

Jurnal Teknologi

TECHNOSCIENTIA

Vol. 8 No.2 Februari 2016



DAFTAR ISI

Perancangan dan Pengujian Unjuk Kerja Sistem Monitoring Kadar Lemas Berbasis Gypsum Block untuk Memantau Dinamika Tanah <i>Agung Prasetyo, Eka Firmansyah, Lilik Sutiarmo</i>	100 - 106
Peranan Sulfur Dioksida Pada Pembentukan Korosi Logam Dan Implikasinya Bagi Kesehatan Manusia Di Gunung Lumpur, Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah <i>Arie Noor Rakhman</i>	107 - 117
Analisis Pengaruh Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Kualitas Udara Di Kawasan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia <i>Aulia Ulfah Farahdiba, Any Juliani</i>	118 - 126
Identifikasi <i>Provenance</i> Selama Miosen Tengah Hingga Pliosen Di Cekungan Serayu Utara Bagian Barat Di Daerah Kuningan Jawa Barat <i>Bernadeta Subandini Astuti</i>	127 - 132
Efisiensi Phrase Suffix Tree dengan Single Pass Clustering Untuk Pengelompokan Dokumen Web Berbahasa Indonesia <i>Desmin Tuwohingide, Mika Parwita, Agus Zainal Arifin, Diana Purwitasari</i>	133 - 140
Analisis dan Perancangan Arsitektur Teknologi Informasi Berbasis Cloud Computing untuk Institusi Perguruan Tinggi di Sumatra Selatan <i>Edi Surya Negara</i>	141 - 146
Pembuatan Bahan Bakar Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Polietilen, Polistiren Dan <i>Other</i> <i>Gunawan Budi Susilo</i>	147 - 154
Aplikasi Simulasi 3 Dimensi Bangun Ruang Untuk Sekolah Dasar (SD) Berbasis Android <i>Hotmian Sitohang, Muliawardi Astrianingsih</i>	155 - 164
Aplikasi Sistem Pakar Untuk Identifikasi Tingkat Pencemaran Limbah Cair Domestik Berbasis Mobile Android <i>Oktianti Dwi Pratiwi, Ina Agustina, Ucuk Darusalam</i>	165 - 172
Pengukuran Risiko Pada Penerapan Cloud Computing Untuk Sistem Informasi (Studi Kasus Universitas Bina darma) <i>Ria Andryani</i>	173 - 179
Identifikasi Tanda Tangan Statik Menggunakan <i>Backpropagation</i> Dan Alihragam <i>Wavelet Daubechies</i> <i>R. Arum Kumalasanti, Ernawati, B. Yudi Dwiandiyanta</i>	180 - 186
Pemanfaatan Teknologi Augmented Reality Untuk Media Pembelajaran Pengenalan Objek Geometri Berbasis Web <i>Setia Wardani, Marti Widya Sari</i>	187 - 193
Breksi Batu Apung Sebagai Alternatif Teknologi Tepat Guna Untuk Menurunkan Kadar Tss Dan Bod Dalam Limbah Cair Domestik <i>Triatmi Sri Widyaningsih</i>	194 - 201

PERANCANGAN DAN PENGUJIAN UNJUK KERJA SISTEM MONITORING KADAR LENGAS BERBASIS GYPSUM BLOCK UNTUK MEMANTAU DINAMIKA TANAH POLIETILEN, POLISTIREN DAN *OTHER*

Agung Prasetyo¹, Eka Firmansyah², LilikSutiarso³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro FT UGM, ³Fakultas Teknik Pertanian UGM

Masuk: 12 Oktober 2015, revisi masuk: 9 Desember 2015, diterima: 10 Januari 2016

ABSTRACT

Soil moisture sensor (moisture content) is very important in determining the time a crop irrigation, soil wetting depth, the depth of the growth of plant roots and soil wetting sufficiency. This study discusses the design and implementation of the system of measuring soil moisture content of gypsum block based electronic. Measurement data are stored automatically in a database and then performed with a sensor calibration step gravimetric measurement results. The test results demonstrate system performance design performance measurement system with accuracy (%) error rate. Then used to determine gypsum block sensors with good performance.

Keywords: *Moisture soil, Gypsum block, gravimetric*

INTISARI

Sensor kelembaban tanah (kadar lengas) sangat penting dalam menentukan waktu irigasi suatu tanaman, kedalaman pembasahan tanah, kedalaman pertumbuhan akar tanaman dan kecukupan pembasahan tanah. Penelitian ini membahas mengenai rancang bangun dan implementasi sistem pengukur kadar lengas tanah elektronik berbasis gypsum block. Data hasil pengukuran disimpan secara otomatis di database dan selanjutnya dilakukan langkah kalibrasi sensor dengan hasil pengukuran gravimetri. Hasil pengujian kinerja sistem menunjukkan kinerja rancangan sistem pengukuran dengan akurasi (%) tingkat kesalahan. Selanjutnya digunakan untuk menentukan sensor gypsum block dengan kinerja yang paling baik.

Kata Kunci: kadar lengas, gypsum block, gravimetri.

PENDAHULUAN

Manfaat air dalam bidang pertanian adalah sangat penting. Air bagi para petani adalah sumber daya pokok yang menunjang berlangsungnya kegiatan pertanian. Fungsi air dalam pertanian secara umum adalah sebagai irigasi atau pengairan, karena tanpa adanya pengairan yang baik maka hasil dari tanaman yang dikelola oleh petani tidak akan mendapatkan hasil yang maksimal.

Di seluruh dunia, diperkirakan sekitar 68% jumlah air digunakan untuk keperluan irigasi, sehingga banyak dikembangkan sistem yang dijumpai pada area sawah atau ladang dengan sistem pengairan yang cukup canggih.

Dengan mengetahui kadar air dalam suatu tanah dan pengaturan irigasi

yang baik untuk tanaman pertanian maka akan mendatangkan hasil produksi yang lebih baik pula.

Dengan tingkat ketersediaan kadar lengas pada suatu tanaman yang berbeda akan mempengaruhi hasil pertumbuhan yang berbeda pula, dengan mengetahui volume penyiraman yang tepat untuk tanaman, sehingga diperoleh kandungan klorofil dan pertumbuhan yang maksimal, sehingga perlu dipantau tingkat kelembabannya. Teknik pengukuran kadar air tanah diklasifikasikan ke dalam dua cara, yaitu langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung adalah berupa pemisahan air dari matriks tanah dan pengukuran langsung dari jumlah air yang dipisahkan tersebut. Pemisahan air dari matriks tanah dapat

dicapai melalui: (1) pemanasan; (2) ekstraksi dan penggantian oleh larutan; atau (3) reaksi kimia. Jumlah air yang dipisahkan ditentukan dengan: (1) mengukur perubahan massa/berat setelah pemanasan dan (2) pengukuran kuantitatif dari hasil reaksi. Pemisahan air dengan pemanasan biasa disebut dengan metode gravimetri, dan merupakan metode pengukuran secara langsung. Menurut (G. C., And P. A. (T.Y) Ferre Opp), 2002, metode tidak langsung adalah dengan mengukur beberapa sifat fisik atau kimia tanah yang berhubungan dengan kadar air tanah. Sifat ini meliputi konstanta dielektrik (permitivity relatif),

konduktivitas elektrik, kapasitas panas, kandungan ion H, dan kepekaan magnetik. Berlawanan dengan metode langsung, metode tidak langsung bersifat lebih tidak merusak atau nondestruktif, sehingga kandungan air dalam contoh tidak berubah selama pengukuran. Penetapan kadar air tanah dengan neutron probe adalah salah satu cara pengukuran kadar air tanah tidak langsung. Cara ini bersifat tidak destruktif, sehingga pengukuran dapat dilakukan sangat intensif. Dengan menggunakan neutron probe, kadar air tanah dapat ditetapkan pada titik-titik yang sama pada berbagai kedalaman tanah secara berulang-ulang. Oleh karena itu, metode ini sering digunakan dalam penelitian neraca air tanah, penelitian penyerapan air, penelitian pergerakan air tanah, dan lain-lain.

Menurut (Hillel), 1982. dalam penelitian ini akan dikembangkan pada model tak langsung dengan merancang suatu prototipe pengukur kadar lengas dengan menggunakan model gypsum block dan analisis data serta unjuk kerja rangkaian.

Kadar lengas tanah adalah air yang terdapat dalam tanah yang terikat oleh berbagai kaskas, yaitu kaskas ikat matrik, osmosis dan kapiler. Kaskas ikat matrik-dinangkitkan oleh zarah tanah. Kaskas ini meningkat sejalan dengan peningkatan permukaan jenis zarah dan kerapatan muatan elektrostatik zarah tanah. Kaskas ikat osmosis dibangkitkan oleh zat-zat terlarut di dalam air, maka kaskas ini meningkat sejalan dengan peningkatan kepekatan

larutan air. Kaskas ikat kapiler dibangkitkan oleh pori-pori tanah yang berkaitan dengan tegangan muka air. Makin sempit pori tanah berarti kaskas kapiler makin tinggi. Air yang berada pada lapisan atas zone aerasi disebut lengas tanah. Apabila kapasitas menahan air tanah pada zone aerasi telah dipenuhi air, air bergerak ke bawah menuju zone saturasi. Air pada zone saturasi (saturation zone) disebut air tanah. Diatas zone saturasi terdapat kapiler. Air pada daerah kapiler mengisi ruang-ruang pori yang kecil. Selain berasal dari hujan, air kapiler dapat berasal dari air tanah yang terangkat oleh gaya-gaya kapiler (Buckman, 1982).

Kadar lengas yang diukur perlu diubah dari sifat fisis ke sifat listrik dengan menggunakan komponen sensor. Salah satu sensor yang sering digunakan dan bersifat murah adalah *gypsum*. *Gypsum block* adalah alat yang terbuat dari serbuk *gypsum*. *Gypsum block* pertama kali dipakai di bidang pertanian untuk mengukur kelengasan tanah dengan cara dikalibrasi dulu, lalu ditanam di tempat yang diteliti. di bidang teknik sipil *gypsum block* dipakai dalam pengukuran kadar air tanah dengan tujuan agar tidak merusak struktur tanah di sekitar daerah penelitian.

Untuk mengetahui nilai resistansi yang terjadi, kedua kabel dihubungkan dengan *multivibrator* sehingga diperoleh nilai frekuensi dari *gypsum block* tersebut. Kemudian nilai frekuensi setiap *gypsum block* dimasukkan dalam grafik kalibrasi maka diperoleh suatu persamaan hubungan frekuensi dengan gravimetri yang dipakai dalam pengukuran kadar air. (Tri M.W. Dkk, 2012).

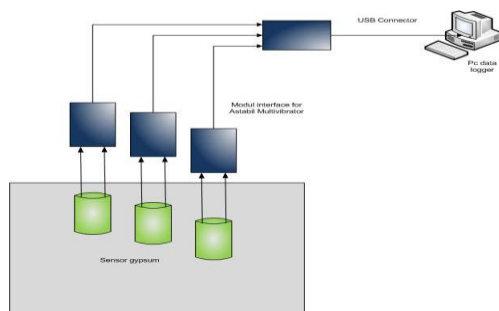
Gypsum block terdiri dari 2 jenis yaitu yang tidak memakai kawat kasa (*konvensional*) dan memakai kawat kasa pada lapisan bagian dalam seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (A Skinner, 1997).

Perancangan sensor kadar lengas diukur menggunakan prototipe alat yang dirancang sekaligus diuji pada penelitian ini. Dalam perancangannya perlu adanya perubahan besaran fisis dari nilai kadar air ke sifat listrik yaitu menggunakan sensor.



Gambar. 1. Sensor *gypsum block*

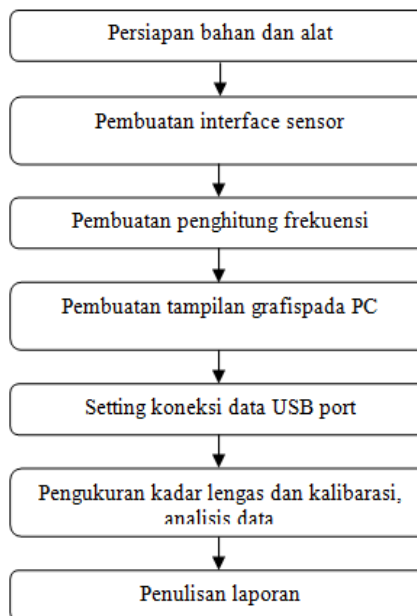
Sensor yang biasa digunakan dan mudah dibuat adalah jenis *gypsum block*. Perubahan sifat hambatan pada elektroda sensor *gypsum* berpengaruh terhadap keluaran pembangkit *astabil multivibrator* yang keluarannya frekuensinya dihitung dan disimpan pada komputer



Gambar 2. Blok diagram rancangan prototipe monitoring kadar lengas dengan sensor *gypsum block*

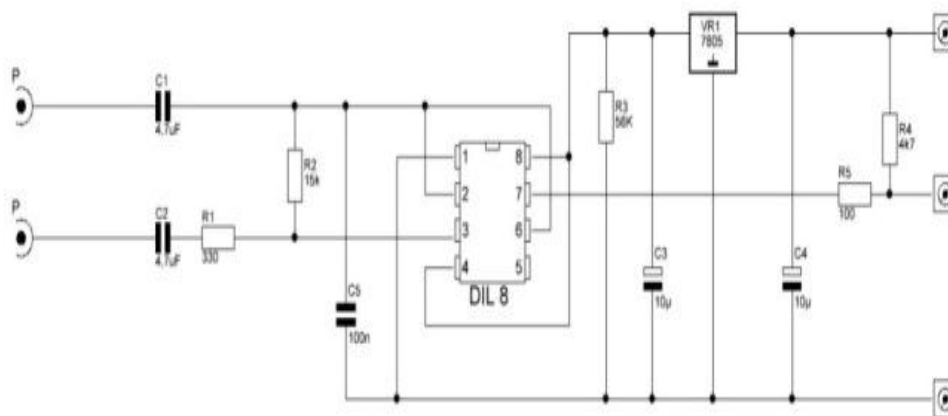
Gambar 2. menunjukkan blok diagram dari prototipe monitoring kadar lengas dengan sensor *gypsum block*

yang terdiri dari empat komponen utama yaitu: *sensor gypsum*, *interface sensor*, penghitung frekuensi, dan modul akuisisi data. Pada Gambar 3. Dijelaskan diagram alir penelitian

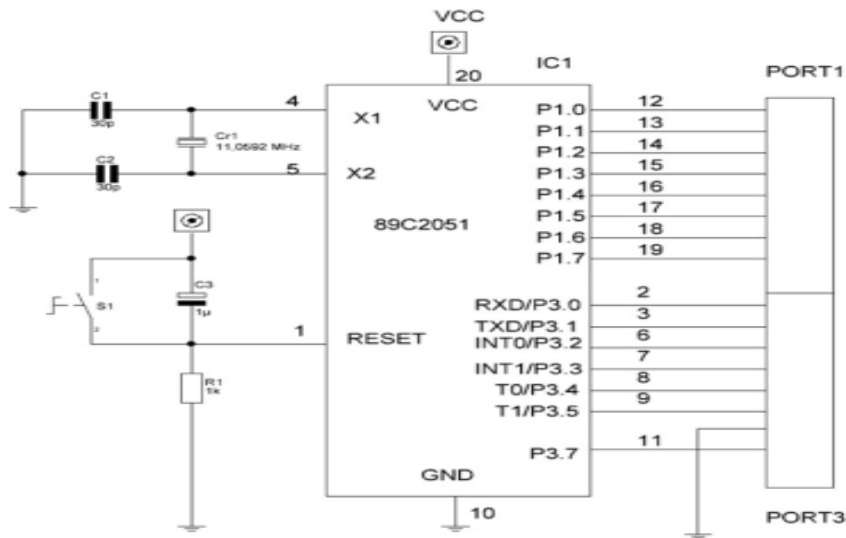


Gambar. 3. Blok diagram alir penelitian

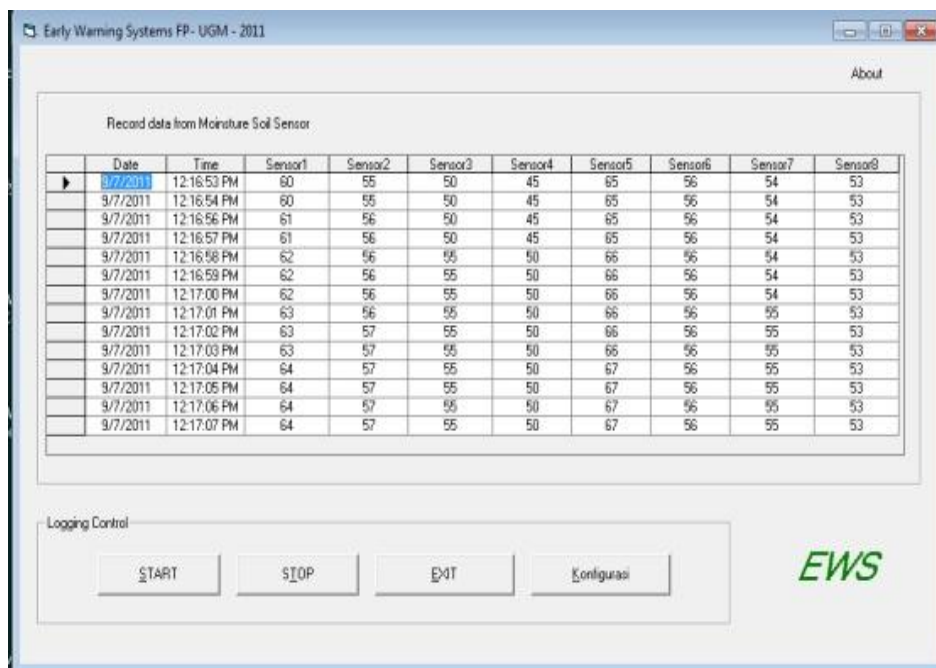
Sensor *gypsum block* yang akan dipergunakan perlu dihubungkan sebuah rangkaian *multivibrator* sebagai pembangkit pulsa yang nantinya menghasilkan pulsa-pulsa.



Gambar 4. Rangkaian *interface* sensor 555



Gambar. 5. Rangkaian skema penghitung frekuensi dengan AT89C2051



Gambar. 6. Tampilan antar muka grafis pada komputer

METODE

Metode pengukuran kadar lengas dengan cara gravimetri digunakan sebagai data kalibrasi dari pengukuran dengan frekuensi pada alat yang dibuat. Langkah-langkah pengambilan data dengan metode gravimetric adalah sebagai berikut: Pertama, mengambil contoh tanah dengan meng-

gunakan *soil sampler*. Tanah diambil pada kedalaman sama dengan penempatan sensor *gypsum* yaitu 10 cm. Tahapan selanjutnya adalah menghitung volume contoh tanah dan menimbanginya kemudian dimasukkan ke dalam oven pengering pada suhu tertentu selama 24 jam dan dilanjutkan dengan menimbang berat keringnya, dengan demikian kadar

lengas dapat dihitung. Rumus perhitungan kadar lengas adalah sebagai berikut:

$$\text{Fraksi berat} = \frac{\text{berat air yang dikandung}}{\text{berat kering contoh tanah}}$$

$$\theta_m = \frac{(b - a) - (c - a)}{(c - a)} = \frac{M_w}{M_s}$$

Dimana a berat cawan (*gram*), b berat cawan sebelum dioven (*gram*), c berat cawan setelah dioven (*gram*), M_w berat air (*mass water*), dan M_s berat tanah (*mass solid*). Langkah berikutnya adalah menghitung prosentase kandungan kadar lengas (P_m): $P_m = \theta_m \times 100\%$

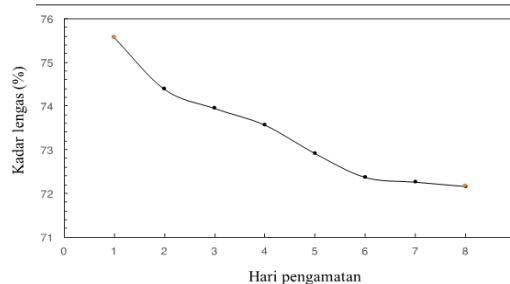
Pengukuran frekuensi pada setiap sensor *gypsum* dilakukan dengan menggunakan prototipe alat yang dirancang yang memfasilitasi proses pembacaan, pengiriman, dan penyimpanan secara otomatis di database yang ada pada komputer.

PEMBAHASAN

Hasil pengukuran frekuensi (hz) dari rancangan prototipe system monitoring kadar lengas berbasis *gypsum* dibandingkan dengan pengukuran kadar lengas tanah hasil gravimetric (P_m). Dilakukan plot perbandingan antara frekuensi dan kadar lengas pada masing masing hari pengamatan(1-8) dan dilakukan analisis menggunakan persamaan linier sederhana guna menentukan persamaan fungsi kalibrasi dari pembacaan frekuensi ke nilai kadar lengas yang sesungguhnya. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan berdasarkan prosentase kadar lengas (P_m) dengan menghitung nilai berat air yang dikandung (M_s), berat kering contoh tanah (M_w), didapat fraksi berat (θ_m) yang disajikan pada Tabel 4.1. Dengan menggunakan persamaan *prosentase massa*, diperoleh prosentase kadar lengas P_m , dalam satuan %. Gambar 7. Menunjukkan plot pengamatan selama 8 hari dari hari pengukuran secara gravimetri.

Tabel 1. Hasil perhitungan kadar lengas tanah secara gravimetri

Hari	a	b	c	M_w	M_s	θ_m	P_m (%)
1	5.6	83.2	49.8	33.4	44.2	0.755656109	75.56561086
2	5.6	96.8	57.9	38.9	52.3	0.743785851	74.37858509
3	5.6	87.7	52.8	34.9	47.2	0.73940678	73.94067797
4	5.6	77.8	47.2	30.6	41.6	0.735576923	73.55769231
5	5.6	75.8	46.2	29.6	40.6	0.729064039	72.90640394
6	5.6	90.4	54.8	35.6	49.2	0.723577236	72.35772358
7	5.6	77.6	47.4	30.2	41.8	0.722488038	72.24880383
8	5.6	84.1	51.2	32.9	45.6	0.721491228	72.14912281



Gambar.7. Kadar lengas tanah selama delapan hari pengamatan

Tabel 2. Hasil pembacaan frekuensi (hz) dari setiap sensor gypsum

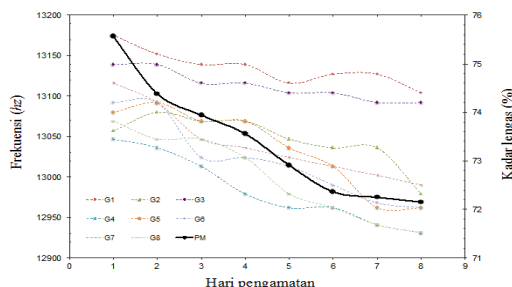
Hari	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
1	13175	13057	13139	13047	13080	13092	13116	13069
2	13152	13080	13139	13036	13092	13092	13092	13047
3	13139	13069	13116	13013	13069	13024	13047	13047
4	13139	13069	13116	12979	13069	13024	13036	13024
5	13116	13047	13104	12962	13036	13013	13024	12979
6	13127	13036	13104	12962	13013	12990	13013	12962
7	13127	13036	13092	12941	12962	12968	13002	12941
8	13104	12979	13092	12931	12962	12962	12990	12931

Berdasarkan data pada tabel 1. dan tabel 2 setelah dibandingkan didapat pada tabel 3. Yang merupakan Frekuensi pembacaan setiap sensor gypsum G1-G8 dengan kadar lengas (K_a) hasil gravimetri

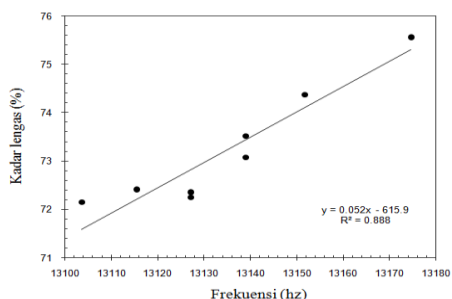
Dari hasil plot frekuensi vs kadar lengas untuk setiap gypsum dapat dilihat didapat regresi linear, seperti pada Gambar. 9,10,11, 12, 13, 14,15, dan 16.

Tabel 3. Frekuensi pembacaan setiap sensor gypsum G1-G8 dengan kadar lengas (Ka) hasil gravimetri

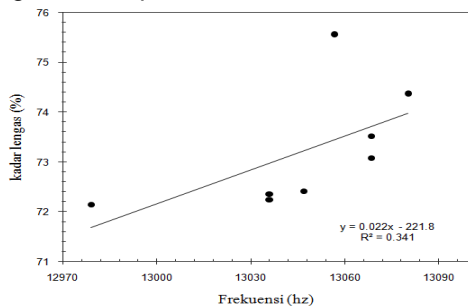
Hari	Frekuensi (hz)								Ka (%)
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	
1	13175	13057	13139	13047	13080	13092	13116	13069	75.56561086
2	13152	13080	13139	13036	13092	13092	13047	13047	74.37858509
3	13139	13069	13116	13013	13069	13024	13047	13047	73.94067797
4	13139	13069	13116	12979	13069	13024	13036	13024	73.55769231
5	13116	13047	13104	12962	13036	13013	13024	12979	72.90640394
6	13127	13036	13104	12962	13013	12990	13013	12962	72.35772358
7	13127	13036	13092	12941	12962	12968	13002	12941	72.24880383
8	13104	12979	13092	12931	12962	12990	12931	12931	72.14912281



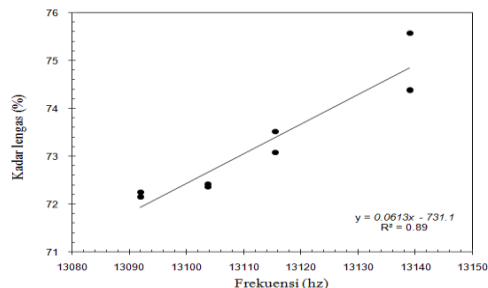
Gambar 8. Perubahan nilai frekuensi (hz) dan kadar lengas (%) terhadap waktu pengamatan



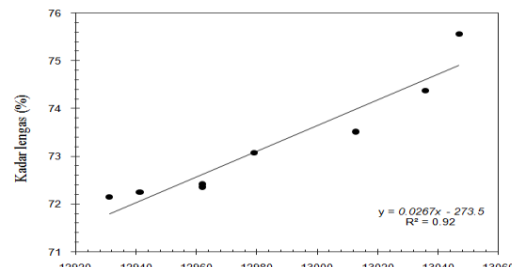
Gbr. 9. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G1



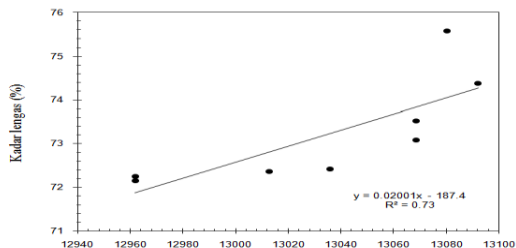
Gambar 10. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G2



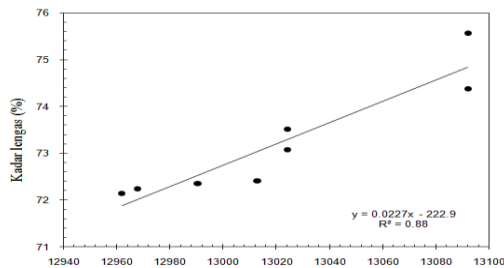
Gambar 11. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G3



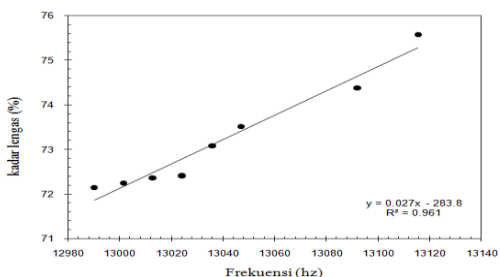
Gambar 12. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G4



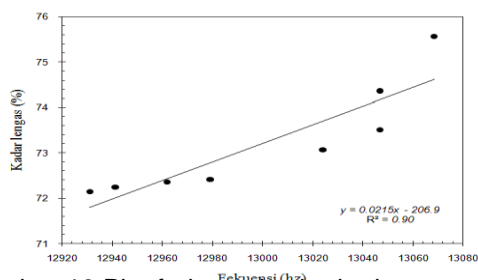
Gambar 13. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G5



Gambar 14. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G6



Gambar 15. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G7



Gambar 16. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G8

Tabel 4. Estimasi perbandingan kadar lengas (Ka Estimasi) dengan dengan kadar lengas aktual hasil gravimetric (Ka Aktual) setiap sensor

Sensor	Persamaan fungsi	R ²	MSE
G1	$y = 0.0525x - 615.9$	0.89	0.23
G2	$y = 0.0254x - 258.2$	0.34	0.75
G3	$y = 0.0613x - 731.1$	0.89	0.14
G4	$y = 0.0267x - 273.5$	0.92	0.10
G5	$y = 0.02001x - 187.4$	0.73	0.34
G6	$y = 0.0227x - 222.9$	0.88	0.15
G7	$y = 0.0267x - 275.9$	0.94	0.06
G8	$y = 0.0215x - 206.9$	0.90	0.12

Hasil perhitungan Estimasi perbandingan kadar lengas (Ka Estimasi) dengan dengan kadar lengas aktual hasil gravimetri (Ka Aktual) setiap sensor seperti pada

Tabel 4. Berdasarkan

Tabel 4, dapat dilihat G7 mempunyai nilai MSE yang paling kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data secara lengkap, dapat disimpulkan kesimpulan beberapa hal yaitu: Sistem yang dibuat sudah berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan, baik sensor gypsum pada interface sensor, penghitung frekuensi, dan penyimpan database dengan *Personal Computer (PC)*. Data yang diperoleh dikumpulkan dan diolah dengan membentuk suatu hubungan antara kadar lengas (ka) dengan frekuensi (hz) digunakan sebagai dasar kalibrasi untuk pada setiap sensor *gypsum block*. Dari 8 (delapan) persamaan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa setiap sensor *gypsum* mempunyai fungsi yang berbeda-beda dengan dengan tingkat kesalahan pengukuran yang paling kecil terjadi pada *gypsum* G7 sebesar 0.06 dan *gypsum* G2 mempunyai nilai paling besar yaitu 0.75.

DAFTAR PUSTAKA

- A Skinner, "Resurrecting The Gypsum Block For Soil Moisture Measurement," Measurement Engineering Australia,
Buckman, Irigasi Dan Pengolahannya. Jakarta: Lp2es, 1982.
G. C., And P. A. (T.Y) Ferre Opp, The Soil Phase. Methods Of Soil Analysis. Madison, Wi 5371, Usa: Soil Science Society Of America, 2002.
Tri M.W. Dkk, "Penggunaan Gypsum Block Untuk Mengukur Kadar Air," 2012.

**PERANAN SULFUR DIOKSIDA PADA PEMBENTUKAN KOROSI LOGAM
DAN IMPLIKASINYA BAGI KESEHATAN MANUSIA DI GUNUNG LUMPUR,
DESA KUWU, KECAMATAN KRADENAN, KABUPATEN GROBOGAN,
PROPINSI JAWA TENGAH**

Arie Noor Rakhman

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 2 September 2015, revisi masuk: 11 Nopember 2015, diterima: 5 Desember 2016

ABSTRACT

This research aims to review the existence of sulfur dioxide result of the mud volcanoes Bledug Kuwu. Research sites in the Kuwu Area, Kradenan District, Grobogan Regency, Central Java Province. Utilization of research results for the potential of sulfur dioxide's influence for human health by identification of the nature of corrosion metal formed. The method used in the form of field and laboratory, that was performed by comparing some of physical and chemical characteristic of mud and water. The determination supported by observation the nature of corrosion metal in the field. By recognizing geology medical condition following corrosion metal identification, its obtained benefit to analyze the potential an impairment of health and directive treatment. Farther away from the center of the mud volcano, the potential of sulphur gas pollution tends to be low. Sulphur content less than 73,83 ppm to 10,90 ppm. Pollution influenced by geogen and biogen, that it was identified from the growth of vegetation and corrosive metal existence. Vegetation can live starting 200 meters from the center of the mud volcano and fertile at more than 300 meters. This were in accordance with the existence of corrosion (rusts) on metal that its more vulnerable when approaching to the center of the mud volcano. Potential an impairment of health are irritation respiratory systems, irritation of the windpipe, acute toxicity for the old man and there are had the disease chronic in cardiovascular respiratory system. Hence tourist development should be accompanied by medical equipment, awareness of the use of mask to anticipate respiratory disorders, socialization for visitors and the community of the most sensitive due to pollutants sulfur dioxide.

Keywords: *mud volcano, sulfur, corrosion, vegetation, health.*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan gas sulfur dioksida (SO₂) produk letupan gunung lumpur Bledug Kuwu di Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah. Identifikasi potensi pengaruh keberadaan gas sulfur dioksida tersebut bagi kesehatan manusia dilakukan dengan mengobservasi keberadaan korosi logam yang terbentuk oleh gas tersebut. Metode yang digunakan berupa analisis pada sampel lumpur dan air yang dilakukan di lapangan maupun di laboratorium. Data yang dikumpulkan meliputi sifat fisik, sifat kimia, sifat korosif logam serta data sekunder pendukung dari karakter lumpur yang sejenis. Dengan mengenali kondisi geologi medis berikut identifikasi korosi logam, diperoleh manfaat untuk menganalisis potensi gangguan kesehatan berikut arahan penanganannya. Semakin jauh dari titik semburan lumpur dan gas Bledug Kuwu, semakin rendah potensi pencemaran gas belerang (kandungan sulfur 73,83 ppm berkurang hingga 10,90 ppm). Pencemaran gas belerang dipengaruhi faktor geogen dan biogen. Keberadaan pencemaran sulfur dioksida teridentifikasi melalui perkembangan vegetasi dan sifat korosif logam. Keberadaan vegetasi yang mulai dapat hidup mulai 200 meter dari titik letupan gas gunung lumpur dan vegetasi yang subur pada jarak lebih dari 300 meter dari titik letupan gas gunung lumpur. Semakin mendekati titik semburan lumpur dan gas Bledug Kuwu, semakin rentan dijumpai korosi (karat) pada logam. Potensi gangguan kesehatan oleh

¹ arie_rakhman@akprind.ac.id

pencemaran gas belarang berupa iritasi sistim pernafasan, resiko iritasi tenggorokan bagi penderita yang sensitif, serta berpotensi menyebabkan toksisitas akut bagi orang yang tua dan penderita yang mengalami penyakit kronis pada sistem pernafasan kardiovaskular. Oleh karena itu guna pengembangan Bledug Kuwu sebagai obyek wisata perlu didukung kelengkapan medis, kesadaran penggunaan masker sebagai antisipasi gangguan pernafasan, serta sosialisasi peringatan bagi pengunjung ataupun masyarakat sekitar yang mempunyai gejala penyakit sensitif gangguan polutan SO₂.

Kata kunci: gunung lumpur, sulfur, korosi, vegetasi, kesehatan.

PENDAHULUAN

Semburan lumpur Bledug Kuwu di Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah diinterpretasikan merupakan bagian dari fenomena geologi yaitu produk aktivitas gunung lumpur (*mud volcano*), berupa keluarnya air lumpur atau lempung ke permukaan bumi. *Mud volcano* merupakan gejala alam yang banyak dijumpai pada bagian timur Pulau Jawa, dimana hal tersebut mempunyai hubungan dengan keterdapatn cebakan migas di bawahnya. Dalam catatan sejarah, Bledug Kuwu sudah terjadi jauh sebelum jaman Kerajaan Mataram Kuno (732M – 928M) (Giwangkara, 2006; Satyana, 2007). Selain di Bledug Kuwu, fenomena gunung lumpur juga terdapat di Sangiran Dome; Bangkalan, Madura; Semolowaru, Gunung Anyar di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya serta Sedati, Porong, Sidoarjo, Jawa Timur (Anonim, 2006).

Menurut Kadar dkk. (2007) dalam Anonim (2013), keberadaan fenomena semburan lumpur merupakan bagian dari gunung lumpur yang sebarannya membentuk suatu kelurusan. Lumpur atau *mud volcano* tersebut yang terbentuk sejak jutaan tahun lalu (5 juta tahun) tersebut dapat menyembur ke permukaan hingga kini dikarenakan tekanan tektonik. Lumpur tersebut merupakan bagian dari jalur *Active Mud Volcano* yang membentang dari Purwodadi – Cepu – Bojonegoro – Porong (Ibrahim, dkk., 2010). Secara fisiografi regional, Kuwu termasuk ke dalam Zona Randublatung di Jawa Timur sebagai bagian dari pertemuan dua zona yaitu Zona Rembang dan Zona Kendeng (Bemmelen, 1949). Sebaran Zona

Randublatung memanjang dari Semarang hingga Surabaya dengan dimensi panjang kurang lebih 250 kilometer dan lebar kurang lebih 10 kilometer. Sebagai bagian pertemuan Zona Rembang dan Zona Kendeng, maka secara struktur bawah permukaan Zona Randublatung terindikasikan sebagai zona segitiga (*triangle zone*).

Bledug Kuwu merupakan manifestasi gunungapi lumpur yang terbentuk karena gas alami yang naik ke permukaan melalui media struktur bawah permukaan dan membawa lumpur yang densitasnya lebih ringan dari sedimen di sekitarnya. Proses terjadinya letupan dikarenakan adanya tekanan dari bawah yang mampu mendorong naik batuan yang dilaluinya. Anomali daerah Bledug Kuwu berasal dari batuan yang mengalami patahan, yang memanjang dari arah barat daya menuju timur laut (Indriana, dkk., 2007).

Aktivitas gunung lumpur Bledug Kuwu berupa letupan gelembung lumpur raksasa berwarna coklat kehitaman yang mengandung garam (NaCl) beserta gas yang mengandung unsur belerang (S) dan hidrokarbon. Letupan lumpur itu diduga berasal dari reaksi kimia antara gas bumi dan air laut yang menghasilkan gas karbon dioksida dan sulfur dioksida. Jika gunung lumpur meletus, akan mengeluarkan gas dalam jumlah yang banyak, sehingga bisa menimbulkan resiko afiksiasi (penyakit pernafasan) pada manusia dan hewan. Selain itu juga bisa menyebabkan kematian mendadak. Awan gas yang terbentuk juga bisa terbakar (Anonim, 12 September 2006). Paparan polutan berupa sulfur dapat memicu gangguan pernafasan, kanker dan beberapa penyakit kardiovaskular (Anonim, 21 Februari 2015). Pada tingkat aktivitas tertentu gas sulfur dioksida dapat mempengaruhi lingkungan

tersebut berupa korosi yang didominasi proses sulfidasi oleh agen sulfur yaitu sulfur dioksida (SO_2) (Adnyana, 2006; Sundjono, 2008; Setiawan dan Priyotomo, 2008).

Secara geologi, produk letupan ataupun letusan gunung lumpur berupa aktivitas pelepasan gas sulfur dioksida melalui struktur bawah permukaan. Produk letupan gunung lumpur mempunyai implikasi bagi kesehatan manusia di sekitar Bledug Kuwu, bisa berakibat langsung maupun tidak langsung, ataupun bisa mempunyai dampak kesehatan yang diketahui dalam jangka waktu yang pendek maupun panjang/lama. Lingkungan sulfida di Bledug Kuwu diduga juga turut mempengaruhi sifat korosi logam di sekitar Bledug Kuwu. Oleh karena itu, keberadaan peranan sulfur dioksida pada pembentukan korosi logam dan implikasinya bagi kesehatan manusia di gunung lumpur, Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah menarik untuk diteliti, mengingat sepanjang pengetahuan penulis, hingga kini belum teridentifikasi pengaruh sulfur dioksida dengan pendekatan karakteristik sifat korosi logam di sekitar Bledug Kuwu. Sehingga harapan ke depan, hasil penelitian ini dapat bermanfaat memberi informasi metode pengenalan inisiasi sulfur dengan selidik sederhana dan arahan rekomendasi penanganan medis atas potensi bencana geologi yang dapat ditimbulkan oleh fenomena gunung lumpur baik di Desa Kuwu, ataupun di tempat lain, sepanjang jalur *Active Mud Volcano* yang membentang dari Purwodadi – Cepu – Bojonegoro – Porong.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan gas sulfur dioksida produk letupan gunung lumpur Bledug Kuwu di Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah melalui pengidentifikasian pengaruh sulfur dioksida terhadap pembentukan korosi logam di sekitar Bledug Kuwu; dan mengetahui potensi pengaruh keberadaan gas sulfur dioksida tersebut

bagi kesehatan manusia. Ke depan, penelitian ini diharapkan dapat memberi nilai kontribusi manfaat untuk membantu masyarakat di dalam mengenali gangguan kesehatan adanya inisiasi sulfur secara sederhana, khususnya di sekitar aktivitas letupan ataupun letusan Bledug Kuwu yang tidak menutup kemungkinan oleh faktor kontrol geologi juga dapat dimanfaatkan masyarakat di sepanjang jalur *Active Mud Volcano* yang membentang dari Purwodadi – Cepu – Bojonegoro – Porong.

METODE

Metode penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu tahapan studi pustaka, penelitian di lapangan, analisis di laboratorium / studio. Data yang telah terkumpul kemudian disintesa guna mendapat kesimpulan dan saran. Masing-masing tahap tersebut akan diuraikan sebagai berikut.

Penelitian di lapangan meliputi pengambilan data karakteristik air dan lumpur. Pengujian sifat fisik dan kimia baik untuk sampel air dan lumpur dilakukan setelah pengambilan data karakteristik lumpur selesai dilakukan. Pengambilan data di lapangan meliputi: plotting lokasi pengamatan; identifikasi/pendeskrripsian air, lumpur dan korosi logam; pencatatan data geologi serta pengambilan sampel air dan lumpur. Penelitian lapangan baik untuk tahapan pengambilan data karakteristik sifat fisik lumpur memerlukan beberapa bahan dan perlengkapan, antara lain: bahan dana peralatan utama yaitu: lumpur, air, logam berkarat; perangkat sekop, ember besar, ember kecil, cangkul, plastik sampel, jergen sampel ukuran 5 dan 10 liter, palu geologi, kompas geologi, lup, komparator, termometer, kertas lakmus, meteran, tali, dan lembaran plastik; bahan pendukung yaitu peta rupa bumi digital Indonesia skala 1 : 25.000 dan peta geologi regional daerah penelitian skala 1 : 100.000, alat *global positioning system* (GPS) seri GPSMAP 62s, buku catatan lapangan, kamera digital, serta seperangkat alat tulis dan gambar. Sampel air dan lumpur diambil pada lokasi dekat keluarnya letupan gas dan

lumpur. Pengambilan sampel tiap titik lokasi pengamatan dilakukan dengan memenuhi kriteria teknik pengambilan dan jenis analisis laboratorium yang akan dilakukan. Teknik pengambilan sampel lempung mempertimbangkan jenis sampel yaitu sampel terganggu (*disturb sample*).

Pengambilan sampel lumpur dan air di Bledug Kuwu dilakukan di dekat semburan lumpur. Lokasi pengambilan sampel tersebut berada pada posisi koordinat 07°07'03,50" LS 111°07'17,9" BT. Sampel lumpur berkode sampel BK 02/B dan sampel air berkode sampel BK 03/A diambil untuk analisis sifat fisik dan kimia. Sampel air lainnya diambil pada posisi koordinat 07°06'57,07" LS 111°07'17,40" BT, di titik sebaran lumpur terluar. Sampel air pada lokasi tersebut berkode sampel BK 01/A untuk analisis sifat fisik dan kimia air. Sampel lumpur sebagai sampel jenis terganggu (*disturb sample*) diambil pada kedalaman 40 cm dari permukaan lumpur. Pengambilan data lumpur secara langsung di lapangan dengan melakukan pengamatan terhadap sifat fisik lumpur, seperti: warna, ukuran butir, sifat liat, vegetasi, kondisi keairan, kadar air, dan komposisi mineral penyusun lumpur. Pengamatan data pendukung lainnya juga dilakukan seperti pengamatan kondisi morfologi, geologi dan lingkungan untuk mengetahui faktor pengaruhnya terhadap sifat lumpur di daerah penelitian.

Analisis laboratorium yang dilakukan untuk sampel lumpur berupa analisis sifat fisik dan kimia; sedangkan untuk sampel air dilakukan analisis kimia. Analisis sifat fisik berupa ukuran butir, plastisitas, sifat liat dan mineral penyusun lumpur. Analisis kimia yang dilakukan pada sampel lumpur dan air dengan metode spektrofotometri UV-vis terhadap kandungan sulfur. Analisis sifat fisik lumpur dilakukan di Laboratorium Geologi Sumber Daya Mineral, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta. Pengujian kimia dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Data primer berupa sifat fisik dan kimia dari sampel lumpur dan air yang

terambil di lapangan dan hasil analisis laboratorium disinergikan dengan data sekunder dari model konsep geologi dan peneliti terdahulu untuk menghasilkan data hasil sintesa. Sintesa data digunakan untuk pendekatan konsep teori geologi berupa pemodelan kondisi geologi pengontrol sifat fisik dan kimia lumpur berikut faktor pengaruhnya terhadap kondisi lingkungan sekitarnya. Dari hasil analisis serta sintesa data diperoleh kesimpulan berikut saran guna memberikan arahan rekomendasi rekayasa geologi medis bagi masyarakat sekitar Bledug Kuwu.

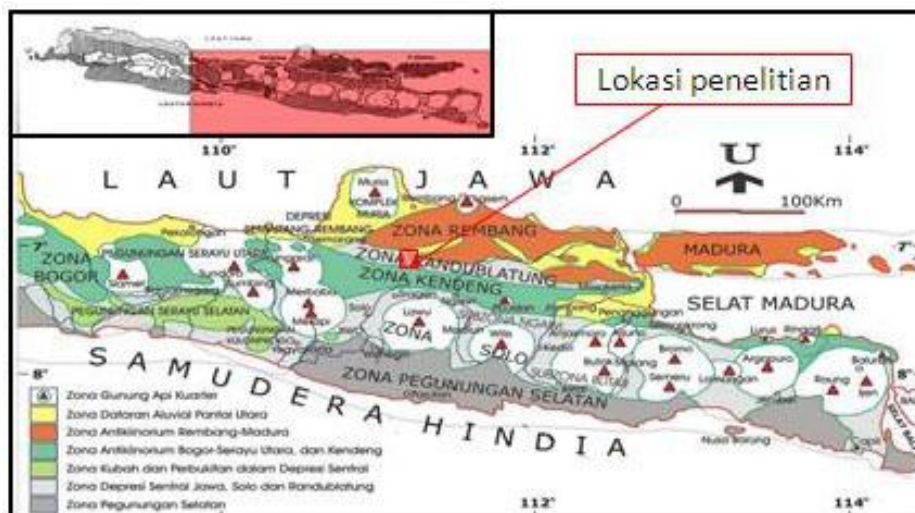
Lokasi penelitian berada di titik lokasi letupan gas dan lumpur Bledug Kuwu dan sekitarnya, cakupan dalam wilayah administrasi Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah. Lokasi penelitian berjarak kurang lebih berjarak 28 km ke arah timur (Cepu, Blora) dari Kota Purwodadi, dimana Kota Purwodadi berjarak kurang lebih 123 kilometer ke arah utara - timur laut Kota Yogyakarta. Posisi astronomis lokasi penelitian berada pada posisi koordinat 7°06'43,55" - 7°07'13,94" LS dan 111°06'36,03" - 111°07'29,64" BT.

PEMBAHASAN

Morfologi daerah penelitian merupakan dataran. Litologi penyusun dataran merupakan endapan material urai yang berukuran lempung hingga pasir produk gunung lumpur Bledug Kuwu. Lumpur menghasilkan bentukan pengangkatan (*uplift*) berupa naiknya permukaan atau elevasi permukaan tanahnya bertambah, membentuk morfologi gunung lumpur. Menurut Bemmelen (1949) dan Kadar dan Sudijono (1993), Bledug Kuwu secara fisiografi berupa dataran di utara Jawa Tengah bagian dari Zona Randublatung. Menurut Kadar dkk. (2007) dalam Anonim (Agustus, 2013), keberadaan fenomena semburan lumpur merupakan bagian dari gunung lumpur yang sebarannya membentuk suatu kelurusan. Kelurusan ini mengikuti jalur *Active Mud Volcano* mulai dari Purwodadi – Cepu – Bojonegoro – Porong (Ibrahim, dkk., 2010) sehingga dengan demikian selain

di Bledug Kuwu, juga dijumpai tempat lain. Fenomena gunung lumpur juga terdapat di Sangiran Dome; Bangkalan, Madura; Semolowaru, Gunung Anyar di Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya serta Sedati, Porong, Sidoarjo, Jawa Timur (Anonim, 2006; Istadi, dkk., 2009 dalam Mazzini, dkk., 2011; Istadi, 2012; Zaennudin, dkk., 2010 dalam Anonim, 2013). Jalur *Active Mud Volcano* secara fisiografi merupakan bagian dari Zona Randublatung. Menurut Suprpto, dkk. (2007), Zona Randublatung yang dikontrol oleh pertemuan Zona Rembang dan Zona Kendeng dimana Zona Rembang merupakan daerah paparan dan *slope* yang dicirikan dengan dominasi sesar naik yang mengarah (*vergence*) ke selatan, sedangkan Zona Kendeng merupakan *slope* dan *bathyal*

dengan dominasi sesar naik ke arah utara. Pertemuan tersebut membentuk Zona Randublatung yang berupa zona yang sangat sempit, memanjang dan sangat dalam, berupa *subsided triangle zone* dengan *subthrust structure* di bawah zona sesar naik. Sebagai bagian pertemuan Zona Rembang dan Zona Kendeng, maka secara struktur bawah permukaan Zona Randublatung terindikasikan sebagai zona segitiga (*triangle zone*) yang diapit zona-zona sesar yang mempunyai arah dan kemiringan yang saling berlawanan (Bemmelen, 1949). Geomorfologi daerah penelitian dapat diinterpretasikan merupakan bagian dari fisiografi dataran yang sebarannya dikontrol oleh peran struktur geologi regional.



Gambar 1. Fisiografi regional daerah penelitian (Bemmelen, 1949). Bledug Kuwu secara fisiografi berupa dataran di utara Jawa Tengah bagian dari Zona Randublatung yang diapit antara Zona Rembang dan Zona Kendeng.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, keberadaan gunung lumpur (*mud volcano*) ada di beberapa lokasi di daerah Kuwu. Selain gunung lumpur di posisi koordinat 7°07'03,90" LS 111°07'17,61" BT, kenampakan gunung lumpur juga dijumpai di posisi koordinat 7°07'04,21" LS 111°07'14,85" BT dan 7°07'09,42" LS 111°06'36,03" BT. Keberadaan gunung lumpur tersebut mempunyai kecenderungan membentuk suatu kelurusan barat – timur. Pola

kelurusan tersebut dapat teramati baik dengan observasi data raster pada kenampakan citra satelit Google Earth. Keberadaan sesar ataupun rekahan sebagai zona lemah mempunyai pola kelurusan (Billings, 1954). Menurut Indriana, dkk. (2007), berdasarkan hasil penelitian geofisika atas pengamatan anomali bawah permukaan dengan menggunakan metode potensial diri dan aplikasi software Surfer maka dapat diperoleh interpretasi bahwa anomali

daerah Bledug Kuwu berasal dari batuan yang mengalami patahan, yang memanjang dari arah barat daya menuju timur laut. Patahan yang terjadi akan mengakibatkan keluarnya aliran gas ke permukaan bumi melalui batuan yang mudah dilaluinya. Material dari dalam bumi akan keluar ke permukaan karena di bawah permukaan bumi suhu dan tekanannya besar. Bila batuan dasarnya sangat keras maka material dengan tekanan besar ini seperti terperangkap dan tidak bisa keluar. Material dari dalam bumi ini dapat keluar ke permukaan jika terdapat rekahan, patahan, ataupun karena adanya aktifitas eksplorasi. Keberadaan pola kelurusan sebaran gunung lumpur menurut Ibrahim, dkk (2010) terbentuk sejak jutaan tahun lalu (5 juta tahun) tersebut dapat menyembur ke permukaan hingga kini dikarenakan tekanan tektonik. Lumpur tersebut merupakan bagian dari jalur *Active Mud Volcano* yang membentang dari Purwodadi – Cepu – Bojonegoro – Porong. Semburan lumpur ataupun letupan gas pada Bledug Kuwu terbentuk dikarenakan adanya gas alami yang naik ke permukaan melalui media struktur bawah permukaan dan membawa lumpur yang densitasnya lebih ringan dari sedimen di sekitarnya. Proses terjadinya letupan dikarenakan adanya tekanan dari bawah yang mampu mendorong naik batuan yang dilaluinya. Keberadaan pola kelurusan sebaran gunung lumpur secara lokal diperkirakan oleh karena pengaruh kontrol struktur geologi bawah permukaan di daerah penelitian.

Lumpur di daerah penelitian berwarna coklat kehitam-hitaman hingga hitam, mempunyai karakteristik sifat fisik semakin jauh dari titik letupan lumpur menjadi lempung hitam yang mengering, keras dan dijumpai adanya rekahan-rekahan. Semakin mendekati titik letupan lumpur, lempung bersifat liat, plastis, kadar airnya lebih banyak, warna cenderung hitam kecoklat-coklatan hingga coklat kehitam-hitaman, mudah ambles jika diinjak. Hasil penelitian kesebandingan antara sampel lumpur di Kuwu dengan sampel lumpur di Porong berdasarkan analisis XRD diketahui adanya mineral lempung yaitu smektit

(montmorilonit) sebagai penyusun utama lumpur atau lempung tersebut. Karakteristik lempung jenis montmorilonit mudah mengembang dan menyusut oleh pengaruh kandungan kadar air (Grim, 1968; Chen, 1975; Brand dan Brenner, 1981; Bowles, 1984). Berdasarkan ciri fisik dan keteknikannya, material utama penyusun lumpur Bledug Kuwu adalah lempung montmorilonit.

Letupan lumpur di daerah penelitian membentuk kerucut seperti gunung merupakan hasil letusan lumpur, gas, batuan, belerang dan garam ke permukaan. Letupan gelembung lumpur raksasa mencapai kurang lebih 5 meter berinterval waktu antara 2 hingga 3 menit dengan pola berpindah-pindah tempat dengan diikuti asap putih. Menurut informasi penduduk setempat, letupan Bledug Kuwu pernah mencapai 10 meter dengan interval waktu 5 menit. Letupan gelembung lumpur disertai dengan keluarnya air dan garam serta gas yang berbau tajam. Letupan lumpur berwarna coklat kehitam-hitaman. Hasil penelitian kesebandingan antara sampel lumpur di Kuwu dengan sampel lumpur di Porong berdasarkan analisis XRD diketahui adanya indikasi kehadiran halit (NaCl). Keberadaan air asin di daerah penelitian digunakan penduduk setempat untuk diolah menjadi garam dapur. Menurut Giwangkara (2006), garam dapur produk dari Bledug Kuwu mempunyai kandungan yodium dengan kadar yang lebih tinggi dibandingkan garam dapur olahan dari air laut, namun demikian terindikasi adanya potensi kandungan sianida. Gas yang terdapat pada letupan Bledug Kuwu merupakan gas metan biogenik (*biogenic methane gas*) (Giwangkara, 2006). Gas tersebut merupakan hasil dari proses diagenesis dan biasa terjadi pada kedalaman 0 sampai 4 km. Gas terbentuk dari sisa jasad mahluk hidup serta aktifitas jasad renik anaerob pada kondisi temperatur tinggi ($\pm 100 - 125^{\circ}\text{C}$) dan tekanan dari beban sedimen di atasnya. Air formasi yang ikut terbawa keluar saat terjadi letupan gas mempunyai kadar garam (salinitas) yang tinggi. Sifat letusan ataupun letupan gunung lumpur yang disertai dengan keluarnya gas dan air

(kadang-kadang juga minyak) dengan kuat, bahkan dengan suara ledakan sangat dipengaruhi oleh iklim dan juga jumlah lempung yang dikeluarkan. Besarnya intensitas dan besar letupan lumpur di daerah penelitian diperkirakan dipengaruhi oleh komposisi dari *mud*.

Keberadaan gas sulfur dioksida di daerah penelitian terindikasi dari bau gas yang tajam menyengat, busuk, tidak berwarna. Hasil analisis spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) menunjukkan bahwa semakin jauh dari titik semburan lumpur dan gas Bledug Kuwu (7°07'03,90" LS; 111°07'17,61" BT), semakin rendah potensi pencemaran gas tanah. Oksidasi dari mineral-mineral sulfida yang dipengaruhi oleh mikroorganisme, seperti pirit (FeS₂) dapat menghasilkan sulfat (Achmad, 2004). Keberadaan faktor biogen berupa

belerang, dimana kandungan sulfur 73,83 ppm berkurang hingga 10,90 ppm (Tabel 1). Hasil penelitian kesebandingan antara sampel lumpur di Kuwu dengan sampel lumpur di Porong menggunakan analisis XRD diketahui adanya indikasi kehadiran pirit (FeS₂). Kandungan kimia SO₄ pada sampel air asin pada Bledug Kuwu mencapai 27,29 ppm (Burhanudin, 2010 dalam Rizqiya, 2014). Belerang dalam air, dalam kondisi anaerobik, SO₄ dapat direduksi oleh aktivitas bakteri menjadi gas H₂S yang menyebabkan bau "telur busuk" yang dikeluarkan oleh banyak air yang tergenang dan air-air

aktivitas mikroorganisme diperkirakan turut berperan terhadap keberadaan gas belerang di daerah penelitian. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Hasil analisis Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis)

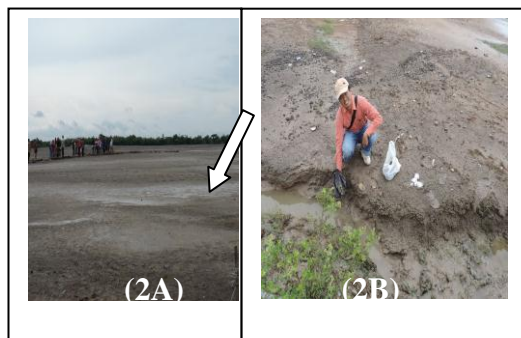
Kode Sampel	Koordinat (LS dan BT)	Sulfur (ppm)	Keterangan
BK 02/B	07°07'03,50"; 111°07'17,90"	64,57	Sampel lumpur, ± 10 meter ke utara dari titik semburan <i>mud volcano</i>
BK03/B	07°07'03,50"; 111°07'17,90"	73,83	Sampel air bercampur lumpur, ± 10 ke utara meter dari titik semburan <i>mud volcano</i>
BK 01/A	07°06'57,07"; 111°07'17,40"	10,90	Sampel air bercampur lumpur, ± 200 meter ke utara dari titik semburan <i>mud volcano</i>

Selain hal tersebut di atas, menurut Indriana, dkk. (2007) berdasarkan hasil investigasi geofisika interpretasi bawah permukaan Bledug Kuwu dengan metode potensial diri (SP) diketahui bahwa potensial diri umumnya berhubungan dengan perlapisan tubuh mineral sulfida (*weathering of sulphide mineral body*), perubahan dalam sifat-sifat batuan (kandungan mineral) pada daerah kontak - kontak geologi, aktifitas bioelektrik dari material organik, korosi, perbedaan suhu dan tekanan dalam fluida di bawah permukaan dan fenomena-fenomena alam lainnya. Terjadinya gunung lumpur (*mud volcano*) berasosiasi dengan lapisan sedimen yang belum terkompaksikan, mempunyai tekanan tinggi dan mengakibatkan

timbulnya diapir dari serpih ataupun penusukan oleh serpih, atau disebut sebagai *over pressured area*, yaitu daerah tekanan tinggi yang tekanan serpihnya lebih besar daripada tekanan hidrostatik. Komposisi dari *mud* tersebut terdiri dari berbagai fase: padat, plastis, cair, dan gas membawa semua bahan-bahan batu-batu, lumpur, belerang, garam, dan gas dari dalam membentuk kolom vertikal. Keberadaan sulfur pada Bledug Kuwu di daerah penelitian diduga dipengaruhi faktor geogen yang berasal dari batuan asal yang mengandung jenis mineral sulfida sebagai hasil sampingan suatu endapan hidrotermal.

Di dekat lokasi letupan gas gunung lumpur, tidak dijumpai vegetasi yang hidup, dimana semakin jauh dari

sumber letupan gas, vegetasi mulai tumbuh dengan baik. Vegetasi yang tumbuh baik yaitu waru, trembesi dan talok. Dari upaya pemerintah setempat, penanaman vegetasi berkembang dengan baik mulai jarak kurang lebih 300 meter dari titik letupan gas gunung lumpur. (Anonim, 10 Maret 2014).



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel lumpur dan air. Gambar 2A menunjukkan lokasi pengambilan sampel lumpur dan air, di dekat lokasi semburan lumpur dan letupan gas gunung lumpur Bledug Kuwu ($07^{\circ}07'03,50''$ LS $111^{\circ}07'17,9''$ BT), ditunjukkan anak panah. Gambar 2B menunjukkan lokasi pengambilan sampel air pada sebaran lumpur terluar dimana terdapat vegetasi pada endapan lempung yang telah mengering, kurang lebih 200 meter utara lokasi letupan gas gunung lumpur Bledug Kuwu ($07^{\circ}06'57,07''$ LS $111^{\circ}07'17,40''$ BT)

Pada lokasi vegetasi yang mulai tumbuh dilakukan pengambilan sampel lumpur kode (BK 01/A), kurang lebih 200 meter utara titik letupan lumpur dan gas, dengan kandungan sulfur 10,90 ppm. Kandungan sulfur pada sampel lumpur (BK 02/B) yang terambil di dekat titik letupan lumpur dan gas, mencapai 64,57 ppm. Pada daerah dimana terjadi pencemaran SO_2 di atmosfer, maka belerang dapat diabsorpsi oleh daun-daun tanaman sebagai sulfur dioksida. Pencemaran SO_2 berkadar sebesar 0,5 ppm dapat menimbulkan dampak kerusakan pada tanaman. Kerusakan tanaman akan diperparah dengan kenaikan kelembaban udara. Kandungan SO_2 yang cukup tinggi di atmosfer dapat mematikan tanaman (Achmad, 2004).

Keberadaan vegetasi yang memungkinkan untuk hidup dan tumbuh pada tempat dengan kandungan belerang (sulfur) lebih kecil menunjukkan bahwa vegetasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh pencemaran belerang.

Hasil proses analisis kimia sulfur di laboratorium menunjukkan adanya letupan gas yang besarnya berbanding lurus dengan besar kandungan sulfur dari tiap sampel yang terambil. Keberadaan gas sebagai hasil reaksi yang berbau tajam dan reaktif ditengarai sebagai gas SO_2 dan SO_3 . Di lapangan, pemukiman di sekitar lokasi pengambilan sampel (Bledug Kuwu) dijumpai adanya korosi pada logam-logam pada bangunan rumah, instalasi listrik dan komunikasi. Semakin mendekati lokasi letupan lumpur dan gas Bledug Kuwu, semakin banyak dijumpai sifat korosif pada logam. Seiring dengan kenaikan kelembaban udara, belerang dioksida di atmosfer akan diubah menjadi asam sulfat (Achmad, 2004, Kumala 2011). Gas SO_3 bereaksi dengan air, ataupun gas belerang oksida mengalami pembakaran atau oksidasi yang dibantu dengan katalis seperti NO_2 , akan membentuk asam sulfat (H_2SO_4) (Wikipedia, 2013; PT Gas Depo Industry, 2015). Pada tingkat aktivitas tertentu gas sulfur dioksida dapat mempengaruhi lingkungan tersebut berupa korosi yang didominasi proses sulfidasi oleh agen sulfur yaitu sulfur dioksida (SO_2) (Adnyana, 2006; Sundjono, 2008; Setiawan dan Priyotomo, 2008). Keberadaan gas belerang oksida dan asam sulfat yang terbentuk dapat ditengarai dari adanya korosi logam di daerah penelitian. Kenampakan jorosi logam di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, terdapat hubungan bahwa semakin mendekati titik letupan lumpur dan gas Bledug Kuwu, makin sulit vegetasi untuk hidup, namun sifat korosif pada logam lebih banyak dijumpai. Pencemaran SO_2 berkadar sebesar 0,5 ppm dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan manusia dan hewan serta kerusakan pada tanaman.

Pengaruh utama polutan SO_x terhadap manusia adalah iritasi sistim pernafasan. SO_2 dengan kadar 5 ppm atau lebih, beresiko menyebabkan iritasi tenggorokan; bagi penderita yang sensitif, iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm.



Gambar 3. Kenampakan pagar berkarat di rumah penduduk pada jarak kurang lebih 200 meter utara lokasi letupan gas gunung lumpur Bledug Kuwu ($07^{\circ}06'56,55''$ LS $111^{\circ}07'17,43''$ BT) (gambar 3A) dan kenampakan *close up* korosi pada logam di sekitar lokasi tersebut (gambar 3B)

Keberadaan SO_2 dapat membahayakan kesehatan bagi orang tua dan penderita yang mengalami penyakit khronis pada sistem pernafasan kardiovaskular, dimana penderita dengan gejala penyakit tersebut sangat sensitif terhadap kontak dengan SO_2 , meskipun dengan kadar yang rendah (Peraturan Menteri Kesehatan RI, Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011). Sulfur sebagai polutan dapat memicu gangguan pernafasan, kanker dan beberapa penyakit kardiovaskular (Anonim, 21 Februari 2015). Keberadaan vegetasi dan logam berkarosi turut membantu dalam mengidentifikasi adanya pencemaran gas belerang oksida (SO_x) yang berpotensi menjadi gangguan kesehatan bagi masyarakat sekitar.

KESIMPULAN

Penyebaran gunung lumpur (*mud volcano*) di Bledug Kuwu dan sekitarnya merupakan bagian dari pola kelurusan sebaran gunung lumpur, jalur *Active Mud Volcano* yang secara fisiografi merupakan bagian dari Zona Randublatung, sebagai bagian pertemuan Zona Rem-

bang dan Zona Kendeng yang dikontrol oleh struktur bawah permukaan Zona Randublatung. Keberadaan sulfur dioksida merupakan bagian dari *mud volcano* Bledug Kuwu yang hadir bersama dengan keluarnya lumpur dan air asin, dimana kandungan sulfur pada lumpur mencapai 64,57 ppm dan pada air asin mencapai 73,83 ppm. Lumpur tersusun dari lempung montmorilonit dengan kehadiran halit sebagai bentuk kristalisasi air asin; serta kandungan gas yang teridentifikasi gas belerang dengan bau yang menyengat.

Keberadaan gas belerang terindikasi melalui vegetasi yang mulai dapat hidup mulai 200 meter dari titik letupan gas gunung lumpur dan vegetasi yang subur pada jarak lebih dari 300 meter dari titik letupan gas gunung lumpur; berbanding lurus dengan kerentanan sifat korosi logam yang semakin meningkat mendekati titik letupan Bledug Kuwu.

Berdasarkan kondisi geologi medis yang teridentifikasi pada gunung lumpur yang tersebar di Bledug Kuwu dan sekitarnya maka pada jarak kurang 300 meter dari titik letupan gas gunung lumpur dimana kadar pencemaran SO_x telah melebihi 0,5 ppm, masyarakat dihimbau agar lebih waspada akan potensi gangguan kesehatan. Potensi gangguan kesehatan yang rawan terjadi berupa iritasi sistim pernafasan, resiko iritasi tenggorokan bagi penderita yang sensitif, serta sangat rawan bagi orang tua dan penderita yang mengalami penyakit khronis pada sistem pernafasan kardiovaskular. Untuk mencegah bahaya gangguan kesehatan, maka upaya pengembangan wisata Bledug Kuwu perlu didukung kelengkapan medis, kesadaran penggunaan masker sebagai antisipasi gangguan pernafasan, serta sosialisasi peringatan bagi pengunjung ataupun masyarakat sekitar yang mempunyai gejala penyakit sensitif gangguan polutan SO_2 .

DAFTAR PUSTAKA

Adnyana, D.N. (2006). *Stress-Corrosion Cracking Of Stainless Steel Hose*

- Bellows. Korosi*, Vol. 15, No. 2, 2006, Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI
- Achmad, R. (2004). *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset, 171 hal.
- Anonim. (12 September 2006). Lumpur Panas Lapindo, Mud Volcano? *Suara Merdeka* diunduh 10 Februari 2015 dari situs <http://www.suaramerdeka.com/harian/0609/12/nas15.htm>
- Anonim. (31 Agustus 2013). Fenomena Semburan Lumpur Panas di Daerah Porong, Sidoarjo, Jawa Timur Ditinjau dari Aspek Geologi Lingkungan. Diunduh pada 5 Maret 2014 dari situs <http://geologi278.blogspot.com/2013/08/fenomena-semburan-lumpur-panas-di.html?m=1>
- Anonim. (10 Maret 2014). Bledug Kuwu Butuh Rp 24 Miliar. *ePaper Suara Merdeka* diunduh 10 Februari 2015 dari situs suaramerdeka.com/2014/03/10
- Anonim. (21 Februari 2015). Pencemaran Lingkungan: Kualitas Udara di Perkotaan Buruk. *Kompas* Rubrik Iptek Lingkungan dan Kesehatan halaman 13 kolom 5 – 7.
- Bemmelen, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Vol IA. Netherland: The Haque Martinus Nijhroff, Government Printing Office.
- Billings. M.P. (1954). *Structural Geology*. N. J. Amerika Serikat: Prentice-Hall. Inc.. Englewood Cliffs.
- Bowles, J.E. (1984). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. edisi kedua. Jakarta: Erlangga, 562 hal.
- Chen. F.H. (1975). *Foundation of Expansive Soils*. vol. 12, , 280 hal. New York: Elseiver Scientific Publishing Company.
- Gas Depo Industry. (2015). Gas Sulfur Dioxide diunduh 25 Agustus 2015 dari situs <http://gasdepo.co.id/jual-sulfur-dioksida>. Bekasi: PT Gas Depo Industry.
- Giwangkara, E.G. (2006). Mud Volcano Kuwu (Bledug Kuwu) diunduh 10 Februari 2015 dari situs <https://persembahanku.wordpress.com/2006/10/01/mud-volcano-kuwu-bledug-kuwu/>
- Google Earth. (14 Oktober 2013). Keyhole, Inc diunduh 23 Februari 2015 dari laman situs <http://earth.google.com/download-earth.html>
- Ibrahim, G., Subardjo, dan Sendjaja, P. (2010). *Tektonik dan Mineral di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Indriana, R.D., Nurwidyanto. M.I., dan Haryono. K.W. (2007). Interpretasi Bawah Permukaan Dengan Metode Self Potential Daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan. *Berkala Fisika Vol 10* , No.3, Juli 2007 hal. 155-167 ISSN : 1410 – 9662
- Istadi, B. (2012). *Other Mud Volcanoes in East Java*. diunduh 18 Maret 2015 dari situs <https://sites.google.com/site/lulibistadi/0-istadi-2012/4-other-mud-volvanoes-in-east-java>
- Kadar dan Sudijono. (1993). *Peta Geologi Lembar Rembang*, Skala 1:100.000, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Kumala, R. (2011). *Mengenal Korosi dan Akibatnya, Serta Cara Pencegahannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari* diunduh 10 Februari 2015 dari situs <http://ratiikumlachachae.blogspot.com/2011/12/mengenal-korosi-dan-akibatnya-serta.html?m=1>
- Mazzini, A., Etiope, G., dan Svensen, H. (2011). *A new Hydrothermal Scenario for the 2006 Lusi Eruption, Indonesia. Insights from Gas Geochemistry*. *Jurnal, Earth and Planetary Science Letters*. Elsevier. diunduh 18 Maret 2015 dari situs www.elsevier.com/locate/epsl
- Peraturan Menteri Kesehatan RI, Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara

- Dalam Ruang Rumah, Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Rizqiya, F.U. (2014). Analisis Struktur Fraksi Fasa Kristal Natrium Klorida dari Brine Water Bledug Kuwu Sebagai Fungsi Waktu Kristalisasi Berdasarkan Pola Difraksi Sinar X (*X Ray Diffraction*). Skripsi, Yogyakarta: Program Studi Fisika Fakultas Sain dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Satyana, A.W., (2007). Bencana Geologi dalam "Sandhyâkâla" Jenggala dan Majapahit: Hipotesis Erupsi Gununglumpur Historis Berdasarkan Kitab Pararaton, Serat Kanda, Babad Tanah Jawi; Folklor Timun Mas; Analogi Erupsi LUSI; dan Analisis Geologi Depresi Kendeng-Delta Brantas. Proseding Joint Convention Bali 2007. Bali: The 36th IAGI, The 32nd HAGI, and the 29th IATMI Annual Convention and Exhibition.
- Setiawan, I. dan Priyotomo, G. (2008). Identifikasi Awal Retakan Pada Kegagalan Korosi Retak Tegang Pipa AISI 316L Akibat Keberadaan Ion Klorida Dengan Menggunakan EPMA. Majalah KOROSI, Vol. 17, No. 1, April 2008, Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI.
- Sundjono. (2008). Kegagalan Unjuk Kerja Pipa Refrigerator Di Lingkungan Basement Supermarket. Majalah KOROSI, Vol. 17, No. 1, April 2008, Tangerang Selatan: Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI.
- Suprpto, S.J., Gunradi. R., dan Ramli, Y.R. (2007). Geokimia Sebaran Unsur Logam pada Endapan Sumur Sidoarjo. Diunduh 18 Agustus 2014 dari http://www.bgl.esdm.go.id/publication/index.php/dir/article_detail/537 pada Buletin Sumber Daya Geologi, Vol. 2 No. 2. Agustus 2007.
- Wikipedia. (2013). Sulfur Oksida diunduh 25 Agustus 2015 dari situs https://ms.wikipedia.org/wiki/Sulfur_oksida
- www.depkes.go.id/downloads/udara.pdf

ANALISIS PENGARUH KEPADATAN LALU LINTAS TERHADAP KUALITAS UDARA DI KAWASAN KAMPUS TERPADU UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Aulia Ulfah Farahdiba¹, Any Juliani²
^{1,2}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

Masuk: 26 Nopember 2015, revisi masuk : 28 Desember 2015, diterima: 5 Januari 2016

ABSTRACT

The development of transport activities that can increasing of contaminants in the air. This would lead to the influence of environmental conditions and health. UII campus is a campus that is committed to applying the campus of low-emission and environmentally based. This study analyzes the density of traffic that occurs in the area of UII Kaliruang. This research analyzed the relationship with environmental conditions of factors: noise, vibration, NOx, and TSP (Total Suspended Particle). Traffic density in the UII is still relatively medium speed (service A). This study shows that the condition of the environment caused by transport is a positive relationship, that the higher the intensity of transport will decrease the environmental condition. Environmental condition that occurs due to transport to NOx, noise and vibration are still in tiers below the quality standards. While the TSP at noon already classified in a higher intensity. Although the integrated campus UII still in a modest scale, but the development for follow-up treatment can cope with environmental conditions worsened is needed.

Keyword: Traffic density, NOx, TSP, vibration, noise

INTISARI

Perkembangan aktifitas transportasi yang dapat meningkatkan produksi kontaminan di dalam udara akan semakin meningkat. Hal ini akan mengakibatkan pengaruh kepada kondisi lingkungan dan kesehatan. Kampus UII merupakan kampus yang memiliki komitmen dengan menerapkan kampus yang rendah emisi dan berwawasan lingkungan. Penelitian ini menganalisis kepadatan lalu lintas yang terjadi di kawasan UII terpadu. Kemudian dilakukan analisis hubungan dengan kondisi lingkungan dari faktor: kebisingan, getaran, NOx, dan TSP (*Total Suspended Particle*). Kepadatan lalu lintas di kawasan UII masih tergolong baik dengan kecepatan sedang (pelayanan A). Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang diakibatkan oleh transportasi merupakan hubungan positif, yaitu semakin tinggi intensitas transportasi maka akan menurunkan kondisi lingkungan. Kualitas lingkungan yang terjadi diakibatkan oleh transportasi untuk NOx, kebisingan dan getaran masih dalam tingkatan di bawah baku mutu. Sedangkan TSP pada siang hari sudah tergolong dalam intensitas yang lebih tinggi. Walaupun kampus terpadu UII masih dalam skala yang membahayakan, namun perlu adanya tindak lanjut penanganan menanggulangi kondisi lingkungan yang dapat semakin memburuk.

Kata Kunci: Kepadatan lalu lintas, NOx, TSP, getaran, kebisingan

PENDAHULUAN

Kegiatan transportasi yang melibatkan penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil akan menghasilkan pencemar udara berupa gas dan partikulat. Selain itu, aktivitas dengan intensitas tinggi juga dapat menimbulkan polusi suara berupa kebisingan serta

gangguan getaran. Pencemaran udara tersebut akan memberikan dampak kesehatan terhadap manusia apabila terpapar secara kontinyu. Sebuah penelitian menyebutkan bahwa setiap tahunnya, aktivitas transportasi mengakibatkan 440 kasus kematian dan

1700 kasus orang sakit di Toronto (McKeown, 2007).

Paparan polusi yang diakibatkan oleh transportasi adalah konstan dan kronis, biasanya terkena pada individu berdekatan pada jalan raya dalam beberapa tahun dan efek akut karena adanya terjadi konsentrasi polutan yang cukup besar dalam suatu waktu. Efek yang langsung berpengaruh pada manusia dan langsung dapat dirasakan berupa udara sekitar menjadi panas, sesak napas, mata merah, dan lain-lain. Hal ini akan semakin buruk apabila tidak diimbangi pengaturan jalan maupun pelebaran jalan yang memadai.

Kepadatan lalu lintas akan semakin meningkat apabila arus lalu lintas yang terjadi pada ruas jalan tersebut sangat besar, sehingga kendaraan menjadi sangat berdekatan antar satu kendaraan dengan kendaraan lainnya. Kepadatan lalu lintas total terjadi apabila kendaraan harus berhenti atau bergerak lambat (Tamin, 2000). Maka dari itu, perlu dilakukan inventarisasi kondisi jaringan jalan sebelum melakukan perhitungan dengan menggunakan (MKJI, 1997).

Volume kendaraan sebagai sumber emisi berbanding lurus dengan konsentrasi CO di udara. Selain itu, tingginya konsentrasi Pb diduga kuat juga berkorelasi positif terhadap perubahan volume kendaraan (Widayani, 2008). Penelitian lain menyebutkan bahwa terjadi korelasi yang sangat signifikan (mendekati 1) antara tingkat polutan pada jenis CO, HO, dan NO_x dengan perkembangan sepeda motor, mobil, bus dan truk di wilayah Jakarta (Suryanto, 2012).

Universitas Islam Indonesia sebagai institusi pendidikan dituntut untuk dapat menciptakan kondisi kampus yang ideal baik sebagai tempat berlangsungnya proses pendidikan maupun sebagai bagian entitas sosial dan lingkungan di kawasan kampus terpadu. Pada Tahun 2012 UII mendapatkan penghargaan dari Indonesia Green Awards kategori Green Campus yang diselenggarakan oleh La Tofi School of CSR (Corporate Social Responsibility).

Salah satu pendorong terjadinya arus transportasi adalah pada sektor

pendidikan berupa mobilisasi pelajar atau mahasiswa dari dan menuju sekolah atau kampus. Salah satu contohnya adalah keberadaan Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII) yang telah memicu terjadinya bangkitan lalu lintas dari mahasiswa, dosen serta karyawan dari dan menuju lokasi kampus. UII sebagai kampus swasta tertua dan terbesar di Indonesia memiliki intensitas aktivitas yang sangat tinggi. Jumlah mahasiswa pada tahun 2014 adalah sebanyak 19.428 orang.

Salah satu aspek yang harus dikelola menuju kampus lestari adalah transportasi. Kampus Terpadu UII harus memiliki sistem transportasi yang ramah lingkungan termasuk didalamnya sistem yang rendah emisi dan rendah pencemaran udara. Dengan adanya kaitan yang kuat antara aktivitas transportasi dan kepadatan lalu lintas, penelitian ini dapat menjadi salah satu dasar penyusunan sistem pengelolaan transportasi yang berkelanjutan terutama di Kampus Terpadu UII.

Penelitian ini akan menganalisis kondisi kualitas lingkungan serta akan dilakukan evaluasi hubungan kondisi kepadatan lalu lintas dengan kondisi kualitas lingkungan dengan Kondisi kualitas udara berupa kebisingan, getaran, total suspended particulate, dan NO₂ di kawasan Kampus Terpadu UII.

METODE

Penelitian ini akan mengukur parameter kualitas udara yaitu: kebisingan, getaran, *total suspended particle*, dan NO₂ di area Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII), Kaliurang. Selanjutnya, akan dilakukan analisis data parameter terhadap kepadatan lalu lintas. Penelitian dilakukan selama ±3 bulan, dengan waktu sampling 1 hari setiap minggu pada waktu pagi (Pkl. 09.00-12.00) dan siang hari (Pkl. 13.00-16.00) di beberapa titik sampling untuk masing-masing parameter uji kualitas udara dan perhitungan kepadatan lalu lintas.

Alat ukur kebisingan yang dilakukan pada penelitian ini adalah Sound Level Meter (SLM). Waktu pengukuran dilakukan selama aktivitas

waktu pagi padat perkuliahan (09.00-12.00) dan pada waktu siang (13.00-16.00). Pengukuran dilakukan dengan pengamatan sound level meter setiap 10 menit dalam setiap 5 detik. Metoda pengukuran dan evaluasi kebisingan lingkungan berdasarkan pada Kepmen LH 48 tahun 1996.

L_{eq} : *Equivalent Continuous Noise Level* atau Tingkat Kebisingan Sinambung Setara ialah nilai tingkat kebisingan dari kebisingan yang berubah-ubah (fluktuatif) selama waktu tertentu, yang setara dengan tingkat kebisingan dari kebisingan yang ajeg (steady) pada selang waktu yang sama. Satuannya adalah dB(A).

$L_{TMS} = L_{eq}$ dengan waktu sampling tiap 5 detik

L_{eq} dihitung sebagai berikut :

$$Leq = 10 \log \frac{1}{3} (T1 \cdot 10^{0,1 L1} + T1 \cdot 10^{0,1 L1} + T3 \cdot 10^{0,1 L3}) \text{ dB (A)}$$

Vibration Level Meter menganalisis getaran yang terjadi dalam sumbu x, y, dan z (3 dimensi), sehingga representatif kondisi getaran akan disajikan dalam bentuk perbandingan grafik sumbu x,y, dan z. Metoda pengukuran dan evaluasi kebisingan lingkungan berdasarkan pada Kepmen LH 49 tahun 1996.

Metode yang digunakan adalah untuk menguji TSP yaitu gravimetri dengan menggunakan High Volume Air Sampler (HVAS). Prosedur pengujian ini mengacu kepada SNI 19-7119.3-2005.

Volume Udara Yang Diambil:

$$v = \frac{Qs + \dots + QSn}{nQs} \cdot xt$$

V=volum udara yang di ambil (Nm³/menit)

Qs = rata-rata pengambilan sampling selama 1 jam yang di pantau setiap 10 menit

t = waktu (menit)

nQs = jumlah data yang di ambil dalam pengukuran 1 jam

Konsentrasi Partikel Total Dalam Contoh Uji :

$$C = \frac{(w2-w1) \times 10^6}{v}$$

c = konsentrasi

W1 = berat filter awal (g)

W2 = berat filter akhir (g)

10⁶ = konversi ke μg

V = volum contoh uji udara (Nm³/menit)

Metode yang dipergunakan untuk menguji NO₂ yaitu Griess Saltzman dengan menggunakan spektrofotometer. Prosedur pengujian ini mengacu kepada SNI 19-7119.2-2005. Konsentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm.

Kepadatan lalu lintas dihitung berdasarkan volume kendaraan roda 2 yang beraktivitas di sekitar wilayah kampus UII, Kaliurang.

Perhitungan volume kendaraan

Penghitungan dilakukan secara manual dengan menggunakan counter dan formulir survey lalu lintas.

Pencatatan waktu

Waktu penelitian dicatat bersamaan dengan penghitungan volume lalu lintas dan pengukuran kualitas udara.

Analisis kapasitas dan kinerja ruas jalan

Analisis kapasitas dan kinerja ruas jalan, dihitung berdasarkan MKJI, 1997 dengan memperhatikan kondisi ruas jalan, jenis dan volume kendaraan.

Analisis kapasitas jalan baik di ruas maupun di simpang sekitar Yogya Plaza dengan menggunakan MKJI, 1997 dengan input dari hasil analisis guna ruang jalan, dan hasil survey inventori jaringan jalan. Kapasitas ruas jalan perkotaan dapat diketahui dengan mengacu dari MKJI 1997, yaitu:

$$C = C_o \cdot FC_w \cdot FC_{sp} \cdot FC_{sf} \cdot FC_{cs}$$

C = kapasitas ruas jalan

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalan

FC_{sp} = faktor penyesuaian distribusi arah

FC_{sf} = faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{cs} = faktor penyesuaian ukuran kota

Penilaian kinerja ruas jalan dimaksudkan untuk mengetahui kondisi

tingkat pelayanan yang ada saat ini dan kondisi setelah ada perubahan kondisi arus lalu lintas berdasarkan perbandingan antara volume kendaraan yang lewat (V) dibandingkan kapasitas ruas jalan (C).

$$DS = \frac{V}{C}$$

Dengan:

DS = degree of saturation (derajat kejenuhan)

V = volume (*smp/jam*)

C = kapasitas ruas jalan (*smp/jam*)

Analisis yang digunakan adalah analisis statistik regresi linear sederhana dengan bantuan komputer menggunakan program excel dan dengan menggunakan analisis program kaleidagraph untuk mengetahui hubungan kepadatan lalu lintas dan kondisi lingkungan.

PEMBAHASAN

Kepadatan lalu lintas

Analisis perhitungan kepadatan lalu lintas menggunakan metode MKJI, 1997. Karakteristik jalan pada kawasan ulil albab adalah type 4 ruas dan 2 jalur dengan median (4/2D). Sedangkan kawasan Boulevard FTSP UII dengan 2 lajur tanpa median (2/2D).

Berdasarkan hitungan secara matematik dalam MKJI, 1996, pada Formulir UR-2 (lampiran Transportasi) perhitungan kondisi lalu lintas dengan adanya kondisi transportasi yang dipengaruhi oleh: hambatan samping; ruas dan jalur jalan; kecepatan rata-rata; akan menghasilkan nilai kapasitas suatu ruas jalan dan kepadatan lalu lintas.

Aktifitas kampus di daerah Ulil Albab didapatkan kapasitas jalan sebesar 1502 smp/jam dengan kepadatan 0,3 – 0,4 (*Degree saturation*) pada pagi dan siang hari. Sedangkan kapasitas dalam kawasan Boulevard FTSP UII memiliki kapasitas yang lebih besar dengan 2 lajur tanpa median (2/2D) sebesar 2297 smp/jam, dengan DS 0,01-0,3 (pagi dan siang hari). Hal ini dapat terlihat dengan adanya kepadatan yang lebih tinggi di sekitar pusat Ulil Albab, karena kawasan Ulil Albab merupakan

kawasan pergerakan mahasiswa dan karyawan mencakupi hampir seluruh fakultas.

Tingkat pelayanan pada operasi jalan sekunder, kawasan UII termasuk pada pelayanan A, yaitu arus relatif bebas dengan sesekali terhenti, dengan kecepatan perjalanan rata-rata >40 Km/jam. Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kapasitas ruas jalan masih dalam status pelayanan yang sangat baik, namun diperlukan pengaturan pergerakan transportasi tersebut agar kelancaran lalu lintas sekitar kampus masih menciptakan kondisi yang nyaman. Tabel 1 merupakan kepadatan lalu lintas pada waktu pagi dan siang hari.

Tabel 1 Data Arus Kendaraan (smp/jam)

Baris	Tipe Kend.	Sepeda motor	
		kend./jam	smp/jam
1	emp arah 1		0,25
2	Arah (1)	(2)	(3)
PAGI			
3	Ulil Albab	2033	508
		2442	611
		2020	505
		2059	515
		2673	668
4	Boulevard	594	149
		770	193
		783	196
SIANG			
5	Ulil Albab	1826	457
		1818	455
		1468	367
6	Boulevard	401	100
		138	35
		379	95
		313	78
		263	66

Sumber: Hasil penelitian, 2015

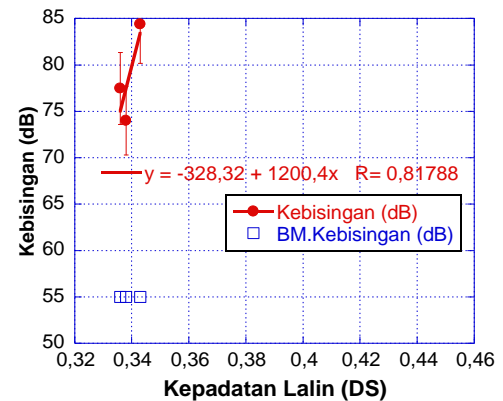
Hubungan Kepadatan Lalu Lintas dengan Kebisingan

Kepadatan lalu lintas dengan 0,34-0,4 DS telah mencapai kondisi kebisingan sebesar 70-80 dB. Kondisi ini termasuk dalam kondisi tidak cukup baik, karena sudah melebihi baku mutu lingkungan yang masih diperkenankan KepMenLH No.48 Tahun 1996, yaitu sebesar 55 dB. Kondisi kebisingan yang telah melebihi dari persyaratan yang ditentukan dapat mengganggu dari kenyamanan manusia di sekitar dan dalam intensitas yang lebih tinggi dapat mempengaruhi kesehatan.

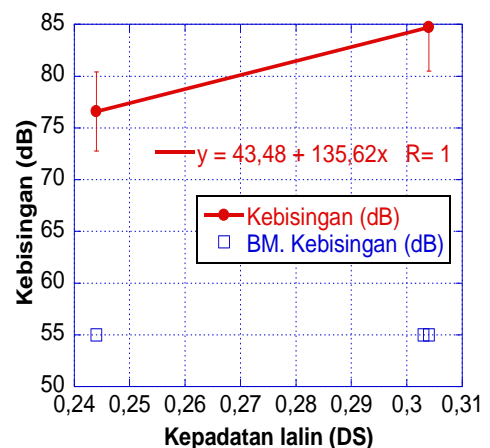
Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data diketahui bahwa bentuk kecenderungan pengaruh antara volume kendaraan dengan kebisingan memiliki kecenderungan meningkat seiring dengan kepadatan lalu lintas. Nilai b yang positif menunjukkan adanya hubungan yang positif antara hubungan kepadatan lalu lintas dengan kebisingan. Selain itu nilai korelasi (nilai R) yang mencapai lebih 50% baik dalam kondisi pagi dan siang menggambarkan hubungan kepadatan lalu lintas memiliki hubungan terhadap kondisi kebisingan yang terjadi kawasan UII.

Nilai kebisingan yang relatif tinggi pada pagi dan siang hari, dapat disebabkan dengan dari pembakaran pada mesin kendaraan. Semakin tinggi kecepatan yang kendaraan, maka semakin besar pembakaran yang dilakukan sehingga mengakibatkan kebisingan yang diukur menjadi lebih besar (Mirani, 2011). Gambar 1 menunjukkan grafik hubungan kepadatan dengan kebisingan

Kondisi ruas jalan dengan kepadatan yang relatif rendah menghasilkan kecepatan rata-rata kendaraan mencapai > 40 Km/jam dalam melintasi kawasan UII. Sehingga, kepadatan lalu lintas dapat meningkatkan kebisingan hingga mencapai > baku mutu kebisingan (55dB).



Gambar 1. Hubungan kepadatan lalin dengan kebisingan (Pagi)



Gambar 2. Hubungan kepadatan lalin dengan kebisingan (Siang)

Hasil penelitian ini sesuai dengan teori yang didapatkan sebelumnya bahwa rata-rata tingkat kebisingan yang dihasilkan akibat transportasi berkisar 80 dB (Kevin dan gery, 1983).

Hubungan Kepadatan Lalu Lintas dengan NOx

Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan bahwa ada kecenderungan dengan bertambahnya jumlah kendaraan maka konsentrasi NOx akan bertambah. Konsentrasi NOx di udara di pagi, dan siang memiliki variasi

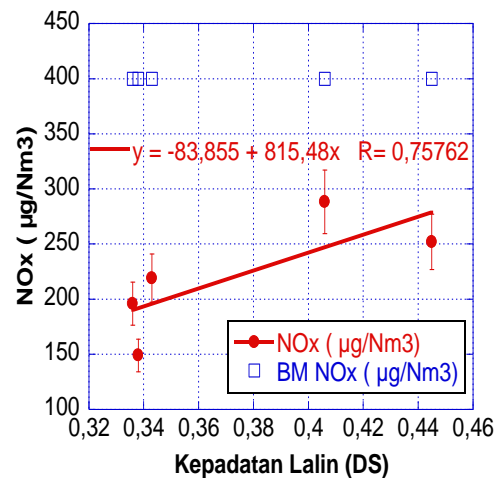
yang berlainan di tiap-tiap lokasi pengukuran.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa kualitas udara pada pagi hari, khususnya konsentrasi NOx masih jauh di bawah nilai baku mutu (150-300 µg/Nm³). Namun pada siang hari sudah melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh baku mutu udara ambient KepGub DIY no.153 tahun 2002 (400 µg/Nm³).

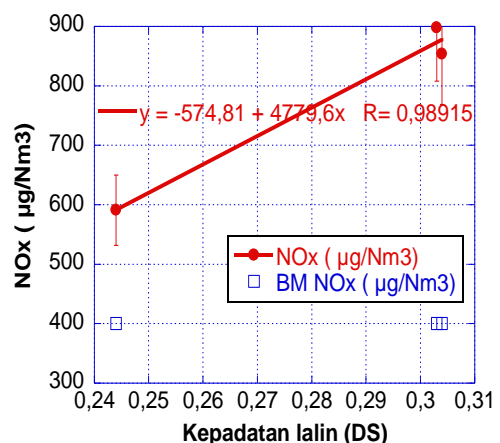
Faktor yang memungkinkan hal ini adalah di siang hari kadar NOx cenderung tinggal di lokasi sumber polutan. Kondisi pada pagi hari sudah terjadi proses penurunan konsentrasi diakibatkan oleh penurunan aktifitas transportasi dan *self purification* lingkungan di malam hari, sehingga konsentrasi NOx di lokasi sumber menjadi berkurang. Selain itu, bahwa kecepatan angin akan menentukan banyaknya gas NOx yang dapat terserap ke dalam alat impinger. Semakin tinggi kecepatan angin, konsentrasi NOx akan semakin kecil karena polutan terbawa angin menjauhi lokasi pengukuran.

Konsentrasi terendah berada pada kondisi suhu terendah dan kelembaban yang tinggi. Walaupun suhu dan kelembaban tidak memberi pengaruh yang signifikan, namun menurut Fardiaz (1992), meningkatnya sinar matahari akan menyebabkan peningkatan sinar ultraviolet yang diikuti dengan kenaikan kadar Ozon (O₃) dan kadar NOx. Hubungan jumlah kendaraan dengan konsentrasi NOx menunjukkan hubungan yang berbanding lurus, yaitu semakin banyak jumlah kendaraan, semakin tinggi nilai konsentrasi NOx (Elevais, 2013).

Hubungan kepadatan lalu lintas dengan konsentrasi NOx pada pagi dan siang hari mencapai R=70%, dan R=90% dengan nilai X positif. Hal ini membuktikan bahwa dominansi konsentrasi NOx di udara berasal dari aktifitas transportasi kendaraan bermotor.



Gambar 3 Hubungan kepadatan lalin dengan NOx (Pagi)



Gambar 4 Hubungan kepadatan lalin dengan NOx (Siang)

Hubungan Kepadatan Lalu Lintas dengan TSP

Kondisi lalu lintas atau transportasi juga akan berpengaruh besar terhadap kualitas lingkungan udara di suatu kawasan perkotaan. Boediningshah, 2011 menjelaskan bahwa kondisi kualitas udara di Surabaya juga banyak dipengaruhi oleh tingkat kemacetan dan kepadatan transportasi yang sangat tinggi terutama pada permasalahan debu. Faktor-faktor ini

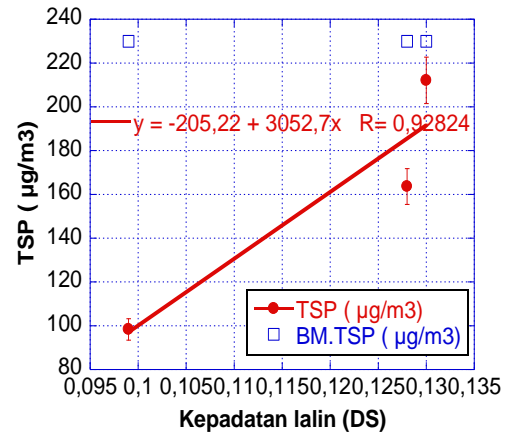
memberikan pengaruh yang berlainan di tiap-tiap lokasi pengukuran. Selain itu, faktor kepadatan memberikan pengaruh terhadap konsentrasi debu di lokasi-lokasi yang padat kendaraannya.

Berdasarkan hasil pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dikatakan bahwa udara pada pagi hari di Boulevard kawasan FTSP belum tercemar oleh debu karena masih dibawah PP RI No.41 Th 1999 Konsentrasi debu yang diperbolehkan yaitu sebesar $230 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

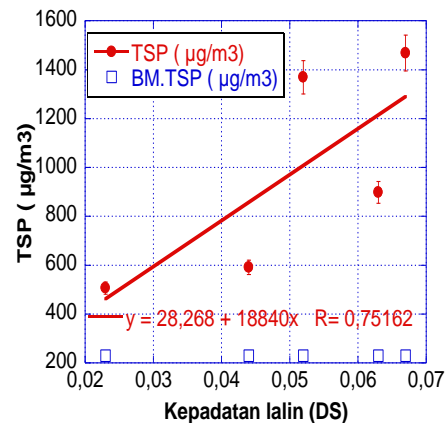
Bila ditinjau dari kondisi dasar kadar debu di daerah penelitian sebesar $160\text{-}200 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ kadar ini masih tergolong rendah bila dibandingkan dengan nilai ambang batas (NAB). Jadi kadar Debu didaerah ini masih tergolong rendah pada pagi hari dengan kenaikan yang cukup signifikan pada kepadatan lalu lintas 0,13.

Pada siang hari, konsntrasi TSP memiliki nilai melebihi baku mutu, hal ini dapat disebabkan karena adanya akumulasi konsentrasi TSP yang diakibatkan oleh aktifitas transportasi yang dimulai pagi hari. Penelitian Maulana, 2013 telah meneliti PM_{10} yang memiliki kondisi bahwa peningkatan jumlah kendaraan juga tidak selalu diikuti dengan peningkatan konsentrasi PM_{10} , tergantung dari kondisi akumulasi konsentrasi *particulate matter*.

Berdasarkan hasil analisa antara jumlah kendaraan dengan kadar debu ternyata jumlah kendaraan mempengaruhi kadar debu di daerah penelitian. Hal ini terjadi akibat debu dari emisi kendaraan dan terbangnya debu-debu disekitar jalan akibat padatnya arus lalu lintas. Hubungan yang terjadi antara kepadatan lalu lintas dan TSP merupakan hubungan yang positif, semakin tinggi kepadatan semakin tinggi konsntrasi TSP yang ada di udara. Hal ini juga diperkuat dengan nilai korelasi $R= 90\%$ pada waktu pagi hari dan $R=70\%$ pada waktu siang hari. Pada Gambar 5 menunjukkan Hubungan kepadatan lalin dengan TSP (Pagi). Dan Pada Gambar 6 menunjukkan Hubungan kepadatan lalin dengan TSP pada siang hari.



Gambar 5 Hubungan kepadatan lalin dengan TSP (Pagi)



Gambar 6 Hubungan kepadatan lalin dengan TSP (Siang)

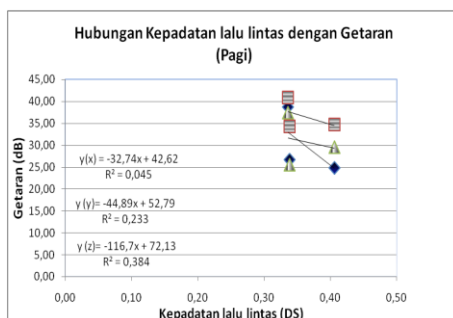
Hubungan Kepadatan Lalu Lintas dengan Getaran

Gerakan lalu lintas yang terjadi setiap saat di jalan raya menghasilkan suatu getaran ritmik yang berulang setiap saat yang merambat dari pusat jalan menuju ke segala arah, termasuk ke kanan dan kiri jalan dimana lalu lintas berada. Arah rambatan getaran ke kiri dan kanan akan diteruskan oleh lahan disekitarnya. Jika lahan diisi bangunan,

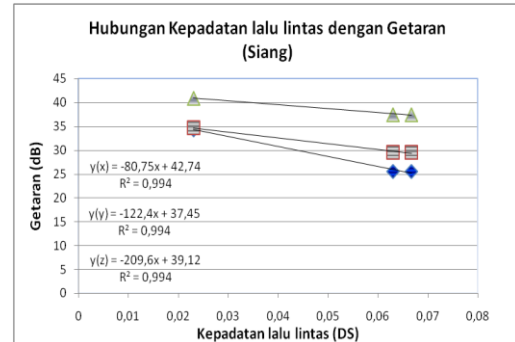
maka getaran akan beraksi terhadap bangunan itu sendiri. hubungan antara getaran dengan sumber utama pembangkit getaran yaitu lalu lintas secara kolektif.

Pada penelitian ini kondisi pagi dan siang hari tidak menunjukkan hubungan yang signifikan antara hubungan kepadatan lalu lintas dan getaran, karena terjadi hubungan dengan nilai negatif. Hal ini kemungkinan diakibatkan dengan ruang lingkup penelitian yang dominansi sampling adalah kendaraan bermotor roda 2 dibandingkan dengan kendaraan penumpang ataupun kendaraan berat. Pada pagi hari getaran yang terjadi pada sumbu X, Y, dan Z tidak memiliki korelasi R yang signifikan. Hal ini diakibatkan kecilnya dampak transportasi roda 2 terhadap getaran yang ditimbulkan.

Studi Siswanto, 2011 menjelaskan bahwa terdapat hubungan antara getaran dengan karakteristik lalu lintas yaitu volume dan kecepatan lalu lintas. Pada studi tersebut, menunjukkan bahwa kecepatan juga lebih memiliki pengaruh yang signifikan (ditunjukkan dari nilai korelasi yang rata-rata diatas dari 0,45) dan stabil (ditunjukkan dari tanda koefisien persamaan yang selalu positif (+)) dengan sangat memperhatikan tipe alat angkut berat dan kendaraan bermotor pada ruas jalan raya.. Hal ini berbeda dengan kondisi yang terjadi di kawasan UII. Kawasan ruas jalan UII merupakan salah satu ruas jalan permukiman kota, yang jarang dilewati oleh kendaraan berat. Gambar 7 dan Gambar 8 menjelaskan hubungan kepadatan lalin dan getaran di wilayah sekitar UII.



Gambar 7 Hubungan kepadatan lalin dengan Getaran (Pagi)



Gambar 8 Hubungan kepadatan lalin dengan Getaran (Siang)

KESIMPULAN

Kepadatan lalu lintas di kawasan Uilil albab dan Boulevard FTSP UII termasuk dalam kondisi pelayanan A, yaitu yaitu arus relatif bebas dengan sesekali terhenti, dengan kecepatan perjalanan rata-rata >40 Km/jam.

Karakteristik jalan pada kawasan uilil albab adalah type 4 ruas dan 2 jalur dengan median (4/2D) kepadatan 0,3 – 0,4 (Degree saturation) pada pagi dan siang hari. Sedangkan kawasan Boulevard FTSP UII dengan 2 lajur tanpa median (2/2D) dengan DS 0,01-0,3 (pagi dan siang hari).

Kondisi kualitas lingkungan: Kebisingan mencapai 70-85 dB (pagi dan siang); NOx pada pagi hari 150-300 µg/Nm³ dan 600-900 siang hari µg/Nm³; TSP 160-200 µg/Nm³ (pagi) dan 400-1200 µg/Nm³ (siang); Getaran dalam sb. x,y,z dalam rentang (±24,9– 40) pagi dan (±25,5 – 37) siang.

Kebisingan mencapai korelasi lebih 50% baik dalam kondisi pagi dan siang hari. Hubungan kepadatan lalu lintas dengan konsentrasi NOx pada pagi dan siang hari mencapai R=70%, dan R=90% dengan nilai X positif. Konsentrasi TSP nilai korelasi R= 90% pada waktu pagi hari dan R=70% pada waktu siang hari. Kebisingan, NOx, dan TSP menggambarkan hubungan kepadatan lalu lintas memiliki hubungan terhadap kondisi kebisingan yang terjadi kawasan UII. Namun, kepadatan lalu lintas tidak memiliki hubungan langsung dengan getaran.

Penelitian selanjutnya perlu memperhatikan transportasi dari

kendaraan alat angkut berat dan kendaraan penumpang. Perlu adanya penelitian yang menganalisis faktor hubungan kepadatan lalu lintas dan kondisi lingkungan perlu melihat kondisi dari kecepatan lalu lintas dan kondisi lingkungan yang lebih spesifik. Periode pengamatan per satuan waktu perlu dilakukan untuk mengetahui kecenderungan yang lebih jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Boedianingsih, Widyawati. 2011. *Dampak Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Polusi Udara Kota Surabaya*. Jurnal Fakultas Hukum Vol. XX, No. 20.
- Darcent, Joubert. 2011. *Whole body vibration*. Australia: Central Queensland University.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius: Yogyakarta
- Ofyar Z. Tamin. 2000. *Perencanaan dan pemodelan transportasi*, Bandung: Penerbit ITB Bandung.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.48. 1996. Kebisingan
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.49. 1996. Getaran
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.51. 1999.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 49. 1996. Baku Mutu Tingkat Getaran
- Kevin, Lynch., Gary, Hack. 1984. *Site Planning*. London
- McKeon, David.2007. *Air Burden of Illnes from traffic in Toronto: Problem and Solutions*. Toronto : Toronto Public Health (TPH).
- Mirani, Arlan. 2011. *Pengaruh Volume terhadap Kebisingan Menggunakan Perangkat Lunak Archiew dikelurahan pondok cina, Depok*. Jakarta : Universitas Indonesia
- Noviani, Elaeis R., Isrokhatun, Titik., Sudarno. *Pengaruh Jumlah Kendaraan Dan Faktor Meteorologis (Suhu, Kelembaban, Kecepatan Angin) Terhadap Peningkatan Konsentrasi Gas Pencemar NO2*. 2013. Semarang: Universitas Diponegoro
- Nurmianto, Eko.1996. *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya : ITS.
- Soediro. 1977. *Masalah Getaran/Gelombang pada Teknik Sipil*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Siswanto, A.1990. *Kebisingan*. Surabaya : Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Jawa Timur.
- Siswanto, J., Wicaksono, Y.I. 2011. *Pengaruh Getaran dan Karakteristik Lalu Lintas Terhadap Bangunan*. TEKNIK Vol. 32 No.2. ISSN 0852-1697
- SNI 19-7119.3-2005 TSP
- SNI 19-7119.2-2005 NOx
- Suryanto, D.A. 2012. *Analisis Tingkat Polusi Udara Terhadap Pengaruh Pertumbuhan Kendaraan Studi Kasus DKI Jakarta*. 2012. UG Jurnal Nol.6, No.12.
- Julianto, Eko Nugroho. *Hubungan antara kecepatan, volume, dan kepadatan lalu lintas di ruas jalan siliwangi semarang*. 2010. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. No 2 Vol 12. Hal 151-160.
- Tambunan, Sinar Tigor. 2005. *Kebisingan di Tempat Kerja*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Universitas Islam Indonesia. 2014. UII kembali peroleh Gelar Green Campus <http://www.uui.ac.id/> Diakses pada tanggal: 18 Januari 2015.Pukul 14.15
- Widayani, 2008. *Kajian Korelasi Tingkat Kepadatan Lalu Lintas Di Kota Semarang Dengan Konsentrasi Co Dan Pb*. Semarang: Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro

IDENTIFIKASI *PROVENANCE* SELAMA MIOSEN TENGAH HINGGA PLIOSEN DICEKUNGAN SERAYU UTARA BAGIAN BARAT DI DAERAH KUNINGAN JAWA BARAT

Bernadeta Subandini Astuti¹

¹Jurusan Teknik Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Masuk: 7 Desember 2015, revisi masuk: 25 Desember 2015, diterima: 10 Januari 2016

ABSTRACT

Basin area of western North Serayu is potentially for hydrocarbon such as source rock, reservoir, cap rock and manifest stations of the oil. The basin composed by turbid current sediments during the Middle Miocene to Pliocene. Petrographic analysis of the mineral quartz, feldspar and lithic as been done to identify the provenance of rocks potentially hydrocarbon. Turbid currents bring rich sediment lithic, that indicate origin of the magmatic arc. Lithic is reduced to wards younger and east ward. Reduced lithic indication of declining volcanism. Indications reduced lithic declining volcanism. Rocks of western North Serayu basin, that is origin of this magmatic arc in several places found dead oil and oil seepage, especially on the rock that show shoaling up ward or decreasing the current sea level.

Keywords: Identification, provenance, Middle Miocene, Pliocene, hydrocarbon potential, North Serayu.

INTISARI

Daerah Cekungan Serayu Utara bagian barat berpotensi hidrokarbon, berupa batuan induk, reservoir, batuan penutup, dan manifestasi rembesan minyak bumi. Batuan penyusunnya berupa batuan yang diendapkan oleh arus turbid selama Miosen Tengah hingga Pliosen. Analisis petrografi pada mineral kuarsa, feldspar dan lithik telah dilakukan untuk mengidentifikasi *provenance* dari batuan yang berpotensi hidrokarbon. Arus turbid membawa sedimen kaya lithik, hal tersebut mengindikasikan sumber atau asal *magmatic Arc*. Jumlah lithik berkurang ke arah yang lebih muda dan ke arah timur. Berkurangnya lithik indikasi menurunnya vulkanisme. Batuan Cekungan Serayu Utara bagian barat yang asal *magmatic Arc* di beberapa tempat dijumpai adanya *dead oil* dan *oil seepage*, khususnya pada batuan yang menunjukkan pengkasaran ke arah atas atau saat menurunnya muka laut.

Kata Kunci: Identifikasi, *provenance*, Miosen Tengah, *Pliosen*, potensi hidrokarbon, Serayu Utara.

PENDAHULUAN

Daerah penelitian secara regional termasuk dalam Cekungan Serayu Utara bagian barat. Cekungan Serayu Utara (van Bemmelen, 1949) terletak diantara Cekungan Bogor (Jawa Barat) dan Cekungan Kendeng (Jawa Timur). Daerah penelitian tersusun atas batuan berumur Neogen, berupa batuan-batuan Formasi Rambatan, Halang, dan Pemali. Dalam Cekungan Serayu Utara, di jumpai potensi hidro-karbon berupa batuan induk, batuan reservoir, batuan

penutup (penutup atau *sea*), dan dijumpai manifestasi rembesan minyak dan gas bumi (Kastowo, 1975, Kastowo & Suwarno, 1976 dan Satyana, 2007). Menurut Astuti (2012 dan 2015), batuan Formasi Halang memiliki prospek reservoir, sedangkan Formasi Pemali prospek sebagai batuan penutup.

Dari hasil peneliti terdahulu, didasarkan pada tatanan tektonika dan sedimentasinya, Cekungan Serayu Utara merupakan cekungan aktif, berupa penurunan dengan mekanisme isostasi akibat pengangkatan (*uplift*) Serayu Selatan pada Miosen Tengah sampai

¹ bernadeta.palguno@gmail.com

dengan Plio-Pleistosen (van Bemmelen, 1949 dan Armandita, *et al*, 2009). Penurunan pada Miosen Awal tersebut diikuti dengan peningkatan sedimentasi (Satyana, 2007) dan gerakan meluncur batuan secara gravitasi (*gravitational sliding movements*) (van Bemmelen, 1949) atau naiknya Zona Serayu Selatan yang terangkat (van Bemmelen, 1949). Adanya *gravitational sliding movements* pada saat sedimentasi dan tektonik saat proses sedimentasi berlangsung, hal ini tersebut menyebabkan terjadinya perubahan *sea level* selama 3 (tiga) kali pada Miosen Tengah hingga Pliosen (Astuti, 2015). Di Cekungan Bogor yang terletak di bagian barat dari Cekungan Serayu Utara, proses sedimentasi akibat menurunnya cekungan merupakan proses progradasi kipas laut dalam, dari arus gravitasi (turbidit) yang berasal dari tinggian di blok yang naik, yang berasal dari selatan (Martodjojo, 1994).

Supaya tujuan dari penelitian ini tercapai, maksud penelitian ini adalah untuk mendapatkan data terkait *provenance*, maka perlunya dilakukan analisis petrografi untuk mengetahui komposisi mineral dari batuan, sehingga berdasarkan komposisi mineralnya akan diketahui batuan asalnya. Selain itu dalam identifikasi *provenance* juga dapat dibantu dengan pengukuran arus purba.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui asal batuan sumber atau *provenance* yang mengisi Cekungan Serayu Utara bagian barat, selama Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Implikasi yang diharapkan dengan diketahui asal batuan sumber adalah kaitannya terhadap batuan yang berpotensi hidrokarbon, sehingga akan mudah untuk melacak asal dan penyebarannya, terutama untuk batuan yang berpotensi sebagai reservoir.

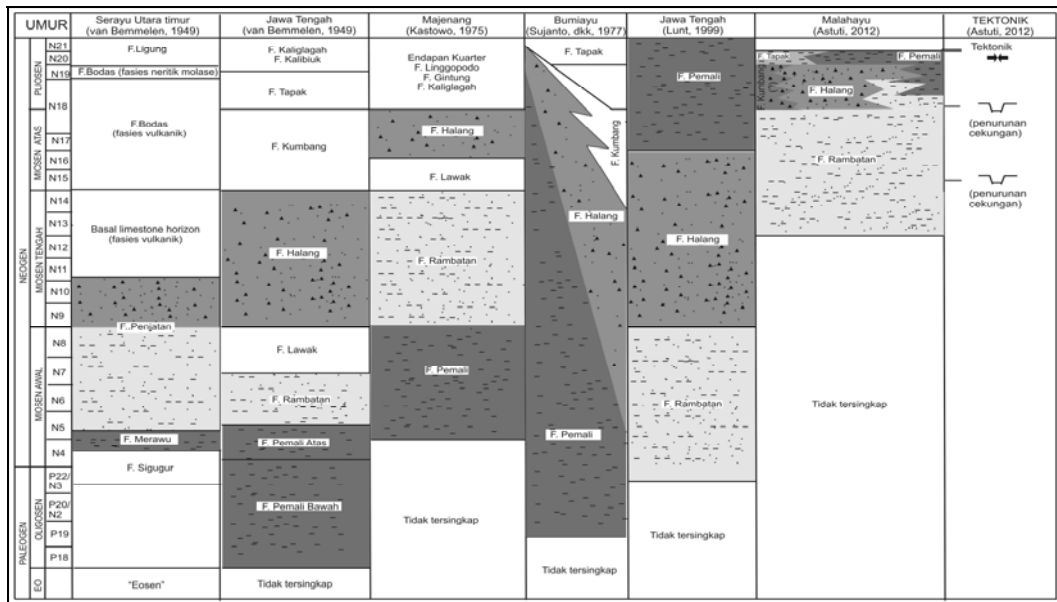
Batuan yang mengisi Cekungan Serayu Utara secara keseluruhan sebagai batuan turbidit Neogendungan karakter *flysch* (Suyanto & Sumantri, 1977). Batuan tersebut diendapkan pada regangan di cekungan belakang busur yang terbentuk akibat perpindahan palung ke arah samudera atau *trench roll back* dengan struktur intensif yang dikontrol oleh penurunan yang cepat dan terus

aktif pada Miosen Awal-Akhir (Koesoemadinata dan Martodjojo, 1974). Adanya regangan tersebut juga dianalisis oleh Astuti (2012) yang dapat dilihat pada Gambar 1. Regangan terjadi sebelum N19 dan setelah N19 sebagai subduksi. Batuan-batuan yang diendapkan dibagian barat cekungan selama Miosen Tengah hingga Pliosen (N13 – N20) adalah batuan Formasi Rambatan, Halang, Pemali, Kumbang dan Tapak (Gambar 1), yang diendapkan sebagai *debris flow* hingga aliran turbidit (Astuti, 2012).

Pengendapan akibat pengaruh tektonika aktif selama Miosen (Koesoemadinata dan Martodjojo, 1974), berdampak terhadap perubahan *acomodation space* dari cekungan tersebut, salah satunya adalah perubahan muka laut atau *sea level*. Secara teori ketika *sea level* turun dikenal sebagai regresi, dan ketika *sea level* meningkat sebagai transgresi (Posamentier & James, 1993). Perubahan *sea level* sangat terkait dengan perubahan lingkungan selama proses sedimentasi. Perubahan lingkungan akan terekam di dalam struktur sedimen maupun fosil yang dijumpai. Berdasarkan struktur sedimen dan analisis fosil di Cekungan Serayu Utara bagian barat menurut Astuti (2015), menunjukkan perubahan *sea level* sebanyak 3 (tiga) kali selama Miosen Tengah hingga Pliosen. Perubahan *sea level* tersebut adalah naik-turun-naik.

Naiknya muka laut terjadi pada N13-N18 pertengahan, yang ditunjukkan oleh tipis ke arah atas (*finning upward*), dengan lingkungan kipas bawah (*lower fan*) pada Bathial Atas, turunnya muka laut terjadi pada N18 pertengahan hingga N19, yang ditunjukkan oleh kasar ke arah atas (*coarsening upward*), dengan lingkungan kipas bawah (*lower fan*) hingga kipas atas (*upper fan*) pada Bathial Atas - Bathial Bawah, dengan didukung adanya *supra fan lobe*.

Naiknya muka laut yang terakhir dimulai pada N19-N20 ditunjukkan oleh *finning upward*, dengan lingkungan pasang surut atau *zona tidal* hingga *basin Plain* pada Bathial Bawah hingga neritik.



Gambar 1. Kompilasi kolom stratigrafi daerah penelitian berdasarkan dari beberapa peneliti (Astuti, 2012)

Secara teori, stratigrafi merupakan hasil interaksi dari proses tektonik, eustatik, sedimentologi dan iklim (Vail, *et. al.*, 1990). Kombinasi proses tektonik dan eustatik menyebabkan perubahan relatif muka laut, dengan kontrol ruang yang tersedia untuk sedimen (ruang akomodasi). Naiknya muka laut di daerah penelitian diikuti dengan berkurangnya *supplay sediment* (Astuti, 2015), sedangkan turunnya muka laut diikuti dengan erosi batuan dan penambahan *supply sediment* sebagai *supra fan lobe*. Pembahasan stratigrafi sangat terkait dengan sedimentologi. Secara umum, paket dalam batuan sedimen disebut sebagai fasies, kumpulan fasies sebagai kolom stratigrafi. Batuan sedimen merupakan rekaman proses pengendapan di lingkungannya saat batuan terbentuk (Tucker, 1991). Batuan sedimen terbentuk oleh proses fisika, kimia dan biologi. Sifat fisik, kimia dan biologi tersebut sangat erat terkait dengan sumber sedimen (*provenan*) (Boggs, 1992), dan akan memberikan karakteristik kondisi lingkungan pengendapannya, baik dalam kondisi erosi, tanpa pengendapan maupun dengan pengendapan, produk dari proses pengendapannya disebut sebagai fasies sedimen (Selley, 1985). Rekaman yang terawetkan dalam batuan

sedimen berupa tekstur, fosil, struktur sedimen, serta arus purba. Jejak atau fosil yang terawetkan dalam batuan sedimen dapat menunjukkan kehidupan dimasa lampau, struktur sedimen sebagai indikator proses pengendapan dalam lingkungan sedimen.

Dalam sedimentasi mineral kuarsa umumnya sebagai komponen utama dalam *arenite*, hal ini disebabkan sebagai mineral yang *mature* (Lewis, D.W, 1984). Kuarsa ini dapat dipisahkan sebagai monokristalin dan polikristalin, monokristalin secara umum merupakan genetik dari vulkanik, sedangkan polikristalin genetik dari batuan metamorf (Lewis, D.W, 1984). Feldspar atau plagioklas adalah batuan yang tidak resisten, beberapa teralterasi sebagai kaolin dan serisit. Kaolin sebagai indikasi batuan yang mengalami hidrolisis, sedangkan serisit indikasi batuan metamorfik (Lewis, D.W, 1984). Lithik merupakan indikator terbaik untuk *provenan*, karena akan menunjukkan tipe batuan asalnya. Mineral dengan resistensi komposisi dan indikasi genetik dapat dihubungkan pada *provenance* dan *tectonic setting*-nya (Dickinson dan suczeck, 1979). Asal batuan dalam Dickinson dan suczeck (1979) adalah *magmatic*, *continental* ataukah *recycled*.

METODE

Metode di dalam penelitian secara umum adalah analisis petrografi dari beberapa sampel yang diambil di lapangan dan analisis arah arus purba. Analisis petrografi akan terkait dengan mineral penyusunnya, sedangkan analisis arah arus purba terkait dengan arah sedimentasinya. Studi provenan dilakukan dengan analisis petrografi dan arah arus sedimentasinya, karena dari arah arus sedimentasinya terkait dengan mineral sebagai penyusun batuan yang dibawanya.

Langkah-langkah dalam analisis petrografi adalah pengambilan sampel batuan, selanjutnya dipreparasi berupa sayatan tipis. Selanjutnya dari sayatan tipis dianalisis dengan menggunakan mikroskop untuk mengetahui komponen utama. Komponen utama dalam analisis *provenance*, adalah mengidentifikasi mineral kuarsa, feldspar dan lithik.

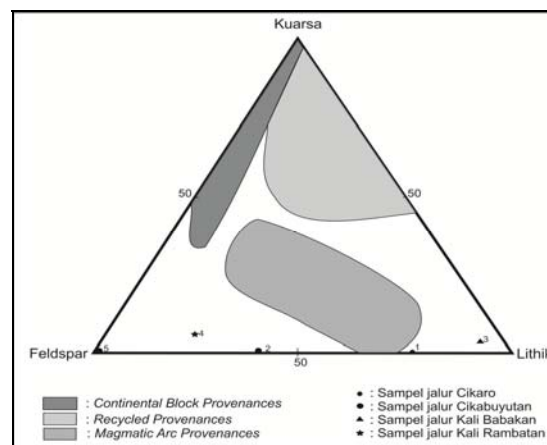
Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis arah arus purba, adalah diawali dengan pengambilan data berupa identifikasi struktur sedimen. Dari identifikasi struktur sedimen ditentukan arah sumbernya yang termanifestasi dalam struktur sedimen. Pengukuran dilakukan dengan alat bantu berupa kompas geologi. Hasil analisis batuan asal.

PEMBAHASAN

Untuk mempermudah dalam penelitian, pengambilan data diambil mengikuti hasil pengukuran stratigrafi dalam Astuti (2012), dan khususnya mengikuti perubahan *sea level* dalam Astuti (2015). Terkait dengan perubahan *sea level*, yaitu saat *sea level* turun dan naik atau yang diambil mewakili batuan yang *finning* dan *coarsening*.

Sampel diambil mewakili batuan juga yang mewakili batuan yang didapatkan pada N18 pertengahan hingga Pliosen (N19-20). Batuan yang diambil mewakili umur Miosen Akhir atau N18, diambil pada batuan yang indikasi saat muka laut naik dan *finning*. Sampel yang diambil pada batuan yang Pliosen Awal (N19), adalah sampel yang mewakili batuan yang mengisi *channel fill* atau

saat terjadi penambahan *supply sediment* sebagai *supra fan lobe*, dengan lingkungan *Lower fan* hingga *upper fan*. Batuan tersebut menunjukkan pola sedimentasi yang *coarsening* atau naiknya muka laut.



Gambar 2. Provenance dari batuan di daerah penelitian yang diplot pada segi-tiga *provenance* Dickinson dan Suczek (1979, dimodifikasi), relatif pada posisi bagian selatan yang menunjukkan asal dari *magmatic arc*.

Adapun sampel juga diambil pada batuan yang mewakili umur Pliosen Tengah atau N20, pada batuan yang indikasi saat muka laut naik dan *finning*.

Hasil analisis petrografi (Tabel 1) yang mewakili *finning* pada lingkungan *channel fill* di daerah Cikaro, pada kisaran umur N18 menunjukkan komposisi lithik 62,6 % dan Feldspar 19,2 %. Batuan yang mewakili *finning* pada umur N18, pada lingkungan *basin plain* di daerah Cikabuyutan, menunjukkan komposisi feldspar 28,2% dan lithik 19,4%. Analisis petrografi yang mewakili *coarsening*, umur N19, di daerah Babakan, menunjukkan komposisi feldspar 4 % dan lithik 58,1 %. Analisis petrografi yang mewakili *finning* umur N19, daerah Rambatan, menunjukkan komposisi feldspar 41,7 %, kuarsa 0,5 % dan lithik 13 %. Sedangkan analisis petrografi yang mewakili *finning* umur N20, daerah Cikabuyutan, menunjukkan komposisi Feldspar 25 %.

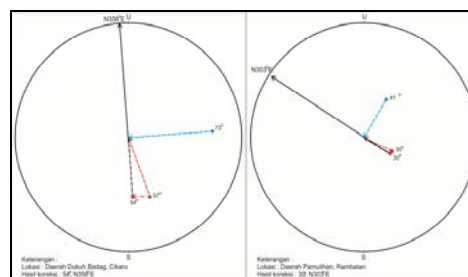
Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa komponen utama mineral adalah lithik dan feldspar, sedangkan kuarsa dalam jumlah yang sangat sedikit

dan hanya dijumpai di daerah Rambatan yang relatif paling timur, berupa kuarsa yang polikristalin. Dari hasil analisis petrografi kemudian dilakukan pengeplotan pada segitiga Dickinson dan suczeck (1979). Hasil pengeplotan menunjukkan secara keseluruhan mineral tersebut menunjukkan posisi relatif di bagian selatan. Bagian selatan yang paling dekat adalah berasal atau bersumber dari *magmatic arc* (Gambar 2). Berdasarkan segitiga Dickinson dan suczeck (1979), batuan dengan sumber *magmatic arc*, menunjukkan jumlah lithik yang dominan. Berdasarkan Tabel 1, jumlah lithik rata-rata semakin berkurang kearah timur, juga kearah yang berumur lebih muda, barangkali dapat mengindikasikan menurunnya proses vulkanisme.

Tabel 1. Hasil analisis petrografi, untuk komposisi kuarsa (K), Feldspar (F) dan Lithik (L)

No	Lokasi	Pola sedimen-tasi	Komposisi			Keterangan
			K (%)	F (%)	L (%)	
1	Cikaro	Finnin g	0	19, 2	62, 6	N18, Channel fill, muka laut naik
2	Cikabuyu-tan	Finnin g	0	28, 2	19, 4	N18, basin plain, muka laut naik
3	Babakan	coarsening	0	4	58, 1	N19, dead oil, mid fan, muka laut turun
4	Rambatan	Finnin g	0,5	41, 7	13	N19, mid fan, muka laut turun
5	Cikabuyu-tan	Finnin g	0	25	0	N20, basin plain, muka laut naik

Daerah asal *magmatic arc* hampir dijumpai di hampir semua lingkungan, dari *channel fill*, *mid fan* dan *basin plain*, baik pada saat *finning* ataupun *coarsening upward*, ataupun saat regresi dan transgresi.



Gambar 3. Hasil koreksi dari pengukuran arah arus di daerah Dukuhbadag, Cikaro (kiri) menunjukkan nilai arah 54°, N356°E, sedangkan hasil koreksi di daerah Pamulihan, Rambatan (kanan), menunjukkan nilai arah 30°, N303°E, keduanya menunjukkan arah relatif dari arah Selatan.

Batuan yang secara dominan diisi oleh material vulkanik tersebut, di beberapa tempat dijumpai rembesan minyak ataupun *dead oil* terutama di bagian urutan stratigrafi yang menunjukkan *coarsening upward* atau regresi. Untuk lebih memperjelas asal batuan, analisis juga dilengkapi dengan analisis arah arus berupa struktur sedimen. Berdasarkan analisis *flute cast* di Dukuh Badag dan Pamulihan (Gambar 3), batuan yang berasal dari *magmatic arc* tersebut menunjukkan arah relatif dari selatan.

KESIMPULAN

Provenance atau batuan asal di daerah penelitian adalah *magmatic arc*. Daerah asal *magmatic arc* menunjukkan jumlah lithik rata-rata yang semakin berkurang kearah timur atau kearah yang lebih muda. Berkurangnya material pengisi di Cekungan Serayu Utara ke arah umur yang lebih muda, diprediksi sebagai menurunnya proses vulkanisme. Keterkaitan dengan prospek hidrokarbon, bahwa dijumpainya rembesan minyak ataupun *dead oil* terutama pada batuan yang menunjukkan asal vulkanik khususnya pada saat *coarsening upward* atau regresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Armandita, C., Mukti, M.M., and Satyana, A. H., 2009, *Intra arc trans-tension duplex of Majalengka to Banyumas area : prolific petroleum seeps and*

- opportunities in west-central Java border*, Indonesian Petroleum Association Annual Convention Proceedings.
- Astuti, 2012, *Stratigrafi dan Sedimentasi Batuan Neogen di Cekungan Serayu Utara, Daerah Kuningan, Jawa Barat – Larangan, Brebes, Jawa Tengah*, Thesis, tidak dipublikasikan.
- Astuti, 2015, *Perubahan Sea Level di Cekungan Serayu Utara bagian Barat selama Miosen Tengah hingga Pliosen di Daerah Kuningan Jawa Barat*, Seminar Nasional Reti, STTNAS Yogyakarta.
- Boggs, S. Jr., 1992, *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, fourth edition, Upper Saddle River, New Jersey, 662 p.
- Kastowo, 1975, *Peta Geologi lembar Majenang, Jawa, Majenang 10/XIV-B, skala 1 : 100.000*, Direktorat Geologi, Bandung.
- Kastowo dan Suwarno, N., 1996, *Peta Geologi Lembar Majenang, Jawa, skala 1 : 100.000*, edisi ke dua, Direktorat Geologi, Bandung.
- Lewis, D. W., 1984, *Practical Sedimentologi*, Hutchinson Ross Publishing Company, p. 229.
- Martodjojo, S., 1994, *Evolusi Cekungan Bogor*, Institut Teknologi Bandung.
- Posamentier, H. W., and James, D. P., 1993, An overview of sequence-stratigraphic concepts : uses and abuses, *The International Association of Sedimentologists*, Blackwell scientific Publications, p. 3-18.
- Satyana, A. H., 2007, Central Java, Indonesia – “A Terra Incognita” in Petroleum Exploration : New Considerations on The Tectonic Evolution and Petroleum Implications, *Proceedings of Indonesian Petroleum Association Annual Convention*, IPA07-G-085, p. 22.
- Selley, R.C., 1985, *Applied Sedimentology*, Academic press, London, p. 446.
- Tucker, M.E., 1991, *Sedimentary petrology : an introduction to the origin of sedimentary rocks*, Blackwell scientific publications. 260 p.
- Vail, P. R., Audemard, F., Bowman, S. A., Eiser, P. N, Perezcrus, G., 1990, *The Stratigraphic Signatures of Tectonic, Eustasy and Sedimentation*, AAPG International Lecture, Manuscriptverton, p. 99.

EFISIENSI PHRASE SUFFIX TREE DENGAN SINGLE PASS CLUSTERING UNTUK PENGELOMPOKAN DOKUMEN WEB BERBAHASA INDONESIA

Desmin Tuwohingide¹, Mika Parwita², Agus Zainal Arifin³, Diana Purwitasari⁴

^{1,2,3,4} Teknik Informatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember;

¹ Jurusan Teknik Komputer dan Komunikasi, Politeknik Negeri Nusa Utara

Masuk: 4 Oktober 2015, revisi masuk: 13 Nopember 2015, diterima: 6 Januari 2016

ABSTRACT

The number of Indonesian documents which available on internet is growing very rapidly. Automatic documents clustering shown to improving the relevant documents search results of many found documents. *Suffix tree* is one of documents clustering method that developed, because it is proven to increase precision. In this paper, we propose a new method to clustering Indonesian web documents based on phrase efficiency in the choice process of *base cluster* with the combination of documents frequency and term frequency calculation on the phrase with a *single pass clustering algorithm* (SPC). Every phrase that is considered as the base cluster will be vectored then calculate of the *term frequency* and *document frequency*. Furthermore, the documents will be calculate their similarity based on the *tf-idf weighted* using the *cosine similarity* and documents clustering is done by using a *single pass clustering algorithm*. The proposed method is tested on 6 dataset with number of different document 10, 20, 30, 40, 50 and 60 documents. The experiment result show that the proposed method succeeded clustering Indonesian web documents by reducing the leaf node with no derivative and produces the *F-measure* an average of 0.78 while STC traditional produces the *F-measure* an average of 0.55. This result prove that the efficiency of phrase by phrase choice on internal nodes and leaf nodes that have derivative, and a combination of term frequency and document frequency calculation on the *base cluster*, gives a significant impact on the process of clustering documents.

Keywords: Documents Clustering, *Single-Pass Clustering*, *Suffix Tree*.

INTISARI

Jumlah dokumen berbahasa Indonesia yang tersedia di internet tumbuh dengan sangat pesat. Pengelompokan dokumen secara otomatis terbukti meningkatkan hasil pencarian dokumen yang relevan dari sekian banyak dokumen yang ditemukan. Salah satu metode yang berkembang dalam pengelompokan dokumen adalah *suffix tree* karena terbukti meningkatkan *precision*. Penelitian ini mengusulkan metode baru untuk mengelompokan dokumen web berbahasa Indonesia berdasarkan efisiensi *phrase* pada proses pemilihan *base cluster* dengan kombinasi perhitungan *document frequency* dan *term frequency* pada *phrase suffix tree* dengan algoritma *Single Pass Clustering* (SPC). Setiap *phrase* yang dianggap sebagai *base cluster* akan divektorkan kemudian dilakukan perhitungan *document frequency* dan *term frequency*. Selanjutnya, Setiap dokumen akan dihitung kemiripannya berdasarkan pembobotan *tf-idf* menggunakan *cosine similarity* dan pengelompokan dokumen dilakukan dengan menggunakan algoritma SPC. Pengujian dilakukan pada 6 dataset dengan jumlah dokumen yang berbeda yaitu 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 dokumen. Hasil pengujian menunjukkan metode yang diusulkan berhasil mengelompokkan dokumen web berbahasa Indonesia dengan mereduksi *leaf node* tanpa anak dan menghasilkan nilai *F-measure* rata-rata 0,78 sedangkan STC tradisional menghasilkan *F-measure* rata-rata 0,55. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi *phrase* melalui pemilihan *phrase* pada *internal node* dan *leaf node* yang memiliki anak serta kombinasi perhitungan *term frequency*, dan *document frequency* pada *base cluster* memberi dampak yang signifikan pada proses pengelompokan dokumen.

Kata Kunci: Pengelompokan dokumen, *Single-Pass Clustering*, *Suffix Tree*

PENDAHULUAN

Banyaknya informasi yang dipublikasikan melalui internet memberi dampak penyebaran informasi yang cepat dari berbagai sumber. Namun, hal ini juga mengakibatkan sulitnya untuk menemukan informasi yang relevan atau sesuai dengan kebutuhan pengguna. Kesulitan menemukan informasi atau menyaring dokumen merupakan salah satu permasalahan yang dibahas dalam sistem temu kembali informasi. Salah satu penelitian yang dikembangkan untuk menanggapi masalah ini adalah dengan cara mengelompokkan dokumen.

Pengelompokan dokumen berdasarkan topik telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Algoritma *Suffix Tree Clustering* (STC) merupakan salah satu algoritma yang berkembang dalam pengelompokan dokumen. STC pertama kali digunakan untuk mengelompokkan hasil pencarian dari mesin pencari (Zamir & Etzioni, 1998). Algoritma STC dinilai memiliki tingkat *precision* yang tinggi karena menggunakan *phrase* sebagai dasar pembentukan *cluster* sehingga dimungkinkan terjadinya *overlapping cluster* (Arifin, Darwanto, Navastara & Ciptaningtyas, 2008). Hal ini didasarkan bahwa setiap dokumen bisa memiliki lebih dari satu topik berdasarkan *phrase* yang terdapat pada dokumen tersebut. Kelebihan lain dari *suffix tree* adalah menyimpan semua *phrase* yang ada secara terstruktur untuk menunjukkan tingkat kemiripan dokumen (Chim & Deng, 2008). Walaupun *suffix tree* memiliki kelebihan pada struktur datanya, pada penelitian lain diungkapkan bahwa STC memiliki kelemahan dimana beberapa *node* dapat terlabeli dengan *phrase* yang sama (Hammouda & Kamel, 2004). Selain itu, proses *scoring* pada STC yang hanya berdasarkan perhitungan *document frequency* (df) dan jumlah kata yang membentuk *base cluster* dianggap bisa ditingkatkan dengan perhitungan *term frequency* (tf). Sehingga pada beberapa penelitian dilakukan efisiensi *phrase* berdasarkan perhitungan *term frequency* dengan memetakan semua *node* atau semua *phrase* yang terbentuk dari *suffix tree* kemudian dilakukan pembobotan *tf-idf*

pada setiap *phrase* (Chim & Deng, 2008; Jain & Maheshwari, 2013). Selain itu, pembobotan pada *phrase suffix tree* juga bisa dilakukan untuk mereduksi jumlah *phrase* (Huang, Yin & Hou, 2011).

Single Pass Clustering (SPC) adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan dokumen satu per satu dan setiap pembentukan *cluster* selalu dilakukan evaluasi atau perhitungan kembali representasi *cluster*. Beberapa penelitian telah menggunakan SPC untuk pengelompokan dokumen berbahasa Indonesia (Arifin & Novan, 2002; Februriantyanti & Zuliarso, 2012). Pengelompokan dokumen berita online berbahasa Indonesia menggunakan STC telah dilakukan (Arifin, Darwanto, Navastara & Ciptaningtyas, 2008). Penggunaan metode STC untuk pengelompokan dokumen berbahasa Indonesia dapat ditingkatkan dengan melakukan efisiensi *phrase* berdasarkan pemilihan *phrase* yang terdapat pada *internal node* dan *leaf node* yang memiliki anak dan melakukan perhitungan *term frequency* dan *document frequency* pada setiap *base cluster*.

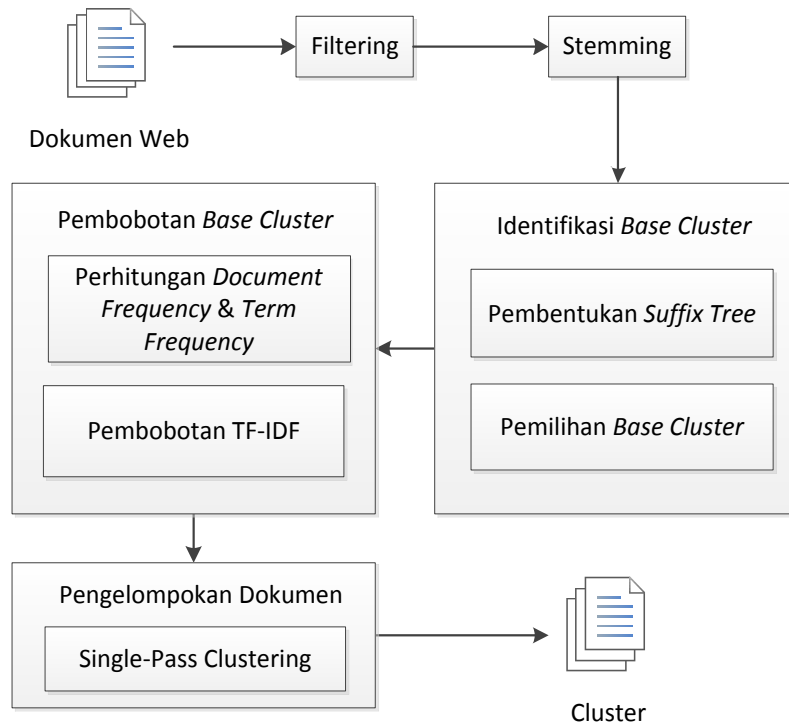
Pada penelitian ini metode baru untuk mengelompokkan dokumen web berbahasa Indonesia berdasarkan efisiensi *phrase* pada proses pemilihan *base cluster* dengan kombinasi perhitungan *document frequency* dan *term frequency* pada *phrase suffix tree* dengan algoritma *Single Pass Clustering* (SPC). *Phrase* yang digunakan pada penelitian ini adalah *phrase suffix tree* yang terlabeli pada *internal node* dan *leaf node* yang memiliki anak. Setiap *phrase* yang terpilih dianggap sebagai *base cluster* yang kemudian akan diproses dengan menghitung *document frequency* dan *term frequency*. Selanjutnya, dokumen akan dikelompokkan dengan metode SPC.

METODE

Data yang digunakan untuk uji coba berupa kumpulan dokumen teks bahasa Indonesia yang dikumpulkan dari situs Kompas dengan alamat URL www.kompas.com. Dokumen berita berkisar dari tanggal 11 Januari 2008 sampai 4 Juli 2008. Jumlah data uji sebanyak 60 dokumen yang terbagi

dalam 12 kategori. Struktur format data berupa isi berita, tanggal, dan kategori untuk masing-masing dokumen. Kategori dokumen pada data uji digunakan untuk

pembandingan dengan hasil dari pengelompokan dokumen dari metode yang diusulkan.



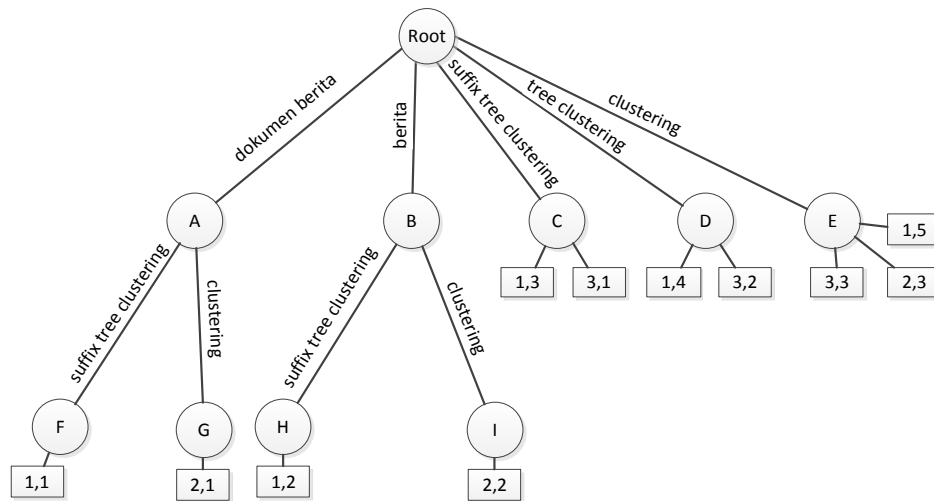
Gambar 1. Tahap usulan metode.

Sebelum dilakukannya proses pengelompokan dokumen, terlebih dahulu dilakukan proses pembersihan dokumen dengan 2 tahap, yaitu tahap *filtering* yang dilakukan untuk membersihkan dokumen dari tag-tag HTML dan proses penghapusan *stopword* atau kata-kata yang dianggap tidak memiliki makna penting dalam dokumen yang disimpan dalam stoplist. Tahap kedua adalah *stemming* yang merupakan proses pengambilan kata dasar. Setelah itu terdapat 3 tahap utama yang dilakukan, yaitu identifikasi *base cluster*, pembobotan dan pengelompokan *base cluster* (Gambar 1).

Tahap identifikasi *base cluster* terdiri dari dua tahap yaitu tahap dimana *phrase* dibentuk dengan menemukan *shared phrase* antar dokumen (Zamir & Etzioni, 1998) dan tahap kedua adalah pemilihan *phrase* yang menjadi *base*

cluster. Metode ini merepresentasikan dokumen sebagai kumpulan kata-kata.

Proses pembentukan *phrase suffix tree* terdiri dari beberapa langkah. Pertama, mengidentifikasi semua kalimat yang terdapat dalam dokumen. Untuk setiap akhiran kalimat akan diidentifikasi sebagai *phrase*. Selanjutnya akan dilakukan pengecekan apakah *phrase* sudah ada pada struktur *suffix tree* yang telah terbentuk. Apabila *phrase* sudah ada, maka dilakukan penambahan informasi *phrase* berupa nomor dokumen dan posisi *phrase* ke dalam *node* yang mewakili *phrase* tersebut. Apabila *phrase* tidak ada pada struktur *suffix tree*, maka *phrase* akan ditambahkan sebagai *node* baru disertakan dengan label *phrase* yang baru ditambahkan. *Phrase* yang terlabeli pada semua *internal node* dan *leaf node* yang memiliki anak akan diambil sebagai *base cluster*.



Gambar 2. Pembentukan *suffix tree*.

Contoh pembentukan *suffix tree* dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2, *suffix tree* dibentuk berdasarkan 3 dokumen. Dimana dokumen pertama memiliki kumpulan kata “dokumen berita *suffix tree clustering*”, dokumen kedua “dokumen berita *clustering*”, dan dokumen ketiga “*suffix tree clustering*”. *Root* merupakan pusat terbentuknya *node*. *Node* yang terbentuk digambarkan dengan lingkaran (A sampai I). Setiap *node* merepresentasikan *phrase* dari dokumen dan dilabelkan dengan nomor dokumen dan posisi *phrase*. Sebagai contoh *node* G untuk menyatakan *phrase* “dokumen berita *clustering*” pada dokumen 2 di posisi *phrase* pertama. Kondisi sebuah *node* dengan memiliki label lebih dari satu menyatakan *phrase* yang direpresentasikan pada *node* tersebut terdapat di beberapa dokumen. Sebagai contoh pada *node* D yang menyatakan *phrase* “*tree clustering*” terdapat pada dokumen 1 di posisi *phrase* keempat dan pada dokumen 3 di posisi *phrase* kedua.

Pada tahap pemilihan *base cluster*, setiap *phrase* yang terlabeli di *internal node* dan *leaf node* yang memiliki anak akan dianggap sebagai *base cluster*, sementara *phrase* yang terlabeli di *leaf node* yang tidak memiliki anak akan diabaikan. Pada contoh Gambar 2, *node* yang akan terpilih sebagai *base cluster* adalah *node* A,B,C,D,E yang terlabeli dengan *phrase* dokumen berita,

berita, *suffix tree clustering*, *tree clustering*, dan *clustering*. *Node* F,G,H,I tidak akan diproses karena *phrase* yang terlabeli di *node* tersebut telah di terlabeli di *internal node*. Proses ini dilakukan untuk mereduksi jumlah *phrase* yang akan menjadi *base cluster* dan menghapus *node* yang terlabeli dengan *phrase* yang sama.

Sebelum dilakukan pembobotan, setiap *phrase* yang dijadikan *base cluster* diubah menjadi vektor. Vektor ini akan merepresentasikan sebuah dokumen dengan sekumpulan *phrase*. Misalkan t_1, t_2, \dots, t_n menyatakan *phrase* yang digunakan untuk mengindeks *database* yang terdiri dari dokumen D_1, D_2, \dots, D_n , maka dokumen D_1 dinyatakan dengan $D_1 = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$, dimana a_{ij} = bobot *phrase* t_j dalam dokumen D_1 . *Node* yang terbentuk dari *suffix tree* kemudian dipetakan ke dalam bentuk vektor.

Langkah selanjutnya adalah menghitung *document frequency* (*df*) dan *term frequency* (*tf*) pada setiap *base cluster/node* yang terpilih. Nilai $df(v)$ didapat dengan menghitung berapa banyak dokumen berbeda yang melewati sebuah *node* v sedangkan $tf(v,d)$ didapat dengan menghitung berapa kali sebuah dokumen d melewati *node* v tersebut (Chim & Deng, 2008). Kemudian dilakukan pembobotan *tf-idf* berdasarkan N jumlah dokumen, *document frequency* (*df*), dan *term frequency* (*tf*) menggunakan persamaan (1). *Tf-idf* adalah salah

satu metode pembobotan frekuensi kata dalam sebuah dokumen berdasarkan jumlah kemunculannya (Huang, Yin & Hou, 2011).

$$w(v, d) = \left(1 + \log(tf(v, d))\right) \times \log\left(1 + \frac{N}{df(v)}\right) \dots\dots\dots(1)$$

Algoritma yang digunakan untuk pengelompokan dokumen adalah algoritma *Single Pass Clustering* (SPC). Algoritma SPC merupakan metode yang melakukan pengelompokan data satu demi satu. Setiap data yang akan dikelompokkan akan dihitung kemiripannya untuk menentukan data tersebut masuk ke *cluster* mana.

Pengelompokan dokumen menggunakan algoritma SPC, terdiri dari beberapa tahap (Klampanos, Jose & van Rijsbergen, 2006). Tahap penting pada SPC adalah menentukan dokumen P_i dikelompokkan ke *cluster* C_j mana berdasarkan nilai kemiripan dokumen dengan masing-masing *cluster* yang ada. Kondisi untuk dokumen pertama P_1 , digunakan sebagai representasi *cluster* pertama C_1 . Hal ini dikarenakan belum adanya *cluster* yang terbentuk. Selanjutnya yaitu melakukan perhitungan kemiripan dokumen P_{i+1} dengan keseluruhan *cluster* $C_{j..k}$. Jika nilai kemiripan $Sim_{x,y}$ lebih besar dari nilai *threshold* t ($Sim_{x,y} > t$), maka dokumen dikelompokkan ke *cluster* C_j kemudian dilakukan perhitungan ulang vektor representasi *cluster* C_j . Apabila sebaliknya, nilai kemiripan $Sim_{x,y}$ tidak lebih besar dari *threshold* t , maka dokumen digunakan sebagai representasi *cluster* baru C_{j+1} . Kemudian jika masih ada dokumen yang belum dikelompokkan, maka dilanjutkan perhitungan dokumen P_{i+1} terhadap masing-masing *cluster* yang sudah terbentuk sampai semua dokumen selesai dikelompokkan.

Untuk menjaga *overlapping cluster*, tidak diberlakukan kondisi $S(max)$ atau kondisi dimana satu dokumen memiliki nilai kemiripan lebih dari *threshold* t pada dua *cluster* yang berbeda maka dokumen tersebut hanya akan dimasukkan kedalam *cluster* yang

nilai kemiripannya paling besar. Hal ini dilakukan agar dapat meningkatkan *precision* dokumen yang kemungkinan mengandung lebih dari satu topik pembahasan.

Perhitungan kemiripan yang digunakan adalah *cosine similarity*. *Cosine similarity* menghitung kemiripan antar pasangan dokumen yang akan dikelompokkan. Kemiripan $Sim_{x,y}$ dihitung menggunakan persamaan (2). Perhitungan dilakukan antara $d_x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ vektor dan vektor $d_y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, dimana d_x, d_y adalah dokumen dan x_1, y_1 adalah bobot dari *node term* v_i (Chim & Deng, 2008).

$$Sim_{x,y} = \frac{d_x \cdot d_y}{|d_x| \times |d_y|} \dots\dots\dots(2)$$

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi hasil pengujian adalah *F-Measure*. *F-Measure* merupakan standar yang digunakan untuk mengevaluasi algoritma *clustering* dan klasifikasi pada bidang temu kembali informasi. Perhitungan *F-measure* menggunakan *precision* dan *recall*.

$$Pre_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} \dots\dots\dots(3)$$

$$Rec_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i} \dots\dots\dots(4)$$

Precision (Pre_{ij}) dihitung berdasarkan perbandingan banyaknya dokumen kategori i pada *cluster* j (N_{ij}) dengan jumlah seluruh dokumen dalam *cluster* j (N_j). Nilai *precision* dihitung menggunakan persamaan (3). *Recall* (Rec_{ij}) dihitung berdasarkan perbandingan banyaknya dokumen kategori i pada *cluster* j (N_{ij}) dengan jumlah dokumen dalam kategori i (N_i). Recall dihitung menggunakan persamaan (4).

$$F_{i,j} = \frac{2 \times Pre_{ij} \times Rec_{ij}}{Pre_{ij} + Rec_{ij}} \dots\dots\dots(5)$$

Nilai *F-Measure* kategori i pada *cluster* j diperoleh dengan menggabungkan nilai *precision* dan *recall*. Nilai tersebut dihitung menggunakan persamaan (5).

$$F = \sum_i^m \frac{N_i}{N} \max\{F_{i,j}\} \dots\dots\dots (6)$$

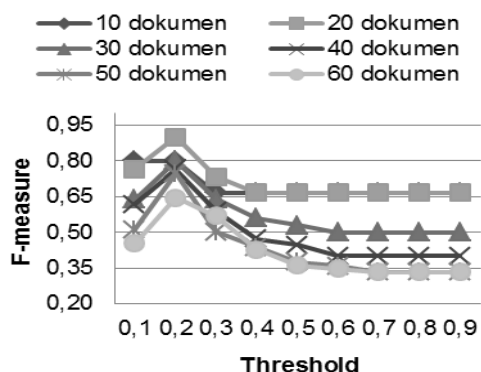
F-measure keseluruhan diperoleh dengan menghitung jumlah dokumen pada kategori *i* (N_i) dibagi dengan jumlah dokumen (N) dan dikalikan dengan *F-measure* tertinggi untuk kategori *i* ($\max F_{ij}$). Kemudian hasil untuk masing-masing kategori dijumlahkan sebanyak jumlah kategori *m*. Perhitungan ini bisa dilihat pada persamaan (6).

PEMBAHASAN

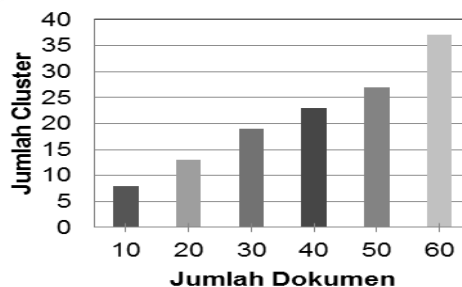
Percobaan dilakukan terhadap 6 data uji coba dengan jumlah dokumen yang berbeda yaitu 10 dokumen dalam 5 kategori berbeda, 20, 30, 40 dan 50 dokumen dalam 10 kategori berbeda serta 60 dokumen dalam 12 kategori berbeda. Setiap data diujicobakan menggunakan nilai *threshold* 0,1 sampai 0,9.

Berdasarkan hasil percobaan terhadap data uji yang bervariasi yang ditunjukkan pada Gambar 3, nilai *threshold* yang menghasilkan *F-Measure* tertinggi pada semua data uji coba adalah 0,2 dan nilai *F-Measure* paling tinggi yaitu 0,90 pada data uji 20 dokumen dengan jumlah *cluster* yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Hasil pengujian pada Tabel 1, menunjukkan bahwa dokumen ke-34, ke-38 dan ke-40 adalah dokumen yang *overlapping cluster* karena berada pada lebih dari satu *cluster*. Dokumen ke-34 berada pada *cluster* 18,19 dan 20, dokumen ke-38 dan ke-40 berada pada *cluster* 22 dan 23.



Gambar 3. Perbandingan *F-measure* masing-masing *threshold* pada jumlah dokumen berbeda.



Gambar 4. Jumlah *cluster* yang diperoleh pada setiap data uji coba dengan nilai *threshold* 0,2.

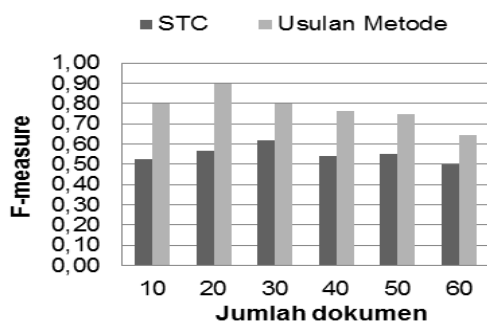
Uji coba untuk perbandingan hasil pengelompokan dokumen menggunakan metode yang diusulkan dan metode STC tradisional dilakukan terhadap 6 data uji coba di atas. Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil perhitungan *F-Measure* pada setiap data uji coba menggunakan metode yang diusulkan mampu meningkatkan nilai *F-measure* dari metode STC tradisional. Nilai rata-rata dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode STC tradisional adalah 0,55. Rata-rata dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode usulan adalah 0,78. Hasil nilai *F-Measure* yang diperoleh dengan menggunakan metode usulan mengalami peningkatan rata-rata 22%.

Berdasarkan dari uji coba, nilai *threshold* yang berbeda menghasilkan *F-measure* yang berbeda. Hal ini menunjukkan bagaimana nilai *threshold* (t pada algoritma pengelompokan dokumen Bab 2) mempengaruhi kualitas hasil pengelompokan. Dari percobaan yang dilakukan, nilai *threshold* 0,2 menghasilkan *F-measure* yang paling tinggi. Untuk itu, nilai *threshold* 0,2 digunakan untuk pengelompokan dokumen menggunakan metode yang diusulkan.

Hasil penelitian menunjukkan dengan melakukan efisiensi *phrase* berdasarkan proses pemilihan *base cluster* yang terlabeli pada *internal node* dan *leaf node* yang memiliki anak serta melakukan perhitungan *term frequency* dan *document frequency* pada *base cluster* yang terpilih mampu meningkatkan akurasi pengelompokan dokumen.

Tabel 1. Hasil Pengelompokan 50 Dokumen

Cluster	Dokumen
1	1,2,3,4,5
2	6,7,8,9,10
3	11,12
4	13,14
5	15
6	16
7	17
8	18
9	19
10	20
11	21
12	22,24
13	23
14	25
15	26,27,30
16	28
17	29
18	31,34
19	32,34
20	33,34
21	35
22	36,38,39,40
23	37,38,40
24	41,43,44,45
25	42
26	46,47,48,50
27	49



Gambar 5. Perbandingan *F-measure* STC tradisional dengan usulan metode pada jumlah dokumen berbeda.

Perbandingan dengan metode STC menunjukkan bahwa usulan metode memperoleh *F-measure* lebih tinggi pada semua uji coba dan mampu meningkatkan nilai *F-measure* rata-rata 22%. Hasil uji coba juga menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu mempertahankan pengelompokan dokumen yang *overlapping cluster*.

Hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian-penelitian sebelumnya

yang melakukan efisiensi *phrase* berdasarkan perhitungan *term frequency* dan *document frequency* pada proses *scoring base cluster*. (Chim & Deng, 2008).

KESIMPULAN

Pada makalah ini disajikan metode baru untuk mengelompokan dokumen web berbahasa Indonesia berdasarkan efisiensi *phrase* pada proses pemilihan *base cluster* dengan kombinasi perhitungan *document frequency* dan *term frequency* pada *phrase suffix tree* dengan algoritma *Single Pass Clustering* (SPC). Hasil uji coba menunjukkan metode yang diusulkan menghasilkan nilai *F-Measure* yang lebih tinggi dibandingkan dengan STC tradisional. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi *phrase* pada proses pemilihan *base cluster* dengan kombinasi perhitungan *term frequency* dan *document frequency* mampu meningkatkan hasil pengelompokan dokumen yang semula menggunakan *scoring phrase* dengan kombinasi *document frequency* dan panjang *phrase* yang terlabeli pada STC tradisional. Metode yang diusulkan juga berhasil mempertahankan *overlapping cluster* yang merupakan kelebihan STC.

Penelitian selanjutnya adalah meningkatkan kinerja dengan mengembangkan metode efisiensi pada *base cluster*, melakukan proses reduksi *phrase* setelah *generate suffix tree* atau melakukan pengembangan algoritma untuk proses *document cleaning* agar *phrase* yang terbentuk benar-benar mewakili dokumen yang akan dikelompokan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, A.Z., Darwanto, R., Navastara, D.A. & Ciptaningtyas, H.T. Klasifikasi Online Berita dengan Menggunakan Algoritma Suffix Tree Clustering. Proceeding of SESINDO. 2008.
- Arifin, A.Z. & Novan, A.N. Klasifikasi Dokumen Berita Kejadian Berbahasa Indonesia dengan Algoritma Single Pass Clustering. Prosiding Seminar on Intelligent Technology and its Applications (SITIA), Teknik

- Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 2002.
- Chim, H. & Deng, X. Efficient Phrase-Based Document Similarity for Clustering. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. Vol. 20: 1217–1229. 2008.
- Februariyanti, H. & Zuliarso, E. Algoritma Single Pass Clustering untuk Klastering Halaman Web. *Prosiding Seminar Nasional Komputer dan Elektro (SENOPUTRO)*. 1–8. 2012.
- Hammouda, K.M. & Kamel, M.S. Efficient Phrase-Based Document Indexing for Web Document Clustering. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. Vol. 16: 1279–1296. 2004.
- Huang, C., Yin, J. & Hou, F. Text clustering using a suffix tree similarity measure. *Journal of Computers*. Vol. 6: 2180–2186. 2011.
- Jain, A.K. & Maheshwari, S. Phrase based Clustering Scheme of Suffix Tree Document Clustering Model. *International Journal of Computer Application*. Vol. 63: 30–37. 2013.
- Klampanos, I.A., Jose, J.M. & van Rijsbergen, C.J. Single-Pass Clustering for Peer-to-Peer Information Retrieval: The Effect of Document Ordering. *Proceedings of the 1st international conference on Scalable information systems*. 2006.
- Zamir, O. & Etzioni, O. Web document clustering: A feasibility demonstration. *Proceedings of the 21st International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*. 46–54. 1998.

ANALISIS DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR TEKNOLOGI INFORMASI BERBASIS CLOUD COMPUTING UNTUK INSTITUSI PERGURUAN TINGGI DI SUMATERA SELATAN

Edi Surya Negara¹

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Darma Palembang

Masuk: 9 Desember 2015, revisi masuk : 12 Mei 2015, diterima: 2 Agustus 2015

ABSTRACT

Information technology architecture based cloud computing become one of the architectural model of the development of information technology for the college. Based on data from the Department of Education of South Sumatra, is currently in South Sumatra there are 100 public and private universities. Analysis and design of information technology architecture based cloud computing will be applicable to all universities in South Sumatra, to standardize the development of information technology at each university. So with the standardized architecture teknologi this information will have a significant impact in improving the quality of higher education in South Sumatra Indonesian people to realize intelligent and competitive. Analysis and design will use the TOGAF Architecture Development Method methods adapted to the concept of cloud computing. The first stage of the analysis process is done by gathering data from each university in South Sumatra with a survey and observation. This study tour resulting in the architecture of cloud based applications and information technology architecture based on cloud computing that can be implemented in higher education institutions in South Sumatera

Key word : Architecture, Information Technology, Cloud Computing, College

INTISARI

Arsitektur teknologi informasi berbasis cloud computing menjadi salah satu pilihan model arsitektur pengembangan teknologi informasi bagi perguruan tinggi. Berdasarkan data Dinas Pendidikan Sumatera Selatan, saat ini di Sumatera Selatan terdapat 100 perguruan tinggi negeri maupun swasta. Analisis dan perancangan arsitektur teknologi informasi berbasis cloud computing akan diterapkan bagi seluruh universitas di Sumatera Selatan, untuk menyamakan standar pengembangan teknologi informasi di masing masing universitas. Sehingga dengan adanya standarisasi arsitektur teknologi informasi ini akan memberikan dampak yang signifikan dalam meningkatkan mutu dan kualitas perguruan tinggi di Sumatera Selatan untuk mewujudkan insan Indonesia cerdas dan kompetitif. Analisis dan perancangan akan menggunakan metode TOGAF *Architecture Development Method* yang disesuaikan dengan konsep cloud computing. Tahap pertama untuk proses analisis dilakukan dengan mengumpulkan data dari masing masing universitas yang ada di Sumatera Selatan dengan metode survei dan observasi. Penelitian ini menghasilkan arsitektur aplikasi berbasis cloud computing dan arsitektur teknologi informasi berbasis cloud computing yang dapat diimplementasikan pada institusi perguruan tinggi di Sumatera Selatan.

Kata kunci: Arsitektur, Teknologi informasi, Cloud Computing, Perguruan Tinggi

PENDAHULUAN

Arsitektur teknologi informasi dalam suatu organisasi menjadi cetak biru (*blue print*) yang menjelaskan bagaimana elemen teknologi dan manajemen informasi berkerja sama sebagai satu kesatuan. Dengan demikian penerapan arsitektur teknologi informasi yang tepan akan sangat membantu pencapaian tujuan organisasi, termasuk organisasi pendidikan. Hadirnya teknologi terbaru yaitu *Cloud Computing* dalam dunia

teknologi informasi memberikan manfaat yang sangat besar dalam perancangan arsitektur teknologi informasi modern. Arsitektur yang akan mampu menyesuaikan terhadap kebutuhan dan keadaan institusi pendidikan saat ini. Hewitt, C (2008) menyatakan bahwa *cloud computing* merupakan teknologi dimana sebagian besar proses dan komputasi terletak di jaringan internet, sehingga memungkinkan dapat mengakses layanan yang diperlukan dari manapun.



Gambar 1: Teknologi Cloud Computing

Berdasarkan data Dinas Pendidikan Sumatera Selatan, saat ini di Sumatera Selatan terdapat 100 perguruan tinggi negeri maupun swasta. Walaupun masing masing perguruan tinggi tersebut memiliki otonomi untuk menyelenggarakan proses bisnisnya, namun pemerintah sebagai pembuat kebijakan telah membuat standarisasi penyelenggaraan pendidikan melalui UU No.20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Dalam undang undang tersebut, dinyatakan dalam pasal 20 ayat (2) bahwa perguruan tinggi berkewajiban menyelenggarakan pendidikan, penelitian, dan pengabdian pada masyarakat. Jadi, secara umum seluruh perguruan tinggi di Sumatera Selatan memiliki kemiripan proses bisnis. Kesamaan karakteristik proses bisnis tersebut akan dijadikan dasar perancangan model arsitektur bagi perguruan tinggi di Sumatera Selatan. Seperti yang dikatakan oleh Zachman, J.A (1997) bahwa *enterprise architecture* sudah bukan lagi menjadi suatu pilihan tetapi sudah menjadi suatu kewajiban. Setiap perusahaan mencari tingkatan kinerja misi mereka. *Enterprise architecture* adalah satu praktek manajemen untuk memaksimalkan kontribusi dari sumber daya perusahaan, investasi TI, dan aktivitas pembangunan sistem untuk mencapai tujuan kinerjanya, Guijarro, L (2007). Untuk mencapai misi organisasi melalui kinerja optimal dari proses bisnis dengan efisiensi lingkungan Teknologi Informasi (TI) maka penerapan *enterprise architecture* harus dimasukkan

kedalam *roadmap* dari perusahaan, Schekkerman, J(2009). *Enterprise architecture* menolong mengorganisir dan memperjelas hubungan di antara tujuan strategis perusahaan, investasi, solusi bisnis dan peningkatan kinerja terukur. Untuk mencapai peningkatan kinerja sasaran, *enterprise architecture* harus kuat dan sepenuhnya terintegrasi dengan area praktek lainnya termasuk perencanaan strategis, perencanaan modal dan investasi.

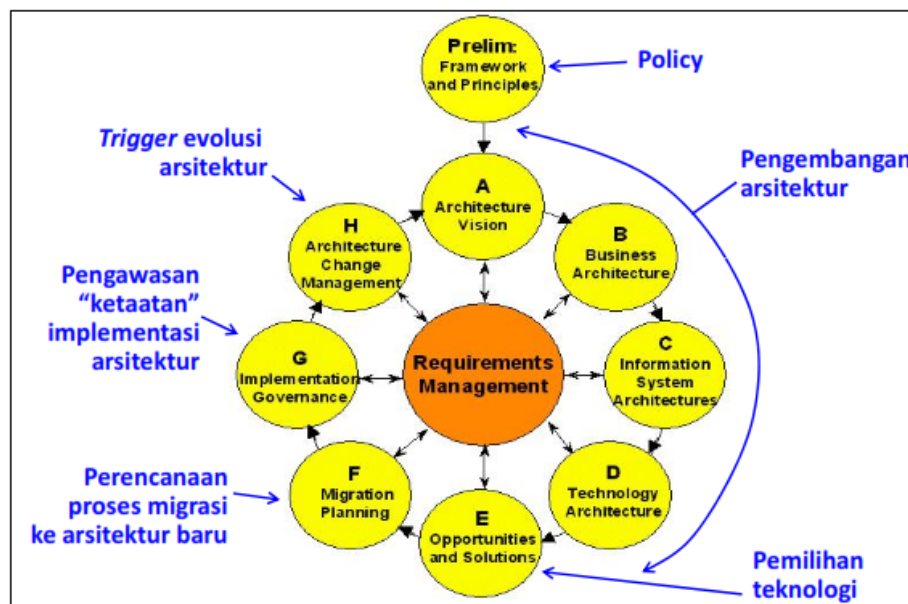
Dari tahun 2004 dan tahun 2005 bahwa ada kemajuan yang cepat didalam pengimplementasian *enterprise architecture* di negara negara seperti India, Singapura dan Brazil. Berdasarkan survei dari pada tahun 2003 *enterprise architecture* diterapkan yang paling utama adalah untuk mengatur kompleksitas (*managing complexity*), memberikan peta jalan (*road map*) tetapi lambat laun hanya dalam tempo 2 tahun yaitu pada tahun 2005 penerapan *enterprise architecture* berubah menjadi sarana untuk mendukung di dalam pengambilan keputusan (*supports decision making*) dan untuk mengatur portfolio TI bagi perusahaan (*manage IT Portfolio*), Schekkerman, J (2005). TOGAF merupakan standar industri untuk metode pengembangan arsitektur dan basis sumber daya yang dapat digunakan secara bebas oleh setiap organisasi yang ingin mengembangkan arsitektur perusahaan untuk digunakan di perusahaan sendiri. TOGAF menyediakan berbagai metode dan *tools* untuk membantu perusahaan dalam

membuat mempersiapkan, mengembangkan, menggunakan dan memelihara arsitektur perusahaannya. TOGAF dibuat dan terus disempurnakan secara berkelanjutan berdasarkan *best practice* dari berbagai perusahaan dan organisasi. Metode TOGAF mendukung empat jenis arsitektur perusahaan, yaitu arsitektur bisnis, arsitektur data, arsitektur aplikasi dan arsitektur teknologi. Pengembangan arsitektur berbasis *cloud computing* menjadi salah satu pilihan, Cotugno, L.A., Lustig, M. and Costello, S. (2010) . Mell, P. and Grance, T (2009) Tim Grance dari *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, Information Technology Laboratory dalam mendefinisikan *cloud computing* sebagai suatu model yang mempermudah ketersediaan dan konfigurasi layanan baik berupa perangkat lunak, jaringan, server, media penyimpanan maupun aplikasi. Suatu layanan

dapat dipasang dan dihilangkan dengan mudah, Mell, P. and Grance, T (2009). Model *cloud computing* memiliki lima karakteristik utama yaitu *On demand self service*, *Broad network access*, *Resource pooling*, *Rapid elasticity* dan *Measured Service*.

METODE

Metode penelitian yang dijadikan sebagai acuan menggunakan metodologi TOGAF *Architecture Development Method* yang disesuaikan dengan konsep *cloud computing*. Metodologi untuk desain arsitektur didalam TOGAF disebut *Architecture Development Method (ADM)* yaitu suatu proses yang menyeluruh, yang terintegrasi untuk mengembangkan dan memelihara suatu *enterprise architecture*. ADM meliputi 9 tahapan dasar seperti pada Gambar 2.



Gambar 2: Metodologi Penelitian

Phase 1. Tahap persiapan (*Preliminary Phase*): Kerangka dan prinsip. Phase A : *Architecture Vision*. Mendefinisikan scope, vision dan memetakan strategi keseluruhan. Phase B : *Business Architecture*. Mendeskripsikan bisnis arsitektur saat ini dan sasaran dan menentukan celah (*gap*) di antara mereka. Phase C : *Information System Architecture*. Mengembangkan arsitektur sasaran untuk data dan aplikasi. Phase D: *Technology Architecture*. Menciptakan sasaran keseluruhan arsitektur yang akan diterapkan pada tahapan kedepan. Phase E :

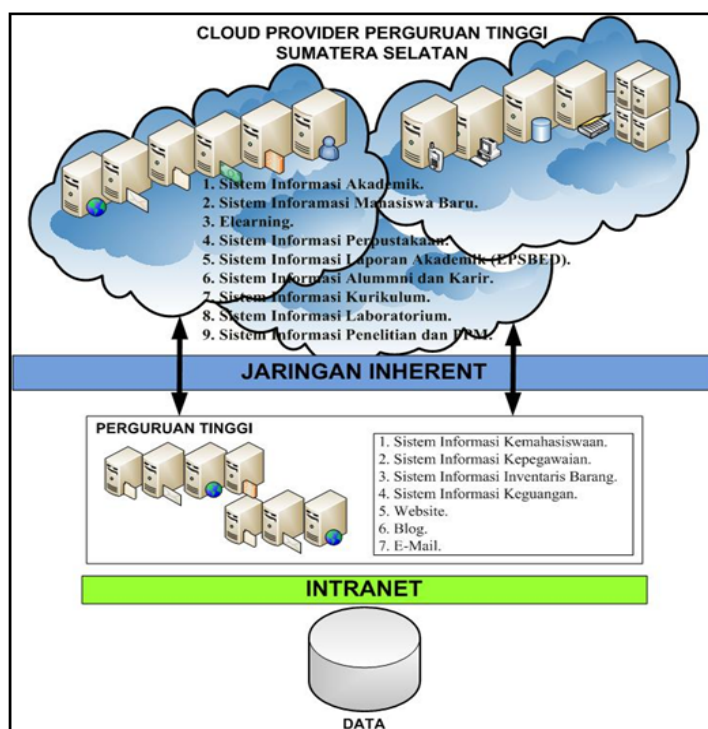
Opportunities and Solutions. Mengembangkan strategi keseluruhan, menen tukan apa yang akan dibeli, membangun atau penggunaan ulang, dan bagaimana men erapkan arsitektur yang dideskripsikan di phase D. Phase F : *Migration Planning*. Mendahulukan proyek dan mengembangkan migrasi yang terencana. Phase G : *Implementation Governance*. Menentukan persiapan untuk implementasi. Phase H : *Architecture Change Management*. Memonitor sistem yang sedang berjalan untuk kepentingan perubahan dan menentukan apakah untuk mengawali satu siklus baru perlu pengulangan kembali ke tahap persiapan.

PEMBAHASAN

Analisis terhadap arsitektur sistem informasi dilakukan untuk mengetahui aktivitas sistem informasi meliputi arsitektur data dan arsitektur aplikasi yang digunakan oleh perguruan tinggi. Arsitektur data fokus kepada bagaimana data digunakan untuk kebutuhan fungsi bisnis, proses bisnis dan layanan bisnis. Hasil observasi dan wawancara yang dilakukan, terdapat sembilan aplikasi sistem informasi yang diterapkan oleh sebagai besar perguruan tinggi yang ada di Sumatera Selatan. Aplikasi sistem informasi tersebut antara lain Sistem Informasi Akademik, Sistem Informasi Mahasiswa Baru, Elearning, Sistem Informasi Perpustakaan, Sistem Informasi Laporan Akademik (EPSBED), Sistem Informasi Alumni dan Karir, Sistem Informasi Kurikulum dan Sistem Informasi Laboratorium, sistem Informasi Penelitian dan PPM, Berdasarkan hasil pemetaan aplikasi sistem informasi di perguruan tinggi, terdapat beberapa aplikasi yang termasuk kategori *Support*, yaitu yang meliputi Sistem Informasi

Kemahasiswaan, Sistem Informasi Kepegawaian, Sistem Informasi Inventaris Barang, Sistem Informasi , Website, Blog, dan E Mail. Aplikasi aplikasi tersebut cukup diperlukan di perguruan tinggi.

Pada *Key Operation*, terdapat sembilan aplikasi sistem informasi, yaitu : Sistem Informasi Akademik, Sistem Informasi Mahasiswa Baru, Elearning, Sistem Informasi Perpustakaan, Sistem Informasi Laporan Akademik (EPSBED), Sistem Informasi Alumni dan Karir, Sistem Informasi Kurikulum, Sistem Informasi Laboratorium, Sistem Informasi Penelitian dan PPM. Kesembilan aplikasi tersebut merupakan aplikasi inti yang sudah seharusnya tersedia di setiap perguruan tinggi. Hal tersebut dapat dilihat di Gambar 3. Jika salah satu atau beberapa aplikasi tersebut tidak tersedia, maka proses bisnis perguruan tinggi akan terganggu atau mengalami hambatan. Oleh karena itu, sembilan aplikasi tersebut akan dijadikan layanan di dalam *Cloud* untuk perguruan tinggi yang ada di Sumatera Selatan



Gambar 3: Arsitektur Aplikasi berbasis Cloud Computing

Pada kategori *Strategic*, terdapat tiga sistem informasi yaitu : Sistem Informasi *Executive*, Sistem Informasi *Manajement Project*, dan *Knowledge Management System*. Penerapan sistem informasi tersebut akan

meningkatkan daya saing (*Competitive Advantages*) bagi perguruan tinggi. Sedangkan pada kategori *High Potential* terdapat Sistem Informasi Pengembangan Karir Dosen (SIPKD).

Model Arsitektur Aplikasi

Setelah melakukan analisis terhadap kondisi perguruan tinggi di Sumatera Selatan, serta memperhatikan Teknologi Informasi yang telah diterapkan, maka penulis mengusulkan Teknologi Informasi Berbasis *Cloud Computing* untuk menjadi standar atau acuan pada penerapan Teknologi Informasi.

Arsitektur aplikasi berbasis *cloud computing* tersebut di perguruan tinggi menggambarkan bagaimana posisi aplikasi sebagai layanan yang akan diletakkan di *cloud*, serta bagaimana hubungan antara aplikasi lain di luar *cloud*. Pada Gambar 4 digambarkan posisi aplikasi di dalam *cloud computing* dan hubungannya aplikasi yang berada di perguruan tinggi. Antara perguruan tinggi dan *cloud* dihubungkan dengan menggunakan jaringan INHERENT.

Arsitektur aplikasi mempunyai tujuan untuk mendefinisikan aplikasi aplikasi yang diperlukan untuk mengelola data dan mendukung fungsi-fungsi bisnis yang ada di perguruan tinggi. Secara umum, langkah pemetaan hubungan aplikasi dengan fungsi bisnis adalah dengan cara sebagai berikut: 1) Menetapkan penggunaan aplikasi yang digunakan fungsi bisnis organisasi berdasarkan kebutuhan dari fungsi bisnis dengan meninjau proses bisnis dan data yang digunakan, 2) Menentukan kebijakan penggunaan dan bagaimanapun layanan yang ada didalam aplikasi yang mendukung fungsi bisnis, 3) Mendukung analisis kesenjangan antara peran aplikasi dalam mendukung proses bisnis organisasi, 4) Menentukan peranan aplikasi dalam mendukung fungsi bisnis dan mengidentifikasi kebutuhan untuk perubahan aplikasi kedepannya.

Aplikasi aplikasi yang menjadi *Key Operation* di tempatkan di *Cloud Provider* Perguruan Tinggi Sumatera Selatan. Aplikasi aplikasi tersebut meliputi : Sistem Informasi Akademik, Sistem Informasi Mahasiswa Baru, Elearning, Sistem Informasi Perpustakaan, Sistem Informasi Laporan Akademik (EPSBED), Sistem Informasi Alumni dan Karir, Sistem Informasi Kurikulum, Sistem

Informasi Laboratorium, Sistem Informasi Penelitian dan PPM. *Cloud Provider* Perguruan Tinggi Sumatera Selatan terhubung melalui jaringan INHERENT ke masing masing perguruan tinggi yang ada di Sumatera Selatan.

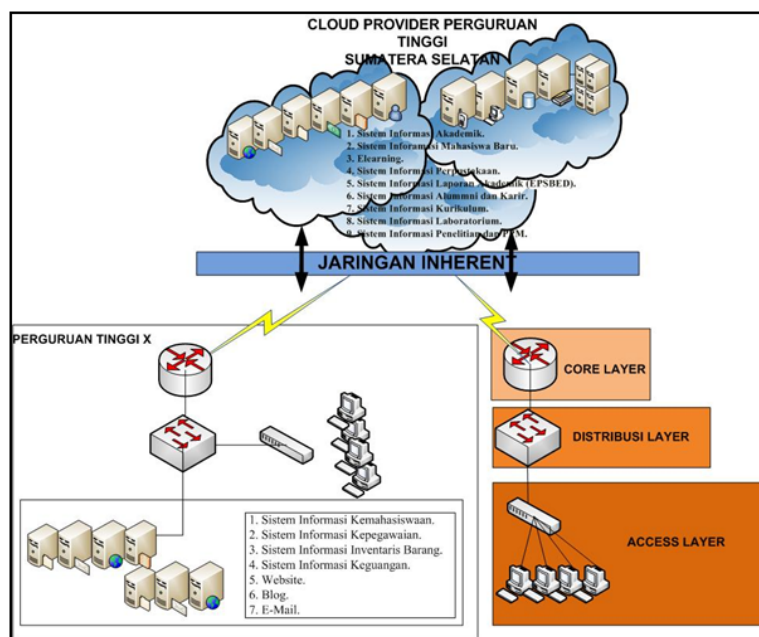
Pada masing masing perguruan tinggi terdapat sistem informasi yang menjadi kategori *Support* yaitu : Sistem Informasi Kemahasiswaan, Sistem Informasi Kepegawaian, Sistem Informasi Inventaris Barang, Sistem Informasi Keuangan, Website, Blog dan E Mail, seperti pada Gambar 3.

Model Arsitektur Teknologi Informasi

Pada tahap ini dilakukan perancangan model arsitektur Teknologi Informasi berbasis *cloud computing*. Perancangan dimulai dari menentukan konsep dasar teknologi yang akan digunakan sampai alternatif teknologi yang diperlukan. Arsitektur teknologi dipandang se bagai pendefinisian *platform* teknologi yang akan digunakan untuk penyediaan lingkungan aplikasi dalam mengelola data dan sebagai alat dalam mendukung fungsi bisnis yang ada di perguruan tinggi.

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah penentuan prinsip *platform* teknologi yang akan digunakan. Tujuannya agar pendefinisian teknologi lebih jelas dan terukur meliputi perangkat keras, perangkat lunak dan komunikasi. Arsitektur teknologi yang dihasilkan bersi fat konseptual, sehingga bukan merupakan analisis secara detail, melainkan hanya memberikan gambaran secara umum.

Perancangan arsitektur Teknologi Informasi yang dilakukan berbasis *cloud computing*. Keberhasilan pengembangan Teknologi Informasi berbasis *cloud computing* sangat dipen garuhi oleh teknologi yang digunakan. Berikut pada Gambar 4 adalah arsitektur teknologi pada model arsitektur berbasis *cloud computing* untuk perguruan tinggi di Sumatera Selatan yang disusun berdasarkan model pengembangannya.



Gambar 4: Arsitektur Teknologi Informasi Berbasis Cloud Computing

KESIMPULAN

Model arsitektur teknologi informasi berbasis *cloud computing* dapat menjadi solusi dalam meningkatkan layanan teknologi informasi berbasis *cloud computing* bagi seluruh perguruan tinggi di Sumatera Selatan. Beberapa aplikasi sistem informasi yang diletakkan di dalam *cloud*, aplikasi sistem informasi tersebut antara lain : 1) Sistem Informasi Akademik, 2) Sistem Informasi Mahasiswa Baru, 3) Elearning, 4) Sistem Informasi Perpustakaan, 5) Sistem Informasi Laporan Akademik (EPSBED), 6) Sistem Informasi Alumni dan Karir, 7) Sistem Informasi Kurikulum, 8) Sistem Informasi Laboratorium, 9) Sistem Informasi Penelitian dan PPM.

DAFTAR PUSTAKA

- Cotugno, L.A., Lustig, M. and Costello, S., 2010. Secure custom application cloud computing architecture. U.S. Patent Application 12/644,095.
- Guijarro, L., 2007. Interoperability frameworks and enterprise architectures in e government initiatives in Europe and the United States. *Government Information Quarterly*, 24(1), pp.89-101.
- Hewitt, C., 2008. ORGs for scalable, robust, privacy friendly client cloud computing. *IEEE internet computing*, 12(5), p.96.

- Mell, P. and Grance, T., 2009. The NIST definition of cloud computing, version 15. National Institute of Standards and Technology (NIST). Information Technology Laboratory. www.csrc.nist.gov.
- Schekkerman, J., 2009. Enterprise architecture tool selection guide v5. 0. Institute for Enterprise Architecture Developments.
- Schekkerman, J., 2005. Trends in enterprise architecture 2005: How are organizations progressing. Institute for Enterprise Architecture Developments, Amersfoort.
- Zachman, J.A., 1997. Enterprise architecture: The issue of the century. *Database Program Management and Design*, 10(3), pp.44-53.

PEMBUATAN BAHAN BAKAR DARI PIROLISIS LIMBAH PLASTIK JENIS POLIETILEN, POLISTIREN DAN OTHER

Gunawan Budi Susilo¹

¹Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 6 Desember 2015, revisi masuk: 13 Januari 2016, diterima: 2 Februari 2016

ABSTRACT

Pyrolysis processis definedas a reaction to chemical degradation caused by heat energy with little/absence of oxygen. Pyrolysis of waste plastics into liquid fuels using a batch reactor in which the heatingis set at a temperature of 450°C. This study was conducted to determine the properties of mixed plastic waste pyrolysis oil PE 50% + PS 50%, PE 50% + Other 50% , PE 50% +PS 25% + Other 25% include specific gravity, kinematic viscosity, pour point, flash point,water content and ash content. The results of the calculation of the percentage ofthe highest pyrolysis oil is a mixture of PE 50% + PS 50% of 52.36%, while the lowest percentage is a mixture of PE 50% + Other 50% at 43.41%. Polystyrene plastic addition type increase in the percentage of liquid, the higher the percentage, the percentage of liquid plastic Polystyrene produce higher. Conversely with the addition of plastic Other resulted in a decrease in the percentage of liquid product. Characteristics of pyrolysis fuel oil for specific gravity, and water content is higher than biodiesel. Conversely to kinematic viscosity, flash point, and lower ash content. Pour point to a mixture PE 50% + PS 25% + Other 25 % equivalent to biodiesel (6°C), PE 50% and 50% PS (-12°C) is lower than biodiesel and PE 50% +Other 50% (12°C) higher of biodiesel.

Keywords : *Pyrolysis, Waste plastics, Polyethylene, Polystyrene, Mass Balance.*

INTISARI

Proses pirolisis didefinisikan sebagai reaksi degradasi kimia yang disebabkan oleh energi panas dengan sedikit/ketiadaan oksigen. Pirolisis limbah plastik menjadi bahan bakar cair menggunakan reaktor batch dimana pemanasannya diatur pada suhu 450oC. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui properties minyak pirolisis limbah plastik campuran PE 50% + PS 50%, PE 50% + Other 50%, PE 50% + PS 25% + Other 25% meliputi *specific gravity, viscosity kinematic, pour point, flash point, water content* dan *ash content*. Hasil perhitungan persentase minyak pirolisis tertinggi adalah campuran PE 50% + PS 50% sebesar 52,36%, sedangkan persentase terendah adalah campuran PE 50% + Other 50% sebesar 43,41%. Penambahan plastik jenis *Polystyrene* mengakibatkan peningkatan presentase cair, semakin tinggi persentase plastik *Polystyrene* maka persentase cair yang dihasilkan semakin tinggi. Sebaliknya dengan penambahan plastik jenis *Other* mengakibatkan penurunan pada persentase produk cair. Karakteristik bahan bakar minyak pirolisis untuk *specific grafiti*, dan *water content* lebih tinggi dari pada biosolar. Sebaliknya untuk *kinematic viscosity, flash point*, dan *ash content* lebih rendah. *Pour point* untuk campuran PE 50% + PS 25% + Other 25% setara dengan biosolar (6°C), PE 50% dan PS 50% (-12°C) lebih rendah dari biosolar dan PE 50% + Other 50% (12°C) lebih tinggi dari biosolar.

Kata Kunci: Pirolisis, Limbah plastik, Polietilen, Polistiren, Kesetimbangan massa.

PENDAHULUAN

Sejak tahun 1950-an plastik menjadi bagian penting dalam hidup manusia. Pada tahun 1976 plastik dikatakan sebagai materi yang paling

banyak digunakan dan dipilih sebagai salah satu dari 100 berita kejadian pada abad ini. Deputi Pencemaran Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) menyebutkan, setiap individu rata-rata

¹ gunawanbudisusilo@gmail.com

menghasilkan 0,8 kilogram sampah dalam satu hari dimana 15 persennya adalah plastik. Dengan asumsi ada sekitar 220 juta penduduk di Indonesia, maka sampah plastik yang tertimbun mencapai 26.500 ton per hari, sedangkan jumlah timbunan sampah nasional diperkirakan mencapai 176.000 ton perhari. Penyumbang terbesar sampah berasal dari sampah rumah tangga yang mencapai sekitar 58 persen dari total sampah setiap harinya. Data dari *Environment Protection Body*, sebuah lembaga lingkungan hidup di Amerika Serikat mencatat sekitar 500 miliar sampai 1 triliun tas plastik digunakan diseluruh dunia setiap tahunnya. Pirolisis merupakan teknologi alternatif sebagai sumber hidrokarbon. Berbagai teknik pirolisis dikembangkan tidak hanya untuk konversi bahan-bahan polimer menjadi hidrokarbon bermanfaat tetapi juga digunakan untuk sintesis hidrokarbon berbahan biomassa. Disamping sumber dayanya yang dapat terbarukan, teknologi pirolisis dapat dikembangkan dalam berbagai variasi metode mengarah pada teknologi bersih dan memiliki aspek pemanfaatan sumber daya alam. Pirolisis adalah suatu teknik daur ulang limbah yang mampu mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar, atau bahan berharga melalui suatu proses degradasi *thermal* atau katalik (Scheirs and Kaminsky 2006). Metode ini diterapkan untuk mengubah baik termoplastik dan termoset menjadi bahan bakar dan menggunakan campuran limbah plastik tanpa dicuci atau dipilah sehingga mempermudah dan lebih sederhana. Penelitian ini akan dibatasi pada reaktor yang digunakan adalah tipe *batch* yang dilapisi oleh isolator berupa semen tahan panas, *glaswool* dan *aluminium foil*. Bahan baku plastik yang digunakan adalah campuran PE, PS, dan *Other*. Temperatur reaktor dan reformer 450°C. Penelitian ini menggunakan katalis NZ (*natural zeolite*) *fresh*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan variasi *feedstock* campuran terhadap produk cair yang dihasilkan, mengetahui bagaimana pengaruh komposisi limbah plastik campuran terhadap karakteristik produk cair yang meliputi:

specific gravity, viscosity kinematic, flash point, pour point, cloud point, water content, dan ash content.

Polyethylene dibuat dengan jalan polimerisasi gas etilen, yang dapat diperoleh dengan memberi hidrogen gas petroleum pada pemecahan minyak (*nafta*), gas alam atau asetilen. *Polyethylene* digolongkan menjadi *Polyethylene* tekanan tinggi, menengah, dan rendah. Secara kimia *Polyethylene* merupakan *paraffin* yang mempunyai berat molekul tinggi, terbakar jika dinyalakan dan menjadi cair. Monomer *styrene* dibuat dari *benzene* dan *etilene* dipolimerisasikan oleh panas, cahaya dan katalis. *Polystyrene* tidak berwarna dan merupakan resin transparan, dapat diwarnai secara bening. Massa jenis lebih rendah dari *Polyethylene* dan *Polypropylene*. Memiliki sifat listrik yang baik sekali terutama bagi frekuensi tinggi, walaupun kestabilan terhadap cahaya dan sifat tahan cuacanya agak rendah daripada resin metakrilik. Ketahanan radiasi sangat baik. Plastik Jenis *Other* dibagi menjadi: *Polymethyl methacrylate* (PMMA), *Polycarbonate* (PC), Nylon, *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) (Tata Surdia, 2005).

Bhaskar, *et.al.* (2003), menjelaskan bahwa ada sejumlah penelitian tentang pirolisis satu jenis plastik dan plastik campuran seperti PP/PE, PP/PS, PE/PS dicampur dengan dan tanpa PVC menjadi produk cair. Pirolisis dari plastik campuran yang mengandung PVC menghasilkan senyawa anorganik dan senyawa klorin organik selama tahap awal proses pirolisis. Senyawa halogen seperti yang terkandung dalam produk cair tidak diinginkan untuk digunakan sebagai bahan bakar. Minyak dari pirolisis dapat dikonversi menjadi industri petrokimia, jika klorin tidak melebihi 10 ppm. Adachi, *et.al.* (2009), menyebutkan bahwa jenis plastik dan campuran plastik berpengaruh terhadap persentase komposisi minyak plastik dan kualitas minyak yang dihasilkan. Dalam kasus plastik campuran tidak ada korelasi yang kuat khususnya dalam tingkat pencampuran dan hasil produk cair. Secara keseluruhan hasil produk cair lebih rendah dan memiliki banyak residu,

terutama hasil PP dan PS lebih dari 90%. Hal ini diperlukan untuk memverifikasi perbedaan antara kondisi reaksi perhitungan dan eksperimen.

Sarker, *et.al.* (2012), mengaplikasikan tiga jenis campuran limbah plastik untuk produksi bahan bakar hidrokarbon cair tanpa menambahkan katalis apapun. Pemanfaatan proses dapat mengurangi dampak limbah plastik secara signifikan. Panas dekomposisi dari plastik yang paling umum seperti *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) telah dilakukan untuk menghasilkan campuran hidrokarbon. Reaktor ini dihubungkan dengan kondensasi standar sistem sirkulasi air.

METODE

Penelitian dilakukan dengan menyiapkan bahan baku sampah plastik LDPE, PS, dan *Other*, kemudian dicacah. Sistem *waste plastic to oil* bekerja dengan menggunakan pemanas untuk menaikkan suhu reaktor hingga pada suhu 450°C. Proses pemanasan ini disebut proses pirolisis karena proses pemberian kalornya tanpa disertai oleh adanya oksigen dan murni karena adanya perpindahan panas, konduksi, konveksi dan radiasi. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis degradasi *thermal* kemudian mengalir melalui kondensator menuju ke penampung minyak. Produk yang mengalir dalam kondensator adalah cair dan gas. Setelah gas mulai berkurang dan tidak ada lagi tetesan produk cair pada tabung penampung, proses dihentikan, selanjutnya produk cair dan padat ditimbang. Massa produk gas dapat dicari dengan cara mengurangi massa total bahan baku dengan massa produk cair dan padat. Massa minyak dari proses pirolisis kemudian dianalisa di laboratorium untuk diuji karakteristik dan kandungan kimia yang terkandung didalamnya.

Bhaskar, *et.al.* (2003), menjelaskan bahwa ada sejumlah penelitian tentang pirolisis satu jenis plastik dan plastik campuran seperti PP/PE, PP/PS, PE/PS dicampur dengan dan tanpa PVC menjadi produk cair. Pirolisis dari plastik campuran yang mengandung PVC

menghasilkan senyawa anorganik dan senyawa klorin organik selama tahap awal proses pirolisis. Senyawa halogen seperti yang terkandung dalam produk cair tidak diinginkan untuk digunakan sebagai bahan bakar. Minyak dari pirolisis dapat dikonversi menjadi industri petrokimia, jika klorin tidak melebihi 10 ppm.

Adachi, *et.al.* (2009), menyebutkan bahwa jenis plastik dan campuran plastik berpengaruh terhadap persentase komposisi minyak plastik dan kualitas minyak yang dihasilkan. Dalam kasus plastik campuran tidak ada korelasi yang kuat khususnya dalam tingkat pencampuran dan hasil produk cair. Secara keseluruhan hasil produk cair lebih rendah dan memiliki banyak residu, terutama hasil PP dan PS lebih dari 90%. Hal ini diperlukan untuk memverifikasi perbedaan antara kondisi reaksi perhitungan dan eksperimen.

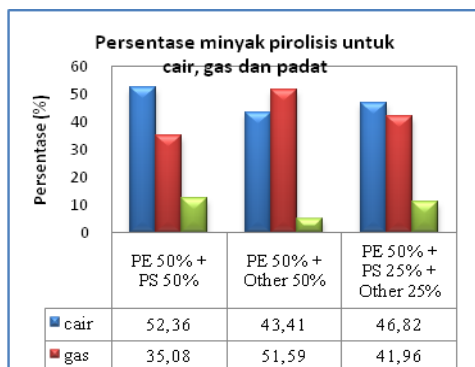
Sarker, *et.al.* (2012), mengaplikasikan tiga jenis campuran limbah plastik untuk produksi bahan bakar hidrokarbon cair tanpa menambahkan katalis apapun. Pemanfaatan proses dapat mengurangi dampak limbah plastik secara signifikan. Panas dekomposisi dari plastik yang paling umum seperti *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) telah dilakukan untuk menghasilkan campuran hidrokarbon. Reaktor ini dihubungkan dengan kondensasi standar sistem sirkulasi air.

PEMBAHASAN

Pengaruh Pirolisis Limbah Plastik Campuran terhadap Produk Cair, Gas dan Padat, campuran bahan baku limbah plastik yang digunakan dalam proses pirolisis berpengaruh terhadap produk cair, gas dan padat. Persentase cair campuran plastik PE 50% + PS 50% (52,36%), PE 50% + PS 25% + *Other* 25% (50,90%) dan PE 50% + *Other* 50% (43,41%). Minyak pirolisis campuran PE 50% + PS 50% menghasilkan persentase terbanyak dikarenakan adanya plastik jenis *Polystyrene*. Plastik jenis ini mengandung 90–95% *Polystyrene* dan 5–10% gas seperti n-butana atau n-pentana. Produk cair paling sedikit ada-

lah plastik jenis campuran PE 50% + *other* 50%, karena dalam plastik jenis *Other* terdapat campuran *aluminium foil* yang tidak dapat terurai. Produk padat terbentuk dari dekomposisi jenis polimer tertentu. Produk tersebut, pada akhir proses tergantung dari struktur kimia polimer. Persentase meningkat saat polimer tersebut mengandung unsur yang mampu bereaksi dengan atom hidrogen pada struktur kimia polimer seperti $-OH$ dan $\equiv O$. Produk padat paling banyak adalah campuran PE 50% + PS 50% (12,56%) dan paling sedikit adalah PE 50% + *Other* 50% (5%). Produk gas terbanyak adalah campuran PE 50% + *Other* 50% (51,59%) dan terendah PE 50% + PS 50% (35,08%).

Gambar 1 menunjukkan data persentase hasil pirolisis untuk produk cair, gas dan padat. Nilai persentase minyak pirolisis tergantung dari jenis reaktor yang digunakan, desain dan temperatur, jumlah aliran nitrogen, *residence time*, dan katalis yang digunakan. Kecenderungan persentase minyak pirolisis berdasarkan komposisi campuran dari jenis plastik yang digunakan sebagai bahan baku adalah sama. Semakin banyak plastik *Polystyrene* maka persentase produk cair yang dihasilkan semakin meningkat, sebaliknya penambahan plastik jenis *Other* akan menghasilkan minyak pirolisis yang lebih sedikit.



Gambar 1. Keseimbangan massa

Campuran plastik jenis *Polyethylene* dengan jenis plastik lain akan menghasilkan persentase minyak pirolisis yang berbeda-beda. Fenomena ini

tentu sangat menguntungkan karena proses selektivitas jenis limbah plastik yang mahal tidak perlu dilakukan dan proses pengolahan limbah plastik menggunakan metode pirolisis menjadi lebih sederhana.

Pengujian karakteristik dari minyak pirolisis dilakukan di Laboratorium Minyak Bumi dan Batubara Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada (Tabel 1). Karakteristik yang diujikan diantaranya adalah *specific gravity*, *viscosity kinematics*, *flash point*, *pour point*, *cloud point*, *water content* dan *ash content*. Nilai *specific gravity* (SG) tertinggi dihasilkan oleh minyak campuran dari PE 50% + PS 50% (0,8812), sedangkan SG terendah adalah campuran dari PE 50% + *Other* 50% (0,8474). Semakin tinggi nilai SG maka minyak yang dapat ditampung dengan volume yang sama akan semakin besar. Dari ketiga jenis minyak hasil pirolisis campuran, *specific gravity* minyak pirolisis PE 50% + *Other* 50% (0,8474) memiliki nilai terdekat dengan SG biosolar (0,8445).

Nilai viskositas kinematik untuk tiga jenis minyak hasil pirolisis campuran berkisar antara 1,162mm²/s sampai 1,421mm²/s. Nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan biosolar yaitu 4,012 mm²/s. Semakin rendah viskositas kinematik menyebabkan minyak lebih cepat mengalir, sehingga aliran bahan bakar dari tangki bahan bakar ke ruang bakar semakin cepat. Hal ini terjadi karena semakin rendah nilai viskositas kinematik, gaya gesek fluida dengan permukaan semakin kecil.

Minyak pirolisis ketiga campuran mulai menyala pada suhu 10°C. Pengujian dengan temperatur dibawah 10°C tidak bisa dianalisis karena minimum alat untuk mengukur adalah 10°C. Titik nyala (*flash point*) dari minyak hasil pirolisis jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan titik nyala dari biosolar (66,5°C). Bahan bakar biosolar lebih aman dari pada jenis bahan bakar lain karena mempunyai titik nyala yang lebih tinggi. Titik nyala berkaitan dengan masalah keamanan dan penanganan seperti distribusi dan penyimpanan. Minyak pirolisis plastik bersifat mudah terbakar. Beberapa sumber pengapian

bahan bakar perlu dihindari seperti: permukaan dinding yang panas, gesekan fluida dengan dinding, gas atau uap yang mudah terbakar, arus listrik, cahaya/kilat, reaksi eksotermis dan gelombang kejut.

Titik tuang (*pour point*) minyak hasil pirolisis PE 50% + PS 25% + *Other* 25% mempunyai nilai sama dengan titik tuang biosolar yaitu sebesar 6°C. Sedangkan untuk PE 50% + *Other* 50% mempunyai titik tuang sebesar 12°C dan

untuk PE 50% + PS 50% sebesar -12°C. Nilai titik tuang rendah sangat menguntungkan saat operasi kerja mesin pada musim dingin. Pada musim dingin biasanya terjadi pembentukan kristalisasi setelah temperatur ruang mencapai titik tuang bahan bakar. Hal ini mempunyai dampak pada kemampuan mengalir bahan bakar menjadi berkurang. Rendahnya titik tuang dapat menjaga agar bahan

Tabel 1. Karakteristik minyak pirolisis

Karakteristik	Satuan	Biosolar	PE 50% + PS 50%	PE 50% + <i>Other</i> 50%	PE 50% + PS 25% + <i>Other</i> 25%
<i>Specific Gravity at 60/60 °f</i>	-	0,8445	0,8812	0,8474	0,8495
<i>Viscosity Kinematic at 40 °C</i>	mm ² /s	4,012	1,162	1,421	1,362
<i>Flash Point PM.c.c</i>	°C	66.5	*)	*)	*)
<i>Pour Point</i>	°C	6	-12	12	6
<i>Cloud Point</i>	°C	4.0	**)	**)	**)
<i>Water Content</i>	% vol	<i>Trace</i>	0,8	0,6	0,4
<i>Ash Content</i>	% wt	0,076	0,062	0,056	0,033

bakar tetap memiliki kemampuan yang baik untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar.

Kandungan air (*water content*) pada minyak pirolisis limbah plastik campuran masih tinggi, berkisar antara 0,4–0,8%vol. Hal ini disebabkan karena adanya sebagian uap air yang menguap dalam reaktor tidak dapat keluar, sehingga terkondensasi di dalam *oil container*. Uap air tersebut berasal dari bahan baku limbah plastik yang masih sedikit basah atau lembab. Kandungan air dalam minyak produk pirolisis masih relatif lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan air pada biosolar yaitu sebesar 0,02%vol.

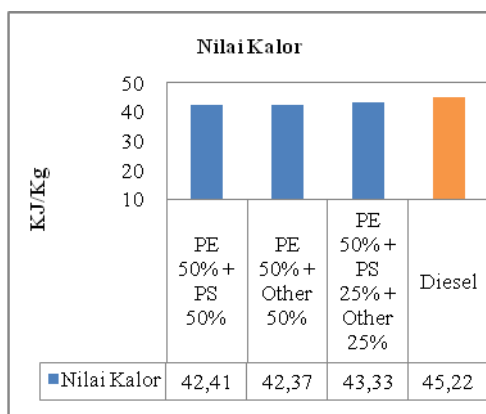
Kandungan abu (*ash content*) pada minyak pirolisis bervariasi. Kandungan abu tertinggi untuk PE 50% + PS 50% sebesar 0,062% wt dan untuk kandungan abu terendah pada campuran minyak pirolisis PE 50% + PS 25% + *Other* 25% yaitu 0,033% wt. Kandungan abu pada biosolar adalah sebesar 0,076% wt. Tingginya kandungan abu disebabkan oleh tingginya persentase

produk padat yang diproduksi dari proses pirolisis, sebagian dari padat tersebut masuk dan terbawa dalam saluran menuju *oil container*.

Perhitungan nilai kalor dari setiap minyak pirolisis dilakukan di Laboratorium Gizi dan Pangan PAU UGM menggunakan *bomb calorimeter*. Hasil perhitungan nilai kalor menunjukkan bahwa minyak pirolisis paling tinggi dihasilkan dari campuran PE 50% + PS 25% + *Other* 25% yaitu 43,33 KJ/Kg. Nilai kalor antara PE 50% + PS 50% dan PE 50 % + *Other* 50 % hampir sama yaitu 42,41 KJ/Kg dan 42,37 KJ/Kg, sedangkan nilai kalor untuk biosolar 45,22 KJ/Kg. Rendahnya nilai kalor disebabkan karena tingginya persentase *Polystyrene* dan *Other* dalam bahan baku plastik. Penambahan bahan baku *Polystyrene* dalam bahan baku pirolisis plastik dapat mempercepat laju pirolisis dan pembentukan rantai karbon yang lebih pendek.

Hasil Analisis Kandungan Senyawa Kimia pada Minyak Hasil Pirolisis menggunakan GCMS, kandungan senyawa

wa minyak pirolisis plastik diteliti menggunakan GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*) Pengujian dilakukan untuk mengetahui jumlah dan senyawa kimia apa saja yang terkandung dalam setiap sampel uji. Data dari GCMS berupa *peaks* yang muncul persatuan waktu tertentu (*retention time*). Setiap *peak* menggambarkan senyawa kimia yang terkandung dalam sampel.



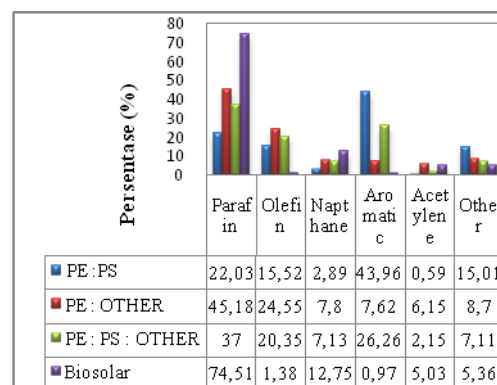
Gambar 2. Nilai kalor minyak hasil pirolisis limbah plastik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel minyak pirolisis plastik dari komposisi limbah bahan baku campuran akan menghasilkan kecenderungan pembentukan unsur hidrokarbon yang bervariasi dari proses pirolisis termal dan katalitik. Proses pengambilan data setiap sampel berkisar 550 menit. Gambar 3. menunjukkan bahwa untuk semua sampel minyak pirolisis plastik menghasilkan jumlah *peak* yang berbeda masing-masing 96, 121, 89 dan 75. Banyaknya jumlah *peak* yang dihasilkan menunjukkan tingginya variasi untuk kandungan senyawa hidrokarbon minyak pirolisis.

Gambar 3. menunjukkan klasifikasi dari senyawa hidrokarbon. Penentuan senyawa hidrokarbon didasarkan pada formula dasar dari setiap senyawa hidrokarbon seperti *paraffin* (C_nH_{2n+2}), *olefin* (C_nH_{2n}), *naphthane* (*cyclo* C_nH_{2n}), *aromatic* (C_nH_{2n-6} dan C_nH_n) dan *acetylene* (C_nH_{2n-2}). Senyawa selain dari kelima formula tersebut dimasukkan ke dalam kelompok senyawa *other*. Dari hasil pengujian menggunakan *Mass*

Spectroscopy dapat diketahui tentang formula dan nama senyawa kimianya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa komposisi bahan baku limbah plastik pada proses pirolisis dapat menentukan arah kecenderungan untuk pembentukan senyawa-senyawa hidrokarbon yang dihasilkan.

Proses pirolisis plastik campuran PE 50% + PS 50% menghasilkan persentase *aromatic*, *paraffin* dan *olefin*, yaitu masing-masing sebesar 43,96; 22,03 dan 15,52%. Komposisi *Poly-styrene* sangat mempengaruhi tingginya persentase senyawa *aromatic*.



Gambar 3. Grafik PONA (*Paraffin*, *Olefin*, *Naphthane* dan *Aromatic*) pada minyak pirolisis

Minyak pirolisis plastik memiliki kesamaan dengan produk minyak bumi karena mengandung sejumlah senyawa *aromatic* dan hidrokarbon tak jenuh (*olefin*) yang cukup besar. Pengaruh senyawa *olefin* yang cukup besar pada sampel minyak pirolisis campuran mengakibatkan suatu proses hidrogenasi untuk menghilangkan ikatan rangkap dua atau lebih serta dapat mengubah senyawa hidrokarbon tak jenuh menjadi hidrokarbon jenuh. Secara umum, semakin tinggi persentase *aromatic*, maka *cloud point* (titik awan) dan *pour point* (titik tuang) akan semakin rendah. Semakin tinggi persentase *paraffin* maka titik awan dan titik tuang akan semakin tinggi. Hasil ini memiliki hubungan dengan hasil karakteristik minyak pirolisis pada bahan bakar PE 50% + PS 50%. Persentase *aromatic* tertinggi untuk minyak pirolisis campuran PE 50% + PS 50% memiliki nilai titik tuang terendah

yaitu -12°C . Minyak pirolisis campuran PE 50% + *Other* 50% mengandung persentase *paraffin* tertinggi, memiliki titik tuang tertinggi di atas titik tuang biosolar yaitu 12°C . Titik awan tinggi dapat menyebabkan penyalaan pada saat mesin dingin menjadi sulit. Persentase *aromatic* yang tinggi juga dapat menghasilkan produk minyak yang memiliki titik anilin rendah, sedangkan persentase *paraffin* tinggi akan cenderung menghasilkan minyak dengan titik anilin tinggi. *Napthane* dan *olefin* menghasilkan minyak dengan titik anilin diantara kedua titik tersebut (titik anilin *paraffin* dan *aromatic*). Parameter lain yang dipengaruhi oleh jenis senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam bahan bakar minyak adalah kualitas pembakaran, yang biasanya dapat dilihat dari pengendapan karbon, pembentukan asap dan radiasi pembakaran. Senyawa *paraffin* memiliki kualitas pembakaran terbaik, sebaliknya senyawa *aromatic* memiliki kualitas pembakaran yang buruk. Senyawa *aromatic* apabila dibakar cenderung menghasilkan api yang kemerahan bahkan kehitaman dan juga menghasilkan lebih

banyak asap jika dibandingkan dengan senyawa lain. Pengujian GCMS untuk ketiga sampel minyak pirolisis yang memiliki kualitas yang paling baik adalah PE 50% + *Other* 50% karena persentase *paraffin* yang paling tinggi sedangkan persentase *aromatic* rendah. Senyawa *paraffin* biasanya cenderung memiliki massa jenis bahan bakar yang rendah namun memiliki nilai kalori yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar dari senyawa *napthane*.

Dari hasil pengujian karakteristik bahan bakar dan durasi proses pirolisis maka dapat diketahui keseimbangan energi pada setiap variasi campuran limbah plastik yang dilakukan, yaitu dengan membandingkan konsumsi energi pada setiap variasi suhu pada proses pirolisis dengan energi yang dihasilkan pada setiap produk pirolisis pada setiap variasi campuran limbah plastik. Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai kandungan energi dan konsumsi energi listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan reaktor pirolisis.

Tabel 2. Perhitungan nilai perbandingan antara kandungan energi bahan bakar minyak pirolisis dan konsumsi energi listrik yang diperlukan

Sampel	Kandungan Energi (KJ)	Daya Reformer (kW)	Daya Reaktor (kW)	Waktu Reformer (s)	waktu reaktor (s)	Konsumsi Energi Listrik (kJ)
PE:PS	59,94	2	2	16800	64200	162,00
PE:O	66,27	2	2	16800	42000	117,60
PE:PS:O	52,16	2	2	16800	86400	206,40

Kandungan energi diukur dari perkalian antara nilai kalori minyak pirolisis plastik, massa bahan baku limbah plastik awal dan efisiensi produk cair yang dihasilkan. Nilai konsumsi energi listrik dapat diperoleh dari perhitungan sederhana perkalian antara daya dan waktu proses pirolisis. Daya yang digunakan untuk menyalakan 3 buah elemen pemanas terdiri dari 2 elemen pemanas pada *feedstock* reaktor (masing-masing 1 kW) dan 1 elemen pemanas pada *catalytic* reaktor berdaya 2 kW. Data daya ini bukan merupakan

data aktual pemakaian listrik sebenarnya, untuk perhitungan konsumsi energi listrik sebenarnya dapat dilakukan menggunakan kWh meter. Hasil perhitungan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik masih lebih besar jika dibandingkan dengan kandungan energi minyak pirolisis, untuk itu disarankan agar penggunaan gas pirolisis untuk proses pemanasan reaktor pirolisis diharapkan dapat meningkatkan kandungan energi dari produk pirolisis, hal ini tentu dapat meningkatkan keuntungan dari pemanfaatan proses daur ulang

limbah plastik menggunakan metode pirolisis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab terdahulu dapat diambil beberapa kesimpulan.

Persentase produk cair pirolisis tertinggi dihasilkan oleh campuran PE 50% + PS 50% yaitu sebesar 52,36%, sedangkan persentase terendah adalah campuran PE 50% + *Other* 50% sebesar 43,41%. Penambahan plastik jenis *Polystyrene* mengakibatkan peningkatan persentase produk cair, semakin tinggi persentase plastik *Polystyrene* maka persentase produk cair yang dihasilkan semakin tinggi. Penambahan plastik jenis *other* mengakibatkan penurunan pada persentase produk cair.

Karakteristik bahan bakar produk cair pirolisis untuk *specific gravity*, dan *water content* lebih tinggi dari pada biosolar. Nilai *kinematic viscosity*, *flash point* dan *ash content* lebih rendah dari biosolar. *Pour point* untuk campuran PE 50% + PS 25% + *Other* 25% setara dengan biosolar (6°C), campuran PE 50% dan PS 50% (-12°C) lebih rendah dari biosolar dan PE 50% + *Other* 50% (12°C) lebih tinggi dari biosolar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adachi, M., Hlaing, Z.Z., Suzuki, S., Kodama, S., Nakagome, H., 2009, Study of an Oil Recovery System for Waste Plastic, The 5th ISFR, Chengdu China.
- Bhaskar, T., Uddin, A., Murai, K., Kaneko, J., Hamano, K., Kusaba, T., Muto, A., Sakata, Y., 2003, Comparison of Thermal Degradation Product from Real Municipal Waste Plastic and Model Mixed Plastics, J. Analytical and Applied Pyrolysis 70, pp. 579–587.
- Sarker, M., Rashid, M.M., Molla, M., Rahman, M.S., 2012, Thermal Conversion of Waste Plastic (HDPE, PP and PS) to Produce Mixture of Hydrokarbons, Journal of Environmental Engineering 2(5), pp.128–136.
- Surdia, T., Saito, S., 2005, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Pramita, Jakarta
- Scheirs, J., Kaminsky, W., 2006, Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics into Diesel and Other Fuels, John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex, UK.

APLIKASI SIMULASI 3 DIMENSI BANGUN RUANG UNTUK SEKOLAH DASAR (SD) BERBASIS ANDROID

Hotmian Sitohang¹, Muliawardi Astrianingsih²

^{1,2}STMIK Palangkaraya

Masuk: 5 November 2015, revisi masuk: 15 Desember 2015, diterima: 21 Januari 2016

ABSTRACT

Along with the development of computer and information technology, has been a lot of changes in viewpoint and way of learning someone. Students now are more looking at something based on the function and attractiveness in the learning process. Along with the development of computer and information technology, has been a lot of changes in viewpoint and way of learning someone. Students now are more looking at something based on the function and attractiveness in the learning process. Learning Mathematics in the material geometry taught in the sixth grade students in elementary school (SD) still use the model of learning by drawing on paper manila by following the pattern geometry such as balls, slinder, cone, pyramid, cubes, blocks and prisms. This makes many students feel bored and wasting time because the students are now proficient in using mobile technology. So, we need a learning simulation that can help learning in order to create interesting and fun learning environment for elementary school students as well as additional teaching aids for teachers. This research aims to create a 3D space simulation wake of learning that can be implemented in mathematics so that it appears interest in students and help students to learn everyday. Because this application is also equipped with the question and the way it's done. The results of this penlitian is a simulation applications of 3D geometry-based android as a learning tool for elementary school students that contains all kinds of geometry, materials, formulas, and sample problems and how to solve problems that can help students to be easy to learn geometry.

Keywords : *simulation aplication, three dimensional, geometric, android*

INTISARI

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komputer, telah banyak perubahan dalam sudut pandang dan cara belajar seseorang. Kini para siswa lebih memandang sesuatu berdasarkan fungsi dan kemenarikan dalam proses belajar. Pembelajaran Matematika dalam materi bangun ruang yang diajarkan pada siswa kelas VI di Sekolah Dasar (SD) masih menggunakan model pembelajaran dengan menggambar dikertas manila dengan mengikuti pola bangun ruang seperti bola, slinder, kerucut, limas, kubus, balok dan prisma. Hal ini membuat banyak siswa merasa bosan dan membuang waktu karena siswa sekarang telah mahir dalam menggunakan teknologi *handphone*. Sehingga diperlukan sebuah simulasi pembelajaran yang dapat membantu pembelajaran agar tercipta lingkungan belajar menarik dan menyenangkan bagi siswa sekolah dasar serta sebagai media bantu tambahan bagi tenaga pengajar. Penelitian ini bertujuan untuk membuat simulasi pembelajaran bangun ruang 3D yang bisa diimplementasikan dalam pembelajaran matematika sehingga muncul ketertarikan siswa dan membantu siswa dalam belajar sehari-hari. Karena aplikasi ini juga dilengkapi dengan soal dan cara mengerjakannya. Hasil dari penlitian ini adalah aplikasi simulasi 3D bangun ruang berbasis android sebagai sarana pembelajaran bagi siswa SD yang berisi tentang macam-macam bangun ruang, materi, rumus, serta contoh soaldan cara menyelesaikan soal yang dapat membantu para siswa agar mudah dalam mempelajari bangun ruang.

Kata Kunci : Aplikasi Simulasi, 3 Dimensi, Bangun Ruang, Android.

¹ hotmiansitohang@gmail.com

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komputer, telah banyak perubahan dalam sudut pandang dan cara belajar seseorang. Kini para pelajar lebih memandang sesuatu berdasarkan fungsi dan kemenarikannya dalam proses belajar. Mereka lebih peka terhadap apa yang dilihat dan dialaminya. Terkadang mereka tidak senang membaca dan hanya menginginkan cara cepat untuk dapat mengerti dan dapat terlatih dalam mempelajari sesuatu.

Perkembangan teknologi telah mampu merepresentasikan keadaan sebenarnya kedalam sebuah *device*. Penulis mengembangkan aplikasi simulasi 3 dimensi pembelajaran yang menarik dengan menggunakan alat bantu *smart-phone* untuk sistem operasi *Android*. Dengan menggunakan sudut pandang yang lebih bebas dalam melihat objek bangun ruang, aplikasi simulasi 3 dimensi ini adalah sebuah solusi yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses belajar mengajar yang berhubungan dengan matematika bangun ruang.

Bagi murid-murid kelas 6 (enam) SD, terkadang dalam mempelajari matematika bangun ruang sering kali timbul berbagai permasalahan yang berhubungan dengan hal pemahaman visualisasi bentuk maupun gambaran dari objek bangun ruang tersebut. Simulasi hadir untuk membantu dalam mendapatkan sebuah pengalaman dan pemahaman baru terhadap objek-objek bangun ruang, rumus dan soal serta cara menyelesaikannya.

Penelitian ini menggunakan *android* sebab *android* merupakan perangkat lunak yang *open source* baru untuk perangkat mobile masa depan dan pengembangannya juga dapat menggunakan dan menyesuaikan platform tanpa harus membayar royalti, serta aplikasi dapat ditingkatkan, dikembangkan dan digantikan dengan versi kita sendiri. Pengertian *Android* menurut Sifaat (2011:1) dikatakan bahwa *Android* adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis linux yang mencakup sistem operasi, *middleware*

dan aplikasi. *Android* menyediakan *platform* yang terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka. *Android Versi 4.3-Android versi 4.3.1 Jelly Bean (API Level 18)*

Definisi - *Android versi 4.3* di rilis pada 24 Juli 2013 dan *Android versi 4.3.1* di rilis pada 31 Oktober 2013 oleh *Google*. *Android versi* ini dilengkapi dengan *fitur* pada *versi* ini diantaranya adalah teknologi *smart bluetooth* yang membuat *bluetooth* aktif tanpa menguras baterai, mendukung *Open GL ES 3.0*, performa grafis yang lebih bagus dan realistis. Kecepatan kinerja yang luar biasa cepat serta grafis memukau atau lebih halus.

Kelebihan *Android* : 1. *Android* bersifat terbuka, karena berbasis linux yang memang *open source* jadi bisa dikembangkan oleh siapa saja. 2. Akses mudah ke *Android App Market* : Pemilik *android* adalah orang yang gemar utak atik handphone, dengan *Google Android App Market* anda bisa mendownload berbagai aplikasi dengan gratis. 3. Sistem Operasi Merakyat: Ponsel *Android*, beda sekali dengan *iOS* yang terbatas pada *iphone* dari *Apple*, maka *Android* punya banyak produsen, dengan gadget andalan masing masing mulai *HTC* hingga *Samsung*. 4. Fasilitas penuh *USB*. Anda bisa mengganti baterai, mass storage, diskdrive, dan *USB tethering*. 5. Mudah dalam hal notifikasi : sistem operasi ini bisa memberitahukan Anda tentang adanya *SMS*, *Email*, atau bahkan artikel terbaru dari *RSS Reader*. Bahkan anda tidak akan terlewat dalam hal *misscall* sekalipun. 6. Mendukung semua layanan *Google* : sistem operasi *Android* mendukung semua layanan dari *google* mulai dari *Gmail* sampai *Google reader*. semua layanan *google* bisa anda miliki dengan satu sistem operasi yaitu *Android*. 7. *Install ROM modifikasi* : kita kadang mendapati *ROM* yang tidak resmi. Maksudnya adalah versi yang telah rilis tidak sesuai dengan spesifikasi ponsel kita, jalan terakhir kita adalah modifikasi. Jangan khawatir ada banyak custom *ROM* yang bisa Anda pakai di ponsel *Android*, dan dijamin tidak akan membahayakan perangkat anda.

Kekurangan/Kelemahan Android:

1. Terhubung dengan internet : Android bisa dibidang sangat memerlukan koneksi internet yang aktif. Setidaknya harus ada koneksi internet GPRS di daerah anda, agar perangkat siap untuk online sesuai dengan kebutuhan kita. 2. Perusahaan perangkat kadang lambat mengeluarkan versi resmi dari Android milik anda. Meskipun kadang tidak ada perbedaan mencolok dalam hal UI. 3. Android Market kurang kontrol dari pengelola, kadang masih terdapat malware. 4. Sebagai penyedia layanan langsung, terkadang pengguna sangat sulit sekali terhubung dengan pihak Google. 5. Kadang sering terdapat iklan : karena mudah dan gratis, kadang sering diboncengi iklan. Secara tampilan memang tidak mengganggu kinerja aplikasi itu sendiri, karena memang kadang berada di bagian atas atau bawah aplikasi. 6. Boros Baterai, ya memang android lebih boros dibandingkan dengan OS yang lain. hal ini karena memang OS ini banyak "process" di background yang mengakibatkan baterai cepat habis

Pengertian Aplikasi menurut Rizkiansyah (2006 : 22) aplikasi adalah program atau sekelompok program yang dirancang untuk digunakan oleh pengguna akhir (*end user*). Aplikasi dapat dimanfaatkan untuk keperluan pembelajaran kepada siswa mengingat dalam suatu proses pembelajaran seharusnya terdapat interaksi antar komponen-komponen pembelajaran.

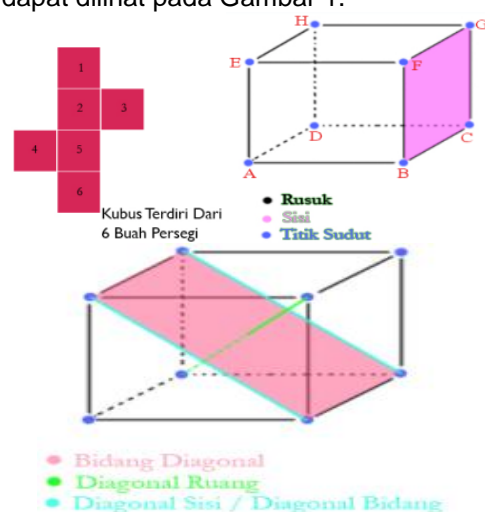
Pengertian Simulasi menurut Ari,dkk (2014 : 3) Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi atau proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah. Selain itu simulasi adalah sebuah replikasi atau visualisasi dari perilaku sebuah sistem, misalnya sebuah perencanaan pendidikan, yang berjalan pada kurun waktu yang tertentu.

Pengertian 3 Dimensi menurut Sahroni (2006 : 3) mengatakan bahwa ruang desain 3 (tiga) dimensi berbeda dengan ruang desain 2 (dua) dimensi yang hanya mengenal 2 (dua) parameter yaitu panjang dan lebar, dalam konsep

ruang 3 (tiga) dimensi ini mendapatkan dimensi ketebalan. Dalam ruang desain 3 (tiga) dimensi dinyatakan 3 (tiga) sumbu koordinat yaitu sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z.

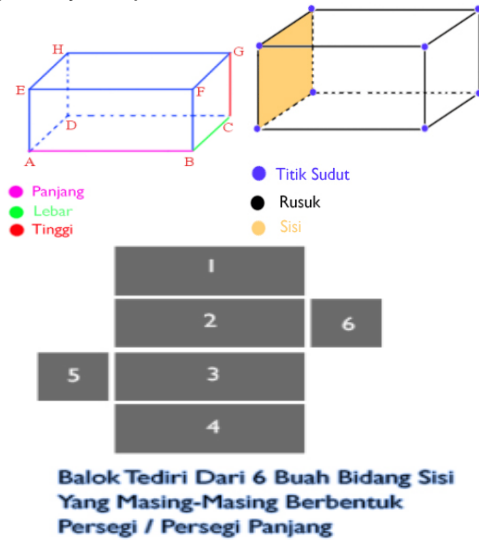
Menurut Kusuma (2010 : 34) mengatakan bahwa penggambaran 3D merupakan pengembangan lebih lanjut dari penggambaran 2D. Dalam grafik komputer 3D, 3D *modelling* adalah proses mengembangkan matematika, representasi dari setiap tiga dimensi benda (baik benda mati maupun hidup) melalui perangkat lunak khusus. Melihat objek secara tiga dimensi berarti melihat objek dalam bentuk sesungguhnya. Penggambaran 3D akan lebih membantu memperjelas maksud dari rancangan objek, karena bentuk sesungguhnya dari objek yang akan diciptakan visualisasikan secara nyata

Pengertian Bangun Ruang menurut Suharjana (2008 : 5) dikatakan bahwa Bangun Ruang adalah bagian ruang yang dibatasi oleh himpunan titik-titik yang terdapat pada seluruh permukaan bangun tersebut. Permukaan bangun itu disebut sisi. Adapun beberapa contoh bangun ruang, yakni Bangun Ruang Kubus : Kubus adalah bangun ruang yang terdiri dari 6 (enam) buah bidang sisi berbentuk persegi dengan ukuran yang sama dan semua rusuknya sama panjang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.



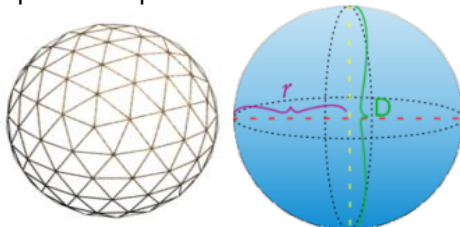
Gambar 1. Bangun Ruang Kubus

Bangun Ruang Balok: adalah bangun ruang terdiri dari 6 (enam) buah bidang sisi yang masing-masing berbentuk persegi atau persegipanjang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



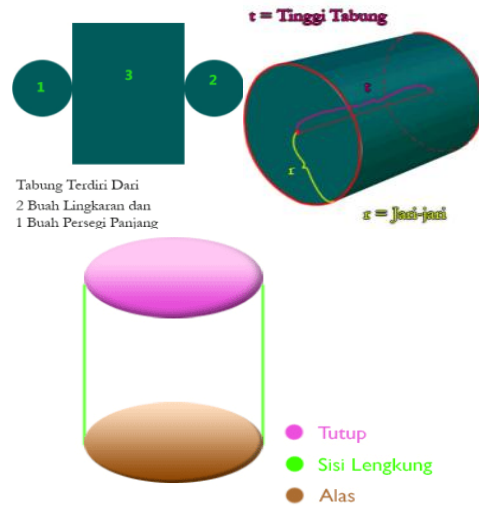
Gambar 2. Bangun Ruang Balok

Bangun Ruang Bola: memiliki 1 (satu) sisi berbentuk bidanglengkung tertutup atau selimut bola. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



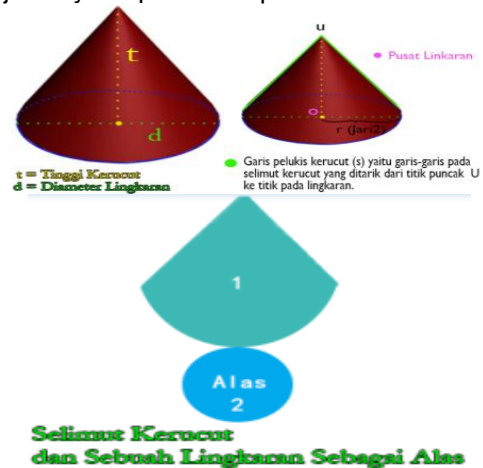
Gambar 3. Bangun Ruang Bola

Bangun Ruang Tabung: adalah suatu bangun ruang yang terdiri dari 2 (dua) buah berbentuk lingkaran sebagai sisi alas dan sisi tutup dan 1 (satu) buah berbentuk persegi panjang sebagai sisi lengkung atau selimut tabung. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bangun Ruang Tabung

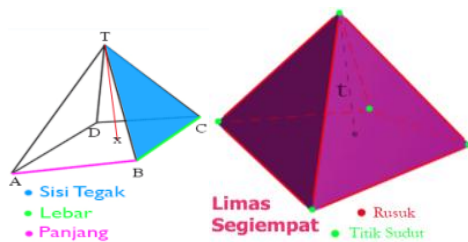
Bangun Ruang Kerucut : adalah suatu bangun ruang yang mempunyai sisi tegak disebut selimut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bangun Ruang Kerucut

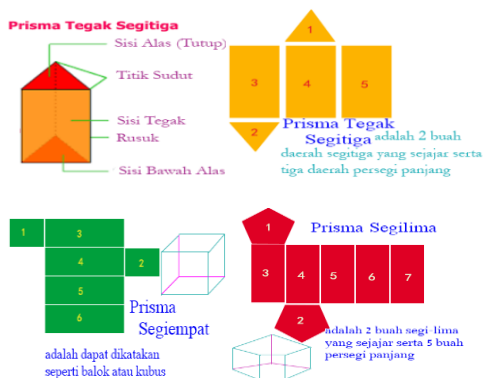
Bangun Ruang Limas : adalah bangun ruang yang dibatasi oleh sebuah daerah segitiga dan daerah segiempat yang mempunyai satu titik sudut persekutuan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.





Gambar 6. Bangun Ruang Limas

Bangun Ruang Prisma: adalah bangun ruang yang dibatasi oleh sebuah daerah segitiga, daerah segiempat, dan daerah segilima yang mempunyai 2 buah daerah yang sejajar serta sisi-sisi daerah persegi panjang yang saling berpotongan menurut garis-garis yang sejajar. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Bangun Ruang Prisma

Menurut Madcoms (2012) mengatakan bahwa Adobe Photoshop CS6 hadir dengan tampilan baru yang elegan didominasi warna abu-abu gelap yang mengarah ke hitam membuat kita lebih terfokus pada bidang kerja utama.

Menurut Hendratman dan Robby dalam buku (2008) dikatakan bahwa Tiga dimensi *studio max* bisa juga disebut dengan *3DS Max* merupakan software visualisasi (modelling dan animasi) 3D yang populer dan serbaguna. Hasil yang dibuat dengan *3DS Max* sering digunakan untuk animasi, efek video, ilustrasi grafis, multimedia, arsitektur, interior, furniture, otomotif, produk, permainan, web, fashion, dan lain-lain.

Menurut Astamal (2008 : 1) dikatakan bahwa HTML/XHTML merupakan format tampilan yang digunakan untuk menampilkan halaman website.

HTML terdiri dari simbol-simbol tertentu yang sering disebut dengan tag. Sebuah halaman website yang valid selalu diapit tag `<html></html>`. File HTML umumnya memiliki akhiran `*.htm` atau `*.html`.

Menurut Astamal (2008 : 22) dikatakan bahwa Java Script adalah sebuah bahasa pemrograman yang khusus dirancang untuk website. Javascript hanya berjalan disisi klien, artinya penggunaan javascript hanya terbatas pada web browser anda saja, ia tidak bisa melakukan manipulasi data pada sisi server. Saat ini javascript merupakan salah satu element terpenting dari teknologi web terkini. AJAX adalah salah satu contoh penggunaan javascript yang saat ini banyak digunakan oleh website Web 2.0.

Menurut Pambudi (2010:2), Java adalah platform untuk mengeksekusi program dan terdiri dari library untuk menjalankan program dan berinteraksi dengan sistem operasi yang mendasarinya. Java adalah bahasa pemrograman yang sederhana, berorientasi objek, terdistribusi, diinterpretasikan, kuat, aman, arsitektur netral, portable, kinerja tinggi, multithreaded, dan dinamis. Java dapat dijalankan diberbagai jenis sistem operasi dan arsitektur komputer.

Menurut Safaat (2011:5) dikatakan bahwa Software Development Kit (SDK), adalah tools API (Application Programming Interface) yang diperlukan untuk memulai mengembangkan aplikasi pada platform Android menggunakan bahasa pemrograman java. Android merupakan subset perangkat lunak untuk ponsel yang meliputi sistem operasi, middleware dan aplikasi kunci yang di release oleh Google. Android SDK terdiri dari debugger, libraries, handset emulator, dokumentasi, contoh kode program dan tutorial.

Menurut Safaat (2011 : 17) dikatakan bahwa Android Development Tool (ADT), adalah plug-in yang membuat Eclipse dapat membuat project berbasis android. ADT harus di-install, karena sebagai penghubung antara Android SDK dengan IDE Eclipse yang digunakan sebagai tempat kode aplikasi android nantinya.

Menurut Purnama (2014 : 38) dikatakan bahwa *Eclipse* adalah sebuah IDE (*Integrated Development Environment*) untuk mengembangkan perangkat lunak dan dapat dijalankan di semua platform (*platform-independent*).

METODE

Beberapa metode Pengujian Perangkat Lunak pengujian yang dilakukan adalah pengujian *black box* dan *skala likert*, yaitu : 1. Pengujian *Black Box* -Menurut Ayuliana (2009) dikatakan bahwa *blackbox testing* adalah metode ujicoba *blackbox* memfokuskan pada keperluan fungsional dari *software*, karena itu ujicoba *blackbox* memungkinkan pengembang *software* untuk membuat himpunan kondisi input yang akan melatih seluruh syarat-syarat fungsional suatu program. 2. *Skala Likert* digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seorang atau kelompok orang tentang kejadian atau gejala sosial. Dalam penelitian gejala sosial, penelitian telah menetapkan secara spesifik skalanya dan selanjutnya disebut variabel penelitian.

Tempat, dalam penelitian ini, penulis mengambil tempat penelitian pada lokasi SDN Palangka 4 di kota Palangkaraya.

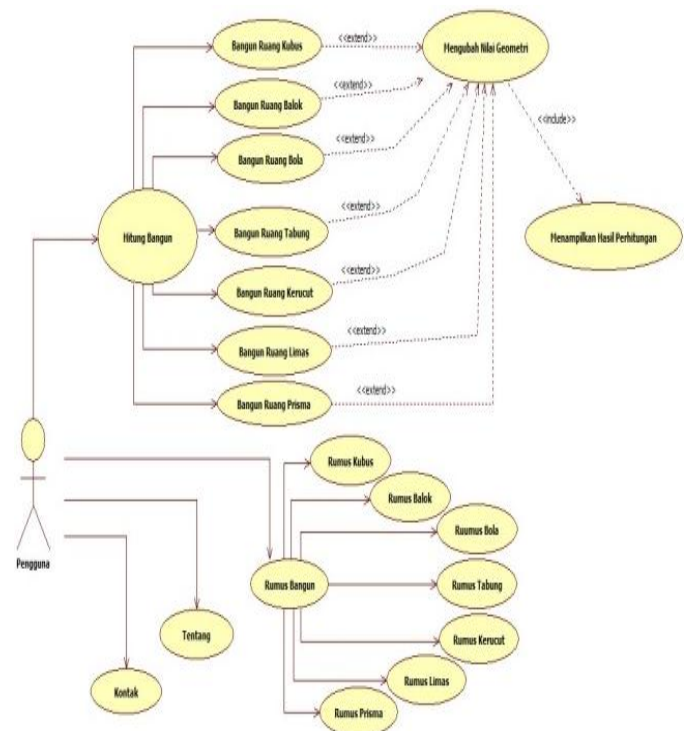
Bahan dan peralatan, dalam mengerjakan skripsi ini, penulis menggunakan peralatan 1 unit komputer dengan Sistem Operasi *Windows 7*, *Unit Handset Android* dengan Sistem Operasi *Android Versi 4.3.1 Jelly Bean*, *IDE Eclipse*, *3DS Max* dengan *Photoshop*.

Prosedur Penelitian, yang dilakukan dalam pembuatan skripsi ini terdiri dari lima tahap dengan penguraian sebagai berikut. Pengumpulan Data, pada tahap ini, penulis mengumpulkan data-data dan materi-materi yang menyangkut pembuatan skripsi ini, yaitu matematika bangun ruang serta *software* yang akan digunakan dalam membuat aplikasi. Dalam pembuatan skripsi ini, *software* yang digunakan adalah *Eclipse* sebagai *Integrated Development Environment (IDE)* pemrograman *Java*, *Android Software Development Kit (SDK)* agar *Android* dapat berjalan pada *Eclipse*, *Android Development Tool (ADT) plugin*

sebagai penghubung *Eclipse* dengan *Android SDK*, *3DS Max* dengan *Photoshop* untuk simulasi 3 (tiga) dimensi.

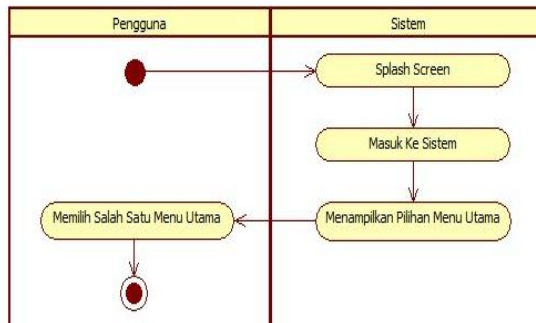
Analisa Data, setelah semua data terkumpul, maka proses selanjutnya adalah menganalisa data-data tersebut. Analisa data yang dilakukan berupa analisis kelemahan sistem, analisis kelemahan sistem yang berupa metode analisis *PIECES* meliputi *Performance, Information, Economy, Control, Efficiency, Service*.

Perancangan Sistem, dalam pembuatan aplikasi simulasi 3 dimensi bangun ruang dengan Platform *Android*, tahap-tahap perancangan sistem yang digunakan adalah diagram *UML* meliputi *use case diagram, activity diagram, sequence diagram* dan *class diagram*. Perancangan *Use Case Diagram, use case diagram* yang menggambarkan interaksi Pengguna dengan Sistem.

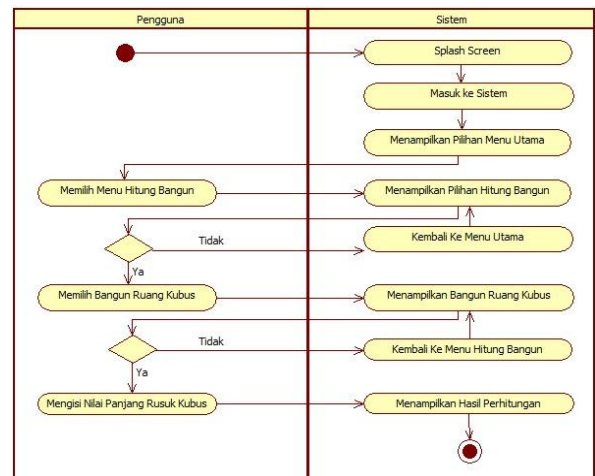


Gambar 8. Use Case Diagram

Activity diagram berfungsi untuk menggambarkan aliran aktivitas yang terjadi ketika pengguna berinteraksi dengan sistem (Gambar 8, 9 10, dan 11).

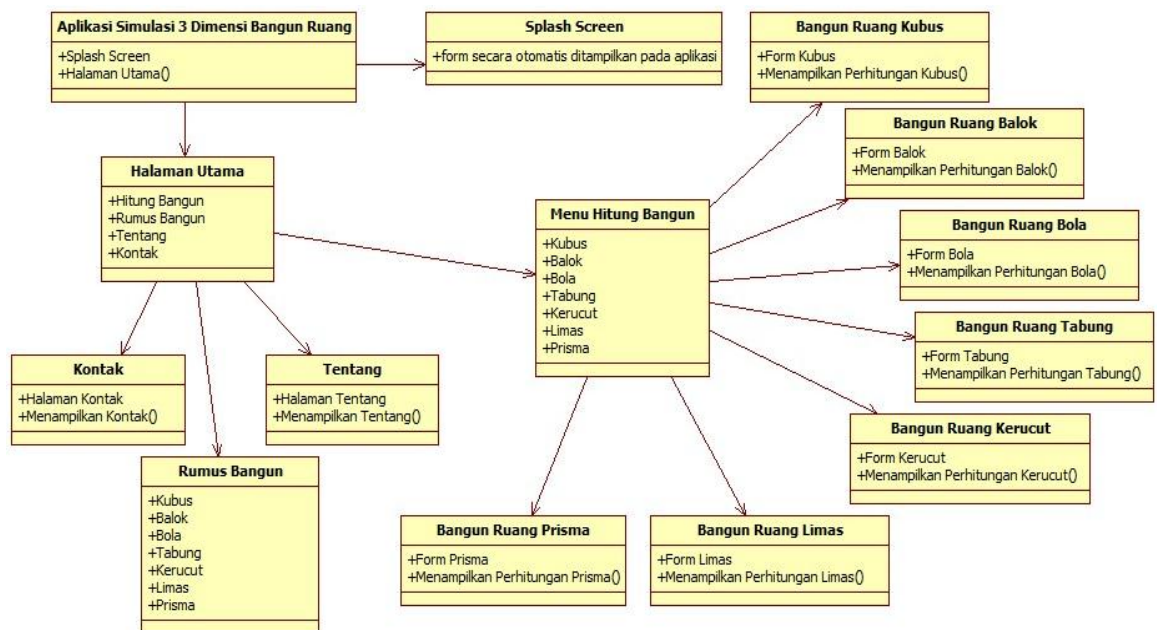


Gambar 9. Perancangan activity diagram



Gambar 10. Perancangan Sequence Diagram

Perancangan Diagram, merupakan gambaran secara grafis sebuah *scenario* yang menunjukkan interaksi antar obyek dalam sebuah urutan waktu.



Gambar 11. Perancangan Class Diagram, menunjukkan hubungan antara *class diagram* beserta fasilitas yang disediakan sistem secara keseluruhan.

Pengujian selanjutnya, penulis akan melakukan tahap pengujian terhadap aplikasi yang telah dibuat. Pengujian sangat penting dilakukan, karena dapat menghindari kesalahan-kesalahan yang akan menjadi masalah dalam pengontrolan sistem yang sudah direncanakan. Apabila hasilnya tidak sesuai, maka dilakukan perbaikan untuk melengkapi pembuatan aplikasi. Dalam pembuatan aplikasi ini, metode yang

dilakukan untuk pengujian adalah *Black Box Testing*.

PEMBAHASAN

Mengimplementasikan aplikasi menggunakan *Emulator* pada *IDE Eclipse* dan *Handphone Android*. Dalam tahap implementasi ini, penulis melakukan proses instalasi berupa Instalasi *Java*, Instalasi *Eclipse*, Instalasi *Android SDK*, dan menghubungkan

Eclipse dengan *Android DevelopmentTools (ADT)*. Setelah proses instalasi berhasil, maka penulis membuat sebuah simulasi 3 dimensi menggunakan gif dan membuat sebuah *project* di *Eclipse*.

Tampilan Antarmuka aplikasi terdiri dari 7 tampilan.1.Tampilan *Splash* berisi gambar *icon* aplikasi selama beberapa detik sebelum masuk ke menu utama aplikasi 2.



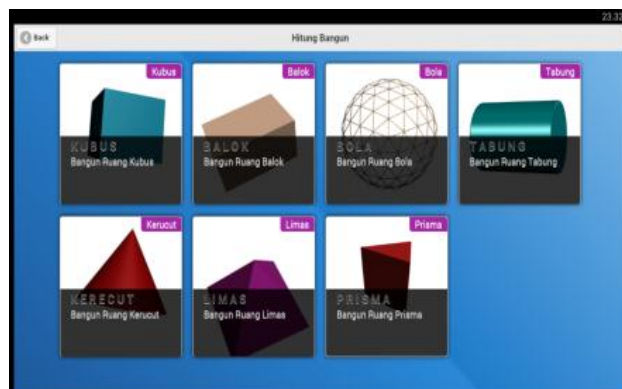
Gambar 12 Tampilan Awal

Tampilan Menu Utama pada Gambar 12 dan 13 terdiri dari 4 menu, yaitu menu hitung bangun ruang, menu rumus bangun ruang, menu tentang, dan menu kontak.



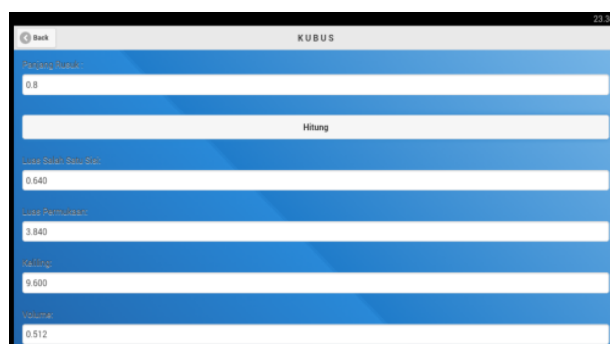
Gambar 13 Tampilan Menu

Menu Hitung Bangun Ruang pada Gambar 14 terdiri dari 7 bangun ruang, yaitu kubus, balok, bola, tabung, kerucut, limas, dan prisma.



Gambar 14 Menu Hitung Bangun Ruang pada

Menu Hitung Bangun Ruang Kubus pada Gambar 15 terdiri dari mengisi kolom panjang rusuk, klik hitung maka akan menampilkan hasil perhitungan luas salah satu sisi, luas permukaan, keliling, volume.



Gambar 15 Menu Hitung Bangun Ruang Kubus,

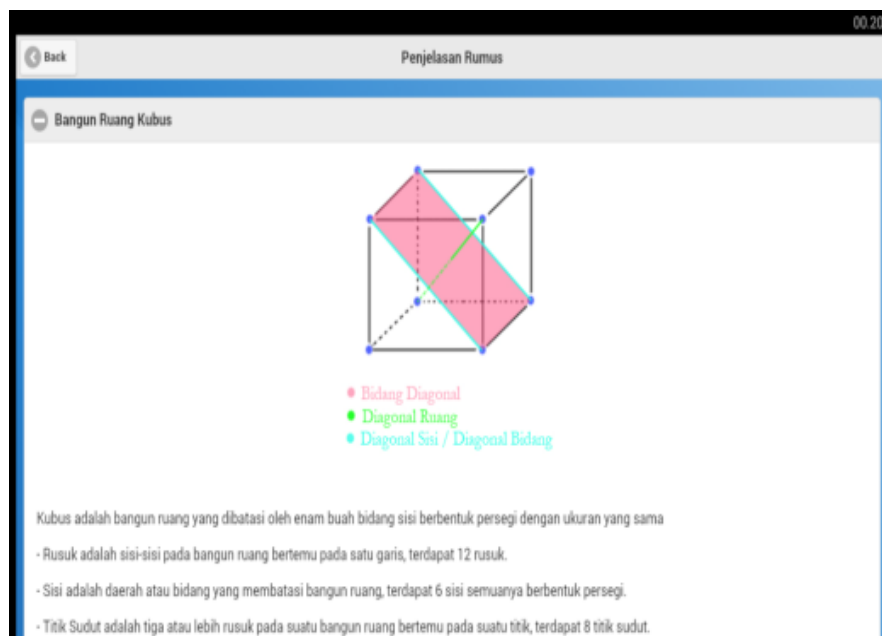
Menu Rumus Bangun Ruang pada gambar 16, terdiri dari 7 bangun ruang, yaitu kubus, balok, bola, tabung, kerucut, limas, dan prisma.



Gambar 16 Menu Rumus Bangun Ruang

Pada Gambar 17 menjelaskan tentang Menu Rumus Bangun Ruang

Kubus, menjelaskan keterangan objek kubus dan rumus kubus.



Gambar 17 Menu Rumus Bangun Ruang Kubus,

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dari bab-bab sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini dibuat dengan menggunakan *software eclipse, android SDK, ADT, java script, html webview* sebagai aplikasi utama dalam membangun aplikasi yang berbasis *android*. Serta *software 3DS Max Studio* dengan *software photoshop*. Dimana kedua aplikasi ini digunakan untuk merancang desain dan membuat simulasi 3 (tiga) dimensi, sehingga sistem ini sebagai media bantu dalam proses belajar yang lebih efisien, acuan belajar yang menarik tentang matematika bangun ruang serta meningkatkan pengalaman siswa dan pihak sekolah dalam pembelajaran berbasis *android*.

Dari hasil kuesioner dengan metode *skala likert*, penulis dapat menyimpulkan tentang pendapat para pengguna mengenai aplikasi yang dibuat, bahwa pengguna puas dengan desain tampilan dan penyajian informasi yang diberikan. Hal ini didasarkan pada hasil kuesioner yang telah di hitung

menggunakan metode *skala likert*, hasil *skala likert* adalah 528 berada pada antara setuju dan sangat setuju.

Dengan adanya pengguna aplikasi simulasi 3 dimensi bangun ruang untuk sekolah dasar berbasis *android*. Pengguna perlu dilengkapi fasilitas soal perhitungan matematika bangun ruang yang secara rinci dan simulasi objek-objek pada bangun ruang menggunakan sentuhan tangan untuk mengubah objek bangun ruang tersebut.

Dengan adanya pengembangan aplikasi simulasi 3 dimensi bangun ruang untuk sekolah dasar berbasis *android*. Aplikasi ini perlu dilengkapi fasilitas suara dalam penyampaian materi, dan simulasi. Simulasi yang digunakan, selain menggunakan simulasi perlu juga menggunakan video.

DAFTAR PUSTAKA

- Astamal, Rio. 2008. "Dasar-Dasar Web Programming". Jurnal Linux User Group STIKOMP. Surabaya.
- Dengan Platform Android". Jurnal Teknik Elektro dan Komputer FT. UNSRAT. Manado.

- Kusuma, Tri Handayani. 2011. "Pembuatan Animasi 3D Organ Reproduksi Manusia Untuk Meningkatkan Pemahaman Remaja Dalam Penyuluhan Kesehatan Reproduksi Remaja". Jurnal Program Studi Teknik Informasi Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Pambudi, Ari. 2013. "Implementasi Model Perangkat Lunak Pelayanan Informasi Kegiatan Belajar Mengajar Tingkat SLTA Dengan Berbasis Operating System Android". Jurnal Fakultas Ilmu Komputer Universitas Esa Unggul. Jakarta.
- Rizkiansyah, Irvan. 2013. "Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Interaktif Teknik Bermain Piano Multimediadi Lembaga Kursus Musik "Ethnictro". Yogyakarta.
- Safaat, H, Nazruddin. 2011. "*Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC berbasis Android*". Informatika Bandung, Bandung.
- Sahroni, Muhamad. 2010. "Visualisasi Tiga Dimensi Pada Pembelajaran Bimasakti Untuk Kelas VII SMP (Suatu Studi Kasus Di MTs Miftahussalam Tangerang)". Jurusan Program Studi Teknik Informatika Falkultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Suharjana, Agus. 2008. "*Pengenalan Bangun Ruang dan Sifat-Sifatnya di SD*". Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Matematika. Yogyakarta.

APLIKASI SISTEM PAKAR UNTUK IDENTIFIKASI TINGKAT PENCEMARAN LIMBAH CAIR DOMESTIK BERBASIS MOBILE ANDROID

Oktianti Dwi Pratiwi¹, Ina Agustina², Ucuk Darusalam³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika
Universitas Nasional Jakarta

Masuk: 17 Oktober 2015, revisi masuk : 22 Nopember 2015, diterima: 19 Desember 2015

ABSTRACT

The area is the largest source of the presence of domestic wastewater as well as being the largest contributor to environmental pollution. To help minimize the problems that occurred required an intelligent system design is to adopt an expert knowledge into an application. ILCldroid application designed to identify the level of pollution from domestic wastewater on android based mobile devices. Application of expert system is designed using the Eclipse IDE tools and Matlab toolbox. To determine the results of the identification, use the rules of the rules established by the fuzzy logic based on the data obtained, which then conducted a search of data tracking the fore or forward chaining. The test results show the output generated by the matlab application has the appropriate conclusion.

Keywords: expert systems, forward chaining, fuzzy logic, android.

INTISARI

Daerah adalah sumber terbesar dari keberadaan air limbah domestik serta menjadi penyumbang terbesar pencemaran lingkungan. Untuk membantu meminimalkan masalah yang terjadi diperlukan suatu desain sistem cerdas untuk mengadopsi pengetahuan pakar dalam aplikasi. aplikasi ILCldroid dirancang untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran dari limbah domestik pada perangkat mobile berbasis android. Aplikasi sistem pakar ini dirancang dengan menggunakan alat Eclipse IDE dan Matlab toolbox. Untuk menentukan hasil identifikasi, menggunakan aturan-aturan yang ditetapkan oleh logika fuzzy berdasarkan data yang diperoleh, yang kemudian melakukan pencarian data pelacakan kedepan atau forward chaining. Hasil pengujian menunjukkan output yang dihasilkan oleh aplikasi Matlab memiliki kesimpulan yang tepat.

Kata kunci: sistem pakar, forward chaining, fuzzy logic, android.

PENDAHULUAN

Limbah cair dianggap tidak lagi bermanfaat bagi masyarakat. Limbah cair yang dibuang melebihi kemampuan alam untuk menerima dan menampung akan berdampak pada pencemaran lingkungan, serta dapat membahayakan kesehatan manusia. Kawasan domestik menghasilkan lebih banyak limbah cair dilingkungan, karena semakin besar populasi manusia maka semakin besar pula limbah cair yang akan dihasilkan. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran yang ditimbulkan oleh pembuangan limbah cair tersebut harus dilakukan penelitian di laboratorium

untuk mengetahui tingkat pencemaran maupun kualitasnya.

Namun mahal biaya penelitian menjadi kendala bagi masyarakat dalam mendapatkan informasi mengenai limbah cair tersebut. Untuk meminimalisir masalah yang ada, dibutuhkan sebuah sistem yang dapat digunakan sebagai perangkat penunjang yang menyajikan informasi maupun sebagai perangkat untuk melakukan pengujian terhadap tingkat pencemaran dari limbah cair domestik. Oleh karena itu dibutuhkan sistem cerdas (*intelligence system*) guna mengimplementasikan pengetahuan yang dimiliki oleh seorang pakar ke dalam sebuah sistem, agar dapat

¹ ina_agustina2007@yahoo.com

digunakan oleh masyarakat maupun pihak-pihak yang berkepentingan dalam hal ini.

Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* merupakan satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia (Kusumadewi, 2003).

Sistem pakar (*expert system*) adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Sistem pakar dirancang agar dapat menyelesaikan suatu permasalahan tertentu dengan meniru kerja dari para ahli. Dengan sistem pakar ini, orang awam pun dapat menyelesaikan masalah yang cukup rumit yang sebenarnya dapat diselesaikan dengan bantuan para ahli. Bagi para ahli, sistem pakar ini juga akan membantu aktivitasnya sebagai asisten yang sangat berpengalaman (Kusumadewi, 2003).

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian. Di mana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah binary (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran Boolean dengan tingkat kebenaran.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (real estate), rumah makan (restaurant), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama (berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 ayat 1).

Kualitas air limbah akan dapat teridentifikasi dari kualitas parameter kunci, dimana konsentrasi parameter kunci tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Tabel 1 menunjukkan baku mutu limbah domestik.

Tabel 1 Baku mutu air limbah domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan lemak	mg/l	10

Sumber : Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Eclipse adalah sebuah IDE (*Integrated Development Environment*) untuk mengembangkan perangkat lunak dan dapat dijadikan di semua *platform* (*platform-independent*). Berikut ini adalah sifat dari Eclipse : 1. *Multi-platform* : Target sistem operasi Eclipse adalah Microsoft Windows, Linux, Solaris, AIX, HP-UX dan Mac OS X. 2. *Multilanguage* : Eclipse dikembangkan dengan bahasa pemrograman Java, akan tetapi Eclipse mendukung pengembangan aplikasi berbasis bahasa pemrograman lainnya, seperti C/C++, Cobol, Python, Perl, PHP, dan lain sebagainya. 3. *Multi-role* : Selain sebagai IDE untuk pengembangan aplikasi, Eclipse pun bisa digunakan untuk aktivitas dalam siklus pengembangan perangkat lunak, seperti dokumentasi, tes perangkat lunak, pengembangan web, dan lain sebagainya.

Terdapat lima GUI (*Graphic User Interface*) *tools* yang dapat digunakan untuk membangun, mengedit, dan menobservasi aplikasi penalaran fuzzy, yaitu 1. Fuzzy Inference Aplikasi Editor (FIS Editor). 2. Membership Function Editor. 3. Rule editor. 4. Rule Viewer. 5. Surface Viewer

METODE

Untuk merancang dan mengimplementasikan aplikasi ini diperlukan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak, antara lain kebutuhan perangkat keras meliputi Notebook dengan RAM 2 GB Processor Intel(R) Core(TM) i3 CPU. Kebutuhan perangkat lunak meliputi Sistem Operasi Windows 7, Eclipse Gallileo, Android

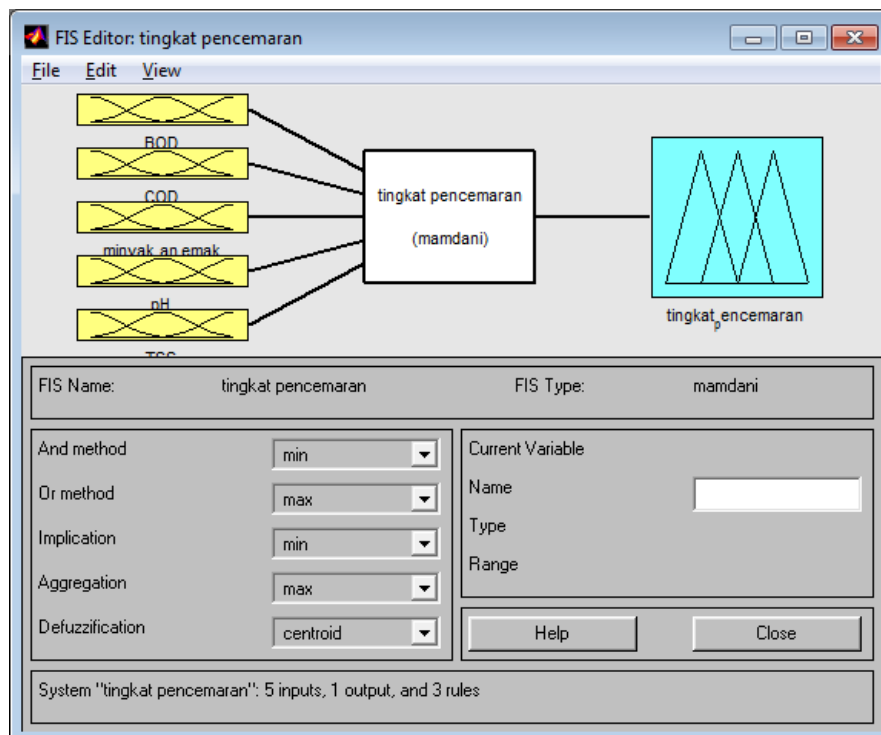
SDK (Software Development Kit), ADT (Android Development Tools), Photoshop CS4, NET Framework 4.0 dan Java JDK 6.0

Dalam perancangan basis pengetahuan digunakan kaidah-kaidah dalam suatu komponen faktor-faktor yang merekomendasi yang dihasilkan. Faktor-faktor yang menjadi premis bagi kaidah-kaidah yang dibangun menggunakan pola hubungan IF-AND-THEN yang terdiri dari beberapa inferensi yang saling berhubungan.

Himpunan fuzzy dibentuk dari kriteria yang dibutuhkan untuk mendapatkan kesimpulan berdasarkan parameter fisika dan kimia air limbah domestik. Adapun

kriteria yang digunakan yaitu : COD, BOD, pH, TSS, Minyak dan lemak. Kriteria ini didapat berdasarkan parameter kunci untuk menentukan kualitas limbah cair domestik. Dari kriteria tersebut, maka dapat dibuat suatu tingkatan kepentingan kriteria berdasarkan nilai bobot yang telah ditentukan ke dalam bilangan fuzzy. Rating kecocokan alternatif pada kriteria dimisalkan sebagai berikut : Rendah (0); Cukup (5); Tinggi (10).

Gambar 1 merupakan FIS (*Fuzzy Inference System*) untuk tingkat pencemaran dengan enam input dan satu output.



Gambar 1. FIS editor tingkat pencemaran

Gambar 2 merupakan rule editor yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran dari limbah cair domestik. Berikut ini merupakan aturan-aturan yang telah dibuat dalam rule editor :

1. If (BOD is sedikit) and (COD is sedikit) and (minyak dan lemak is sedikit) and

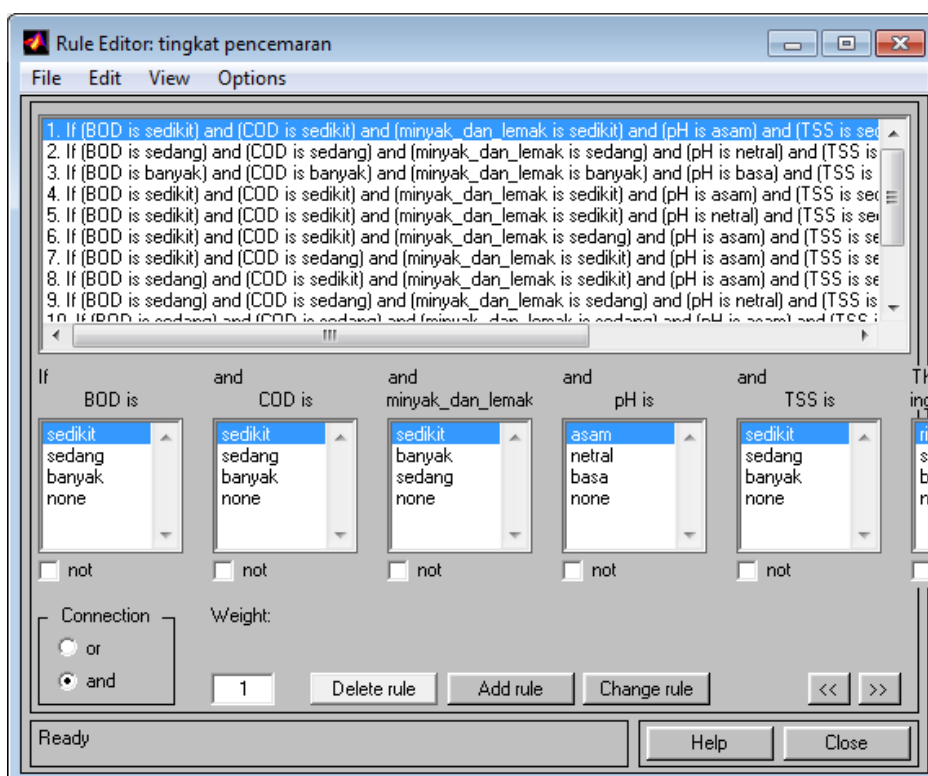
(pH is asam) and (TSS is sedikit) then (tingkat pencemaran is ringan).

2. If (BOD is sedang) and (COD is sedang) and (minyak dan lemak is sedang) and (pH is sedang) and (TSS is sedang) then (tingkat pencemaran is sedang).

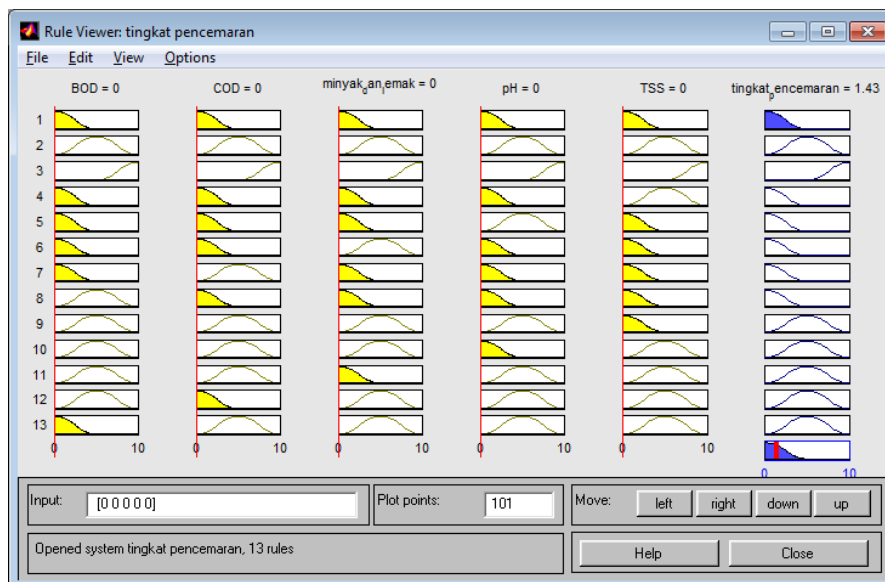
3. If (BOD is banyak) and (COD is banyak) and (minyak dan lemak is banyak) and (pH is netral) and (TSS is banyak) then (tingkat pencemaran is berat).
4. If (BOD is sedikit) and (COD is sedikit) and (minyak dan lemak is sedikit) and (pH is asam) and (TSS is sedang) then (tingkat pencemaran is ringan).
5. If (BOD is sedikit) and (COD is sedikit) and (minyak dan lemak is sedikit) and (pH is netral) and (TSS is sedikit) and (tingkat pencemaran is ringan).
6. If (BOD is sedikit) and (COD is sedikit) and (minyak dan lemak is sedang) and (pH is asam) and (TSS is sedikit) then (tingkat pencemaran is ringan).
7. If (BOD is sedikit) and (COD is sedang) and (minyak dan lemak is sedikit) and (pH is asam) and (TSS is sedikit) then (tingkat pencemaran is ringan).

8. If (BOD is sedang) and (COD is sedikit) and (minyak dan lemak is sedikit) and (pH is asam) and (TSS is sedikit) then (tingkat pencemaran is ringan).
9. If (BOD is sedang) and (COD is sedang) and (minyak dan lemak is sedang) and (pH is netral) and (TSS is sedikit) then (tingkat pencemaran is sedang).
10. If (BOD is sedang) and (COD is sedang) and (minyak dan lemak is sedang) and (pH is asam) and (TSS is sedang) then (tingkat pencemaran is sedang).

Pada Gambar 3 menunjukkan analisis output tingkat pencemaran menggunakan rule viewer : Untuk (nomor satu) input dengan parameter [0 0 0 0 0] mengeluarkan output tingkat pencemaran = 1.43 (ringan).

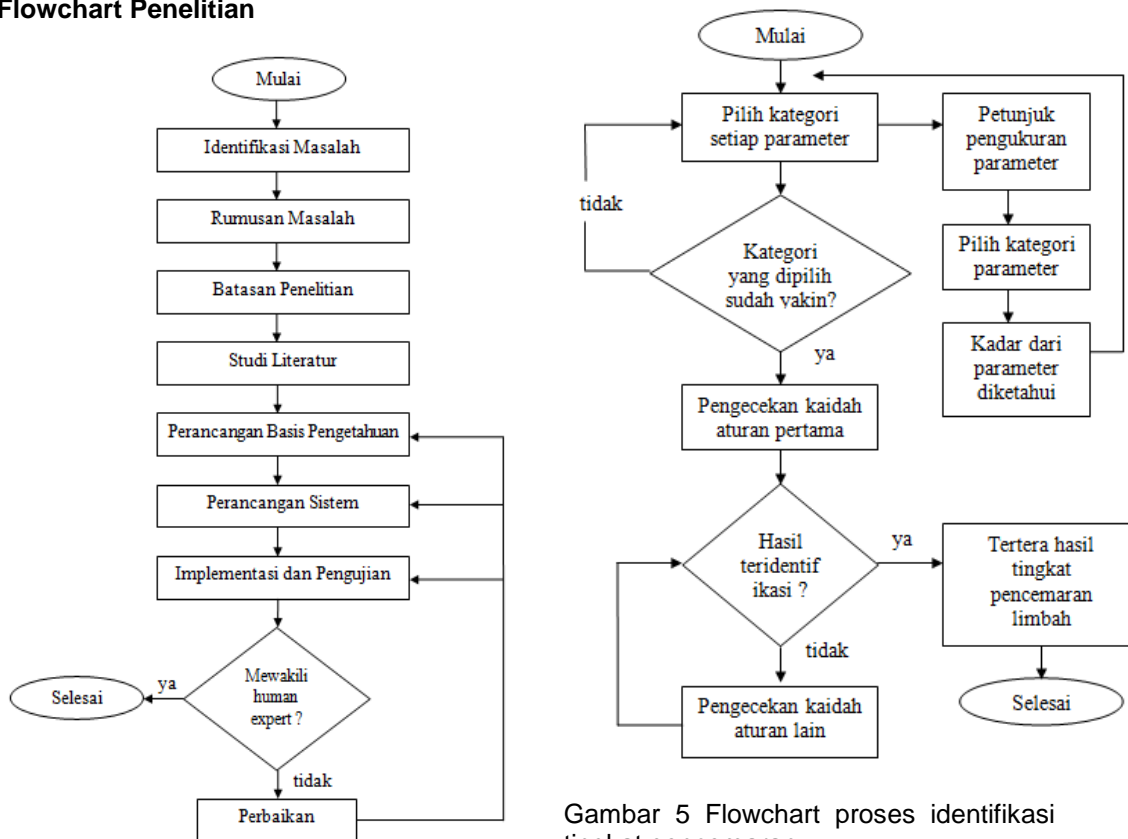


Gambar 2. Rule editor tingkat pencemaran



Gambar 3. Rule viewer tingkat pencemaran kasus 1

Flowchart Penelitian



Gambar 4 Flowchart penelitian

Gambar 5 Flowchart proses identifikasi tingkat pencemaran

PEMBAHASAN

Aplikasi sistem pakar ini diimplementasikan pada perangkat mobile dengan sistem operasi android. Pada implementasi ini menggunakan platform android dengan versi 2.2 (Froyo) dan 2.3.6 (Gingerbread).

Tampilan Halaman utama pada aplikasi sistem pakar dapat dilihat pada Gambar 4. Tombol Melanjutkan diklik untuk masuk ke Halaman menu.



Gambar 4. Tampilan halaman utama

Setelah halaman utama masuk ke halaman menu, dapat dilihat pada gambar 4.2. Pengguna dapat memilih 5 (lima) pilihan menu yaitu : Identifikasi Tingkat Pencemaran, Cara Pengolahan, Petunjuk Pengukuran, Bantuan dan Keluar.



Gambar 4.2 Tampilan halaman menu

Dari Halaman Menu lalu dipilih halaman identifikasi tingkat pencemaran, dapat dilihat pada gambar 4.3. Di Halaman menu ini pengguna memilih kadar pada setiap parameter untuk mengetahui tingkat pencemaran dari limbah cair domestic.

Pengujian *black-box* dilakukan untuk menganalisis serta menemukan kesalahan dalam kategori fungsi-fungsi yang tidak benar atau hilang, kesalahan *interface*, maupun kesalahan kinerja perangkat lunak. Pengujian *black-box* pada aplikasi ILCIdroid terdiri dari dua tahap, yaitu : analisis struktur *interface*, analisis kerja fungsi-fungsi.



Gambar 4.3 Tampilan halaman identifikasi tingkat pencemaran

PENUTUP

Berdasarkan pada hasil perancangan serta implementasi dan pengujian aplikasi sistem pakar untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran limbah cair domestik (ILCidroid), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut : 1. Aplikasi ILCidroid mampu memberikan hasil identifikasi tingkat pencemaran oleh limbah cair domestik cukup akurat berdasarkan perbandingan dengan hasil matlab toolbox. 2. Aplikasi sistem pakar ini mampu menyajikan informasi mengenai cara pengolahan berdasarkan tempat pengolahan di kawasan domestik. 3. Hasil akhir identifikasi ditentukan oleh kadar parameter yang dipilih oleh pengguna, kemudian pilihan tersebut dilakukan pengecekan pada aturan-

aturan yang telah dibentuk berdasarkan kaidah fuzzifikasi.

Penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut, diantaranya: 1. Aplikasi ILCidroid digunakan untuk mengidentifikasi tingkat pencemaran limbah cair domestik pada perangkat mobile dengan sistem operasi android versi 2.2 (Froyo) dan 2.3.6 (Gingerbread). 2. Menambahkan dampak dari limbah cair domestik pada aplikasi. 3. Menggunakan metode lain sehingga output yang dihasilkan mampu menampilkan nilai keakuratan dari tingkat pencemaran. 4. Mengembangkan aplikasi ILCidroid agar dapat diimplementasikan pada perangkat mobile dengan sistem operasi selain android.

DAFTAR PUSTAKA

- Effendi, Hefni. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta : Penerbit Kanisius
- Kusrini. 2006. Sistem Pakar, Teori dan Aplikasi. Yogyakarta : Penerbit ANDI Offset.
- Kusrini. 2008. Aplikasi Sistem Pakar. Yogyakarta : Penerbit ANDI Offset.
- Kusumadewi, Sri. 2003. Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Supriadi, Taviv. 2008. Pengelolaan Limbah Cair Rumah Tangga. <http://tavivsupriadi.wordpress.com/2008/02/12/pengelolaan-limbah-cair-rumah-tangga/> (diakses 26 Juli 2012 pukul 08:21)
- <http://bplhd.jakarta.go.id/peraturan/kepmen/KEPMEN%20NO%20112%20TAHUN%202003.pdf> (diakses 30 Juli 2012 pukul 18:50)
- <http://www.airlimbah.com/2009/11/17/proses-dasar-pengolahan-air-limbah/> (diakses 26 Juli 2012 pukul 04:30)
- Wikipedia. 2012. Android (Sistem operasi). [id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)) (diakses 23 Juni 2012 pukul 05:46)

Wikipedia. 2012. Eclipse (perangkat lunak).
http://id.wikipedia.org/wiki/Eclipse_%28perangkat_lunak%29 (diakses 23 Juni 2012 pukul 06:12)

PENGUKURAN RISIKO PADA PENERAPAN CLOUD COMPUTING UNTUK SISTEM INFORMASI (STUDI KASUS UNIVERSITAS BINA DARMA)

Ria Andryani¹

¹Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Darma Palembang

Masuk: 15 Desember 2015, revisi masuk: 17 Januari 2016, diterima: 30 Januari 2016

ABSTRACT

College is an academic organization, an institution which has a role and strategic position in the achievement of educational goals. To achieve The goal, the college needs the support of information technology in carrying out its activities. There are currently utilizing cloud computing technology be one solution to optimize operational effectiveness and efficiency information technology in higher education. However, the use of new technologies of potential risks in their operations that have an impact on performance organization. Therefore we need appropriate risk management for implementation cloud computing in order to improve the performance of colleges. Research It aims to measure the level of possible risks arising from the introduction cloud computing at the university to make use of the OCTAVE Framework on the application of cloud computing technology for information systems at universities high (Bina Darma University case study). This research resulted in the level of University information system readiness Bina Darma in applying technology cloud computing that are in a position YELLOW, namely the implementation of the information system has supported the adoption of cloud computing, but more needs to be improved.

Keywords: *Cloud computing, information technology, risk management Model Framework OCTAVE*

INTISARI

Perguruan Tinggi merupakan sebuah organisasi akademis, institusi yang memiliki peran dan posisi strategis dalam pencapaian tujuan pendidikan. Untuk mencapai tujuan tersebut, perguruan tinggi membutuhkan dukungan teknologi informasi dalam menjalankan kegiatannya. Dewasa ini peminfaat teknologi cloud computing menjadi salah satu solusi untuk mengoptimalkan efektivitas dan efisiensi operasional teknologi informasi pada perguruan tinggi. Namun penggunaan teknologi baru berpotensi menimbulkan resiko dalam operasionalnya yang berdampak terhadap kinerja organisasi. Oleh karena itu diperlukan manajemen risiko yang tepat untuk penerapan cloud computing guna meningkatkan performa perguruan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kemungkinan risiko yang timbul dari penerapan cloud computing pada perguruan tinggi dengan menggunakan OCTAVE Framework pada penerapan teknologi cloud computing untuk sistem informasi di perguruan tinggi (studi kasus Universitas Bina Darma). Penelitian ini menghasilkan tingkat kesiapan sistem informasi Universitas Bina Darma dalam menerapkan teknologi cloud computing yang berada pada posisi YELLOW, yaitu implementasi sistem informasi telah mendukung penerapan cloud computing tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan.

Kata kunci: Cloud computing, Teknologi informasi, Model manajemen risiko, Framework OCTAVE

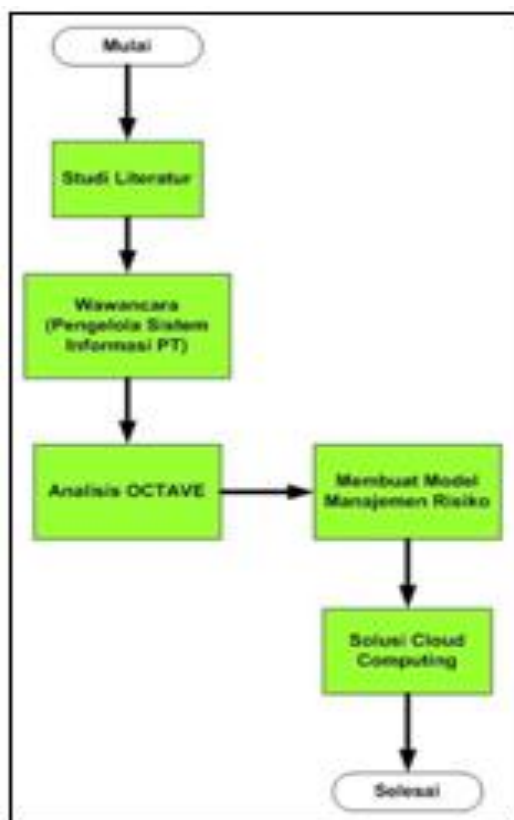
PENDAHULUAN

Perguruan Tinggi merupakan

sebuah organisasi akademis, institusi yang memiliki peran dan posisi strategis dalam pencapaian tujuan pendidikan, yaitu

¹ ria.andryani@binadarma.ac.id

mencerdaskan kehidupan bangsa untuk insan Indonesia cerdas dan kompetitif. Untuk mencapai tujuan tersebut, perguruan tinggi juga membutuhkan dukungan Teknologi Informasi dalam menjalankan kegiatan-kegiatannya. Perkembangan teknologi informasi menjadi solusi yang inovatif, dinamis, dan memiliki manfaat secara ekonomi, teknologi tersebut yaitu cloud computing. Teknologi informasi ini mampu menjawab masalah dan tantangan di atas yang dihadapi oleh perguruan tinggi. Cloud Computing mengubah cara bagaimana layanan teknologi informasi disediakan dan disebarkan, sehingga institusi memiliki kesempatan untuk mengakses informasi pendidikan dan ilmu pengetahuan. Melalui teknologi informasi ini, diharapkan pendidikan di perguruan tinggi mendapat performa optimal, karena institusi dapat lebih fokus pada proses utama yang seharusnya dilakukan dibanding mengelola teknologi informasi secara ekstensif.



Gambar 1: Kerangka Penelitian

Disamping kebutuhan akan teknologi informasi, organisasi juga menghadapi beragam peluang dan risiko yang mungkin mempengaruhi secara positif ataupun negatif terhadap pencapaian tujuan mereka. Risiko juga muncul terutama ketika akan menerapkan suatu teknologi informasi baru kedalam suatu organisasi. Pernyataan ini diperkuat oleh Mircea, M. and Andreescu, A.I (2011) yang menyatakan bahwa pengambilan keputusan untuk menggunakan cloud computing perlu diperhitungkan risiko terkait implementasi solusi. Oleh karena itu agar dapat menangani risiko secara memadai, merencanakan suatu prasyarat untuk merancang dan menerapkan sistem manajemen risiko. Maka untuk mencapai tujuan perguruan tinggi yang didukung oleh teknologi informasi, perlu ada manajemen risiko yang tepat untuk penerapan cloud computing guna meningkatkan performa perguruan tinggi.

Risiko terkait TI merupakan suatu pengukuran kuantitatif dari kerugian atau kerusakan yang disebabkan oleh ancaman (threat), vulnerability, atau oleh suatu kejadian (event: malicious atau non malicious) yang berpengaruh pada kumpulan aset TI yang dimiliki oleh organisasi. Menurut HM Treasury (2004), mengidentifikasi dan menilai risiko (risiko turunan atau yang melekat) serta merespon terhadap hal tersebut merupakan hal-hal yang termasuk dalam manajemen risiko. Sedangkan COSO (2004) mendefinisikan manajemen risiko sebagai suatu proses, yang dilakukan oleh entitas dewan direksi, manajemen, dan personil lainnya, diterapkan dalam pengaturan strategi dan di seluruh perusahaan, yang dirancang untuk mengidentifikasi peristiwa potensial yang dapat mempengaruhi entitas, dan mengelola risiko agar berada didalam risk appetite, untuk menyediakan keyakinan memadai tentang pencapaian tujuan entitas.

Minoli, D. and Kouns, J (2010) mendefinisikan manajemen risiko TI (manajemen risiko keamanan informasi) sebagai proses untuk mengurangi risiko

TI (proses adalah aktivitas yang berkelanjutan dan didefinisikan dengan baik). Manajemen risiko merupakan proses yang berkelanjutan, fundamental dan kompleks, sebagai bagian dari keamanan informasi. Mell, P. and Grance, T (2011) National Institute of Standards and Technology (NIST) mendefinisikan manajemen risiko sebagai proses yang memperkenankan manajer TI untuk menyeimbangkan biaya operasional dan ekonomis untuk ukuran-ukuran protektif dan mencapai keuntungan pada kapabilitas misi dengan menjaga sistem TI dan data yang mendukung misi organisasi mereka. Dari semua pengertian yang ada, manajemen risiko merupakan suatu proses yang berkelanjutan dalam menilai, memitigasi, dan mengevaluasi risiko. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan efektivitas biaya yang dikeluarkan guna memastikan keamanan dari sistem teknologi informasi yang digunakan pada organisasi. Sehingga semua aset TI yang dimiliki oleh organisasi aman dari segala gangguan maupun ancaman yang dapat mengenyainya.

Berbagai definisi mengenai cloud computing banyak diungkapkan oleh para ahli dan peneliti, Mell, P. and Grance, T (2011) dari National Institute of Standards and Technology (NIST), Information Technology Laboratory mendefinisikan cloud computing sebagai suatu model yang mempermudah ketersediaan dan konfigurasi layanan baik berupa perangkat lunak, jaringan, server, media penyimpanan maupun aplikasi. Suatu layanan dapat dipasang dan dihilangkan dengan mudah Mell, P. and Grance, T., (2010). Armbrust, M.,

Fox, A., Griffith, R., Joseph, A.D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. and Zaharia, M., (2010) Model Cloud computing memiliki lima karakteristik utama yaitu On-demand self-service, Broad network access, Resource pooling, Rapid elasticity dan Measured Service. Ada tiga model layanan yang ditawarkan oleh cloud computing, Rimal, B.P., Choi, E. and Lumb, I., (2009); Voorsluys, W., Broberg, J. and Buyya, R., (2011), berdasarkan level abstraksi dari kemampuan yang disediakan dan model layanan dari penyedia seperti yang terlihat pada Gambar 2, yaitu :1. Infrastructure as a Service (IaaS). IaaS menyediakan sumber daya virtualisasi (komputasi, penyimpanan, dan komunikasi) sesuai permintaan. Kemampuan yang diberikan kepada konsumen ialah penyediaan pemrosesan, penyimpanan, jaringan, dan sumber daya komputasi fundamental lainnya, sehingga konsumen dapat menyebarkan dan menjalankan perangkat lunak tertentu meliputi perangkat lunak dan aplikasi. 2. Platform as a Service (PaaS). Cloud platform menyediakan lingkungan agar pengembang bisa membuat dan menyebarkan aplikasi tanpa perlu mengetahui jumlah processor atau jumlah memori yang dibutuhkan oleh aplikasi tersebut. 3. Software as a Service (SaaS). Kemampuan yang diberikan kepada konsumen ialah menggunakan aplikasi penyedia yang berjalan di atas infrastruktur cloud. Aplikasi dapat diakses dari berbagai perangkat klien, baik melalui antarmuka thin client, seperti web browser, atau antarmuka program.



Gambar 2: Model Layanan Cloud Computing

METODE

Kerangka penelitian yang dituangkan dalam diagram alir dibawah ini menggambarkan proses penelitian yang akan ditempuh sekaligus menggambarkan penelitian secara keseluruhan. Diagram alir ini memperlihatkan tahapan-tahapan proses penulisan yang akan dilakukan dari tahap awal sampai akhir.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah OCTAVE Metodologi. Metode OCTAVE-S (The Operationally Critical Threat, Asset, and Vulnerability Evaluation for Small Organizations) merupakan bagian dari metode OCTAVE yang disusun dan dikembangkan sebagai metode analisis risiko untuk perusahaan kecil, Alberts, C., Dorofee, A., Stevens, J. and Woody, C., (2003).

Analisis risiko metode OCTAVE-S dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut: Fase 1 : Membuat profil ancaman berbasis aset (Build Asset-Based Threat Profile). Fase ini merupakan evaluasi pada aspek keorganisasian. Pada fase ini tim analisis mengidentifikasi Impact Evaluation Criteria yang akan digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko. Pada fase ini juga dilakukan identifikasi aset aset penting perusahaan dan evaluasi tingkat kea manan saat ini diterapkan oleh perusahaan. Tim analisis memilih 3 (tiga) sampai (5) aset terpenting perusahaan

yang akan dianalisis secara mendalam. Hasil fase ini adalah pendefenisian kebutuhan keamanan informasi dan profil ancaman untuk aset aset terpenting tersebut. Fase 2 yaitu Mengidentifikasi kelemahan infrastruktur (Identify Infrastructure Vulnerabilities). Pada fase ini high level rievew terhadap infrastruktur komputer perusahaan dan berfokus pada hal hal yang menjadi perhatian utama para pengelola infrastruktur. Tim menganalisis bagaimana penggunaan (konfigurasi, pengelolaan, dan lain-lain) infrastruktur terutama yang berhubungan dengan aset aset terpenting (critical aset). Fase 3 : Membuat perancangan dan strategi keamanan (Develop Security Strategy and Plans).

Pada fase ini dilakukan identifikasi risiko terhadap aset aset terpenting (critical assets) dan memutuskan langkah langkah apa yang harus dilakukan.

PEMBAHASAN

Analisis Risiko Metode OCTAVE Pada Sistem Informasi Universitas Bina Darma

Analisis yang dilakukan pada Sistem Informasi perguruan tinggi, telah dikumpulkan dan mengolah data berdasarkan wawancara dan kuisioner bagikan kepada pengelola sistem informasi perguruan tinggi. Wawancara dan kuisioner yang dibagikan digunakan

untuk mengetahui kelemahan dari sistem informasi yang digunakan oleh perguruan tinggi serta mencari solusi atas risiko yang mungkin terjadi. Kuisisioner yang dibuat menggunakan metode OCTAVE terdiri dari beberapa tahap.

Tahap pertama Membangun aset berbasis profile ancaman (Built asset-based Threat Profiles) yang terdiri dari 2 proses, 6 aktifitas dan 16 langkah dimana proses pertamanya yaitu mengidentifikasi informasi organisasi (Identify Organizational Information) yang memiliki 3 aktifitas yaitu membangun kriteria evaluasi (Establish Impact Evaluation Criteria), mengidentifikasi aset organisasi (Identify Organizational Asset) dan mengevaluasi praktek keamanan organisasi (Evaluate Organizational Security Practices) serta 4 langkah dan proses keduanya, membuat profile ancaman (Create Threat Profiles) yang memiliki 3 aktifitas yaitu memilih aset kritis (Select Critical Asset), identifikasi kebutuhan keamanan untuk aset kritis (Identify Security Requirements for Critical Asset) dan identifikasi ancaman pada aset kritis (Identify Threat of Critical Asset) serta 12 langkah.

Tahap kedua Mengidentifikasi kerentanan infrastruktur (Identify Infrastructure Vulnerabilities) yang terdiri dari 1 proses, 2 aktifitas dan 5 langkah, prosesnya yaitu memeriksa perhitungan infrastruktur yang berhubungan dengan aset kritis (Examine Computing Infrastructure in Relation to Critical Asset) dan memiliki 2 aktifitas yaitu memeriksa jalur akses (Examine Access Path) dan menganalisa proses terkait dengan teknologi (Analyze Technology-Related Processes) serta 5 langkah.

Tahap ketiga Mengembangkan strategi keamanan dan perancangan (Develop Security Strategy and Plans) yang terdiri dari 2 proses, 8 aktifitas dan 9 langkah dimana proses pertamanya yaitu : identifikasi dan analisis risiko

(Identify and Analyze Risk) yang terdiri dari 3 aktifitas yaitu mengevaluasi dampak ancaman (Evaluate Impact of Threat), membangun kemungkinan kriteria evaluasi (Establish Probability Evaluation Criteria), dan mengevaluasi kemungkinan ancaman (Evaluate Probability of Threat) serta 3 langkah. Proses keduanya yaitu mengembangkan strategi perlindungan dan rencana mitigasi (Develop Protection Strategy and Mitigation) dan memiliki 5 aktifitas yaitu menggambarkan strategi perlindungan saat ini (Describe Current Protection Strategy), memilih pendekatan mitigasi (Select Mitigation Approach), Mengembangkan rencana mitigasi risiko (Develop Risk Mitigation Plans), Identifikasi perubahan untuk strategi perlindungan (Identify Change to Protection Strategy) dan identifikasi langkah selanjutnya (Identify Next Step) serta 6 langkah.

Dengan metode OCTAVE yang terdiri dari 3 fase, 5 Proses, 16 Aktifitas dan 30 langkah tersebut, diharapkan dapat membantu dalam penilaian dan pengukuran risiko pada penerapan cloud computing untuk sistem informasi di perguruan tinggi. Analisis dilakukan terhadap kuisisioner yang telah diisi oleh pengguna dan pengelola sistem informasi perguruan tinggi berdasarkan kriteria penilaian yang telah ditentukan pada framework OCTAVE, adapun kriteria tersebut adalah :

Penilaian :

Y (sudah ada / diimplementasikan) = 3

T (belum ada / tidak diimplementasikan) = 2

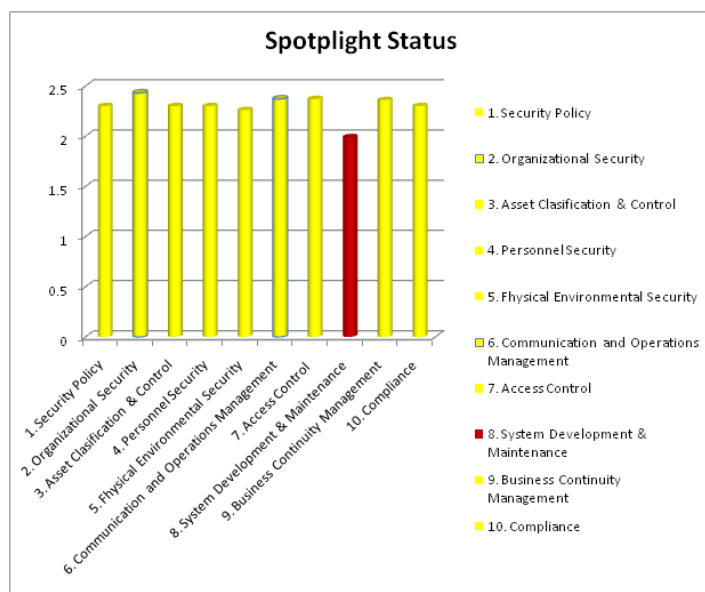
? tidak tahu/ragu-ragu = 1

Spotlight :

Green = Telah diimplementasikan dengan sangat baik sehingga belum memerlukan peningkatan.

Yellow = Telah diimplementasikan tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan.

Red = Belum diimplementasikan.



Gambar 3: Hasil Analisis OCTAVE Sistem Informasi Universitas Bina Darma

Hasil Analisis OCTAVE Pada Sistem Informasi Di Universitas Bina Darma

Analisis OCTAVE yang telah dilakukan terhadap sepuluh assessment point. Hasil analisis tersebut antara lain : 1. Security Policy pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi telah mengimplementasikan Security Policy, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 2. Organizational Security pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi telah mengimplementasikan Organizational Security, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 3. Asset Classification & Control pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi telah mengimplementasikan Asset Classification & Control, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 4. Personnel Security pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi telah mengimplementasikan Personnel Security, tetapi masih banyak yang

harus ditingkatkan. 5. Physical Environmental Security pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi telah mengimplementasikan Physical Environmental Security, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 6. Communication and Operations Management pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi yang telah mengimplementasikan Communication and Operations Management, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 7. Access Control pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi yang telah mengimplementasikan Access Control, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 8. System Development & Maintenance pada perguruan tinggi berada pada spotlight RED, ini menunjukkan bahwa sebagian besar perguruan tinggi yang belum mengimplementasikan model System Development & Maintenance dengan baik. 9. Business Continuity Management, pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini

menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi yang telah mengimplementasikan model Business Continuity Management, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan. 10. Compliance pada perguruan tinggi berada pada spotlight YELLOW, ini menunjukkan bahwa pada beberapa perguruan tinggi yang telah mengimplementasikan Compliance, tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan.

Hasil Analisis OCTAVE dengan Spotlight Status Sistem Informasi di Universitas Bina Darma ditunjukkan pada Gambar 3.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Spotlight Status Sistem Informasi pada Universitas Bina Darma berada pada posisi YELLOW. Ini menunjukkan bahwa sistem informasi telah diimplementasikan tetapi masih banyak yang harus ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A.D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. and Zaharia, M., 2010. A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), pp.50-58.
- Alberts, C., Dorofee, A., Stevens, J. and Woody, C., 2003. Introduction to the OCTAVE Approach. Pittsburgh, PA, Carnegie Mellon University.
- COSO, 2004, Jersey City: Committee of Sponsoring Organisations of the Treadway Commission (COSO). Jersey City: Committee of Sponsoring Organisations of the Treadway Commission (COSO).
- Mircea, M. and Andreescu, A.I., 2011. Using cloud computing in higher education: A strategy to improve agility in the current financial crisis. *Communications of the IBIMA*.
- Minoli, D. and Kouns, J., 2010. Information Technology Risk Management in Enterprise Environments: A Review of Industry Practices and a Practical Guide to Risk Management Teams. Wiley.
- Mell, P. and Grance, T., 2011. The NIST definition of cloud computing.
- Mell, P. and Grance, T., 2010. The NIST definition of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(6), p.50.
- Rimal, B.P., Choi, E. and Lumb, I., 2009, August. A taxonomy and survey of cloud computing systems. In 2009 Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC (pp. 44-51). IEEE.
- Treasury, H.M., 2004, The Orange Book: Management of Risk—Principles and Concepts. Norwich, UK: HM Treasury on behalf of the Controller of Her Majesty Stationary Office.
- Voorsluys, W., Broberg, J. and Buyya, R., 2011. Introduction to cloud computing. *Cloud computing: Principles and paradigms*, pp.1-44.

IDENTIFIKASI TANDA TANGAN STATIK MENGGUNAKAN BACKPROPAGATION DAN ALIHRAGAM WAVELET DAUBECHIES

R. Arum Kumalasanti¹, Ernawati², B. Yudi Dwiandiyanta³

¹Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta .

^{2,3}Teknik Informatika, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Masuk: 3 Desember 2015, revisi masuk : 11 Januari 2016, diterima: 25 Januari 2016

Abstrak

The signature is an important attribute for each individual because it is often used as an identity. The use of signatures is practical and simple to make the existence of the more commonly used signature. The existence of this signature facilitate the activities of individuals and even used for the identification of individuals. It is proof that the signature is an important attribute that must be protected from those who are not responsible. Sophisticated and valid needed to provide the best solution. Various approaches have been proposed in the development of the identification of signatures aimed to minimize counterfeiting signatures. This study will discuss the identification of signatures to get authenticity. Processes that exist in this study consists of two main parts: training and testing phase. The size of the imagery used is 256x256 pixels. Training phase, the image subjected to several processes that threshold, Daubechies wavelet transformation, normalization, and then will be trained using the Artificial Neural Network (ANN) Backpropagation. Testing has the same phase as in the training phase but the end of the process will be a comparison between the image data that has been stored with the image comparison. Optimal results are obtained by using a neural network has two hidden layers, respectively 20 and 10 nodes, Daubechies 3 wavelet transformation at level 4, and the learning rate of 0.13. With the results of an accuracy of 93.33%.

Keyword: signature, identification, Backpropagation, Wavelet, JST

INTISARI

Tanda tangan adalah atribut penting untuk tiap individu karena sering digunakan sebagai identitas diri. Penggunaan tanda tangan yang praktis dan sederhana ini membuat keberadaan tanda tangan semakin umum digunakan. Keberadaan tanda tangan ini mempermudah aktifitas individu dan bahkan digunakan untuk identifikasi individu. Hal ini bukti bahwa tanda tangan merupakan atribut penting yang harus dilindungi dari pihak yang tidak bertanggungjawab. Sistem yang canggih dan valid dibutuhkan untuk memberikan solusi yang terbaik. Berbagai pendekatan telah diusulkan dalam pengembangan identifikasi tanda tangan yang bertujuan untuk meminimalkan tindak pemalsuan tanda tangan. Penelitian ini akan membahas identifikasi tanda tangan untuk mendapatkan keasliannya. Proses yang ada pada penelitian ini terdiri atas dua bagian utama yaitu tahap pelatihan dan pengujian. Ukuran citra yang digunakan adalah 256x256 piksel. Tahap pelatihan, citra dikenai beberapa proses yaitu threshold, alihragam wavelet daubechies, normalisasi, dan kemudian akan dilatih dengan menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Backpropagation. Pengujian memiliki tahap yang sama seperti pada tahap pelatihan namun akhir proses akan dilakukan perbandingan antara data citra yang telah tersimpan dengan citra pembanding. Hasil optimal didapat dengan menggunakan JST yang memiliki dua hidden layer, masing-masing 20 dan 10 node, alihragam wavelet Daubechies 3 pada level 4, dan learning rate 0,13. Dengan hasil akurasi sebesar 93,33%.

Kata kunci: tanda tangan, identifikasi, Backpropagation, Wavelet, JST

¹rosaliaarum@akprind.ac.id

PENDAHULUAN

Dewasa ini, identitas menjadi salah satu kebutuhan yang penting bagi kehidupan sehari-hari. Identitas yang merupakan salah satu atribut biometrik ini sering digunakan sebagai tanda pengesah suatu dokumen. Keberadaan tanda tangan yang begitu penting ini sudah seharusnya menjadi sorotan karena dalam penggunaannya memerlukan pengamanan yang memadai. Penggunaan tanda tangan bersifat sensitif sehingga tidak menutup kemungkinan terjadi suatu tindak kriminal seperti pemalsuan tanda tangan untuk kepentingan pribadi. Menurut data yang dipublikasikan oleh Solo Pos, menyatakan bahwa di kota Solo terjadi tindak kecurangan dalam pengiriman berkas lamaran para Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS) dengan memalsukan tanda tangan pada legalisir ijazah sebanyak 40% dari 247% peserta dan hal ini diketahui setelah tim verifikasi memeriksa berkas lamaran (Khamdi, 2013). Tanda tangan dianggap sebagai cara utama untuk mengidentifikasi penandatanganan secara tertulis dan menjadi salah satu cara untuk mengotorisasi suatu transaksi dan otentikasi identitas manusia dibandingkan dengan metode identifikasi elektronik lainnya seperti *fingerprints scanning* dan *retinal vascular pattern screening* (Choudhary et al., 2013).

Kebutuhan individu yang semakin meningkat dan proses transaksi yang semakin tinggi mengakibatkan tindak pemalsuan tanda tangan menjadi mengkhawatirkan. Sebagai sumber pengaksesan, maka mulai banyak penelitian yang menyoroti keberadaan tanda tangan terkait dengan keasliannya. Tanda tangan sangat erat kaitannya dengan tanda kepemilikan yang memang secara fisiologis menjadi ciri dari tiap individu. Penelitian ini menyangkut tentang ilmu biometrik dimana biometrik sendiri adalah ilmu *automatic recognition of individual* yang tergantung pada fisiologis dan perilaku suatu atribut (Kumar et al., 2010). Terdapat dua metode utama dalam suatu verifikasi tanda tangan yaitu pendekatan

secara dinamik (*online*) dan statik (*offline*) (Mohammadzade & Ghonodi, 2013; Kumar, 2012). Pendekatan secara dinamik biasanya menggunakan alat elektronik atau peralatan modern dalam penandatanganan, sedang pendekatan secara statik menangkap citra tanda tangan di atas kertas yang kemudian diakuisisi dengan menggunakan *scanner* atau kamera digital sehingga data diubah menjadi format digital untuk kemudian diproses lebih lanjut. Pendekatan dinamik biasanya menggunakan alat-alat modern yang membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Pendekatan statik dengan cara menangkap citra tanda tangan di atas kertas yang kemudian diakuisisi dengan menggunakan *scanner* ini lebih praktis dan tidak membutuhkan peralatan elektronik yang mahal. Hasil akuisisi ini berupa citra digital yang kemudian akan diproses lebih lanjut sesuai dengan tahapan yang sudah ditentukan. Kemudahan yang diperoleh dari pendekatan statis ini kemudian digunakan dalam penelitian.

Pada penelitian ini akan dibangun identifikasi tanda tangan statik dengan menggunakan metode *backpropagation* dan alihragam *Wavelet*. *Wavelet* dimanfaatkan dalam penelitian ini karena menawarkan *high temporal* untuk citra pada frekuensi tinggi sementara untuk frekuensi rendah akan menjadi frekuensi yang lebih baik (Haleem et al., 2014). Sistem ini diterapkan dengan menggunakan metode tersebut karena banyak penelitian yang menggunakan sistem pengenalan pola dengan berbagai macam objek. Terdapat dua tahap yang ada pada penelitian ini yaitu meliputi tahap pelatihan dan pengujian. pada tahap pelatihan, sistem akan mempelajari pola-pola tanda tangan sehingga ciri citra akan dapat dikenali. Tahap pengujian pada sistem ini akan dilakukan perbandingan data citra tanda tangan yang sudah tersimpan di dalam *data store* dengan citra perbandingan sehingga dari hasil perbandingan itu akan diketahui nilai akurasi tanda tangan tersebut. Pola tanda tangan yang menjadi ciri tanda tangan ini dapat dipelajari dan akan didapat keunikan

pada masing-masing tanda tangan. Pengenalan pola atau disebut juga dengan *pattern recognition* adalah salah satu bidang kajian dari pengolahan citra yang saat ini sangat berkembang, pengenalan pola merupakan studi untuk mengetahui cara mesin mengamati lingkungan sekitarnya dan mempelajari perbedaan pola objek dengan latar belakang (Basu et al., 2010). Pengenalan pola menjadi bidang kajian yang menarik dan sering digunakan dalam topik penelitian di bidang pengolahan citra karena memberikan manfaat di berbagai aspek kehidupan.

Pengenalan pola ini juga banyak dimanfaatkan dalam dunia medis dan biasanya digunakan untuk mendiagnosa suatu penyakit. Kompleksitas dalam penanganan organ dalam manusia ini memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi sehingga untuk memperkuat estimasi dokter, sistem ini dimanfaatkan untuk memberikan informasi yang berkaitan dengan keadaan pasien. Pembangunan sistem tersebut bertujuan untuk memberikan informasi tambahan bagi dokter dalam pengambilan keputusan tahap medis selanjutnya (Nagaraj et al., 2010). Perkembangan teknologi yang didukung dengan pemanfaatan pengenalan pola ini menjadi kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Identifikasi suatu objek yang menyangkut keadaan fisik individu ini memang sedang gencar untuk dikembangkan, sama halnya dengan tanda tangan yang juga merupakan atribut penting bagi individu. Tanda tangan yang hanya membutuhkan peralatan sederhana ini banyak digunakan karena kepraktisannya. Tanda tangan di atas media kertas ini akan dipindai dengan menggunakan *scanner* dan kemudian akan diperoleh data berupa citra digital. Citra tanda tangan berupa format digital selanjutnya akan diidentifikasi dengan menggunakan komputer (Verma & Rao, 2013). Beberapa metode diterapkan dalam membangun sistem identifikasi. Tanda tangan statik. Salah satu metode yang diterapkan adalah dengan menggunakan metode *backpropagation*. Sistem identifikasi tanda tangan ini bertujuan

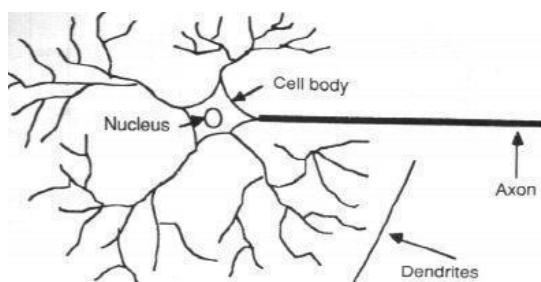
untuk memastikan bahwa layanan yang diberikan tersebut diakses oleh penanda tangan yang asli, bukan pihak lain. JST digunakan untuk mengidentifikasi pola antara sampel tulisan tangan yang berbeda. Sampel tulisan tangan dianggap sebagai masukan untuk JST dan biasanya memiliki bobot dalam pengenalan pola tanda tangan. Metode ini diujikan dan memberikan hasil akurasi yang tinggi dan juga memberikan kepuasan bagi pengguna (Verma & Dubey, 2013). Identifikasi tanda tangan ini terdapat dua jenis pendekatan yaitu pendekatan secara dinamik (*online*) dan statik (*offline*). Pendekatan dinamik biasanya menggunakan peralatan yang cukup mahal dan modern, sedangkan pendekatan statik hanya membutuhkan media kertas dan alat tulis saja yang relatif sederhana.

METODE

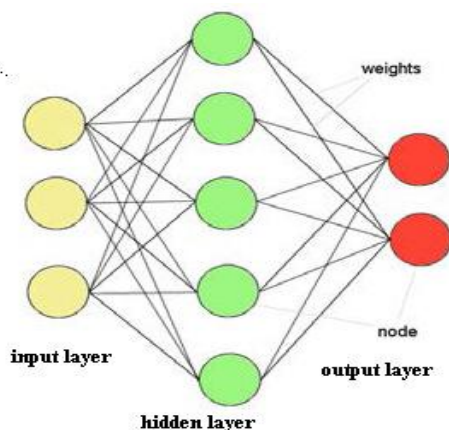
Prosedur dalam pengolahan citra mencerminkan bagian yang paling penting dalam pembangunan sistem identifikasi tanda tangan, sebuah citra yang diperoleh dapat berbeda-beda dalam hal piksel, resolusi, skala abu-abu (*greyscale*) dan masih banyak lagi karena sumber citra yang diperoleh dapat berbeda-beda pula (Abdullah & Shaharum, 2012). Identifikasi tanda tangan statik ini melibatkan jaringan syaraf tiruan dalam proses pelatihan data. JST menawarkan model matematis sebagai teknik untuk meniru cara kerja otak manusia. JST secara umum saling berhubungan dengan sejumlah besar elemen pemrosesan yang disebut neuron dan dianalogikan sebagai otak dan memiliki pemrosesan yang terdistribusi secara paralel (Kosbatwar & Pathan, 2012). Neuron biologis pada otak manusia dapat dilihat pada Gambar 1.

JST menjadi sangat handal ketika dilatih dengan menggunakan algoritma yang sesuai dan data yang mencukupi. Jaringan syaraf secara karakteristik terstruktur dalam lapisan yang terdiri dari sejumlah *node* yang memegang fungsi aktivasi. Parameter neuron dipilih melalui sebuah proses minimalisasi

kesalahan pada *output* untuk melatih pengenalan yang sudah ditetapkan. Gambar 2 merupakan arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan masing-masing lapisan.



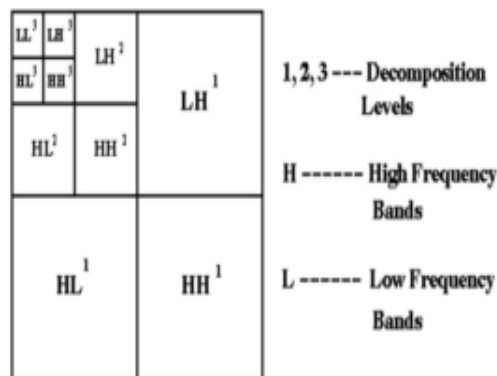
Gambar 1. Neuron Biologis (Oladele et al., 2014)



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Shikha & Shailja, 2012)

Citra tanda tangan nantinya akan dikenai proses pencocokan dan pola yang ditangkap akan dibawa ke dalam format digital. pada penelitian ini juga memanfaatkan alihragam *wavelet* dalam *preprocessing* citra tanda tangan. Alihragam *wavelet* adalah cara untuk mewakili sinyal pada frekuensi waktu dan bentuk (Telagarapu et al., 2011). Alihragam *wavelet* merupakan dasar dari *tool* matematika pada beberapa fungsi lapisan alihragam dan menghasilkan koefisien yang mewakili karakteristik sinyal. Jenis *wavelet* yang digunakan dalam penelitian ini termasuk jenis *Discrete Wavelet Transform* yang

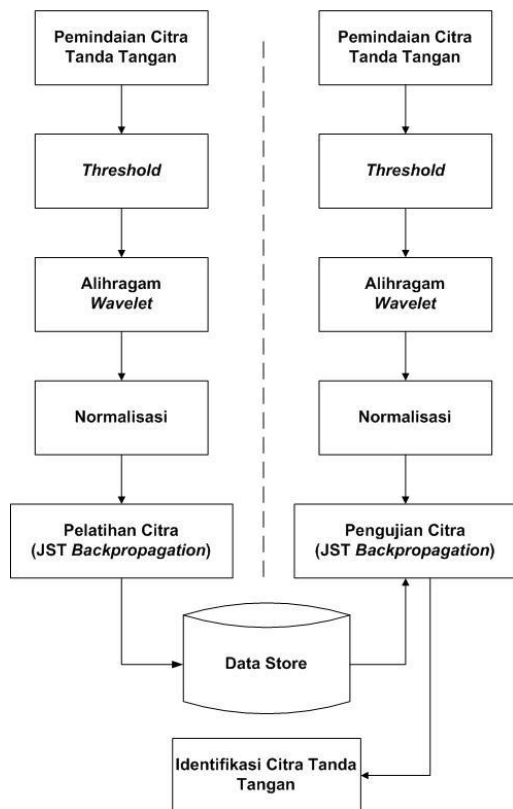
merupakan akurasi skala waktu sinyal digital diperoleh dengan menggunakan penyaringan teknik digital. Gambar 3 merupakan gambaran dari alihragam 3 level pada DWT 2 dimensi.



Gambar 3. 2D DWT Alihragam 3 level (Kaur & Kaur, 2013)

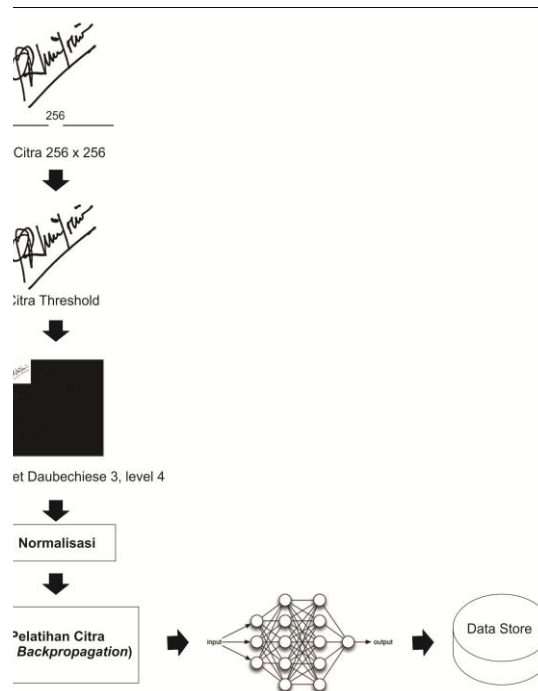
Beberapa algoritma banyak ditawarkan dalam bidang pengolahan citra namun tiap algoritma pasti memiliki keahwalannya masing-masing. Kasus dan objek yang berbeda, akan berbeda pula algoritma yang digunakan. Penelitian ini menggunakan algoritma *backpropagation* yang merupakan pembelajaran terbimbing karena hasil atau tujuannya sudah ditetapkan sebelumnya. Algoritma *backpropagation* memanfaatkan *error output* untuk mengubah nilai-nilai bobot pada arah mundur namun untuk mendapatkan *error* tersebut haruslah terlebih dahulu melakukan tahap perambatan maju. Pada saat perambatan maju, neuron-neuron tersebut akan diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi. Pemilihan bobot awal sangat memberikan pengaruh pada jaringan syaraf dalam pencapaian nilai minum global terhadap nilai *error*. *Backpropagation* cocok untuk memberikan solusi pada pola yang bersifat kompleks dan pelaksanaan algoritma ini lebih cepat dan efisien karena tergantung pada jumlah lapisan. Algoritma *Backpropagation* semakin melengkapi keahwalan pada penelitian ini dan memberikan solusi pada pola yang bersifat kompleks. Adapun langkah penelitian yang dilakukan dalam proses penyusunan penelitian yang meliputi beberapa tahap yaitu metode studi

pustaka dan metode perangkat lunak. Alur identifikasi tanda tangan statis dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur Identifikasi Citra Tanda Tangan

Hardware yang diperlukan berupa *scanner* yang digunakan untuk memindai tanda tangan statis yang masih berupa tanda tangan manual di atas kertas. Hasil pemindaian berupa citra digital yang kemudian akan menjadi sampel dalam proses identifikasi. *Software* yang digunakan untuk membangun identifikasi tanda tangan ini yaitu dengan menggunakan MATLAB. Identifikasi ini membutuhkan data berupa citra tanda tangan statis dengan ukuran yang sudah ditentukan. penandatanganan menuliskan tanda tangannya pada media kertas dengan menggunakan pena.



Gambar 6. Pengujian pada proses Identifikasi

PE PEMBAHASAN

Identifikasi citra tanda tangan ini masing-masing terdiri atas pelatihan dan pengujian. Sampel citra tanda tangan dengan ukuran 256x256 akan dikenai proses *threshold* dan alihragam *wavelet Daubechies* untuk kemudian dilatih menggunakan *JST backpropagation*. Simulasi citra tanda tangan dilakukan untuk mencari parameter yang tepat sehingga memberikan akurasi yang optimal pula dalam mengidentifikasi. Hasil pelatihan citra ini adalah berupa bobot yang kemudian dipilih yang optimal dan disimpan pada *data store*. Gambar 5 merupakan alur pelatihan citra pada proses identifikasi.

Pengujian pada tahap identifikasi merupakan tahap untuk membandingkan data yang sudah tersimpan pada *data store* dengan citra uji. Citra uji yang digunakan juga harus melewati beberapa proses yang sama namun setelah data dinormalisasi, kemudian siap untuk diujikan, keluaran yang didapat dari pengujian ini adalah berupa ID. Setiap penandatanganan memiliki ID yang sudah ditentukan sebelumnya sehingga dapat

langsung dicocokkan. Gambar 6 merupakan alur dari proses pengujian pada tahap identifikasi.

Simulasi identifikasi ini melibatkan 15 partisipan yang kemudian masing-masing citra tanda tangan digunakan sebagai sampel. Setiap individu diwakili oleh enam sampel tanda tangan sehingga jumlah sampel tanda tangan keseluruhan adalah 90 sampel citra tanda tangan. Simulasi telah dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Algoritma dan parameter telah ditentukan untuk memberikan hasil yang diinginkan. JST dibangun dengan formasi dua *hidden layer* pada JST *backpropagation*, masing-masing memiliki jumlah *node* 20 dan 10 dan *learning rate* yang digunakan adalah 0,13. Sampel citra telah diaplikasikan ke beberapa *wavelet* yaitu Haar, Daubechies 2, Daubechies 3, Symlet 3, dan Coiflet 2. Tabel 1. Percobaan ini diaplikasikan dengan menggunakan alihragam *wavelet* level 4 sehingga diperoleh data input untuk tiap citra adalah citra berukuran 16x16 piksel. Selama melakukan percobaan menggunakan *wavelet* level 4 ini, sistem berjalan stabil. Penentuan jumlah node lebih variatif sehingga leluasa dalam melakukan percobaan dalam menemukan parameter yang ideal. beberapa percobaan dalam menentukan *learning rate* yang ideal juga dilakukan untuk menemukan hasil yang optimal dan hasil optimal ini didapat pada *learning rate* 0,13.

Tabel 1. Perbandingan hasil akurasi identifikasi citra menggunakan *wavelet* level 4, *learning rate* 0,13

Wavelet	Epoch	MSE	Akurasi
Haar	1285	0,0363	90%
Db2	3240	0,062841	87,78%
Db3	719	0,042074	93,33%
Sym3	1273	0,067335	92,22%
Coif2	829	0,078727	84,44%

Tabel 1 merupakan hasil yang diberikan dari tiap-tiap *wavelet*, yaitu Haar, Daubechies 2, Daubechies 3, Symlet 3 dan Coiflet 2. Identifikasi citra tanda tangan Hasil optimal diperoleh dari *wavelet* Db3 dengan hasil akurasi 93,33%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pelatihan, pengujian, simulasi, dan implementasi yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat disimpulkan bahwa sistem identifikasi tanda tangan statik menggunakan JST *backpropagation* telah dibangun. Hasil optimal didapat dengan menggunakan JST yang memiliki dua *hidden layer*, masing-masing 20 dan 10 *node*, alihragam *wavelet* Daubechies 3 pada level 4, dan *learning rate* 0,13. Dengan hasil akurasi sebesar 93,33%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A.A. & Shaharum, S.M., 2012. Lung Cancer Cell Classification Method Using Artificial Neural Network. *Information Engineering Letters*, 2(1), pp.48-57
- Basu, J.K., Bhattacharyya, D. & Kim, T., 2010. Use of Artificial Neural Network in Pattern Recognition. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 4(2), pp.23-34.
- Haleem, M.G.A., George, L.E. & Bayti, H.M., 2014. Fingerprint Recognition Using Haar Wavelet Transformation and Local Ridge Attributes Only. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 4(1), pp.122-30.
- Choudhary, Y.N. & Chaudhari, B.M., 2013. Signature Recognition & Verification System Using Back Propagation Neural Network. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, 2(1), pp.1-8.
- Kaur, M. & Kaur, G., 2013. A Survey on Implementation of Discrete Wavelet Transform for Image Denoising. *International Journal of Communication Networking System*, 2(1), pp.158-63.
- Kosbatwar, S.P. & Pathan, S.K., 2012. Pattern Association for Character Recognition by Back Propagation Algorithm Using Neural Network Approach. *International of Computer Science & Engineering*

- Survey (*IJCSES*), 3(1), pp.127-34.
- Kumar, L.R., 2012. Genuine and Forged Offline Signature Verification Using Backpropagation Neural Network. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 4(9), pp.1798-504.
- Kumar, S., Raja, K.B., Chhotaray, R.K. & Pattanaik, S., 2010. Offline Signature Verification Based on Fusion of Grid and Global Feature Using Neural Networks. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(12), pp.7035-44.
- Khamdi, M., 2013, Solo pos. [Online] (1) Available at: www.solopos.com [Accessed 4 Oktober 2014]
- Mohammadzade, M. & Ghonodi, A., 2012. Persian Offline Signature Recognition with Structural and Rotation Invariant Features Using by One Against All SVM. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2(2), pp.260-63.
- Nagaraj, S., Rao, G.N. & Koteswararao, K., 2010. The Role of Pattern Recognition in Computer Aided Diagnosis and Computer Aided Detection in Medical Imaging a Clinical Validation. *International Journal of Computer Application*, 8(5), pp.18-22.
- Oladele, T. O., Adewole, K. S., Oyelami, A. O., (2014) "Forged Signature Detection Using Artificial Neural Network" *Artificial Journal of Computing & ICT*, Vol. 7(3), pp. 11-20
- Shikha & Shailja, 2013. Neural Network Based Offline Signature Recognition Verification System. *Research Journal of Engineering Sciences*, 2(2), pp 11-15.
- Telagarapu, P., Naveen, V.J., Prasanthi, A.L. & Santhi, G.V., 2011. Image Compression Using DCT and Wavelet Transformations. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 4(3), pp.61-74
- Verma, D. & Dubey, S., 2013. Static Signature Recognition System for User Authentication Based Two Level Cog, Hough Transform and Neural Network. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 6(3), pp.335-43.
- Verma, R. & Rao, D., 2013. Offline Signature Verification and Identification Using Angle Feature and Pixel Density Feature and Both Method Together. *International Journal of Soft Computing and Engineering*, 2(4), pp.740-46.

PEMANFAATAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN PENGENALAN OBJEK GEOMETRI BERBASIS WEB

Setia Wardani¹, Marti Widya Sari²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika Universitas PGRI Yogyakarta

Masuk: 5 Oktober 2015, revisi masuk: 17 Nopember 2015, diterima: 4 Januari 2016

ABSTRACT

The purpose of this study is to create a web-based learning media by using Augmented Reality (AR) Technology for object recognition Geometry and designing Geometry catalogs. The method used is the Microsoft Solution Framework (MSF) with a waterfall system development methods and the effectiveness of learning media is blackbox test and Alphatest. The conclusion after conducting research that Augmented Reality can display an object geometry either flat or wake up wake up the space into a simple three-dimensional shape that can be seen as a whole and can be used effectively in teaching.

Keywords: *Augmented Reality, Microsoft Solution Framework, Geometry Catalog and Waterfall.*

INTISARI

Tujuan penelitian adalah membuat media pembelajaran berbasis web dengan memanfaatkan teknologi AR untuk pengenalan objek Geometri dan merancang katalog Geometri. Metode penelitian yang digunakan adalah *Microsoft Solution Framework (MSF)* dengan metode pengembangan sistem *waterfall* dan pengujian efektifitas media pembelajaran menggunakan *Black box test* maupun *Alpha test*. Kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian yaitu *Augmented Reality* dapat menampilkan suatu objek Geometri baik bangun datar maupun bangun ruang ke dalam bentuk tiga dimensi sederhana yang dapat dilihat secara menyeluruh dan dapat dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran siswa pada Sekolah Dasar.

Kata Kunci : *Augmented Reality, Microsoft Solution Framework, Geometri dan Waterfall*

PENDAHULUAN

Matematika adalah mata pelajaran wajib yang harus dikuasai oleh siswa Sekolah Dasar (SD) selain mata pelajaran Bahasa, Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS). Salah satu bidang dalam matematika yang dipelajari oleh siswa SD adalah Geometri. Geometri adalah cabang matematika yang pertama kali diperkenalkan oleh Thales (624-547 SM) yang berkenaan dengan relasi ruang. Kurikulum matematika yang membahas mengenai geometri adalah pada bagian yang membahas mengenai bentuk bangun ruang dan sudut.

Berdasarkan hasil pengamatan sebelumnya, seorang guru mengalami kesulitan untuk menjelaskan kepada siswa tentang pengenalan objek pada geometri khususnya tiga dimensi (mem-

punyai volume), hal ini dikarenakan materi geometri membutuhkan kemampuan visualisasi siswa yang relatif tinggi. Jika tidak terdapat alat peraga atau media pembelajaran, tentu saja tidak semua siswa mampu memvisualisasikannya. Solusi yang pernah dilakukan adalah guru membuat alat peraga tiga dimensi untuk bangun ruang misal kubus atau balok menggunakan karton dengan tujuan mampu memvisualisasi siswa, namun kelemahan alat peraga ini adalah tidak bisa mudah rusak. Selain itu, banyak siswa mengalami kebosanan dengan metode guru dalam mengajar yaitu dengan menerangkan materi dengan cara menulis di papan tulis (*whiteboard*). Seiring dengan pesatnya perkembangan Teknologi Informatika (TI) hampir keseluruhan bidang kehidupan menginginkan segala sesuatu-nya

bersifat menarik, mudah dan instan. Dunia pendidikan yang merupakan dunia awal/pondasi untuk mencerdaskan generasi penerus dituntut mengikuti perkembangan IPTEK khususnya TI, namun pada kenyataannya masih banyak guru yang belum mengubah dan berinovasi dengan memanfaatkan TI kedalam metode pembelajarannya, hal ini disebabkan karena guru mengalami kesulitan untuk membuat media pembelajaran berbasis TI.

Augmented Reality (AR) adalah teknologi yang menggabungkan benda maya ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi dan menampilkannya dalam waktu nyata. Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, AR hanya sekedar menambahkan atau melengkapi kenyataan dengan mengijinkan pengguna untuk berinteraksi secara *real-time* terhadap sistem. AR menjadi sangat populer saat ini karena selain menarik, AR juga dapat digunakan di berbagai aspek kehidupan serta mampu dijalankan pada aplikasi berbasis web yang memudahkan pengguna mengakses dari berbagai tempat. Teknologi AR sangat bagus jika dimanfaatkan pada sebuah media pembelajaran yang berupa objek baik dua dimensi maupun tiga dimensi, seperti halnya geometri yang menuntut daya visualisasi dari pengguna, selain itu AR mampu menggabungkan benda maya (objek maya) kedalam lingkungan nyata yang mampu ditampilkan secara *realtime* yang akan menarik siswa SD dalam memahaminya serta memotivasi untuk belajar.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, diperlukan adanya rancang bangun sebuah media pembelajaran berbasis web dengan memanfaatkan teknologi AR yang bertujuan membantu siswa SD dalam pemahaman visual mengenai wujud/ bentuk objek geometri serta membantu guru memanfaatkan media pembelajaran berbasis TI yang dapat diakses dari berbagai tempat dan menjadikan pembelajaran lebih menarik.

Fokus permasalahan adalah sebagai berikut. 1.Guru mengalami kesulitan dalam memberikan contoh objek geometri khususnya tiga dimensi

(mempunyai volume). 2.Materi geometri membutuhkan kemampuan visualisasi siswa yang relatif tinggi (menyebabkan sebagian siswa menganggap materi geometri sulit dan membosankan). 3.Masih banyak guru yang belum mengubah dan berinovasi dengan memanfaatkan TI kedalam metode pembelajarannya, karena mengalami kesulitan untuk membuat media pembelajaran berbasis TI. 4.Solusi yang pernah dilakukan yaitu membuat alat peraga dengan karton belum mampu mengatasi permasalahan.

Tujuan penelitian adalah membuat/merancang media pembelajaran pengenalan objek Geometri berbasis web dengan memanfaatkan teknologi AR dan membuat katalog Geometri.

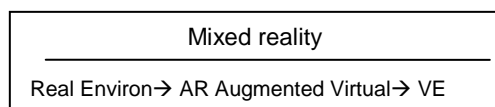
Menurut Azuma (2013) mendefinisikan AR adalah teknologi yang menggabungkan benda maya dua dimensi dan ataupun tiga dimensi ke dalam sebuah lingkungan nyata tiga dimensi lalu memproyeksikan benda-benda maya tersebut dalam lingkungan nyata.

Menurut Borko (2011) *Augmented Reality* (AR) adalah pandangan secara langsung maupun tidak langsung dari benda secara fisik dengan menambahkan informasi kemudian dapat ditampilkan secara virtual benda-benda maya berfungsi menampilkan informasi yang tidak dapat diterima oleh manusia. Hal ini membuat realitas bertambah berguna sebagai alat untuk membantu persepsi dan interaksi pengguna dengan dunia nyata. Informasi yang ditampilkan oleh benda maya membantu penggunaannya melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam dunia nyata. Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan, namun AR hanya menambahkan atau melengkapi kenyataan.

Milgram dan Kishino (1994) merumuskan kerangka kemungkinan penggabungan dan peleburan dunia nyata dan dunia maya ke dalam sebuah *continuum virtuality* seperti pada Gambar 1

AR merupakan suatu inovasi teknologi interaksi antara manusia dan mesin, yang dapat digunakan untuk

menarik minat penggunanya. AR bekerja dengan menyisipkan objek virtual dalam suatu objek secara nyata yang memungkinkan penggunanya untuk melihat hasilnya secara bersamaan



Gambar 1. *Continuum Virtuality* oleh Milgram dan Kishino

AR memiliki beberapa karakteristik, seperti menggabungkan antara objek virtual yang berbentuk 3D dan objek nyata, dan dapat berinteraksi dalam waktu yang bersamaan. AR merupakan bentuk baru dari interaksi manusia dan mesin yang membawa pengalaman baru bagi penggunanya. Keunggulan yang dimiliki adalah dapat menimbulkan efek gambaran animasi komputer dalam dunia nyata. Aplikasi AR menggunakan *webcam* yang akan mendeteksi *marker* yang telah dibuat dan menampilkan kombinasi antara gambar nyata dengan animasi. *Webcam* digunakan sebagai 'mata' dari teknologi AR untuk mendeteksi *marker* kemudian memprosesnya dan akan menghasilkan interaksi virtual yang tampak pada tampilan layar secara nyata.

Dengan menerapkan inovasi teknologi AR dalam pembelajaran, maka akan tercipta suatu suasana belajar yang efektif dan memberikan gambaran tentang lingkungan dunia nyata dalam sistem pembelajaran yang berbasis komputer. AR diterapkan dalam dunia pendidikan karena keunggulan yang dimiliki dengan menggabungkan situasi dunia nyata dan objek virtual dapat digunakan untuk mengatasi masalah dalam memahami pelajaran yang disampaikan. Dengan menerapkan AR maka siswa akan menciptakan pemahamannya sendiri dan berdiskusi dengan siswa yang lain mengenai kelebihan materi yang disampaikan melalui kombinasi objek nyata dan objek virtual.

METODE

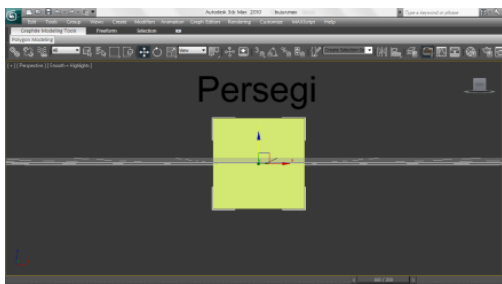
Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Microsoft*

Solution Framework (MSF) adalah metode perancangan dan pengembangan aplikasi memiliki perencanaan berbasis *milestone* (model *waterfall*), dan memberikan hasil yang dapat diprediksi (model *spiral/iterative*) disertai umpan balik dan kreativitas dari tim pengembang dan harus berurutan.

Untuk menghasilkan aplikasi pengenalan objek geometri sesuai dengan kebutuhan *end user* dilakukan beberapa tahapan sesuai dengan metode MSF, antara lain: 1. *Envisioning Phase* (Identifikasi Masalah), tahapan dimana tujuan, manfaat dan ruang lingkup dari aplikasi ditetapkan secara tertulis. Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan teknologi baru kedalam bidang Pendidikan khususnya penerapan teknologi pada metode pembelajaran, mengembangkan bahan ajar multimedia, mengemas media pembelajaran agar lebih menarik, memanfaatkan teknologi AR pada aplikasi pengenalan objek geometri. 2. *Planning Phase* (Perencanaan), tahapan dimana aplikasi yang akan dibuat dimodelkan, dirancang, dan direncanakan sesuai dengan tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam bentuk *draft*. Pada penelitian ini selain dilakukan perancangan aplikasi/interfacenya juga harus merancang *marker*, selain itu juga merancang pemodelan objek geometri. 3. *Developing Phase* (Pengembangan desain dan Rancangan), tahapan dimana *draft* tersebut direalisasikan dalam bentuk produk aplikasi. Pada penelitian ini aplikasi yang akan dibuat adalah sebuah katalog yang berisi *marker* dari objek geometri dan media pembelajaran berbasis web. 4. *Stabilizing Phase* (Uji coba), tahapan dimana produk aplikasi tersebut diuji coba dalam berbagai kondisi untuk menemukan kekurangan yang ada. Pada tahapan ini aplikasi akan diuji cobakan pada siswa untuk mata pelajaran objek geometri, untuk mengetahui kekurangan dari aplikasi dan sebelumnya pada Laboratorium Multimedia UPY. 5. *Deploying Phase* (Implementasi), tahapan dimana produk aplikasi tersebut digunakan oleh konsumen untuk mendapatkan kritik dan saran serta kemungkinan langkah pengembangan selanjutnya.

PEMBAHASAN

Rancangan Objek Objek Persegi
Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar
2. Objek Persegi.
Objek Persegi.



Gambar 2. Objek Persegi

Objek 3D Persegi dibuat dengan
Tool box dengan ukuran *width* 20, *Length*
20 dan *Height* 1 sehingga menyerupai
bangun persegi seperti pada gambar 2,
setelah selesai membuat objek, eksport
ke dalam type .DAE.

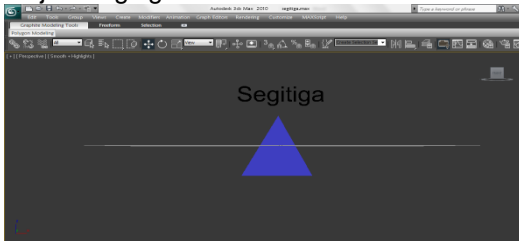
Objek Persegi Panjang



Gambar 3. Objek Persegi Panjang

Objek 3D Persegi panjang di
buat dengan *Tool Box* dengan ukuran
width 30, *Length* 20 dan *Height* 1,
kemudian eksport dengan type .DAE.

Objek Segitiga

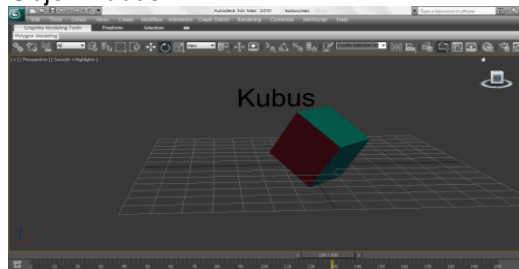


Gambar 5. Objek Segitiga

Objek 3D segitiga dibuat dengan
memilih menu *Tool Box* sampai

membentuk sebuah kotak, kemudian pilih
menu *modify >> edit poly >> vertex*. Atur
titik-titik pada kotak sehingga membentuk
segitiga, kemudian eksport ke dalam type
DAE.

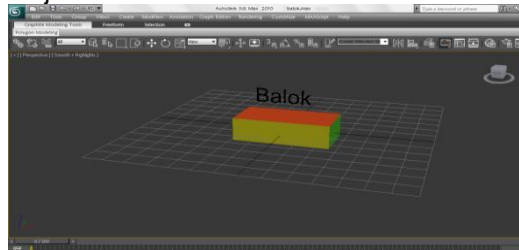
Objek Kubus



Gambar 6. Objek Kubus

Objek 3D kubus dibuat dengan
tool box dan *text*. *Box* digunakan untuk
membuat bentuk kubus, sedangkan *text*
digunakan untuk menuliskan nama objek,
setelah semua objek dibuat kemudian
export ke dalam type .DAE. Berikan
warna yang berbeda untuk setiap sisinya.

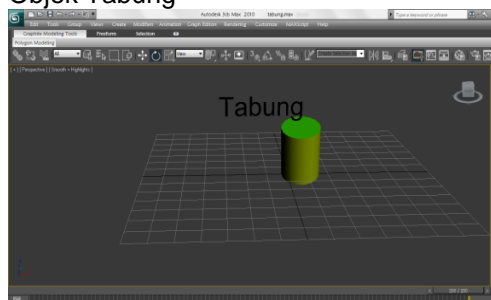
Objek Balok



Gambar 7. Objek Balok

Objek 3D Balok dibuat
menggunakan *tool box* dan *text*. *Box*
digunakan untuk membuat bentuk balok,
sedangkan *text* digunakan untuk
menuliskan nama objek, setelah semua
objek dibuat kemudian export ke dalam
type .DAE.

Objek Tabung



Gambar 8. Objek Tabung

Objek 3D tabung dibuat dengan *tool cylinder* dan *text* kemudian export dengan type .DAE.

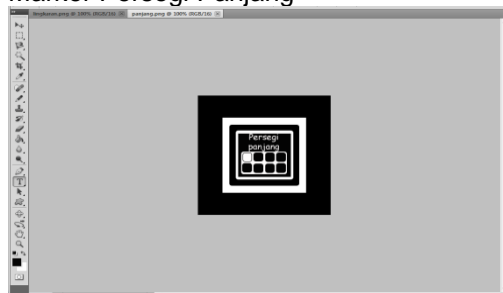
Rancangan Marker Persegi



Gambar 9. Marker Persegi

Perancangan *marker* Persegi terdiri dari 8 kotak yang disusun menjadi 4 x 2. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, untuk kotak warna hitam disusun menyerupai bangun persegi dengan penambahan satu kotak hitam pada bagian atas.

Marker Persegi Panjang

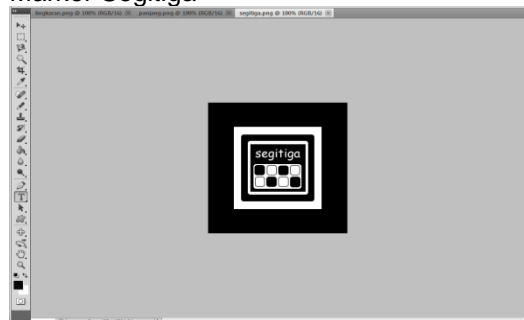


Gambar 10. Marker Persegi Panjang

Perancangan *marker* Persegi Panjang terdiri dari 8 kotak yang disusun menjadi 4 x 2. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, untuk kotak warna hitam disusun menyerupai bangun Persegi Panjang dengan pengurangan kotak warna putih pada bagian atas sebelah kiri. *Marker* ini digunakan untuk

menampilkan Bangun Persegi Panjang. Setiap *marker* mempunyai keunikan tersendiri sesuai dengan bangun datar, diperlihatkan pada Gambar 10.

Marker Segitiga



Gambar 11. Marker Segitiga

Perancangan *marker* Segitiga terdiri dari 8 kotak yang disusun menjadi 4 x 2. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, untuk kotak warna hitam disusun selang seling dengan kotak warna putih menyerupai bangun Segitiga. *Marker* ini digunakan untuk menampilkan Bangun Segitiga. Setiap *marker* mempunyai keunikan tersendiri sesuai dengan bangun datar, diperlihatkan pada Gambar 11.

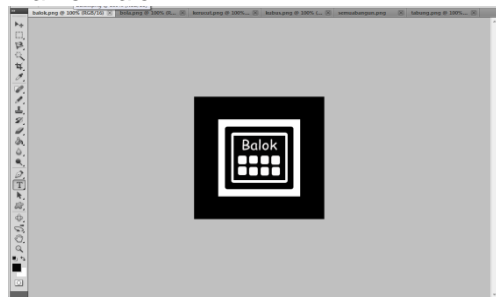
Marker Kubus



Gambar 12. Marker Kubus

Perancangan *marker* Kubus terdiri dari 8 kotak yang disusun menjadi 4 x 2. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, untuk kotak warna putih disusun pada bagian tengah membentuk persegi (4 kotak) sedang kotak warna hitam terletak pada bagian sisi kanan dan sisi kiri (masing-masing 2 kotak).

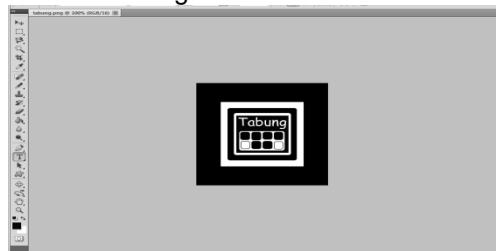
Marker Balok



Gambar 13. Marker Balok

Perancangan *marker* Balok terdiri dari 8 kotak yang disusun menjadi 4 x 2. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, tetapi untuk marker Balok hanya ada satu warna yaitu putih (seluruh kotak berwarna putih). *Marker* ini digunakan untuk menampilkan Bangun Balok. Setiap *marker* mempunyai keunikan tersendiri sesuai dengan Bangun Ruang.

Marker Tabung



Gambar 14. Marker Tabung

Perancangan *marker* Tabung terdiri dari 8 kotak yang disusun menjadi 4 x 2. *Marker* terdiri dari 2 warna yaitu hitam dan putih, untuk kotak warna putih disusun pada bagian bawah sisi kanan dan sisi kiri (masing-masing satu kotak), sedangkan kotak warna hitam membentuk huruf T dengan kaki double (4 kotak pada sisi atas dan 2 kotak pada tengah bawah). *Marker* ini digunakan untuk menampilkan Bangun Tabung. Setiap *marker* mempunyai keunikan tersendiri sesuai dengan Bangun Ruang.

Uji coba *marker* Persegi dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* Persegi ke kamera laptop atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* Persegi berhasil maka pada layar komputer akan

muncul objek AR Bangun Persegi seperti ditunjukkan pada Gambar 15



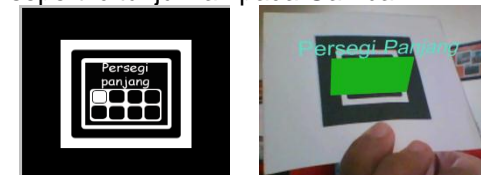
Gambar 15. Marker dan Objek Persegi Ujicoba Marker Objek Persegi

Panjang, dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* Persegi Panjang ke kamera laptop atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* Persegi Panjang berhasil maka pada layar komputer akan muncul objek AR Bangun Persegi Panjang seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Marker dan Objek Persegi

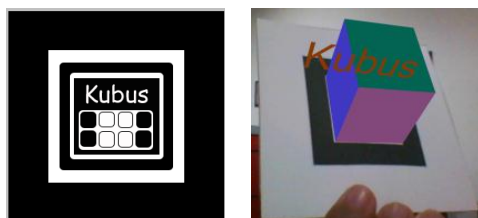
Uji coba *marker* Segitiga dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* Segitiga ke kamera laptop atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* Segitiga berhasil maka pada layar komputer akan muncul objek AR Bangun Segitiga seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Marker dan Objek Segitiga

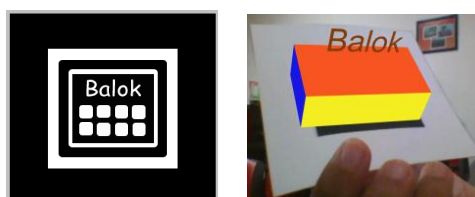
Uji coba *marker* Kubus dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* Kubus ke kamera laptop atau

webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* Kubus berhasil maka pada layar komputer akan muncul objek AR Bangun Kubus seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Marker dan Objek Kubus

Uji coba *marker* Balok dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* Balok ke kamera laptop atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* Balok berhasil maka pada layar komputer akan muncul objek AR Bangun Balok seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Marker dan Objek Balok

Uji coba *marker* Tabung dilakukan untuk mengecek keberhasilan suatu *marker* dalam memanggil objek AR. Untuk melakukan tes uji coba arahkan *marker* Tabung ke kamera laptop atau webcam yang tersambung dengan komputer. Jika *marker* Tabung berhasil maka pada layar komputer akan

muncul objek AR Bangun Tabung seperti ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Marker dan Objek Tabung

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian ini antara lain *Augmented Reality* dapat menampilkan suatu objek Geometri baik bangun datar maupun bangun ruang ke dalam bentuk tiga dimensi sederhana yang dapat dilihat secara menyeluruh dan dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran siswa Sekolah Dasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Furht, Borko. 2011. *Handbook of Augmented Reality*. Springer. New York.
- Kaufmann, H. 2004. *Geometry Education with Augmented Reality*. Dissertation. Vienna University of Technology. Vienna.
- Milgram P, Kishino. *A Taxonomi Of Mixed Reality Visual Display*, IEICE Transaction on Information Volume E77-D, No.12 Desember 1994.
- R. T. Azuma. 2013. *A survey of augmented reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, no. 4, pp. 355-385.

BREKSI BATU APUNG SEBAGAI ALTERNATIF TEKNOLOGI TEPAT GUNA UNTUK MENURUNKAN KADAR TSS DAN BOD DALAM LIMBAH CAIR DOMESTIK

Triatmi Sri Widyaningsih¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Yogyakarta

Masuk: 16 November 2015, revisi masuk: 25 Desember 2015, diterima: 17 Januari 2016

ABSTRACT

Water is a vital necessity for life because without water, human and other creatures can not survive. Until now, Bu Anik's restaurant in district Klaten has not had a system of domestic waste water treatment unit. Water pollution by waste water restaurant caused a decline in water quality in water bodies and groundwater, it is because liquid waste restaurant have a lot of organic matter. Based on this background, the research conducted to reduce waste water containing organic material by using pumice breccia as the main media. Studies using a PVC pipe 2 ½ inch amounted to four tubes with a length of 70 cm, one tube as a control while three other tubes filled with pumice breccia's diameter is 8 mesh. Independent variable in this research that the media height between 20 to 70 cm. Pumice breccia is one of the absorbent which has binding properties of the molecules in the liquid surface. Before use pumice breccia, destroy first, in order to obtain a grain diameter of 8 mesh, washed, drying up and then hated in an oven at 200 ° C for 2 hours, so that the liquid is trapped in rock can evaporate and then gives the pumice breccia's absorption is more optimal. The result after treatment showed that the effect of the decreased levels of TSS and BOD in water samples. Average decline in media height 70 cm, from the initial sample concentration of 219.5 mg/L can drop to 85.46 mg/L (decrease efficiency 59.31 %) and for BOD at media height 60 cm, from the initial concentration 325.30 mg/L is able to drop to 63.52 mg/L (decrease efficiency 80.84%).

Key Words : TSS, BOD, Pumice breccia

INTISARI

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan karena tanpa air manusia dan makhluk lainnya tidak bisa bertahan hidup. Rumah makan milik Bu Anik di kota Klaten sampai saat ini belum memiliki sistem unit pengolahan air buangan domestik. Pencemaran air oleh air limbah rumah makan menyebabkan menurunnya kualitas air tanah, hal ini disebabkan banyak mengandung bahan organik. Berdasarkan latar belakang, maka diadakan penelitian untuk menurunkan air limbah yang mengandung bahan organik yaitu dengan menggunakan breksi batu apung sebagai media utama. Penelitian menggunakan pipa PVC 2½ inchi berjumlah empat buah tabung dengan panjang 70 cm, satu tabung sebagai kontrol sedangkan tiga tabung lainnya terisi breksi batu apung berdiameter 8 mesh. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu ketinggian media antara 20 sampai dengan 70 cm. Breksi batu apung merupakan salah satu adsorben yang mempunyai sifat mengikat molekul dalam cairan pada permukaannya. Breksi batu apung sebelum digunakan terlebih dahulu dihancurkan agar mendapatkan butiran berdiameter 8 mesh, dicuci, ditiris dan kemudian dipanaskan dengan oven pada suhu 200 °C selama 2 jam agar cairan yang masih terperangkap dalam batuan dapat menguap sehingga penyerapan breksi batu apung tersebut lebih optimal. Hasil penelitian setelah perlakuan menunjukkan bahwa berpengaruh terhadap penurunan kadar TSS dan BOD pada air sampel. Penurunan rata-rata pada ketinggian media 70 cm, dari konsentrasi sampel awal 219,50 mg/L dapat turun hingga 85,46 mg/L (effisiensi penurunan 59,31 %) dan untuk BOD pada ketinggian media 60 cm, dari konsentrasi awal 325,30 mg/L mampu turun hingga 63,52 mg/L (effisiensi penurunan 80,84 %).

Kata Kunci : TSS, BOD, Breksi Batu Apung

¹Triatmi_sri@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Seiring dengan pertambahan penduduk maka akan bertambah pula pembangunan air disegala sektor/bidang. Usaha dalam meningkatkan taraf kesejahteraan hidup masyarakat merupakan usaha manusia untuk memenuhi kebutuhannya sehingga bertambah pula kegiatan-kegiatan terhadap aktifitas baik untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sandang pangan maupun kebutuhan sosial. Kegiatan tersebut akan menimbulkan dampak positif maupun negative pada lingkungan sekitar. Dampak negative misalnya kegiatan yang ditimbulkan dari kegiatan rumah tangga yang akan menghasilkan limbah padat maupun limbah cair, dalam hal ini dapat diklasifikasikan sebagai sumber pencemar.

Sumber pencemar ini jika tidak dikelola sebagaimana mestinya tentunya akan sangat membahayakan bagi kesehatan lingkungan. Air limbah yang belum dilakukan pengolahan banyak mengandung komponen-komponen dan zat-zat berbahaya jika langsung dibuang/dialirkan ke badan air, hal ini berakibat merusak kehidupan ekosistem biota air dan keanekaragaman hayati akan punah.

Salah satu kegiatan rumah makan milik Bu Anik di kota Klaten misalnya, adalah merupakan salah satu bentuk kegiatan aktifitas dari sekelompok masyarakat tentunya dalam aktifitas sehari-hari akan menghasilkan limbah baik limbah padat maupun cair yang berasal dari limbah dapur, kamar mandi dan sebagainya. Limbah rumah makan ini dapat dikategorikan sebagai limbah domestik. Limbah cair rumah makan umumnya mengandung bahan organik yang cukup tinggi, antara lain adalah minyak lemak, detergen dan sisa-sisa makanan. Kandungan bahan organik yang tinggi ini menyebabkan kurangnya kadar oksigen dalam air, hal ini dikarenakan oleh kebutuhan bakteri aerob dalam mendegradasi dan dekomposisi bahan organik.

Hasil pemeriksaan laboratorium pada tanggal 11 Januari 2016, air limbah rumah makan milik Bu Anik tersebut mengandung TSS (*total suspended solid*) sebesar 219,50 mg/L dan BOD (*biochemical oxygen demand*) sebanyak

325,30 mg/L. Nilai kandungan polutan tersebut telah melebihi standar baku mutu limbah cair sebagaimana terdapat pada baku mutu yang disyaratkan dan ditetapkan dalam Perda Propinsi Jawa Tengah No 5 tahun 2012 tentang baku mutu air limbah domestik yang mana untuk parameter TSS tidak lebih dari 100 mg/L dan BOD 100 mg/L, sehingga bila tidak ditangani secara tepat dapat mengganggu lingkungan sekitarnya.

Upaya pencegahan untuk menurunkan pencemaran tersebut penulis mencoba menekan atau mengurangi kadar TSS dan BOD dengan metode penjerapan/filtrasi dengan memanfaatkan breksi batu apung, dimana breksi batu apung diharapkan berfungsi sebagai media penjerapan/filtrasi karena breksi batu apung setelah dilakukan aktivasi bersifat selektif dan mempunyai kapasitas serap yang tinggi, sehingga kadar TSS dan BOD dalam limbah cair domestik dapat diturunkan sampai kadar aman jika dibuang/dialirkan ke badan air. Adapun ukuran butiran breksi batu apung berdiameter 8 mesh dan ketinggian media maksimal 70 cm, menggunakan pipa PVC berdiameter 2,5 inci dengan sistim batch dan penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis limbah cair domestik (pH, TSS, BOD) sebelum dan sesudah diolah serta mengetahui kemampuan media breksi batu apung dalam menurunkan polutan TSS dan BOD dengan metode filtrasi/penjerapan.

Tinjauan pustaka, adsorpsi adalah perpindahan secara selektif dari satu atau lebih zat terserap dari larutan ke dalam partikel penyerap. Adsorpsi disebabkan oleh gaya tarik-menarik antara molekul, apabila zat tersebut saling berhubungan dengan suatu zat dapat teradsorpsi oleh permukaan zat penyerap, bila gaya tarik menarik antara molekul berbeda. Sifat daya jerap pada dasarnya terbagi dalam dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan kimia. Keduanya terjadi bila molekul dari fase cair (adsorbat) menempel atau terikat pada permukaan padatan (adsorben) disebabkan oleh gaya tarik pada permukaan adsorben melalui energi kinetik molekul adsorbat. Adsorpsi ke dalam adsorben

padatan telah dilakukan dibidang lingkungan, karena adsorpsi tersebut dapat dengan efektif menghilangkan polutan dari aliran fase cair ataupun gas (Noll et.al., 1992).

TSS (*Total Suspended Solid*) yaitu zat padat tersuspensi atau *Suspended Solid* sejumlah berat dalam milligram pengeringan dengan membrane tersebut mengandung bahan tersuspensi yang dikeringkan pada suhu 105°C. Zat padat tersuspensi dibagi menjadi dua bagian yaitu zat padat terapung dan zat padat terendap. Zat padat terendap dapat bersifat anorganik dan organik. Pengendapan zat padat ini di dasar air akan mengganggu kehidupan di dalam air, juga akan mengalami dekomposisi yang akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut, disamping juga menimbulkan bau busuk (Alaerts, dkk., 1984).

Parameter BOD (*biochemical oxygen demand*) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (Alaerts, dkk., 1984).

Pengertian batu apung: Breksi batu apung merupakan salah satu bahan adsorben yaitu zat yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat adsorben ini yaitu mempunyai permukaan yang luas, berpori-pori, aktif dan murni dan tidak bereaksi dengan adsorbat. Adsorben umumnya berbentuk padatan yang mempunyai sifat mengikat zat, padatan berpori. Berbagai macam adsorben yang dapat dipakai untuk serapan adalah *pumice* (breksi batu apung), zeolit, bentonit, tuf, arang atau karbon dan silika gel. Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi adalah ukuran partikel, luas permukaan, volume pori dan ukuran pori. Batu apung terbentuk ketika lava panas bercampur dengan air dan mengeras, menghasilkan material berpori. Batu

apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung ber dinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batuan ini terbentuk dari magma asam oleh aksi letusan gunung api yang mengeluarkan materialnya ke udara, kemudian mengalami transportasi secara horizontal dan terakumulasi sebagai batuan piroklastik. Batu apung mempunyai sifat vesicular yang tinggi, mengandung jumlah sel yang banyak (berstruktur selular) akibat ekspansi buih gas alam yang terkandung di dalamnya, dan pada umumnya terdapat sebagai bahan lepas atau fragmen-fragmen dalam breksi gunung api. Proses pembentukan breksi batu apung terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara luas secara tiba-tiba. Buih gelas alam dengan gas yang terkandung di dalamnya mempunyai kesempatan untuk keluar dan magma membeku dengan tiba-tiba. *Pumice* umumnya terdapat sebagai fragmen yang terlemparkan pada saat gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. *Pumice* umumnya terdapat sebagai lelehan atau aliran permukaan, bahan lepas, atau fragmen dalam breksi gunung api. Batu apung dapat pula dibuat dengan cara memanaskan obsidian, sehingga gasnya keluar. Pemanasan yang dilakukan pada obsidian dari Krakatau, suhu yang diperlukan untuk mengubah obsidian menjadi batu apung rata-rata 880°C. Batu apung ini mempunyai sifat hydraulis. *Pumice* berwarna putih abu-abu, kekuningan sampai merah tekstur vesikuler dengan ukuran lubang yang bervariasi baik berhubungan satu sama lain atau tidak struktur skorius dengan lubang yang terorientasi. Kadang-kadang lubang tersebut terisi oleh zeolit atau kalsit. Batuan ini tahan terhadap pembekuan embun (*frost*), tidak begitu higroskopis (mengisap air). Mempunyai sifat pengantar panas yang rendah. Kekuatan tekan antara 30-20 kg/cm². Komposisi utama mineral silikat amorf. Jenis batuan lainnya yang memiliki struktur fisika dan asal terbentuknya samadengan batu apung adalah *pumicit*, vulkanik cinder, dan scoria. Sedangkan

mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah feldspar, kuarsa, obsidian, kristobalit, dan tridimit. Sifat-sifat batu apung, Sifat-sifat kimia batu apung adalah sebagai berikut: a. komposisi unsur kimianya: SiO_2 : 60,00–75,00%, Al_2O_3 : 12-15%, Fe_2O_3 : 0,9-4%, Na_2O : 2-5%, K_2O : 2-4%, MgO : 1-2%, CaO : 1-2%. Sifat fisika, bobot isi ruah: 480–960 kg/cm^3 , Peresapan air : 16,67%, Gravitasi spesifik : 0,8 gr/cm^3 , Hantaran suara: rendah, Rasio kuat tekan terhadap beban : Tinggi, Konduktivitas panas : rendah, Ketahanan terhadap api: s.d 6 jam (<https://id.wikipedia.org/wiki/Batuapung>)

Breksi batu apung sering disebut batu semilir, yaitu batuan yang terbentuk dari kumpulan pumice yang terpadatkan secara alamiah oleh tekanan dan waktu yang sangat lama. Pumice adalah hasil letusan gunung berapi yang padat, tapi ringan dan mempunyai porositas yang tinggi. Batu apung merupakan batuan sedimen epiklasik yang bersisipan dengan batuan lempung tufan, batu pasir tufan dan batu kerikil. Berdasarkan analisis petrografis breksi batu apung mempunyai kandungan unsur antara lain: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (Luwihana, 1998).

Breksi batu apung merupakan batuan gelas vulkanik silikat dan karakteristik gelas adalah nonkristalin atau berstruktur amorf. Orientasi molekul-molekul berubah secara acak. Al_2O_3 dapat masuk ke dalam jaringan silika sebagai AlO_4^{4+} tetrahedrat, menggantikan beberapa group SiO_4 karena Al^{3+} menggantikan Si^{4+} pada tetrahedral, kation-kation alkali harus disediakan untuk menghasilkan netralitas dari muatan (Smith, 1990).

Batu apung terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara dengan tiba-tiba. Batu apung (pumice) umumnya terdapat sebagai flakmen yang terlempar pada saat letusan gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. Pumice umumnya juga terdapat sebagai lelehan atau aliran permukaan, gunung api (Sukandarrumidi, 2006).

Di dalam batu apung terdapat berbagai mineral diantaranya manmorilonit, felsper, kalsit, lilit dan zeolit.

Melihat pelapis-pelapis batuan formasi semilir menunjukkan asal sumbernya adalah pengendapan hasil kegiatan vulkanisme yang mengalami transportasi air dan diendapkan di perairan yang jauh dari sumbernya.



Gambar 1. Breksi batu apung

Landasan teori pada penelitian ini, Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan karena tanpa air manusia dan makhluk lainnya tidak bisa bertahan hidup. Demi memenuhi kebutuhan hidup manusia, maka perlu memperhatikan kesehatan dan kualitas air sangatlah penting dan penetapan kualitas air. Dalam kaitan tersebut, maka air bersih yang digunakan selain untuk kebutuhan sehari-hari, juga harus memenuhi persyaratan kualitas baik fisik, kimia maupun bakteriologis. Persyaratan kualitas tersebut tertuang dalam Perda Propinsi Jawa Tengah No 5 tahun 2012 tentang baku mutu air limbah domestik yang mana untuk parameter TSS tidak lebih dari 100 mg/L dan BOD 100 mg/L .

METODE

Metode yang dilakukan untuk pelaksanaan penelitian ini adalah :Studi Literatur yang mengacu pada buku/modul dan berbagai macam komponen data yang didapat dari internet, menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Miskah, S., tingkat kandungan karoten dalam minyak kelapa sawit optimal yang mampu diadsorbsi oleh batu apung adalah 699,266 ppm yang dihasilkan pada temperatur 60°C, selama 20 menit, (<http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/110>), maupun penuntun praktikum kimia dasar dan Laboratorium Lingkungan Institut Teknologi Yogyakarta (2012), penulis menggunakan ini untuk mendapatkan berbagai informasi yang berkaitan dengan proses adsorbsi/filtrasi.

Pembuatan alat, berfungsi untuk menurunkan polutan parameter TSS dan BOD yang terkandung dalam limbah domestik. Media adsorpsi yang digunakan adalah batu apung pada pipa PVC ukuran diameter 2,5 inchi, media ini sekaligus berfungsi sebagai filtrasi.

Mempersiapkan breksi batu apung sebagai berikut :1. Breksi batu apung diambil dari Desa Pasekan, Wates Km 8,5 Yogyakarta. Breksi batu apung yang diambil berupa bongkahan. 2. Sebelum digunakan, breksi batu apung terlebih dahulu dihancurkan menjadi butiran-butiran, diayak untuk mendapatkan ukuran 8 mesh kemudian dicuci dengan air bersih dan ditiriskan. 3. Aktivasi breksi batu apung dengan menggunakan oven dengan suhu 200 °C selama 2 jam. Aktivasi ini bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori butiran breksi batu apung sehingga luas permukaan pori-pori bertambah.



Gambar 2. Butiran breksi batu apung

Analisis limbah cair domestik meliputi: pH, TSS dan BOD dengan cara: Pertama, Parameter BOD (*biochemical oxygen demand*) berdasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air, dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik. Kedua, parameter TSS (*Total Suspended Solid*) dianalisis menggunakan spektrofotometer DR 2000. Ketiga, Pengujian pH air limbah dengan pH meter.

Tahapan penelitian: 1. Mengisi bak penampung dengan air limbah domestik sebanyak 50 L yang telah disaring terlebih dahulu dengan penyaring kasar untuk menghilangkan limbah padat yang besar dan mengapung. 2. Menyiapkan alat tabung PVC berdiameter 2,5 inchi yang sudah dirangkai yaitu 4 buah tabung yang telah diisi breksi batu apung pada ukuran 8 mesh dengan ketinggian tertentu, yaitu

dengan variasi ketinggian 0 sebagai kontrol, dan (20, 30, 40, 50, 60, 70) cm (setara dengan bobot: 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 gram). Ukuran butiran-butiran batu apung dibuat sama/seragam agar didapatkan kerapatan batu apung dalam tabung juga sama, sehingga proses adsorpsi di seluruh bagian akan sama. 3. Mengalirkan air limbah dari bak penampung ke alat filter dengan debit 300 mL/menit (dalam mengalirkan air sampel permukaan selang menempel pada permukaan tumpukan media breksi batu apung, agar tidak terjadi proses aerasi pada perlakuan ini). 4. Membuka kran effluent dan sebelum air filtrat ditampung dibiarkan air mengalir ± 1 menit untuk mendapatkan air yang sudah bersih memakai botol aqua yang sudah disiapkan. 5. Sekali perlakuan hanya dapat dilakukan 4 macam sampel, untuk melakukan percobaan selanjutnya media dikeluarkan dahulu dan dicuci kembali hingga bersih kemudian dilakukan proses berikutnya. 6. Masing-masing percobaan dilakukan pengulangan 3 kali (triplo). 7. Menganalisis sampel hasil percobaan pada parameter pH, TSS dan BOD di laboratorium.



Gambar 3. Rangkaian alat adsorpsi/filtrasi dengan media breksi batu apung

PEMBAHASAN

Limbah cair domestik umumnya mengandung kontaminan-kontaminan yang jumlahnya melebihi Baku Mutu limbah cair. Kontaminan-kontaminan

tersebut diantaranya adalah TSS (*total suspended solid*) dan bahan-bahan organik yang menyebabkan tingginya nilai BOD (*biochemical oxygen demand*) dengan jumlah diatas 100 mg/L (ppm), sehingga bila tidak ditangani secara tepat dapat mencemari lingkungan sekitarnya.

Selama percobaan/penelitian berlangsung suasana air berada pada pH netral yaitu antara 6,5 - 7,5 hal ini dimaksudkan agar proses adsorpsi berjalan dengan sempurna yang merupa-

kan parameter pendukung sehingga tidak menghambat proses penyerapan antara adsorbat dan adsorben. Penelitian untuk menurunkan kandungan polutan TSS dan BOD pada limbah cair domestik menggunakan media butiran breksi batu apung berdiameter 8 mesh dalam tabung PVC 2,5 inchi sebagai media penyerap pada variasi ketinggian media 20 sampai dengan 70 cm, dapat disajikan pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Tabel 1. Hasil analisis parameter TSS pada limbah domestik menggunakan media breksi batu apung (ukuran 8 mesh), suasana pH antara 6,5 s.d 7,5 dengan konsentrasi awal 219,50 mg/L

Parameter	Perlakuan	Konsentrasi (mg/L), ketinggian media (cm)					
		20	30	40	50	60	70
TSS	kontrol	210,20	210,45	210,50	210,00	210,15	210,05
	Ulangan 1	157,21	150,50	125,25	115,20	110,76	80,00
	Ulangan 2	160,88	145,86	125,00	115,80	110,00	75,88
	Ulangan 3	155,32	140,05	125,09	120,00	110,12	100,50
Rerata TSS setelah perlakuan (mg/L)		157,80	145,47	125,11	117,00	110,29	85,46
Efisiensi penurunan (%)		24,93	30,88	40,57	44,29	47,52	59,31

Sumber: data primer, Januari 2016

Hasil analisis berbagai variasi ketinggian media batu apung terhadap penyerapan kadar TSS limbah cair domestik setelah melalui perlakuan limbah secara adsorpsi/filtrasi seperti terdapat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pada ketinggian 70 cm memberikan daya serap hingga efisiensi penurunan sebesar 59,31 %, yaitu dari konsentrasi awal parameter TSS 219,50

mg/L menjadi 85,46 mg/L sehingga sudah aman jika dibuang atau dialirkan ke badan air. Sedangkan pada perlakuan kontrol terjadi penurunan kadar TSS tetapi hanya kecil yaitu konsentrasi awal 219,50 mg/L turun menjadi antara 210,00 - 210,50 mg/L atau besarnya penurunan hanya 9 sampai dengan 9,50 mg/L, berarti efisiensi penurunan maksimum hanya 4,33 %.

Tabel 2. Hasil analisis BOD setelah perlakuan pada limbah domestik menggunakan media breksi batu apung (ukuran diameter 8 mesh), suasana pH antara 6,5 s.d 7,5 dengan konsentrasi BOD awal 325,30 mg/L

Parameter	Perlakuan	Konsentrasi (mg/L) pada ketinggian media (cm)					
		20	30	40	50	60	70
BOD	kontrol	325,00	325,10	325,00	325,05	325,26	325,10
	Ulangan 1	250,00	210,08	150,98	120,32	50,50	25,60
	Ulangan 2	245,55	200,75	160,66	130,54	60,05	30,78
	Ulangan 3	240,80	220,08	160,00	100,52	80,00	50,06
Rerata BOD setelah perlakuan (mg/L)		245,45	210,30	157,21	117,13	63,52	35,48
Efisiensi penurunan (%)		24,48	35,31	51,63	63,97	80,47	89,09

Sumber: data primer, Januari 2016

Hal ini dapat disimpulkan bahwa breksi batu apung mampu menyerap bahan polutan baik yang berasal dari zat organik maupun anorganik.

Padatan tersuspensi yaitu padatan yang mempengaruhi kekeruhan pada air, tidak dapat larut dan tidak bisa mengendap dengan cepat bahkan hanya akan melayang-layang dalam air. Padatan seperti ini biasanya terdapat partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen dan merupakan endapan koloid yang berasal dari zat organik maupun anorganik.

Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa banyaknya penurunan konsentrasi BOD pada kontrol atau sebelum menggunakan bahan media batu apung terjadi penurunan hanya kecil yaitu dari konsentrasi awal 325,30 mg/L turun menjadi antara 325,00-325,26 mg/L. Jadi banyaknya penurunan maksimal pada kontrol hanya 0,30 mg/L atau terjadi efisiensi penurunan sebanyak 0,09 %. Setelah perlakuan dengan menggunakan media batu apung pada berbagai variasi ketebalan dari 20 hingga 70 cm terjadi penurunan kadar BOD pada air limbah domestik pada pipa PVC ukuran diameter 2,5 inchi dan sebagai media penjerap yang digunakan adalah breksi batu apung berdiameter 8 mesh. Ukuran butiran-butiran batu apung dibuat sama/seragam agar didapatkan kerapatan batu apung dalam tabung juga sama, sehingga proses adsorpsi di seluruh bagian akan sama.

Hasil penelitian ini terlihat bahwa semakin bertambahnya ketinggian media penjerap semakin besar efisiensi penurunan kadar polutan BOD hingga memenuhi baku mutu (100 mg/L), artinya sudah aman jika dibuang ke badan air yaitu: pada konsentrasi awal kadar parameter BOD sebesar 325,30 mg/L, setelah melalui proses adsorpsi/filtrasi dapat turun hingga 63,52 mg/L atau terjadi efisiensi penurunan 80,47 % dengan ketinggian media 60 cm. Hal ini menunjukkan bahwa BOD lebih cepat turun dibandingkan TSS lebih lambat, ini dikarenakan bakteri dapat melakukan aktifitas penguraian melalui pori-pori permukaan butiran-butiran media breksi batu apung ke seluruh permukaan media

adsorbat, sedangkan proses penurunan TSS akan terjadi tidak jauh dari permukaan ketinggian media sehingga lambat laun akan terhambat menutupi sela-sela butiran-butiran media. Dengan demikian jika ukuran diameter permukaan pipa semakin lebar akan menambah kapasitas penjerapan dan memperlancar proses filtrasi.

Breksi batu apung cenderung bersifat basa, sedangkan air limbah domestik bersifat asam, sehingga pada proses perlakuan berjalan keadaan air dalam suasana netral yaitu berada pada antara pH 6,5 sampai dengan 7,5 yang merupakan parameter pendukung sehingga tidak menghambat proses penyerapan antara adsorbat dan adsorbent.

Adsorpsi secara umum merupakan proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan adsorbent atau benda penjerap dimana terjadi suatu ikatan kimia dan fisika antara substansi dan penjerap. Adsorpsi juga dapat dipengaruhi oleh luas permukaan, ukuran atau diameter partikel, struktur adsorbent, pH, suhu, konsentrasi zat terlarut yang teradsorpsi dan waktu kontak. Breksi batu apung merupakan salah satu adsorbent yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan breksi batu apung adalah merupakan padatan yang berpori.

Adapun mekanisme terjadinya penjerapan breksi batu apung terhadap parameter TSS dan BOD yang terdapat pada limbah domestik adalah sebagai berikut: bejana yang berisi media adsorbent dialiri air sampel secara grafitasi (aliran vertikal), sehingga molekul-molekul yang terkandung dalam air limbah domestik menempel pada permukaan adsorbent akibat proses kimia dan fisika menuju lapisan film yang mengelilingi adsorbent batu apung terjadi proses diffuse adsorbent melalui lapisan film dan kapiler atau pori-pori adsorbent. Molekul polutan terjerap pada bagian luar adsorbent lalu bergerak menuju pori-pori selanjutnya ke dinding bagian dalam dan terjadilah penjerapan molekul-molekul polutan dalam pori-pori media penjerap dalam hal ini adalah breksi batu apung.

Fenomena tersebut di atas menyebabkan terjadinya penurunan kadar TSS yang berarti kadar BOD juga ikut turun atau berkurang, dikarenakan semakin berkurang bahan organik yang terlarut dalam air semakin banyak oksigen yang terlarut atau terdapat dalam air tersebut. Disamping itu juga terjadi proses bakteri yang terdapat pada air limbah domestik menempel pada dinding-dinding permukaan adsorbent dan mendegradasi bahan organik sehingga mengakibatkan penurunan kadar BOD.

Prosentase penurunan kadar TSS dan BOD dalam penelitian ini dipengaruhi oleh ketebalan media, karena bahan penyusun yang terdapat pada media untuk melakukan penyerapan dapat berlangsung secara maksimal. Dengan semakin tebal tumpukan bahan adsorbent maka proses waktu kontak yang terjadi semakin lama dan proses penyerapan pada pori-pori juga semakin banyak yang memungkinkan proses diffuse molekul zat terlarut yang menempel pada dinding adsorbent akan teradsorpsi dengan baik. Molekul yang memiliki tingkat polaritas dan kelarutan rendah cenderung lebih mudah teradsorpsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: Hasil analisis limbah domestik sebelum pengolahan menunjukkan di atas ambang batas baku mutu limbah cair.

Effektifitas daya serap breksi batu apung terhadap parameter TSS dan BOD pada limbah cair domestik yang diolah secara filtrasi ditunjukkan pada ukuran diameter 8 mesh dengan ketinggian 70 cm pada TSS dan 60 cm untuk BOD. Hasil analisis limbah cair domestik setelah diolah secara filtrasi untuk parameter TSS dan kadar BOD telah memenuhi syarat sesuai dengan Baku Mutu Limbah Cair Domestik Perda Propinsi Jawa Tengah No 5 tahun 2012.

Pengolahan limbah cair domestik menggunakan breksi batu apung dapat menurunkan kadar TSS dan BOD pada air limbah domestik. Penurunan rata-rata pada setiap variasi media yaitu konsen-

trasi sampel awal TSS 219,50 mg/L dengan ketinggian berturut-turut 20, 30, 40, 50, 60, 70 cm dapat turun hingga berturut-turut 24,93; 30,88; 40,57; 44,29; 47,52; 59,31 mg/L.

Breksi batu apung berdiameter 8 mesh dengan ketinggian berturut-turut 20, 30, 40, 50, 60, 70 cm dapat menurunkan kadar BOD dari kadar awal 325,30 mg/L turun hingga berturut-turut: 245,45; 210,30; 157,21; 117,13; 63,52; 35,48 mg/L.

Dalam perlakuan ini penurunan kadar TSS terbaik hingga memenuhi baku mutu (100 mg/L) adalah pada ketinggian media 70 cm dengan efisiensi penurunan mencapai 59,31% dan BOD penurunan terbaik terjadi pada ketinggian media 60 cm dengan efisiensi penurunan mencapai 80,47%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, dkk., 1984. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya - Indonesia.
- Luwihana SD. 1998. *Studi Awal Amobilisasi Bakteri Asam Asetat*. Proseding seminar teknologi pangan, bandung 19-21 oktober 1998.
- Miskah, S., *Pemanfaatan Batu Apung (pumice) Sebagai Bahan Pemucat Crude Palm Oil*, Journal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, Vol 17, No 2, (2010)
- Noll, K.E., Gournaris, V., and Hou, W.S., 1992, *Adsorbition Technology for Air and Water Pollution Control*. Lewia Publisher Inc., New York.
- Smith, W, T. 1990, *Principle of Materials Science and Engineering*, Second ed McGraw-Hill, Companies Inc, New York.
- Sukandarrumidi. 2006, *Batubara dan Pemanfaatannya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- <http://jtk.unsri.ac.id/index.php/jtk/article/view/110>, diunduh pada tanggal 15-03-2016
- https://id.wikipedia.org/wiki/Batu_apung, diunduh pada tanggal 15-03-2016