliki nilai tegangan *output* yang konstan dan signifikan sesuai dengan irama detak jantung. Pembacaan detak jantung dipengaruhi oleh cara pemasangan dan peletakan sensor, jika sensor terlalu tertekan maka pembacaan akan sulit karena aliran darah akan menjadi terhambat. Pembacaan ideal yang digunakan untuk memantau detak jantung yaitu pada bagian jari telunjuk, tetapi pada prakteknya pemasangan pada daun telinga juga bisa mendapatkan pembacaan yang cukup baik. Alat *monitoring* detak jantung yang dibuat memiliki nilai rata-rata *error* 1,727%.

SARAN

1. Diharapkan pada pengembangan selanjutnya, *monitoring* detak jantung dapat dirancang menggunakan teknologi 4G dan GPS/GIS untuk mengirim nilai data ke seluler dan dapat diaplikasikan langsung pada penderita penyakit jantung kronis.
2. Sistem peringatan harus dapat memberitahu pasien maupun dokter dengan cepat saat ada indikasi detak jantung yang tidak normal dan di sini peran teknologi 4G sangat dibutuhkan. Sistem pemberitahuan lokasi (GPS/GIS) juga penting agar dapat memberitahukan di mana keberadaan pasien saat detak jantung tidak normal agar jika terjadi hal yang serius pada pasien dapat segera ditindaklanjuti agar pasien segera mendapat pertolongan medis dan diharapkan dapat selamat.
3. Sistem *monitoring* detak jantung ini masih memiliki ukuran fisik yang besar sehingga penggunaannya harus diletakkan di luar dengan cara dikaitkan pada ikat pinggang. Ke depan dapat dipertimbangkan untuk mengganti LCD *display* dengan sebuah seluler menggunakan teknologi *bluetooth*.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, P. D. P., Niswar, M., dan Ilham, A. A., 2012, *Kinerja Jaringan Sensor Nirkabel IEEE 802.15.4 untuk Monitoring Denyut*

Nadi Pasien, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Satya Wiyata Mandala, 1-13.

Figueredo, M. V. M. dan Dias, J. S., 2004, *Mobile Telemedicine System for Home Care and Patient Monitoring, Proceedings of the 26th Annual Conference of the IEEE EMBS*, 04: 3387-3390.

Harahap, A. N. dan Perangin-angin, B., 2003, *Sistem Pengukuran Detak Jantung Manusia Menggunakan Media Online dengan Jaringan Wi-Fi Berbasis PC*, Fisika Instrumentasi, FMIPA, USU: 1-7.

Harsono, B., Liman, J., dan Djohan, N., 2012, *Rancang Bangun Alat Pemantau Laju Detak Jantung Saat Latihan Fisik, Jurnal Tekin dan Ilmu Komputer*, 01(04): 338-346.

Ho, S., Noh, dan Seo-Young, 2015, *Multiple Heart Rates Monitoring using Smart Phones, International Journal of Bio-Science and Bio-Technology*, 7(6): 239-248.

Istepanian, R. S. H., Woodward, B., dan Richards, C. I., 2000, *Advances in Telemedicine Using Mobile Communications*, Departement of Electronic and Computer Engineering. 1-4.

Kusuma R. W., Ridha I., Rianto, Y., dan Swelandiah, E. P., 2014, *FPGA Based Heartbeats Monitor with Fingertip Optical Sensor, International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCEIT)*, 4 (5): 1-9.

Mallick, B. dan Patro, A. K., 2016, *Heart Rate Monitoring System Using Finger Tip Through Arduino and Processing Software, International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*, 5(1): 84-89.

Mamun, A. L., Ahmed, N., Alqahtani, M., Altwijri, O., Rahman, M., Ahmad, N. U., Rahman, S. A. M. M., Ahmad, R. B., dan Sundaraj, K., 2014, *A Microcontroller-Based Automatic Heart Rate Counting System From Fingertip, Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 62 (3): 597-604.

Memon, T. D., Chowdhry, B. S., dan Memon, M. S., 2004, *The Potential of Telemedicine System: Approach Towards a Mobile Doctor, National Conference on Emerging Technologies*, 106-111.

- Nisha, P. K. dan Vinita, Y., 2015, Heart Rate Monitoring and Data Transmission via Bluetooth, *International Journal of Innovative and Emerging Research in Engineering*, 2(2): 99-105.
- Pamungkas, R., Susanto, E., dan Sarwoko, M., 2015, Perancangan Sistem Monitoring Sinyal Kelistrikan Jantung, Jumlah Tetes Infus, dan Suhu Tubuh Secara Wirelessly, *Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom*, 1-8.
- Pandiyan, E. M. S., Selvan, M. T., Hussian, M. S., dan Velmathi, G. 2014, Force Sensitive Resistance Based Heart Beat Monitoring For Health Care System, *International Journal of Information Sciences and Techniques (IJIST)*, 4(3): 11-16.
- Rahardian, H. dan Arifin, Z., 2016, Pemrosesan Data Pulse Sensor Amped pada Rancangan Sistem Informasi Dokter dan Pasien, *JTET*, 5(1): 24-31.
- Sali, S., Durge, P., Pokar, M., dan Kasge, N., 2013, Microcontroller Based Heart Rate Monitor, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(5): 1169-1172.
- Samadikun, S., Rio, S. R., dan Mengko, T., 1989, *Sistem Instrumentasi Elektronika*, Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sari, T. P., Dawirson, dan Aisuwarya, R. 2015, Sistem Monitoring Denyut Jantung Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Komunikasi Xbee, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 016: 1-9.
- Umar, A., Rasaily, D., dan Sharma, P., 2016, Design of Heart Rate Monitor Through Fingertip, *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 32 (4): 188-190.
- Wicaksono, W. dan Somawirata, I. K., 2011, Perancangan dan Pembuatan Alat Penghitung Detak Jantung Dengan Bipolar Standart Lead Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535, *Jurnal Elektro ELTEK*, 2(2): 183-188.
- BIODATA PENULIS**
- Ir. Gatot Santoso, M.T.**, lahir di Madiun tanggal 3 Agustus 1965, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut Teknologi Nasional Malang tahun 1993, dan S2 bidang ilmu Teknik Telekomunikasi dari Universitas Indonesia Jakarta tahun 2003. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala pada bidang minat teknologi seluler.
- Subandi, S.T., M.T.**, lahir di Kudus tanggal 27 Oktober 1958, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 1995, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gajah Mada tahun 2006. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor, bidang minat penelitian tentang Solar Cell.
- Slamet Hani, S.T., M.T.**, lahir di Yogyakarta tanggal 30 Desember 1960, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari IST AKPRIND Yogyakarta, Jurusan Teknik Elektro tahun 1995, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Gajah Mada tahun 2006. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap jurusan Teknik Elektro di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor Kepala, bidang minat penelitian tentang Tenaga Listrik.
- Agung Wahyu Nugroho**, lahir di Yogyakarta tanggal 13 April 1995, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari IST AKPRIND Yogyakarta tahun 2017.

PEMANFAATAN BONGGOL JAGUNG SEBAGAI BIOETANOL

Hadi Prasetyo Suseno¹

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: ¹hp_suseno@akprind.ac.id

Masuk: 11 Juli 2019, Revisi masuk: 24 Juli 2019, Diterima: 25 Juli 2019

ABSTRACT

Indonesian corn production data in 2018 reached 30 million tons, and generally, corncobs have not been utilized. This research is processing corncobs into bioethanol as an effort to exploit the potential of abundant corncobs. The process is carried out in 3 stages, namely hydrolysis with acid (H₂SO₄ 0.5N), fermentation with bread yeast (fermipan), and distillation at 100°C. The study conducted in a three-neck flask equipped with heating, stirring, and turning cooling. The research material used was 40 grams of corncobs powder, H₂SO₄ 0.5N as much as 300 ml, yeast 3 grams, and urea 0.1 gram. The hydrolysis process was carried out using 40gr of corncobs powder, and 0.5N H₂SO₄ with a volume of 300 ml. Stirring is carried out at 140 rpm rotation with varying time and temperature. Next, the fermentation process is carried out by adding as much as 3 grams of yeast and 0.1 grams of urea. The fermentation process takes 3 days. The distillation process is carried out at a temperature of 100°C with a long time for 2-3 hours. Based on our research, it knows that the time and temperature of hydrolysis affect the ethanol content produced. Optimal addition of yeast at 0.4271% ethanol content is weighing 3 grams. The optimal fermentation time for ethanol content 0.66447% is at the time of fermentation of 3 days.

Keywords: Bioethanol, Corncobs, Distillation, Fermentation, Hydrolysis.

INTISARI

Data produksi jagung Indonesia pada tahun 2018 mencapai 30 juta ton, dan umumnya bonggol jagung belum dimanfaatkan lebih lanjut. Penelitian ini melakukan pengolahan bonggol jagung menjadi bioetanol, sebagai upaya pemanfaatan potensi bonggol jagung yang melimpah. Proses dilakukan dalam 3 tahap, yaitu hidrolisis dengan asam (H₂SO₄ 0.5N), fermentasi dengan ragi roti (fermipan), dan distilasi pada suhu 100°C. Penelitian dilakukan dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pemanas, pengaduk, dan pendingin balik. Bahan penelitian yang digunakan adalah 40gr serbuk bonggol jagung, H₂SO₄ 0.5N sebanyak 300 ml, ragi 3 gram, dan urea 0,1 gram. Proses hidrolisis dilakukan menggunakan 40gr bonggol serbuk bonggol jagung, dan H₂SO₄ 0.5N dengan volumen 300 ml. Pengadukan dilakukan pada putaran 140 rpm dengan waktu dan suhu yang divariasikan. Selanjutnya, dilakukan proses fermentasi dengan penambahan ragi sebanyak 3 gram dan urea 0,1 gram. Lama proses fermentasi adalah 3 hari. Proses distilasi dilakukan pada suhu 100°C dengan lama waktu selama 2-3 jam. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa waktu dan suhu hidrolisis berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Penambahan ragi yang optimal pada kadar etanol 0,4271% adalah seberat 3 gram. Waktu fermentasi yang optimal untuk kadar etanol 0,66447% adalah pada waktu fermentasi 3 hari.

Kata-kata kunci: Bioetanol, Bonggol jagung, Distilasi, Fermentasi, Hidrolisis.

PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan etanol yang berasal dari sumber hayati, misalnya tebu, nira sorgum, ubi kayu, garut, ubi jalar, jagung, jerami, dan kayu. Bahan baku pembuatan bioetanol terdiri dari bahan-bahan yang mengandung karbohidrat, glukosa, dan selulosa. Tetapi disisi lain penggunaan bahan baku tersebut secara besar-besaran dapat mengganggu kebutuhan pangan karena bahan yang

mengandung karbohidrat, glukosa, dan selulosa sebagian besar merupakan bahan pangan. Oleh karena itu, diperlukan bahan baku lain yang lebih efektif dan efisien yang tidak berfungsi sebagai bahan pangan saja, salah satunya adalah bonggol jagung. Tongkol jagung yang termasuk biomassa mengandung lignoselulosa dan sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol karena memiliki kandungan selulosa yang cukup banyak.

Bioetanol merupakan etanol yang berasal dari sumber hayati, misalnya tebu, nira sorgum, ubi kayu, garut, ubi jalar, jagung, jerami, dan kayu. Bahan baku pembuatan bioetanol terdiri dari bahan-bahan yang mengandung karbohidrat, glukosa, dan selulosa. Tetapi disisi lain penggunaan bahan baku tersebut secara besar-besaran dapat mengganggu kebutuhan pangan karena bahan yang mengandung karbohidrat, glukosa, dan selulosa sebagian besar merupakan bahan pangan. Oleh karena itu, diperlukan bahan baku lain yang lebih efektif dan efisien yang tidak berfungsi sebagai bahan pangan saja, salah satunya adalah bonggol jagung. Bonggol jagung yang termasuk biomassa mengandung lignoselulosa dan sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi bioetanol karena memiliki kandungan selulosa yang cukup banyak.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan ragi pada starter terhadap alkohol?
 2. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar alkohol yang dihasilkan?
- Penelitian ini bertujuan untuk:
1. Mempelajari pengaruh, penambahan ragi pada starter dan pengaruh waktu
 2. fermentasi terhadap kadar alkohol.
 3. Menghitung kadar bioetanol dari hasil distilasi.
 4. Memberikan informasi tentang pemanfaatan bonggol jagung sebagai bioethanol.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi dalam mewujudkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya pengolahan bioetanol.
2. Sebagai penerapan teknologi proses pengolahan bioetanol yang dapat diaplikasikan dalam skala industri.
3. Sebagai alternatif solusi untuk mengatasi krisis energi dengan menggunakan bioetanol sebagai bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan dan dapat mensubstitusi premium dengan harga yang relatif lebih murah.

Karakteristik kimia dan fisika dari bonggol jagung sangat cocok untuk pembuatan tenaga alternative (bioetanol), kadar senyawa kompleks lignin dalam bonggol jagung adalah 6,7-13,9%, untuk hemiselulose 39,8% , dan selulose 32,3-45,6%. Selulose hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam,

melainkan selalu berikatan dengan bahan lain yaitu lignin dan hemiselulose. Serat selulose alami terdapat di dalam dinding sel tanaman dan material vegetatif lainnya. Selulose murni mengandung 44,4% C, 6,2% H dan 49,3% O. Rumus empiris selulose adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$, dengan banyaknya satuan glukosa yang disebut dengan derajat polimerisasi (DP), dimana jumlahnya mencapai 1.200-10.000 dan panjang molekul sekurang-sekurangnya 5.000 nm. Berat molekul selulose rata-rata sekitar 400.000 Mikrofibril selulose terdiri atas bagian amorf (15%) dan bagian berkrystal (85%). Struktur berkrystal dan adanya lignin serta hemiselulose disekeliling selulose merupakan hambatan utama untuk menghidrolisa selulose (Sjostrom, 1995).

Lignin adalah polimer aromatik kompleks yang terbentuk melalui polimerisasi tiga dimensi dari sinamil alcohol (turunan fenil propane) dengan bobot melekul mencapai 11.000. Dengan kata lain, lignin adalah makromolekul dari polifenil. Polimer lignin dapat dikonversi ke monomernya tanpa mengalami perubahan pada bentuk dasarnya. Lignin yang melindungi selulose bersifat tahan terhadap hidrolisis karena adanya ikatan arilalkil dan ikatan eter.

Bioetanol

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara hidrolisa dan fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Etanol adalah etil alkohol (C_2H_5OH) yang dapat dibuat dengan cara sintesis *ethylen* atau dengan fermentasi glukosa. Etanol diproduksi melalui hidrasi katalitik dari *etilen* atau melalui proses fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Beberapa bakteri seperti *Zymomonas mobilis* juga diketahui memiliki kemampuan untuk melakukan fermentasi dalam memproduksi etanol (Prastowo, 2007).

Etanol adalah senyawa organik yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, sehingga dapat dilihat sebagai derivat senyawa hidrokarbon yang mempunyai gugus hidroksil dengan rumus C_2H_5OH . Etanol merupakan zat cair, tidak berwarna, berbau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air dengan segala perbandingan.

Sifat-sifat fisis etanol adalah sebagai berikut:

1. Rumus molekul : C_2H_5OH
2. Berat molekul : 46,07 gram / mol

3. Titik didih pada 1 atm : 78,4°C
 4. Titik beku : -112°C
 5. Bentuk : cair
 6. Warna : tidak berwarna
- Sifat-sifat kimia etanol adalah sebagai berikut:

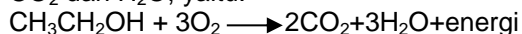
1. Berbobot molekul rendah sehingga larut dalam air
2. Diperoleh dari fermentasi gula

Pembentukan etanol adalah sebagai berikut:

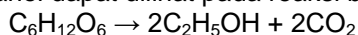


Pembakaran etanol akan menghasilkan

CO₂ dan H₂O, yaitu:



Secara teoritis, hidrolisis glukosa akan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Perbandingan mol antara glukosa dan etanol dapat dilihat pada reaksi berikut:



Satu mol glukosa menghasilkan 2 mol *ethanol* dan 2 mol karbondioksida, atau dengan perbandingan bobot tiap 180g glukosa akan menghasilkan 90g etanol. Dengan melihat kondisi tersebut, perlu diupayakan penggunaan substrat yang murah untuk dapat menekan biaya produksi etanol sehingga harganya bisa lebih mudah. Penggunaan bioetanol di antaranya adalah sebagai bahan baku industri, minuman, farmasi, kosmetika, dan bahan bakar. Beberapa jenis etanol berdasarkan kandungan alkohol dan penggunaannya adalah (1) *industrial crude* (90-94,9% v/v), *rectified* (95-96,5% v/v), (2) jenis etanol yang netral, aman untuk bahan minuman dan farmasi (96-99,5% v/v), dan (3) etanol untuk bahan bakar, *fuel grade* etanol (99,5-100% v/v). Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi adalah tidak memberikan tambahan *netto* karbondioksida pada lingkungan karena CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari CO₂ digunakan dalam proses fotosintesis. Di samping itu, bahan bakar bioetanol memiliki nilai oktan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan peningkat oktan (*octane enhancer*) menggantikan senyawa eter dan logam berat seperti Pb sebagai *anti-knocking agent* yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Dengan nilai oktan yang tinggi, maka proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan emisi gas buang hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor lebih baik. Bioetanol bisa digunakan dalam bentuk murni atau sebagai campuran bahan bakar

gasoline (bensin). Dibanding bensin, etanol lebih baik karena memiliki angka *research octane* 108,6 dan *motor octane* 89,7, angka tersebut melampaui nilai maksimum yang mungkin dicapai oleh gasolin, yaitu *research octane* 88 (Perry, 1999).

Hidrolisa Asam Sulfat

Hidrolisis asam adalah hidrolisis yang menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida menjadi (pati) menjadi glukosa. Hidrolisis asam biasanya menggunakan asam klorida (HCl) atau asam sulfat H₂SO₄. Asam sulfat bersifat sebagai katalisator pemecah karbohidrat menjadi gula, dan pada saat fermentasi akan diuraikan dengan menggunakan *sacharomyces cerevisiae* (ragi) menjadi alkohol.

Hasil hidrolisa menunjukkan penurunan kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin, disertai dengan naiknya jumlah kadar gula pereduksi. Hal ini dikarenakan adanya pemecahan atau pemutusan ikatan-ikatan glikosida pada selulosa dan hemiselulosa sehingga kadar glukosa pereduksi meningkat. Proses hidrolisa adalah suatu proses pemutusan rantai polimer pati (C₂H₁₂O₆)_n menjadi unit-unit monosakarida (C₂H₁₂O₆). Penurunan kadar lignin pada proses hidrolisa mempengaruhi peningkatan jumlah gula pereduksi yang dihasilkan. Lignin cukup sulit untuk di hidrolisis sehingga perubahan menjadi glukosa pun lebih susah, akan tetapi dengan menggunakan asam kuat akan dapat melepas lignin dari selulosa, maka selulosa akan mudah dihidrolisis oleh air (Fredy, 2011).

Hidrolisis dengan menggunakan H₂SO₄ (asam kuat) dapat mempengaruhi kadar gula dalam bonggol jagung, hal ini disebabkan karena kandungan yang terdapat pada bonggol jagung yang berupa senyawa kompleks dapat dipecah sehingga menjadi senyawa sederhana (glukosa), sehingga kandungan glukosa pada substrat bonggol jagung bertambah. Dengan terbentuknya senyawa yang lebih sederhana akan memudahkan mikroba untuk melakukan fermentasi.

Dalam proses hidrolisis menggunakan asam kuat (H₂SO₄), gugus H⁺ dari H₂SO₄ akan memutuskan ikatan glikosida pada selulosa limbah baglog jamur menjadi gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas akan berikatan dengan gugus OH⁻ dari air membentuk gula pereduksi. Rendahnya kadar gula pereduksi yang dihasilkan dari

proses hidrolisis asam disebabkan oleh konsentrasi larutan H_2SO_4 yang tinggi menyebabkan jumlah air dalam komposisi larutan hidrolisis semakin sedikit, sehingga kebutuhan OH^- sebagai pengikat radikal bebas berkurang (Lutfi, 2010). Dari hasil perbandingan pada hasil penelitian konsentrasi H_2SO_4 0,5% menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi larutan H_2SO_4 pada larutan hidrolisis, maka kandungan air dalam larutan semakin sedikit. Banyaknya radikal bebas yang terbentuk dari pemutusan H^+ dari H_2SO_4 tidak dapat terbentuk menjadi kadar gula pereduksi, sebab OH^- sebagai pengikat radikal bebas berkurang dan glukosa yang terbentuk sedikit (Fredy, 2011).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada hidrolisis pati antara lain:

a. Suhu

Dari kinetika reaksi, semakin tinggi suhu reaksi makin cepat pula jalannya reaksi. Tetapi apabila proses berlangsung pada suhu yang tinggi, konversi akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang.

b. Waktu

Semakin lama waktu hidrolisis, konversi yang dicapai semakin besar dan pada batas waktu tertentu akan diperoleh konversi yang relatif baik dan apabila waktu tersebut diperpanjang, penambahan konversi kecil sekali.

c. Pencampuran pereaksi

Karena pati tidak larut dalam air maka pengadukan perlu diadakan agar persentuhan butir-butir pati dan air dapat berlangsung dengan baik.

d. Konsentrasi katalisator

Penambahan katalisator bertujuan memperbesar kecepatan reaksi. Jadi semakin banyak jumlah katalisator yang dipakai makin cepat reaksi hidrolisis. Dalam waktu tertentu pati yang berubah menjadi glukosa juga meningkat.

e. Kadar suspensi pati.

Perbandingan antara air dan pati yang tepat akan membuat reaksi hidrolisis berjalan cepat.

Fermentasi

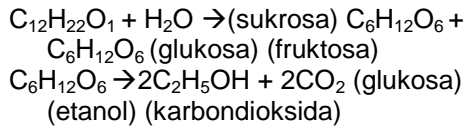
Fermentasi adalah proses terjadinya dekomposisi gula menjadi alkohol dan karbon dioksida. Proses fermentasi ini dimanfaatkan oleh para pembuat bir, roti, anggur, bahan kimia, para ibu rumah tangga

dan lain-lain. Alkohol dapat dibuat dari bahan penghasil karbohidrat apa saja yang dapat difermentasi oleh khamir. Apabila padi-padian seperti jagung dan karbohidrat kompleks yang lain dipergunakan sebagai bahan mentah, maka pertama-tama bahan tersebut perlu dihidrolisis menjadi gula sederhana yang dapat difermentasikan (Pelczar dan Chan, 1988).

Menurut Rukmana (2000), berdasarkan produk yang difermentasi digolongkan menjadi dua macam yaitu:

1. Fermentasi alkoholis yaitu fermentasi yang menghasilkan alkohol sebagai produk akhir disamping produk lainnya, misalnya pada pembuatan *wine*, *cider*, dan *tape*.
2. Fermentasi nonalkoholis yaitu fermentasi yang tidak menghasilkan alkohol sebagai produk akhir selain bahan lainnya, misalnya pada pembuatan tempe, antibiotika dan lain-lain.

Hasil fermentasi dipengaruhi oleh teknologi yang dipakai. Pemilihan mikroorganisme biasanya didasarkan pada jenis karbohidrat yang digunakan sebagai medium. Misalnya untuk memproduksi alkohol dari pati dan gula dipergunakan *saccharomyces cerevisiae* dan kadang-kadang digunakan untuk bahan-bahan laktosa dari *whey* (air yang ditinggalkan setelah susu dibuat keju) menggunakan *candida pseudotropicalis*. Seleksi tersebut bertujuan didapatkan mikroorganisme yang mampu ditumbuhkan dengan cepat dan mempunyai toleransi terhadap konsentrasi gula yang tinggi, mampu menghasilkan alkohol dalam jumlah banyak dan tahan terhadap alkohol tersebut. Menurut Schlegel dan Schmidt (1994), produksi utama alkohol adalah ragi, terutama dari strain *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi-raji, seperti yang juga kebanyakan fungi merupakan organisme yang bersifat aerob. Dalam lingkungan terisolasi dari udara, organisme ini meragikan karbohidrat menjadi etanol dan karbon dioksida. Dengan mengalirkan udara, maka peragian dapat dihambat sempurna dengan memasukkan banyak udara. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan khamir yang penting pada fermentasi yang utama dan akhir, karena mampu memproduksi alkohol dalam konsentrasi tinggi dan fermentasi spontan. Berikut adalah proses sukrosa oleh ragi (*yeast*) *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan etanol:

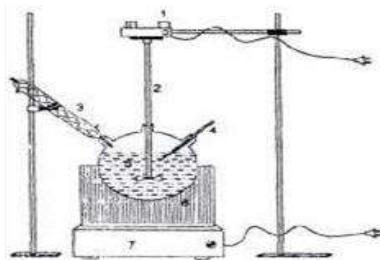


Fungsi dari ragi adalah sebagai katalisator. Pembuatan etanol dengan menggunakan ragi ini hanya bisa dilakukan secara langsung pada bahan yang mengandung gula. Hal ini disebabkan karena ragi *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat menghasilkan enzim *amilase*. Oleh karena itu bahan yang mengandung pati seperti singkong, harus diubah dahulu menjadi glukosa. Konversi etanol maksimum yang bisa dihasilkan dari *Saccharomyces cerevisiae* adalah 8-12% (Hambali, 2009).

Distilasi

Distilasi adalah proses penguapan dan pengembunan kembali untuk memisahkan campuran dua atau lebih zat cair ke dalam fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didih. Pada umumnya, pemisahan hasil fermentasi glukosa/dektrosa menggunakan sistem uap-cairan, dan terdiri dari komponen-komponen tertentu yang mudah tercampur. Umumnya distilasi berlangsung pada tekanan atmosfer, contoh dalam hal ini adalah sistem alkohol air, yang pada tekanan atmosfer memiliki titik didih sebesar 78°C.

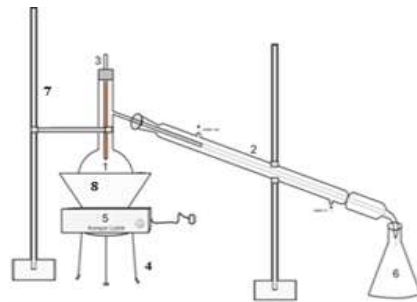
Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Kimia, IST AKPRIND Yogyakarta. Alat yang digunakan adalah seperangkat alat distilasi, kompor listrik, timbangan, parutan, saringan, propipet, pipet volume, labu leher tiga, labu takar, gelas ukur, gelas beaker, piknometer, oven, Erlenmeyer, pipet tetes, sendok, kertas saring, kertas pH, screen (ayakan 40 mesh). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bonggol jagung, H₂SO₄, NaOH, ragi roti (fermipan), aquadest, urea. Gambar 1 menampilkan rangkaian alat hidrolisis yang digunakan, Gambar 2 menampilkan proses fermentasi bonggol jagung, sedangkan Gambar 3 menunjukkan proses distilasi hasil fermentasi bonggol jagung.



Gambar 1: Rangkaian alat hidrolisis



Gambar 2: Fermentasi bonggol jagung



Gambar 3: Distilasi hasil fermentasi bonggol jagung

Prosedur Penelitian

a. Proses persiapan bahan baku

Perlakuan fisika terhadap bonggol jagung meliputi pencucian, dan pengayaan. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan yang terikut dalam bonggol seperti tanah, cangkang dan kotoran lain. Tahap pemarkisan bertujuan untuk memperkecil ukuran bonggol jagung. Alat yang digunakan adalah parutan. Bonggol yang sudah dihancurkan kemudian diayak dengan ukuran 40 mash.

b. Proses hidrolisis

Proses hidrolisis diawali dengan memasukan 40 gram serbuk bonggol jagung dengan ukuran 40 mash serta 300 mL larutan H₂SO₄ 0,5 N ke dalam labu leher tiga, pemanas dihidupkan, hidrolisis dilakukan dengan temperatur divariasikan Suhu hidrolisis divariasikan (80°C, 90°C, 100°C, 110°C, dan 120°C) dan waktu juga divariasikan (0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2jam; dan 2,5 jam) disertai pengadukan. Kemudian pemanas dan pengadukan dimatikan, serta hasil yang diperoleh didinginkan.

c. Pembuatan starter

Mengukur pH dari larutan hasil hidrolisis tersebut dengan kertas pH dan tambahkan NaOH sedikit demi sedikit, dihentikan penambahan sampai pH larutan mencapai

4,5-5,5. Larutan hasil hidrolisis diambil 20 mL, dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 0,01 gram urea dan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi) 3 gram dan ditutup dengan kertas saring, dan diamkan pada suhu kamar selama 1x24 jam.

d. Proses fermentasi

Proses fermentasi dilakukan menggunakan seperangkat alat fermentasi dengan proses anaerob. Hasil hidrolisis diambil 200 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditambahkan 0,09 gram urea, dan starter ke dalam botol. Fermentasi dilakukan pada suhu 30°C dan waktu yang divariasikan yaitu 3 hari. Hasil fermentasi yang diperoleh kemudian didistilasi.

e. Proses distilasi

Proses distilasi pada penelitian ini menggunakan seperangkat alat distilasi. Proses distilasi diawali dengan menyaring larutan hasil fermentasi dengan kertas saring/saringan, kemudian memasukkan filtrat yang dihasilkan ke dalam labu leher tiga dan mendistilasinya. Proses distilasi berlangsung sampai suhu $\pm 100^\circ\text{C}$ sampai distilat tidak menetes lagi (habis) yang tertinggal hanya residu (pengotor). Kemudian menganalisis kadar etanol hasil distilasi yang diperoleh

PEMBAHASAN

Analisis Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini berupa serbuk tonggol jagung dengan ukuran 40 mash, setelah dilakukan analisis kadar air diperoleh hasil sebesar 2,585%.

Pengaruh Penambahan Ragi terhadap Kadar Etanol

Untuk mengetahui pengaruh penambahan ragi terhadap kadar etanol, divariasikan penambahan ragi pada starter yaitu: 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram, sedangkan variabel yang lain dapat dibuat konstan. Berikut ini adalah data penelitian yang dilakukan:

- 1) Suhu hidrolisis: 100°C.
- 2) Waktu hidrolisis: 2 jam.
- 3) Kecepatan pengadukan: 140 rpm.
- 4) Konsentrasi H₂SO₄: 0,5 N.
Waktu fermentasi: 2 hari.
- 5) Ukuran serbuk bonggol jagung: 40 mash.
- 6) pH sampel: 4,5-5,5.
- 7) Volume H₂SO₄: 300 mL.
- 8) Berat bahan baku: 300 gram.

9) Urea: 0,9 gram.

10) Volume pada fermentasi: 220 ml.

Hasil penelitian yang diperoleh ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh penambahan ragi terhadap kadar etanol

No	Berat ragi (gram)	Kadar etanol (%)
1	1	0,12235
2	2	0,14406
3	3	0,42718
4	4	0,23199
5	5	0,20931

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perlakuan penambahan ragi 1 gram dan 2 gram tidak memperlihatkan adanya perubahan yang signifikan, sehingga kadar etanol yang dihasilkan sangat rendah. Penambahan ragi yang tidak optimal, dapat mengakibatkan mikroba pada ragi tidak mampu menguraikan glukosa menjadi etanol dengan sempurna.

Pengujian selanjutnya, penambahan ragi 3 gram memperlihatkan perubahan yang signifikan pada bau dan warna. Kadar etanol yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan ragi sebelumnya. Dengan adanya perbedaan penambahan ragi pada starter dapat meningkatkan jumlah mikroba (*Saccharomyces cerevisiae*) serta pertumbuhan mikroba tersebut dapat terpenuhi oleh nutrisi pada wadah fermentasi, sehingga mikroba pada ragi tersebut dapat mampu mendegradasi pada fermentasi lebih baik. Persentase etanol yang dihasilkan pada hasil terbaik (optimal) yaitu sebesar 0,4271%.

Pengujian selanjutnya, penambahan 4 gram dan 5 gram tidak memperlihatkan perubahan yang signifikan, kadar etanol yang dihasilkan cenderung menurun. Penambahan ragi yang berlebihan dapat menurunkan produksi kadar etanol. Ragi yang berlebihan meningkatkan jumlah mikroba yang semakin banyak pula yang dapat mengurangi kadar glukosa pada wadah fermentasi. Glukosa tersebut digunakan mikroba sebagai nutrisi untuk mempertahankan hidup. Aktivitas dan pertumbuhan ragi sangat mempengaruhi jumlah kadar biaetanol yang dihasilkan.

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol dapat

divariasikan waktu fermentasi yaitu (1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari), sedangkan variabel lain dibuat tetap. Data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Suhu hidrolisis: 100°C.
- 2) Waktu hidrolisis: 2 jam.
- 3) Kecepatan pengadukan: 140 rpm.
- 4) Konsentrasi H₂SO₄: 0,5 N.
- 5) Berat ragi: 3 gram.
- 6) Ukuran serbuk bonggol jagung: 40 mash.
- 7) pH sample: 4,5-5,5.
- 8) Volume H₂SO₄: 300 mL.
- 9) Berat bahan baku: 300 gram.
- 10) Urea: 0,9 gram.
- 11) Volume pada fermentasi: 220 mL.

Tabel 2 menampilkan data Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol phasil eksperimen.

Tabel 2 Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar etanol

No	Waktu fermentasi (hari)	Kadar Etanol (%)
1	1	0,4032
2	2	0,44657
3	3	0,66447
4	4	0,42478
5	5	0,38120

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa semakin lama waktu fermentasi dengan penambahan ragi tertentu, maka kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi, tetapi pada waktu tertentu (4 hari) kadar etanol akan menurun. Hasil analisa menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi 1 hari dan 2 hari, mengalami perubahan yang tidak signifikan dan menghasilkan kadar etanol yang rendah. Waktu yang dibutuhkan mikroba (*saccharomyces cerevisiae*) untuk mendegradasi pada fermentasi tidak terlalu lama (sangat singkat).

Pengujian selanjutnya, pada waktu fermentasi 3 hari mengalami perubahan yang signifikan (bau dan warna) dan kadar etanol yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan waktu fermentasi seblunya. Hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan mikroba untuk menderadasi pada fermentasi lebih lama serta nutrisi yang dibutuhkan mikroba untuk berkembang biak dapat terpenuhi. Persentase kadar etanol yang dihasilkan berada pada hasil terbaik (optimal) sebesar 0,66447%

Pengujian selanjutnya, peningkatan waktu fermentasi yaitu 4 hari dan 5 hari, mengalami perubahan tetapi tidak signifikan

dan kadar etanol yang dihasilkan sangat rendah. Semakin lama waktu fermentasi maka mikroba pada ragi tidak mampu lagi mendegradasi pada fermentasi dengan baik yang disebabkan berkurangnya nutrisi pada wadah fermentasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa waktu dan suhu hidrolisis berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Penambahan ragi yang optimal pada kadar etanol 0,4271% adalah seberat 3 gram. Waktu fermentasi yang optimal untuk kadar etanol 0,66447% adalah pada waktu fermentasi 3 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Cole, B. dan Fort, R., 2007, http://Chemistry_umeche_maine.edu/Fort/cole_Fort.html, diakses Februari 2018.
- Fengel, D. dan Wegener, G., 1995, Kayu: Kimia, Ultra Struktur, *Reaksi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Frisanto, F., 2011, Pemanfaatan Biomassa Bonggol Jagung Menjadi Bioetanol, *Seminar Tugas Akhir S1 Jurusan Kimia FMIPA UNDIP*, Jurusan Kimia UNDIP, (Tidak dipublikasi).
- Gozan, M., 2007, Sakarifikasi dan Fermentasi Bagas Menjadi Etanol Menggunakan Enzim Sellulase dan Enzim Sellobiase, *Jurnal Teknologi*, Vol. 8.
- Gozan, M., 2017, Sakarifikasi dan Fermentasi Bagas Menjadi Etanol Menggunakan Enzim Sellulase dan Enzim Sellobiase, *Jurnal Teknologi*.
- Hambali, S., 2009, Pemanfaatan Kulit Pisang dengan Cara Fermentasi untuk Pembuatan Alkohol, *Majalah Bistek*, Edisi 06/Tahun VI/Desember, 20-28.
- Lutfi, S., 2010, Bioetanol dari Rumput Gajah Melalui Hidrolisis Menggunakan Asam Sulfat, *Digital Library*.
- Pelczar, M. dan Chan., 1988, *Dasar-dasar Mikrobiologi*, Jakarta: UI Press.
- Perry, R. H., 1999, *Chemical Engineering Handbook*, New York: Mc. Graw Hill.
- Prastowo, B., 2007, Potensi Sektor Pertanian Sebagai Hasil dan Pengguna Energi Terbarukan, *Perspektif*, Vol. 6 No. 2, Desember 2007.
- Schlegel, H. G. dan Schmidt, K., 1994, *Mikrobiologi umum*. Gajah Mada Yogyakarta: University Press.

- Simamora, S., 2008, *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas*, Jakarta: Agromedia.
- Sjostrom, E., (1995), *Kimia Kayu: Dasar-dasar dan Penggunaan*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suprpto, H. S. dan Rasyid, M. S., 2002, *Bertanam Jagung*, Jakarta: Penebar Swadaya.

BIODATA PENULIS

Hadi Prsaetyo Suseno, S.T., M.Si., C.WS., lahir di Lampung tanggal 05 Oktober 1958, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Kimia dari IST AKPRIND Yogyakarta, dan S2 bidang ilmu Kimia Lingkungan dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta tahun 2005. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap Jurusan Teknik Lingkungan di IST AKPRIND Yogyakarta dengan jabatan akademik Lektor, bidang minat penelitian tentang produksi bersih, K3 industri, dan teknik lingkungan.

ISSN 1979-8415



9 771979 841598