

DAFTAR ISI

Aplikasi Opinion Mining Dan Sentiment Analysis Untuk Merancang Mesin Pencari Opini Pada Kuesener Mahasiswa <i>Amir Hamzah, Naniek Widyastuti</i>	001 - 010
Uji Manova Untuk Mengetahui Pengaruh Pemekaran Wilayah Terhadap Perkembangan Jumlah Area Terbangun Permukiman (Studi Kasus Di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara) <i>Ani Apriani</i>	011 - 017
Implementasi Sensor IMU MPU6050 Berbasis Serial I2C pada Self-Balancing Robot <i>Beny Firman</i>	018 - 024
Kajian teknis pemanfaatan abu terbang (Fly Ash) untuk PT. Makmur Sejahtera Wisesa Sebagai Base Laydown Aset Project PT. Adaro Indonesia <i>Dedi Herawadi, Edy Nursant, Eddy Winarno</i>	025 - 031
Sintesis Furfural Dari Kulit Buah Kapuk Randu Dengan Katalisator Asam Khlorida <i>Ganjar Andaka</i>	032 - 039
Penerapan Pendekatan Model Waterfall Dalam Pengembangan Sistem E-Rapor <i>Langgeng Hadi Prasetyo, Firdiyan Syah, Sapta Hary Surya Wibowo, Fajar Ardanu, Suyadi, Emma Utami</i>	040 - 048
Studi Rekomendasi Penggalian Ditinjau Dari Struktur Bidang Lemah Dan Kekuatan Batuan Lava Andesit Di Daerah Girimulyo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta <i>Nur Widi Astanto Agus Triheriyadi, Arie Noor Rakhman</i>	049 - 058
Deteksi Pola Makanan Khas Kulonprogo "Geblek" Dengan <i>Images</i> Blending dan Operator Canny <i>Putri Taqwa Prasetyaningrum</i>	059 - 064
Pengaruh Arus Lalu Lintas Terhadap Panjang Antrean Menggunakan Regresi Linear <i>Ridayati</i>	065 - 073
Pengujian Tegangan Tembus Pada Isolasi <i>Rubber</i> Dalam Rendaman Minyak <i>Slamet Hani</i>	074 - 081
Pengaruh Massa Katalis Zeolit Alam Pada Proses Pirolisis Limbah Plastik <i>Low Density Polyethylene (LDPE)</i> <i>Stephanus Danny Kurniawan, Harwin Saptodi</i>	082 - 086
Pembasmi Hama Serangga Menggunakan Cahaya Lampu Bertenaga Solar Cell <i>Subandi</i>	087 - 093

Analisis Pohon Keputusan Terhadap Analogi Taksonomi Bloom Untuk 094 - 100
Menentukan Tingkat Kemampuan Mahasiswa
Danny Kriestanto

APLIKASI OPINION MINING DAN SENTIMENT ANALYSIS UNTUK MERANCANG MESIN PENCARI OPINI PADA KUESENER MAHASISWA

Amir Hamzah¹, Naniek Widyastuti²

^{1,2}Jurusan Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk : 2 Mei 2016, revisi masuk : 13 Juli 2016, diterima : 25 Juli 2016

ABSTRACT

The measurement of academic services using questionnaires with multiple choice answers generally provide comments and advice columns. In the data analysis results, comments and suggestions made by the thousands of students can not be utilized due to the lack of analysis tools. Whereas comments and suggestions can actually contain student opinions on various things, such as facilities, faculty, library and others. Opinion mining and sentiment analysis as a new tool in text mining can be applied to the data to utilize comments and suggestions. This research applied HMM-POS Tagger to give automatically POS TAG to the sentence based on training POS TAG data by using the Hidden Markov Model. By implementing POS TAG pattern the comments can then be determined whether it was opinion or not. Moreover if it were opinion it can be determined its target and also the orientation of the opinion whether it is positive or negative. The data used was 1,000 comments given POS-TAG manually and 1,000 comments as test data. Sentiment analysis is applied using four methods of classification, namely SVM, NBC, ME and KM-Clustering. The result showed that the accuracy of POS-Tagger was 0.95 and the average of accuracy of four classification method was 0.85.

Keywords: HMM POS_Tagger, opinion, classification

INTISARI

Pengukuran pelayanan akademis menggunakan kuesener dengan jawaban multiple choice umumnya menyediakan kolom komentar dan saran. Pada analisis data, komentar dan saran yang berjumlah ribuan ini tidak dapat dimanfaatkan karena tidak adanya alat analisis. Padahal komentar dan saran ini sebenarnya memuat opini mahasiswa tentang berbagai hal, misalnya sarana, dosen, perpustakaan dan lain-lain. Opinion mining dan sentiment analysis sebagai alat baru dalam text mining dapat diterapkan untuk memberdayakan data komentar dan saran. Penelitian ini menerapkan HMM-POS Tagger untuk memberikan POS-TAG otomatis pada data komentar berdasarkan data training POS-TAG menggunakan teknik Hidden Markov Model. Dengan menerapkan pola POS-Tag selanjutnya dapat ditetapkan apakah suatu kalimat komentar itu opini atau bukan. Lebih jauhnya jika ia opini, maka selanjutnya dapat dicari apakah target dari opini tersebut dan apakah orientasi opini tersebut positif atau negatif. Data yang digunakan adalah 1.000 komentar yang diberikan POS-TAG manual dan 1.000 komentar sebagai data uji. Sentiment analysis diterapkan dengan menggunakan 4 metode klasifikasi, yaitu SVM, NBC, ME dan KM-Clustering. Hasil menunjukkan bahwa POS Tagger memiliki akurasi 0.95 sedangkan rata-rata akurasi dari 4 metode klasifikasi adalah 0.85.

Kata Kunci : HMM POS_Tagger, opini, klasifikasi

PENDAHULUAN

Opini dan orientasi opini adalah bagian terpenting dalam pengambilan keputusan untuk suatu

kebijakan. Keputusan yang tepat sangat dipengaruhi oleh analisis opini dari berbagai sumber yang terkait dengan pengambilan keputusan. Sebagai contoh

pada dunia bisnis, penambahan produk oleh manajer produksi sangat memerlukan analisis dari *review* produk barang yang ada di pasaran. Contoh lain misalnya pada manajemen pelayanan pendidikan di perguruan tinggi, pengukuran tentang tingkat kepuasan layanan pembelajaran dapat diukur dari opini mahasiswa tentang proses pembelajaran. Opini muncul pada berbagai situasi, misalnya yang dengan sengaja diminta oleh suatu alat peninjauan opini melalui permintaan saran dalam aktivitas kuesener, atau muncul secara alami dari suatu forum *on line* yang disediakan oleh situs resmi perguruan tinggi. Volume opini *on line* yang berupa teks bebas ini semakin hari semakin banyak dan umumnya tidak dimanfaatkan karena bentuknya yang tidak terstruktur.

Keberadaan internet dan sumber informasi *on-line* lainnya berkembang sangat pesat. Data dan informasi *online* dari perusahaan dan organisasi pada umumnya berbentuk tidak terstruktur dan umumnya berbentuk teks yang mencapai 80% (Grimes, 2013). Ditemukannya media sosial seperti *Facebook* (2004) dan *Tweeter* (2006) telah mendorong kegiatan seperti *review*, forum diskusi, blog, *micro-blog*, komentar, dan posting yang melipatgandakan keberadaan dokumen teks di internet. Hal ini karena media sosial tersebut telah digunakan baik oleh individu maupun organisasi untuk berbagai kepentingan di dalam melakukan kegiatan sharing informasi. Kondisi ledakan informasi ini semakin menyulitkan proses *data mining* sebagaimana jauh hari telah diprediksi (Putten, et.al., 2002). Untuk itu pengembangan penelitian di bidang *opinion mining* menjadi topik yang sangat penting disamping juga topik-topik sebelumnya, yaitu *data mining* dan *text mining*.

Salah satu cabang riset yang kemudian berkembang dari situasi ledakan informasi di internet adalah *sentiment analysis* dan *opinion mining*. *Opinion mining* menjadi riset yang menantang karena didalamnya terdapat akumulasi dari berbagai tantangan riset, yaitu dari bidang *Information Retrieval*

(IR) : *information extraction, information summarization, document classification* dan dari bidang *Natural Language Processing* (NLP) seperti *Named Entity Recognition* (NER) dan *document subjectivity analysis* (Pang and Lee, 2002). Cabang riset ini mengkaji bagaimana seseorang mengekstrak opini dari media *online* dan melakukan analisis terhadap opini tersebut. *Sentiment Analysis* atau *opinion mining* adalah studi komputasional dari opini-opini orang, *appraisal* dan emosi melalui entitas, *event* dan atribut yang dimiliki (Liu, 2010).

Aplikasi *sentiment analysis* dan *opinion mining* untuk melakukan evaluasi kebijakan dan pengambilan keputusan menjanjikan cara yang lebih praktis dan ekonomis dibandingkan dengan metode klasik menggunakan pendekatan kuesener. Kritik terhadap metode kuesener sebagai metode yang lama dan mahal, disamping juga memberikan hasil yang kadang kurang dapat menangkap problem yang sebenarnya. Kuesener dan interview dinilai lemah karena pada umumnya orang kurang suka menjawab pertanyaan survei yang kadang bertele-tele. Dalam posisi ini *opinion mining* menjawab persoalan penggalian opini dengan cara mendengar (*by listening*) dari pada dengan bertanya seperti kuesener (*by asking*), sehingga lebih akurat mencerminkan realitas sebenarnya (Shelke, et.al., 2012). Bahkan lebih jauh *opinion mining* memungkinkan untuk menangkap emosi pemilik opini (Loia and Senatore, 2014). Contoh bagus dalam masalah ini adalah penelitian Greaves et.al. (2013) di *English National Health Service website* yang menangkap 6.412 *comment* bebas dari pasien yang dirawat. Analisis tentang *comment* terkait dengan kebersihan, pelayanan rumah sakit dan berbagai aspek tanggung jawab rumah sakit memberikan hasil kesesuaian antara 81% sampai 89% dibandingkan dengan metode rating kuantitatif yang diberikan melalui kuesener.

Institut Sains dan Teknologi AKPRIND sebagai lembaga pendidikan tinggi senantiasa ingin meningkatkan layanan dalam manajemen untuk pembelajaran. Untuk maksud tersebut

pada setiap akhir semester bagian administrasi akademik mengadakan evaluasi layanan pembelajaran yang menggunakan instrumen kuesener dengan butir-butir jawaban yang telah disediakan. Selama ini ada data kuesener yang tidak dapat dimanfaatkan dan dianalisis yaitu data **saran** mahasiswa. Data ini jumlahnya mencapai ribuan **saran** atau lebih tepatnya **opini** yang berasal dari seluruh seluruh peserta dari seluruh mata kuliah. Saran/opini dapat mengenai suasana akademik, dosen, ruang kuliah, AC, OHP, atau fasilitas kampus lainnya. Dalam beberapa tahun data ini semakin menumpuk.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun suatu prototype perangkat lunak yang dapat melakukan ekstraksi opini dari suatu koleksi dokumen teks komentar, kemudian menentukan target opini dan orientasi opini.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian penerapan teknik *opinion mining* dan *sentiment analysis* untuk menganalisa data-data saran/opini mahasiswa. Penelitian ini juga dirancang untuk menciptakan prototipe perangkat lunak *opinion mining* dan *sentiment analysis* yang dapat melakukan ekstraksi opini, menganalisis opini, memetakan target opini dan menetapkan orientasi opini.

Metode yang digunakan untuk melakukan ekstraksi opini adalah dengan menerapkan *HMM-POS Tagger*. Metode ini diterapkan pada koleksi data latih yang merupakan kalimat opini dan kalimat non opini yang telah diberikan POS-TAG atau tanda *Part of Speech* dari kata-kata tersebut pada setiap kata. Program diharapkan dapat mengekstrak opini dari teks komentar kuesener, sekaligus mencari objek opini. Untuk orientasi opini dicobakan empat pendekatan metode klasifikasi yaitu menggunakan NBC (*Naïve Bayes Classifier*) dan SVM (*Support Vector Machine*), ME (*Maximum Entropy*) dan KMC (*K-Means Clustering*).

HMM-POS Tagger adalah metode untuk melakukan POS-tagging pada suatu kalimat secara otomatis berdasarkan suatu analisis dan

karakteristik data POS-tag dari koleksi data training. *Part-of-Speech (POS) tagging* atau dikenal dengan *grammatical tagging* adalah proses untuk memberikan suatu POS-tag pada suatu kata dalam suatu teks kalimat. *Part-of-speech* adalah kategori gramatikal kata-kata dalam suatu kalimat, misalnya kata kerja (VERB), kata benda (NOUN), kata sifat (ADJECTIVE), dan lain-lain. POS *tagging* merupakan alat penting dalam banyak aplikasi pengolahan bahasa alami seperti proses disambiguasi, *parsing*, sistem *question-answer*, dan *machine translation*. Dikarenakan menetapkan *part-of-speech* tag untuk kata-kata dalam kalimat secara manual sangatlah mahal, melelahkan, dan memakan waktu, maka telah muncul minat yang luas dalam otomatisasi proses POS *tagging* (Cutting et.al, 1992).

Ada beberapa pendekatan untuk POS *tagging* otomatis, yaitu berdasarkan aturan (*rule base*), probabilistik, dan pendekatan berbasis transformasional. POS tagger berbasis aturan menetapkan tag ke kata berdasarkan beberapa aturan linguistik manual yang dibuat, misalnya kata adalah diberi tag NOUN jika mengikuti AJECTIVE. Pendekatan probabilistik menentukan tag kata dari suatu token berdasarkan pada probabilitas konteks tag token-token yang disekitarnya yang telah ditentukan secara manual dari suatu corpus. Pendekatan berbasis berbasis transformasional menggabungkan pendekatan berbasis aturan dan probabilistik untuk secara otomatis menurunkan aturan simbolik dari corpus (Pisceldo dkk, 2009). Penggunaan *Hidden Markov Model* untuk POS Tagger Bahasa Indonesia diteliti oleh Wicaksono dan Purwarianti (2010) dengan akurasi 96,2% dan Widhiyanti dan Harjoko (2012), yang menghasilkan akurasi 92,2%.

Apabila dimiliki suatu kalimat yang terdiri dari n buah kata ($w_i : i=1, \dots, n$), dan akan ditetapkan POS-tag untuk setiap kata yang menyusun kalimat tersebut ($t_i : i=1, \dots, n$), maka persoalan ini dapat dirumuskan sebagai mencari nilai maksimum dari :

$$\hat{t} = \arg \max_{t_i^n} P(t_i^n | W_1^n) \quad (1)$$

Dengan menerapkan teorema Bayes dalam probabilitas bersyarat, maka (1) dapat ditulis menjadi :

$$\hat{t} = \arg \max \frac{P(W_1^n | t_1^n) P(t_1^n)}{P(W_1^n)} \quad (2)$$

Karena nilai penyebut selalu sama untuk setiap kalimat, maka (2) dapat ditulis menjadi :

$$\hat{t} = \arg \max P(W_1^n | t_1^n) P(t_1^n) \quad (3)$$

Dengan membuat dua asumsi, maka persamaan (3) dapat dituliskan :

(1) Probabilitas sebuah kata hanya tergantung pada POS-tagnya.

$$P(W_1^n | t_1^n) \approx \prod_{i=1}^n P(w_i | t_i) \quad (4)$$

(2) Probabilitas sebuah POS-tag hanya tergantung pada POS-tag sebelumnya.

$$P(t_1^n) \approx \prod_{i=1}^n P(t_i | t_{i-1}) \quad (5)$$

Dengan menerapkan (4) dan (5) pada persamaan (3) akan diperoleh :

$$\hat{t} = \arg \max \prod_{i=1}^n P(w_i | t_i) P(t_i | t_{i-1}) \quad (6)$$

Selanjutnya dari hasil HMM-POS Tagger akan dihasilkan kalimat yang telah diberikan POS-tag. Pada langkah berikutnya berdasarkan pola-pola POS-Tag inilah akan ditetapkan apakah suatu teks itu opini atau bukan opini. Dengan pola-pola POS-Tag juga dapat ditentukan suatu objek dari opini.

Untuk menentukan orientasi opini diajukan 4 metode klasifikasi, yaitu metode *Naive Bayes Classifier (NBC)*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Maximum Entropy (ME)* dan *K-Means Clustering (KMC)*.

Metode NBC mengasumsikan koleksi dokumen opini sebagai $D = \{d_1, d_2, \dots, d_{|D|}\}$ dan koleksi kategori $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{|C|}\}$. Klasifikasi NBC dilakukan dengan cara mencari probabilitas $P(C=c_j | D=d_i)$, yaitu probabilitas category c_j jika diketahui dokumen d_i . Dokumen di dipandang sebagai tuple dari kata-kata dalam dokumen, yaitu $\langle w_1, w_2, \dots, w_n \rangle$, yang frekuensi kemunculannya

diasumsikan sebagai variable random dengan distribusi probabilitas Bernoulli (McCallum and Nigam, 1998). Selanjutnya klasifikasi dokumen adalah mencari nilai maksimum dari :

$$V_{MAP} = \arg \max_{c_j \in C} P(C_j | w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (7)$$

Dengan menerapkan teorema Bayes didapat :

$$V_{MAP} = \arg \max_{c_j \in C} \frac{P(w_1, w_2, \dots, w_n | c_j) P(c_j)}{P(w_1, w_2, \dots, w_n)} \quad (8)$$

Dikarenakan nilai penyebut bersifat konstan untuk suatu dokumen, dan dengan mengasumsikan bahwa setiap kata adalah independen satu sama lain maka persamaan (8) dapat ditulis :

$$V_{MAP} = \arg \max_{c_j \in C} \prod_{i=1}^n P(w_i | c_j) P(c_j) \quad (9)$$

Secara praktis perhitungan $P(c_j)$ didekati dengan :

$$P(c_j) = \frac{|doc_j|}{|contoh|} \quad (10)$$

dimana $|doc_j|$ adalah banyaknya dokumen kategori j dan $|contoh|$ banyaknya dokumen contoh (*training*). Sedangkan $P(w_i | c_j)$ didekati dengan :

$$P(w_i | c_j) = \frac{|n_i + 1|}{n + |vocabulary|} \quad (11)$$

dimana n_i adalah frekuensi kemunculan kata w_i dalam kategori c_j , dan n adalah frekuensi kata dalam dokumen kategori c_j dan $|vocabulary|$ banyaknya kemunculan seluruh kata dalam koleksi dokumen contoh.

Support Vector Machine (SVM) pertama kali dikembangkan oleh Boser et.al. (1992) dan dilanjutkan dengan uraian yang lebih detail oleh Cortes dan Vapnik (1995). Konsep SVM dapat dijelaskan sebagai usaha mencari hyperplane terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah class pada input space. Untuk koleksi dokumen dalam bentuk:

$$\square = \{(x_i, y_i) | x_i \in R^p, y_i \in \{-1, 1\}\} \quad (12)$$

dimana y_i adalah 1 atau -1, menunjukkan kelas mana titik x_i itu berada. Masing-masing x_i adalah vektor nyata p -dimensi. Akan dicari *hyperplane* maksimum margin yang membagi poin untuk poin yang memiliki $y_i = 1$ dari yang memiliki $y_i = -1$.

Hyperplane apapun dapat ditulis sebagai himpunan titik-titik x memuaskan $w \cdot x - b = 0$ dimana titik (\cdot) menunjukkan dot product. Vektor w adalah vektor normal: adalah tegak lurus *hyperplane* tersebut. Parameter $\|w\|$ menentukan offset *hyperplane* dari asal sepanjang vektor normal w . Akan diupayakan memilih w dan b untuk memaksimalkan margin, atau jarak antara *hyperplane* paralel yang terpisah sejauh mungkin memisahkan data.

Hyperplanes ini dapat digambarkan oleh persamaan :

$$w \cdot x - b = 1 \quad (13)$$

dan

$$w \cdot x - b = -1 \quad (14)$$

Jarak antara kedua *hyperplane* adalah $2/\|w\|$, jadi kita ingin meminimalkan $\|w\|$. Untuk mencegah titik data jatuh ke dalam margin, maka harus ditambahkan batasan berikut: untuk setiap i baik

$$w \cdot x_i - b \geq 1 : x_i \text{ kelas pertama} \quad (15)$$

atau

$$w \cdot x_i - b \leq -1 : x_i \text{ kelas kedua} \quad (16)$$

Hal ini dapat ditulis ulang sebagai :

$$y_i (w \cdot x_i - b) \geq 1, \quad \text{untuk semua } 1 \leq i \leq n \quad (17)$$

Sehingga problem mencari *hyperplane* maksimum adalah masalah optimasi: Minimalkan $\|w\|$ dengan kendala untuk setiap $i = 1, \dots, n$

$$y_i (w \cdot x_i - b) \geq 1 \quad (18)$$

Klasifikasi dengan *Maximum Entropy* (ME) menerapkan teori informasi. *Entropy* merupakan rata-rata himpunan informasi yang terkandung dalam suatu kumpulan kejadian $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ yang dapat dinyatakan dalam :

$$H(p) = - \sum_{x \in X} p(x) \log_e \left(\frac{1}{p(x)} \right) \quad (19)$$

Dengan nilai $H(p)$ adalah merupakan himpunan informasi dari kumpulan kejadian X , dan $p(x)$ adalah probabilitas kejadian x dalam himpunan X . Metode *Maximum Entropy* (ME) adalah metode untuk memaksimalkan nilai $H(p)$. Nilai $H(p)$ maksimal akan diperoleh jika nilai X seragam sehingga $p(x) = 1/|X|$ dengan $|X|$ merupakan kardinalitas dari himpunan X .

Penerapan Metode ME untuk klasifikasi dokumen dilakukan dengan pendekatan probabilitas kondisional dari suatu klas dokumen apabila dimiliki suatu dokumen. Misalkan himpunan klas dokumen adalah $A = \{a_1, a_2, \dots, a_c\}$ dan himpunan koleksi dokumen adalah $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$. Penentuan klas a dari dokumen d akan dilihat dengan menentukan nilai probabilitas kondisional $p(a|d)$ yang bernilai maksimum dari distribusi probabilitas dengan entropy maksimum.

Dalam menentukan distribusi yang seragam untuk setiap pasangan $a \in A$ dan $d \in B$, pencarian ini haruslah memenuhi dari batasan-batasan yang timbul dari fakta yang ada. Fakta dari data training dapat dinyatakan dengan fungsi $feature f_j(a, d) \rightarrow \{1, 0\}$ yang diambil dari koleksi dokumen D , dengan ketentuan :

$$f_j(a, d) = \begin{cases} 1, & \text{jika } f_j \text{ muncul di dok } D \text{ pada kelas } a \\ 0, & \text{jika } f_j \text{ tdk muncul di dok } D \text{ pada kelas } a \end{cases} \quad (20)$$

Proses klasifikasi dokumen termasuk dalam klas tertentu dilakukan dengan menganggap dokumen sebagai vector yang berisi kemunculan dari fitur-fitur $f_j(a, d)$ lalu mencari probabilitas klas a dari dokumen tersebut. Dokumen diputuskan masuk dalam kelas a dengan memilih nilai $p(a, d)$ yang paling maksimum. Nilai $p(a, d)$ yang paling besar juga merupakan nilai $p(a|d)$ yang paling besar. Hal ini dikarenakan nilai $p(d)$ dalam koleksi dokumen besarnya adalah tetap. Dengan demikian klas a^* hasil klasifikasi adalah kelas yang memaksimalkan nilai entropy $p(a, d)$:

$$p^* = \arg \max_{a \in A} p(a, d) \quad (21)$$

Metode K-means *clustering* melakukan pendekatan clustering dengan menggunakan pusat cluster sebagai kriteria pengelompokan. Pusat cluster adalah nilai rata-rata objek seluruh anggota cluster tersebut. Misalnya kita memiliki koleksi dokumen $D = \{d_i \mid i=1,2,\dots,|D|\} = \{d_1, d_2, \dots, d_{|D|}\}$ yang akan dikluster menjadi K buah cluster. Dalam hal ini d_i adalah vector bernilai real yang mewakili dokumen. Vektor tersebut memiliki dimensi n, yang merupakan banyaknya kata unik dalam koleksi dokumen. Koleksi dokumen dapat diwakili oleh matrik berukuran $n \times |D|$, yaitu $[X_{ij}]$, dengan elemen x_{ij} merepresentasikan *Term Frequency* (TF) yaitu frekuensi kemunculan term (kata) ke-i dalam dokumen ke-j. Untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik dalam komputasi, matrik yang berisi nilai frekuensi term diubah menjadi matrik berelemen real yang memperhitungkan frekuensi kemunculan dokumen yang memuat kata ke-i dengan pembobotan *Invert Document Frequency* (IDF). Selanjutnya juga diupayakan agar panjang vector dokumen adalah senantiasa 1 dengan cara melakukan normalisasi vector dokumen. Pembobotan yang menggabungkan TF dengan IDF kemudian dikenal dengan pembobotan TF-IDF yang dapat dirumuskan sebagai :

$$w_{ij} = \frac{(\ln(f_{ij}) + 1) \cdot \log\left(\frac{N}{n_i}\right)}{\sqrt{\left((\ln(f_{ij}) + 1) \cdot \log\left(\frac{N}{n_i}\right)\right)^2}} \quad (22)$$

Algoritma K-Means *clustering* dilakukan dengan mengambil K buah vector sebagai benih (*seed*) dari pusat cluster. Selanjutnya seluruh vector dokumen dihitung jarak terhadap setiap pusat cluster. Vektor dokumen yang berjarak paling dekat dengan suatu pusat cluster maka, dokumen tersebut ditetapkan menjadi anggota baru dari cluster tersebut. Demikian seterusnya diulang sampai tidak ada lagi dokumen yang berpindah cluster. Pusat cluster adalah vector rata-rata dari seluruh

vector dalam suatu cluster tertentu. Pusat cluster dirumuskan sebagai persamaan (23) berikut ini:

$$m_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} d_{ij} \quad (23)$$

dimana m_i adalah pusat cluster ke-i dan d_{ij} adalah dokumen k-j dalam pusat cluster ke i. Kesamaan dokumen dengan pusat cluster lebih digunakan fungsi similaritas *cosine*, sebagai persamaan (24) berikut :

$$\text{Sim}(d_j, m_i) = \sum_{k=1, n} (d_{jk} * m_{ik}) \quad (24)$$

Selanjutnya algoritma K-means standard dapat dituliskan sebagai berikut :

Step:

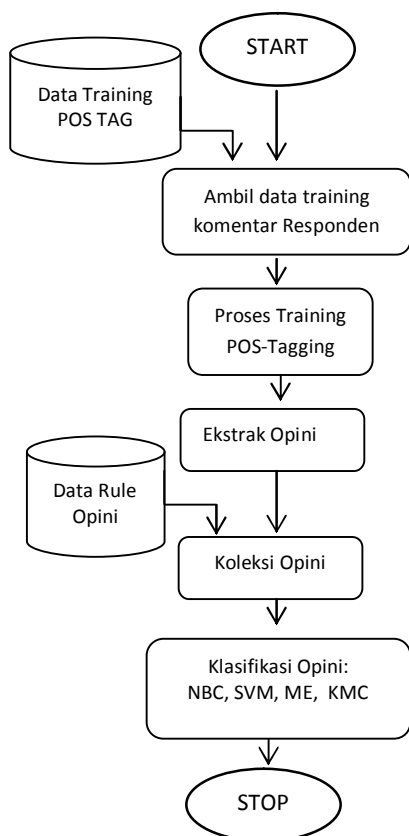
1. Ambil K objek sebagai seed dari K pusat cluster
2. Untuk semua objek: cari cluster dengan jarak terdekat, dan tetapkan objek masuk dalam cluster tersebut.
3. Hitung ulang pusat cluster dengan rata-rata objek dalam cluster tersebut
4. Hitung fungsi kriteria dan lakukan evaluasi. Jika fungsi kriteria berubah cukup kecil algoritma berhenti.

METODE

Skema langkah penyusunan prototipe adalah seperti pada Gambar 1. Data penelitian diambil dari data komentar pada kuesener mahasiswa mahasiswa IST AKPRIND Yogyakarta selama 4 semester, yaitu Semester 1 Tahun 2013/2014 sebanyak 3.801 komentar, Semester 2 Tahun 2012/2013 sebanyak 2.551 komentar, Semester 1 Tahun 2012/2013 sebanyak 3.663 komentar dan Semester 2 Tahun 2011/2012 sebanyak 1883 komentar. Data dipilih sebanyak 1000 komentar sebagai data training dan 1000 komentar sebagai data uji.

Untuk data pelatihan POS-Tagger dibuat format seperti pada Gambar 2. Pemberian POS-TAG dilakukan secara manual pada komentar menggunakan daftar POS TAG dari Tabel 1. Data training diperlukan untuk menentukan parameter parameter dari POS-Tagger yang selanjutnya parameter ini akan diuji menggunakan data test. Data POS TAG

ini akan dijadikan dasar dalam pelatihan dalam menentukan nilai probabilitas suatu POS TAG jika diberikan suatu rangkaian kata dalam kalimat. Nilai probabilitas ini digunakan dalam algoritma untuk menentukan POS TAG yang mana harus diberikan pada suatu kata berdasarkan POS TAG kata sebelumnya.



Gambar 1 . Skema Perancangan

```

    <DOC-0001>Tolong/VBI gedungnya/NNG
    dibersihkan/VBP</DOC>
    <DOC-0002>Birokrasi/NNU kampus/NNC yang/PR
    jelek/JJ membuat/VBT
    mahasiswa/NNC merasa/VBT dikhianati/VBP</DOC>
    <DOC-0003>Kursi/NNU di/IN dalam/IN ruangan/NNU
    kurang/RB mengenakan/JJ</DC>
    <DOC-0004>lebih/RB ditingkatkan/VBP
    lagi/RB</DOC>
    ....
    <DOC0999>LCD/NNC tolong/VBI diperbaiki/VBP
    </DOC>
  
```

Gambar 2. Format dokumen POS-Tag

TABEL 1. KOLEKSI POS TAG

No	POS	POS Name	Contoh
1	OP	Open Parenthesis	{{
2	CP	Close Parenthesis	}}
3	GM	Slash	/
4	;	Semicolon	;
5	:	Colon	:
6	"	Quotation	" and "
7	.	Sentence terminator	.
8	,	Comma	,
9	-	Dash	-
10	...	Ellipses	...
11	JJ	Adjective	Baik, Bagus
12	RB	Adverb	Sekali, sangat
13	NNC	Countable Noun	Kursi, Kulkas
14	NNU	Uncountable Noun	Gula, hujan
15	NNP	Proper Noun	Toyota, Sony
16	NNG	Genetive Noun	Motornya
17	VBI	Intransitive Verb	Pergi
18	VBT	Transitive Verb	Membeli
19	VBP	Passive Verb	ditingkatkan, diperbaiki
20	IN	Preposition	Di, Dari, Ke
21	MD	Modal	Bisa
22	CC	Coor-Conjunction	Dan, Atau, tetapi
23	SC	Subor-Conjunction	Jika, Ketika
24	DT	Determiner	Para, Ini, Itu
25	UH	Interjection	Wah, Aduh, Oi
26	CDO	Ordinal Numerals	Pertama, Kedua, Ketiga
27	CDC	Collective Numerals	Berdua
28	CDP	Primary Numerals	Satu, Dua, Tiga
29	CDI	Irregular Numerals	Beberapa
30	PRP	Personal Pronouns	Saya, Mereka
31	WP	WH-Pronouns	Apa, Siapa, Dimana
32	PRN	Number Pronouns	Kedua-duanya
33	PRL	Locative Pronouns	Sini, Situ
34	NEG	Negation	Bukan, Tidak
35	SYM	Symbols	#,%,^,&,*
36	RP	Particles	Pun, Kah
37	FW	Foreigns Words	Word

Jika tahapan pelatihan POS-Tagger selesai maka tahap berikutnya adalah pemberian POS TAG pada data uji POS Tag. Dari data uji POS TAG didapatkan koleksi komentar yang telah diberikan POS TAG.

TABEL 2. RULE UNTUK DETEKSI OPINI

No	Rule	Examples
1	RB JJ	sangat buruk, dengan bagus , memang jelek
2	RB VB	semoga berjalan, jika memilih
3	NN JJ	LCDnya jelek, alatnya bagus
4	NN VB	Ngajarnya membosankan, perkataannya menjengkelkan
5	JJ VB	mudah difahami, cepat memahami
6	CK JJ	bagus atau baik, tetapi malas
7	JJ BB	sama bagus
8	VB VB	membuat pusing, membikin bosan
9	JJ RB	indah sekali, bagus sekali
10	VB JJ	membikin bingung
11	NEG JJ	tidak seindah, tidak semudah
12	NEG VB	tidak mengerti, tidak memahami, bukan mengajar
13	PRP VBI	saya menyukai, kita suka
14	PRP VBT	kita suka
15	VBT NN	memiliki kedekatan, memiliki kepekaan
16	MD VBT	Perlu mengambil referensi
17	MD VBI	Perlu dikembangkan
18	UH VBP	Tolong dicat, tolong diperbaiki
19	JJ VBP	Mudah diterima, sulit dipahami

TABEL 3. RULE UNTUK DETEKSI TARGET

No	Rule	Examples
1	NN	ac, lcd, internet
2	NNG	laboratoriumnya, lcdnya
3	NNP	pak joko, bu yuli, Pengok
4	NN NN	kantin kampus, ac pengok
5	NN CC NN	kampus dan lab
6	NN IN NN	ac di klas

Jika suatu koleksi kalimat telah diberikan POS TAG pada setiap kata penyusun kalimat, maka untuk menentukan apakah suatu kalimat itu opini atau bukan digunakan suatu RULE seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3. Suatu kalimat ditetapkan sebagai opini apabila pola seperti pada Tabel 2 muncul dalam kalimat tersebut. Sedangkan untuk menetapkan target dari opini digunakan RULE pada Tabel 3.

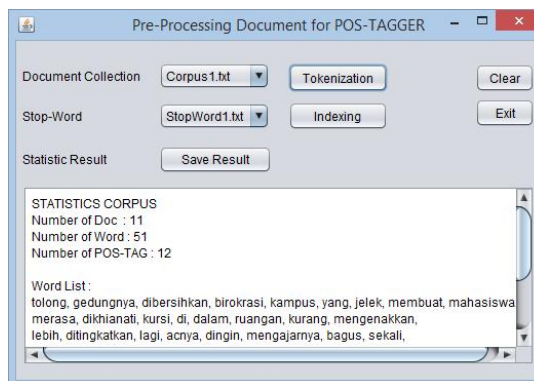
Penentuan kinerja dalam HMM POS Tagger dan kinerja klasifikasi digunakan parameter akurasi. Untuk kinerja HMM POS-Tagger akurasi dimaknai sebagai rasio banyaknya kalimat yang diberikan POS TAG dengan benar dibandingkan dengan total banyaknya kalimat yang diuji. Untuk

proses klasifikasi akurasi dihitung dengan menghitung rasio banyaknya opini yang diklasifikasi dengan benar dibandingkan dengan total banyaknya opini yang diklasifikasi. Rumus akurasi adalah seperti persamaan (16) berikut.

$$Akurasi = \frac{c(relevan_document_discovered)}{c(document_discovered)} \quad (16)$$

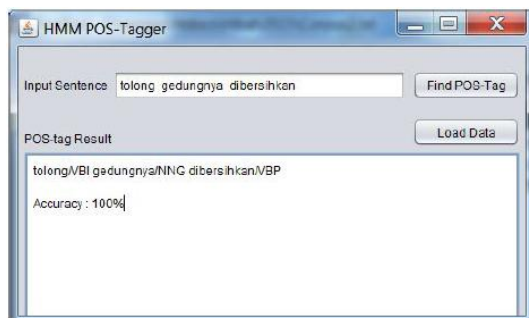
PEMBAHASAN

Sebelum proses pelatihan dilakukan terlebih dahulu dilakukan tahap *pre-processing*, yaitu langkah untuk menghitung banyaknya kata dalam kalimat, banyaknya POS TAG untuk setiap kata. Contoh antar muka untuk preprocessing POS Tagger adalah seperti gambar 3.



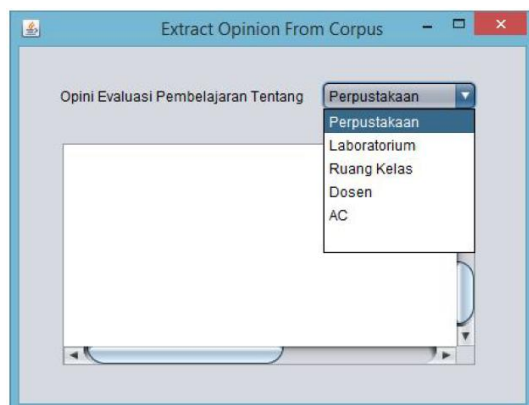
Gambar 3. Format dokumen POS-Tag

Proses pelatihan dilakukan untuk mendapatkan pola berdasarkan statistik yang dihitung dari data latih sebanyak 1000 komentar. Dari pelatihan akan didapatkan statistik kemunculan masing-masing POS-TAG pada setiap kata. Contoh pemberian POS TAG pada kalimat yang diinputkan adalah seperti pada Gambar 4. Dengan statistik tersebut POS-Tagger dapat menentukan besarnya nilai probabilitas penempatan POS-TAG pada data uji menggunakan persamaan (4), (5) dan (6) untuk mendapatkan *tagging* pada suatu kalimat komentar.

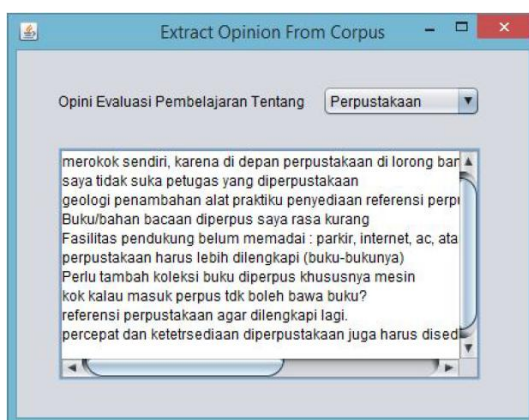


Gambar 4. HMM POS-Tagger

Kalimat yang sudah diberikan POS-TAG kemudian dapat ditentukan apakah termasuk opini atau bukan berdasarkan rule pada Tabel 2. Lebih jauhnya dapat juga dilacak objek opini berdasarkan rule pada Tabel 3. Sebagai gambaran penerapan ekstrak opini berdasarkan RULE dan ekstrak objek opini adalah antar muka seperti Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



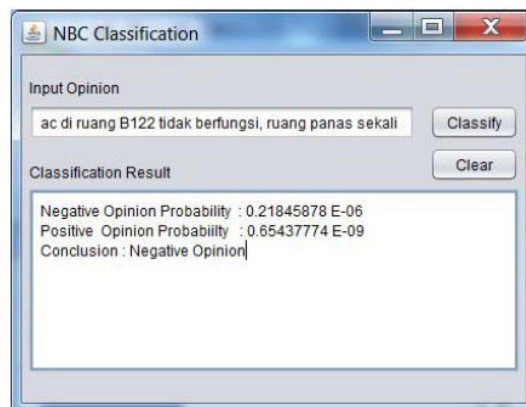
Gambar 5. Ekstrak opini berdasar objek



Gambar 6. Hasil opini perpustakaan

Setelah koleksi opini diperoleh, selanjutnya adalah melakukan klasifikasi opini apakah termasuk opini positif atau negatif. Program *classifier* yang digunakan menggunakan 4 algoritma, yaitu *Naive Bayes Classifier*, *(NBC)*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Maximum Entropy (ME)* dan *K-Means Clustering (KMC)*.

Contoh hasil implementasi klasifikasi opini seperti pada Gambar 7 yaitu klasifikasi opini dengan NBC. Opini "ac di ruang b22 tidak berfungsi, ruangan panas sekali" didapatkan hasil opini negatif.



Gambar 7. NBC Classification

Rangkuman hasil ekstraksi opini menggunakan data uji memiliki akurasi 0.95. Untuk klasifikasi opini pengujian dengan empat metode klasifikasi menghasilkan akurasi seperti pada tabel 4. Rata-rata akurasi dari 4 metode klasifikasi adalah 0.85.

TABEL 4. AKURASI KLASIFIKASI

	Metode Klasifikasi			
	NBC	SVM	ME	KMC
Akurasi	0.84	0.83	0.84	0.88
Rata-rata	0.85			

KESIMPULAN

Dari perancangan dan pengujian prototipe dapat ditarik beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :
1. Penggunaan HMM POS-Tagger untuk memberikan POS-TAG pada kata-kata

penyusun opini telah berhasil dengan baik. Akurasi yang diperoleh pada pengujian data tes adalah 0.95. 2. Hasil POS TAG telah dapat digunakan untuk mengekstrak opini dari koleksi komentar yang terdiri dari opini dan bukan opini. 3. Klasifikasi opini menjadi positif atau negatif menggunakan 4 metode klasifikasi telah berhasil dengan baik. 4. Rata-rata akurasi dari klasifikasi opini adalah sebesar 0.85

DAFTAR PUSTAKA

- Boser, B.E., Guyon, I.M. and Vapnik, V.N., 1992, "A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers", Proceedings of the 5th Annual ACM Workshop on Computational Learning Theory, 1992, pp. 1171-1183.
- Cortes, C. and Vapnik, V., 1995, "Support-Vector Networks", Machine Learning, 20, pp.273-297
- Cutting, D., Kupiec, J., Pederson, J. and Sibun, P., "A Practical Part-of-speech Tagger, Xerox Palo Alto Research Center", in Proceedings of the third Conference on applied Natural Language Processing, 1992, pp.133-140.
- Greaves, F., D.R. Cano, C. Millet, A. Darzi, and L. Donaldson, "Use of Sentiment Analysis for Capturing Patient Experience From Free-Text Comments", Journal of Medical Internet Research, 2013, 15:11, e239. Online publication date: 1-Jan-2013
- Grimes, S., 2013, *Unstructured Data and the 80 Percent Rule*, [Clarabridge Bridgepoints](#).
- Liu, B., 2010, "Sentiment Analysis: Multi Facet Problem", IEEE Intelligence System, 25 (3), pp:76-80
- Loia, L. and Senatore, S., "A fuzzy-oriented sentic analysis to capture the human emotion in Web-based content", Knowledge-Based Systems 58, 2014, pp. 75-85 Online publication date: 1-Mar-2014
- McCallum, A. and Nigam, K., 1998, "A Comparison of Event Models for Naive Bayes Text Classification", AAAI/ICML-98 Workshop on Learning for Text Categorization, pp. 41-48
- Pang, B., Lee, L. and Vaithyanathan, S., 2002, Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques", Proceedings EMNLP '02 Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing - Volume 10, pp: 79-86
- Putten, P.V.D., Kok, J. and Gupta, A., 2002, *Why the Information Explosion can be Bad for Data Mining, and How Data Fusion Provides a Way Out*, Proc. of the 2nd SIAM International Conference on Data Mining, pp:11-13
- Pisceldo, F., Manurung, R. and Adriani, M. "Probabilistic Part-of-Speech Tagging for Bahasa Indonesia", Third International MALINDO Workshop, collocated event ACL-IJCNLP, Singapore, 2009
- Shelke, N.M., Deshpande, S. and Thakre, V., "Survey of Techniques for Opinion Mining," International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 57– No.13, November 2012
- Wicaksono, A.F. and Purwarianti, A., 2010, "HMM Based Part-of-Speech Tagger for Bahasa Indonesia", Proceedings of the 4th International MALINDO Workshop, Jakarta.
- Widhiyanti, K and A. Harjoko, "POS Tagging for Bahasa Indonesia dengan HMM dan Rule Based", INFORMATIKA Vol.8., No.2., November 2012, pp.151-167

UJI MANOVA UNTUK MENGETAHUI PENGARUH PEMEKARAN WILAYAH TERHADAP PERKEMBANGAN JUMLAH AREA TERBANGUN PERMUKIMAN (STUDI KASUS DI KOTA KOTAMOBAGU SULAWESI UTARA)

Ani Apriani¹

¹Dosen Matematika pada Jurusan Teknik Geologi STTNAS Yogyakarta

Masuk: 25 Mei 2016, revisi masuk: 15 Juni 2016, diterima: 30 Juli 2016

ABSTRACT

It is certain that area expansion has consequences on the growth of the urban population, as also the migration of people to the center of city which will certainly increase the pressure on land use for the development of infrastructure and basic urban infrastructure. The most evident is in the increase of residential building as a result of migration to the center of city and the number of people. The purpose of this research is to determine the influence of area expansion toward the development of built settlement area in Kotamobagu, North Sulawesi. This research uses quantitative method with pre-experimental and by using one-group pretest-posttest design. It uses multivariate analysis of variance (MANOVA). Based on the result of the analysis of the influence of area expansion, it gives significant influence toward variables: the number of the house, banking, government office, education center, health center, and also worship place. And, the expansion does not give significant influence toward market.

Keywords: *Manova test, expansion area, built settlement area*

INTISARI

Pemekaran wilayah tentunya mempunyai konsekuensi terhadap pertumbuhan penduduk perkotaan, serta migrasi penduduk ke pusat kota yang tentunya akan memperbesar tekanan pada pemanfaatan lahan untuk pengembangan infrastruktur dan prasarana dasar perkotaan. Konsekuensi yang nyata terlihat adalah penambahan bangunan permukiman sebagai akibat dari migrasi ke pusat kota dan penambahan jumlah penduduk.. Tujuan dari tulisan ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pemekaran wilayah terhadap jumlah area terbangun permukiman di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Metode penelitian yang dipakai adalah metode kuantitatif dengan jenis penelitian dalam penelitian ini adalah Pre-ekperimental dengan menggunakan one-group pretest-posttest design. Analisis yang digunakan adalah multivariate analysis of variance atau MANOVA. Berdasarkan hasil analisis pengaruh pemekaran wilayah terhadap jumlah area terbangun permukiman, pemekaran wilayah berpengaruh signifikan terhadap variabel jumlah rumah, tempat pelayanan keuangan, kantor pemerintahan, jumlah tempat pelayanan pendidikan, jumlah tempat pelayanan kesehatan dan jumlah tempat ibadah. Pemekaran wilayah tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah tempat pelayanan ekonomi.

Kata Kunci: Uji Manova, Pemekaran Wilayah, Kawasan Terbangun Permukiman

PENDAHULUAN

Kota Kotamobagu sebelum tahun 2007 masih merupakan bagian dari Kabupaten Bolaang Mongondow yang membawahi 32 kecamatan, 329 desa/kelurahan. Seiring bergulirnya roda reformasi, serta diberlakukannya kebijakan desentralisasi dan otonomi daerah yang berdampak pada tuntutan pemekaran

dari masing-masing daerah baik di tingkat provinsi maupun kabupaten/kota yang ada di Indonesia, mendorong timbulnya aspirasi serta inisiatif dari seluruh komponen masyarakat untuk memekarkan ibu kota Kabupaten Bolaang Mongondow yaitu Kecamatan Kotamobagu sebagai daerah otonom baru yang terlepas dari Kabupaten Induk

¹Ani03015@gmail.com

Bolaang Mongondow. Tepat tanggal 23 Mei 2007 melalui UU RI No: 4 tahun 2007 tentang pembentukan Kota Kotamobagu di Provinsi Sulawesi Utara, Kecamatan Kotamobagu berubah status menjadi Kota Kotamobagu yang membawahi 4 kecamatan, 32 desa/kelurahan, dengan jumlah penduduk 103.352 jiwa, (Pemda Kota Kotamobagu 2011).

Keberadaan Kota Kotamobagu saat ini tentunya mempunyai konsekuensi terhadap pertumbuhan penduduk perkotaan, serta migrasi penduduk ke pusat kota yang tentunya akan memperbesar tekanan pada pemanfaatan lahan untuk pengembangan infrastruktur dan prasarana dasar perkotaan. Konsekuensi yang nyata terlihat adalah pertambahan bangunan permukiman sebagai akibat dari migrasi ke pusat kota dan pertambahan jumlah penduduk.

Tujuan dari tulisan ini yaitu untuk mengetahui pengaruh pemekaran wilayah terhadap jumlah area terbangun permukiman di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Pemekaran wilayah adalah suatu proses yang berjalan secara alami atau dapat pula berjalan secara artifisial, dimana campur tangan manusia turut mengatur arah perubahan keadaan tersebut dengan titik berat periode waktu yang satu ke periode waktu yang lain, yang dipengaruhi oleh faktor fisik, sosial ekonomi, budaya, politik yang sangat kompleks dari kehidupan wilayah dan mempunyai pengaruh negatif maupun positif terhadap kehidupan penduduknya (Yunus, 1978).

Upaya pemekaran dapat diartikan: (1) secara administrasi, yaitu suatu usaha yang dijalankan pemerintah untuk menentukan kembali (daerah perluasan) batas wilayah yang baru pada jalur daerah-daerah baru, sehingga arealnya bertambah luas secara kuantitas; (2) secara fisik yaitu suatu proses perambatan kenampakan ciri pusat pertumbuhan ekonomi baru ke wilayah-wilayah di sekitarnya sehingga ada penambahan wilayah pusat pertumbuhan ekonomi baru (Yunus, 1978). Dalam usaha pemekaran wilayah akan diciptakan ruang-ruang publik baru yang merupakan ruang hidup baru sekaligus tempat tinggal bagi penduduk di wilayah tersebut

(Rijanta, 2006).. Sargent (1976), dalam Yunus (2001) mengidentifikasi lima kekuatan yang menyebabkan terjadinya pemekaran dan perubahan morfo-logis kota, yaitu: (1) peningkatan jumlah penduduk yang besar baik alami maupun migrasi; (2) peningkatan kesejahteraan penduduk secara ekonomi sehingga terjadi kecenderungan masyarakat kota memilih tinggal di pingiran kota; (3) peningkatan pelayanan transportasi; (4) penurunan peranan pusat kota sebagai pusat kegiatan fungsi kota; (5) peningkatan peranan pengembang dalam menyediakan lokasi baru permukiman jumlah besar. Dalam studi kota, proses perkembangan kota secara fisik menjadi penentu bertambah luasnya areal kota dan makin padatnya bangunan dibagian dalam kota sehingga secara definitif dapat dirumuskan sebagai suatu proses penambahan ruang yang terjadi secara mendatar dengan cara menempati ruang-ruang yang masih kosong baik di daerah pinggiran kota maupun di daerah bagian dalam kota.

Analisis ragam peubah ganda (*multivariate analysis of variance* atau MANOVA) merupakan teknik analisis statistik yang digunakan untuk menguji kesamaan nilai tengah beberapa variabel dari beberapa populasi secara sekaligus atau teknik untuk menguji kesamaan vektor rata-rata dari beberapa populasi. MANOVA diasumsikan bahwa sampel acak diambil secara independent dari g populasi. Pada MANOVA satu arah pengamatan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$X_{ijk} = \mu_k + \tau_{ik} + e_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, g; \quad j = 1, 2, \dots, n_i; \quad k = 1, 2, \dots, p$$

Dimana X_{ijk} = nilai pengamatan ke- j dari respon ke- k pada kelompok ke- i , μ_k = rata-rata keseluruhan dari respon ke- k , τ_{ik} = pengaruh dari kelompok ke- i terhadap respon ke- k , e_{ijk} = pengaruh galat yang timbul pada respon ke- k dari pengamatan ke- j dan kelompok ke- i . pengujian hipotesis analisis ragam peubah ganda:

Pada Tabel 1 menunjukkan tabel MANOVA untuk perbandingan *Mean Vektor Populasi*

$$H_0 = \begin{pmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{21} \\ \vdots \\ \mu_{31} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{21} \\ \vdots \\ \mu_{31} \end{pmatrix} = \dots = \begin{pmatrix} \mu_{11} \\ \mu_{21} \\ \vdots \\ \mu_{31} \end{pmatrix}$$

vs H_1 : paling sedikit terdapat dua rata-rata yang tidak sama

Tabel 1. MANOVA untuk Perbandingan Mean Vektor Populasi

SK	Db	JK
Perlakuan	$g-1$	$B = \sum_{i=1}^g n_i (\bar{x}_i - \bar{x})(\bar{x}_i - \bar{x})'$
Galat	$\sum_{i=1}^g n_i - g$	$W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)'$
Total	$\sum_{i=1}^g n_i - 1$	$B + W = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})'$

Pada pengujian hipotesis, akan tolak H_0 jika rasio dari generalisasi varians adalah sangat kecil. (Johnson and Wichern, 2002). [2]

$$A^* = \frac{|W|}{|B + W|} = \frac{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_i)'}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})(x_{ij} - \bar{x})'}$$

Sebelum dilakukan pengujian MANOVA, dibutuhkan pemeriksaan asumsi yaitu distribusi normal multivariate, uji kehomogenitasan matriks varian kovarians dan independent antar variabel. Uji normalitas dimaksudkan untuk mengetahui normalitas data dari residualnya. Penelitian ini digunakan uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* dengan

kriteria, jika data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal, maka model regresi memenuhi asumsi normalitas, namun sebaliknya jika data menyebar jauh dari garis diagonal, maka model regresi tidak memenuhi asumsi normalitas (Santoso, 2000).

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif dengan menggunakan teknik atau pendekatan statistik, agar kesimpulan dapat diperoleh secara meyakinkan. Metode penelitian yang dipakai adalah metode kuantitatif dengan jenis penelitian dalam penelitian ini adalah *Pre-ekperimental* dengan menggunakan *one-group pretest-posttest design*. Analisis yang digunakan adalah *multivariate analysis of variance* atau MANOVA. Analisis ini membandingkan data area terbangun permukiman sebelum pemekaran wilayah dan setelah pemekaran wilayah.

PEMBAHASAN

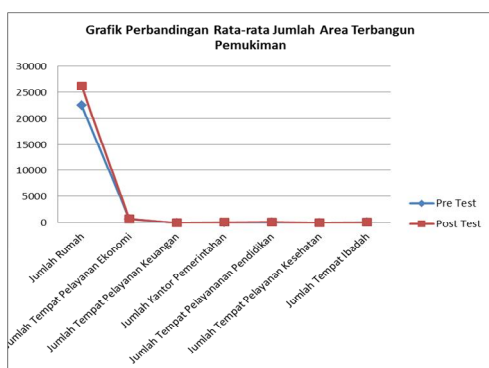
Deskripsi Data Penelitian Jumlah Area Terbangun Permukiman, berdasarkan data yang terkumpul melalui kuesioner, setelah dilakukan tabulasi dan perhitungan dapat dirangkum secara deskriptif sebagaimana diperlihatkan pada table 1.

Tabel 1. Deskripsi data Penelitian Jumlah Area Terbangun Pemukiman

	Minimum	Maksimum	Mean	Std. Deviation
Rumah (<i>Pre Test</i>)	19138.56	24242	22607.01	1661.43553
Rumah (<i>Post Test</i>)	25045.58	27590	26246.98	1005.66891
TP_Ekonomi (<i>Pre Test</i>)	544.00	1015	753.71	212.74219
TP_Ekonomi (<i>Post Test</i>)	740.00	784	762.00	14.73092
TP_Keuangan (<i>Pre Test</i>)	24.00	25	24.71	.48795
TP_Keuangan (<i>Post Test</i>)	25.00	35	30.43	3.55233
K_Pemerintahan (<i>Pre Test</i>)	83.00	92	90.71	3.40168
K_Pemerintahan (<i>Post Test</i>)	94.00	98	96.71	1.38013
TP_Pendidikan (<i>Pre Test</i>)	118.00	138	134.86	7.47058
TP_Pendidikan (<i>Post Test</i>)	143.00	152	147.29	4.15188
TP_Kesehatan (<i>Pre Test</i>)	25.00	29	28.43	1.51186
TP_Kesehatan (<i>Post Test</i>)	30.00	40	36.14	4.01782
Tempat_Ibadah (<i>Pre Test</i>)	115.00	130	122.86	4.56175
Tempat_Ibadah (<i>Post Test</i>)	127.00	150	138.71	8.34095

Sumber Data: Dinas Tata Kota *pide* Hatam, 2015. [1]

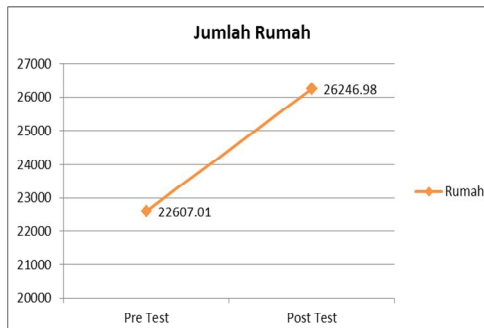
Berdasarkan tabel 1. diketahui bahwa semua variabel jumlah pemukiman cenderung naik setelah dilakukan pemekaran wilayah. Rata-rata jumlah rumah sebelum pemekaran wilayah (*pre test*) sebesar 22607,01 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) 26246,98. Rata-rata jumlah tempat pelayanan ekonomi sebelum pemekaran wilayah (*pre test*) sebesar 753,71 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) naik sebesar 762. Rata-rata jumlah tempat pelayanan keuangan (*pre test*) sebesar 24,71 dan setelah pemekaran wilayah sebesar 30,43. Rata-rata jumlah kantor pemerintahan sebelum pemekaran (*pre test*) sebesar 90,7 dan setelah pemekaran menjadi 96,7. Rata-rata jumlah tempat pelayanan pendidikan sebelum pemekaran wilayah sebesar 134,86 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) sebesar 147,29. Rata-rata jumlah tempat pelayanan kesehatan (*pre test*) sebesar 28,43 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) sebesar 36,14. Rata-rata jumlah tempat ibadah sebelum pemekaran wilayah (*pre test*) sebesar 122,86 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) sebesar 138,71. Grafik Perbandingan Rata-rata Jumlah Area Terbangun Permukiman Sebelum Pemekaran Wilayah (*pre test*) dan Setelah Pemekaran Wilayah (*Post Test*), diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan Rata-rata Jumlah Area Terbangun Permukiman Antara Pre Test dan Post Test

Gambar 1. menggambarkan kenaikan jumlah masing-masing variabel jumlah area pemukiman. Uraian Grafik Perbandingan Rata-rata Variabel Jumlah

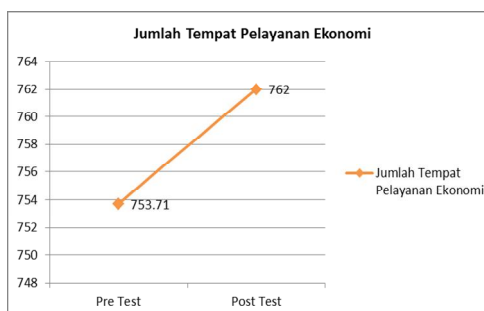
Rumah masing-masing variabel dijelaskan dengan Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Rata-rata Jumlah Rumah Antara Pre Test dan Post Test

Sedangkan Grafik 2. secara jelas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pada jumlah rumah yang cukup signifikan sebelum dilakukan pemekaran (*pre test*) dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) dengan besar kenaikan 3640 rumah.

Uraian grafik perbandingan rata-rata jumlah tempat pelayanan ekonomi, diperlihatkan pada Gambar 3. secara jelas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pada jumlah tempat pelayanan ekonomi sebelum dilakukan pemekaran (*pre test*) dan setelah pemekaran wilayah (*post test*). Kenaikan tersebut sebanyak 8 tempat pelayanan ekonomi.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Rata-rata Jumlah Tempat Pelayanan Ekonomi Antara Pre Test dan Post Test

Uraian Grafik Perbandingan Rata-rata Variabel Tempat Pelayanan Keuangan, Kantor Pemerintahan, Tem-

pat Pelayanan Pendidikan, Tempat Pelayanan Kesehatan dan Tempat

Uji normalitas jumlah area terbangun pemukiman, hasil uji normalitas dapat dilihat dalam tabel 2.

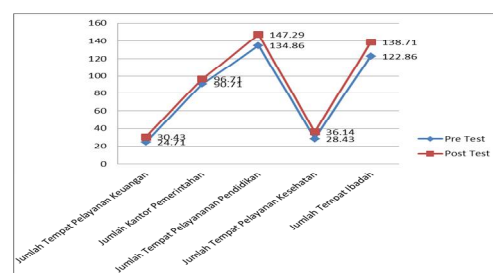
Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data Jumlah Area Terbangun Pemukiman

	<i>P-value</i>	α	Kesimpulan
Rumah (Pre Test)	0,736	0,05	Normal
Rumah (Post Test)	0,993	0,05	Normal
TP_Ekonomi (Pre Test)	0,718	0,05	Normal
TP_Ekonomi (Post Test)	0,854	0,05	Normal
TP_Keuangan (Pre Test)	0,141	0,05	Normal
TP_Keuangan (Post Test)	0,955	0,05	Normal
K_Pemerintahan (Pre Test)	0,057	0,05	Normal
K_Pemerintahan (Post Test)	0,736	0,05	Normal
TP_Pendidikan (Pre Test)	0,571	0,05	Normal
TP_Pendidikan (Post Test)	0,173	0,05	Normal
TP_Kesehatan (Pre Test)	0,641	0,05	Normal
TP_Kesehatan (Post Test)	0,057	0,05	Normal
Tempat_Ibadah (Pre Test)	0,731	0,05	Normal
Tempat_Ibadah (Post Test)	0,941	0,05	Normal

Sumber : Data primer yang telah diolah, 2015.

Ibadah, Gambar 4. menunjukkan bahwa terjadi kenaikan pada jumlah

tempat pelayanan keuangan sebelum dilakukan pemekaran (*pre test*) dan setelah pemekaran wilayah (*post test*). Kenaikan tersebut sebanyak 6 tempat pelayanan keuangan. Jumlah kantor pemerintahan naik sebanyak 6 tempat pelayanan keuangan. Jumlah tempat pelayanan pendidikan naik sebanyak 12 tempat pelayanan pendidikan. Jumlah tempat pelayanan kesehatan naik sebanyak 8 tempat dan jumlah tempat ibadah naik sebanyak 16 tempat ibadah.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Rata-rata Jumlah Area Pemukiman Antara *Pre Test* dan *Post Test*

Hasil uji normalitas diatas menunjukkan bahwa data jumlah area terbangun pemukiman terdistribusi secara normal karena karena *probability value* > 0,05.

Uji *Multivariate Analysis Of Variance* (Manova) untuk Jumlah Area Terbangun Permukiman

Tabel 2. Hasil Uji Hipotesis Varibel Jumlah Area Permukiman

Variabel	F-hitung	p-value	R2	Kesimpulan
Rumah	24,590	0,000	0,672	Ho ditolak
Tempat Pelayanan Ekonomi	0,011	0,920	0,001	Ho diterima
Tempat Pelayanan Keuangan	17,778	0,001	0,597	Ho ditolak
Kantor Pemerintahan	18,700	0,001	0,609	Ho ditolak
Tempat Pelayanan Pendidikan	14,802	0,002	0,552	Ho ditolak
Tempat Pelayanan Kesehatan	22,605	0,000	0,653	Ho ditolak
Tempat Ibadah	19,475	0,001	0,619	Ho ditolak

Dari hasil penelitian tersebut, pemekaran wilayah dapat diinterpretasikan pengaruhnya terhadap masing-masing variabel sebagai berikut :

Variabel jumlah rumah dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 24,590 dengan *p value* = 0,000.

Oleh karena nilai *p value* < α (0,05) maka Ho ditolak. Hasil ini

menunjukkan bahwa pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah rumah di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh tersebut ditunjukkan dengan nilai *R square* yaitu sebesar 0,672. Hal ini

berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 67,2% terhadap jumlah rumah.

Variabel jumlah tempat pelayanan ekonomi dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 0,011 dengan $p\ value = 0,920$. Oleh karena nilai $p\ value > \alpha$ (0,05) maka H_0 diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa pemekaran wilayah tidak berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan ekonomi di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan nilai $R\ square$ yaitu sebesar 0,001. Hal ini berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 0,1% terhadap jumlah tempat pelayanan ekonomi.

Variabel jumlah tempat pelayanan keuangan dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 17,778 dengan $p\ value = 0,001$. Oleh karena nilai $p\ value < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan keuangan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan nilai $R\ square$ yaitu sebesar 0,597. Hal ini berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 59,7% terhadap jumlah tempat pelayanan keuangan.

Variabel jumlah kantor pemerintahan dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 18,700 dengan $p\ value = 0,001$. Oleh karena nilai $p\ value < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah kantor pemerintahan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan nilai $R\ square$ yaitu sebesar 0,609. Hal ini berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 60,9% terhadap jumlah kantor pemerintahan.

Variabel jumlah tempat pelayanan pendidikan dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 14,802 dengan $p\ value = 0,002$. Oleh karena nilai $p\ value < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan pendidikan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan nilai $R\ square$ yaitu sebesar

0,552. Hal ini berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 55,2% terhadap jumlah tempat pelayanan pendidikan.

Variabel jumlah tempat pelayanan kesehatan dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 22,605 dengan $p\ value = 0,000$. Oleh karena nilai $p\ value < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan kesehatan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan nilai $R\ square$ yaitu sebesar 0,653. Hal ini berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 65,3% terhadap jumlah tempat pelayanan kesehatan.

Variabel jumlah tempat ibadah dari hasil pengujian diperoleh nilai F hitung sebesar 19,475 dengan $p\ value = 0,001$. Oleh karena nilai $p\ value < \alpha$ (0,05) maka H_0 ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat ibadah di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara. Besarnya pengaruh ditunjukkan dengan nilai $R\ square$ yaitu sebesar 0,619. Hal ini berarti pemekaran wilayah berpengaruh sebesar 61,9% terhadap jumlah tempat ibadah

KESIMPULAN

Rata-rata jumlah rumah sebelum pemekaran wilayah (*pre test*) sebesar 22607,01 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) 26246,98. Rata-rata jumlah tempat pelayanan ekonomi sebelum pemekaran wilayah (*pre test*) sebesar 753,71 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) naik sebesar 762. Rata-rata jumlah tempat pelayanan keuangan (*pre test*) sebesar 24,71 dan setelah pemekaran wilayah sebesar 30,43. Rata-rata jumlah kantor pemerintahan sebelum pemekaran (*pre test*) sebesar 90,7 dan setelah pemekaran menjadi 96,7. Rata-rata jumlah tempat pelayanan pendidikan sebelum pemekaran wilayah sebesar 134,86 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) sebesar 147,29. Rata-rata jumlah tempat pelayanan kesehatan (*pre test*) sebesar 28,43 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) sebesar 36,14. Rata-rata jumlah tempat ibadah sebelum pemekar-

an wilayah (*pre test*) sebesar 122,86 dan setelah pemekaran wilayah (*post test*) sebesar 138,71.

Pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah rumah di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,000) < α (0,05)

Pemekaran wilayah tidak berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan ekonomi di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,920) > α (0,05)

Pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan keuangan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,001) > α (0,05)

Pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah kantor pemerintahan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,001) > α (0,05)

Pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan pendidikan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,002) > α (0,05)

Pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat pelayanan kesehatan di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,000) > α (0,05)

Pemekaran wilayah berpengaruh terhadap perkembangan jumlah tempat ibadah di Kota Kotamobagu Sulawesi Utara yang ditunjukkan dengan *p value* (0,001) > α (0,05)

DAFTAR PUSTAKA

- Hatam, R. 2015. *Data Sekunder Perkembangan Kota Kotamobagu Sulawesi Utara Sebelum dan Sesudah Pemekaran Wilayah*. Unpublished.
- Johnson, R. A and Wichern D. W., 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis Fifth Edition*, Prentice Hall Inc., New Jersey
- Rijanta, R. 2006. *Ruang dan Tempat Dalam Studi Pemekaran Wilayah: Perspektif Teori dan Pengalaman Empirik Kabupaten Kutai*. Jurnal Geografi Indonesia. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.
- Yunus, Hadi Sabari. 1978. *Konsep dan Pengembangan Daerah Perkotaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- _____. 2001. *Perubahan Pemanfaatan Lahan di Daerah Pinggiran Kota, Kasus di Pinggiran Kota Yogyakarta*. Disertasi. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.

IMPLEMENTASI SENSOR IMU MPU6050 BERBASIS SERIAL I2C PADA SELF-BALANCING ROBOT

Beny Firman¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 24 Maret 2016, revisi masuk : 5 Mei 2016, diterima: 1 Juni 2016

ABSTRACT

The development of robotics technology more rapidly lately. Products of robotics technology is favored by many circles lately, one of them is the balancing of the robot itself or by Self-Balancing Robot. In designing a Self-Balancing Robot major success factor is the conditioning in order to keep the robot required upright position. IMU is an electronic device which measure and inform the motion of an object moving one of them Self-Balancing Robot. IMU works by detecting the state of the current acceleration in real time using the Accelerometer was to detect changes in rotation occurring on the motion of the robot using the Gyroscope. Information signal combined Accelerometer and Gyroscope sensor available on MPU6050 based IMU sensor is read by an AVRATMEGA16 Microcontroller via I2C communications. The Results of IMU data readout via I2C communication indicates the motion activity Self-Balancing Robot in measurement data parameters Pitch and Roll is 0 degrees.

Keywords: *Self-Balancing Robot, IMU Sensor, Accelerometer, Gyroscope, I2C.*

INTISARI

Perkembangan teknologi robotika semakin pesat akhir-akhir ini. Produk dari teknologi robotik yang digemari banyak kalangan akhir-akhir ini salah satunya adalah jenis robot penyeimbang diri sendiri atau dengan nama lain *Self-Balancing Robot*. Dalam perancangan sebuah *Self-Balancing Robot* faktor utama keberhasilannya adalah pada pengondisian robot dalam menyeimbangkan keadaan robot supaya menjaga agar robot tetap pada posisi tegak lurus. IMU merupakan sebuah devais elektronik yang berfungsi mengukur dan menginformasikan gerak sebuah objek yang bergerak salah satunya *Self-Balancing Robot*. IMU bekerja dengan mendeteksi keadaan percepatan saat ini secara real time menggunakan akselerometer, sedang untuk mendeteksi perubahan pada putaran yang terjadi pada gerak robot menggunakan *Gyroscope*. Sinyal informasi gabungan sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* yang ada pada Sensor IMU berbasis MPU6050 dibaca oleh sebuah mikrokontroler AVR ATMEGA16 melalui komunikasi I2C. Hasil pembacaan data IMU melalui komunikasi I2C menunjukkan aktivitas gerak *Self-Balancing Robot* dalam pengukuran parameter data *Pitch* dan *Roll* adalah 0 derajat.

Kata kunci: *Self-Balancing Robot, IMU Sensor, Akselerometer, Gyroscope, I2C.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi robotika telah membuat kualitas kehidupan manusia semakin tinggi saat ini perkembangan teknologi robotika telah mampu meningkatkan kualitas maupun kuantitas, baik ditinjau dari segi Produksi (*Production*), Ilmu kedokteran (*Medicine*), Pendidikan (*Education*), Hiburan (*Entertainment*), dan Perlombaan (*Competition*) (Ketaren, Ma, & Rahmawaty, 2015).

Teknologi robotika juga telah menjangkau sisi transportasi (*transportation*) jarak pendek tanpa polusi karena menggunakan sumber tenaga dari listrik contohnya robot beroda dua telah digunakan sebagai alat transportasi yang bernama Segway. Salah satu cara menambah tingkat kecerdasan sebuah robot adalah dengan menambah sensor, metode kontrol bahkan memberikan kecerdasan buatan pada robot tersebut.

¹benyfirman@akprind.ac.id

(Rokhmat, 2013). Salah satunya adalah self-balancing robot beroda dua.

Balancing robot (robot penyeimbang) beroda dua merupakan suatu *mobile robot* yang memiliki dua buah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. *Self-balancing robot* ini merupakan pengembangan dari model pendulum terbalik yang diletakkan di atas kereta beroda yang tujuannya bagaimana caranya menahan robot agar tetap tegak berdiri tanpa kontrol dari luar. Menyeimbangkan robot beroda dua memerlukan suatu metode kontrol yang baik dan handal untuk mempertahankan posisi robot dalam keadaan tegak lurus terhadap permukaan bumi tanpa memerlukan pengendali lain dari luar.

IMU (*Inertial Measurement Unit*) merupakan suatu unit dalam modul elektronik yang mengumpulkan data kecepatan angular dan akselerasi linear yang kemudian dikirim ke CPU (*Central Processing Unit*) untuk mendapatkan data keberadaan dan pergerakan suatu benda. IMU terdiri dari kombinasi *Accelerometer* (sensor percepatan) dan *Gyroscope* (sensor kecepatan angular).

Accelerometer adalah sebuah transduser yang berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi dan mengukur getaran, ataupun untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi. *Accelerometer* juga dapat digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada kendaraan, bangunan, mesin, dan juga bisa digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi di dalam bumi, getaran mesin, jarak yang dinamis, dan kecepatan dengan ataupun tanpa pengaruh gravitasi bumi (Ruswanto, Ningrum, & Ramli, 2011).

Akselerometer adalah sebuah devais elektromekanik yang akan mengukur gaya percepatan, sedangkan Sebuah giroskop MEMS mengambil ide dari *Foucault Pendulum* dan menggunakan elemen bergetar, dikenal sebagai MEMS (*Micro Electro-Mechanical System*). Ini memberikan tingkat sudut pada output yang akan diintegrasikan terhadap waktu untuk mendapatkan sudut. Hal ini dapat mengukur di keseluruhan 3 sumbu.

(Urdhwaresh, Bakshi, Naiknavare, & Naik, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor IMU MPU6050 berbasis I2C yang merupakan devais untuk mengukur akselerasi dan giroskop sebuah *Self-Balancing Robot* untuk diujikan data keseimbangannya berdasarkan acuan kerja robot penyeimbang diri.

METODE

Self-balancing robot merupakan robot yang menyeimbangkan dirinya sendiri yang memiliki dua buah roda disisi kanan dan kirinya yang tidak akan seimbang apabila tanpa adanya kontroler. Menyeimbangkan balancing robot beroda dua memerlukan suatu metode kontrol yang baik dan handal untuk mempertahankan posisi robot dalam posisi tegak lurus terhadap permukaan bumi, tanpa memerlukan pengendali lain dari luar.

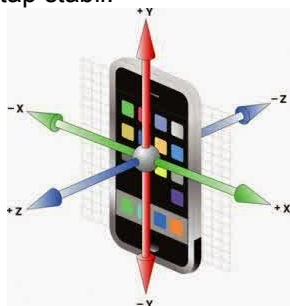
Dewasa ini telah banyak digunakan oleh penelitian di seluruh dunia dalam mengendalikan sistem tidak hanya dalam merancang robot beroda tetapi jenis lain dari robot juga seperti robot berkaki. Penelitian di Laboratorium Elektronika Industri di Federal Swiss Institute of Technology telah membangun prototipe roda dua robot di mana kontrol adalah berdasarkan pada *Digital Signal Processor*.

Ada dua jenis sensor IMU yang digunakan, digital dan analog. Sensor analog akan memberikan tingkat tegangan ke mikrokontroler untuk mewakili nilai yang diukur. Jadi mikrokontroler akan mengkonversi nilai ke digital modul ADC menggunakan sehingga dapat dihitung oleh mikrokontroler. Nilai dari *Accelerometers* akan diubah menjadi G sedangkan nilai dari giroskop akan diubah menjadi deg/s. (Zul Azfar & Hazry, 2011). Dalam penelitian ini, pembahasan lebih ke sensor IMU digital berbasis data serial I2C.

Accelerometer berfungsi untuk mengukur percepatan, mendeteksi getaran, dan bisa juga untuk percepatan gravitasi. Pendeteksian gerakan berdasarkan pada 3 sumbu yaitu kanan-kiri, atas-bawah dan depan-belakang. Contoh aplikatif *Accelerometer* seperti pada

airbag mobil yang mendeteksi percepatan, gadget elektronik, safety installation pada kendaraan.

Sensor *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan di dalamnya yang tetap stabil.



Gambar 1. Pengaplikasian Sudut pada Gadget

Gyroscope sering digunakan pada robot atau helikopter dan alat-alat canggih lainnya. *Gyroscope* adalah berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu.

Dengan menggunakan kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* pada suatu sistem maka *Accelerometer* dapat memberikan pengukuran sudut saat sistem berada pada kondisi diam. Sedangkan pada saat sistem berotasi *Accelerometer* tidak bisa bekerja secara maksimal karena memiliki respon yang lambat. Kelemahan inilah yang dapat diatasi oleh *Gyroscope* karena sensor ini dapat membaca kecepatan sudut yang dinamis. Namun *Gyroscope* juga memiliki kelemahan yaitu proses perpindahan kecepatan sudut dalam jangka waktu yang panjang menjadi tidak akurat karena ada efek bias yang dihasilkan oleh *Gyroscope*. Contoh aplikatif kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* yaitu pada perangkat iPhone yang mengkombinasikan 2 sensor tersebut.

Dari kombinasi *Accelerometer* dan *Gyroscope* didapatkan 6 sumbu pendeteksian yaitu 3 sumbu rotasi (x, y, z) dan 3 sumbu linier (atas-bawah, kanan-kiri, depan-belakang). Output dari

kombinasi sensor ini berupa gambar yang sangat detail dan halus gerakannya dibandingkan dengan smartphone yang hanya menggunakan *Accelerometer* saja.

Inertial Measurement Unit (IMU) merupakan alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari gerakan motor. IMU adalah bagian dari navigasi system yang dikenal sebagai Inertial Navigation System atau INS. Pertama kali didemonstrasikan oleh C.S. Draper tahun 1949, IMU menjadi komponen navigasi umum dari bidang dan kapal.

GY-521 adalah sebuah modul *Inertial Measurement Unit (IMU)* yang menggunakan chip MPU-6050 dari *InvenSense*. MPU-6050 sendiri adalah chip dengan 3-axis *Accelerometer* (sensor percepatan) dan 3-axis *Gyroscope* (pengatur keseimbangan), atau dengan kata lain 6 *degrees of freedom (DOF)* IMU. Selain itu, MPU-6050 sendiri sudah memiliki *Digital Motion Processors(DMP)*, yang akan mengolah data mentah dari masing-masing sensor. Sejumlah data tersebut akan diolah menjadi data dalam bentuk *quaternions* (4 Dimensi). DMP pada MPU6050 juga berfungsi meminimalisasi error yang dihasilkan.



Gambar 2. Bentuk fisik Modul IMU GY521 yang berbasis MPU6050

MPU 6050 adalah chip IC *inverse* yang didalamnya terdapat sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope* yang

sudah terintegrasi. *Accelerometer* digunakan untuk mengukur percepatan, percepatan gerakan dan juga percepatan gravitasi. *Accelerometer* sering digunakan untuk menghitung sudut kemiringan, dan hanya dapat melakukan dengan nyata ketika statis dan tidak bergerak. Untuk mendapatkan sudut akurat kemiringan, sering dikombinasikan dengan satu atau lebih gyro dan kombinasi data yang digunakan untuk menghitung sudut. *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, yang berlandaskan pada prinsip-prinsip momentum sudut.

Mikrokontroler ATmega128 merupakan salah satu varian dari mikrokontroler AVR 8-bit. Beberapa fitur yang dimiliki adalah memiliki beberapa memori yang bersifat non-volatile, yaitu 128Kbytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (128Kbytes memory flash untuk pemrograman), write/erase cycles: 10.000 Flash/ 100.000 EEPROM (program dalam mikrokontroler dapat diisi dan dihapus berulang kali sampai 10.000 kali untuk flash memori atau 100.000 kali untuk penyimpanan program/data di EEPROM) (Atmel Corp., 2011)



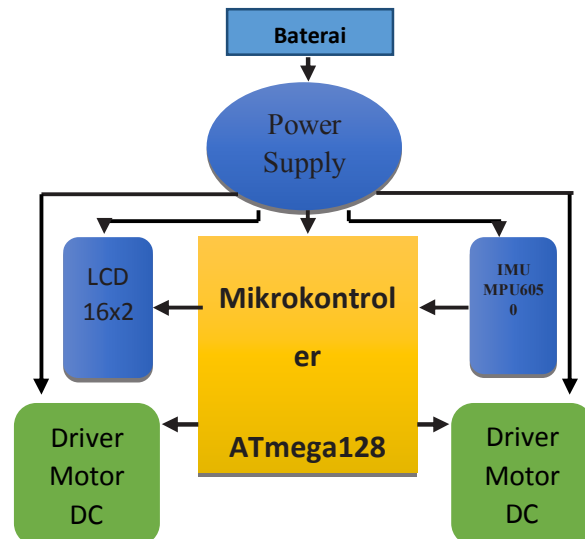
Gambar 3. IC Mikrokontroler ATMEGA 128

Prinsip kerja self-balancing robot akan berusaha untuk menyeimbangkan keadaan akan sudut kemiringan yang diterima, dan juga robot akan bergerak maju dan mundur untuk mendapatkan titik keseimbangan. Robot ini menggunakan system minimum ATmega128 sebagai otak dan pusat kendali robot, ATmega128 ini cukup untuk menjalankan program robot ini secara bagus dan tepat. Robot ini akan berusaha untuk

menyeimbangkan diri keadaan akan sudut kemiringan yang diterima.

Robot akan bergerak maju dan mundur dan berusaha untuk mendapatkan titik keseimbangan. Robot ini menggunakan sensor kemiringan yaitu sensor MPU 6050 yang terdapat sensor gyroscope dan *Accelerometer* yang mana *Accelerometer* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan suatu objek.

Dalam perancangan sistem ini, *Self-Balancing Robot* menggunakan sistem pencatu daya baterai jenis Lithium Polymer (LiPo) 3S dengan besar tegangan 11,7VDC dan besaran arus 2200mAh. Oleh karena kebutuhan tegangan pada sistem kontrol utama IC ATMEGA128 dan sensor IMU sebesar 5VDC, maka nilai tegangan pada baterai LiPo akan disesuaikan dengan menggunakan sistem catudaya *switching* dengan penstabil tegangan atau *regulator* 5VDC dengan IC LM2576 yang mempunyai pengaturan arus umpan balik (*feedback*) (Jr. & Ruscitti, 2007).

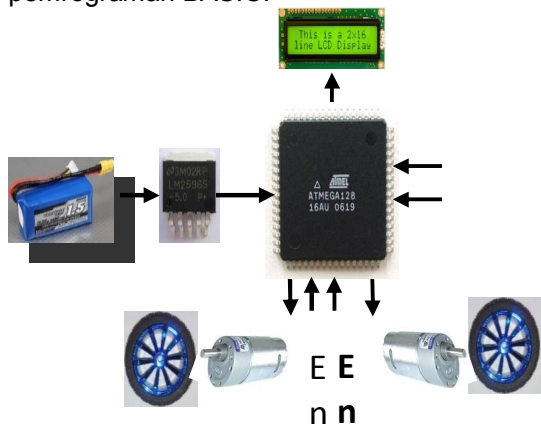


Gambar 4. Blok Diagram Rancangan Self-Balancing Robot dengan Sensor IMU MPU6050

PEMBAHASAN

Dalam tahapan implementasi sistem *Self-Balancing Robot*, kontroler utama berupa IC ATMEGA16 yang dipasang menggunakan model komponen SMD (*Surface Mount Device*)

dan diprogram menggunakan bahasa pemrograman BASIC.



Gambar 5. Komponen Inti *Self-Balancing Robot*

Sensor IMU sebagai sensor kondisi badan robot berbasis IC.

MPU6050 ini yang digunakan pada penelitian ini adalah modul GY-521 yang sudah terintegrasi dalam satu *board module* lengkap. Dalam hal ini pada IC kontrol utama tidak perlu dipasang resistor *pull-up* seperti pada umumnya komunikasi I2C.

Hasil pembacaan data posisi badan robot ditampilkan pada peraga digital LCD Alphanumeric 16x2 karakter. Pengaturan penataan tulisan pada LCD diatur sedemikian rupa sehingga data yang akan ditampilkan adalah pengukuran data posisi badan robot dalam Pitch dan Roll.

Tahapan pengujian awal adalah pengujian penstabil tegangan pada IC LM2576 yang akan menyesuaikan tegangan dari baterai LiPo 3S sebesar 11,1VDC menjadi 5VDC sesuai kebutuhan tegangan sistem kontrol utama dan sensor serta LCD.

Tabel 1. Nilai Tegangan Regulator LM2576

No	Tegangan LiPo 3S	Tegangan Output Tanpa Beban	Tegangan Output Ada Beban	Tegangan Dadal LM2576
1	12,19 VDC	5,1 VDC	5,06 VDC	7,13 VDC

Tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan yang masuk ke dalam bagian kontrol tetap stabil pada angka 5 volt dengan toleransi $\pm 0,03$ sampai dengan 0,05 volt. Toleransi tegangan kerja ATMEGA128 adalah $5 \pm 10\%$ sehingga nilai tersebut masih berada pada titik kerja optimal. Sedangkan kita dapat melihat bahwa tegangan dadal LM2576 pada pengujian mendapatkan tegangan dadalnya 7,13volt. Nilai ini masih berada pada jangkauan IC regulator LM2576 sehingga sistem penstabil tegangan tidak ada masalah.

Pengambilan data selanjutnya adalah pengujian sensor *Accelerometer*. Pengujian ini dilakukan dan data diambil pada saat robot dalam keadaan berdiri tegak dan pada saat robot tidur atau tidak berdiri tegak. Data yang diambil untuk menjadi sampel sebanyak sepuluh kali.

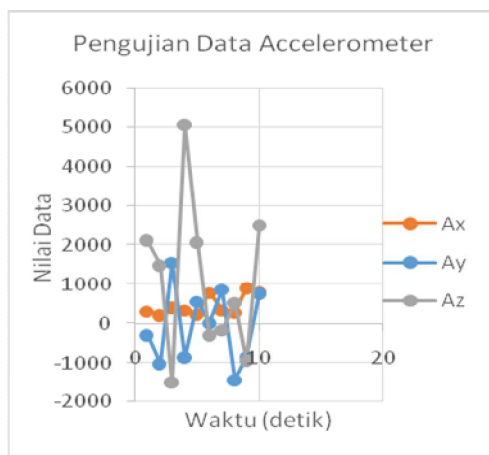
Tabel 2. Pengujian data di ambil saat robot dalam keadaan sejajar dengan lantai

NO	Nilai Data Mentah <i>Accelerometer</i>		
	Ax (dec)	Ay (dec)	Az (dec)
1	120	270	-38
2	124	294	-24
3	112	184	-148
4	80	280	-76
5	128	286	-84
6	92	302	-90
7	114	282	-70
8	106	310	-100
9	118	298	-94
10	106	280	-68

Hasil dari pengambilan data pengujian robot dalam keadaan sejajar dengan lantai adalah bisa dikatakan stabil karena jarak sudut Ax, Ay dan Az berada pada rangenya masing-masing. Berikut grafik pengukuran data akselerometer sumbu x, y dan z.

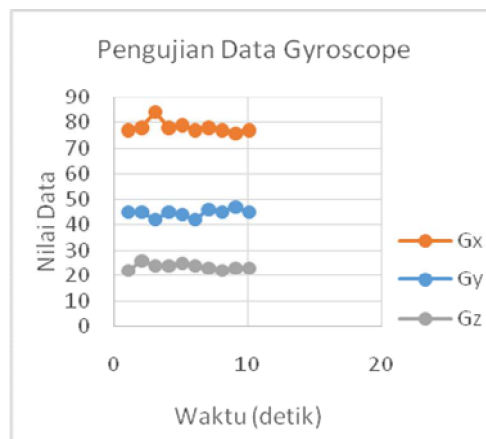
Tabel 3. Pengujian data di ambil saat robot dalam keadaan tegak

NO	Nilai Data Mentah Accelerometer		
	Ax (dec)	Ay (dec)	Az (dec)
1	308	-302	2122
2	200	-1021	1488
3	398	1542	-1504
4	326	-845	5056
5	216	554	2066
6	774	10	-300
7	336	854	-172
8	270	-1441	516
9	900	-831	-938
10	784	756	2496



Gambar 6. Grafik Pengujian Data Accelerometer saat posisi robot tegak

Tahap akhir pengujian sensor IMU adalah keadaan sudut putar dan pergerakan sumbu x dan z robot dalam *Roll* dan *Pitch*. Pengubahan data akselerometer dan *gyroscope* menjadi data *Roll* dan *Pitch* sebagai acuan pergerakan robot dalam mengatur serta menjaga keseimbangan *Self-Balancing Robot* dilakukan dalam program.



Gambar 7. Grafik Pengujian Sensor Gyroscope

Pengujian selanjutnya adalah data *gyroscope* dalam kondisi robot bergerak.

Didapatkan data pengujian sensor akselerometer serta *gyroscope* secara bertahap dengan kondisi baik sesuai nilai acuan untuk mengkondisikan posisi robot. Pengujian selanjutnya adalah data *gyroscope* dalam kondisi robot bergerak.

Pengujian data akselerometer sumbu x, y, dan z dilakukan dalam 2 keadaan yaitu pada posisi robot sejajar dengan lantai dan posisi robot tegak.

Tabel 4. Pengujian data Gyroscope

N	Nilai Data Mentah Gyroscope		
	Gx (^{degree} /sekon)	Gy (^{degree} /sekon)	Gz (^{degree} /sekon)
1	77	45	22
2	78	45	26
3	84	42	24
4	78	45	24
5	79	44	25
6	77	42	24
7	78	46	23
8	77	45	22
9	76	47	23
10	77	45	23

Tabel 5. Pengujian IMU sensor untuk Roll dan Pitch

N	Posisi Robot	Roll/sumbu Y ($^{\circ}$)	Pitch/ sumbu X ($^{\circ}$)
1	Sejajar dengan lantai	0	0
2	Tegak	0	90

KESIMPULAN

Dari pengujian data yang diambil dinyatakan bahwa sensor IMU MPU6050 bekerja dengan baik dan memberikan performa maksimal dan cukup andal digunakan sebagai acuan pergerakan posisi robot dalam menjaga keseimbangan.

Modul pada GY-521 berbasis MPU6050 sebagai sensor IMU sangat cocok digunakan sebagai sensor utama pada aplikasi *Self-Balancing Robot*.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel Corp. (2011). *8-bit Atmel Microcontroller Programmable ATmega128L*. [Www.Atmel.Com/Atmel/Acrobat/2467S.Pdf](http://www.atmel.com/Atmel/Acrobat/2467S.Pdf). Retrieved from <http://www.atmel.com/images/doc2467.pdf>
- Jr., L. N., & Ruscitti, E. (2007). *High Voltage DC-DC Converter*. Worcester Polytechnic Institute.

- Ketaren, L. P., Ma, M., & Rahmawaty, M. (2015). Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metoda Kontrol Proporsional, Integral dan Derivatif. *Jurnal Politeknik Caltex Riau*, 1(2), 39–48.
- Rokhmat, M. M. (2013). Implementasi sistem keseimbangan robot beroda dua dengan menggunakan kontroler proporsional integral diferensial. *Jurnal Mahasiswa TEUB*.
- Ruswanto, S., Ningrum, E. S., & Ramli, I. (2011). Pengaturan Gerak Dan Keseimbangan Robot Line Tracer Dua Roda Menggunakan PID Controller. In *The 13th Industrial Electronics Seminar 2011 (IES2011)* (Vol. 2011, pp. 978–979). Surabaya: EEPIS.
- Urdhwareshe, R., Bakshi, Z., Naiknavare, P., & Naik, S. (2014). Design and Implementation of IMU Sensor Fusion and PID Control in Quadrotor. *IPASJ*, 2(9), 56–63.
- Zul Azfar, a., & Hazry, D. (2011). A simple approach on implementing IMU sensor fusion in PID controller for stabilizing quadrotor flight control. *Proceedings - 2011 IEEE 7th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications, CSPA 2011*, 28–32. <http://doi.org/10.1109/CSPA.2011.5759837>

KAJIAN TEKNIS PEMANFAATAN ABU TERBANG (FLY ASH) UNTUK PT. MAKMUR SEJAHTERA WISESA SEBAGAI BASE LAYDOWN ASET PROJECT PT. ADARO INDONESIA

Dedi Herawadi¹; Edy Nursanto² Eddy Winarno³

¹Mahasiswa Magister Prodi Teknik Pertambangan, U P N "Veteran" Yogyakarta

^{2,3}Dosen Magister Prodi Teknik Pertambangan, U P N "Veteran" Yogyakarta

Masuk: 21 Maret 2016, revisi masuk : 6 Mei 2016, diterima: 13 Juni 2016

ABSTRACT

Utilization coal an energy source to produce electricity and coal wastes such as fly ash, estimated at 7 thousand tons of fly ash annually in power plant PT. Makmur Sejahtera Wisesa (PT.MSW). One attempt utilizing waste fly ash is as a compound to increase the carrying capacity of clay. Pit Wara, clay mining is not entirely good and meet the technical criteria as a constituent material for pavement. Because clay should be improved or stabilized. In general, this problem is resolved by making clay material from other locations, this will result increased operating costs. This research aimed at obtaining the compressive strength of clay that fits the criteria of technical base in the manufacturing base of laydown in the Pit Wara to improve soil properties of clay in the form of stabilization by adding fly ash it is called stabilizing agent (Hartosukma, E.W, 2005). The research methodology used material sample in the Pit Wara and power plant PT.MSW, to be tested in the laboratory. Compacting (Compaction test) and CBR, unknown effect of adding fly ash to the value optimum moisture content (OMC), the value of moisture dry density of clay and material mix. The test results showed that the addition of 10% fly ash can be increase the value of CBR to 16 (Criteria for subgrade CBR that category as well) when compacted at the optimum water content of 17.5%. The decline in value of the compressive strength of the material mixture (clay and fly ash) when done excessively the addition of fly ash is the addition of 20% fly ash is not linear.

Kywords: Clay, fly as, stabilisation, OMC, CBR

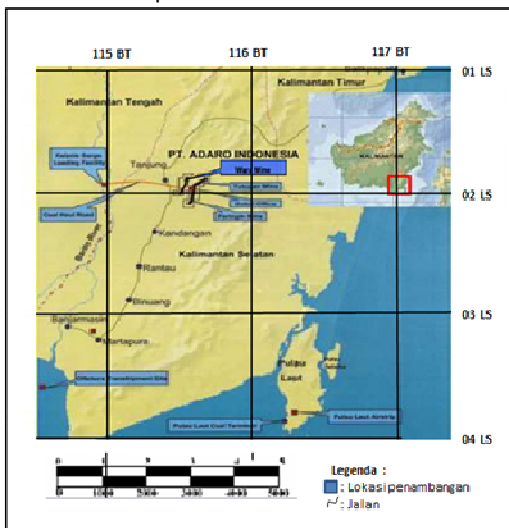
INTISARI

Pemanfaatan batubara sebagai sumber energi menghasilkan listrik dan limbah batubara berupa abu terbang, yang diperkirakan sebanyak 7 ribu ton abu terbang setiap tahunnya di PLTU PT. Makmur Sejahtera Wisesa. Suatu usaha memanfaatkan limbah abu terbang adalah sebagai bahan campuran untuk meningkatkan daya dukung lempung. Lempung diarea penambangan tidak seluruhnya baik dan memenuhi kriteria teknis sebagai bahan untuk penyusun perkerasan. Olehkarenanya lempung tersebut harus diperbaiki atau distabilisasi. Pada umumnya permasalahan ini teratasi dengan melakukan pengambilan material lempung dari lokasi lain, hal ini akan mengakibatkan meningkatnya biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan lempung yang sesuai dengan kriteria dasar teknis dalam pembuatan *base laydown* diarea *Pit Wara* yaitu dengan memperbaiki sifat lempung berupa stabilisasi tanah dengan menambahkan Abu terbang (*fly ash*) sebagai *stabilizing agent* (Hartosukma, E.W, 2005). Metodologi penelitian yang digunakan adalah sampling material diarea *Pit Wara* dan PLTU PT.MSW untuk diuji di Laboratorium. Dengan pemadatan (*Compaction test*) dan CBR, diketahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap nilai kadar air optimum (OMC), nilai *moisture dry density* lempung dan material campuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* 10% dapat meningkatkan nilai CBR menjadi 16 (Kriteria CBR *Subgrade* yaitu kategori material baik) apabila dipadatkan pada kadar air optimum 17,5%. Penurunan nilai kuat tekan material campuran (lempung dan abu terbang) bila ditambahkan berlebihan yaitu penambahan 20% abu terbang tidak *linier*.

Kata kunci: lempung, abu terbang (*fly ash*), stabilisasi, OMC, CBR

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di seluruh dunia akan meningkat termasuk di Indonesia. Indonesia adalah negara yang memiliki sumber daya batubara yang banyak, maka hal ini akan menjadi faktor meningkatnya penggunaan batubara sebagai sumber energi. Saat ini di Kabupaten Tanjung Tabalong Kalimantan Selatan, telah beroperasi pembangkit listrik yang berbahan bakar batubara berkalori 3500-4000 kal yaitu PT. Makmur Sejahtera Wisesa (PT. MSW) dengan konsumsi 350 ribu ton batubara setiap tahunnya (berdasarkan data coal transport PT. Adaro Indonesia ke PLTU PT. MSW). Pemanfaatan batubara sebagai sumber energi menghasilkan listrik dan limbah sisa pembakaran batubara yaitu berupa abu terbang yang diperkirakan 7 ribu ton abu terbang setiap tahun. Salah satu usaha memanfaatkan limbah abu terbang adalah sebagai bahan campuran untuk meningkatkan daya dukung lempung. Hasil pemanfaatan abu terbang akan diuji secara mekanik yaitu uji *particle size distribution*, kuat tekan (*California Bearing Ratio*), nilai *Compaction test* material campuran.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (PT. Adaro Indonesia & PLTU PT. MSW)

Secara *administratif* lokasi penelitian berada di Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan dengan geografis

terletak pada 115° 36' 30" – 115° 36' 10" BT dan 2° 07' 30" – 2° 25' 30" LS.

Dengan memanfaatkan limbah abu terbang tersebut maka dapat mengurangi potensial pencemaran lingkungan dan mendukung efisiensi anggaran operasional karena menggunakan abu terbang dan lempung di area *Pit Wara*. Lokasi penelitian terletak di dalam PKB2B PT. Adaro Indonesia.

METODE

Berdasarkan studi literatur diperoleh hipotesis bahwa penambahan abu terbang dengan material lempung / *clay*. Penambahan abu terbang sebanyak 10-20% kedalam material lempung dapat meningkatkan nilai kuat tekan campuran 15–20% dan penambahan kadar Abu terbang (*Fly Ash*) tidak meningkatkan nilai kuat tekan secara linier (Arini Wendy Astuti, Endo Fathias, 2013)

Sampel penelitian, material lempung/*clay* yaitu partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan/atau aluminium yang halus. Unsur-unsur ini yaitu silikon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi (<https://id.wikipedia.org/wiki/Lempung>).

Pengambilan sampel lempung dilakukan pada *roof seam* batubara W200 di *Pit Wara* dan sampel abu terbang di PLTU PT. Makmur Sejahtera Wisesa. Pengambilan sampel lempung dilakukan dalam keadaan terganggu (*disturbed*), artinya struktur asli pada sampel lempung tidak sama dengan kondisi semula. Lempung diambil dengan menggunakan cangkul/sekop di area *Pit Wara*. Karakteristik lempung secara mayoritas sama berupa lempung berwarna putih, dan Abu terbang (*fly ash*) adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). Abu terbang berupa sisa pembakaran

batubara dari PLTU MSW berwarna coklat dianggap sebagai data *homogen*. Pengambilan sampel abu terbang ini diperoleh dari PT. Makmur Sejahtera Wisesa berupa abu terbang kering.

Tempat pengujian sampel, penelitian ini dilakukan pengujian di laboratorium, pengamatan sampel yang akan diuji, persiapan sampel, pengukuran serta analisa data yaitu di Laboratorium Geoteknik PT. Adaro Indonesia dan Laboratorium XRD Geological UGM.

Benda Uji, campuran benda uji lempung dan abu terbang yang digunakan pada penelitian ini adalah 10%, 20% dan 30% (dalam persen berat). Jumlah sampel berupa lempung campuran abu terbang masing-masing adalah 5 sampel. Berat abu terbang yang digunakan adalah persentase abu terbang terhadap berat kering sampel lempung dalam keadaan kering, dan dicampurkan ke dalam lempung dalam bentuk tepung (*powder*), kondisi awal sampel dalam kondisi kering (lempung asli, abu terbang, campuran 10%, campuran 20%, dan campuran 30%). Kemudian 5 sampel tersebut diberi penambahan air sesuai dengan ketentuan uji PSD, uji *compaction test*, dan CBR test. Adapun cara pencampuran dilakukan manual dengan tangan sehingga diperoleh benda uji dengan kondisi air optimum.

Uji *Particle Size Distribution*, distribusi ukuran butiran adalah penentuan *persentase* berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Material sampel uji (lempung asli, abu terbang, campuran 10%, campuran 20%, campuran 30%), dilakukan pengujian dengan memasukkan kedalam wadah kemudian dicampurkan dengan air, kemudian dikeringkan dengan dimasukkan kedalam oven dan dilakukan pengukuran size material dengan menggunakan ayakan.

Uji *Compaction test* atau pemadatan yaitu proses dikeluarkannya udara dalam pori-pori material dalam hal ini sampel dengan cara mekanis /ditumbuk. Proses pemadatan dapat tercapai dipengaruhi oleh kandungan air didalamnya. Jika kandungan air rendah memiliki sifat keras dan kaku, sehingga sukar dipadatkan. Uji pemadatan bertujuan

memperoleh kadar air optimum dan berat isi kering maksimum dalam pemadatan. Penentuan penambahan air kedalam material yang akan diuji (Lempung asli, abu terbang, campuran 10%, 20% dan 30%). Penambahan air pada lempung asli sebanyak 4-12%, abu terbang sebanyak 34-46%, campuran 10% sebanyak 8-16%, campuran 20% sebanyak 12-20%, campuran 30% sebanyak 16-24%. Material sampel dimasukkan kedalam tin/cetakan, pemadatan dilakukan pada 3 lapisan yang dipadatkan dengan 56 tumbukan dengan penumbuk standart 2,5 kilogram dan tinggi jatuh 30,5cm, kemudian dilakukan pengukuran *wet density* yaitu dengan penambahan *massa wet + mould* dibagi dengan volume air. Setelah *dry density*, *Spesific density*, OMC, MDD, dan natural MC diperoleh maka hasil pengujian diplotkan pada grafik *compaction test*.

Uji *California Bearing Test* yaitu pengujian yang membandingkan beban percobaan /*test load* dengan beban standar yang dinyatakan dalam *prosentase*. Uji *California Bearing Test* dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan material *original* dan material yang telah dilakukan percampuran dengan komposisi 10%, 20%, dan 30%. Penentuan penambahan air kedalam material yang akan diuji (Lempung asli, abu terbang, campuran 10%, 20% dan 30%). Penambahan air pada lempung asli (4-12%), abu terbang (34-46%), campuran 10% (8-16%) campuran 20% (12-20%) campuran 30% (16-24%). Sehingga diperoleh nilai optimum *California Bearing Test* saat penambahan 10% abu terbang 16.

Uji *X Ray Diffraction Test*, berdasarkan hasil uji *X ray diffraction test* berupa analisa kuantitatif sampel lempung dan abu terbang / *fly ash* maka diperoleh kandungan sampel: Pertama, Sampel lempung secara umum tersusun dari *kuarsa, kaolin, dan mika*. Ke dua, sampel abu terbang secara umum tersusun dari *kuarsa, plagioklas dan pirit*.

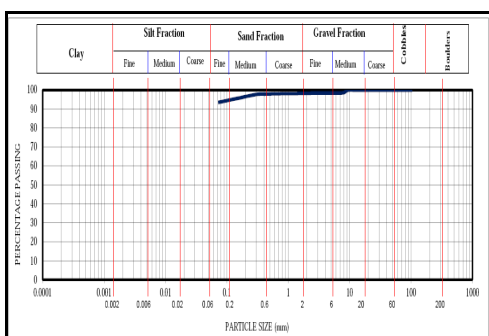
PEMBAHASAN

Particle Size Distribution Test / PSD Test. pengujian PSD Test memperoleh komposisi yang berada dalam sampel lempung, abu terbang dan

material campuran (10%, 20% dan 30% abu terbang) yaitu dominan lempung halus, pasir dan kerikil. Hasil uji PSD berupa Lempung asli (kerikil 5,31%, pasir 4,29%, lempung halus 90,4%), Abu terbang asli (kerikil 0,17%, pasir 19,88%, lempung halus 79,94%), Abu terbang 10% (kerikil 1,7%, pasir 4,68%, lempung halus 93,62%), Abu terbang 20% (kerikil 2,78%, pasir 4,77%, lempung halus 92,45%), Abu terbang 30% (kerikil 1,64%, pasir 6,71%, lempung halus 91,65%). Uji PSD Test memperoleh hasil bahwa setiap penambahan abu terbang (10%, 20% dan 30% abu terbang) mengakibatkan peningkatan komposisi pasir (sand) dari 4,3% pasir pada sampel lempung menjadi 4,7%, 4,8% dan 6,7% pasir pada saat penambahan abu terbang hal ini seperti pada Tabel 1 dan Gambar 2.

Tabel 1. Prosentase komposisi pasir

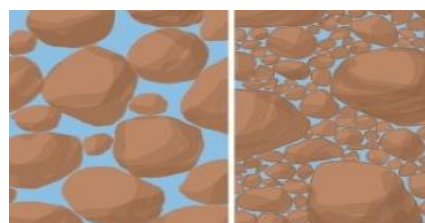
NO	Pengujian	Bongkahan (%)	kerikil (%)	Pasir (%)	Lempung halus (%)
1	Lempung Asli	0	5,31	4,29	90,4
2	Abu terbang Asli	0	0,17	19,88	79,94
3	Abu terbang 10%	0	1,7	4,68	93,62
4	Abu terbang 20%	0	2,78	4,77	92,45
5	Abu terbang 30%	0	1,64	6,71	91,65



Gambar 2. Hasil Uji PSD 10% Abu terbang

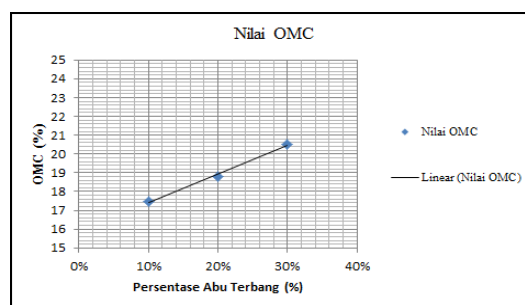
Peningkatan prosentase pasir dalam material uji ini mengakibatkan keterikatan antar butiran material semakin erat (material pasir mengisi rongga antar didalam material campuran sesuai Gambar 3. Hal ini berarti penambahan abu terbang dapat meningkatkan keterikatan antar material penyusun campuran.

Compaction Test, dari pengujian compaction test diperoleh salah satunya yaitu nilai OMC (*Optimum Moisture Content*) yaitu peningkatan kandungan air dengan penambahan prosentase abu terbang dari 17,5% saat 10% abu terbang menjadi 18,8% dengan penambahan 20% abu terbang dan menjadi 20,5% dengan penambahan 30% abu terbang.

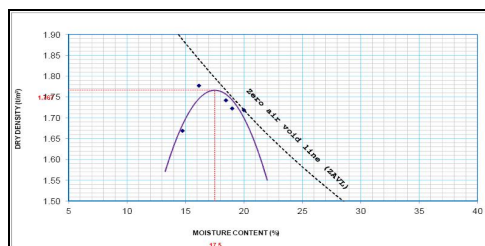


Gambar 3. Ilustrasi pasir mengisi rongga pada material campuran

Dengan peningkatan *optimum moisture content* berarti semakin tidak padat material campuran karena semakin banyak mengandung air dan tidak sesuai sebagai bahan pelapis *base laydown* (Gambar 4 Hasil Uji *Compaction test* material 10% Abu terbang). Dari hasil pengujian (Gambar 5 Abu terbang vs OMC) diperoleh saat penambahan abu terbang 10% nilai OMC turun menjadi 17,5%, hal ini menunjukkan material campuran 10% abu terbang memiliki kepadatan yang lebih baik dari lempung asli dan material *trial* 20% dan 30% abu terbang.

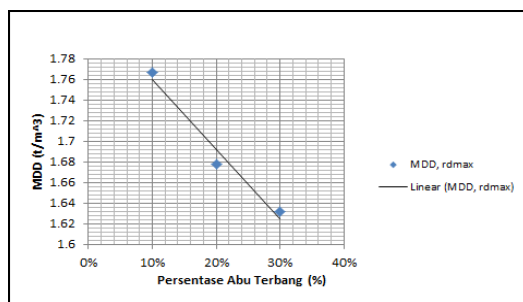


Gambar 4. *Compaction Test* 10% Abu terbang



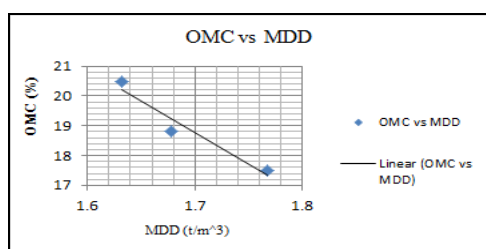
Gambar 5. Abu terbang vs OMC

Bila ditinjau dari *Maximum dry density* (MDD), dengan penambahan prosentase 10% abu terbang nilai MDD naik menjadi 1,767 kemudian saat penambahan abu terbang 20% lebih mengakibatkan turunnya nilai MDD sesuai pada tabel 5.2 diatas. Saat penambahan 10% abu terbang nilai MDD naik menjadi 1,767 artinya kepadatan material campuran tersebut dalam kondisi maksimal jika dibandingkan dengan 20% dan 30% abu terbang (dalam Gambar 6 Abu terbang vs MDD).



Gambar 6. Abu terbang vs MDD

Pada Gambar 7 berat volume kering (γ_{dry}) maksimumnya akan turun *linier* dengan penambahan abu terbang dan pada grafik 1 kadar air optimum (OMC) akan naik *linier* dengan penambahan abu terbang.



Gambar 7. Perbandingan nilai MDD vs nilai OMC

Abu terbang merupakan material yang bersifat menyerap banyak air. Hal itu menyebabkan nilai OMC pada campuran. Semakin banyak prosentase abu terbang ditambahkan, semakin banyak air yang dapat terserap oleh campuran lempung dan abu terbang, sehingga dengan bertambah air pada lempung dan abu terbang tersebut nilai angka pori material campuran meningkat (Junaidi, 2008). Perubahan MDD saat dilakukan penambahan abu terbang menyebabkan nilai MDD saat maksimum pada saat penambahan 10% abu terbang. Dari pengujian *compaction test* diperoleh material campuran terbaik saat dilakukan penambahan 10% abu terbang (nilai OMC minimum dan nilai MDD maksimum saat ditambahkan 10% abu terbang).

Pengaruh penambahan abu terbang terhadap nilai *California bearing ratio test* material campuran: *California bearing ratio* (CBR) adalah salah satu cara untuk mengetahui kuat dukung tanah, besarnya nilai kuat dukung tanah akan dipengaruhi oleh kualitas bahan, lekatan, antar butir dan kepadatannya (Iberahim, 2014) Berdasarkan kriteria CBR untuk tanah dasar seperti dalam Tabel 2 (Turnbul, 1968 dalam Raharjo, 1997 dalam sutisna, joni r, 2004) nilai CBR yang diperoleh dalam kategori buruk sampai baik.

Tabel 2. Kriteria CBR Subgrade

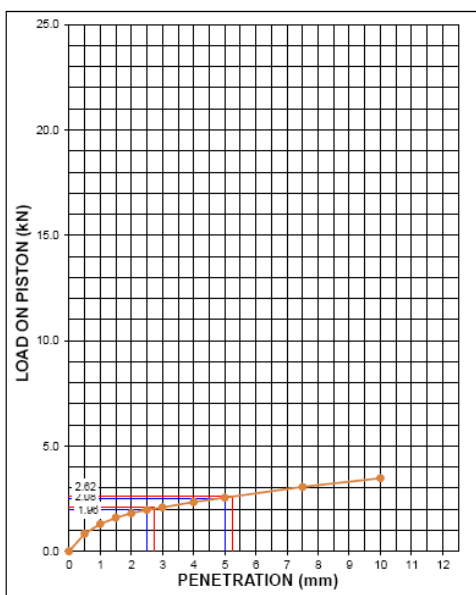
Section	Material	Nilai CBR (%)
Subgrade	Sangat baik	20 - 30
	Baik	10 - 20
	Sedang	5 - 10
	Buruk	>5

Dari hasil pengujian diperoleh nilai CBR seperti pada tabel 3 dibawah ini:

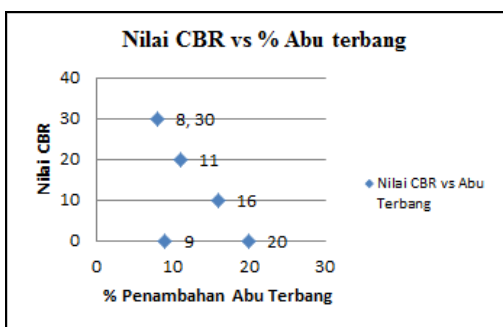
Tabel 3. Hasil Uji California Bearing Ratio Test

Pengujian	Nilai CBR (%)
Lempung Asli	9
Abu Terbang 10%	16
Abu Terbang 20%	11
Abu Terbang 30%	8

Dengan penambahan 10% abu terbang (Gambar 8 Uji CBR 10% Abu terbang) maka diperoleh nilai CBR sebesar 16 Saat dilakukan penambahan abu terbang 20%, dan 30% diperoleh nilai CBR turun menjadi 11 dan 8. Hal ini artinya sesuai dengan hipotesis bahwa pada saat penambahan prosentase abu terbang bersifat tidak linier. Pengaruh penambahan abu terbang terhadap nilai *California bearing ratio test* dalam material campuran terlihat seperti Gambar 9.



Gambar 8. Uji CBR 10% Abu terbang

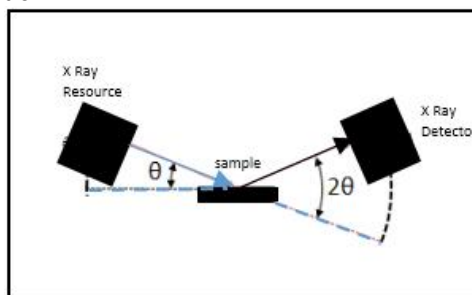


Gambar 9. CBR vs Abu Terbang

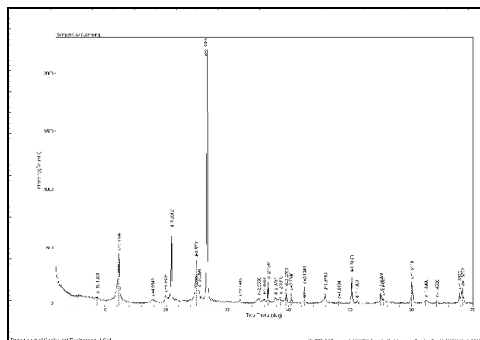
Pada Gambar 9 membuktikan penambahan abu terbang tidak selalu linier terhadap nilai kuat tekannya / nilai *California bearing ratio test* material campuran serta kenaikan nilai *California bearing ratio test* sampel lempung dari nilai 9 menjadi optimal di nilai 16 (saat

campuran 10% abu terbang) kenaikan nilai *California bearing ratio test* sebesar 77% dari material sampel *original* lempung. Hal ini berarti nilai optimal CBR dalam material campuran yaitu 16.

Pengaruh penambahan abu terbang dilihat dari komposisi kimia, *X Ray Diffraction* adalah bahan uji / sampel dikenai sinar X maka sinar X yang datang ditransmisikan membentuk 2 kali sudut datangnya dan ditangkap oleh *X Ray Detector* (https://en.m.wikipedia.org/wiki/x-ray_diffraction), hal ini seperti pada Gambar 10. *Ilustrasi X Ray Diffraction*

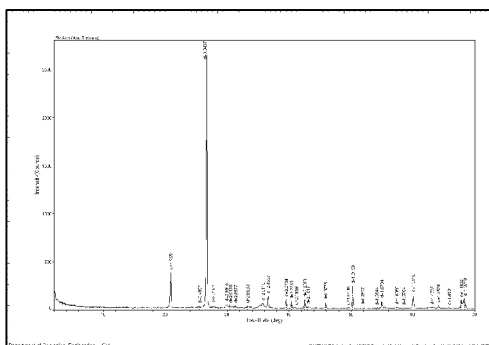


Gambar 10. Ilustrasi X Ray Diffraction



Gambar 11. Hasil X Ray Lempung

Pada uji *X-Ray Diffraction test* abu terbang MSW secara umum mengandung *kuarsa*, *plagioklas*, dan *pirit* (Gambar 12 hasil X Ray Abu terbang) yang mana akan dapat berikatan dengan material lempung yang mengandung *kuarsa*, *kaolin*, *mika* (Gambar 11 hasil X Ray Lempung).



Gambar 12. Hasil X Ray Abu terbang

Adapun dari jenis abu terbang dengan kandungan CaO 11,65% tergolong dalam kelas C (ASTM D6349-09) yang di hasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* atau *sub bitumen* dengan kalori 3500-4000 kal. Hasil kandungan kimia abu terbang PT. MSW mengandung CaO sebesar 11,65% (sumber Komposisi kimia Abu terbang MSW) bersifat *smenting* yang dapat digunakan sebagai material tambahan untuk meningkatkan daya dukung tanah (nilai CBR meningkat), bila dicampur dengan material lempung).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian lempung, abu terbang, dan material campuran maka diperoleh campuran paling stabil untuk perkerasan adalah 10% abu terbang dan 90% lempung. Dari campuran tersebut diperoleh nilai CBR 16 (material baik sesuai Kriteria CBR tanah dasar / subgrade Turnbull, 1968 dalam Raharjo, 1985).

Penambahan berlebih abu terbang terhadap lempung >10% memperoleh hasil kualitas campuran yang rendah, yaitu 20% bernilai CBR 11, dan 30% bernilai CBR 8. Sehingga penambahan abu terbang tidak *linier* terhadap nilai CBR material campuran. Untuk dapat diterapkan dilapangan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh terhadap penggunaan abu terbang terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini Wendy Astuti, Endo Fathias, 2013, Studi Eksperimental Aplikasi Material Nano Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan Mortar Beton, Peneliti Dosen Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.
- Hartosukma, E. W, 2005, Perilaku Tanah Lempung Ekspansif Karangawen Demak Akibat Penambahan Semen dan Abu terbang sebagai Stabilitas Agent, Penelitian Tesis Program Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang
- Raharjo, R.P 1985 Correlation of CBR and Dynamic Cone Penetrometer Strength Measurement of Soil. Konferensi Geoteknik ke 3
- Sutisna, Joni R, 2014, Evaluasi Nilai CBR pada tanah dasar (*Subgrade*) Jalur Jalan Bandung-Cianjur Dengan Menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer, Buletin Geologi Tata Lingkungan Vol 14 No.1, Bandung
- Wardani, S.P.R, 2008. Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly ash*) Untuk *Stabilisasi* Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan, Pidato Pengukuhan Guru Besar, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

SINTESIS FURFURAL DARI KULIT BUAH KAPUK RANDU DENGAN KATALISATOR ASAM KHLORIDA

Ganjar Andaka¹

¹ Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 14 Mei 2016, revisi masuk: 3 Juni 2016, diterima: 11 Juli 2016

ABSTRACT

Hydrolysis of kapok shell in the presence of hydrochloric acid catalyst to produce furfural was studied. This objective of this work was to study the effects of catalyst concentration and reaction time on yield of furfural. The experiment were conducted by reacting kapok shell with hydrochloric acid in a three neck flask sized 500 mL equipped with stirrer, heater, condenser, and thermometer. The reaction condition studied were catalyst concentration ranging from 0,025 N to 0,2 N and reaction time from 30 minutes to 180 minutes. The concentration of furfural was analyzed to calculate the yield of furfural. The initial analysis of kapok shell obtained that the water content of 6.75%, ash content of 2.31%, and pentosan content of 22.72%. The results show that yield of furfural reached a maximum at the catalyst concentration is 8.01% and the yield of furfural reached an optimum at the reaction time for 180 minutes is 8.03%.

Keywords: kapok shell, furfural, hydrolysis, hydrochloric acid.

INTISARI

Hidrolisis kulit buah kapuk randu memakai asam khlorida sebagai katalisator untuk membentuk furfural dilakukan dengan mempelajari pengaruh konsentrasi katalisator dan waktu reaksi terhadap *yield* furfural. Penelitian ini dilakukan dengan mereaksikan kulit buah kapuk randu dengan asam khlorida di dalam labu leher tiga berukuran 500 mL yang dilengkapi dengan pengaduk, pemanas, pendingin balik dan termometer. Proses dijalankan pada variasi konsentrasi katalisator antara 0,025 N sampai dengan 0,2 N dan variasi waktu reaksi antara 30 menit sampai dengan 180 menit. Konsentrasi furfural yang dihasilkan dianalisis untuk menghitung *yield* furfural. Dari analisis bahan baku didapatkan bahwa kadar air kulit buah kapuk randu sebesar 6,75%, kadar abu 2,31%, dan kadar pentosan sebesar 22,72%. Hasil penelitian menunjukkan *yield* furfural mencapai titik maksimum pada konsentrasi katalisator 0,15 N sebesar 8,01% dan *yield* furfural mencapai titik optimum pada waktu reaksi hidrolisis selama 180 menit sebesar 8,03%.

Kata kunci: kulit buah kapuk randu, furfural, hidrolisis, asam khlorida.

PENDAHULUAN

Kapuk randu (*Ceiba pentandra*) adalah pohon tropis yang tergolong ordo *Malvales* dan famili *Malvaceae* yang berasal dari bagian utara Amerika Selatan, Amerika Tengah, dan Karibia (http://id.wikipedia.org/wiki/Kapuk_randu).

Hasil yang diambil dari tanaman ini adalah serat kapuk dan minyak dari biji kapuknya, sedang kulit dari buah kapuknya belum banyak dimanfaatkan. Kulit buah kapuk

adalah salah satu limbah pertanian yang mengandung pentosan yang merupakan bahan dasar pembuatan furfural (Zeitsch, 2000). Secara teoritis, hampir semua limbah pertanian yang mengandung pentosan dapat dihidrolisis menjadi furfural.

Seperti halnya biomassa pada umumnya, kulit buah kapuk memiliki kandungan polisakarida. Salah satu polisakarida yang terdapat dalam kulit buah kapuk adalah pentosan. Kandungan pentosan pada kapuk randu sekitar 23% (kapukrandukaraban-

¹ganjar_andaka@akprind.ac.id

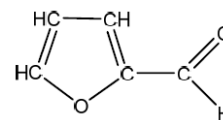
pati.blogspot.com) memungkinkan kulit buah kapuk dapat dihidrolisis menjadi furfural. Kandungan pentosan dalam beberapa bahan baku ditunjukkan dalam Tabel 1.

Penelitian ini diharapkan akan menjadi salah satu usaha untuk meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomi kulit buah kapuk. Untuk mendapatkan hasil furfural yang maksimal perlu diketahui faktor-faktor yang berpengaruh dalam pembuatan furfural dari kulit buah kapuk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi katalisator dan waktu reaksi terhadap *yield* furfural yang dihasilkan dari hidrolisis kulit buah kapuk dengan katalisator asam khlorida.

Tabel 1. Kandungan pentosan dalam beberapa bahan baku dalam persen berat kering (Zeitsch, 2000).

Bahan Baku	Kandungan pentosan (%)
Sekam pohon oak	29 - 32
Tongkol jagung	30 - 32
Kulit biji kapuk (kapas)	27 - 30
Kulit biji bunga matahari	25
Kulit biji almond	30
Bagas (ampas tebu)	25 - 27
Sekam padi	16 - 18
Kulit buah kemiri	23

Furfural ($C_5H_4O_2$) atau sering disebut dengan *2-furankarboksaldehyd*, *furanaldehyd*, *2-furfuraldehyd*, *furaldehyd*, merupakan senyawa organik turunan dari golongan furan. Senyawa ini berfase cair berwarna kuning hingga kecoklatan dengan titik didih $161,5^{\circ}C$, berat molekul sebesar $96,086 \text{ g/gmol}$, dan densitas pada suhu $20^{\circ}C$ adalah $1,16 \text{ g/cm}^3$. Furfural merupakan senyawa yang kelarutannya dalam air sebesar $8,3 \text{ g}$ furfural dalam 100 g pelarut air (suhu $20^{\circ}C$), dan mudah larut dalam alkohol, eter, dan benzena (Kirk and Othmer, 2004).



Gambar 1. Struktur kimia furfural

Furfural memiliki aplikasi cukup luas dalam beberapa industri dan dapat disintesis menjadi turunan-turunannya seperti furfural alkohol, tetrahidrofurfural alkohol, tetrahidro-furan, dan lain-lain (Wittcoff et al., 2004). Kebutuhan furfural dan turunannya dalam negeri terus meningkat. Saat ini seluruh kebutuhan furfural dalam negeri diperoleh melalui impor. Impor furfural terbesar diperoleh dari Cina yang saat ini menguasai 72% pasar furfural dunia. Di dunia hanya 13% saja yang langsung menggunakan furfural sebagai aplikasi, selebihnya disintesis menjadi produk turunannya (Witono, 2005). Furfural dihasilkan dari biomassa lewat 2 tahap reaksi, yaitu hidrolisis dan dehidrasi. Untuk itu, biasanya digunakan bantuan katalis asam, misalnya asam sulfat, asam khlorida, asam nitrat, dan lain-lain (LaForge and Mains, 1923). Secara komersial, pembuatan furfural dapat berlangsung dalam siklus *batch* maupun kontinyu. Kegunaan furfural dalam industri antara lain sebagai: bahan kimia intermediet (*chemical intermediate*), misalnya untuk bahan baku adiponitril [$CN(CN_2)_4CH$], furfural alkohol, metil furan, *pirrole*, pidin, asam furoat, hidro furamid, dan tetrahidrofurfural alkohol; *selective solvent* dalam pemurnian minyak bumi maupun minyak nabati; pembuatan resin, misalnya fenol-aldehyd (fenol-furfural); zat penghilang warna untuk *wood resin* pada industri sabun, *vernish*, dan kertas (Kirk and Othmer, 1955); resin pelarut dan agensia pembasah dalam industri pembuatan roda pengasah dan lapisan rem; dan untuk medium distilasi ekstraktif sebagai salah satu proses utama dalam pembuatan butadiena dari *petroleum* (Suharto, 2006).

Beberapa bahan sisa pertanian seperti tongkol jagung, kulit biji kapas, kulit kacang tanah, ampas tebu, kulit biji gandum, dan sekam padi mengandung

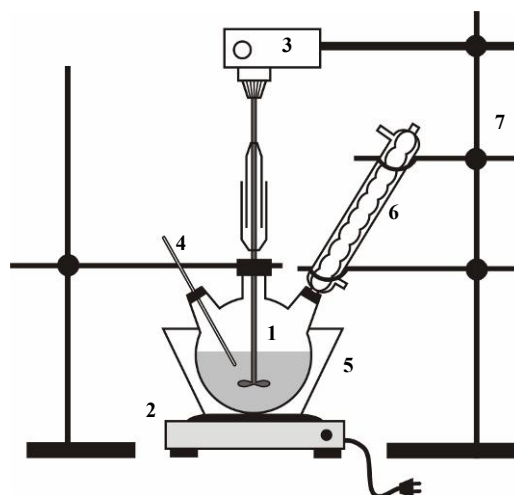
Cara kerja penelitian meliputi 2 tahap yaitu persiapan bahan baku dan proses hidrolisis adalah sebagai berikut:

a). Persiapan bahan baku. Kulit buah kapuk dicuci dengan air bersih agar kotoran-kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dapat hilang. Setelah bersih, kemudian dijemur di bawah sinar matahari, dan setelah kering dihaluskan dan diayak +30/-40 mesh. Sebagian bubuk kulit buah kapuk dianalisis kadar air dan kadar abu sesuai metode yang ditulis oleh Sudarmadji dkk. (1997), sedang analisis kadar pentosan sesuai yang telah dilakukan oleh Andaka (2011).

b). Proses hidrolisis. Bahan baku kulit buah kapuk, yang telah dihaluskan dan diayak, ditimbang sebanyak 15 gram, lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang sudah berisi larutan asam klorida dengan volume 300 mL dan konsentrasi tertentu. Rangkaian alat disiapkan, kemudian pemanas listrik dan motor pengaduk dihidupkan, serta pendingin balik dijalankan. Proses dijalankan pada variasi konsentrasi katalisator antara 0,025 N sampai 0,2 N (untuk variabel konsentrasi katalisator). Waktu reaksi divariasikan antara 30 menit sampai 180 menit (untuk variabel waktu reaksi). Suhu reaksi dipertahankan 105°C.

Perhitungan waktu reaksi dimulai pada saat suhu reaksi tersebut tercapai. Setelah variasi waktu yang dikehendaki tercapai, pemanas listrik dan motor pengaduk dimatikan dan hasil reaksi dibiarkan dingin sampai suhu kamar. Setelah dingin, cairan dan padatan yang terdapat di dalam labu leher tiga disaring dengan menggunakan saringan hisap. Filtrat yang diperoleh dianalisis kadar furfuralnya.

Prosedur Analisis, Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis bahan baku dan analisis hasil. Analisis bahan baku meliputi analisis kadar air, kadar abu, dan kadar pentosan. Analisis kadar air dan kadar abu dilakukan sesuai metode yang ditulis oleh Sudarmadji dkk. (1997), sedang analisis kadar pentosan dilakukan sesuai yang telah dilakukan oleh Andaka (2011). Analisis hasil hanya dilakukan untuk analisis kadar furfural saja.



Keterangan gambar:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. Labu leher tiga | 5. Penangas air |
| 2. Pemanas listrik | 6. Pendingin balik |
| 3. Pengaduk listrik | 7. Klem dan statif |
| 4. Termometer | |

Gambar 2. Rangkaian alat hidrolisis.

Analisis pentosan, kulit buah kapuk randu sebanyak 5 gram dimasukkan ke dalam tabung distilasi 500 mL, lalu ditambahkan larutan asam klorida 12% sebanyak 100 mL, kemudian dipanaskan. Pemanasan mula-mula dijalankan secara perlahan. Setelah itu diambil hasil sulingan sebanyak 30 mL, lalu ke dalam tabung distilasi dimasukkan larutan asam klorida 12% sebanyak 30 mL dan proses dijalankan kembali. Bila larutan di dalam tabung distilasi sudah banyak teruapkan maka ditambahkan larutan asam klorida 12% sebanyak 30 mL lagi dan proses dijalankan hingga didapatkan volume distilat sebanyak 360 mL. Distilat yang terkumpul ditambahkan 1 gram *phloroglucinol* dan ditambahkan asam klorida 12% hingga volumenya menjadi 400 mL. Larutan tersebut dibiarkan selama 1 malam hingga didapatkan endapan berwarna hitam (*furfural phloroglucid*). Kemudian dilakukan penyaringan dengan saringan hisap dan dicuci dengan 150 mL *aquadest*. Endapan yang terdapat di kertas saring dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 100°C. Setelah kering, lalu bahan didinginkan dan ditimbang. Pengeringan dan penimbangan

dilakukan berulang-ulang hingga didapatkan berat konstan (misal w gram). Perhitungan berat pentosan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Bila berat *phloroglucid*, w lebih kecil dari 0,030 gram maka berat pentosan = $(w + 0,0052) \times 0,8949$ gram
- Bila berat *phloroglucid*, w lebih besar dari 0,300 gram maka berat pentosan = $(w + 0,0052) \times 0,8824$ gram
- Bila berat *phloroglucid*, w antara 0,030 – 0,300 gram maka berat pentosan = $(w + 0,0052) \times 0,8866$ gram

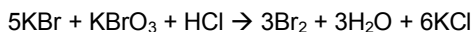
Persentase berat pentosan dalam bahan baku basis kering dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar pentosan} = \frac{\text{berat pentosan (g)}}{\text{berat kulit buah kapuk (g)}} \times 100\%$$

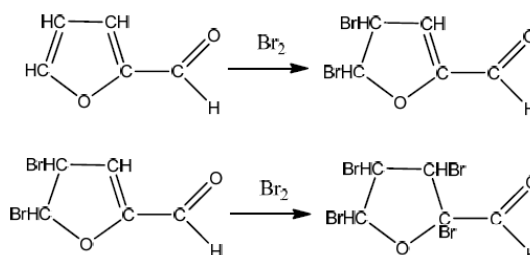
Analisis Furfural, analisis hasil secara kualitatif dilakukan dengan cara membuat larutan anilin dan asam asetat dengan perbandingan volume 1:1. Kemudian dipersiapkan sampel yang akan dianalisis dengan meletakkan sampel di atas gelas arloji. Kemudian sampel tersebut ditetesi dengan larutan anilin dan asam asetat. Apabila terjadi warna kemerah-merahan berarti sampel mengandung furfural. Perubahan warna dari kuning kecoklatan menjadi merah tua dengan penambahan pereaksi anilin asetat disebabkan terjadi kondensasi antara furfural dengan anilin membentuk senyawa dianil hidrosiglukoat dialdehida yang berlangsung dua tahap. Tahap pertama adalah pembentukan warna kuning. Tahap selanjutnya bereaksi dengan anilin, sehingga terjadi pemecahan cincin furfural dan pembentukan dialdehida (Hidajati, 2006). Analisis kualitatif pada furfural dengan metode yang sama juga dilakukan oleh Mitarlis dkk. (2011).

Analisis secara kuantitatif pada penelitian ini dilakukan dengan metode potasium bromide-bromate (Brazdausks et al., 2013). Metode ini didasarkan pada terlepasnya ikatan rangkap atom karbon pada furfural dengan mengikat Br (bromine). Bromine untuk brominasi furfural diperoleh dengan acidifikasi

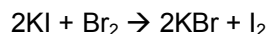
larutan bromine-bromate dengan asam klorida sebagaimana reaksi berikut:



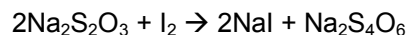
Brominasi furfural secara sempurna menghasilkan tetrabromfurfural sebagaimana reaksi berikut:



Kelebihan bromine direaksikan dengan larutan kalium iodida (KI) sehingga bromine bebas segera masuk menggantikan iodine sebagaimana reaksi:



Kemudian iodine bebas dititrasi dengan larutan standar natrium thiosulfat berdasarkan reaksi berikut:



Jumlah furfural sebanding dengan jumlah bromine yang digunakan untuk brominasi, sedang kelebihan bromine setara dengan jumlah iodine. Untuk mengetahui titik ekuivalen pada titrasi digunakan indikator *amylum*. Sebagai pembanding, dibuat titrasi blangko. Untuk mengetahui besarnya *yield* furfural dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Brazdausks et al., 2013):

$$\text{Yield furfural} = \frac{(m/n) \times (V_2 - V_1) \times N \times 48,04}{\text{berat kulit buah kapuk (mg)}} \times 100\%$$

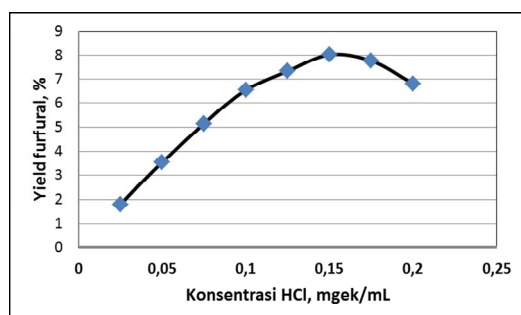
dengan:

- 48,04 = berat setara furfural (mg/mgrek)
- V_1 = volume iodium hasil titrasi sampel (mL)
- V_2 = volume iodium hasil titrasi blangko (mL)
- N = normalitas iodium (mgrek/mL)
- n = volume sampel (mL)
- m = volume hasil reaksi keseluruhan (mL)

PEMBAHASAN

Dari analisis bahan baku berupa kulit buah kapuk didapatkan kadar air sebesar 6,75% (dasar kering), kadar abu 2,31%, dan kadar pentosan 22,72%. Untuk selanjutnya dilakukan hidrolisis kulit buah kapuk dengan mengamati pengaruh konsentrasi katalisator (HCl) dan waktu reaksi terhadap hasil (*yield*) furfural.

Pengaruh Konsentrasi Katalisator (HCl) terhadap Hasil Furfural, percobaan pengaruh konsentrasi katalisator (HCl) terhadap *yield* fulfural dilakukan dengan cara memvariasi konsentrasi HCl antara 0,025 N sampai dengan 0,2 N, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap, yaitu berat kulit buah kapuk, waktu reaksi, volume larutan, dan kecepatan pengadukan. Kondisi operasi pada variabel suhu reaksi dilakukan dengan membuat tetap parameter berat kulit buah kapuk, yaitu 15 gram, waktu reaksi 120 menit (2 jam), volume asam klorida sebanyak 300 mL, dan kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm (putaran per menit). Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 3.

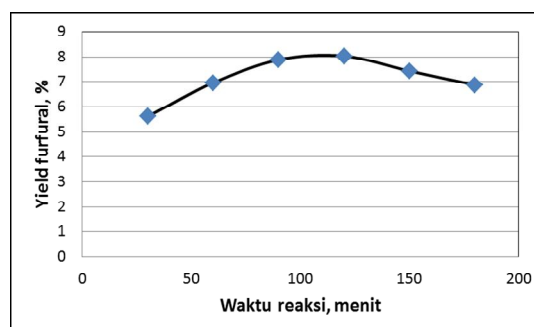


Gambar 3. Grafik hubungan antara konsentrasi katalisator dengan *yield* furfural.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa *yield* furfural cenderung mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya konsentrasi katalisator dan mencapai nilai maksimum pada konsentrasi HCl 0,15 N yaitu sebesar 8,01%. Hal ini karena pada konsentrasi yang semakin besar akan menyebabkan kecepatan reaksi hidrolisis ampas tebu menjadi semakin besar. Dengan demikian semakin besar konsentrasi katalisator maka hasil furfural yang didapatkan semakin besar pula. Hal ini sesuai

dengan persamaan Arrhenius yang menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi katalisator maka akan menurunkan tenaga aktivasi sehingga konstanta kecepatan reaksi akan semakin besar. Dengan demikian hasil furfural yang didapatkan akan semakin bertambah besar pula. Namun dengan kenaikan konsentrasi katalisator dapat menyebabkan pula terjadinya reaksi lanjut yaitu terbentuknya asam furoat, sehingga hasil furfural akan mengalami penurunan. Selain itu, dengan bertambahnya konsentrasi katalisator dapat pula menyebabkan terbentuknya xylitol yang akan mengurangi terbentuknya furfural (Wittcoff et al., 2004)

Pengaruh Waktu Reaksi terhadap Hasil Furfural, percobaan pengaruh waktu reaksi terhadap *yield* fulfural dilakukan dengan cara memvariasi waktu reaksi antara 30 menit sampai dengan 180 menit, sedang parameter yang lainnya dibuat tetap, yaitu berat kulit buah kapuk, suhu reaksi, volume dan konsentrasi asam klorida, serta kecepatan pengadukan. Kondisi operasi pada variabel waktu reaksi dilakukan dengan membuat tetap parameter berat kulit buah kapuk, yaitu 15 gram, suhu reaksi 105°C, konsentrasi asam klorida 0,15 N sebanyak 300 mL, dan kecepatan pengaduk sebesar 200 rpm (putaran per menit). Hasil percobaan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu reaksi dengan *yield* furfural.

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa *yield* furfural pada awalnya cenderung mengalami kenaikan seiring dengan

bertambahnya lama waktu reaksi dan mencapai maksimum pada lama waktu reaksi selama 120 menit, yaitu sebesar 8,03%. Hal ini karena semakin lama waktu reaksi maka hasil reaksi akan semakin bertambah besar. Setelah semua reaktan bereaksi, maka hasil reaksi akan cenderung konstan, bahkan untuk penambahan waktu reaksi selanjutnya menyebabkan *yield* furfural cenderung menurun. Hal ini disebabkan semakin lama waktu reaksi maka furfural yang terbentuk mengalami proses degradasi menjadi asam asetat, methanol dan senyawa-senyawa organik lainnya sebagaimana yang dikemukakan oleh Suharto dan Susanto (2006). Proses degradasi furfural dapat dilihat dari larutan hasil yang mengandung endapan damar berwarna hitam. Terjadinya proses degradasi furfural ini disebabkan reaksi pembentukan furfural merupakan reaksi seri dimana senyawa furfural sebagai *intermediate product* yang akan dapat mengalami reaksi lanjut (Suharto dan Susanto, 2006).

KESIMPULAN

Percobaan hidrolisis kulit buah kapuk randu menjadi furfural menggunakan katalisator asam klorida dilakukan secara *batch* dengan pengaruh konsentrasi katalisator dan waktu reaksi memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil (*yield*) furfural meningkat dengan kenaikan konsentrasi katalisator HCl dan waktu reaksi, namun pada konsentrasi asam klorida di atas 0,15 N *yield* furfural cenderung konstan. Kecenderungan yang sama juga terjadi pada pengaruh waktu reaksi.
2. Untuk pengaruh konsentrasi katalisator HCl terhadap *yield* furfural, hasil furfural mencapai titik maksimum pada konsentrasi asam klorida 0,15 N dengan *yield* sebesar 8,01%.
3. Untuk pengaruh lama waktu reaksi terhadap *yield* furfural, hasil furfural mencapai titik optimum pada lama waktu reaksi 120 menit dengan *yield* sebesar 8,03%.

DAFTAR PUSTAKA

- Andaka, G., 2011, *Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural dengan Katalisator Asam Sulfat*, Jurnal Teknologi, Vol. 4, No.2, pp. 180 – 188.
- Arnold, D. R. and Buzzard, J. L., 2003, *A Novel and Patented Process for Furfural Production*, Proceeding of The South African Chemical Engineering Congress.
- Brazdauskas, P., Puke, M., Vedernikovs, N., and Kruma, I., 2013, *Influence of Biomass Pretreatment Process Time on Furfural Extraction from Birch Wood*, Environmental and Climate Technologies, vol. 11, pp. 1 – 11.
- Hidajati, N., 2006, *Pengolahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Pembuatan Furfural*, Jurnal Ilmu Dasar Vol. 8, p. 48, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Surabaya.
- Kazemi, M. and Zand-Monfared, M. R., 2010, *Furfural Production from Pistachio Green Hulls as Agricultural Residues*, Journal of Applied Chemical Researches, Vol. 3, No. 12, pp.19-24.
- Kirk, R. E. and Othmer, D., 2004, Furan Derivatives: on *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol. 10, pp. 237 – 250, The Interscience Encyclopedia Inc., New York.
- Mitarlis, Ismono, dan Tukiran, 2011, *Pengembangan Metode Sintesis Furfural Berbahan Dasar Campuran Limbah Pertanian dalam Rangka Mewujudkan Prinsip Green Chemistry*, Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 18, No. 3, pp. 191 – 199.
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, 1997, *Prosedur Analisis untuk Bahan Makanan dan Pertanian*, Edisi 4, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suharto, 2006, *Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Sawit untuk Produksi Commercial Grade Furfural*, Laporan Akhir Kumulatif – Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK, LIPI.

- Suharto dan Susanto, H., 2006, *Pengaruh Konsentrasi Katalis terhadap Perolehan Furfural pada Hidrolisis Tongkol Jagung*, Seminar Nasional IPTEK Solusi Kemandirian Bangsa, Yogyakarta.
- Witono, J. A., 2005, *Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia*, (<http://www.chem-is-try.org/>, diakses tanggal 2 Juli 2016).
- Wittcoff, H. A., Reuben, B. G., and Plotkin, J. S., 2004, *Industrial Organic Chemicals*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., Danvers.
- Zeitsch, K.J., 2000, *The Chemistry and Technology of Furfural and Its Many By-Products*, Elsevier Science B.V., Amstredam
- Website:
[//kapukrandukaraban-pati.blogspot.com">http://id.wikipedia.org/wiki/Kapuk_randu>//kapukrandukaraban-pati.blogspot.com](http://id.wikipedia.org/wiki/Kapuk_randu)

PENERAPAN PENDEKATAN MODEL WATERFALL DALAM PENGEMBANGAN SISTEM E-RAPOR

Langgeng Hadi Prasetijo¹, Firdiyan Syah², Sapta Hary Surya Wibowo³,
Fajar Ardanu⁴, Suyadi⁵, Emma Utami⁶

^{1,2,3,4,5} Mahasiswa Magister Teknik Informatika, STMIK AMIKOM Yogyakarta

⁶ Dosen Tetap Program Magister Teknik Informatika, STMIK AMIKOM, Yogyakarta

Masuk: 11 April 2016, revisi masuk: 6 Juni 2016, diterima: 14 Juli 2016

ABSTRACT

Information system development project can be seen as the life cycle (Systems Development Life Cycle / SDLC) which in practice can be done using different approaches. Waterfall is one of method that is often applied in the SDLC. This paper discusses the application of the Waterfall model in the E-Score Card system development project in high school report card as a follow-up to the minister Instruction No. 2 of 2011 on Education Data Management Activities and Permendikbud No. 53 of 2015 on the Assessment of Learning Outcomes. E-Score Card system was developed on the grounds that information management learning and assessment of learning outcomes that involve many data items, has a high complexity, and no fault tolerance for critical data related to many parties, so that the necessary existence of a computer based system. In addition, the E-Score Card system is also necessary to standardize, facilitate the education unit, and facilitate government monitoring information management learning and assessment of learning outcomes. Referring to the approach of the Waterfall model, the E-Score Card system is developed through four stages, namely planning, analysis, design, and implementation. Logical Model of E-Score Card system involving four external entities, namely Admin, Guardian Class, Teachers, and Students. E-Score Card system has four main processes, namely by Admin master data management, data transactions management by the Guardian Class and the Master, as well as display information of value to students. Prototype System E-Report Card was developed using the programming language PHP 5, MySQL DBMS, OS MSWindows, and web server Xampp 1.7.2.

Keywords: *educational data management, assessment of learning outcomes, the E-Score Card system, Waterfall*

INTISARI

Proyek pengembangan sistem informasi dapat dipandang sebagai siklus hidup (*System Development Life Cycle/SDLC*) yang pada prakteknya dapat dilakukan menggunakan pendekatan yang berbeda. Waterfall merupakan salah satu metode yang sering diterapkan dalam SDLC. Makalah ini membahas penerapan model Waterfall dalam proyek pengembangan Sistem E-Rapor di SMA sebagai tindak lanjut Instruksi Mendiknas Nomor 2 tahun 2011 tentang Kegiatan Pengelolaan Data Pendidikan dan Permendikbud Nomor 53 tahun 2015 tentang Penilaian Hasil Belajar. Sistem E-Rapor dikembangkan dengan alasan bahwa pengelolaan informasi pembelajaran dan penilaian hasil belajar tersebut melibatkan banyak item data, memiliki kompleksitas yang tinggi, dan tidak ada toleransi kesalahan karena menyangkut data penting untuk banyak pihak, sehingga diperlukan adanya sistem berbasis komputer. Selain itu, Sistem E-Rapor juga diperlukan untuk standarisasi, memudahkan satuan pendidikan, dan memudahkan pemerintah dalam melakukan pemantauan pengelolaan informasi pembelajaran dan penilaian hasil belajar. Mengacu pada pendekatan model Waterfall, Sistem E-Rapor dikembangkan melalui 4 tahapan, yakni perencanaan, analisis, perancangan, dan implementasi. Model logikal Sistem E-Rapor melibatkan 4 entitas eksternal, yaitu Admin, Wali Kelas, Guru, dan Siswa. Sistem E-Rapor memiliki 4 proses utama, yakni

pengelolaan data master oleh Admin, pengelolaan data transaksi oleh Wali Kelas dan oleh Guru, serta menampilkan informasi nilai untuk siswa. Prototipe Sistem E-Rapor dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP 5, DBMS MySQL, OS MSWindows, dan *web server* Xampp 1.7.2.

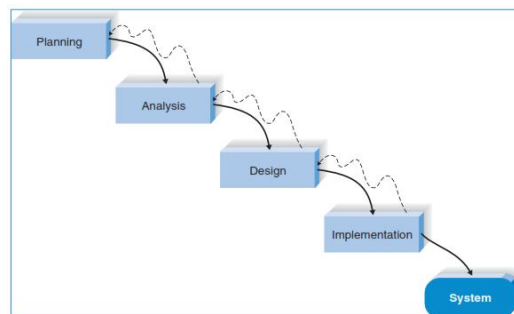
Kata kunci: pengelolaan data pendidikan, penilaian hasil belajar, sistem e-Rapor, Waterfall.

PENDAHULUAN

Secara konsep, pengembangan perangkat lunak dapat dipandang sebagai siklus hidup pengembangan sistem (*System Development Life Cycle/SDLC*) yang pada prakteknya dapat dilakukan menggunakan pendekatan yang berbeda (McLeod dan Schell, 2001). Pengembangan perangkat lunak menggunakan pendekatan SDLC dapat dilakukan menggunakan *linear sequential model*, *prototyping model*, *RAD model*, dan *evolutionary software process models* (terdiri atas *incremental model*, *spiral model*, *WINWIN spiral model*, dan *concurrent development model*) (Pressman, 2001). Waterfall merupakan salah satu pendekatan SDLC dalam kategori model *linear sequential model*. *Waterfall* merupakan salah satu pendekatan model yang relatif banyak diterapkan dalam pengembangan perangkat lunak. Proses pengembangan sistem dalam model Waterfall meliputi sejumlah tahapan yang dilakukan secara berurutan tahap demi tahap. Nama-nama tahapan dalam metode tersebut dapat berbeda antar pendapat para pakar. Salah satu pilihan model Waterfall adalah meliputi 4 tahapan utama, yaitu perencanaan, analisis, perancangan, dan implementasi seperti nampak pada Gambar 1. Sedangkan menurut Pressman (2001), model *Waterfall* adalah suatu proses pengembangan perangkat lunak berurutan, di mana kemajuan dipandang sebagai terus mengalir ke bawah (seperti air terjun) melewati fase-fase perencanaan, pemodelan, implementasi (konstruksi), dan pengujian. Model Waterfall cocok diterapkan pada pengembangan sistem yang kompleks dan memerlukan keandalan tinggi (Dennis, Wixom, dan Roth, 2012).

Tahap perencanaan meliputi dua langkah yaitu 1) analisis sistem dan

pengembangan sistem informasi, dan 2) seleksi proyek dan manajemen. Tahap analisis meliputi empat langkah yaitu 1) penentuan kebutuhan sistem, analisis *use case*, pemodelan proses, serta pemodelan data. Selanjutnya tahap perancangan meliputi empat langkah yaitu perancangan arsitektur sistem, perancangan antarmuka, perancangan program, serta perancangan simpanan data. Terakhir, tahap implementasi meliputi tiga langkah yaitu perpindahan ke implementasi, transisi ke sistem baru, dan perpindahan obyek. Dengan menggunakan pendekatan Waterfall, analis dan pengguna bersama-sama melaksanakan tahap satu ke tahap berikutnya secara berurutan (Dennis dkk., 2012).



Gambar 1. Model Waterfall (Dennis, Wixom, dan Roth, 2012)

Makalah ini membahas bagaimana penerapan model Waterfall diterapkan dalam pengembangan perangkat lunak Sistem E-Rapor di SMA sebagai tindak lanjut Instruksi Mendiknas Nomor 2 tahun 2011 tentang Kegiatan Pengelolaan Data Pendidikan dan Permendikbud Nomor 53 tahun 2015 tentang Penilaian Hasil Belajar. Pada awal penerapannya, penilaian hasil belajar berdasarkan Kurikulum 2013 tersebut belum terlaksana sepenuhnya sebagaimana diharapkan. Berdasarkan hasil monitoring dan evaluasi yang

dilakukan di satuan pendidikan pelaksana Kurikulum 2013, teridentifikasi bahwa permasalahan utama dalam penilaian hasil belajar peserta didik, antara lain: 1). Penilaian sikap spiritual (KI-1) dan sikap sosial (KI-2) sulit dilakukan, karena untuk setiap Kompetensi Dasar (KD) tiap peserta didik diasumsikan harus dinilai pada semua mata pelajaran menggunakan berbagai teknik (observasi, jurnal, penilaian diri, dan penilaian antar teman) oleh semua pendidik. 2). Pada penilaian pengetahuan dan keterampilan masih banyak pendidik yang belum terbiasa menggunakan beberapa teknik penilaian, seperti portofolio dan proyek. 3). Pendidik kesulitan dalam penilaian menggunakan angka dengan skala 1-4 dan masyarakat kurang memahami makna nilai hasil belajar-contoh nilai 2,31 - dari suatu mata pelajaran. 4). Pengisian laporan hasil belajar (rapor) Kurikulum 2013 secara konvensional memerlukan tenaga, waktu dan kertas yang banyak. Sedangkan penerapan e-rapor masih sulit dilakukan. 5). Penilaian kehilangan makna sehingga sulit digunakan untuk pembinaan dan perbaikan pembelajaran.

Memperhatikan kondisi tersebut di atas dan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan mutu Kurikulum 2013 secara berkelanjutan, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah melalui Direktorat Teknis terkait menyusun Panduan Penilaian, salah satunya adalah Panduan Penilaian untuk Sekolah Menengah Atas (SMA) yang disusun oleh Direktorat Pembinaan SMA, bersama Pusat Penilaian Pendidikan (Puspendik) dan Pusat Kurikulum dan Perbukuan (Puskurbuk). Panduan ini memfasilitasi pendidik dan satuan pendidikan untuk mengantarkan peserta didik mencapai kompetensi yang telah ditetapkan meliputi aspek sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Namun demikian, dalam prakteknya, penilaian Hasil Belajar masih sulit dilakukan karena beberapa kendala jika dilakukan secara manual. Sistem E-Rapor perlu dikembangkan dengan alasan pengelolaan informasi pembelajaran dan penilaian hasil belajar melibatkan banyak item data, memiliki kompleksitas yang

tinggi, dan tidak ada toleransi kesalahan karena menyangkut data penting untuk banyak pihak, sehingga diperlukan adanya sistem berbasis komputer. Sistem E-Rapor juga diperlukan untuk standarisasi dan memudahkan satuan pendidikan dalam pengolahan data, serta memudahkan pemerintah dalam melakukan pemantauan pengelolaan informasi pembelajaran dan penilaian hasil belajar.

Perangkat lunak sejenis Sistem E-Rapor pernah dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya. Misal, Mulyani dkk. (2012) telah melakukan analisis dan perancangan sistem *G-Rapor* untuk pengiriman data nilai mata pelajaran secara *online* yaitu melalui email dan data dapat dikonversi melalui aplikasi *Spreadsheet*. Analisis dan perancangan sistem tersebut dilakukan melalui 5 langkah, yaitu 1) identifikasi masalah, 2) analisis kelemahan sistem, 3) studi kelayakan, 4) analisis pertimbangan sistem, dan 5) perancangan konseptual dan perancangan fisik. Perangkat lunak sejenis Sistem E-Rapor juga ditemukan pada aplikasi SINS (Sistem Informasi Nilai Siswa) yang diterapkan di SMA N 1 Pare Kabupaten Kediri. Aplikasi SINS memiliki fitur untuk 1) pengelolaan data master guru dan siswa, 2) pengelolaan data akademik mata pelajaran, kompetensi, pengaturan guru dan wali kelas, penempatan siswa, 3) pengelolaan nilai rapor, serta 4) pelaporan. Pengembangan SINS dilakukan melalui 4 tahap, yakni 1) analisis, 2) desain, 3) implementasi, dan 4) pemeliharaan (<http://erapor.sman1pare.sch.id>-Panduan Erapor-Versi 20160105, diakses 20 April 2016).

METODE

Beberapa hal perlu diperhatikan terkait dengan pengembangan Sistem E-Rapor dalam penelitian ini, yaitu (Dirjen Dikdasmen Kemendikbud, 2015): 1). Penilaian yang dilakukan pendidik tidak hanya penilaian atas pembelajaran (*assessment of learning*), melainkan juga penilaian **untuk** pembelajaran (*assessment for learning*) dan penilaian sebagai pembelajaran (*assessment as learning*). Penilaian atas pembelajaran

dilakukan untuk mengukur capaian peserta didik terhadap kompetensi yang telah ditetapkan. Penilaian untuk pembelajaran memungkinkan pendidik menggunakan informasi kondisi peserta didik untuk memperbaiki pembelajaran, sedangkan penilaian sebagai pembelajaran memungkinkan peserta didik melihat capaian dan kemajuan belajarnya untuk menentukan target belajar. 2). Penilaian diarahkan untuk mengukur pencapaian Kompetensi Dasar (KD) pada Kompetensi Inti (KI-1, KI-2, KI-3, dan KI-4). 3). Penilaian menggunakan acuan kriteria, yaitu penilaian yang membandingkan capaian peserta didik dengan kriteria kompetensi yang ditetapkan. Hasil penilaian seorang peserta didik, baik formatif maupun sumatif, tidak dibandingkan dengan hasil peserta didik lainnya namun dibandingkan dengan penguasaan kompetensi yang ditetapkan. Kompetensi yang ditetapkan merupakan ketuntasan belajar minimal yang disebut juga dengan Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). 4). KKM ditentukan oleh satuan pendidikan mengacu pada Standar Kompetensi Lulusan dengan mempertimbangkan karakteristik peserta didik, karakteristik mata pelajaran dan kondisi satuan pendidikan. 5). Penilaian dilakukan secara terencana dan berkelanjutan, artinya semua indikator diukur, kemudian hasilnya dianalisis untuk menentukan KD yang telah dan yang belum dikuasai peserta didik, serta untuk mengetahui kesulitan belajar peserta didik. 6). Hasil penilaian dianalisis untuk menentukan tindak lanjut, berupa program remedial bagi peserta didik dengan pencapaian kompetensi di bawah ketuntasan dan program pengayaan bagi peserta didik yang telah memenuhi ketuntasan. Hasil penilaian juga digunakan sebagai umpan balik bagi pendidik untuk memperbaiki proses pembelajaran.

PEMBAHASAN

Mengacu pada Gambar 1 proses pengembangan sistem dengan pendekatan model Waterfall melibatkan 4 tahap. Tahap pertama adalah perencanaan, dalam tahap ini dilakukan

2 langkah utama, yaitu analisis sistem (meliputi 1) identifikasi proyek dan inisiasi, dan 2) analisis kelayakan yang terdiri atas kelayakan teknik, kelayakan ekonomi, dan kelayakan organisasional) dan pengembangan sistem informasi (meliputi seleksi proyek, membuat perencanaan proyek, menyusun tim pelaksana, mengelola dan mengontrol proyek, dan menerapkan rencana sesuai sumber daya yang tersedia) yang terkait dengan Sistem E-Rapor yang ada di lingkungan SMA. Survei dan studi literatur dilakukan dalam tahap ini untuk memperoleh data tentang model pengelolaan Sistem E-Rapor, cara melakukan verifikasi data E-Rapor, dan bentuk/format berbagai macam informasi dan laporan yang dibutuhkan oleh sistem. Studi literatur juga dilakukan dalam tahap ini untuk menemukan filosofi dan teori-teori mengenai pengembangan sistem berdasarkan model Waterfall, peraturan perundangan yang berhubungan dengan pengelolaan Sistem E-Rapor, serta untuk melakukan identifikasi terhadap permasalahan-permasalahan yang sering muncul dalam pengembangan sistem. Keluaran dari tahapan ini adalah diperolehnya daftar permasalahan dan teknik-teknik pemecahan terhadap permasalahan dalam Sistem E-Rapor.

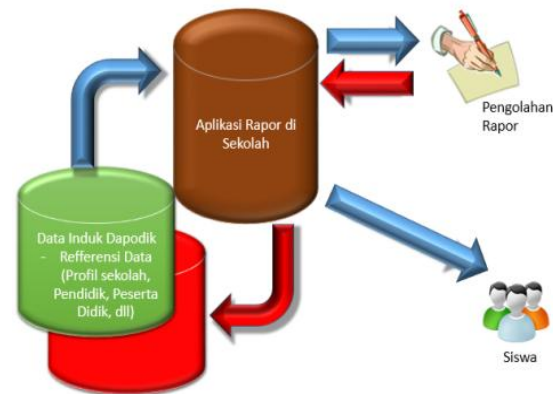
Tahap kedua adalah analisis sistem, dalam tahap ini dilakukan langkah-langkah 1) penentuan kebutuhan sistem, 2) *requirements elicitation techniques*, 3) strategi analisis kebutuhan, dan 4) penerapan rencana sesuai sumber daya yang tersedia.

Tahap ketiga adalah perancangan sistem, dalam tahap ini dilakukan langkah perancangan sistem yang meliputi model sistem/proses, arsitektur sistem, HIPO, antarmuka, serta *database*. Rancangan model sistem dapat ditunjukkan menggunakan sebuah diagram aliran data (*data flow diagram*/DFD, dimulai dari diagram konteks, DFD level 1, DFD level 2, dan seterusnya sesuai dengan kebutuhan tingkat detail yang dibutuhkan). Sistem E-Rapor melibatkan 4 entitas eksternal dengan peran yang berbeda, yaitu: 1). Admin mengelola data user, master

Dapodik (profil, guru, dan siswa, kelas, mata pelajaran), Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM), kompetensi dasar, ekstrakurikuler, pembagian tugas mengajar, interval predikat. Admin juga melakukan proses sinkronisasi nilai ke server Dapodik. 2). Wali Kelas mengelola data kehadiran siswa, nilai, nilai ekstrakurikuler, deskripsi sikap, prestasi, catatan wali kelas. Wali Kelas bertanggungjawab untuk melakukan proses upload ke server lokal dan mencetak rapor. 3). Guru mengelola data rencana penilaian pengetahuan, ketrampilan, & sikap; nilai pengetahuan, ketrampilan, & sikap; deskripsi sikap. Selanjutnya, Guru perlu melakukan proses upload ke server lokal. 4). Siswa melihat nilai akhir semester (=rapor), melihat perkembangan nilai, mata pelajaran di bawah KKM, grafik perkembangan nilai per semester.

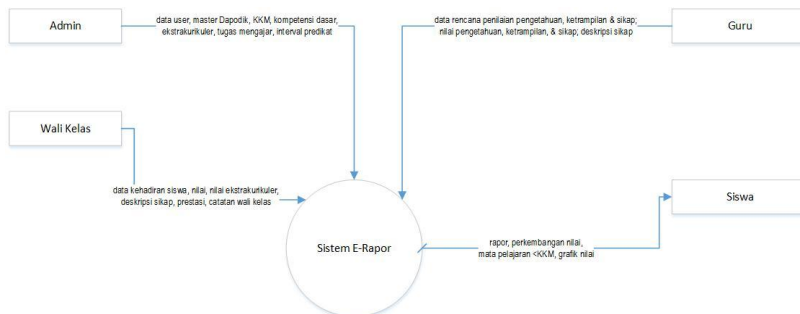
Hasil rancangan model logikal Sistem E-Rapor dalam bentuk diagram konteks ditampilkan pada Gambar 3,

sedangkan rancangan arsitektur Sistem E-Rapor ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Arsitektur Sistem E-Rapor

Rancangan HIPO dibuat mulai dari rancangan *virtual table of content/VTOC*, dilanjutkan dengan rancangan *overview diagram/OD*, dan *detailed diagram/DD*).



Gambar 3. Rancangan Model Sistem E-Rapor dalam Bentuk Diagram Konteks

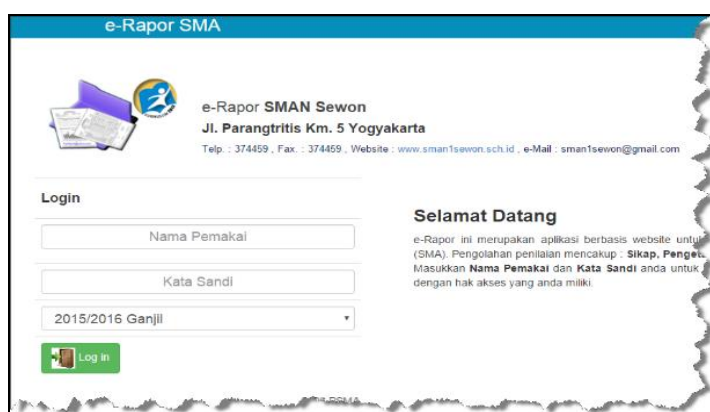
Rancangan antarmuka perlu dibuat untuk setiap dialog input (data master dan transaksi), proses (pengolahan data dalam Sistem E-Rapor), dan output (untuk dokumen transaksi; laporan terjadwal/rutin dalam bentuk rincian, daftar, rekapitulasi, grafis, *time series*; laporan *ad hoc* (rincian, daftar, rekapitulasi, grafis, *time series*, *ad hoc*); jawaban atas pertanyaan terjadwal/rutin; jawaban atas pertanyaan *ad hoc*; serta dialog *user-machine* baik dalam format teks, tabel, maupun grafik). Perancangan *database* dapat dimulai

dengan membuat model data dalam bentuk *entity relationship diagram/ER_D*, kemudian dikonversi menjadi bentuk rancangan logikal dan kemudian diimplementasikan dalam bentuk struktur database sesuai dengan DBMS yang digunakan. Perancangan *database* juga dapat dilakukan menggunakan pendekatan teknik normalisasi yang akan menghasilkan rancangan struktur *database* yang optimal yaitu memiliki struktur *record* yang konsisten secara logikal, memiliki struktur *record* yang mudah untuk dimengerti, memiliki

struktur *record* yang sederhana dalam pemeliharaan, memiliki struktur *record* yang mudah untuk ditampilkan kembali untuk memenuhi kebutuhan pengguna, serta meminimalkan kerangkapan data. Penerapan teknik normalisasi akan mencegah timbulnya penyimpangan-pengimpangan pengolahan data dalam database (*delete anomaly*, *insert anomaly*, dan *update anomaly*).

Tahap terakhir dalam model Waterfall adalah implementasi. Dalam tahap ini dilakukan proses pembuatan diagram alir sistem dan diagram alir prosedur yang sesuai dengan model logikal sistem/proses yang telah dikembangkan, dan pengembangan prototipe aplikasi Sistem E-Rapor menggunakan bahasa pemrograman

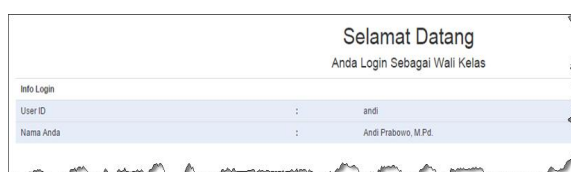
yang dipilih. Aplikasi Sistem E-Rapor akan berinteraksi dengan data yang tersimpan dalam *database* yang dibuat menggunakan DBMS yang tepat dengan melibatkan model akses eksternal. Dan, interaksi sistem aplikasi dengan *database* akan melibatkan sistem operasi dengan melibatkan model akses internal, karena secara fisik *database* tersimpan dalam memori sekunder. Dalam penelitian ini, Sistem E-Rapor dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP versi 5, DBMS MySQL, sistem operasi MS Windows, dan *web server* menggunakan Xampp 1.7.2. Beberapa antarmuka tampilan utama dalam Sistem E-Rapor ditunjukkan pada Gambar 4 hingga Gambar 9.



Gambar 4. Tampilan Halaman Utama Sistem E-Rapor



Gambar 5. Tampilan Menu Utama Admin



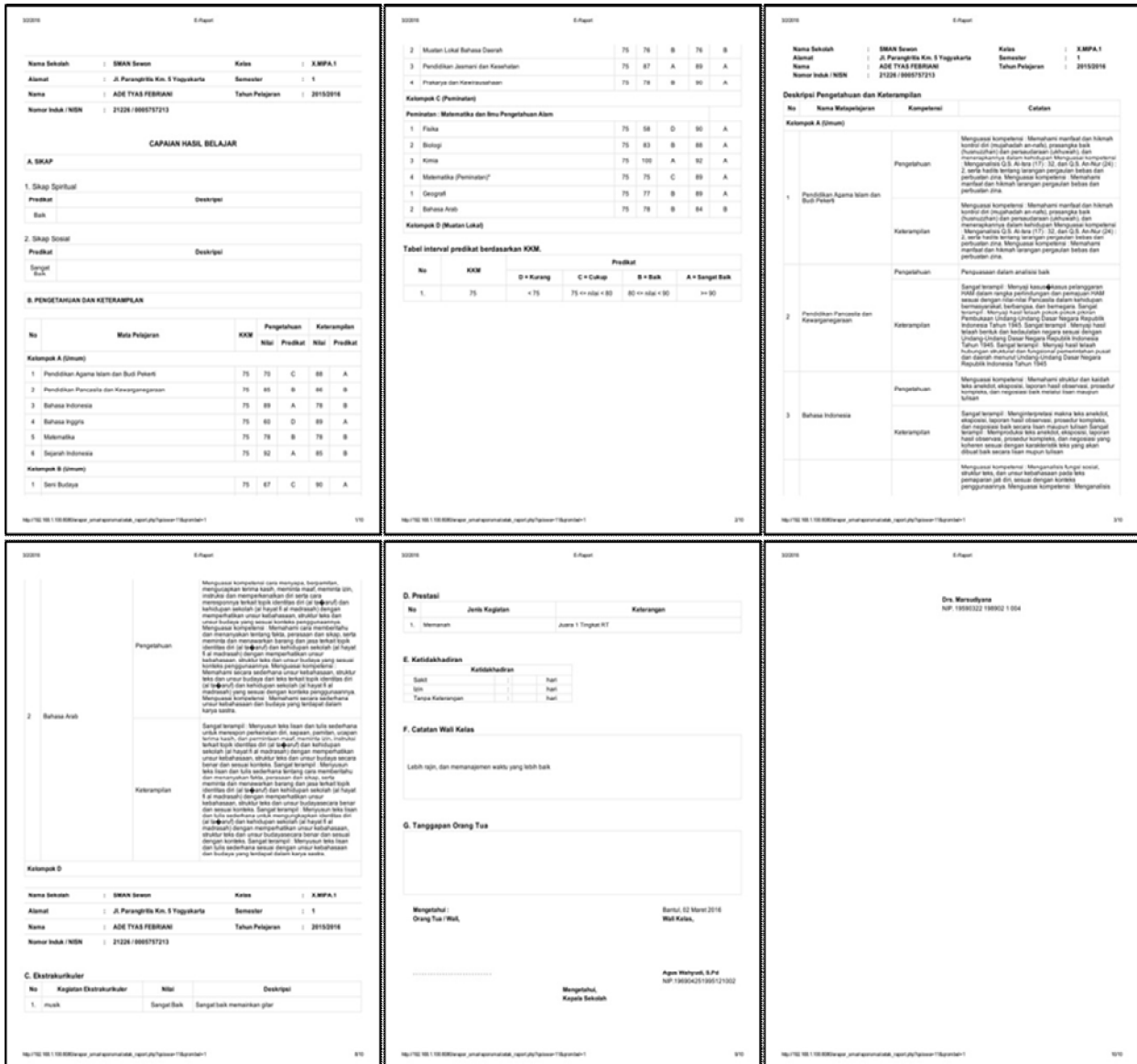
Gambar 6. Tampilan Menu Utama Wali Kelas



Gambar 7. Tampilan Menu Utama Guru, dan Siswa



Gambar 8. Tampilan Menu Utama Siswa



Gambar 9. Contoh Tampilan Rapor Siswa

Setelah sistem aplikasi selesai dibuat, selanjutnya dilakukan langkah pengujian, sehingga sistem aplikasi benar-benar terbebas dari kesalahan. Pengujian sistem dilakukan pada 3 aspek, yaitu verifikasi, validasi, dan prototipe. Verifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menguji apakah program berjalan sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Uji verifikasi dilakukan dengan cara membandingkan desain *database*, antarmuka, modul program pada tahap desain dengan implementasi dan validitas program aplikasi. Validasi dilakukan untuk menguji apakah sistem yang dirancang dapat berfungsi sepenuhnya dan memenuhi kebutuhan setiap pengguna sebagai sistem yang dapat membantu proses input, proses dan output penilaian hasil belajar berupa rapor yang sesuai dengan Panduan Penilaian yang dikeluarkan oleh Kementerian. Hasil pengujian pada aplikasi Sistem E-Rapor menunjukkan bahwa sistem telah berhasil memenuhi kebutuhan yang diperlukan yaitu: 1). Kebutuhan administrator dalam mengelola data E-Rapor sudah terpenuhi dengan adanya *database* yang mengintegrasikan seluruh kebutuhan pengolahan data sehingga dapat menyajikan informasi maupun laporan sesuai yang ditetapkan. 2). Guru sudah dapat memasukkan nilai, mengolah, dan melihat hasil pengolahan data penilaian hasil belajar peserta didik sesuai dengan Kurikulum 2013. 3). Wali kelas sudah bisa memasukkan deskripsi penilaian sikap, kehadiran siswa, dan mencetak rapor pada lembaran kertas. 4). Siswa sudah dapat melihat perkembangan nilai yang diperoleh selama mengikuti penilaian secara mudah dan cepat.

Langkah selanjutnya adalah dilakukan uji prototipe yang bertujuan untuk mengetahui apakah prototipe dapat mengatasi masalah dan kelemahan dalam Sistem E-Rapor secara manual dalam sistem lama. Hasil uji prototype dalam penelitian ini menunjukkan bahwa Sistem E-Rapor telah dapat mengatasi permasalahan penilaian hasil belajar peserta didik yang sebelumnya dirasakan sulit karena melibatkan banyak item data yang

kompleks. Sistem E-Rapor sudah dapat memperbaiki kelemahan sistem lama (sistem manual) dilihat dari segi *performance, information, economy, control, efficiency, dan service*. Sistem E-Rapor dapat melakukan pencarian data secara mudah dan cepat karena semua data sudah tersimpan dalam *database* yang optimal dalam bentuk normal ketiga (3NF). Dengan adanya *database*, data dapat terorganisir dengan baik, tidak terjadi redundansi data, data selalu dalam kondisi *up to date*, serta tidak diperlukan lagi pencatatan secara manual dan penyimpanan dokumen dalam lembaran kertas sehingga biaya operasional dan waktu dapat diminimalisir.

Uraian di atas mengulas secara ringkas bagaimana penerapan pendekatan model Waterfall dalam pengembangan Sistem E-Rapor. Dengan menggunakan model tersebut, tahapan-tahapan pengembangan dilakukan secara sekuensial/berurutan dan berkelanjutan, seperti layaknya sebuah air terjun (*Waterfall*). Setiap tahapan dilaksanakan dengan bantuan metode atau alat bantu tertentu yang sesuai sehingga dapat menjamin bahwa setiap tahapan telah yang dilakukan sudah benar. Penerapan model *Waterfall* memiliki proses yang urut, mulai dari analisa hingga implementasi. Setiap proses memiliki spesifikasinya sendiri, sehingga sebuah sistem dapat dikembangkan sesuai dengan apa yang dikehendaki (tepat sasaran). Dengan menerapkan model *Waterfall*, setiap proses dapat dilaksanakan tanpa saling tumpang tindih. Model *Waterfall* memiliki *template* yang baku yang relatif mudah diaplikasikan. Model ini juga cocok diterapkan pada pengembangan perangkat lunak yang sudah dapat ditentukan dengan jelas kebutuhannya sejak awal.

Sekalipun demikian, penerapan model *Waterfall* juga memiliki kelemahan, antara lain sulit untuk melakukan revisi jika terjadi kesalahan, karena setelah sistem dikembangkan hingga tahap pengujian, akan sangat sulit untuk kembali dan mengubah sesuatu yang tidak terencana dan terdokumentasi dalam tahap

sebelumnya. Dalam model *Waterfall*, proyek dibagi menjadi tahapan-tahapan yang kurang fleksibel karena komitmen harus dilakukan pada tahap awal proses. Customer harus cukup sabar menunggu produk selesai dikembangkan agar bisa melihat gambaran produk yang diinginkannya. Penerapan model *Waterfall* juga dapat mengakibatkan anggota tim pengembang menganggur, karena harus menunggu anggota tim proyek lainnya menyelesaikan bagian pekerjaannya.

Berdasarkan kelebihan dan kelemahan tersebut, maka model *Waterfall* cocok diterapkan dalam pengembangan sistem dengan kondisi sebagai berikut; 1). Ketika semua persyaratan sudah dimengerti dengan baik oleh tim pada awal pengembangan. 2). Definisi produk bersifat stabil dan tidak ada perubahan di tengah proses pengembangan untuk alasan apapun, baik perubahan internal, eksternal, tujuan pengembangan, anggaran, ataupun teknologi. 3). Menghasilkan produk baru, atau versi baru dari produk yang pernah ada sebelumnya.

KESIMPULAN

Makalah singkat ini mengulas tahapan penerapan pendekatan model *Waterfall* dalam pengembangan Sistem E-Rapor. Model *Waterfall* umumnya cocok diterapkan dalam pengembangan sistem aplikasi berbasis komputer, sekalipun demikian tetap mengandung kelemahan, sehingga hanya akan cocok diterapkan sesuai kondisi tertentu saja, yaitu ketika semua persyaratan sudah dimengerti dengan baik oleh tim pada awal pengembangan; definisi produk bersifat stabil dan tidak ada perubahan di tengah proses pengembangan untuk alasan apapun, baik perubahan internal, eksternal, tujuan pengembangan, anggaran, atau teknologi; serta menghasilkan produk baru, atau versi baru dari produk yang pernah ada sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Panduan Erapor SMA Negeri 1 Pare Kabupaten Kediri, <http://erapor.sman1pare.sch.id>-Panduan Erapor-Versi 20160105, diakses 20 April 2016.
- Dennis, A., Wixom, B.H., and Roth, R.M., 2012, *Systems Analysis & Design*, 5 th Edition, Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA.
- Dirjen Dikdasmen Kemendikbud, 2015, *Panduan Penilaian untuk SMA*, Jakarta.
- Mulyani, W.S., Propeliena, R., Imamudin, A.C., Saputra, S.E., Ghofur, A., 2012, *Laporan Analisis Perancangan Sistem Rapor Siswa di SMA N 1 Kalibawang*, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Bisnis & Teknik Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Pressman, R.S., 2001, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 5th ed, McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA.
- Raymond McLeod, Jr. and George Schell, 2001, *Management Information Systems*, 8/E, 2001 Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

**STUDI REKOMENDASI PENGGALIAN DITINJAU DARI
STRUKTUR BIDANG LEMAH DAN KEKUATAN BATUAN LAVA ANDESIT
DI DAERAH GIRIMULYO, KECAMATAN GIRIMULYO, KABUPATEN KULONPROGO, PROPINSI
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Nur Widi Astanto Agus Triheriyadi¹, Arie Noor Rakhman²

^{1,2} Jurusan Teknik Geologi, Institut Sains & Teknologi AKPRINDYogyakarta

Masuk: 11 April 2016, revisi masuk :15 Mei 2015, diterima: 6 Juli 2016

ABSTRACT

Andesite mining material needs both for industrial development and may be available by way of mining activities. Girimulya area, District Girimulyo, Kulon Progo has abundant natural resources, among which andesite. This study aims to determine the direction of the excavation recommendation in terms of structure and a weak field strength andesite lava rock. Identifying physical properties and mechanical properties of materials on the excavation carried out as igneous rock andesite lava. Collecting data in the field include: plotting the location of observation; identification of rocks and weathering; data recording and sampling rock geology and weathering. Sampling each location point observations were made in the form of samples disrupted. Research in the laboratory / studio in the form of observational petrology, testing the physical properties of rocks and analysis of compressive strength / UCS. Along with field research and laboratory / studio, also conducted research relevant literature. Andesite in the study area is a product of the old volcanic activity that is part of the Old Andesite Formation. In the field, andesite lava fields have a weak form of fracture. Based on the graphical method Pettifer and Fookes (1994) in terms of the structure of the field is weak and the mining rock mechanics properties including the criteria for Easy Ripping to Very Hard Ripping. If it will be mining should be conducted prior to demolition andesite lava rock. Heavy equipment Bulldozer recommended that the type D6, D7, D8 and D9. Furthermore it can be dug with a backhoe to be loaded and transported.

Keywords: andesite, excavation, and ripping

INTISARI

Kebutuhan bahan galian andesit baik untuk keperluan pembangunan maupun industri dapat tersedia dengan cara melakukan kegiatan penambangan. Daerah Girimulya, Kecamatan Girimulya, Kabupaten Kulonprogo memiliki sumberdaya alam melimpah yang salah satunya adalah batuan andesit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arahan rekomendasi penggalian berdasarkan struktur bidang lemah dan kekuatan batuan lava andesit. Pengidentifikasi sifat fisik dan sifat mekaniknya dilakukan sebagai bahan rekomendasi. Pengambilan data di lapangan meliputi: plotting lokasi pengamatan; identifikasi batuan dan pelapukannya; pencatatan data geologi serta pengambilan sampel batuan dan pelapukannya. Pengambilan sampel tiap titik lokasi pengamatan dilakukan pada singkapan batuan yang berjenis sampel terganggu (*disturb sample*). Penelitian di laboratorium/studio meliputi: observasi petrologi, pengujian sifat fisik batuan dan analisis kuat tekan/UCS. Bersamaan dengan penelitian lapangan dan laboratorium/ studio, dilakukan pula penelitian pustaka yang relevan. Batuan andesit di daerah Girimulya merupakan hasil kegiatan vulkanisme tua yang merupakan bagian dari Formasi Andesit Tua yang berupa lava andesit dengan kenampakan struktur dilapangan terdapat bidang-bidang lemah berupa kekar. Berdasarkan metode grafik Pettifer and Fookes (1994) ditinjau dari struktur bidang lemah dan sifat mekanik batuan maka penambangan termasuk kriteria *Easy Ripping* sampai *Very Hard Ripping*. Jika akan dilakukan penambangan maka perlu dilakukan penggaruan terlebih dahulu untuk pembongkaran batuan lava andesit. Alat berat yang direkomendasikan yaitu Bulldozer tipe D6, D7, D8 dan D9. Selanjutnya dapat digali dengan backhoe untuk dimuat dan diangkut.

Kata kunci : batu andesit, penggalian, dan penggaruan

Lokasi penelitian berada di Daerah Desa Giripurwo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian berjarak kurang lebih berjarak 35 km ke arah barat dari Kota Yogyakarta. Daerah penelitian secara kartografis tercatat di dalam Peta Rupabumi Indonesia (RBI) terbitan Bakosurtanal dalam Lembar Sendang Agung dan Lembar Wates, serta termasuk dalam cakupan peta geologi Lembar Yogyakarta terbitan P3G, Bandung tahun 1995 (Rahardjo, dkk., 1995). Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

METODE

Metode penelitian ini akan dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu tahap studi pustaka, penelitian di lapangan, analisis di laboratorium/ studio dan pembuatan laporan.

Studi pustaka dikerjakan untuk memperoleh data informasi dan mengumpulkan data sekunder. Eksplorasi data sekunder dengan melakukan review publikasi penelitian terdahulu dan kajian teoretik, terutama tentang peranan kontrol geologi terhadap sifat keteknikan batuan berupa sifat fisik dan sifat mekanik batuan berikut rekomendasi penggalian dalam pemanfaatannya sebagai bagian dari aplikasi teknik, terutama pada batuan lava andesit di daerah penelitian.

Penelitian di lapangan meliputi pengambilan data karakteristik sifat fisik batuan dan pelapukannya, berupa struktur, tekstur dan komposisi mineral penyusun, bentang alam (morfologi) yang disusun oleh batuan tersebut, penggunaan lahan. Pengujian sifat fisik dan mekanik di laboratorium dilakukan setelah pengambilan data karakteristik batuan selesai dilakukan. Pengambilan data di lapangan meliputi: plotting lokasi pengamatan; identifikasi batuan dan pelapukannya; pencatatan data geologi serta pengambilan sampel batuan dan pelapukannya. Sampel batuan diambil pada semua jenis struktur yang dijumpai di lapangan, seperti struktur masif,

skoria, *autobreccia*, *platy joint* (kekar berlembar).

Pengambilan sampel tiap titik lokasi pengamatan dilakukan pada singkapan batuan yang berjenis sampel sampel terganggu (*disturb sample*).

Penelitian di laboratorium/studio meliputi: observasi petrologi, pengujian sifat fisik batuan dan analisis kuat tekan/UCS. Bersamaan dengan penelitian lapangan dan laboratorium/studio, dilakukan pula penelitian pustaka yang relevan.

Hasil data baik lapangan maupun laboratorium dikorelasikan dengan data sekunder ataupun pendekatan dengan pemodelan teori yang terkait dengan rekomendasi penggalian pada pemanfaatan batuan andesit sebagai bahan bangunan dengan pendekatan sifat fisik dan sifat mekanik batuan. Data yang berhubungan dengan karakteristik sifat keteknikan batuan baik sifat fisik dan sifat mekanik batuan berikut kondisi geologi pengontrolnya diinterpretasikan dengan melakukan hubungan sintesa terhadap data sekunder dari peneliti terdahulu dan informasi teknologi terkini yang memungkinkan untuk diterapkan mengatasi permasalahan penelitian.

Satuan batuan berupa Formasi Andesit Tua atau dikenal sebagai *Old Andesite Formation (OAF)* menurut beberapa peneliti berhubungan beberapa formasi batuan. Formasi Andesit Tua berbatasan dengan beberapa satuan batuan yang secara regional satuan litostratigrafi di daerah penelitian, mulai dari umur tua ke muda adalah: Formasi Nanggulan, Formasi Kaligesing, Formasi Dukuh, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo serta endapan gunung api Kuarter dan endapan aluvial (Rahardjo, dkk, 1995). Bagian bawah Formasi Andesit Tua merupakan kontak satuan batuan dengan Formasi Nanggulan (Bemmelen, 1949). Berdasarkan analisis foraminifera plangton umur Formasi Nanggulan adalah Eosen Tengah sampai Oligosen Awal (Hartono, 1969), maka keberadaan Formasi Andesit Tua diduga terbentuk setelah Oligosen Awal. Pringgoprawiro dan Riyanto, (1987) merevisi penamaan Formasi Andesit Tua

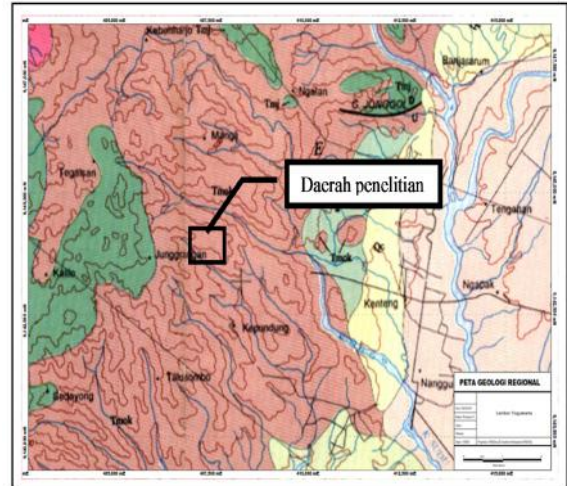
menjadi dua Formasi yaitu Formasi Kaligesing dan Formasi Dukuh. Formasi Kaligesing dicirikan oleh breksi monomik, dengan fragmen andesit, sisipan batupasir dan lava andesit. Rahardjo, dkk. (1995) menamakan Formasi ini sebagai Formasi Kebobutak. Sedangkan Formasi Dukuh terdiri dari breksi polimik dengan fragmen andesit, batupasir, batugamping. Umur Formasi tersebut adalah Oligosen Akhir – Miosen Awal. Bagian atas Formasi Andesit Tua mempunyai kontak satuan batuan tidak selaras dengan Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo. Formasi Jonggrangan dicirikan oleh napal tufaan dan batupasir gampingan dengan sisipan lignit. Di bagian atas berubah menjadi batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Sedangkan Formasi Sentolo bagian bawah dicirikan oleh perselingan batulempung dan batupasir. Kemudian kearah atas berubah menjadi napal sisipan batupasir dan tuf. Bagian atas dari Formasi Sentolo dicirikan oleh batugamping berlapis dan batugamping terumbu (Rahardjo, dkk., 1995). Secara geologi regional, daerah penelitian bagian dari Formasi Andesit Tua dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.

Daerah penelitian, secara fisiografi regional menurut Bemmelen (1949) merupakan bagian dari *Oblong Dome* yaitu dome yang luas, bagian dari Zona Jawa Tengah bagian selatan; berada di pada pusat depresi, bagian dari rangkaian Pegunungan Serayu Utara pada bagian paling timur.

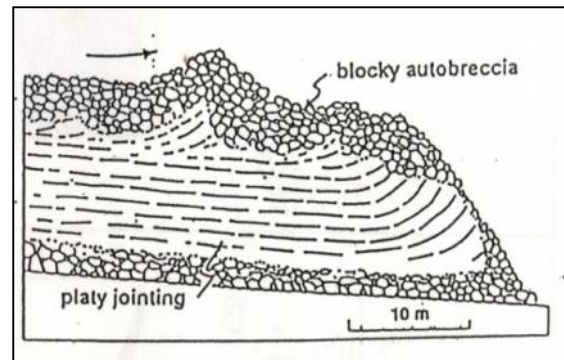
Batuan beku andesit di Kulon Progo secara umum terbentuk dari pembekuan magma yang terjadi pada Oligosen – Miosen (Bemmelen, 1949). Batuan andesit di daerah Kulonprogo terdapat pada Formasi Andesit Tua yang berupa lava dan fragmen breksi vulkanik.

Kehadiran Lava andesit menarik untuk dikaji lebih mendalam, hal ini dapat dilihat pada model pembentukan lava (MacDonald, 1972) yang menunjukkan adanya kenampakan kareakteristik struktur batuan yang terbentuk pada lava, seperti adanya struktur *autobreccia*, *platy joint* (kekar berlembar) sesuai dengan pola aliran lava. Model

pembentukan lava menurut MacDonald tahun 1972 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Geologi Regional Daerah Girimulyo, kec. Girimulya, Kab. Kulonprogo menurut Rahardjo, dkk. (1995).



Gambar 3. Model pembentukan lava, arah panah menunjukkan arah aliran. (MacDonald, 1972)

Pengaruh struktur batuan dapat menurunkan kekuatan batuan karena kuat geser tergantung pada kohesi (ikatan atom secara primer – “faktor internal”) dan sudut geser dalam (ekspresi ikatan antar butir), sehingga batuan mudah terdeformasi. Bentuk deformasi ini dapat diidentifikasi pada singkapan batuan dengan ciri mempunyai morfologi dengan lereng yang labil. Ketidakstabilan ini diakibatkan oleh kelulusan air besar pada struktur batuan tersebut, dan apabila terjadi pada *tension cracks* maka karena dengan

adanya air tersebut akan menjadi beban pada lereng batuan, selain itu juga peristiwa masuknya air tersebut akan mengakibatkan suatu pengangkatan dengan gaya yang disebabkan oleh tekanan air, sehingga akibatnya dapat menimbulkan ketidakstabilan pada lereng batuan (Goodman, 1976). Kondisi struktur rekahan atau kekar dan spasi kekar, orientasi kekar dan lereng, serta kondisi keairan (akifer air dalam massa batuan) merupakan bagian dari parameter massa batuan sebagai data pendukung dalam interpretasi analisa laboratorium dari parameter kekuatan batuan (*uniaxial compressive strength / UCS*) (Bieniaswki, 1989), Uji tekan uniaksial (*Uniaxial Compression Strength = UCS*) adalah uji yang dilakukan untuk mengukur kuat tekan uniaksial batuan (SNI 03-2825 atau ASTM D 2938).

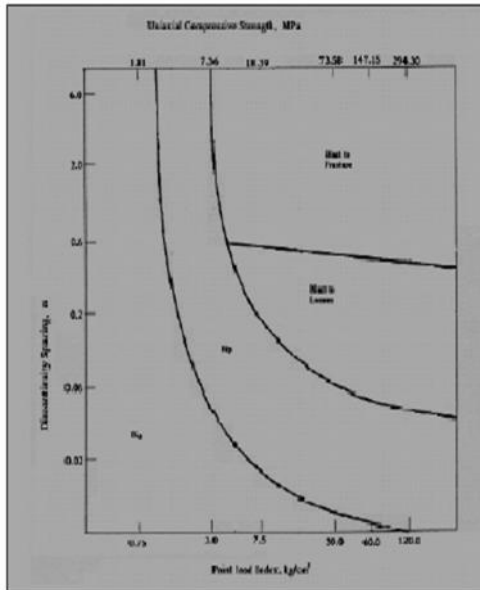
Dalam suatu kegiatan penambangan selalu dijumpai kegiatan penggalian. Sebelum penggalian dilakukan maka dilakukan pembongkaran massa batuan. Penggalian bisa dilakukan secara langsung tanpa pembongkaran apabila material bersifat lunak atau *soft*, metode penggalian ini biasa disebut *direct digging*. Namun apabila material bersifat keras maka perlu pembongkaran terlebih dahulu sebelum dilakukan penggalian. Pembongkaran bisa dilakukan dengan penggaruan (*ripping*) maupun peledakan (*blasting*). Penggaruan maupun peledakan tidak dilakukan serta merta begitu saja saat menjumpai material keras. Namun perlu ada analisis lebih lanjut untuk menentukan metode pembongkaran yang sesuai dengan sifat-sifat batuan maupun kondisi lapangan.

Pada umumnya penggalian dipengaruhi oleh 3 (tiga) kondisi sebagai berikut: 1).Kondisi I : Bila tanah biasa (normal), bisa langsung dilakukan penumpukan (*stock*) atau langsung dimuat (*loading*). 2).Kondisi II : Bila kondisi tanah keras harus dilakukan penggaruan (*ripping*)terlebih dahulu, kemudian dilakukan *stock pilling* dan pemuatan (*loading*). 3). Kondisi III : Bila tanah terlalu keras dimana pekerjaan *ripping* tidak ekonomis (tidak mampu)

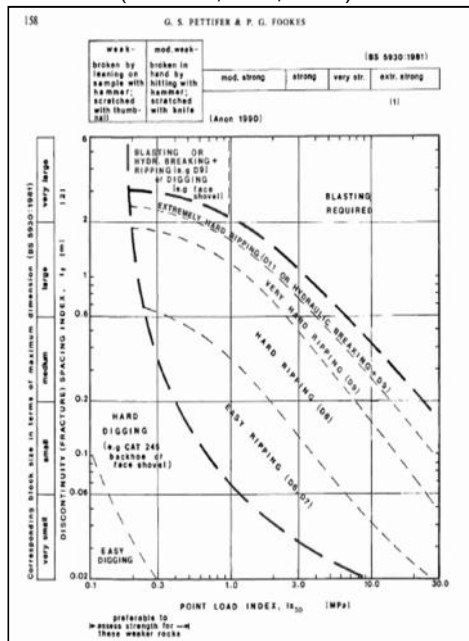
maka harus dilakukan peledakan (*blasting*) guna memecah belahkan material terlebih dahulu sebelum dilakukan *stock pilling* kemudian dilakukan pemuatan (*loading*).

Metode penggalian sangat dipengaruhi oleh sifat material terutama kekerasannya. Kemampugalian yang merupakan ukuran tingkat kemudahan suatu batuan untuk digali diperoleh dari studi lapangan, geologi maupun geoteknik. Dalam setiap kegiatan penggalian batuan, salah satu sifat batuan yang sangat penting yang harus diukur adalah spasi kekar dan orientasinya. Secara umum hal kemampugarian ini dipengaruhi oleh kuat tekan batuan, struktur batuan, dan pelapukan.

Salah satu metode untuk menentukan kemampugalian adalah dengan pendekatan grafis. Metode ini menggunakan parameter spasi ketidakmenerusan dan kekuatan batuan nilai *point load test* atau dengan kuat tekan UCS untuk estimasi metode penggalian tanpa mengacu pada batuan tertentu saja. Franklin, dkk.(1971) mempublikasikan grafik yang menggambarkan hubungan antara spasi kekar dan kekuatan batuan untuk menentukan metode penggalian yang memungkinkan. Dalam grafik terbagi menjadi beberapa metode yaitu: penggalian langsung (*direct digging*), penggaruan dan peledakan. Dalam metode ini, Franklin menggunakan dua parameter yakni spasi kekar dan Point Load Index sebagai faktor penting dalam pekerjaan penggalian. Dalam metode ini tidak mengusulkan rekomendasi penggunaan Ripper tertentu dan pengujian tidak hanya pada batuan tertentu. Pettifer dan Fookes (1994) menggunakan dengan metode grafik, menemukan bahwa spasi kekar dan kekuatan batuan merupakan pengaruh yang sangat besar terhadap kemampugalian batuan. Grafik kemampugalian menurut Franklin, dkk., (1971) dan grafik kemampugalian menurut Pettifer dan Fookes (1994) tersaji dalam Gambar 4.



Gambar 4. Grafik kemampuan peggalian (Franklin, dkk., 1971)



Gambar 5. Grafik Kemampuan peggalian (Pettifer dan Fookes, 1994)

PEMBAHASAN

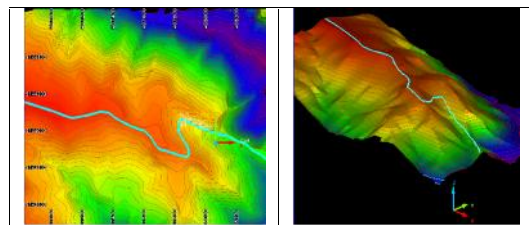
Penelitian diawali dengan kegiatan studi pustaka yang selanjutnya dilakukan pengamatan langsung dilapangan. Lokasi penelitian merupakan

perbukitan yang terbentuk oleh hasil vulkanisme masa lampau. Kemiringan lereng pada daerah berkisar antara 46% -75%, bergelombang kuat. Obyek penelitian adalah batuan penyusun yang berupa satuan andesit yang terletak pada ketinggian 462,5mdpl – 575mdpl seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta topografi dan lokasi pengamatan pada daerah penelitian

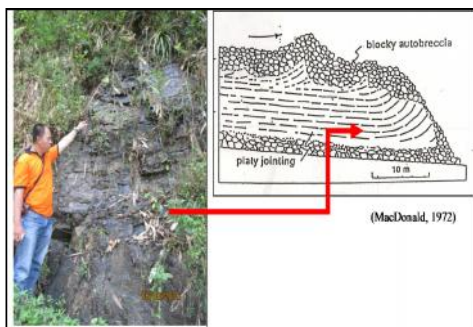
Kondisi lahan sebagian besar merupakan tanah pekarangan, lahan perkebunan dan hutan semak. Sebagian besar tanah penutup (*overburden*) ditumbuhi oleh semak belukar. Di sebelah utara dan selatan terdapat sungai, dengan aliran sungai yang tidak terlalu deras. Morfologi Desa Giripurwo merupakan daerah perbukitan tinggi berlereng curam yang dibentuk oleh satuan massa batuan beku, yaitu andesit (Gambar 7).



Gambar 7. Kenampakan topografi DEM yang menunjukkan morfologi bergelombang kuat dan lintasan pengamatan pada daerah penelitian

Pengamatan singkapan dilapangan menunjukkan bahwa secara umum batuan andesit yang terdapat di Desa Giripurwo termasuk dalam formasi Andesit Tua yang berupa lava, yang

keberadaannya tersebar secara merata hampir di seluruh kawasan desa Giripurwo. Sebagian besar andesit berasosiasi dengan breksi membentuk breksi andesit seperti terlihat pada Gambar 8.

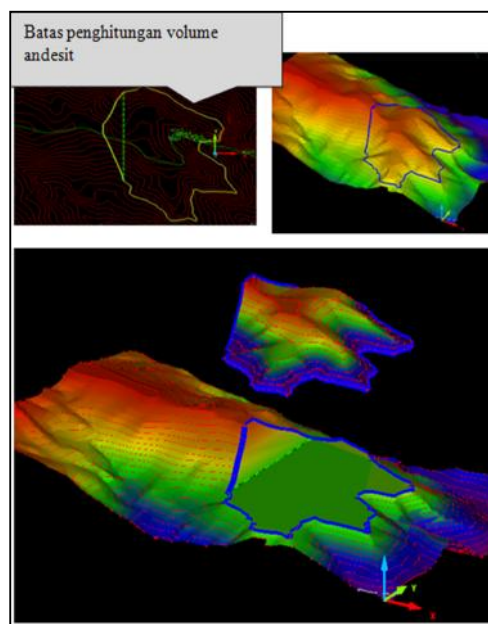


Gambar 8. Kenampakan Lava andesit yang menunjukkan struktur kekar berlembar (*platy jointing*)

Batuan beku andesit dilapangan secara umum berupa lava dengan struktur kekar berlembar (*platy joint*). Pada bagian atas dan bawah berubah menjadi lava autobreksi yang ditunjukkan oleh fragmen dengan masa dasar yang sama, warna segar abu-abu kehitaman, tekstur hipokristalin, berbutir halus, dengan bentuk kristal anhedral, komposisi terdiri dari plagioklas, piroksen, dengan masa dasar gelas. Pada bagian bawah menunjukkan struktur massif. Secara petrografis batuan ini bernama *Andesit piroksen* (William, 1954) dengan deskripsi warna abu-abu, bertekstur hipokristalin, porfiritik, pilotaksitik. Disusun oleh fenokris berukuran 0,05 - 1mm, terdiri dari mineral plagioklas (60%), olivine (7%), piroksen (12%), hornblende (3%), mineral opak (5%), tertanam pada masa dasar mikrolit-mikrolit plagioklas dan gelas (8%).

Batu andesit di daerah Giripurwo mengalami proses pelapukan, sehingga di bagian atas dari batuan andesit segarnya ditutupi oleh bagian andesit yang mengalami pelapukan. Batu andesit yang mengalami pelapukan. Batu andesit yang lapuk umumnya berwarna abu-abu muda sampai abu-abu tua dan bersifat agak keras. Penyebaran satuan andesit dilapangan meliputi daerah perbukitan yang ditunjukkan pada elevasi dari 462,5mdpl sampai dengan 575mdpl.

Hasil penghitungan volume dengan metode triangulasi dengan parameter ketebalan lapukan 2 meter serta recovery hitungan 90% maka didapat sumberdaya andesit dengan volume sebesar 15.457.600m³ serta luasan permukaan 41,73 Ha seperti gambar dibawah.



Gambar 9. Kenampakan batas satuan lava andesit dan penghitungan volume sumberdaya pada lokasi penelitian.

Pengamatan bidang lemah (bidang *diskontinue*) pada batuan lava andesit yang memiliki struktur kekar berlembar yaitu dengan mengamati spasi antar kekar yang dalam pada lava andesit, pengamatan dilakukan dengan metode pengukuran sepanjang lintasan dan lokasi pengamatan untuk mengamati serta mengukur spasi antar bidang lemah sehingga nanti didapatkan spasi minimum, maksimum dan rata-rata pada setiap perubahan kenampakan disingkapan. Pengambilan sampel dilapangan dilakukan dengan memecah secara acak yang mewakili berbagai kenampakan struktur diseluruh areal penyebaran batu andesit untuk kemudian dikumpulkan di suatu tempat. Sampel yang diambil berbentuk bongkah yang berukuran antara 15 - 30 cm. Selanjutnya sampel-sampel yang ada dikumpulkan berdasarkan titik

pengambilannya, diberi notasi, kemudian masing-masing kelompok dimasukkan ke dalam karung untuk dibawa ke laboratorium.

Tabel 1. Hasil pengukuran spasi bidang lemah pada lokasi pengamatan

Lokasi Pengamatan	Spasi bidang lemah (kekar), meter		
	minimum	maksimum	rata2
GP-1	0.05	0.1	0.08
GP-2	0.1	0.22	0.15
GP-3	0.05	0.1	0.08
GP-4	0.03	0.1	0.08
GP-5	0.03	0.1	0.08
GP-6	0.05	0.25	0.20
GP-7	0.05	0.25	0.13
GP-8	0.05	0.25	0.13

Tabel 2. Hasil Uji Penyerapan Air

Kode Contoh	Berat (gram)			Penyerapan air <i>absorption (%)</i>
	Asli	Jenuh	Kering	
GP-1 (masif)	2820	2820.6	2817.3	0.117
GP-1 (retak)	2874.4	2875.6	2866.5	0.317
GP-2	928.4	929.3	922.3	0.758
GP-3	2872.3	2875.6	2862.1	0.471
GP-6	1452.7	1453.4	1448.6	0.331
GP-7	998	1002.3	980.8	2.192
GP-8	2538	2541.9	2530	0.470

Tabel 3. Hasil pengujian Kuat Tekan Sampel Andesit.

Sampel	Kuat Tekan MPa
GP-1 (masif)	125.743
GP-1 (retak)	141.420
GP-2	154.152
GP-3	62.970
GP-6	176.803
GP-7	38.852
GP-8	44.377

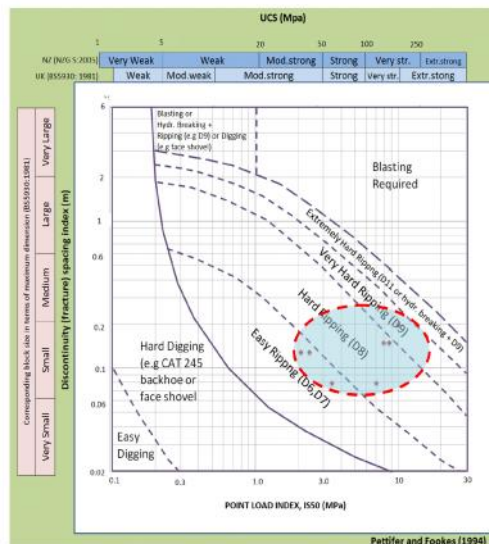
Pengujian sifat fisik dan mekanik batuan andesit dilakukan di Laboratorium Geologi Teknik dan Lingkungan, Jurusan Teknik Geologi, FTM, IST AKPRIND Yogyakarta. Sampel kemudian dipreparasi yang disesuaikan dengan macam uji yang akan dilakukan, yaitu uji kuat tekan, uji sifat fisik untuk mendapatkan parameter penyerapan air (absorpsi). Hasil uji penyerapan air

terhadap sampel batu andesit dapat dilihat pada Tabel 2 dan hasil uji kuat tekan batu andesit dapat dilihat Tabel 3.

PEMBAHASAN

Hasil uji kuat tekan terhadap sampel batu andesit di Desa Giripurwo mendapatkan nilai kuat tekan antara 38,85 – 176,80 Mpa (Tabel 1). Sampel GP-3, GP-7 dan GP-8 mempunyai nilai kuat tekan lebih kecil sehingga jika dilihat secara sendiri-sendiri, maka berdasarkan SNI 03-0394-1989 ketiga sampel tersebut tidak dapat digunakan sebagai bahan pondasi kelas berat. Jika dilihat secara keseluruhan nilai kuat tekan rata-rata dari sampel yang diambil adalah 106,33 MPa batu andesit di Desa Giripurwo memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan bangunan, yaitu untuk pondasi kelas berat hingga ringan, tonggak dan batu tepi jalan, penutup lantai/trotoar, maupun sebagai batu hias atau batu tempel.

Apabila batu lava andesit yang ada di Desa Giripurwo tersebut akan ditambang maka perlu dilakukan studi rekomendasi penggalian. Metode penggalian sangat dipengaruhi oleh sifat material terutama kekerasannya. Kegiatan pengujian kekuatan batuan mencakup kuat tekan uniaksial dan pengamatan spasi kekar yang merupakan bidang lemah sebagai faktor penting dalam pekerjaan penggalian. Penentuan penggalian secara langsung maupun harus dengan pembongkaran terlebih dahulu dapat ditentukan terlebih dahulu dengan pendekatan sifat keteknikan dari material yang akan digali. Arah mekanisme penggalian tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan model metode grafis Pettifer dan Fookes tahun 1994 atas dasar data antara kekuatan batuan dengan bidang lemah (ketidakmenerusan). Data pengujian kuat tekan yang telah dilakukan serta pengukuran bidang lemah dilapangan kemudian dimasukkan kedalam table grafis Pettifer dan Fookes(1994) seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengeplotan uji kuat tekan sampel terhadap spasi bidang lemah pada grafik Pettifer and Fookes (1994)

Hasil pengeplotan pada grafik Pettifer and Fookes (1994) dengan parameter uji kuat tekan dan spasi bidang lemah dari batuan lava andesit dengan struktur kekar berlembar menghasilkan rekomendasi bahwa penggalian dilakukan dengan kriteria *Easy Ripping* (penggaruan mudah) sampai *Very Hard Ripping* (penggaruan sangat kuat). Dengan demikian maka penggalian lava andesit dengan struktur kekar berlembar terlebih dahulu diawali dengan kegiatan penggaruan (*ripping*) dengan Bulldozer tipe D6, D7, D8 dan D9 yang baru kemudian dapat digali dengan backhoe.

KESIMPULAN

Batuan lava andesit pada lokasi penelitian dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan. Dalam pemanfaatannya dapat dilakukan dengan kegiatan penambangan. Penyebaran satuan lava andesit meliputi daerah perbukitan pada elevasi 462,5mdpl – 575mdpl dan dari penghitungan volume dengan metode triangulasi dengan parameter ketebalan lapukan 2 meter serta recovery hitungan 90% maka didapat sumberdaya andesit sebesar 15.457.600m³ dengan luasan

permukaan 41,73 Ha. Hasil penelitian menunjukkan rekomendasi berdasarkan pendekatan metode grafik Pettifer and Fookes (1994) ditinjau dari struktur bidang lemah dan sifat mekanik batuan menunjukkan bahwa batuan lava andesit dengan struktur kekar berlembar pada daerah penelitian jika dilakukan penambangan maka masuk dengan kriteria *Easy Ripping* (penggaruan mudah) sampai *Very Hard Ripping* (penggaruan sangat kuat) sehingga apabila akan dilakukan penambangan perlu dilakukan penggaruan terlebih dahulu untuk pembongkaran batuan lava andesit dengan Bulldozer tipe D6, D7, D8 dan D9 yang baru kemudian dapat digali dengan backhoe untuk dimuat dan diangkut.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. (2016). *Cara uji kuat tekan batu triaksial: SNI 2825:2008*. diakses pada situs: sisni.bsn.go.id, tanggal 15 Maret 2016.
- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. 251 hal. New York: John Wiley & Sons.
- Bemmelen, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Vol IA. Netherland: The Haque Martinus Nijhroff, Government Printing Office.
- Goodman, R.E. (1976). *Introduction to Rock Mechanics*. 2nd ed. Singapore: John Wiley & Sons.
- Hamilton, W. (1979). *Tectonic of the Indonesian Regions*. US Geological Survey, Professional paper No.1078, hal 18-42. Washington.
- Katili, J.A. (1975). *Volcanism and Plate Tectonic in Indonesian Island Arc*. Tectoniphysics. hal 65-188. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
- MacDonald, G.A. (1972). *Volcanoes*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- PUBI. (1982). *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum. Bandung.

- Purnamaningsih, S. dan Pringgoprawiro, H. (1981). *Stratigraphy and planktonic foraminifera of the Eocene-Oligocene Nanggulan Formation, Central Java*, Geol. Res. Dev. Centre Pal. Ser. No. 1, 9-28. Bandung, Indonesia
- Pringgoprawiro, H. dan Riyanto, B. (1988). *Formasi Andesit Tua suatu Revisi*, Dept. Geol. Contr. 1-29. Bandung: Bandung Inst. Teknologi.
- Pettifer, G & Fookes, P, (1994) *A revision of the Graphical Method for Assessing the Excavatability of Rock*, QJEG, Vol 27, pp 145-164
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi. dan Rosidi H.M.D. (1995). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, skala 1 : 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Selby, M.J. (1991). *Hillslope Materials and Processes*. 2nd ed, Oxford: Oxford University Press.
- Soeria, A.R., Maury, R.C., Bekkon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B. (1994). *The Tertiary Magmatic Belts In Java*, Proceedings Symposium on Dynamics of Subduction and Its Products, The Silver Jubilee Indon. Inst. Of Sci (LIPI).
- Sribudiyani, N.M., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H., Yulianto, I. (2003), *The Collision of the East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin*. 29th Annual Convention Proceedings (Volume 1), hal 1 – 12.

DETEKSI POLA MAKANAN KHAS KULON PROGO “GEBLEK” DENGAN IMAGES BLENDING DAN OPERATOR CANNY

Putri Taqwa Prasetyaningrum¹

¹Sistem Informasi, Universitas Mercu Buana Yogyakarta.

Masuk: 2 Mei 2016, revisi masuk : 13 Juni 2016, diterima: 6 Juli 2016

ABSTRACT

The snack is traditional food made from tapioca flour with fried onions savory seasoning. The round shape is colored white and processed with the way fried. These foods are popular as snacks typical of the area of Kulon progo Regency. Image is the image on a two-dimensional field. In mathematical reviews. The image is a continuous function of light intensity in two dimensions. In computers, a digital image is saved as a file with a specific format. The image shows how to format a digital image is stored, for example, whether with a compression or not. Examples of digital image formats are .bmp, .jpg, .PNG, .tif, and so on. Digital image size expressed in pixels (picture elements). This description describes the merging of two different images into an image in the form of new patterns. This process of merging using matlab with images blending, then from the results of the merge image searchable form of the pattern using the Canny operator. The size of the original image i.e. image of flowers and circles must be the same image that is 400 x 300 pixels in jpg format. The results obtained in the form of a composite image of two images in the shape of a new image of the pattern that is the pattern image to resemble floral patterns.

Keywords: digital imagery, images blending, canny operator

INTISARI

Geblek adalah makanan tradisional yang dibuat dari bahan tepung tapioka dengan bumbu bawang yang digoreng gurih. Bentuknya bulat berwarna putih bersih dan diolah dengan cara digoreng. Makanan ini populer sebagai jajanan khas dari daerah Kabupaten Kulonprogo. Citra adalah gambar pada bidang dua dimensi. Dalam tinjauan matematis. Citra merupakan fungsi kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Di dalam komputer, citra digital disimpan sebagai suatu file dengan format tertentu. Format citra tersebut menunjukkan cara sebuah citra digital disimpan, misalnya apakah dengan suatu kompresi atau tidak. Contoh format citra digital adalah .bmp, .jpg, .png, .tif dan sebagainya. Ukuran citra digital dinyatakan dalam pixel (picture element). Penjelasan ini menjelaskan tentang penggabungan dua buah citra yang berbeda menjadi sebuah citra yang berbentuk pola baru. Proses penggabungan ini menggunakan matlab dengan images blending, kemudian dari hasil citra penggabungan tersebut dicari bentuk polanya dengan menggunakan operator Canny. Ukuran citra asli yaitu citra bunga dan citra lingkaran harus sama yaitu 400 x 300 pixel dalam format jpg. Hasil yang didapat berupa sebuah citra gabungan dari dua buah citra yang berbentuk pola citra yang baru yaitu pola citra menyerupai pola bunga.

Kata kunci : citra digital, images blending, operator canny

PENDAHULUAN

Geblek adalah makanan khas Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta. Geblek dibuat dari ketela yang diparut, kemudian dicampur air dan diperas. Selanjutnya didiamkan sehari semalam

agar mengendap (sebut saja pati ketela). Pati itulah yang menjadi bahan utama yang kemudian dicampur dengan parutan kelapa untuk memberikan rasa gurih. Bentuknya bulat berwarna putih bersih dan diolah dengan cara digoreng.

¹putri@mecubuana-yogya.ac.id

Bentuk geblek saat ini hanya berbentuk bulat yang berantai seperti angka delapan dan membuat penggemar geblek ingin membeli geblek dengan bentuk lain. Dengan didasari uraian dan latar belakang masalah di atas maka kami tertarik untuk membuat pola geblek yang baru yaitu penggabungan pola geblek dengan pola bunga. Untuk membuat aplikasi ini kami menggunakan Matlab dengan menggunakan images blending, kemudian mencari pola hasil penggabungan dengan operator canny. Images blending merupakan fungsi bawaan dari matlab sendiri yang berfungsi dalam proses pengolahan citra, salah satunya dalam proses penggabungan 2 buah citra yang berbeda.

Melihat latar belakang yang ada maka masalah di atas dapat dirumuskan menjadi "Bagaimana membuat pola geblek yang baru?".

Pengertian Citra Digital, citra adalah suatu representasi (gambaran), kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra terbagi 2 yaitu ada citra yang bersifat analog dan ada citra yang bersifat digital. Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar X, hasil CT Scan dll. Sedangkan pada citra digital adalah citra yang dapat dan diolah oleh komputer (T, Sutoyo et al. 2009: 9).

Sebuah citra digital dapat mewakili oleh sebuah matriks yang terdiri dari M kolom N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel (piksel = picture element), yaitu elemen terkecil dari sebuah citra. Piksel mempunyai dua parameter, yaitu koordinat dan intensitas atau warna. Nilai yang terdapat pada koordinat (x,y) adalah f(x,y), yaitu besar intensitas atau warna dari piksel di titik itu. Oleh sebab itu, sebuah citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks berikut:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots & f(1,M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

Berdasarkan gambaran tersebut, secara matematis citra digital dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas f (x,y), dimana harga x (baris) dan y

(kolom) merupakan koordinat posisi dan f(x,y) adalah nilai fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut. Pada proses digitalisasi (sampling dan kuantitas) diperoleh besar baris M dan kolom N hingga citra membentuk matriks M x N dan jumlah tingkat keabuan piksel G (T, Sutoyo et al. 2009: 20).

Pengolahan citra digital adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan perbaikan kualitas gambar (peningkatan kontras, transformasi warna, restorasi citra), transformasi gambar (rotasi, translasi, skala, transformasi geometrik), melakukan pemilihan citra ciri (feature images) yang optimal untuk tujuan analisis, melakukan proses penarikan informasi atau deskripsi objek atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, melakukan kompresi atau reduksi data untuk tujuan penyimpanan data, transmisi data, dan waktu proses data. Input dari pengolahan citra adalah citra, sedangkan outputnya adalah citra hasil pengolahan (T, Sutoyo et al. 2009: 5).

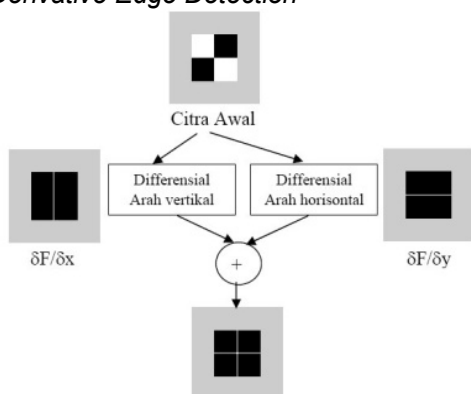
Images Blending, konsep dari images blending adalah membandingkan 2 frame secara berturut-turut, dimana perbedaan nilai pixel dari masing-masing frame menandakan adanya suatu pergerakan menggunakan metode difference blend mode. Untuk mengimplementasikannya dideklarasikan 2 variabel jpeg yaitu "sebelum dan sesudah". Input untuk motion detect adalah output dari deteksi tepi yang akan di threshold per-ramennya. Metode threshold bekerja dengan memeriksa dan membandingkan setiap nilai dari pixel frame.

Deteksi Tepi, tepian dari suatu citra mengandung informasi penting dari citra bersangkutan. Tepian citra dapat merepresentasikan objek-objek yang terkandung dalam citra tersebut, bentuk, dan ukurannya serta terkadang juga informasi tentang teksturnya. Tepian citra adalah posisi dimana intensitas pixel dari citra berubah dari nilai rendah ke nilai tinggi atau sebaliknya. Deteksi tepi umumnya adalah langkah awal melakukan segmentasi citra (Darma

Putra, 2004). Deteksi tepi adalah operasi yang dijalankan untuk mendeteksi garis tepi (edges) yang membatasi dua wilayah citra homogeny yang memiliki tingkat kecerahan yang berbeda (Pitas 1993). Deteksi tepi pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra.

METODE

Tujuan dilakukan deteksi tepi antara lain untuk menandai bagian yang menjadi detail citra, memperbaiki detail dari citra yang kabur yang terjadi karena error atau adanya efek dari proses akuisisi citra, serta untuk mengubah citra 2D menjadi bentuk kurva. Suatu titik (x,y) dikatakan sebagai tepi (edge) dari suatu citra bila titik tersebut mempunyai perbedaan yang tinggi dengan tetangganya. Gambar 1. Proses deteksi tepi hal ini menggambarkan bagaimana tepi suatu gambar di peroleh. Ada dua metode untuk dapat mendeteksi tepi yaitu (wasista, 2009). Pertama: Metode *First-Order Derivative Edge Detection* dan yang kedua Metode *Second-Order Derivative Edge Detection*



Gambar 1. proses Deteksi Tepi
(Wasista, 2009)

Operator Canny, deteksi tepi menggunakan operatorcanny dapat mendeteksi tepian yang sebenarnya dengan tingkat kesalahan minimum. Dengan kata lain, operator Canny di desain untuk menghasilkan citra tepian yang optimal(Darma Putra, 2004). Ada beberapa kriteria pendeteksi tepian paling optimum yang dapat dipenuhi oleh algoritma Canny (winarno, 2011) :

Mendeteksi dengan baik (criteria deteksi), kemampuan untuk meletakkan dan menandai semua tepi yang ada sesuai dengan pemilihan parameter-parameter konvolusi yang dilakukan. Sekaligus juga memberikan fleksibilitas yang sangat tinggi dalam hal menentukan tingkat deteksi ketebalan tepi sesuai yang diinginkan.

Melokalisasi dengan baik (criteria lokalisasi), dengan Canny dimungkinkan dihasilkan jarak yang minimum antara tepi yang dideteksi dengan tepi yang asli. Respon yang jelas (kriteria respon), hanya ada satu respon untuk tiap tepi. Sehingga mudah dideteksi dan tidak menimbulkan kerancuan pada pengolahan citra selanjutnya. Pemilihan parameter deteksi tepi Canny sangat mempengaruhi hasil dari tepian yang dihasilkan. Beberapa parameter tersebut antara lain: Nilai Standart Deviasi Gaussian dan Nilai Ambang.

Pendekatan algoritma Canny dilakukan dengan konvolusi fungsi gambar dengan operator gaussian dan turunannya. Turunan pertama dari fungsi citra yang dikonvolusikan dengan fungsi gaussian, yaitu $g(x,y) = D[\text{gauss}(x,y) * f(x,y)]$ ekuivalen dengan fungsi citra yang dikonvolusikan dengan turunan pertama dari fungsi Gaussian. Oleh karena itu, memungkinkan untuk mengkombinasikan tingkat kehalusan dan pendektasian tepi ke dalam suatu konvolusi dalam satu dimensi dengan dua arah yang berbeda (vertical dan horizontal).

Matlab merupakan bahasa pemrograman yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C/C++. Matlab merupakan kepanjangan dari Matrix Laboratory. Sesuai dengan namanya, struktur data yang terdapat dalam Matlab menggunakan matriks atau array berdimensi dua (double).

Matlab di kembangkan oleh MathWork, yang pada awalnya dibuat untuk memberikan kemudahan mengakses data matrik pada proyek LINPACK dan EISPACK. Saat ini matlab memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai problem solver mulai dari hal

yang sederhana atau simple sampai masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu.

Fungsi pengolahan citra pada matlab antara lain (Herry,2010): Pembacaan *Image*; pada matlab fungsi untuk melakukan pembacaan *image* standar yaitu: *imread('filename')*

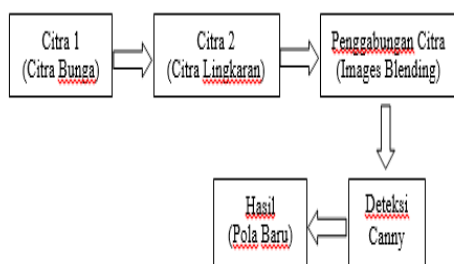
Ekstraksi Nilai *Pixel Red, Green* dan *Blue* (RGB): Hampir setiap pengolahan citra yang berbasis warna perlu dilakukan pemisahan *band-band* yang ada pada citra khususnya citra RGB, matlab menyediakan fasilitas yang cukup baik dalam memisahkan ketiga warna RGB, yaitu sebagai berikut:

```
gambar=imread('gambar.jpg');
red=gambar(:,:,1); green=gambar(:,:,2);
blue=gambar(:,:,3);
imshow(gambar)
imshow(red)
imshow(green)
imshow(blue)
```

Terlihat bahwa untuk mengambil nilai *pixel* merah memiliki indeks 1, warna hijau memiliki indeks 2 dan warna biru memiliki indeks 3.

PEMBAHASAN

Perancangan Sistem, berikut gambar aliran blok diagram sistem, dimulai dari penggabungan 2 buah citra asli, kemudian dari hasil penggabungan ini dilakukan proses deteksi tepi untuk mengetahui bentuk pola barunya.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Analisis Hasil, citra asli yang digunakan dalam proses penggabungan dua buah citra ini berukuran 400x450 pixel. Kemudian hasil akhir yaitu pola citra baru yang menyerupai bentuk bunga berukuran 300x350 pixel. Tahapan dalam proses penggabungan 2

buah citra dapat dituliskan sebagai berikut: Pertama, citra pertama (citra bunga) dan citra kedua (citra lingkaran), menggunakan citra lingkaran dikarenakan pola makanan geblek yang terdiri dari lingkaran – lingkaran pada umumnya dan disatukan membentuk angka delapan), diubah ke ukuran pixel yang samayaitu 400x350 pixel.

Kedua citra asli yang sudah berukuran sama digabung dengan menggunakan fungsi *images blending* pada Matlab yaitu *blend mode difference*.

Ketiga, hasil penggabungan diperkecil ukurannya menjadi 300x350 pixel agar pola baru nantinya terlihat dengan jelas. Setelah itu citra penggabungan tersebut diubah kedalam bentuk citra 2 dimensi yaitu mengubah ke bentuk grayscale.

Keempat, kemudian citra yang sudah dalam bentuk grayscale dicari bentuk polanya menggunakan deteksi tepi Canny, sehingga terbentuk pola geblek yang baru yang menyerupai bunga.

Kelima, citra dari proses diatas ditampilkan dalam 1 figure yang terdiri dari 4 citra.

Code matlab yang digunakan adalah sebagai berikut : `function circle (pusat, r, NOP) %fungsi circle yang dituliskan pada .m file di matlab, THETA = linspace(0, 2*pi, NOP); RHO = ones(1, NOP) * r; [X,Y] = pol2cart(THETA, RHO); X = X + pusat(1); Y = Y + pusat(2); plot(X,Y, 'r-'); axis square; axis off; r = 1;`

`%syntax memanggil fungsi circle untuk membuat lingkaran`

```

xlim = 20; ylim = 20;
y = r; t = 0; x = 0; cond = true;
while y + r <= ylim
    if cond; x = 0;
    else x = r; end
    while x + 2 * r <= xlim
        circle([x + r, y], r, 360);
        hold on;
        x = x + r * 2;
    end
end
  
```



```

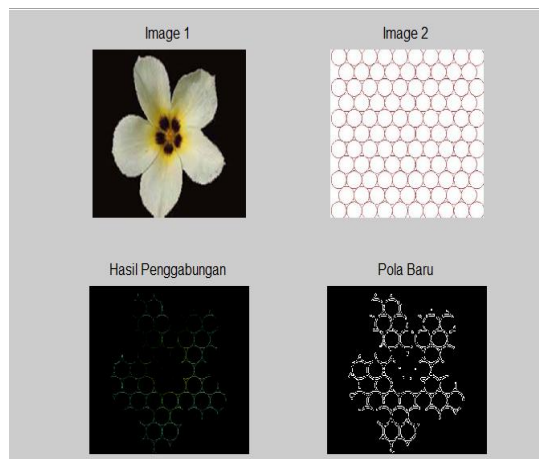
y = y + r * sqrt(3);
t = t + 2 * r;
cond = ~cond;
end
hold off;
A = imread('bunga.jpg');
%read image bunga.jpg in matlab
image1 = imresize(A,[400,450]);
B = imread('lingkaran.jpg');
%read image lingkaran.jpg in matlab
image2 = imresize(B,[400,450]);
hsl1= blendMode_Difference (image1,
image2);
imageResult = imresize (hsl1,[300,
350]);
red=imageResult(:,:,1);
green=imageResult(:,:,2);
blue=imageResult(:,:,3);
gray=0.3*red+0.5*green+0.2*blue;
%convert color imageResult to grayscale
image
imageCanny = edge(gray,'canny');
subplot(2,2,1); %plot image of
image1 in 2 row by 2 column image,
space 2
imshow(image1);
%show image1 in figure window
title('Image 1');
subplot(2,2,2);
imshow(image2);
%show image2 in figure window
title('Image 2');
subplot(2,2,3);
%show imageResult in figure window
imshow(imageResult);
title('Hasil Penggabungan');
subplot(2,2,4);
%show imageCanny in figure window

```

```

imshow(imageCanny);
title('Pola Baru');

```



Gambar 3. Hasil Running Program dengan Matlab

Dari hasil uji pada sistem yaitu pola citra baru diperoleh pola yang cukup jelas. Sehingga pembuat geblek tidak mengalami kesusahan dalam membaca pola yang dihasilkan sistem. Deteksi tepi menggunakan operator Canny lebih unggul dan lebih bagus hasilnya dibandingkan dengan deteksi tepi lainnya seperti deteksi tepi dengan operator sobel ataupun *Laplacian of Gaussian* (LoG).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Rico E.W dkk dibahas mengenai perbandingan kinerja operator deteksi tepi yaitu canny, LoG dan sobel :

Tabel 1. Analisis perbandingan deteksi tepi citra bentuk

No.	Parameter yang dibandingkan	Hasil deteksi tepi Sobel	Hasil deteksi tepi LoG	Hasil deteksi tepi Canny
1.	Derau pada citra deteksi tepi	Tampak	Tidak Tampak	Tidak Tampak
2.	Jelas tidaknya bentuk yang dideteksi	Jelas	Jelas	Jelas
3.	Lamanya proses deteksi	0,05 detik	0,01 detik	0,2 detik

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa Pengembangan Bentuk Citra Digital Pola

Makanan Khas Geblek dari Kulon Progo Menggunakan Images Blending dengan Operator Canny pada Matlab akan membantu para pembuat geblek untuk

dapat membuat pola geblek baru yang bervariasi dan dapat menarik perhatian pembeli atau masyarakat yang ingin mengonsumsi geblek.

Dari kesimpulan yang diperoleh maka saran yang diberikan adalah karena citra yang digunakan hanya 1 yaitu bunga maka pengembangannya diharapkan dapat menggunakan beberapa citra sehingga dapat menghasilkan pola yang lebih banyak dan bermacam-macam, Sistem ini dikembangkan agar bisa diakses melalui perangkat mobile (berbasis mobile) sehingga lebih mudah untuk diakses dimanapun dan kapanpun.

DAFTAR PUSTAKA

- Winarno, Edy.2011. *Aplikasi Deteksi Tepi pada Realtime Video menggunakan Algoritma Canny Detection*. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume 16, No.1, Januari 2011 : 4449*
- Rico, E. et al. 2014. *Perbandingan Kinerja Operator Sobel Dan Laplacian of Gaussian (Log) Terhadap acuan Canny Untuk Mendeteksi Tepi Citra*. *TRANSIENT, VOL.3, NO. 1, MARET 2014, ISSN: 2302-9927, 52*
- Wasista, Sigit.2009. *Transformasi derajat keabuan*, diakses pada 10 April 2014.
- Pitas, I. 1993. *Digital Image Proccesing Algorithms*, Prentice Hall, Singapore.
- Putra, Dama, *Pengolahan Citra Cigital*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2010.
- Sutoyo. T. et al. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: Penerbit ANDI.

PENGARUH ARUS LALU LINTAS TERHADAP PANJANG ANTREAN MENGUNAKAN REGRESI LINEAR

Ridayati¹

¹Dosen Matematika pada Jurusan Teknik Sipil STTNAS Yogyakarta

Masuk: 21 Mei 2016, revisi masuk: 11 Juni 2016, diterima: 30 Juli 2016

ABSTRACT

Poor traffic arrangements will cause congestion and accidents that could endanger human life, even more to the increasing of Traffic in Yogyakarta. The aims of this paper are: first, to identify the level of service provided by the three signalized intersections "Jogja Phone" Yogyakarta at the present time. Furthermore, the result of level of service analysis is low in F level. By re setting the cycle time the level service is increasing to B. Second, the result used SPSS had known that there was a significantly influence between green ratio, degree of saturation, traffic flow, road capacity simultaneously with long queue.

Keywords: traffic, T Junction Signalized, regression

INTISARI

Pengaturan lalu lintas yang kurang baik akan menimbulkan kemacetan dan kecelakaan yang dapat membahayakan jiwa manusia terlebih untuk Lalu lintas kota Yogyakarta yang semakin padat. Tulisan ini bertujuan untuk Mengetahui tingkat pelayanan yang diberikan oleh simpang tiga bersinyal Jogja Phone Yogyakarta pada masa sekarang. Berdasarkan analisis tingkat pelayanan terhadap arus lalu lintas pada simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta pada masa sekarang sangat rendah yaitu kategori F. Setelah dilakukan pengaturan kembali waktu siklus lalu lintas diperoleh tingkat pelayanan B. Hasil analisis menggunakan SPSS diketahui bahwa ada pengaruh secara signifikan antara rasio hijau, derajat kejenuhan, arus lalu lintas, kapasitas jalan secara bersama-sama terhadap panjang antrean.

Kata Kunci : lalu lintas, simpang tiga bersinyal, regresi

PENDAHULUAN

Simpang tiga bersinyal sebagai penunjang prasarana transportasi yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan dan mengurangi kemacetan, faktanya menjadi penyebab kemacetan dengan kinerjanya yang belum optimal. Sumbagannya pada kemacetan sangat besar, karena masih mempunyai tundaan yang lama dan antrian yang panjang. Ini berdampak pada kinerja jaringan jalan secara keseluruhan mengingat jumlahnya yang terlalu banyak (*over delayed*). Selain meningkatkan *supply* prasarana untuk mengatasi permasalahan transportasi dapat juga dilakukan dengan cara mengoptimalkan dan meningkatkan kinerja prasarana dan fasilitas penunjang yang sudah ada, usaha-usaha untuk mengatasi permasalahan transportasi

harus dilakukan, untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan, khususnya pemborosan *resource* waktu perjalanan.

Yogyakarta sebagai kota tujuan wisata dan menyandang predikat kota pendidikan membutuhkan pelayanan lalu lintas yang memadai. Adanya aktivitas kehidupan masyarakat yang semakin tinggi mengakibatkan peningkatan kepemilikan kendaraan sebagai sarana dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Sehubungan dengan hal tersebut lalu lintas semakin padat, sehingga tanpa pengaturan lalu lintas yang baik akan menimbulkan kemacetan dan kecelakaan yang dapat membahayakan jiwa manusia.

Salah satu kawasan yang mempunyai volume arus lalu lintas cukup padat adalah simpang tiga bersinyal jogja phone (Jalan Jenderal Sudirman dan

¹ridayati@gmail.com

Jalan C. Simanjuntak) yang berdekatan dengan sekolah, terminal, restaurant, pasar, hotel, mall, pom bensin. Hal ini yang menyebabkan terjadinya kemacetan dan antrian sehingga diperlukan analisis dan pemecahannya.

Berdasarkan latar belakang di atas, secara umum tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai tingkat pelayanan yang diberikan oleh simpang tiga bersinyal Jogja Phone Yogyakarta pada masa sekarang dalam melayani arus lalu lintas kendaraan. Selain itu tulisan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus lalu lintas, kapasitas, derajat kejenuhan dan rasio hijau terhadap panjang antrean.

Menurut HCM 1994, kapasitas persimpangan adalah arus maksimum kendaraan yang dapat melewati persimpangan menurut kontrol yang berlaku, kondisi lalu lintas, kondisi jalan dan kondisi isyarat lampu lalu lintas. Interval waktu yang digunakan untuk analisa kapasitas adalah 15 menit dengan mempertimbangkan sebagai interval waktu terpendek selama arus stabil. Anggapan yang dipakai definisi ini adalah bahwa kondisi perkerasan jalan dan cuaca sangat baik.

Menurut HCM 1994, tingkat pelayanan pada persimpangan jalan dengan lampu lalu lintas (*traffic light*) didefinisikan sehubungan dengan tundaan (*delay*). Tundaan ini mengakibatkan kegelisahan bagi pengemudi, meningkatnya frustrasi pengemudi, kebutuhan bahan bakar kendaraan dan hilangnya waktu perjalanan. Kriteria tingkat pelayanan ditetapkan dalam bentuk waktu berhenti rerata (*average stopped delay*) tiap kendaraan dalam periode analisis selama 15 menit.

Menurut Oglesby dan Hicks (1982), faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas dan tingkat pelayanan pada persimpangan adalah sebagai berikut.

Satu kondisi fisik dan operasi, yaitu ukuran atau dimensi jalan, kondisi parkir dan jumlah arah.

Dua kondisi lingkungan, yaitu faktor jam sibuk pada persimpangan.

Tiga karakteristik lalu lintas gerakan membelok dan kendaraan berat yang melewati persimpangan.

Arus lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang lewat suatu titik persatuan waktu. Arus lalu lintas untuk setiap gerakan (belok kiri, lurus, belok kanan) dikonversikan dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil (smp) per jam dengan menggunakan ekivalen penumpang (emp) untuk masing-masing pendekatan.

Arus kendaraan bermotor total dapat dihitung sebagai berikut :

$$QMV = (QLV \times emp LV) + (QHV \times emp HV) + (QMC \times emp MC)$$

Keterangan :

QMV = arus kendaraan bermotor total
QLV, QHV, QMC = arus lalu lintas tiap tipe kendaraan

emp LV, emp HV, emp MC = nilai emp untuk tiap kendaraan

Arus lalu lintas dinyatakan dalam kendaraan/jam, smp/jam atau LHRT (Lalu lintas Harian Rata - rata Tahunan) (MKJI, 1997). Ukuran dasar yang digunakan dalam mendefinisikan arus lalu lintas adalah konsentrasi dan kecepatan. Aliran dan volume sering dianggap sama, meskipun istilah aliran lebih tepat menyatakan arus lalu lintas dan mengandung pengertian jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam ruang selama interval waktu tertentu (Hobbs, 1995). Semua arus lalu lintas (per arah dan total) diubah menjadi satuan mobil penumpang dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang (emp) yang diturunkan secara empiris untuk tipe kendaraan yang dikategorikan menjadi 4 (empat) jenis yaitu: Pertama kendaraan ringan, *Light Vehicle* (LV), yaitu kendaraan bermotor dua as beroda 4 (empat) dengan jarak as 2 - 3 m (mobil sedan, mobil penumpang, jeep, truk dua as, mikrotruk, pickup dan minibus). Kedua kendaraan berat, *Heavy Vehicle* (HV), yaitu kendaraan bermotor dengan jarak as lebih dari 3,5 meter, biasanya roda lebih dari 4 (empat) (termasuk bis, truk dua as, truk tiga as dan truk kombinasi). Ketiga sepeda motor, *Motorcycle* (MC), kendaraan beroda dua atau tiga. Keempat kendaraan tak bermotor (UM), kendaraan dengan roda yang menggunakan tenaga manusia atau hewan meliputi sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong.

Suatu pendekatan yang mempunyai sinyal hijau lebih dari satu fase, yang arus jenuhnya telah ditentukan secara terpisah pada baris yang berbeda dalam tabel, maka nilai arus jenuh kombinasi harus dihitung dengan rumus secara proporsional terhadap waktu hijau masing-masing fase (MKJI hal 2-57).

$$S_{1+2} = \frac{(S_1 \times g_1) + (S_2 \times g_2)}{(g_1 + g_2)}$$

Derajat kejenuhan DS dihitung dengan rumus $DS = Q/C$. Nilai-nilai Q dan C adalah nilai arus lalu lintas dan nilai kapasitas.

Alternatif desain waktu hijau, dalam mengatasi besarnya panjang antrian yang cukup besar, maka perlu dilakukan alternatif desain pada waktu hijau (g) di setiap lengan pendekatan simpang. Pengaturan waktu siklus lampu lalu lintas yang tepat dan disesuaikan dengan banyaknya arus lalu lintas tiap pendekatan akan dapat melayani lalu lintas yang ada dengan efisien, sedangkan pengaturan waktu yang tidak tepat akan menyebabkan tidak seimbang prosentase yang lolos selama waktu hijau. Jadi dengan pengaturan ini diharapkan dapat menempatkan kebutuhan waktu siklus sesuai dengan proporsi arus lalu lintas masing-masing pendekatan.

Perhitungan desain waktu hijau menggunakan rumus dari MKJI 1997 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Waktu hilang total (LTI) Langkah pertama menghitung waktu hilang total (LTI) terlebih dahulu waktu merah semua fase, dihitung dengan persamaan berikut

$$MERAH \ SEMUA = \frac{(L_{EV} + I_{EV})}{V_{EV}} - \frac{L_{AV}}{V_{AV}}$$

Keterangan :

L_{EV}, L_{AV} = jarak dari garis henti ke titik konflik masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m)

I_{EV} = panjang kendaraan berangkat (m)

V_{EV}, V_{AV} = kecepatan masing-masing untuk kendaraan yang berangkat dan yang datang (m/dtk).

Nilai-nilai yang dipilih untuk V_{EV}, V_{AV} dan I_{EV} tergantung dari komposisi lalu lintas dan kondisi kecepatan pada lokasi. Nilai-nilai sementara berikut dapat dipilih

dengan ketiadaan aturan di Indonesia akan hal ini.

Waktu hilang total (LTI) dihitung dengan persamaan

$$LTI = \sum (MERAHSEMUA + KUNING)_i = \sum I G_i$$

Waktu sebelum penyesuaian (C_{ua}) :

Waktu siklus sebelum penyesuaian dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

Waktu siklus (c) dipilih antara $0,75 \times c_0$ sampai dengan $1,5 \times c_0$ waktu siklus yang layak digunakan untuk pengaturan tiga-fase adalah 50-100 detik.

Waktu hijau (g_i): Waktu hijau untuk masing-masing pendekatan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i$$

Keterangan :

g_i = Tampilan waktu hijau pada fase i (det)

C_{ua} = Waktu sebelum penyesuaian (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

PR_i = Rasio fase

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Masukkan hasil waktu hijau yang telah dibulatkan keatas tanpa pecahan (MKJI hal. 2-60).

Waktu siklus yang disesuaikan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$c = \sum g + LTI$$

Keterangan :

$\sum g$ = Jumlah total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

Analisis regresi linear berganda adalah suatu analisis yang digunakan untuk menemukan atau mengetahui persamaan regresi yang menunjukkan pengaruh antara variable terikat (ju kendaraan terhenti dan tundaan) dengan variable bebas yaitu arus lalu lintas, derajat kejenuhan, kapasitas jalan dan rasio hijau. Rumus analisis regresi linear berganda adalah sebagai berikut (Sugiyono, 1999).

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4$$

Keterangan :

Y = Jumlah kendaraan terhenti

A = Konstanta

b_1, b_2, b_3, b_4 = Koefisien regresi dari variabel

X_1 = arus lalu lintas, X_2 = derajat kejenuhan

X_3 = rasio hijau, X_4 = kapasitas jalan

Hal-hal yang terkait dengan analisis regresi linear berganda adalah sebagai berikut:

Koefisien Determinansi R (*Coefficient Determination*). Dalam analisis korelasi terdapat suatu angka yang disebut koefisien determinasi, yang besarnya kuadrat dari koefisien korelasi (R). Koefisien ini disebut koefisien penentu, karena varian yang terjadi pada variabel dependen dapat dijelaskan melalui variabel yang terjadi pada variabel independen. Dengan rumus: $R^2 \times 100\%$. Uji F (Uji Serentak atau Uji Simultan), Uji F bertujuan membuktikan pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen (Sugiyono, 2007).

$$F_h = \frac{R^2 / k}{(1 - R^2) / (n - k - 1)}$$

Keterangan:

R^2 = Koefisien korelasi ganda (determin)

K = Jumlah variabel independen (bebas)

n = Jumlah sampel

Uji t digunakan untuk melihat pengaruh variabel bebas secara individu terhadap variabel terikat. Pengujian melalui uji t adalah membandingkan t_{hitung} (t_h) dengan t_{tabel} (t_t) pada derajat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$).

Rumus Uji t :

$$t = \frac{b - \beta}{s_b}$$

keterangan :

b = koefisien estimasi variabel

β = koefisien beta awal

s_b = standar deviasi

METODE

Metode penelitian yang dipakai adalah deskriptif evaluatif, yaitu metode penelitian yang mengevaluasi kondisi objektif/ apa adanya pada suatu keadaan yang menjadi obyek studi (Supriharyono,

2002). Obyek studi yang dimaksud adalah pelanggaran lalu lintas di simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta. Penelitian ini memberikan gambaran tentang keadaan kota Klaten atau fenomena secara sistematis dan akurat mengenai fakta-fakta pada saat penelitian dilakukan (masalah-masalah yang bersifat aktual).

Penelitian terhadap simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta mengupas masalah lalu lintas dengan menganalisis waktu sinyal. Dengan mengumpulkan data-data yang dibutuhkan berupa data Primer dan Sekunder, serta mengolah data-data tersebut menggunakan metode MKJI 1997. Penyusun dapat memprediksi tingkat pelayanan masa sekarang yang diberikan ruas jalan simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta. Dengan metode MKJI 1997 penyusun dapat juga merencanakan waktu sinyal yang baru yaitu waktu sinyal yang sudah ditambahkan dengan waktu khusus bagi penyeberang untuk setiap lengan pada simpang Jogja Phone Yogyakarta agar pejalan kaki mempunyai waktu untuk menyeberang serta mengetahui tingkat pelayanan baru yang didapatkan setelah adanya penambahan waktu khusus bagi penyeberang jalan.

Selanjutnya dari data yang diperoleh diolah menggunakan Statistik Inferensial berupa regresi linear untuk mengetahui pengaruh arus lalu lintas, derajat kejenuhan, dan rasio hijau, terhadap jumlah kendaraan terhenti dan tundaan di simpang tiga bersinyal Jogja Phone Yogyakarta.

PEMBAHASAN

Arus lalu lintas dari satuan mobil penumpang dari seluruh ruas jalan baik yang belok kiri, lurus, maupun yang belok kanan pada saat jam yang sama pada penelitian dijumlahkan, kemudian dicari arus lalu lintas 1 jam terpadat. Dari hasil perhitungan arus lalu lintas terpadat terjadi pukul 13.00-13.15 WIB sekitar 3565.8 smp/jam pada hari-hari biasa. Nilai ini kemudian digunakan dalam perencanaan sebagai jumlah kendaraan yang lewat setiap jam. Data arus lalu lintas terpadat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Volume Lalulintas Terpadat

Lengan Simpang	Belok Kiri (smp/jam)		Lurus (smp/jam)		Belok Kanan (smp/jam)		Jumlah (smp/jam)	
	Terlindung	Terlawan	Terlindung	Terlawan	Terlindung	Terlawan	Terlindung	Terlawan
Utara	156,2	-	-	-	299,2	-	455,4	-
Timur	356,7	-	1767,3	-	-	-	2124	-
Barat	-	-	1789	-	143,6	-	1932,6	-

Sumber : Perhitungan hasil pengamatan di lapangan.

Tabel 2. Formulir SIG IV

SIMPANG BERSINYAL Formulir SIG-IV : PENENTUAN WAKTU SINYAL KAPASITAS				Tanggal : 12, 13, 14 Oktober 2013 Kota : Yogyakarta Simpang : Jl. Jendral Sudirman-Jl. C. Simanuntak				Ditangani oleh : Ridayati Perihal : 3 Fase Periode : jam puncak pagi-sore																	
Distribusi arus lalulintas (smp/jam)				Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase															
Kode pendekat	Hijau dim fase no.	Tipe pdkt	Rasio kend berbelok						Arus RT dari	Arus RT lawan	Lebar efektif (m)	Nilai dasar smp/jam hijau	Arus jenuh smp/jam hijau						Nilai disesuaikan smp/jam hijau	Arus lalintas smp/jam	Rasio arus	Rasio fase	Waktu hijau det	Kapasitas smp/j	Derajat jenuh
			PLtoR	PLt	PLr	QLr	QLto	Wg					Ukuran kota	Hambatan samping	Kelambatan	Faktor kiri	Belok kanan	Belok kiri							
B	1	P	0,19	0,19	0,00	0	0	4,70	2820	1,0	0,93	1,0	1,0	1,05	0,97	2671,1	784,4	0,29	0,41	22	588	1,33			
T-ST2	1	P	0,00	0,00	0,00	0	0	5,90	3540	1,0	0,93	1,0	1,0	1,00	1,00	3292,2	484,5	0,15	0,21	22	724	0,67			
U	2	P	0,00	0,19	0,81	0	0	2,50	1500	1,0	0,93	1,0	1,0	1,21	0,97	1637,3	243,1	0,15	0,21	22	380	0,67			
T-RT&ST1	3	P	0,00	0,00	1,00	0	0	8,40	5040	1,0	0,93	1,0	1,0	1,26	1,00	5905,9	724,8	0,12	0,17	45	2658	0,27			
Waktu hilang total LTI (det)			18			Waktu siklus pra penyesuaian Cua (det)												IFR = $\frac{\sum FR_{ori}}{T}$			0,71				
						Waktu siklus disesuaikan C (det)												100							

Dari table diatas dapat diketahui bahwa besarnya derajat kejenuhan DS untuk masing-masing pendekat pada hari Senin tanggal pukul 12.30-13.30 WIB pada simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta sudah sangat tinggi dengan derajat kejenuhan tertinggi 1,33. Nilai ini telah melampaui angka 0,75 yang berarti kapasitas pendekat sudah tidak dapat melayani pengguna jalan dengan baik, seperti yang terjadi pada pendekat barat dan utara. Selain itu pada masing-masing pendekat simpang tersebut menurut MKJI 1997 terjadi panjang antrian dan tundaan yang besar sehingga untuk mengatasi masalah tersebut harus dilakukan beberapa penyelesaian alternatif desain.

Alternatif desain waktu hijau, dalam mengatasi besarnya panjang antrian yang cukup besar khususnya pada pendekat simpang arah barat sebesar 643,53 meter dan utara sebesar 108 meter, maka perlu dilakukan alternatif desain pada waktu hijau (g) di setiap lengan pendekat simpang. Pengaturan waktu siklus lampu lalulintas yang tepat dan disesuaikan dengan

banyaknya arus lalulintas tiap pendekat akan dapat melayani lalulintas yang ada dengan efisien, sedangkan pengaturan waktu yang tidak tepat akan menyebabkan tidak seimbanganya prosentase yang lolos selama waktu hijau. Jadi dengan pengaturan ini diharapkan dapat menempatkan kebutuhan waktu siklus sesuai dengan proporsi arus lalulintas masing-masing pendekat. Untuk perhitungan desain waktu hijau menggunakan rumus dari MKJI 1997 dengan langkah-langkah seperti di bawah ini.

Waktu hilang total (LTI) Langkah pertama menghitung waktu hilang total (LTI) terlebih dahulu waktu merah semua fase, dihitung sebagai berikut :

$$\text{Merah semua untuk fase 1} \rightarrow 2$$

$$\frac{37,10 + 5}{10} - \frac{26,40}{10} = 1,57 \approx 3 \text{ det}$$

$$\text{Merah semua untuk fase 2} \rightarrow 3$$

$$\frac{43,30 + 5}{10} - \frac{21,05}{10} = 2,725 \approx 3 \text{ det}$$

$$\text{Merah semua untuk fase 3} \rightarrow 1$$

$$\frac{37,40 + 5}{10} - \frac{16,05}{10} = 2,635 \approx 3 \text{ det}$$

Waktu kuning total (3 det/fase) =
3x3 = 9 det

Waktu hilang total (LTI) dihitung dengan rumus :

$$LTI = \sum (MERAHSEMUA + KUNING)_i = \sum IGi$$

$$LTI = (3 + 3 + 3) + 9 = 18 \text{ detik}$$

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}): Waktu siklus sebelum penyesuaian dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C_{ua} = (1,5 \times LTI + 5) / (1 - IFR)$$

$$C_{ua} = (1,5 \times 17 + 5) / (1 - 0,71) = 105,2 \text{ detik}$$

Waktu siklus (c) adalah

$$0,75 \times c_o = 0,75 \times 105,2 \text{ detik} = 78,9 \text{ detik} \approx 79 \text{ detik.}$$

$$1,5 \times c_o = 1,5 \times 105,2 \text{ detik} = 157,8 \text{ detik} \approx 158 \text{ detik.}$$

Waktu siklus (c) yang dipilih adalah 100 detik. Karena pada MKJI 1997 (hal 2-60) waktu siklus yang layak digunakan untuk pengaturan tiga-fase adalah 50-100 detik.

Waktu hijau (gi): Waktu hijau untuk masing-masing pendekatan dihitung dengan menggunakan persamaan $gi = (C_{ua} - LTI) \times PR_i$

$$gi \text{ B} = (100 - 18) \times 0,41$$

$$= 33,62 \text{ detik} \approx 35 \text{ detik}$$

$$gi \text{ U} = (100 - 18) \times 0,21$$

$$= 17,22 \text{ detik} \approx 18 \text{ detik}$$

$$gi \text{ T - RT} = (100 - 18) \times 0,14$$

$$= 11,48 \text{ dtk} \approx 12 \text{ dtk}$$

Waktu hijau yang lebih pendek dari 10 detik harus dihindari, karena dapat mengakibatkan pelanggaran lampu merah yang berlebihan dan kesulitan bagi pejalan kaki untuk menyeberang jalan. Masukkan hasil waktu hijau yang telah dibulatkan keatas tanpa pecahan.

Waktu siklus yang disesuaikan Waktu siklus yang disesuaikan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$c = \sum g + LTI$$

Keterangan :

$\sum g$ = Jumlah total waktu hijau (det)

LTI = Waktu hilang total per siklus (det)

$$c = (35 + 18 + 12) + 18 = 83 \text{ detik} \approx 100 \text{ detik}$$

Kapasitas dan derajat kejenuhan, dengan menggunakan cara penyelesaian seperti sebelumnya, sehingga akan diperoleh perubahan kapasitas dan derajat kejenuhan pada masing-masing pendekatan simpang, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Hijau, Kapasitas, dan Derajat Kejenuhan Simpang Setelah Diberikan Alternatif Desain Waktu Hijau

Kode Pendekat	Waktu Hijau g (detik)	Kapasitas C (smp/jam)	Derajat Kejenuhan DS
B	35	934,88	0,84
U	18	294,71	0,82
T - RT	12	3012,01	0,24

Sumber : Perhitungan hasil pengamatan di lapangan

Terlihat jelas bahwa besarnya derajat kejenuhan pada pendekat barat, utara dan timur -RT besarnya masing-masing adalah sebesar 0,84, 0,82, 0,24. Sedangkan syarat menurut MKJI 1997 besarnya derajat kejenuhan pada ruas simpang adalah sebesar 0,75.

Perilaku lalu lintas: pada analisis ini kondisi waktu hijau pada masing-masing pendekatan sudah mengalami perubahan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Setelah diberikan alternatif desain waktu hijau pada masing-masing pendekatan, dari Tabel 4 di atas dapat

diketahui bahwa terjadi penurunan panjang antrian yang cukup, khususnya pada pendekat Barat. Setelah diberikan alternatif ini dicapai hasil perhitungan untuk kendaraan henti rerata sebesar 0,22 stop/smp dan tundaan simpang rerata 13,38 detik. Sehingga dari tundaan simpang rerata tersebut dapat didefinisikan tingkat pelayanannya B. Dari hasil data di atas dapat disimpulkan bahwa dengan diberikan alternatif desain waktu hijau pada simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta sudah mengalami peningkatan pelayanan yang baik, sehingga dapat melayani pengguna jalan dengan

baik, dibandingkan dengan alternatif desain lainnya karena lebih ekonomis dan tidak membutuhkan biaya yang

begitu besar. Hasil perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4. Panjang Antrian Setelah Diberikan Alternatif Desain Waktu Hijau

Kode Pendekat	NQ_1	NQ_2	Total NQ	NQ_{MAX}	Panjang Antrian(m)
B	1,48	19,68	21,16	31	131,9
U	1,43	5,73	7,16	13,2	105,6
T - RT	0,9	18,16	19,06	28,5	67,86

Sumber : Perhitungan hasil pengamatan di lapangan

Tabel 5. Perbandingan Nilai Hijau, Kapasitas, Derajat Kejenuhan Simpang, dan Panjang Antrian Setelah Diberikan Alternatif Desain Waktu Hijau

Kode Pendekat	Waktu Hijau g (detik)		Kapasitas C (smp/jam)		Derajat Kejenuhan DS		Panjang Antrian (m)	
	Sblm	Ssdh	Sblm	Ssdh	Sblm	Ssdh	Sblm	Ssdh
B	22	35	588	934,88	1,33	0,84	643,53	131,9
U	22	18	360	294,71	0,67	0,82	17,27	105,6
T-RT	18	12	1063,2	1204,8	0,11	0,24	23,81	27,14

Sumber : Perhitungan hasil pengamatan di lapangan

Setelah diberikan alternatif ini dicapai hasil perhitungan untuk kendaraan henti merata dan tundaan simpang merata. Sehingga dari tundaan simpang merata tersebut dapat didefinisikan tingkat pelayanannya, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan kendaraan henti merata, tundaan simpang merata dan tingkat pelayanan.

Perbandingan	Kendaraan Henti Rerata (NSTOT) (stop/smp)	Tundaan Simpang Rerata(D1) (detik)	Tingkat Pelayanan
Sebelum	2,09	233,19	F
Sesudah	0,22	13,38	B

Sumber : Perhitungan hasil pengamatan dilapangan

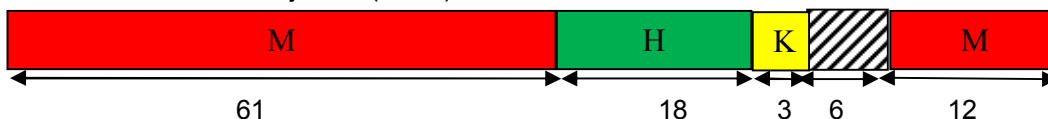
Lama waktu untuk setiap ruas jalan pada persimpangan di lapangan setelah adanya alternatif desain waktu

hijau ditunjukkan dengan diagram, yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Fase 1 : Jalan Jendral Sudirman (Barat)



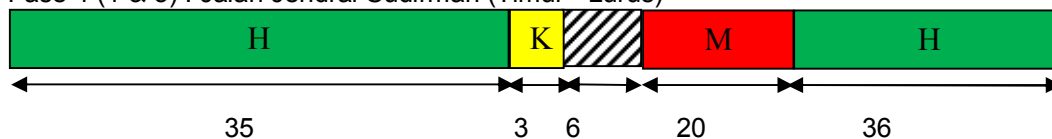
Fase 2 : Jalan C. Simanjuntak (Utara)



Fase 3 : Jalan Jendral Sudirman (Timur Belok - Kanan)



Fase 4 (1 & 3) : Jalan Jendral Sudirman (Timur - Lurus)



Keterangan :

M = Merah H = Hijau K = Kuning / / / / = All Red

Gambar 1. Diagram Siklus Waktu Lampu Lalulintas Setelah Adanya Alternatif Desain Waktu Hijau

Pengaruh arus lalu lintas, kapasitas jalan dan derajat kejenuhan serta rasio hijau terhadap panjang antrean. Uji Koefisien Regresi Secara Simultan (Uji F) Pengaruh arus lalu

lintas, kapasitas jalan dan derajat kejenuhan serta rasio hijau terhadap panjang antrean menggunakan SPSS 15 diperoleh hasil seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh arus lalu lintas, kapasitas jalan dan derajat kejenuhan serta rasio hijau terhadap panjang antrean ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	283054,426	4	70763,606	67,289	,015(a)
	Residual	2103,267	2	1051,634		
	Total	285157,693	6			

a Predictors: (Constant), rasio hijau, derajat kejenuhan, arus lalulintas, kapasitas
b Dependent Variable: Panjang Antrean

Dengan mengambil tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dan hipotesis sebagai berikut,

Ho : Tidak ada pengaruh secara signifikan antara rasio hijau, derajat kejenuhan, arus lalulintas, kapasitas jalan secara bersama-sama terhadap jumlah panjang antrean.

Ha : Ada pengaruh secara signifikan antara rasio hijau, derajat kejenuhan, arus lalulintas, kapasitas jalan secara bersama-

sama terhadap jumlah panjang antrean.

Keterangan:

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($67,289 > 19,2468$), maka H_0 ditolak, artinya Ada pengaruh secara signifikan antara rasio hijau, derajat kejenuhan, arus lalulintas, kapasitas jalan secara bersama-sama terhadap jumlah panjang antrean. Sedangkan untuk uji Koefisien Regresi Secara Parsial (Uji t), diperoleh output sebagai berikut:

Tabel 8. Pengaruh arus lalu lintas, kapasitas jalan dan derajat kejenuhan serta rasio hijau terhadap panjang antrean secara parsial Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-747,017	86,390		-8,647	,013
	arus lalulintas	-,273	,137	-,307	-1,993	,184
	kapasitas	,266	,045	1,374	5,903	,028
	derajat kejenuhan	1082,694	112,797	1,869	9,599	,011
	rasio hijau	-1,422	142,969	-,001	-,010	,993

a Dependent Variable: Panjang Antrean

Pengujian koefisien regresi variabel arus lalu lintas, dengan mengambil

tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ dan hipotesis sebagai berikut

Ho: Secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara arus lalu lintas dengan Panjang antrean.

Ha: Secara parsial ada pengaruh signifikan antara arus lalu lintas dengan Panjang antrean

Keterangan:

Oleh karena nilai $-t$ tabel $< t$ hitung $< t$ table $(-6,2053 < -1,993 < 6,2053)$ maka H_0 diterima, artinya Secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara arus lalu lintas dengan Panjang antrean

Dengan cara yang sama di peroleh bahwa secara parsial ada pengaruh signifikan antara kapasitas jalan dengan Panjang antrean. Demikian juga untuk derajat kejenuhan, artinya Secara parsial ada pengaruh signifikan antara derajat kejenuhan dengan Panjang antrean. Hal ini dikarenakan nilai signifikansi $< 0,05$. Berbeda dengan Rasio hijau, Secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara rasio hijau dengan Panjang antrean. Hal ini dikarenakan nilai signifikansi $> 0,05$

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis tingkat pelayanan terhadap arus lalu lintas pada simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta, dapat diambil kesimpulan bahwa Tingkat pelayanan pada simpang tiga Jogja Phone Yogyakarta pada masa sekarang sangat rendah yaitu kategori F dengan tundaan 233,19 detik/smp. Hal ini disebabkan kapasitas jalan sudah tidak sesuai dengan arus lalu lintasnya, terutama pada lengan Barat. Sehingga perlu dicari solusi yaitu pengaturan waktu siklus lampu lalu lintas. Setelah dilakukan pengaturan kembali waktu siklus lalu lintas, diperoleh tingkat pelayanan B dengan tundaan 13,38 detik/smp. Hasil pengaturan waktu hijau diperoleh untuk pendekat Barat, Utara dan Timur masing-masing sebesar 35 detik, 18 detik dan 12 detik.

Dari hasil analisis menggunakan SPSS 15 diketahui bahwa ada pengaruh

secara signifikan antara rasio hijau, derajat kejenuhan, arus lalu lintas, kapasitas jalan secara bersama-sama terhadap jumlah panjang antrean. Secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara arus lalu lintas dengan Panjang antrean. Secara parsial ada pengaruh signifikan antara kapasitas jalan dengan Panjang antrean. Demikian juga untuk derajat kejenuhan, artinya Secara parsial ada pengaruh signifikan antara derajat kejenuhan dengan Panjang antrean. Berbeda dengan Rasio hijau, Secara parsial tidak ada pengaruh signifikan antara rasio hijau dengan Panjang antrean.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1994, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jendral Bina Marga, 1994, Departemen Pekerjaan Umum
- Anonim, 1994, *Highway Capacity Manual, Special report 209, Third Edition*, National Research Council, Washington DC
- Anonim, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum.
- Hoobs, F.D., 1995, *Perencanaan dan teknik lalu lintas*, Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Morlok, E.K, 1991, *Pengantar Teknik dan Perencanaan Teknik Transportasi*, Erlangga, Jakarta
- Malkamah. S, 1994, *Survei Lampu Lalu lintas dan Pengantar Manajemen Lalu lintas*, KMTS FT UGM, Yogyakarta
- Oglesby, C.H. dan Hicks, R.G., 1982, *Teknik Jalan Raya, Edisi keempat jilid satu*, Erlangga, Jakarta
- Sugiyono, 2012. *Metode Penelitian Bisnis*. Bandung : Alfabeta
- Sugiyono. 2013. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung : Alfabeta

PENGUJIAN TEGANGAN TEMBUS PADA ISOLASI RUBBER DALAM RENDAMAN MINYAK

Slamet Hani¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 15 April 2016, revisi masuk : 21 Mei 2016, diterima: 17 Juni 2016

ABSTRACT

Insulation materials used to secure the power lines must be guaranteed in advance to endure, and perform as expected. Insulation materials fatal failure in the operation of electric power, as it will cause the cessation of service. Those problems be a very interesting experiment, in this study will be carried out tests on the insulation tape made from rubber. Tests will be carried out in open air conditions and immersed in transformer oil. The testing focused on aspects of the thickness of the specimen. After testing that the test results of high voltage states, in the open air breakdown voltage greater because of the thickness affects the breakdown voltage. And when soaked breakdown voltage value decreases due to the ugly rubber chemical properties of oil resistance and solvent resistance. Insulating tape Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape 3M production has a breakdown voltage of 22 888 V in the open air with a thickness of 0.762 mm and 25 833 V transformer oil in a bath with a thickness of 0.762 mm for 20 minutes immersion.

Keywords: testing, isolation, breakdown voltage

INTISARI

Bahan isolasi yang akan digunakan untuk menahan tegangan listrik terlebih dahulu harus diketahui besar tegangan yang mampu ditahannya, agar dalam tugasnya menahan tegangan tidak mengalami kegagalan. Kegagalan bahan isolasi berakibat fatal dalam operasi tenaga listrik, karena akan menyebabkan terhentinya pelayanan. Permasalahan tersebut sangat menarik untuk dijadikan eksperimen, yang dalam penelitian ini khusus pada isolasi pita yang berbahan karet. Pengujian akan dilakukan pada kondisi udara terbuka dan direndam pada minyak transformator. Pengujian tersebut difokuskan pada aspek ketebalan benda uji. Setelah dilakukan pengujian tegangan tinggi ternyata, pada udara terbuka tegangan tembus semakin besar sesuai ketebalan untuk mengatasi tegangan tembus tersebut. Dan saat direndam nilai tegangan tembus menurun karena sifat kimia karet jelek terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Isolasi pita Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape produksi 3M memiliki tegangan tembus sebesar 22.888 V di udara terbuka dengan ketebalan 0,762 mm dan 25.833 V dalam rendaman minyak transformator dengan ketebalan 0,762 mm selama 20 menit rendaman.

Kata Kunci : pengujian, isolasi, tegangan tembus

PENDAHULUAN.

Penyediaan energi listrik pada konsumen melibatkan sistem tenaga listrik dari pembangkit, transmisi, distribusi, dan pusat-pusat beban. Dalam penyaluran tenaga listrik dari pembangkit ke konsumen tersebut sarana yang digunakan adalah kabel listrik sebagai penghantar daya. Secara umum kabel

daya listrik terbagi menjadi dua yaitu kabel berisolasi dan kabel tanpa isolasi.

Kabel yang berisolasi terdiri dari penghantar, lapisan isolasi (*insulation*), *screen*, dan *protective sheaf*. Isolasi kabel berfungsi untuk memisahkan antar dua penghantar bertegangan dan kawat netral/tidak bertegangan. Karena fungsi yang penting inilah, maka isolasi kabel menjadi perhatian yang cukup serius

sehingga isolasi pada kabel mampu menaham pembebanan medan listrik dan mampu membawa daya baik dalam keadaan kontinyu ataupun keadaan hubungan singkat.

Isolasi padat pada isolasi kabel dikelompokkan menjadi isolasi kertas dan isolasi sintesis/polimer. Isolasi sintesis terdiri atas *thermoplastik* seperti *polyethylene*, *polyvinil chlorida (PVC)*, dan *elestomer* (karet buatan) yang terdiri dari *Conducting Rubber*, *Natural Rubber*, *Styrene Butadiene Rubber*, dan *Nitrile Butadiene Rubber*.

Dalam keadaan tertentu isolasi harus dikelupas dari kabel listriknya untuk tujuan tertentu misalnya penyambungan kabel, pada ujung-ujung kabel. Sebagai pengganti dari isolasi kabel ini biasanya digunakan isolasi pita untuk menutup penghantar yang terbuka tersebut.

Peluhan parsial (*partial discharge*) adalah peristiwa pelepasan/loncatan bunga api listrik yang terjadi pada suatu bagian isolasi (pada rongga dalam atau pada permukaan) sebagai akibat adanya beda potensial yang tinggi dalam isolasi tersebut. Peluahan parsial dapat terjadi pada bahan isolasi padat, bahan isolasi cair maupun bahan isolasi gas. Mekanisme kegagalan pada bahan isolasi padat meliputi kegagalan asasi (intrinsik), elektro mekanik, *streamer*, thermal dan kegagalan erosi. Kegagalan pada bahan isolasi cair disebabkan oleh adanya kavitasi, adanya butiran pada zat cair dan tercampurnya bahan isolasi cair. Pada bahan isolasi gas mekanisme *townsend* dan mekanisme *streamer* merupakan penyebab kegagalan. Dari uraian di atas menunjukkan bahwa kegagalan isolasi ini berkaitan dengan adanya peluahan parsial (Abdul Syamsir, 2003).

Pengukuran peluahan parsial pada peralatan tegangan tinggi merupakan hal yang sangat penting karena dari data yang diperoleh dan interpretasinya dapat ditentukan reabilitasi suatu peralatan yang disebabkan oleh penuaan (*agging*) dan resiko kegagalan dapat dianalisis. Spesifikasi pengujian *partial discharge* tergantung pada tipe peralatan tes dan bahan isolasi yang

digunakan pada proses konstruksi suatu peralatan. Adanya *partial discharge* di dalam bahan isolasi dapat ditentukan dengan tiga metode yaitu: dengan pengukuran tegangan pada objek, dengan pengukuran arus di dalam rangkaian luar dan mengukur intensitas radiasi gelombang elektromagnetik yang disebabkan karena adanya peluahan parsial.

Kegagalan isolasi (*insulation breakdown, insulation failure*) disebabkan karena beberapa hal antara lain isolasi tersebut sudah lama dipakai, berkurangnya kekuatan dielektrik dan karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih. Pada prinsipnya tegangan pada isolator merupakan suatu tarikan atau tekanan (*stress*) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolator itu sendiri agar isolator tidak gagal. Dalam struktur molekul material isolasi, elektron-elektron terikat erat pada molekulnya, dan ikatan ini mengadakan perlawanan terhadap tekanan yang disebabkan oleh tegangan. Bila ikatan ini putus pada suatu tempat maka sifat isolasi pada tempat itu hilang. Bila pada bahan isolasi tersebut diberikan tegangan akan terjadi perpindahan elektron-elektron dari suatu molekul ke molekul lainnya sehingga timbul arus konduksi atau arus bocor. Karakteristik isolator akan berubah bila material tersebut termasuk suatu ketidakmurnian (*impurity*) seperti adanya arang atau kelembaban dalam isolasi yang dapat menurunkan tegangan gagal (Ariawan, Putu Rusdi, 2010).

Bahan isolasi digunakan untuk memisahkan bagian-bagian bertegangan atau bagian-bagian yang aktif. Untuk itu sifat kelistrikannya memegang peran yang sangat penting, namun demikian sifat mekanis, sifat thermal, ketahanan terhadap bahan kimia serta sifat lainnya perlu diperhatikan (Muhaimin, 1999). Maksud pengujian isolasi adalah untuk mengetahui kinerja isolasi, supaya kegagalan dalam operasi dapat dihindarkan sebelumnya (Artono Arismunandar, 1983).

Isolator listrik adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat

pada atom-atomnya. Bahan-bahan ini dipergunakan dalam alat-alat elektronika sebagai isolator, atau penghambat mengalirnya arus listrik. Isolator berguna pula sebagai penopang beban atau pemisah antara konduktor tanpa membuat adanya arus mengalir ke luar atau antara konduktor. Istilah ini juga dipergunakan untuk menamai alat yang digunakan untuk menyangga kabel transmisi listrik pada tiang listrik.

Beberapa bahan, seperti kaca, kertas, atau teflon merupakan bahan isolator yang sangat bagus. Beberapa bahan sintesis masih "cukup bagus" dipergunakan sebagai isolator kabel. Contohnya plastik atau karet. Bahan-bahan ini dipilih sebagai isolator kabel karena lebih mudah dibentuk/diproses sementara masih bisa menyumbat aliran listrik pada voltase menengah (ratusan, mungkin ribuan volt).

Mekanisme *Flashover* Pada Isolasi Padat, kegagalan isolasi adalah kondisi dimana suatu isolator tidak dapat berfungsi sebagai isolasi karena tidak mampu menanggung tegangan yang ditahannya. Pada isolasi padat, terjadinya kegagalan dapat dibedakan dalam 2 kategori yaitu: kegagalan tembus (*breakdown voltage*) dan kegagalan pada permukaan isolator (*flashover*). Kegagalan berupa tembus berkaitan dengan adanya rongga udara pada isolator yang menyebabkan *partial discharge*, rongga udara ini muncul ketika ada udara yang terjadi saat pembuatan isolator tersebut. Berbeda dengan kegagalan tembus, kegagalan *flashover* biasanya ditandai dengan adanya loncatan busur api dari kedua elektroda yang mengapit isolator tersebut. Munculnya busur api dipengaruhi oleh lingkungan disekitar isolator dan kondisi permukaan isolator. Adanya pengaruh lingkungan disekitar isolator yang berbeda-beda membuat setiap perhitungan tegangan gagal memerlukan suatu faktor koreksi untuk mendapatkan hasil tegangan gagal standarnya. Untuk mendapatkan tegangan gagal standar maka dilakukan suatu koreksi dengan menggunakan suhu udara, tekanan udara, dan kelembaban udara ketika tegangan gagal tersebut terjadi.

Nilai tegangan gagal standar dengan faktor koreksi suhu udara dan tekanan udara diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$V_s = \frac{V_b}{\delta} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

V_s :Tegangan gagal standar (V)

V_b :Tegangan gagal yang diukur pada kondisi sebenarnya (V)

δ : Faktor koreksi suhu udara dan tekanan udara

Faktor koreksi suhu udara dan tekanan udara memiliki persamaan sebagai berikut:

$$\delta = \frac{b_B}{760} X \frac{273 + 20}{273 + t_B} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

b_B : Tekanan udara saat pengujian (mBar)

t_B : Suhu udara saat pengujian (°C)

METODE

Bahan yang akan di uji berupa isolasi pita (*tape insulation*) yang beredar dipasaran yaitu: *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* produksi 3M dengan bahan utama *rubber*. Ukuran disesuaikan dengan produk yaitu: 19mm x 9,1m x 0,762mm.

Alat yang digunakan untuk pengujian, satu set pembangkit tegangan AC, untuk menghasilkan tegangan tinggi AC yang diperlukan untuk pengujian ketahanan isolasi bahan dalam menerima tegangan. Alat ini terdiri dari:

Satu set pembangkit tegangan tinggi AC, untuk menghasilkan tegangan tinggi AC yang diperlukan untuk menguji bahan isolator. Alat ini terdiri dari :
 Transformator penaik tegangan dengan kapasitas, Tegangan primer: 100/200V, Tegangan sekunder: 25 kV dan 50 kV, Kapasitas : 5 kVA, Frekuensi : 50 Hz.

Peralatan pengukuran, tipe D205 (52) "*High Voltage Testing Device*", ex Jepang. Dengan spesifikasi alat yaitu: Kapasitas: 5 kVA, Tegangan masuk impuls: 200 kV, Resistor (50 kΩ), di-

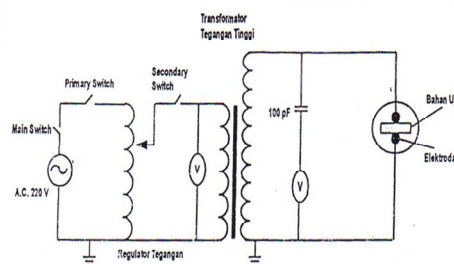
gunakan untuk melindungi transformator dari arus yang besar saat terjadi tegangan gagal.

Alat penguji (*Sphere Gap*), untuk menguji bahan terhadap kemampuannya menahan tegangan AC. Pada alat penguji menggunakan 2 elektroda (*Changing Electrode*) jenis batang dengan luas penampangnya 1,25 cm². Elektroda tersebut berfungsi untuk menjepit dan menghantarkan tegangan tinggi ke bahan yang akan di uji.

Alat pengukur tegangan gagal yang diatur oleh *Sliding voltage regulator (SVR)*, dimana SVR tersebut dinaikkan hingga mendapatkan nilai tegangan gagal minyak yang ditunjukkan oleh *break down voltage* dimana dalam hitungan kV. Dalam pengujiannya dilakukan sebanyak 3 kali pengujian. Pada pengujian tegangan tembus ini, terhadap bahan diberikan tegangan yang berupa tegangan tinggi AC frekuensi rendah (50 Hz). Peralatan diatas dibuat oleh Yokyo Transformator Co.LTD Jepang. Pengujian kuat dielektrik dilakukan dengan mengacu pada standar pengujian *American Society For Testing and Material (ASTM) D149-87* yang merupakan standar pengujian guna menentukan gagal bahan dielektrik melalui ketebalan bahan tersebut (*puncture*) dan juga tegangan gagal dielektrik sepanjang antarmuka (*interface*) antara bahan uji padat dan dengan media gas atau cairan disekelilingnya (*flashover*). Inti dari pengujian ini ialah meningkatkan tegangan yang diterapkan pada isolasi pita dari nol atau dari tingkat tertentu hingga mencapai tingkat tegangan yang menghasilkan kegagalan dielektrik bahan tersebut.

Dalam pengujian ini isolasi pita dibuat dengan ukuran yang cukup luas. Karena keterbatasan ukuran isolasi pita (dengan lebar 19mm), maka untuk mendapatkan ukuran yang dikehendaki ditempuh dengan cara menumpuk antar isolasi pita satu dengan yang lainnya pada setengah lebarnya. Untuk satu benda uji satu lapis dengan ukuran 7cm x 5,7cm x 0,762mm, dua lapis 7cm x 5,7cm x 1,524mm, tiga lapis 7cm x 5,7cm x 2,286mm. Masing-masing dibuat tiga benda uji.

Metode pengujian waktu singkat (*Short Time Test*) yaitu menerapkan pada elektroda pengujian dari nol sampai dengan tegangan tembusnya dalam rentang waktu 10 - 20 detik. Besarnya kecepatan kenaikan tegangan harus disesuaikan dengan persyaratan tersebut, sehingga sebelum dilakukan pengambilan data dilakukan pemilihan kecepatan perubahan tegangan dengan melakukan pengujian awal sehingga diketahui kecepatan perubahan tegangan yang menghasilkan dielektrik dalam waktu tidak kurang dari 10 detik dan tidak lebih dari 20 detik. Kecepatan kenaikan tegangan dalam penelitian ini sebesar 1,5 kV/detik. Rangkaian yang digunakan dalam pengujian ini adalah rangkaian bolak balik seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian pengujian isolasi pita

PEMBAHASAN

Pada Kelembaban udara: 56 %, Tekanan udara: 985 mBar dan suhu udara: 28°C maka hasil pengujian dapat di tunjukkan pada Tabel 1, sedangkan rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara dengan perekat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tegangan dadal standart pada temperatur 28°C dan tekanan 985 mBar. Untuk pengukuran pada suhu dan tekanan udara yang lain diberikan faktor koreksi δ (δ = intensitas udara) yang dapat dihitung sesuai dengan rumus:

$$\delta = \frac{b_B}{760} \times \frac{273 + 20}{273 + t_B}$$

Tegangan dadal standart dengan faktor koreksi δ dapat diperoleh dengan rumus:

$$V_S = \frac{V_b}{\delta}$$

Hasil perhitungan rata-rata tegangan tembus isolasi pita diudara

berdasarkan bersamaan diatas dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Selanjutnya dengan menggunakan nilai rata-rata dilakukan analisis regresi dengan menggunakan tebal bahan uji sebagai variabel bebasnya (nilai pada sumbu X), dan nilai variabel tak bebasnya (nilai pada sumbu Y) adalah rata-rata tegangan tembus isolasi pita

Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape 3M. Persamaan garis regresi yang diperoleh adalah $Y = 6666x + 16.222$, dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,908 atau 90,8%. Menggunakan persamaan regresi yang diberikan dapat diperoleh nilai-nilai tegangan tembus yang dapat ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan tembus isolasi pita di udara dengan perekat.

Pengujian	Tebal bahan		
	1 lapis	2 lapis	3 lapis
Tegangan tembus (V)	23.000	32.000	34.000
Uji 1 Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762mm	7cmx1,524mm	7cmx2,286mm
Tegangan tembus (V)	22.000	31.000	36.000
Uji 2 Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762mm	7cmx1,524mm	7cmx2,286mm
Tegangan tembus (V)	20.000	33.000	35.000
Uji 3 Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762mm	7cmx1,524mm	7cmx2,286mm

Tabel 2. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara dengan perekat

Tebal bahan	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	21.666,67
2 lapis	32.000
3 lapis	35.000

Tabel 3.. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara berdasarkan rumus.

Tebal bahan	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	17.168,52
2 lapis	25.356,58
3 lapis	27.733,76

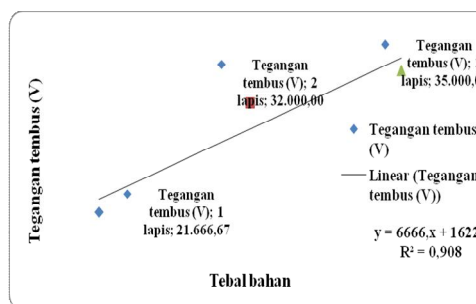
Tabel 4. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita di udara berdasarkan persamaan regresi.

Tebal bahan	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	22.888
2 lapis	29.554
3 lapis	36.220

Ditinjau dari persamaan regresi yang dihasilkan atas pengolahan data pengujian dapat dinyatakan bahwa ketebalan bahan uji memberikan kenaikan tegangan tembus isolasi pita Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M. Koefisien determinasi yang didapat sebesar 90,8% menunjukkan bahwa

ketebalan bahan uji akan memberikan sumbangan sebesar 90,8% terhadap perubahan nilai tegangan tembus isolasi Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M.

Dari pengujian diatas dapat diketahui bahwa semakin banyak lapisan yang dipakai isolasi pita (*tape insulation*) akan semakin besar tegangan tembus yang terjadi pada isolasi pita ini berarti ketebalan bahan uji dapat mempengaruhi besarnya nilai tegangan tembusnya. Jadi dalam penggunaannya sehari-hari atau dalam lapangan isolasi pita (*tape insulation*) dapat disesuaikan dengan menambah lapisannya untuk memperbesar tegangan tembusnya atau memper kecil kuat dielektriknya.



Gambar 3. Kurva regresi pengujian isolasi pita di udara

Dari analisa diatas dapat dituliskan perbandingan dari nilai tegangan tembus isolasi pita Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M

sebagai berikut: Tegangan tembus hasil pengujian: 21.666,67V, Tegangan tembus standar pabrik: 17.145V, Tegangan tembus standar dengan rumus: 17.168,52 Tegangan tembus dengan persamaan regresi: 22.888 V

PEMBAHASAN

Hasil pengujian isolasi pita dalam rendaman minyak transformator, dimaksudkan untuk mengetahui apakah tegangan tembus isolasi pita setelah direndam dalam minyak transformator dengan waktu yang berbeda yaitu 20 menit, 40 menit, dan 60 menit.

Pada Kelembaban udara: 56 %, Tekanan udara: 985 mBar dan Suhu udara : 28 °C maka hasil pengujian dapat di tunjukkan tabel 5. Dan rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator ditunjukkan Tabel 6.

Tegangan dadal standart pada temperatur 28°C dan tekanan 985 mBar. Untuk pengukuran pada suhu dan tekanan udara yang lain diberikan faktor koreksi δ (δ = intensitas udara) yang dapat dihitung sesuai dengan persamaan diatas ditunjukkan Tabel 7.

Tabel 5. Hasil pengujian tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator.

Tebal bahan	Uji	Pengujian	Lama rendaman		
			20 menit	40 menit	60 menit
1 lapis	Uji 1	Tegangan tembus (V)	27.000	26.000	25.000
		Ukuran (cm x mm)	7cmx0,762	7x0,762	7x0,762
		Tegangan tembus (V)	24.000	24.000	25.000
	Uji 2	Ukuran (cm x mm)	7x0,762	7x0,762	7x0,762
		Tegangan tembus (V)	33.000	32.000	32.000
		Ukuran (cm x mm)	7x1,524	7x1,524	7x1,524
2 lapis	Uji 1	Tegangan tembus (V)	34.000	34.000	33.000
		Ukuran (cm x mm)	7x1,524	7x1,524	7x1,524
		Tegangan tembus (V)	38.000	36.000	34.000
	Uji 2	Ukuran (cm x mm)	7x2,286	7x2,286	7x2,286
		Tegangan tembus (V)	37.000	38.000	36.000
		Ukuran (cm x mm)	7x2,286	7x2,286	7x2,286
3 lapis	Uji 2	Tegangan tembus (V)	37.000	38.000	36.000
		Ukuran (cm x mm)	7x2,286	7x2,286	7x2,286

Tabel 6. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator.

Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	25.500
	40 menit	25.000
	60 menit	25.000
2 lapis	20 menit	35.500
	40 menit	33.000
	60 menit	32.500
3 lapis	20 menit	37.500
	40 menit	37.000
	60 menit	35.000

Dengan menggunakan nilai rata-rata pada tabel diatas dilakukan analisis regresi dengan menggunakan tebal

bahan uji sebagai variabel bebasnya (nilai pada sumbu X), dan nilai variabel tak bebasnya (nilai pada sumbu Y) adalah rata-rata tegangan tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* 3M, dengan waktu rendaman 60 menit.

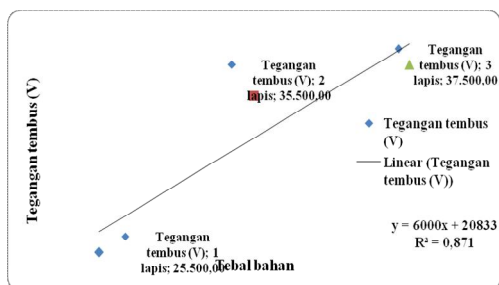
Persamaan garis regresi diperoleh adalah untuk waktu rendaman 20 menit: dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,871 atau 87,1%, untuk waktu rendaman 40 menit: dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,964 atau 96,4%, dan untuk waktu rendaman 60 menit: dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,923 atau 92,3%. Menggunakan persamaan regresi yang diberikan dapat diperoleh nilai-nilai tegangan tembus ditunjukkan Tabel 8.

Tabel 6. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator.

Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	25.500
	40 menit	25.000
	60 menit	25.000
2 lapis	20 menit	35.500
	40 menit	33.000
3 lapis	20 menit	37.500
	40 menit	37.000
	60 menit	35.000

Tabel 7. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator berdasarkan rumus.

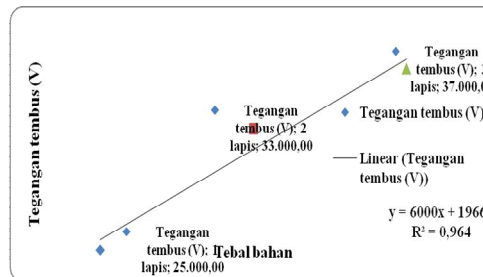
Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	20.206,02
	40 menit	19.809,83
	60 menit	19.809,83
2 lapis	20 menit	28.129,95
	40 menit	26.148,97
3 lapis	20 menit	25.752,77
	40 menit	29.714,74
	60 menit	27.733,76



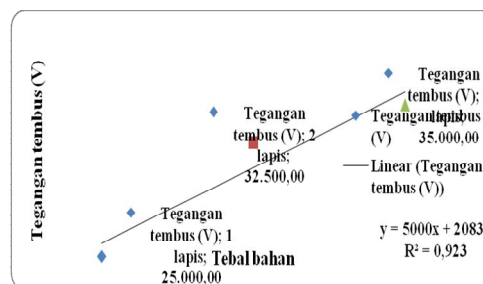
Gambar 4. Kurva regresi pengujian isolasi pita dalam minyak trafo dengan waktu rendaman 20 menit

Ditinjau dari persamaan regresi yang dihasilkan atas pengolahan data pengujian dapat dinyatakan bahwa dengan bertambahnya waktu rendaman memberikan penurunan tegangan tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* dari 3M. Koefisien determinasi yang didapat sebesar 20

menit: 87,1%, 40 menit: 96,4%, dan untuk 60 menit: 92,3%.



Gambar 5. Kurva regresi pengujian isolasi pita dalam minyak trafo dengan waktu rendaman 40 menit



Gambar 6. Kurva regresi pengujian isolasi pita dalam minyak trafo dengan waktu rendaman 60 menit

Tabel 8. Rata-rata tegangan tembus isolasi pita dalam rendaman minyak transformator berdasarkan persamaan regresi.

Tebal bahan	Lama rendaman	Rata-rata tegangan tembus (V)
1 lapis	20 menit	26.833
	40 menit	25.667
	60 menit	25.833
2 lapis	20 menit	32.833
	40 menit	31.667
3 lapis	20 menit	30.833
	40 menit	38.833
	60 menit	35.833

Hasil tersebut menunjukkan bahwa lamanya waktu rendaman akan memberikan pengaruh sebesar 87,1% (20 menit), 96,4% (40 menit), 92,3% (60 menit) terhadap perubahan nilai tegangan tembus isolasi pita *Scotch™*

130C Linerless Rubber Splicing Tape dari 3M.

Sifat kimia *rubber* yang tahan terhadap minyak ini berpengaruh pada tegangan tembus yang terjadi. Pembengkakan yang terjadi pada *rubber* akan menambah volume pada *rubber* yang terisi bahan pelarut (minyak) yang memiliki tegangan tembus yang lebih rendah dari tegangan tembus *rubber*. Adanya bahan pelarut yang mengisi dalam *rubber* akan menurunkan nilai tegangan tembus *rubber* tersebut. Hasil dari pengujian menyatakan bahwa semakin lama waktu rendaman, mengakibatkan menurunnya tegangan tembus pada isolasi pita tersebut.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan berikut.

Isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* produksi 3M memiliki tegangan tembus sebesar 22.888 V di udara terbuka dengan ketebalan 0,762 mm dan 25.833 V dalam rendaman minyak transformator dengan ketebalan 0,762 mm selama 20 menit rendaman.

Hasil perbandingan nilai tegangan tembus isolasi pita *Scotch™ 130C Linerless Rubber Splicing Tape* dari 3M sebagai berikut: Tegangan tembus hasil pengujian: 21.666,67 V, Tegangan tem-

bus standar pabrik: 17.145 V, Tegangan tembus standar dengan rumus: 17.168,52V, Tegangan tembus dengan persamaan regresi: 22.888 V.

Lama rendaman juga mempengaruhi semakin lama isolasi pita direndam dalam minyak transformator maka semakin turun tegangan tembusnya yang berarti sifat kimia isolasi pita yang berbahan *rubber* jelek jika direndam dalam minyak.

Isolasi pita memiliki kekenyalan yang baik, kekuatan tarik yang tinggi, tetapi rendah transisi gelasnya (Tg kurang lebih 75°C). Karet alam memiliki sifat antara lain dapat digunakan sampai temperatur 90°C paling tinggi, melunak pada 130°C dan mengurai pada kira-kira 200°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Syamsir, "Teori Kegagalan Isolasi", 2003, Universitas Trisakti.
- Ariawan Putu Rusdi, 2010, "Analisis Kegagalan Minyak Transformator Universitas Udayana Denpasar.
- Arismunandar, Artono, 1994, *Teknik Tegangan Tinggi*, Jakarta, cetakan ketujuh, PT. Pradnya Paramita.
- Malik, N.H., Al-Arainy, A.A., and Quereshi, M.I., 1995, "Electrical Insulation in Power System", New York, Marcell Decker, Inc.
- Muhaimin, 1999, "Bahan-Bahan Listrik", Jakarta, Pradnya Paramita.

PENGARUH MASSA KATALIS ZEOLIT ALAM PADA PROSES PIROLISIS LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE)*

Stephanus Danny Kurniawan¹, Harwin Saptoadi²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, IST AKPRIND Yogyakarta

²Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM Yogyakarta

Masuk: 17 Maret 2016, revisi masuk : 21 Maret 2016, diterima: 4 Juni 2016

ABSTRACT

Plastic wastes have considerable potential to be converted into alternative fuels through pyrolysis process and reduce negative impacts on the environment pollution. Plastic pyrolysis process carried out to obtain hydrocarbon compounds that can be used as fuel and increase the economic value of the plastic wastes. The raw material used is Low Density Polyethylene (LDPE). This study was conducted to determine the effect of variations in the mass of catalyst on the characteristics and applications of waste plastics pyrolysis oil (WPO). The reactor used was a batch-type fixed with a temperature of 450°C, nitrogen flow rate of 0.8 l/min, which feedstock used is 2000gr and natural zeolite as a catalyst. The use of mass variation of Catalyst Feedstock Ratio (CFR) are 0.05, 0.10 and 0.15. The results showed that the increasing use of the mass of catalyst have an effect in decreasing of liquid products. Most liquid products obtained in the use of 100g catalyst, with a percentage of 56.75%wt liquid products, 38.60%wt gas products and 4.65%wt solid products. The results of the characteristics and properties testing of plastics pyrolysis oils include specific gravity, kinematic viscosity, flash point, pour point, cloud point, water content, ash content, carbon number distribution and PONA analysis showed that the pyrolysis oil has similarities with kerosene and diesel oil as well can be developed as an alternative fuels.

Keywords : *Pyrolysis, LDPE plastic waste, catalyst, natural zeolite, alternative fuels.*

INTISARI

Limbah plastik memiliki potensi yang cukup besar untuk dikonversi menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis dan dapat mengurangi dampak negatif terhadap pencemaran lingkungan. Proses pirolisis plastik dilakukan untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan meningkatkan nilai ekonomis dari limbah plastik tersebut. Limbah plastik yang digunakan adalah *Low Density Polyethylene (LDPE)*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi massa katalis terhadap karakteristik dan aplikasi dari minyak pirolisis plastik (WPO). Reaktor yang digunakan adalah tipe *fixed batch* dengan suhu 450°C, laju aliran nitrogen 0,8 l/min, feedstock yang digunakan sebanyak 2000 gr dan zeolite alam sebagai katalis. Penggunaan variasi massa katalis dengan perbandingan *Catalyst Feedstock Ratio (CFR)* sebesar 0,05, 0,10 dan 0,15. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan massa katalis maka produk cair yang dihasilkan semakin sedikit. Produk cair paling banyak diperoleh pada penggunaan 100 gr massa katalis, dengan presentase produk cair 56,75%wt, produk gas 38,60%wt dan produk solid/char 4,65%wt. Hasil pengujian karakteristik dan properties dari minyak pirolisis plastik meliputi *specific gravity, kinematic viscosity, flash point, pour point, cloud point, water content, ash content, carbon number distribution* dan analisis PONA menunjukkan bahwa minyak pirolisis memiliki kemiripan dengan kerosene dan minyak diesel serta dapat dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif.

Kata Kunci : Pirolisis, limbah plastik *LDPE*, katalis, zeolit alam, alternatif

¹dannykurniawan05@gmail.com

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada masyarakat akan energy fosil dan kebutuhan energy terus mengalami peningkatan. Datatahun 2009 konsumsi energi primer Indonesia tercatat telah mengalami peningkatan, dari 940,04 juta SBM (Setara Barel Minyak) pada tahun 2000 menjadi 1440,22 juta SBM pada tahun 2010 atau meningkat 5,6 % per tahun (Pusdatin ESDM, 2011). Konsumsi energi final (termasuk bio-massa) pada periode 2000-2013 meningkat dari 764 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 1.151 juta SBM pada tahun 2013 atau meningkat rata-rata 3,20% per tahun. Konsumsi energi final tersebut tidak mempertimbangkan *other petro-leum products*, seperti pelumas, aspal, dan lainnya, di sektor industri (BPPT Outlook Energi Indonesia, 2015)

Salah satu upaya untuk membantu menangani permasalahan tersebut yaitu dikembangkan teknologi konversi limbah plastic menjadi sumber energy alternatif (*waste-to-energy*) dengan metode pirolisis. Limbah plastic mempunyai potensi yang cukup besar untuk diolah menjadi bahan bakar alternative melalui proses pirolisis dan dapat mengurangi efek negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Proses pirolisis plastic dilakukan untuk mendapatkan senyawa hidrokarbon yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pirolisis merupakan suatu teknik daur ulang limbah yang mampu mengkonversi limbah plastic menjadi bahan bakar, monomer, atau bahan berharga lainnya melalui proses degradasi thermal atau katalitik (Scheirs dan Kaminsky, 2006).

Metode ini diterapkan untuk mengubah baik termoplastik dan termoset ini, menjadi bahan bakar berbasis senyawa hidrokarbon. Pirolisis merupakan salah satu metode terbaik untuk mengurangi dan mendaur ulang sampah yang tidak dapat diuraikan (*non-degradable waste*). Pengaruh massa katalis terhadap *liquid product* dan *gas product* yang dihasilkan perlu dipelajari. Dari hasil penelitian Lin (2009) diperoleh bahwa variasi massa katalis yang digunakan berpengaruh pada komposisi

antara produk cair, gas dan solid yang dihasilkan pada proses pirolisis.

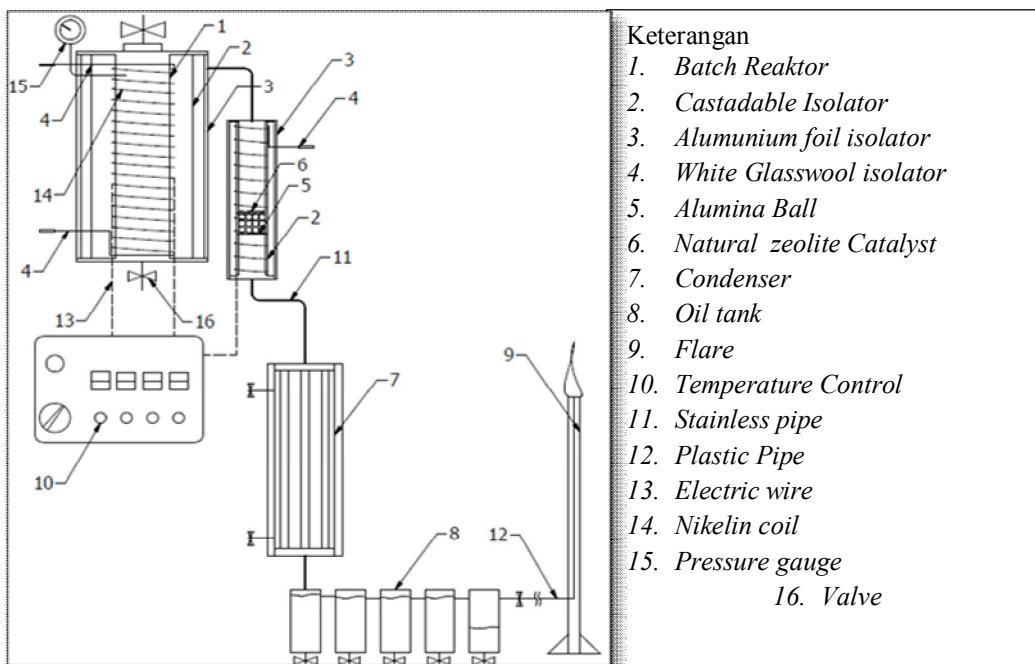
Katalis (*catalyst*) didefinisikan sebagai suatu zat kimia yang dapat menaikkan laju reaksi dan terlibat di dalam reaksi kimia walaupun zat ini sendiri tidak ikut bereaksi secara permanen. Peningkatan laju reaksi ini diakibatkan oleh adanya jalur reaksi baru yang diciptakan dengan energi aktivasi yang lebih rendah, sehingga katalis dapat berfungsi mengarahkan reaksi ke arah reaksi yang diinginkan (Istadi, 2011).

METODE

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari termokopel, reaktor pirolisis tipe *fixed batch*, *flow meter* udara/gas, timbangan, pompa air, kondenser menggunakan pendingin air, *oil tank*, *gas package*, penghitung waktu (*time/stopwatch*), thermometer. Alat penelitian yang digunakan menggunakan *pyrolyzer* yang secara umum terdiri dari reaktor, *reformer*, kondenser, *oil tank*, *flaredanheater*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)* yang diperoleh dari pengolahan plastik bekas di Wates, Kulon Progo, DIY. Pengujian dilakukan dengan reaktor tipe *fixed batch* pada temperatur operasi 450°C, laju aliran nitrogen 0,8 l/min, dan menggunakan katalis zeolit alam.

Penelitian dilakukan dengan menyiapkan bahan baku limbah plastik LDPE yang sudah dibersihkan dan dicacah. Plastik kemudian ditimbang sebanyak 2000 gram dan dimasukkan dalam reaktor pirolisis. Reformer kemudian dipanaskan hingga suhu 450°C untuk mengaktifkan katalis, dan berikutnya reaktor dinyalakan hingga suhu 450°C. Katalis yang digunakan yaitu zeolit alam dengan variasi massa sebesar 100gr, 200gr dan 300gr. Proses pirolisis berlangsung selama 5-6jam, produk yang dihasilkan berupa liquid, gas dan solid. Produk liquid pada proses ini kemudian diuji karakteristiknya yang meliputi *specific gravity*, *kinematic viscosity*, *pour point*, *flash point*, *cloud point*, *ash content* dan *water content*.



- Keterangan
1. Batch Reaktor
 2. Castadable Isolator
 3. Alumunium foil isolator
 4. White Glasswool isolator
 5. Alumina Ball
 6. Natural zeolite Catalyst
 7. Condenser
 8. Oil tank
 9. Flare
 10. Temperature Control
 11. Stainless pipe
 12. Plastic Pipe
 13. Electric wire
 14. Nikelin coil
 15. Pressure gauge
 16. Valve

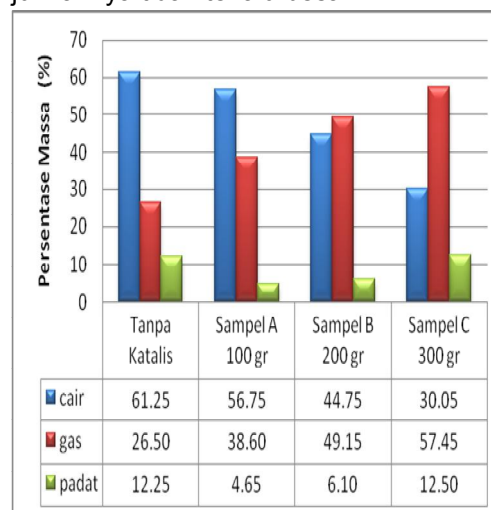
Gambar 1. Skema alat pirolisis minyak limbah plastik LDPE

PEMBAHASAN

Proses pirolisis dilakukan pada temperatur 450°C dengan raktor tipe fixed batch dan menggunakan variasi massa katalis untuk mengetahui pengaruh terhadap produk hasil pirolisis baik kuantitas maupun kualitasnya. Produk pirolisis dihasilkan dari dekomposisi jenis polimer tertentu, pada penelitian ini digunakan limbah polimer plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk *mass balance*, minyak hasil pirolisis menggunakan katalis zeolit alam dengan massa 100 gram menghasilkan produk liquid paling banyak. Seperti ditampilkan pada Gambar 2. Produk liquid paling banyak diperoleh pada sample A (NZ 100 g) yaitu 56,75 %wt, produk gas diperoleh paling banyak pada sample C (NZ 300 g) yaitu 57,45 %wt, dan produk solid diperoleh paling banyak pada sample C (NZ 300 g) yaitu 12,50 %wt. Tujuan dari penelitian ini lebih difokuskan untuk memperoleh produk liquid yang paling banyak. Penambahan massa katalis berpengaruh terhadap distribusi rantai karbon dimana rantai

karbon fraksi berat akan terpecah menjadi rantai karbon yang lebih ringan dengan keberadaan katalis namun jumlahnya tidak terlalu besar.



Gambar 2. Grafik kesetimbangan massa

Katalis zeolit secara umum digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi-reaksi katalisis alam dan memiliki aktivitas katalisis asam hidrokarbon yang tinggi sehingga sering digunakan pada proses perengkahan hidrokarbon.

Zeolit dengan pori-porinya dan struktur yang unik mampu mentransfer panas dan menjadi katalis yang bersifat selektif melalui pori-pori terhadap beberapa ukuran molekul tertentu. Selain itu penambahan katalis pada proses pirolisis akan menurunkan energi aktivasi

dan temperatur reaksi, karena tercipta jalur reaksi baru pada penggunaan katalis dan mempercepat *reaction time* atau waktu proses pirolisis (Scheirs dan Kaminsky, 2006). Properties untuk minyak hasil pirolisis limbah plastik LDPE dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Properties minyak pirolisis dan kerosene

No	Karakteristik	Satuan	Kerosene	100 gr	200 gr	300 gr
1	Specific Gravity at 60/60 of	-	0.804	0.8137	0.8256	0.8299
2	Kinematic Viscosity at 40 °C	mm ² /s	1.285	1.639	1.364	2.048
3	Flash Point PM.c.c	°C	46	*)	*)	*)
4	Pour Point	°C	-54	21	18	30
5	Cloud Point	°C	-40	**)	**)	**)
6	Water Content	% vol	-	Trace	0.6	2.0
7	Ash Content	% wt	-	-	0.066	0.120
8	Density	kg/l	0.804	0.8137	0.8256	0.8299

*) Pada suhu 10°C sudah menyala

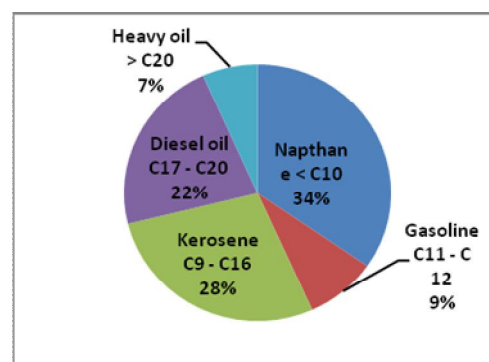
**) Cloud point tidak dapat diamati karena sample berwarna keruh

Pengujian berikutnya adalah GC/MS (*Gas Chromatography dan Mass Spectroscopy*), yang diperlukan untuk mengetahui rantai karbon dan kandungan unsur hidrokarbon. Distribusi atom karbon(C) dari pengujian GC/MS diperoleh hasil fraksi (<C12) sebesar 51,14%, fraksi (C12-C20) sebesar 40,91%, dan fraksi >C20 sebesar 7,95%. Distribusi dan persentasi fraksi WPO lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4, dimana diperoleh fraksi kerosene (C9-C16) sebesar 28%.

Pengujian GC/MS menunjukkan minyak hasil pirolisis limbah plastik LDPE diperoleh fraksi *naphthane* (34%), fraksi *kerosene*(28%), fraksi *diesel oil* (22%) dan fraksi *heavy oil* (7%).

Penambahan massa katalis akan berpengaruh pada pergeseran rantai karbon panjang yang terpotong menjadi rantai karbon yang lebih pendek, misal rantai C fraksi berat terpotong menjadi rantai C fraksi medium dan rantai C fraksi medium menjadi rantai C fraksi ringan. Bertambahnya jumlah massa katalis juga akan berpengaruh

pada meningkatnya produk gas hidrokarbon C₁-C₄ dan produk solid/char.



Gambar 3. Grafik presentasi fraksi WPO

KESIMPULAN

Pirolisis limbah plastik terbukti merupakan salah satu metode yang baik untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Minyak hasil pirolisis limbah plastik LDPE mempunyai karakteristik yang mendekati bahan bakar hidrokarbon setara kerosene dan *diesel oil* yang juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada kompor dan *boiler burner*. Semakin banyak massa katalis yang digunakan maka produk cair yang dihasilkan

semakin sedikit dan produk gas yang dihasilkan semakin banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPT Outlook Energi Indonesia, 2015, Pengembangan Energi untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan.
- Istadi, 2011, Teknologi Katalis untuk Konversi Energi: Fundamental dan Aplikasi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Lin, Y.H., 2009, Production of valuable hydrocarbons by catalytic degradation of a mixture of post-consumer plastic waste in a fluidized-bed reactor. Elsevier, Kao Yuan University, Taiwan.
- Pusdatin ESDM, 2011, Indikator Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia.
- Scheirs, J., Kaminsky, W., 2006, *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel and Other Fuels*. John Wiley and Sons.

PEMBASMI HAMA SERANGGA MENGGUNAKAN CAHAYA LAMPU BERTENAGA SOLAR CELL

Subandi¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 25 Mei 2016, revisi masuk : 17 Juni 2016, diterima: 22 Juli 2016

ABSTRACT

In the general area of rice fields found many kinds of insects that destroy rice plants. One of the properties of insects is to have an interest in light, in practice traditionally it has long been applied for example using a lamp pumped to catch insects (moths). The light intensity can affect insect behavior (hamma) that can be used in agriculture (hamma control insects) and can be used as animal feed. The problems are very interesting to be experiments in this study was designed prototype insect repellent uses light solar powered lamp that is safe from a short circuit and a fire. The working principle of this prototype is when the sun sank in the afternoon, the lights light trap will turn on automatically for electrical energy emitted comes from batteries, solar panels will convert solar energy into electrical energy and then store it in the battery, then converted electric unidirectional (dc) into alternating electric current (ac) using the inverter to flow into the trap light lamps (TL ultraviolet). Prototype testing was conducted for 4 hours/day from 18:00 until 22:00pm, at these times most insect activity comes closer to an ultraviolet lamp. In accordance with the magnitude of the solar panel and the battery used in this prototype, the electrical load that can be supplied to the 10 watt UV lamp (6 hours/day), 15watts (4 hours/day), 20watts (3 hours/day). Ultraviolet light 20watt lamp is able to collect insects in large numbers consisting of hamma leafhoppers, beetles, walang rice pest, crickets, and grasshoppers. Indirectly, this prototype could be said to be very helpful to farmers in terms of overcoming hamma attacks on rice

Keywords: light, insects, solar panels, batteries

INTISARI

Pada area persawahan umumnya banyak dijumpai jenis serangga yang merusak tanaman padi. Salah satu sifat serangga adalah memiliki ketertarikan pada cahaya, dalam praktek secara tradisional hal ini telah lama diaplikasikan misalnya menggunakan lampu petromak untuk menangkap serangga (*laron*). Intensitas cahaya dapat berpengaruh pada perilaku serangga dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian serta dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak. Dalam penelitian ini didesain prototipe pembasmi serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya sehingga aman dari korsleting dan kebakaran. Prinsip kerja adalah saat matahari tenggelam, lampu *light trap* menyala secara otomatis karena energi listrik yang dipancarkan bersumber dari baterai, panel surya akan mengubah energi matahari menjadi energi listrik dc, kemudian dengan inverter dikonversikan (dc) ke listrik (ac) untuk dialirkan ke lampu *light trap* (*TL ultraviolet*). Pengujian prototipe ini dilakukan selama 4 jam/hari dari pukul 18.00 hingga 22.00 WIB, pada waktu-waktu tersebut aktivitas serangga yang paling banyak datang mendekati lampu *ultraviolet*. Sesuai dengan besarnya panel surya dan baterai yang digunakan pada prototipe ini, maka beban listrik yang dapat disuplai untuk lampu UV 10 watt (6 jam/hari), 15 watt (4 jam/hari), 20 watt (3 jam/hari). Cahaya lampu ultraviolet 20 watt mampu mengumpulkan serangga dalam jumlah yang besar yang terdiri atas hamma wereng, kumbang, walang sangit, jangkrik, dan belalang. Secara tidak langsung prototipe ini bisa dikatakan sangat membantu para petani dalam hal mengatasi serangan hamma pada padi.

Kata kunci: cahaya, serangga, panel surya, baterai

PENDAHULUAN

Salah satu sifat serangga adalah me-miliki ketertarikan pada cahaya, dalam praktek secara tradisional hal ini telah lama diaplikasikan misalnya menggunakan lampu petromak untuk menangkap serangga (*laron*), menangkap lalat buah dengan warna kuning, menangkap lalat dengan warna-warni yang mencolok, dan menangkap nyamuk dengan lampu ultraviolet. Intensitas cahaya dapat berpengaruh pada perilaku serangga (*hama*) yang mana penangkapan serangga (*hama*) tersebut dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian (pengendalian hama serangga) serta dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak.

Cahaya memiliki daya tarik dan mampu mempengaruhi perilaku serangga (*hama*) dengan intensitas tertentu akan diperoleh efisiensi sumber energi (*catu daya*) serta daya pikat untuk mengumpulkan serangga (*hama*). Kemampuan ini dapat dijadikan alat pengendalian populasi serangga yang tidak menguntungkan (*hama*) dengan pendekatan ramah lingkungan, disamping itu juga serangga yang diperoleh dapat dijadikan sumber pakan ternak yang berkualitas. Piranti yang efektif dan efisien dapat dirancang agar cahaya dapat dipergunakan secara praktis di lahan-lahan pertanian dengan memperhatikan jangka waktu penggunaannya dan sumber listrik yang diperlukan. Modul surya merupakan rangkaian sel surya (*solar cell*) dengan daya output tertentu sesuai dengan standart internasional. Pengukuran daya solar modul yang tercantum pada spesifikasi teknis hanya dapat dilakukan di laboratorium.

Berbagaicara telah dilakukan oleh manusia dalam menanggulangi hal tersebut. Salah satunya yang cukup banyak digunakan adalah menggunakan obat atau pestisida. Memang obat atau pestisida sangat efektif membunuh serangga dan hama dengan cepat, tetapi memiliki efek racun yang dapat mengganggu kesehatan baik dalam jangka pendek maupun jangka pajang. Karena itu diperlukan inovasi teknologi yang dapat meng-hasilkan efek

penanggulangan hama dan serangga yang sama dengan pestisida tetapi tidak memiliki efek racun.

Alat ini didesain menggunakan tenaga surya sehingga aman dari korsleting, dan kebakaran. Dengan tenaga surya (*solar cell*), alat ini menghasilkan energy sendiri dengan tanpa menyebabkan terjadinya polusi (*Green Teknologi*) dan tentu tidak menambah tagihan listrik. Alat ini bekerja secara otomatis dimana pada siang hari akan mengumpulkan energi yang disimpan pada baterai dan lampu otomatis akan menyala pada malam hari.

Permasalahan yang timbul pada kalangan petani yakni pengaruh serangga (*hama*) yang merusak tanaman dan juga penggunaan peptisida untuk membasmi hama yang mana peptisida tersebut dapat mempengaruhi kesehatan, untuk itu diperlukan penanggulangan cara mengatasi serangan serangga dengan inovasi yang ramah lingkungan yakni alat penjebak serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (*solar cell*) yang ditempatkan langsung di tengah persawahan dan dapat dipindah-pindahkan sesuai dengan kebutuhan.

Dalam Rumusan Masalah, bagaimana membuat suatu prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (*solarcell*) yang ramah lingkungan dan mudah dioperasikan?

Serangga dapat ditemukan dimana – mana disuatu daerah.. Proses Mengumpulkan serangga merupakan cara yang ideal untuk mengenal berbagai jenis serangga. Tiap serangga memiliki masa aktif sendiri-sendiri, ada yang aktif pada pagi hari, siang hari, sore hari, dan ada pula yang aktif pada malam hari. Cara mengumpulkan serangga pun dapat bermacam - macam, salah satunya dengan cara menjebak menggunakan perangkap serangga (*Jumar 2000:209-210*).

Cahaya memiliki daya tarik dan mampu mempengaruhi perilaku serangga(*hama*) dengan intensitas tertentu akan diperoleh efisiensi sumber energi (*catu daya*) serta daya pikat untuk mengumpulkan serangga (*hama*).

Kemampuan ini dapat dijadikan alat pengendalian populasi serangga yang tidak menguntungkan (*hama*) dengan pendekatan ramah lingkungan, disamping itu juga serangga yang diperoleh dapat dijadikan sumber pakan ternak yang berkualitas. Piranti yang efektif dan efisien dapat dirancang agar cahaya dapat dipergunakan secara praktis di lahan-lahan pertanian dengan memperhatikan jangka waktu penggunaannya dan sumber listrik yang diperlukan. Modul surya merupakan rangkaian sel surya (*solar cell*) dengan daya output tertentu sesuai dengan standart internasional. Pengukuran daya solar modul yang tercantum pada spesifikasi teknis hanya dapat dilakukan di laboratorium.

Secara umum lampu LED tenaga surya penjebak serangga terdiri dari; Modul Surya, Peralatan control baterai (BCU), Baterai, Lampu, Tiang, struktur pendukung dan instalasi.

Light Trap merupakan metode koleksi serangga malam, untuk mengetahui distribusi dan keanekaragaman serangga malam. Perangkat ini disesuaikan dengan perilaku dan aktifitas serangga sehari-hari, karena itu digunakan metode *Light Trap* atau dengan menggunakan cahaya sebagai umpan untuk menarik kedatangan serangga. Cahaya di alam akan mempengaruhi aktifitas cahaya yang ditunjukkan dengan cara mendekati sumber cahaya. Perilaku ini dapat disebut sebagai gerak fototaksis positif. (*Makalah Tim KIR MTs Nurul Islam Selok Awar-Awar Pasirian Lumajang, Pengaruh warna cahaya terhadap kedatangan serangga malam*).

Energi surya atau dalam dunia internasional lebih dikenal sebagai solar cell atau photovoltaic cell, merupakan sebuah devais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe-P dan tipe-N, yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. (*Brian Yulianto, 2006*).

Serangga adalah mahluk hidup dengan spesies terbanyak di dunia. Total spesies serangga sebesar 4-8 juta sangat dominan dibanding total spesies

seluruh mahluk hidup sebanyak 12.5 juta. Jumlah mahluk hidup yang teridentifikasi sebesar 1.5 juta, jumlah serangga yang teridentifikasi sebesar 950 ribu. Ini berarti jumlah serangga yang teridentifikasi lebih dari 1/2 jumlah mahluk hidup yang teridentifikasi.

Cahaya mempengaruhi aktivitas serangga (*diurnal, nokturnal, krepuskular*), perilaku serangga (tertarik gelombang cahaya, menghindari gelombang cahaya). Serangga dapat dibedakan dalam berbagai jenis menurut kemampuan adaptasi terhadap faktor fisik. Jenis serangga fototropik positif adalah salah satu jenis serangga yang tertarik terhadap cahaya.

Setiap cahaya yang terpancar memiliki satuan intensitas tertentu. Intensitas cahaya ini dapat mempengaruhi perilaku serangga (*hama*). Besarnya intensitas cahaya yang diperlukan sangat berpengaruh terhadap sumber energi listrik yang dibutuhkan. Suatu rancangan catu daya listrik, akan sangat berpengaruh terhadap efisiensi energi.

Sumber Cahaya, pada dasarnya terdapat 2 jenis sumber cahaya, yaitu cahaya alami dan cahaya buatan (*artificial lighting*). Cahaya alami merupakan cahaya yang berasal dari matahari, sedangkan cahaya buatan berasal dari lilin, lampu gas, lampu minyak, dan lain-lain. Kedua sumber cahaya ini mempunyai kelebihan dan kekurangan antara lain: sumber cahaya alami memiliki sifat tidak menentu, tergantung pada iklim, musim, dan cuaca. Sinar ultraviolet (UV) yang terkandung dalam cahaya alami dapat merusak struktur permukaan material. Sedangkan cahaya buatan membutuhkan biaya tertentu, namun peletakan dan kestabilan cahaya dapat diatur. Sumber cahaya alami yang masuk melalui skylight ataupun jendela dapat dirancang secara langsung maupun tidak langsung. Dengan penambahan aksesoris seperti tirai, kaca film, ataupun bidang yang disusun pada lubang cahaya sebagai penghalang atau penyaring cahaya akan memberikan efek tertentu dalam ruang dalam. Sedangkan sumber cahaya buatan awalnya

mengalami kesulitan untuk penempatan posisi dan untuk mempertahankan kestabilan kuat cahayanya. Namun dengan semakin berkembangnya zaman, cahaya buatan menjadi mudah untuk diaplikasikan di berbagai tempat dan kuat cahayanya dapat diatur sesuai keinginan penggunanya.

Sinar Ultraviolet (UV) adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang lebih pendek dari pada cahaya tampak, tetapi lebih panjang dari sinar-X, dalam kisaran 10 nm sampai 400 nm, dan energi dari 3 eV sampai 124 eV. Hal ini bernama karena spectrum terdiri dari gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang lebih tinggi daripada mengidentifikasi manusia sebagai warna violet. Frekuensi ini tidak terlihat oleh manusia, tetapi terlihat oleh sejumlah serangga dan burung. Mereka juga tidak langsung terlihat, dengan menyebabkan bahan neon bersinar dengan tampak cahaya yang menarik.

Kelompok radiasi elektromagnetik terdiri dari 3 jenis yaitu radiasi ultraviolet (UV), cahaya tampak dan infra merah (IR). Spektrum sinar UV adalah elektromagnetik yang terentang pada rentang panjang gelombang 100 nm-400nm yang dibagi atas menjadi sinar ultraviolet A atau UV-A (320-400 nm), sinar UV-B (280-320 nm) dan sinar UV-C (100-280 nm) (WHO, 2009).

Sumber radiasi UV buatan manusia pada dasarnya terdiri dari 3 jenis yaitu *incandescent*, seperti lampu halogen tungsten; lampu neon, seperti seperti lampu intensitas tinggi yang digunakan pada industri untuk fotopolimerisasi dan lampu germisidal untuk sterilisasi dan untuk mengelas metal; dan lampu UV seperti *excimer laser* (Alatas & Lusiyanti, 2001).

Panel surya merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi penyinaran matahari yang diubah menjadi arus listrik. Energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energy yang menjanjikan mengingat sifatnya continue serta jumlahnya yang besar dan melimpah ketersediannya. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi atau memecahkan

permasalahan kebutuhan energy masa depan setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah terhadap lingkungan. Panel surya juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis dan ramah lingkungan mengingat tidak membutuhkan transmisi seperti jaringan listrik konvensional, karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan.

Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor), yang jika terkena sinar matahari maka terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerap (absorber), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari.

METODE

Prototipe Alat Penangkap Serangga Menggunakan Cahaya Lampu Bertenaga Surya (SolarCell) merupakan metode koleksi serangga malam untuk mengetahui distribusi dan keanekaragaman serangga malam. Prototipe alat ini disesuaikan dengan perilaku dan aktifitas serangga sehari-hari, karena itu digunakan metode Light Trap atau dengan menggunakan cahaya sebagai umpan untuk menarik kedatangan serangga, dalam hal ini digunakan cahaya lampu ultraviolet. Cahaya akan mempengaruhi aktifitas serangga yang ditunjuk-kan dengan cara mendekati sumber cahaya.

Prinsip kerja dari alat ini yakni saat matahari tenggelam disore hari, lampu light trap akan menyala secara otomatis karena energy listrik yang dipancarkan bersumber dari baterai, PV module (panel surya) akan merubah energy matahari menjadi energy listrik dan kemudian

menyimpannya dibaterai, setelah itu dikonversikan listrik searah (dc) menjadi listrik bolak balik (ac) untuk dialirkan pada lampu light trap (TL ultraviolet).



Gambar 3.1 Prototipe Alat Penangkap Serangga Menggunakan Tenaga Surya (Solar Cell)

Komponen dan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell) antara lain:

Panel Surya 10Wp, Baterai 12volt, 5Ah, Charge control 5A, Lampu TL UV 10W, 15W dan 20W, Inverter 20watt, Trafo CT, Struktur pendukung(tiang, plat seng), dan Intalasi (kabel, lem lilin, jet power, timah)

Tujuan pengujian prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell): Untuk mengetahui prinsip kerja prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell). Untuk mengetahui unjuk kerja prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell). Untuk mengetahui proses kerja prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell).

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian prototipe alat

penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell) adalah prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya (solar cell) dan lampu TL UV 10W, 15 W, dan 20W.

Langkah Pengujian dilakukan dengan memberikan perbedaan pada penggunaan lampu ultraviolet dalam mengumpulkan serangga dengan lama pengujian dari pkl 18.00 – 22.00. Pengujian alat ini dilakukan pada lokasi persawahan guna mengetahui aktifitas serangga malam yang mempengaruhi tanaman padi.

Tabel 1. Tabel hasil pengujian menggunakan lampu TL UV 10 watt

Cuaca	Nama serangga	Jumlah	Total
Tidak hujan (hari 1)	Wereng	155	433
	Kumbang	253	
	Walang		
	Sangit	31	
	Jangkrik	1	
Hujan (hari 2)	Belalang	3	331
	Wereng	132	
	Kumbang	185	
	Walang		
	Sangit	12	
	Jangkrik	1	
	Belalang	1	

Tabel 2. Tabel hasil pengujian menggunakan lampu TL UV 15 watt

Cuaca	Nama serangga	Jumlah	Total
Hujan (hari 3)	Wereng	106	479
	Kumbang	307	
	Walang		
	Sangit	63	
	Jangkrik	2	
Hujan (hari 4)	Belalang	1	431
	Wereng	83	
	Kumbang	287	
	Walang		
	Sangit	57	
	Jangkrik	1	
	Belalang	3	

Adapun yang diamati dan dihitung dari pengujian ini yakni; Jumlah dan jenis serangga yang dikumpulkan dengan

menggunakan lampu TL UV 10 watt. Jumlah dan jenis serangga yang dikumpulkan dengan menggunakan lampu TL UV 15watt. Jumlah dan jenis serangga yang dikumpulkan dengan menggunakan lampu TL UV 20watt. Komponen pendukung dalam prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga suryad iantranya ; panel surya, baterai, inverter, charge control, lampu UV seperti yang terlihat pada Tabel 1, Tabel 2. Dan Tabel 3.

Tabel 3. Tabel hasil pengujian Menggunakan lampu TL UV 20 watt

Cuaca	Nama serangga	Jumlah	Total
Tidak hujan (hari 5)	Wereng	67	1139
	Kumbang	35	
	Walang	1035	
	Sangit	2	
	Jangkrik	-	
Hujan (hari 6)	Wereng	76	546
	Kumbang	93	
	Walang	375	
	Sangit	1	
	Jangkrik	1	

PEMBAHASAN

Perhitungan Pendukung Pro-totipe, Komponen maksimal untuk pemakaian 1 hari pada panel surya 10 Wp: bPanel surya 10 Wp = panel surya tersebut mempunyai 10 watt peak (pada saat matahari terik). 1 peak hari diasumsikan 5 jam, sehingga kapasitas maksimal panel surya 10 Wp untuk pemakaian satu hari sama dengan: $10 \times 5 = 50 \text{ Watt hour/day}$.

Jumlah ampere yang dihasilkan adalah $50/12 = 4,17 \text{ Ampere}$, sehingga baterai yang digunakan 12volt, 5Ah.

Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai 12 volt, 5 Ah menggunakan panel surya 10Wp:5Ah: $0,65 \text{ A (Isc panel surya)} = 7,69 \text{ jam}$

Beban listrik yang disuplai oleh baterai 12volt, 5Ah: $5 \text{ Ah} \times 12 \text{ volt} = 60 \text{ Watt}$. 60watt : 10 watt = 6 jam (beban lampu UV 10W). 60watt : 15watt = 4jam

(beban lampu UV 15W). 60watt : 20watt = 3jam (beban lampu UV 20W)

Besarnya inverter yang digunakan: dengan besarnya beban yang digunakan adalah lampu UV 10W, 15W, dan 20W, maka inverter yang dipakai dalam pengujian ini yakni inverter yang memiliki daya 20watt.

Besarnya charge control yang diguna-kan: 5 ampere yang mana disesuaikan dengan Isc pada panel surya 10Wp sebesar 0,65 A.

Perhitungan Kemampuan Lampu TL UV Dalam Menggumpulkan Serangga, untuk mengetahui panjang gelombang yang dipancarkan oleh lampu UV 10, 15 dan 20watt adalah dengan mengacu pada teori mengenai cahaya yang berbunyi "Lumen merupakan satuan flux cahaya; flux dipancarkan dalam satuan unit sudut padatan oleh suatu sumber dengan intensitas cahaya yang seragam satu candela. Satu flux adalah satu lumen per meter persegi. Lumen (lm) adalah kesetaraan fotometrik dari watt. $1 \text{ watt} = 683 \text{ lumens}$ pada panjang gelombang 555 nm". Sehingga dapat dihitung: Panjang gelombang untuk lampu UV 10watt sebesar; $10 \times 555 = 5550 \text{ nm}$. Panjang gelombang untuk lampu UV 15watt sebesar ; $15 \times 555 = 8325 \text{ nm}$. Panjang gelombang untuk lampu UV 15watt sebesar ; $20 \times 555 = 11100 \text{ nm}$.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari analisa hasil penelitian, maka dapat digaris bawahi beberapa poin penting sebagai berikut: Aktifitas serangga malam, khususnya serangga yang menyerang tanaman padi di daerah persawahan sangat tertarik pada cahaya lampu ultraviolet.

Prinsip kerja dari prototipe ini yakni saat matahari tenggelam disore hari, lampu light trap akan menyala secara otomatis karena energi listrik yang dipancarkan bersumber dari baterai, panel surya akan merubah energi matahari menjadi energi listrik dan kemudia menyimpannya dibaterai, setelah itu dikonversikan listrik searah (dc) menjadi listrik bolak balik (ac)

menggunakan inverter untuk dialirkan pada lampu light trap (TL ultraviolet).

Semakin besar daya lampu ultraviolet yang digunakan maka semakin besar pula panjang gelombang yang dihasilkan sehingga mampu untuk mengumpulkan serangga yang mendekatinya dalam jumlah yang banyak.

Cahaya lampu ultraviolet 20watt, mampu mengumpulkan serangga dalam jumlah yang banyak yang terdiri dari hama wereng, kumbang, walang sangit, jangkrik dan belalang semuanya berjumlah 1139 ekor dalam waktu 4 jam, secara tidak langsung prototipe ini, bisa dikatakan sangat membantu para petani dalam hal mengatasi serangan hama pada padi.

Faktor cuaca (hujan dan tidak hujan) juga sangat berpengaruh pada aktifitas serangga yang mendekati lampu ultraviolet dan juga dapat berpengaruh pada kinerja kerja panel surya yang digunakan sebagai sumber energi listrik.

Pengujian prototipe ini dilakukan selama 4 jam/hari dari jam 18.00-22.00, dari waktu diatas aktifitas serangga yang paling banyak datang mendekati lampu ultraviolet yakni pada pukul 18.00–20.00 (sesuai dengan hasil pengamatan pada saat pengujian dilapangan).

Sesuai dengan besarnya panel surya dan baterai yang digunakan pada prototipe ini, maka beban listrik yang dapat disuplai untuk lampu UV 10W(6 jam/hari), 15W (jam/ hari),dan 20W (3 jam/hari).

Dengan terselesaikannya analisa dan penelitian alat ini, penulis ingin menyampaikan beberapa saran untuk meningkatkan kualitas dan kesempurnaan prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya yaitu:

Teknologi prototipe alat penangkap serangga menggunakan cahaya lampu bertenaga surya sangat dimungkinkan untuk dikembangkan dan dipergunakan secara umum dan khususnya dibagian pertanian untuk bisa menggurangi hama yang menyerang tanaman padi.

Sangat dimungkinkan akan didapati hasil yang lebih maksimal dengan meningkatkan nilai efisiensi dari komponen pembentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Brian Yulianto,2006. *Karya Ilmiah Solar Cell atau Photovoltaic Cell*.
- Jumar.,2000, *Entomologi Pertanian*, PT. Rnika Cipta, Jakarta.
- Rusminto Tjatur W, 2003: *Solar Cell. Sumber Energi masa depan yang ramah lingkungan*, Berita Iptek, Jakarta.
- Wilson W.W., 1996: *Teknologi Sel Surya : Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang*, Edisi ke empat, Elektro Indonesia,Jakarta..
- <http://energisurya.wordpress.com>. 2008, *Melihat prinsip kerja sel surya lebih dekat*
- <http://panelsurya.com>. 2011, *Sistem panel surya*
- <http://bumilestaringawi.blogspot.com/2013/01/solar-light-trap.html>

ANALISIS POHON KEPUTUSAN TERHADAP ANALOGI TAKSONOMI BLOOM UNTUK MENENTUKAN TINGKAT KEMAMPUAN MAHASISWA

Danny Kriestanto¹

¹Teknik Informatika, STMIK AKAKOM Yogyakarta,

Masuk : 24 April 2016, revisi masuk : 21 Mei 2016, diterima : 1 Juli 2016

ABSTRACT

People's learning ability are varies, including for the undergraduate students. These students have different capability in absorbing knowledge, as previous researches stated (2010-2015). In this research, the data that had been used were twice more than the previous research. In order to find more information about Cognitive Aspects that had been affecting STMIK AKAKOM students in using Information Technology, decision tree were used. The result shown that generally the students are divided into 2 massive groups: a group that learn to memorize by applying first, and a group that learn creating by applying before learn how to memorize and understand how things work. That is, however, showing the learning pattern of the students.

Keywords: *cognitive aspects, data mining, Decision Tree, Bloom's Digital Taxonomy, Information Technology.*

INTISARI

Kemampuan belajar seseorang sangat beragam, termasuk para mahasiswa. Tidak semua memiliki kemampuan yang sama dalam menyerap ilmu pengetahuan yang diberikan dengan sempurna. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (tahun 2010 - 2015), keberagaman ini terlihat jelas. Pada penelitian ini akan digunakan data dua kali lebih banyak dengan menggunakan pohon keputusan. Penelitian ini dilakukan untuk menggali data lebih dalam dengan menggunakan pohon keputusan terhadap Aspek Kognitif yang terbentuk pada mahasiswa STMIK AKAKOM dalam memanfaatkan Teknologi Informasi. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah bahwa secara umum mahasiswa terbagi atas dua kelompok besar, yakni: kelompok yang belajar mengingat setelah mengaplikasikan, dan kelompok yang belajar menciptakan setelah mengaplikasikan. Selain itu, pola pohon yang diperoleh dapat menunjukkan pola belajar mahasiswa di kampus.

Kata Kunci: *Aspek kognitif, data mining, Pohon Keputusan, Taksonomi Digital Bloom, Teknologi Informasi*

PENDAHULUAN

Menurut Bloom, ada tiga domain utama dalam aktivitas pendidikan, yaitu: kognitif, afektif, dan psikomotorik. Bloom mengkompilasi ketiga domain tersebut menjadi subdivisi yang lebih kecil, mulai dari yang paling sederhana hingga yang paling kompleks (Clark, 2007).

Kognitif adalah kemampuan untuk merasa dan memahami informasi (Turban, 2005). Proses bagaimana seseorang dapat mengamati dan belajar dengan lebih baik untuk memperbaiki kerangka masalah dan akhirnya

mengambil keputusan. Afektif adalah *'accountability, commitment, code of ethics, solidarity and autonomy'* (Cohen, 2000). Psikomotorik melibatkan tersebut. pergerakan fisik dan koordinasi (Clark, 2007).

Hasil observasi Rockman (2004) menunjukkan bahwa dengan mencoba menerapkan penggunaan *laptop* dan mendapat lebih banyak akses terhadap informasi, akan ada peningkatan dalam tugas-tugas keseharian. Tersedianya berbagai *tool* juga dapat meningkatkan proses pembelajaran, munculnya

kemampuan untuk belajar sendiri, dan bertambahnya keahlian dalam hal teknologi terkait.

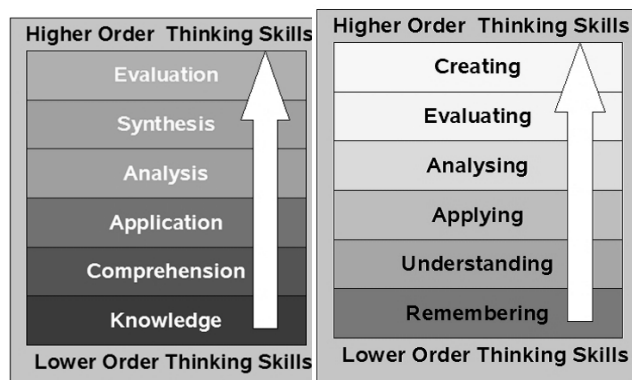
Nachmias melakukan penelitian pada tahun 2000 untuk mengetahui pemanfaatan TI. Dengan menggunakan skala Likert 5 dari 0 hingga 4, Nachmias membagi tujuan pemanfaatan TI atas 9 area, yakni: *word processor, spreadsheet, database, information retrieval, graphic processor, audio/video processor, programming, game, dan Internet* untuk segala tujuan (Nachmias, 2000). Pemanfaatan Internet digunakan sebagai variabel terikat dan dibagi atas 6 area, yaitu: *information gathering, download resources, communication, web site creation, distant learning, dan school work* (Nachmias, 2000). Nachmias membagi pemanfaatan TI atas tujuan penggunaan TI dan tujuan penggunaan Internet adalah karena tujuan penggunaan TI dikhususkan untuk mempresentasikan tujuan dari subyek penelitian dalam menggunakan *tool* dan *software* yang berbeda (Nachmias, 2000).

Di sisi yang lain, ada kesenjangan yang terlihat antara kenyataan dengan hasil analisis penelitian sebelumnya (2013) dimana mahasiswa secara sekilas terlihat berkumpul pada tingkat ketiga (*Applying*) dari Revisi Taksonomi Bloom. Hasil penelitian pada tahun 2015 (Kriestanto, 2015) menunjukkan pengelompokan mahasiswa dengan menggunakan K-Means dengan menggunakan taksonomi Bloom ternyata menunjukkan bahwa sebagian besar kelompok mahasiswa STMIK AKAKOM tergolong ke dalam 3 kelompok besar, yang jika dianalogikan ke dalam bentuk tahapan pada taksonomi Bloom, ketiga kelompok tersebut muncul pada 3 tahapan, yang apabila diurutkan dari paling besar adalah: *Remembering, Analyzing, dan Applying*. Namun, itu tidak berarti sama sekali tidak ada mahasiswa pada 3 tahapan lainnya. Justru sebaliknya, masih cukup banyak mahasiswa yang tersebar di 3 tahapan lainnya (18%-19%). Adapun kemungkinan penyebabnya adalah karena jumlah data yang terlalu sedikit

sehingga hasilnya tidak dapat dilihat dengan lebih jelas. Hasil yang berbeda tampak pada data dari 127 mahasiswa tersebut, ketika dianalisis dengan menggunakan pohon keputusan. Pada hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa STMIK AKAKOM hanya berada pada dua tahapan kognitif Bloom, yakni pada tahapan *Remembering* dan *Creating*.

Keenam kategori pada bagian kognitif Taksonomi Bloom direvisi oleh Anderson & Krathwohl pada tahun 2001 (Churches, 2010) menjadi seperti berikut: 1). *Remember*: Proses mengingat terjadi ketika memori digunakan untuk menghasilkan definisi, fakta atau daftar, atau menyimpan dan mengambil materi. 2). *Understand*: Membangun arti fungsi-fungsi yang berbeda baik itu berupa tulisan maupun gambar. 3). *Apply*: Menggunakan sebuah prosedur dengan cara mengeksekusi atau melakukan implementasi. *Apply* berkaitan dan menunjuk pada situasi ketika material yang dipelajari digunakan dalam bentuk produk seperti model, presentasi, wawancara, dan simulasi. 4). *Analyze*: Memecah material atau konsep menjadi bagian-bagian kecil, menentukan bagaimana bagian-bagian tersebut berhubungan, interelasi dari satu ke yang lain, atau terhadap keseluruhan struktur/tujuan. Tindakan mental meliputi membedakan, mengatur, memberi atribut, serta kemampuan untuk membedakan komponen-komponen tersebut. 5). *Evaluate*: Membuat keputusan berdasarkan kriteria dan standarisasi melalui *checking* dan *critiquing*. 6). *Create*: Menyatukan semua elemen untuk membentuk suatu fungsi atau logika yang utuh; mengorganisasi ulang elemen menjadi suatu pola atau struktur baru dengan *generating, planning, atau producing*.

Pada Gambar 1 menunjukkan perbandingan taksonomi Bloom dengan revisi taksonomi Bloom oleh Anderson & Krathwohl (Churches, 2010). Keenam tahapan tersebut kemudian dianalogikan oleh Churches (2010) ke dalam bentuk Pemanfaatan Teknologi Informasi.



Gambar 1. Taksonomi Bloom dan Revisi Taksonomi Bloom

Kemampuan belajar seseorang sangat beragam, termasuk kemampuan belajar para mahasiswa. Tidak semua memiliki kemampuan yang sama dalam menyerap ilmu pengetahuan yang diberikan dengan sempurna. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (tahun 2010 -2015), keberagaman ini terlihat jelas.

Namun demikian, hasil penelitian tersebut jauh lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian di tahun-tahun sebelumnya. Hal ini sangat mungkin disebabkan karena adanya perubahan dalam materi perkuliahan, pemecahan mata kuliah teori menjadi teori dan praktik, dan juga perubahan kurikulum.

Penelitian ini diangkat bertujuan untuk menggali informasi lebih lanjut mengenai kondisi sebaran mahasiswa STMIK AKAKOM yang sesungguhnya. Oleh karena itu, data yang digunakan dua kali lebih banyak dari penelitian sebelumnya. Analisis yang dilakukan akan menggunakan pohon keputusan ini, karena bertujuan untuk menggali lebih dalam Aspek Kognitif yang terbentuk pada mahasiswa STMIK AKAKOM dalam memanfaatkan Teknologi Informasi. Hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang belum didapat sebelumnya.

Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah: a).Metode yang digunakan dalam proses ini metode pohon keputusan. b). Mahasiswa yang memanfaatkan Teknologi Informasi secara terus-menerus yang dijadikan objek penelitian adalah mahasiswa yang masih aktif kuliah. c). Pengambilan data menggunakan kuesioner dengan sampel

mahasiswa di program studi Teknik Informatika, Sistem Informasi, Teknik Komputer, Manajemen Informasi dan Komputer Akuntansi yang dilakukan secara random. d). Hasil penelitian hanyalah berupa mengenai tahapan pada taksonomi Bloom yang terbentuk dan dilakukan oleh mahasiswa.

Adapun penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut: a). Menggali lebih dalam Aspek Kognitif yang terbentuk pada mahasiswa STMIK AKAKOM dalam memanfaatkan Teknologi Informasi. b). Untuk memperoleh informasi yang belum didapat sebelumnya c). Untuk mengetahui pengaruh penggunaan Teknologi Informasi terhadap kemampuan mahasiswa dalam pemanfaatan dan penerapannya dalam kehidupannya sehari-hari, terutama dalam menunjang proses perkuliahan.

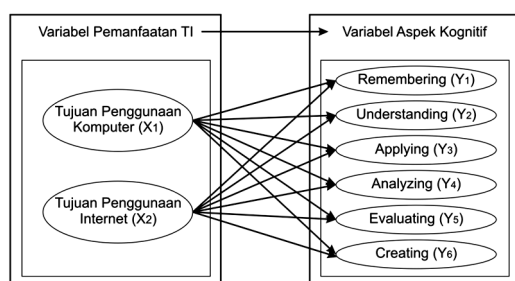
METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan sebagai berikut: 1). Jenis data: meliputi data kualitatif yang merupakan data yang diperoleh dari keterangan responden mengenai pemanfaatan TI dan aspek-aspek dalam tiap tahapan kognitif. 2). Sumber data: meliputi data primer yang didapat dari hasil penyebaran kuesioner terhadap responden dan data sekunder yang didapat dari kajian pustaka, hasil penelitian terdahulu, dan berbagai sumber di internet. Adapun jumlah responden dalam penelitian ini adalah sebanyak 341 mahasiswa dengan metode pengambilan sampel adalah *simple purposive sampling*, dimana

anggota sampel diambil dari populasi yang bersifat homogen.

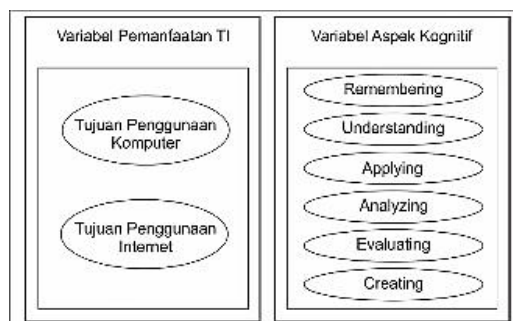
Dalam mengumpulkan data, akan digunakan teknik survei sehingga dibuat sebuah kuesioner yang disusun berdasarkan konstruk-konstruk dari teori-teori yang telah ada. Penelitian ini akan menggunakan teknik *data mining* dengan metode Pohon Keputusan untuk mencari informasi baru yang tidak diperoleh dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Penelitian ini menggunakan model yang hampir mirip dengan Diagram Analisis Korelasi Kanonik pada penelitian tahun 2013 yang tampak seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Analisis Korelasi Kanonik (Kriestanto, 2013)

Oleh karena pada hasil penelitian tersebut terbukti bahwa Variabel Pemanfaatan TI secara signifikan berkorelasi secara bersama-sama dengan Variabel aspek Kognitif, maka pada penelitian ini menggunakan model pengelompokan item kuesioner yang masih sama dengan model pengelompokan item pada penelitian tahun 2015, seperti yang tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Pengelompokan Variabel Penelitian (Kriestanto, 2015)

Proses pelaksanaan ini adalah sebagai berikut: 1). Menyebarkan kembali kuesioner yang telah valid pada penelitian sebelumnya (Kriestanto, 2013) kepada responden baru. 2). Hasil dari semua item kuesioner tersebut akan dikelompokkan berdasarkan variabel-variabel dari penelitian sebelumnya (Kriestanto, 2013) yakni "Pemanfaatan Komputer" dan "Aspek Kognitif". 3). Hitung nilai rata-rata tiap-tiap tahapan Aspek Kognitif. 4). Nilai dari kedua variabel ini dicari nilai rata-ratanya. 5). Dari setiap hasil nilai rata-rata pada tahap 3 dicari nilai tertinggi; mahasiswa yang memiliki nilai tertinggi pada tahapan tertentu digolongkan ke dalam tahapan tersebut. 5). Hasil dari perhitungan nilai rata-rata tersebut diproses dengan menggunakan Pohon Keputusan yang dibagi atas enam tahapan pada aspek kognitif Bloom.

PEMBAHASAN

Hasil perhitungan statistik data kuesioner dari variabel pemanfaatan TI dapat dilihat pada Tabel 1.

Jika dibandingkan dengan nilai statistik Pemanfaatan TI pada penelitian tahun 2015, ada peningkatan nilai sebesar 0,118 poin untuk nilai maksimum; tidak ada peningkatan untuk nilai minimum; dan ada kenaikan yang tidak signifikan untuk nilai rata-rata sebesar 0,029 poin; dan ada penurunan yang tidak signifikan terhadap standar deviasi sebesar 0,022.

Tabel 1. Nilai Statistik Pemanfaatan TI

Statistik	Nilai
Minimum	2.059
Maksimum	4.647
Rata-rata	3.563
StandarDeviasi	0.392

Dan hasil hitungan statistik data kuesioner untuk variabel Aspek Kognitif dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Nilai Statistik Aspek Kognitif

Statistik	Nilai
Minimum	1.618
Maksimum	3.793
Rata-rata	2.571
StandarDeviasi	0.427

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian tahun 2015, maka tidak ada peningkatan nilai minimum; ada peningkatan nilai maksimum sebesar 0,224; peningkatan secara tidak signifikan untuk nilai rata-rata sebesar 0,023; dan peningkatan standar deviasi sebesar 0,023.

Dan nilai statistik gabungan kedua variabel tersebut yang didapat dari 342 mahasiswa dapat tampak pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Statistik Variabel Gabungan

Statistik	Nilai
Minimum	1,883
Maksimum	3,881
Rata-rata	2,713
StandarDeviasi	0,401

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan nilai tertinggi, tidak ditemukan sampel penelitian yang berada pada tingkat Aspek Kognitif "Evaluating". Oleh karena itu, hasil *detailed accuracy by class* dari Gambar 4 menunjukkan hanya ada 5 level Aspek Kognitif dengan total akurasi kebenarannya sebesar 95,3%.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian tahun 2015, ada peningkatan nilai minimum sebesar 0,074; peningkatan nilai maksimum secara tidak signifikan sebesar 0,029; peningkatan nilai rata-rata sebesar 0,328; dan peningkatan nilai standar deviasi sebesar 0,44. Berdasarkan hasil yang tertera pada Gambar 3, diperoleh *confusion*

matrix seperti yang terlihat pada Gambar 4.

=== Confusion Matrix ===

a	b	c	d	e	<-- classified as
258	0	0	0	1	a = Remembering
3	0	1	0	1	b = Analyzing
4	0	48	0	1	c = Applying
1	0	0	3	0	d = Creating
3	0	1	0	16	e = Understanding

Gambar 5. Nilai Matriks Pohon Keputusan

Dari hasil Gambar 4 terlihat bahwa 258 mahasiswa tergolong pada tahap *Remembering*, 16 mahasiswa pada tahap *Understanding*, 48 mahasiswa pada tahap *Applying*, 0 mahasiswa pada tahap *Analyzing*, dan 3 mahasiswa pada tahap *Creating*. Ada tingkat kesalahan penempatan kluster sebesar 1 mahasiswa pada tahap *Remembering*, 4 mahasiswa pada tahap *Understanding*, 5 mahasiswa pada tahap *Applying*, 5 mahasiswa pada tahap *Analyzing*, dan 1 mahasiswa pada tahap *Creating*. Total instan yang diklasifikasikan dengan benar adalah sebesar 95,30% dan kesalahan sebesar 4,69%. Dari hasil ini terlihat bahwa level paling tinggi mahasiswa berada pada tahap pertama, yakni *Remembering*. Perlu diketahui bahwa masing-masing persentase tiap-tiap tahapan tersebut adalah persentase dari seluruh mahasiswa yang dianalisis datanya sehingga jika dijumlahkan totalnya bukanlah 100%.

```

=== Summary ===
Correctly Classified Instances      325      95.3079 %
Incorrectly Classified Instances    16       4.6921 %
Kappa statistic                    0.9742
Mean absolute error                0.0333
Root mean squared error           0.129
Relative absolute error            20.7619 %
Root relative squared error        49.8268 %
Coverage of cases (0.95 level)    95.5337 %
Mean rel. region size (0.95 level) 24.7449 %
Total Number of Instances         342

=== Detailed Accuracy By Class ===

```

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0.996	0.134	0.959	0.996	0.977	0.903	0.972	0.959	Remembering
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.067	Analyzing
	0.906	0.007	0.960	0.906	0.932	0.921	0.991	0.957	Applying
	0.750	0.000	1.000	0.750	0.857	0.865	0.999	0.875	Creating
	0.800	0.009	0.842	0.800	0.821	0.810	0.977	0.778	Understanding
Weighted Avg.	0.953	0.104	0.939	0.953	0.945	0.856	0.973	0.953	

Gambar 4. Hasil Perhitungan menggunakan Pohon Keputusan

Matriks tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar dari mahasiswa AKAKOM memiliki tahap *Remembering*, namun itu tidak berarti level yang lain terabaikan sama sekali. Sisanya dapat

tersebar di tahapan-tahapan lainnya, oleh karena sangat dimungkinkan bagi seorang mahasiswa berada di tahapan lain tanpa harus berada di tahap *Remembering*. Tahapan kognitif tertinggi

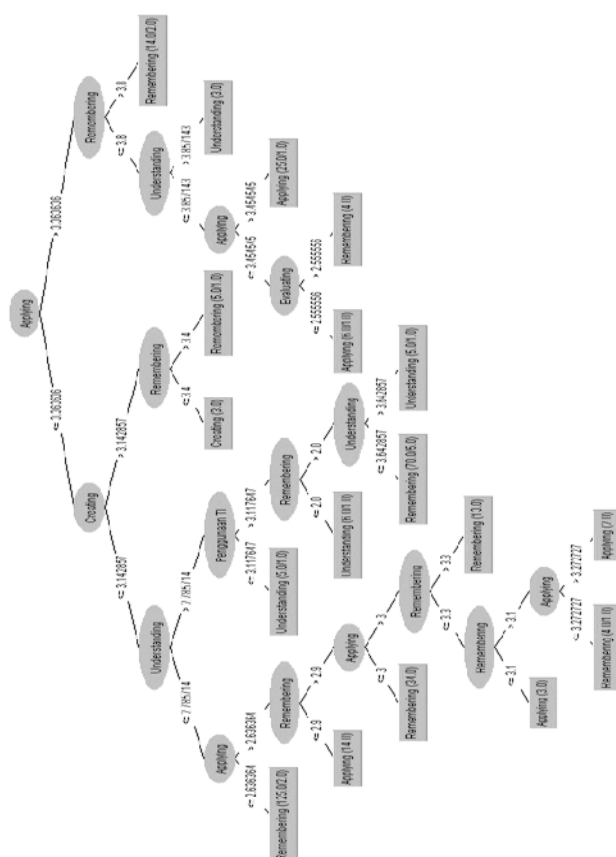
nomor dua adalah *Applying*. Berdasarkan nilai matriks tersebut, dari 48 mahasiswa memiliki tahap *Applying* lebih tinggi dibandingkan lainnya. Apapun diagram pohon-nya dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil Gambar 5, terlihat bahwa *Applying* berada di posisi puncak pohon. Tepat di bawahnya terlihat tahapan *Creating* dan *Remembering*. Hal ini dapat menunjukkan bahwa mahasiswa, dalam pelaksanaan proses belajar-mengajar banyak melibatkan proses aplikasi. Sebagian mahasiswa melakukan tahap *Applying* terlebih dahulu sebelum menghafal (*Remembering*), memahami (*Understanding*), menerapkan (*Applying*), barulah melakukan evaluasi (*Evaluating*). Namun, sebagian besar lagi harus menerapkan *Applying* dahulu sebelum menciptakan sesuatu (*Creating*) barulah proses mengingat (*Remembering*) dan memahami terjadi (*Understanding*).

Adapun hasil dari perhitungan pohon keputusan pada Gambar 5 menunjukkan

perbedaan yang signifikan dengan penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh jumlah sampel yang lebih banyak dan juga karena penerapan metode yang sedikit berbeda. Pada penelitian tahun 2015 pohon keputusan dibuat setelah melakukan analisis dengan K-Means, sementara pada penelitian kali ini analisis dilakukan murni dengan membentuk atribut tambahan untuk menampung nilai tertinggi dari semua variabel penelitian.

Jika dibandingkan dengan pola pembelajaran yang terjadi di kampus saat ini, banyak kegiatan belajar-mengajar berpusat pada kegiatan praktik dan juga praktikum. Kegiatan praktikum dilakukan setiap hari untuk hampir semua mata kuliah dengan jadwal kegiatan dari pukul 08.00-17.00. Oleh karena itu, hasil yang ditampilkan merupakan asumsi bahwa pohon keputusan yang terbentuk merupakan pola belajar mahasiswa dikampus.



Gambar 5. Pohon Keputusan

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: 1). Berdasarkan hasil dari pohon keputusan, terdapat perbedaan hasil analisis dengan penelitian sebelumnya. 2). Secara umum, mahasiswa terbagi atas dua kelompok besar, yakni: kelompok yang belajar mengingat setelah mengaplikasikan, dan kelompok yang belajar menciptakan setelah mengaplikasikan. 3). Kelompok kedua yang disebutkan pada kesimpulan 1 lebih bervariasi dibandingkan kelompok pertama. 5). Pola pohon yang diperoleh dapat menunjukkan pola belajar mahasiswa di kampus.

DAFTAR PUSTAKA

- Churches, A. 2010. *Bloom's Digital Taxonomy v.3.01*.
<http://edorigami.wikispaces.com/file/view/bloom%27s+Digital+taxonomy+v3.01.pdf>, tanggal akses 28 Juli 2016.
- Clark, D. 2007. *Learning Domains or Bloom's Taxonomy*.
<http://www.nwlink.com/~donclark/learning/learning.html>.
- Cohen, L; Manion L; Morrison K. 2000. *Research Methods in Education*. New Jersey: Routledge Falmer.
- Kriestanto, D. 2010. *Analisa Korelasi Kanonik pada Proses Pembelajaran dengan Pemberdayaan Teknologi Informasi*. Majalah FORMAT. Yogyakarta: STMIK AKAKOM.
- Kriestanto, D. 2013. *Analisa Statistik Kemampuan Kognitif dari Penggunaan Teknologi Informasi (Studi Kasus Mahasiswa STMIK AKAKOM Yogyakarta)*. Proceeding SRITI Vol. VII ISSN. 1907-3526, Yogyakarta: STMIK AKAKOM.
- Kriestanto, D; Dini Fakta Sari. 2015. *Clustering Aspek Kognitif Mahasiswa Terhadap Pemanfaatan Teknologi Informasi*. Jurnal Teknologi Informasi Respati Vol. XI Nomor 31 Maret 2016 ISSN: 1907-2430. Yogyakarta: Universitas Respati.
- Nachmias, R; Mioduser D; Shemla A. 2000. *Information and Communication Technologies Usage by Students in An Israeli High School*.
<http://muse.tau.ac.il/publications/ICT.pdf>
- Rockman, S. 2004. *Kamehameha School Maui Laptop Project: Findings from Classroom Observation and Teacher Interview*,
<http://www.rockman.com>.
- Turban, E; Eronson J; Liang T. P; McCarthy R. V. 2005. *Decision Support System and Intelligent System*. Fifth Edition. New Jersey: Pearson Education Inc.