

# Jurnal Teknologi

# TECHNOSCIENTIA

Vol. 6 No. 2 Februari 2014



## DAFTAR ISI

Pemanfaatan Sparql Inferencing Notation (SPIN) Dalam Prototipe Pencarian Data Restoran Berbasis Semantik <i>Cosmas Haryawan</i>	110 - 122
Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Untuk Sistem Piutang <i>Dara Kusumawati</i>	123 - 128
Rekayasa Database Terdistribusi Pada Layanan Pemesanan Tiket Pesawat Terbang <i>Febri Nova Lenti</i>	129 - 134
Analisis Kapasitas <i>Uplink</i> Dan <i>Downlink</i> Sistem <i>Selular</i> WCDMA Atas Ketidak Sempurnaan Sektorisasi Sel <i>Gatot Santoso, Samuel Kristiyana</i>	135 - 144
Sintesis Karboksimetil Kitosan Terhadap Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Dan Rasio Kitosan Dengan Asam Monokloro Asetat. <i>Helda Rahmawati, Dodi Iskandar</i>	145 - 155
<i>Variation In Carbonate Cement By Cathodoluminescence Microscopic Analysis: Implication On Engineering Properties Of Oolitic Limestone In Fatumnasi Area, Timor Tengah Selatan (TTS) Regency, Nusa Tenggara Timur Province</i> <i>Herry Zadrak Kotta</i>	156 - 160
Pengukuran Performansi Supplier Dengan Menggunakan Metode <i>Data Envelopment Analysis</i> (DEA) Di PT Misaja Mitra Pati Jawa Tengah <i>Lilis Suryani, Ira Setyaningsih</i>	161 - 168
Studi Korosi Dan Sifat Mekanis Sambungan Las Busur Rendam Untuk Konstruksi Baja Dengan Perlakuan Panas <i>Jarot Wijayanto, Darmansyah</i>	169 - 176
Identifikasi Daging Segar Menggunakan Sensor Warna RGB TCS3200-DB <i>Prastyono Eko Pambudi, Edhy Sutanta, Mujiman</i>	177 - 184
Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Potensi Lokal Untuk Meningkatkan <i>Living Values</i> Peserta Didik SMA Di Kabupaten Wonosobo <i>Siti Sarah, Maryono</i>	185 - 194
Pengujian Bahan Isolasi Keramik Terhadap Tegangan Tembus Dengan Menggunakan Elektroda Batang <i>Slamet Hani</i>	195 - 202
Sistem Aplikasi Kran Otomatis Untuk Penghematan Air Berbasis Mikrokontrol Atmega 16 <i>Subandi</i>	203 - 210
Penerapan Metode Critical Chain Project Management Untuk Perencanaan Proyek Very Low Pressure Phase-II KEI Ltd <i>Siti Rohana Nasution, Resthy</i>	211 - 221



## DAFTAR ISI

Pemanfaatan Sparql Inferencing Notation (SPIN) Dalam Prototipe Pencarian Data Restoran Berbasis Semantik <i>Cosmas Haryawan</i>	110 - 122
Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Untuk Sistem Piutang <i>Dara Kusumawati</i>	123 - 128
Rekayasa Database Terdistribusi Pada Layanan Pemesanan Tiket Pesawat Terbang <i>Febri Nova Lenti</i>	129 - 134
Analisis Kapasitas <i>Uplink</i> Dan <i>Downlink</i> Sistem <i>Selular WCDMA</i> Atas Ketidak Sempurnaan Sektorisasi Sel <i>Gatot Santoso, Samuel Kristiyana</i>	135 - 144
Sintesis Karboksimetil Kitosan Terhadap Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Dan Rasio Kitosan Dengan Asam Monokloro Asetat. <i>Helda Rahmawati, Dodi Iskandar</i>	145 - 155
<i>Variation In Carbonate Cement By Cathodoluminescence Microscopic Analysis: Implication On Engineering Properties Of Oolitic Limestone In Fatumnasi Area, Timor Tengah Selatan (TTS) Regency, Nusa Tenggara Timur Province</i> <i>Herry Zadrak Kotta</i>	156 - 160
Pengukuran Performansi Supplier Dengan Menggunakan Metode <i>Data Envelopment Analysis</i> (DEA) Di PT Misaja Mitra Pati Jawa Tengah <i>Lilis Suryani, Ira Setyaningsih</i>	161 - 168
Studi Korosi Dan Sifat Mekanis Sambungan Las Busur Rendam Untuk Konstruksi Baja Dengan Perlakuan Panas <i>Jarot Wijayanto, Darmansyah</i>	169 - 176
Identifikasi Daging Segar Menggunakan Sensor Warna RGB TCS3200-DB <i>Prastyono Eko Pambudi, Edhy Sutanta, Mujiman</i>	177 - 184
Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Potensi Lokal Untuk Meningkatkan <i>Living Values</i> Peserta Didik SMA Di Kabupaten Wonosobo <i>Siti Sarah, Maryono</i>	185 - 194
Pengujian Bahan Isolasi Keramik Terhadap Tegangan Tembus Dengan Menggunakan Elektroda Batang <i>Slamet Hani</i>	195 - 202
Sistem Aplikasi Kran Otomatis Untuk Penghematan Air Berbasis Mikrokontrol Atmega 16 <i>Subandi</i>	203 - 210
Penerapan Metode Critical Chain Project Management Untuk Perencanaan Proyek Very Low Pressure Phase-II KEI Ltd <i>Siti Rohana Nasution, Resthy</i>	211 - 221

## PEMANFAATAN SPARQL INFERENCING NOTATION (SPIN) DALAM PROTOTYPE PENCARIAN DATA RESTORAN BERBASIS SEMANTIK

Cosmas Haryawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Sistem Informasi, STMIK AKAKOM Yogyakarta

Masuk: 3 Desember 2013, revisi masuk: 17 Januari 2014, diterima: 2 Februari 2014

### ABSTRACT

Today, more and more information circulating on the internet that cause more difficulty in finding users desired information because many search engine have not used in understanding the concept of semantic search phrase. Application developed in this research is prototype of semantic search on restaurant data using SPARQL Inferencing Notation (SPIN). Search sentence must follow a rule that must be preceded by direction word (*tampil, cari, sebut*) and followed by a synonym of class which want to find (*restoran, makanan, kategori, lokasi*). Every search phrase which entered by user will be translated with tokenization process, stemming, stopword removal (filtering process) and followed by the representation of search sentence using keywords in support ontology (words.owl) thus formed run SPARQL to query data located on restaurant.owl ontology. The test result of this research show that the search application which built have an ability to handle wide variety of pattern of question and got the ratio of recall and precision 1:1, thus meaning that this application has a high effectiveness and efficiency in search result.

Keywords : ontology, owl, restaurant, semantic search, SPARQL, SPIN

### INTISARI

Dewasa ini, semakin banyak informasi yang beredar di internet yang menyebabkan semakin sulitnya pengguna dalam mencari informasi yang diinginkan dikarenakan banyak mesin pencari yang belum menggunakan konsep semantik dalam memahami kalimat pencarian. Aplikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa prototipe untuk pencarian semantik pada data restoran dengan memanfaatkan SPARQL *Inferencing Notation* (SPIN). Kalimat pencarian harus mengikuti suatu aturan yaitu harus diawali dengan kata perintah (*tampil, cari, sebut*) dan diikuti dengan sinonim dari *class* yang dicari (*restoran, makanan, kategori, lokasi*). Setiap kalimat pencarian yang diisikan pengguna diterjemahkan dengan melakukan proses *tokenization, stemming*, penghilangan *stopword* (proses *filtering*), dan dilanjutkan dengan representasi kalimat menggunakan *keywords* yang ada di ontologi bantuan (*words.owl*) sehingga terbentuk SPARQL yang dapat dijalankan untuk melakukan *query* data yang terletak di ontologi *restaurants.owl*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi pencarian yang dibuat mampu menangani berbagai variasi pola pertanyaan dengan nilai rasio Recall dan Precision adalah 1:1, ini berarti aplikasi ini memiliki efektifitas dan efisiensi yang tinggi dalam hasil pencariannya.

Kata Kunci : ontologi, owl, restoran, pencarian semantik, SPARQL, SPIN

### PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi Informasi, terutama internet, dewasa ini sangat cepat. Semakin banyaknya penyedia jasa hosting, baik yang berbayar maupun gratis menjadikan semakin banyak munculnya website baru dengan

beragam informasi. Banyaknya informasi yang beredar di internet sudah diprediksi jauh sebelumnya seperti yang disampaikan oleh Berners-Lee dan Fischetti (1999) yang mengutip artikel dari Paul Krill dengan judul "Overcoming Information Overload," dari majalah

InfoWorld terbitan 7 January 2000. Semakin banyak informasi, semakin banyak hal tidak kita perlukan yang juga beredar di internet, sehingga meski informasi semakin banyak tetapi tidak berbanding lurus dengan semakin mudahnya pengguna internet untuk mendapatkan informasi yang diinginkan. Mesin pencari yang baik adalah yang mampu memisahkan hasil pencarian yang spesifik dan relevan dengan keinginan pengguna. Hasil pencarian yang tidak spesifik akan menghasilkan suatu daftar pencarian yang sangat banyak. Pengguna diharuskan melakukan penelusuran ulang dari daftar hasil pencarian tersebut untuk mencari yang sesuai dengan keinginannya (Yu, 2011).

Salah satu kasus yang mengalami hal tersebut adalah kasus pencarian data restoran atau rumah makan. Sebagai contoh, jika pengguna ingin mencari penjual sushi di jalan kaliurang dengan mengetikkan : "restoran penjual sushi di jalan kaliurang", maka mesin pencari akan menghasilkan daftar web yang berhubungan dengan sushi (meski tidak terletak di jalan kaliurang) dan berbagai hal tentang jalan kaliurang (meski tidak berhubungan dengan restoran dan sushi), meskipun ada diantara hasil yang muncul dan mengarah ke pertanyaan pengguna, akan tetapi banyak sekali hasil yang tidak relevan ikut ditampilkan. Sehubungan dengan hal tersebut, Yu Liyang dalam buku "Developer Guide to Semantic Web" (2011) memberikan pernyataan yang cukup keras dengan menyatakan bahwa "*Searching on the Web can be very frustrating*".

Tim Berners-Lee dalam buku "Weaving The Web" (1999) mengatakan : "The first step is putting data on the Web in a form that machines can naturally understand, or converting it to that form. This creates what I call a Semantic Web—a web of data that can be processed directly or indirectly by machines."

*Semantic web* akan membuat data yang ada di web tidak sekedar bisa dibaca oleh manusia, akan tetapi bisa juga

dipahami oleh mesin, maka mesin akan mampu untuk memprosesnya sesuai kebutuhan. Lei (2006) mengatakan bahwa salah satu tujuan penting dari *semantic web* adalah untuk membuat makna informasi eksplisit melalui semantik mark-up, sehingga memungkinkan akses yang lebih efektif untuk pengetahuan yang terkandung dalam lingkungan informasi heterogen, seperti web. Lebih lanjut Lei (2006) menegaskan bahwa pencarian semantik (*semantic search*) memainkan peran penting dalam mewujudkan tujuan ini, karena menjanjikan untuk menghasilkan jawaban yang tepat untuk pertanyaan pengguna dengan mengambil manfaat dari ketersediaan informasi semantik secara eksplisit.

Penggunaan *semantic search* ini akan mengakibatkan hasil pencarian bisa lebih relevan sesuai yang diinginkan oleh pengguna. Agar data bisa dibaca dan dipahami oleh mesin maka penyimpanan data harus dipersiapkan dalam format khusus dengan pemodelan ontologi basis pengetahuan yang berbentuk OWL (*Web Ontology Language*) atau RDF (*Resource Description Framework*).

Pencarian dengan data yang berbentuk OWL atau RDF dilakukan dengan SPARQL, akan tetapi terkadang SPARQL tidak selalu memenuhi kebutuhan spesifik suatu pencarian (Zou, 2005), sebagai contoh: apabila dimiliki suatu RDF dengan relasi "Restoran XYZ menyediakan Sushi", kemudian dilakukan pencarian dengan kata kunci : "restoran yang menjual makanan jepang", karena "jepang" bukan nama makanan, melainkan jenis makanan, sedangkan antara "sushi" dengan "jepang" tidak ada ekuivalensinya maka data tidak akan ditemukan. Untuk menyelesaikan hal tersebut perlu dibuat *triple* misalnya : "sushi" *rdfs:SubClassOf* "makanan jepang" maka dengan menggunakan teknik *inference*, data restoran penjual sushi yang notabene makanan jepang bisa ditemukan.

Terdapat berbagai cara untuk melakukan *inference* terhadap OWL atau RDF tetapi pada penelitian ini akan digunakan SPARQL *Inference Notation* (SPIN) dari Top Braid untuk melakukan

*inference*. SPIN adalah kumpulan RDF *vocabularies* yang dibangun diatas SPARQL yang merupakan standar W3C dan mempunyai kemampuan untuk mendefinisikan *function*, *template*, *constraint checking* dan melakukan *inference* pada semantik web. (Knublauch, dkk, 2011). Dengan SPIN akan dikembangkan suatu aplikasi pencarian semantik pada data restoran yang menghasilkan *search result* yang sesuai keinginan pengguna.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan teknologi SPIN dalam semantik web sudah cukup banyak, berikut ini beberapa yang relevan dengan penelitian kali ini :

Badra, dkk (2011), melakukan penelitian di perusahaan otomotif Renault mengenai *Product Range Specification* (PRS) yang dimodelkan sebagai *Constraint Satisfaction Problem* (CSR).

Penelitian bertujuan untuk mempelajari mempresentasikan PRS menggunakan Semantik Web. Penelitian ini juga membahas tentang penggunaan constraint di OWL dan penerapan SPIN untuk menyelesaikan masalah PRS tersebut di atas.

Fürber dan Hepp (2010), melihat bahwa kualitas data merupakan faktor kunci dalam bidang sistem informasi terutama berkenaan dengan data yang harus dipisahkan dan tidak disertakan dalam proses bisnis, serta kualitas keputusan yang didasarkan pada output dari sistem informasi. Perkembangan saat ini yang memanfaatkan semantik web untuk pengelolaan data menjadikan hal yang penting untuk melakukan penelitian dalam mengidentifikasi kualitas data pada semantik web menggunakan SPARQL dan SPIN.

He, dkk (2006), membuat penelitian dengan judul "A Multimodal Restaurant Finder for Semantic Web". Penelitian ini menghasilkan aplikasi pencarian restoran berbasis semantik web service dengan penginputan berbasis *gesture recognition* (dengan klik mouse) dan *speech recognition*. Proses pencarian dalam basis pengetahuan menggunakan

*clustering technique* KSOM (*Kohonen Self-Organizing Map*) Neural Network. Perbandingan penggunaan *rule* dalam *Islamic Finance* berbasis semantik dilakukan oleh Mamadolimova, dkk (2011). Paper tersebut membandingkan penggunaan SWRL, SPIN dan JenaRules untuk pemodelan dalam bidang *Islamic Finance*. Sementara itu Dameron (2013), menggunakan SPIN untuk pengembangan model pada pemilihan pasien dengan kriteria untuk tes klinik, SPIN dipilih karena mampu menggunakan *rule* dengan bahasa yang sama dengan *schema* dan data yang tersimpan di RDF. Sedangkan Su, C (2013) memanfaatkan SPIN untuk mengembangkan model ontologi dalam bidang pelayanan rencana diet

## METODE

Menurut Grimes (2010) *semantic search* pada intinya pencarian yang dibuat cerdas, pencarian yang berusaha meningkatkan akurasi dengan menghilangkan ambiguitas melalui pemahaman konteks. Ide utama dari pendekatan *semantic search* berasal dari pandangan kognitif terhadap dunia dimana terdapat asumsi bahwa arti dari suatu teks (kata) bergantung kepada relasi konseptual terhadap obyek dalam dunia nyata dari pada relasi linguistik yang terdapat dalam teks atau kamus. Komponen penting dalam model ini adalah keberadaan struktur concept untuk memetakan deskripsi objek informasi dengan concept yang terdapat dalam *query*. Struktur concept dapat bersifat umum atau domain spesifik dan dapat dibuat dengan pendekatan manual atau otomatis. Tipe utama dari struktur concept yang digunakan dalam pendekatan *semantic search* antara lain struktur taxonomy, thesauri dan ontologi.

Penerapan Pengolahan Bahasa Alami atau *Natural Language Processing* (NLP) pada sistem *Information Retrieval* (IR) dipercaya dapat memperbaiki kinerja IR dengan cara memperbaiki representasi tes dalam *indexing* dan process *searching* dibandingkan model yang sepenuhnya berbasis *string matching* (Strzalkowski, dkk, 1999). Hal ini berdasarkan premis bahwa

pemrosesan secara linguistik dapat menguak berbagai aspek semantik dari isi dokumen yang tidak dapat dilakukan dengan semata-mata mencacah kata, sehingga akan menghasilkan hasil yang lebih akurat. Mandala (1999) juga mengatakan bahwa penerapan NLP dalam proses *indexing* dan pemrosesan *query* antara lain bertujuan menghilangkan ambiguitas kata yaitu dengan mencari relasi semantik dari kata yang diperoleh untuk menghasilkan sinonimnya.

Pada penelitian ini, NLP diterapkan sebagai bagian dari *rule* untuk memahami keyword yang diinputkan pada kolom pencarian sebagai bagian dari upaya memahami mesin komputer sebagaimana pemahaman manusia. Liddy (2001) menyatakan bahwa NLP secara teoritis adalah pengembangan berbagai teknik komputasi untuk menganalisa dan menampilkan teks dalam bahasa alami pada satu atau lebih tingkat analisis linguistik untuk mencapai tujuan manusia dalam hal bahasa yaitu menyelesaikan berbagai tugas dan aplikasi. Secara umum NLP merupakan kemampuan komputer untuk memproses bahasa lisan atau tulisan yang digunakan oleh manusia dalam percakapan sehari-hari.

SPARQL *Protocol and RDF Query Language* (SPARQL) adalah sebuah protokol dan bahasa query untuk *Semantic Web's resources*. Sebuah *query* yang menggunakan SPARQL dapat terdiri atas *triple patterns*, *conjunction (or)*, dan *disjunction (and)* (DuCharme, 2013).

SPARQL merupakan bahasa query untuk RDF/OWL yang menyediakan fasilitas untuk mengekstrak informasi dalam bentuk URI, *blank node* dan *literal*, mengekstrak *subgraf* RDF dan membangun *graf* RDF baru berdasarkan pada informasi dari *graf* yang diquery. Query SPARQL didasarkan pencocokan pola *graf*. Pola *graf* yang paling sederhana adalah *triple pattern* yang mirip dengan RDF *triple*. Klausa yang digunakan dalam query SPARQL diantaranya : a) Prefix, Klausa Prefix merupakan sebuah metode untuk menyingkat alamat dataset yang akan

digunakan pada *query* tersebut; b) Select, klausa Select digunakan untuk menentukan *result* apa saja yang akan ditampilkan; c) Where, klausa Where berisi *triple pattern* atau *graph pattern*. *Triple pattern* merupakan *triple* yang terdiri dari subjek, predikat dan objek. Sedangkan *Graph Pattern* merupakan kumpulan dari *triple pattern*, maka didalam klausa where setidaknya harus terdapat ketiga komponen yaitu subjek, predikat dan objek.

Sebagai contoh diberikan *query* sebagai berikut :

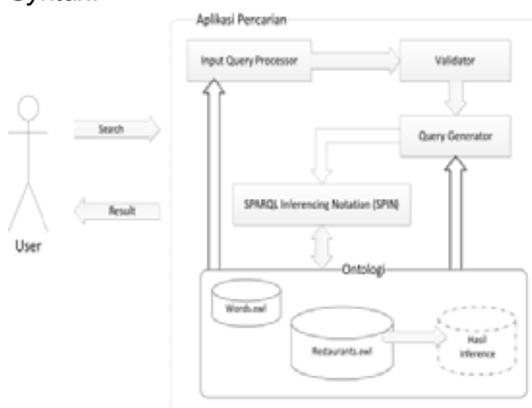
```
PREFIX foaf:
<http://xmlns.com/foaf/0.1/>
SELECT ?name ?email
WHERE {
  ?person a foaf:Person.
  ?person foaf:name ?name.
  ?person foaf:mbox ?email.
}
```

*Query* di atas akan menghasilkan daftar nama dan email dari dataset.

SPIN adalah kependekan dari SPARQL *Inferencing Notation*, merupakan produk dari TopBraid. SPIN sudah diterima sebagai W3C *Member Submission* dan secara *de-facto* telah menjadi standar industri untuk mewakili SPARQL *rule and constraint* pada model *Semantic Web*. Selain itu SPIN juga menyediakan kemampuan *meta-modeling* yang memungkinkan pengguna untuk membuat sendiri SPARQL *Function* dan *query template*. SPIN dilengkapi dengan *library* siap pakai yang berisi *function* yang biasa dipakai dalam pengembangan *semantic web*. (Knublauch, 2009)

Knublauch,dkk (2011), mengatakan bahwa SPIN menggabungkan konsep-konsep dari bahasa berorientasi objek, bahasa *query*, dan *rule-based system* untuk menggambarkan perilaku objek pada web data. Salah satu ide dasar SPIN adalah menghubungkan *class definition* dengan *query* SPARQL untuk mengendalikan *constraint* dan *rule* yang merumuskan perilaku yang diharapkan dari kelas-kelas. SPARQL digunakan karena merupakan standar WC3 merupakan acuan paling terkenal untuk

*semantic query* di seluruh Data RDF. SPARQL juga telah digunakan secara luas di antara RDF *query engine* dan *graph store*, selain itu SPARQL juga menyediakan ekspresivitas yang cukup baik untuk *query* dan *general computation of data*. Untuk memfasilitasi penyimpanan dan pemeliharaan, *query* SPARQL disimpan dalam RDF *triples*, dengan menggunakan SPIN SPARQL *Syntax*.

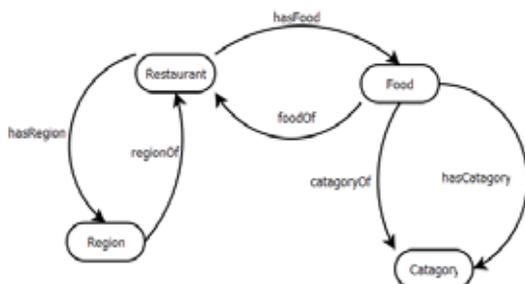


Gambar 1. Arsitektur Sistem

Arsitektur Sistem yang sesuai untuk pencarian berbasis semantic dengan memanfaatkan SPIN ditunjukkan oleh Gambar 1. Komponen-komponen dalam arsitektur tersebut, yaitu : 1) *User*, pengguna yang memberi masukan ke aplikasi pencarian berupa kalimat pencarian, isian dari pengguna tersebut kemudian diterima oleh *Input Query Processor*. 2) *Input Query Processor* yang bertugas untuk melakukan penyesuaian kalimat dan *parsing* terhadap isian kata kunci dari pengguna, melakukan proses *stemming* dan *filtering* dengan mengacu pada ontologi *word.owl*. 3) *Validator* yang bertugas untuk melakukan pengecekan hasil pemrosesan kalimat pencarian yang diisikan oleh *user*. Validasi dilakukan dengan mengacu pada suatu aturan yang telah ditentukan sebelumnya.. 4) *Query Generator*, yang bertugas untuk membangun sebuah *query* berdasar data hasil *pemrosesan* yang valid dengan mengacu pada data *Triple* dan *Inference* yang terdapat di dalam ontologi. 5) *Ontology Restaurants.owl* dan *Words.owl*, *Restaurants.owl* adalah bagian yang menyimpan basis pengetahuan mengenai data restoran

dalam bentuk *Triple*, sedangkan *Words.owl* adalah ontologi bantuan yang digunakan untuk menyimpan data *keyword*, *stopword* dan *directionword*. 6) Hasil *Inference*, Bagian ini berisikan hasil *inference* yang mengacu pada data *triple* yang terdapat di dalam *ontology Restaurants.owl*. 7) SPARQL Inference Notation (SPIN) yang bertugas untuk melakukan *query* dan Inferensi sesuai hasil dari *Query Generator* dan dilakukan terhadap isi *Ontology OWL/RDF*. Hasil *Query* yang diperoleh adalah merupakan hasil pencarian yang kemudian dikirimkan ke *user*

Perancangan ontologi restoran dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah seperti disarankan oleh Noy, dkk. (2001), yang diawali dengan penentuan domain dan konsep, kemudian pembentukan *class* dan relasinya, dilanjutkan dengan penentuan properti tiap *class*, penentuan *constraint* dan terakhir adalah pembentukan *instance*. Domain untuk penelitian ini adalah data restoran yang ada di wilayah Yogyakarta. Sehubungan dengan kebutuhan pencarian berbasis semantic yang dilengkapi dengan *inference*, maka digunakan ontologi yang sesuai untuk kebutuhan tersebut. Ontologi restoran memiliki empat kelas yaitu : *Restaurant* (informasi utama mengenai restoran seperti nama maupun alamat restoran), *Food* (informasi utama mengenai nama-nama makanan yang umumnya dijual di restoran), *Region* (informasi mengenai area di daerah sebagai penunjuk lokasi restoran) dan *Category* (informasi mengenai kategori atau jenis makanan, seperti misalnya makanan jepang, makanan cina, makanan tradisional, *sea food*, dan lain-lain). Diagram Relasi antar kelas (*class diagram*) digunakan untuk menunjukkan interaksi antar kelas dalam sistem (Berners Lee, 2001). Relasi akan mengijinkan suatu kelas mengetahui atribut, relasi dan hubungan yang ada pada kelas lainnya. Relasi antar kelas pada ontologi *Restaurant* ditunjukkan oleh Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram Relasi Antar Kelas

Pada Gambar 2 terlihat bahwa kelas *Restaurant* memiliki relasi *hasFood* dengan kelas *Food* yang berarti sebuah restoran memiliki berbagai makanan. Sebaliknya kelas *Food* memiliki relasi *foodOf* dengan kelas *Restaurant* yang berarti sebuah makanan di kelas *Food* dimiliki satu atau lebih restoran. Kelas *Restaurant* juga memiliki relasi *hasRegion* dengan kelas *Region* yang berarti setiap restoran memiliki satu atau lebih *region*. Sebaliknya kelas *Region* memiliki relasi *regionOf* dengan kelas *Restaurant* yang berarti suatu *region* di kelas *Region* dimiliki satu atau lebih restoran. Kelas *Food* memiliki relasi *hasCatagory* dengan kelas *Category* yang berarti setiap makanan memiliki satu atau lebih jenis atau kategori makanan. Sebaliknya kelas *Catagory* memiliki relasi *catagoryOf* dengan kelas *Food* yang berarti suatu kategori makanan di kelas *Catagory* dimiliki satu atau lebih makanan.

Pengembangan sistem pencarian ini menggunakan NLP untuk memahami maksud pertanyaan yang ditulis oleh pengguna, untuk memudahkan proses tersebut dibutuhkan ontologi bantuan yang terdiri dari tiga buah kelas, yaitu : 1) *Keyword*, digunakan sebagai standar untuk memberntuk sebuah kalimat. *Keyword* yang disimpan merupakan representasi dari *Data Type Propertis* (DTP), *Object Data Properties* (OBP) dan *Class* (CLP). Masing-masing *keyword* memiliki sinonim atau kata lain yang mempunyai makna yang sama dengan *keyword* yang telah didefinisikan. Pada konsep pencarian data restoran, sangat dimungkinkan munculnya kata kunci dari pertanyaan pengguna yang bersifat ambigu.

Sebagai contoh adalah kata “jual” yang merupakan kata dasar hasil *stemming* dari kata “menjual” dan “dijual”. Sebagai contoh akan diberikan dua buah kalimat, yang pertama : “Tampilkan restoran yang menjual bakso”, yang kedua : “Tampilkan makanan yang dijual SariJogja”. Kata “jual” pada kalimat pertama bermakna “menyediakan makanan dengan nama...” yang memiliki sinonim “*food\_name*”, sedangkan kata “jual” pada kalimat kedua bermakna “disediakan oleh restoran bernama...” yang memiliki sinonim “*restaurant\_name*”. Untuk mengantisipasi hal tersebut maka pada *keyword* diberikan juga properti tambahan “*forclass*” yang menunjukkan sinonim yang mana yang digunakan dengan mengacu pada kelas yang ditemukan sesuai pertanyaan pengguna. 2) *Stopword*, ini digunakan untuk menghapus kata yang tidak bermakna dalam kalimat. Pembuangan *stopword* adalah proses pembuangan *term* yang tidak memiliki arti atau tidak relevan. *Term* diperoleh dari daftar *stopword*, apabila kata masuk dalam daftar *stopword* maka kata tersebut tidak akan diproses lebih lanjut. Contoh *stopword* : yang, asal, punya, buat,dengan. 3) *Directionword* digunakan untuk menyimpan daftar kata perintah yang diijinkan di dalam kalimat pencarian dari pengguna. Kata perintah yang dipilih digunakan untuk membatasi pola kalimat pencarian yang diisikan pengguna sehingga akan lebih memudahkan dalam proses pemaknaan kalimat tersebut.

Menurut Strzkaowski (1999), pengolahan NLP sebagai bagian dari proses *Information Retrieval* terdiri dari beberapa tahap, yaitu : validasi kalimat, *tokenization*, *stemming* dan *filtering*.

Proses validasi kalimat adalah proses untuk menentukan apakah kalimat pencarian yang dimasukkan sesuai dengan aturan produksi (Mandala, 1999). Valid tidaknya suatu kalimat akan dilihat dari struktur pembentuk kalimat perintah yang diinputkan pada kotak pencarian sistem.

Pola keteraturan aturan produksi diidentifikasi mengandung lima unsur yaitu a) Kp, merupakan kata perintah, yang mengawali kalimat masukan. Kata-

kata ini berperan untuk membentuk suatu kalimat sesuai kaidah bahasa Indonesia yang baku. Kata Perintah yang digunakan misal cari, carikan, tampilkan. b) Ctg, merupakan *object category*, mewakili obyek yang dicari (restoran, makanan, lokasi, jenis). c) Dtp, yang merupakan *datatype property*, mewakili atribut dari kelas (nama restoran, alamat, dan lain-lain). d) Obp, merupakan *object property*, mewakili relasi antar kelas (menjual, berlokasi). e) Value, merupakan nilai dari datatype property atau object property

Sesuai kelima unsur yang ada dibentuk kalimat pencarian, namun kalimat yang diterima sebagai kunci pencarian haruslah kalimat yang valid, kalimat yang dianggap invalid akan ditolak oleh sistem dan harus diperbaiki sesuai dengan aturan produksi yang telah ditetapkan.

Berdasarkan unsur-unsur pembentuk di atas, ditetapkan pola pembentukan kalimat dengan identifikasi: kalimat minimal harus terdiri dari kata perintah (cari, carikan, sebutkan dan tampilkan), kategori / *class* pencarian (restoran, makanan, lokasi dan jenis) dan nilai / *value* yang akan dicari. Identifikasi berikutnya adalah kalimat harus diawali dengan kata perintah kemudian diikuti dengan sinonim dari *class* yang dicari.

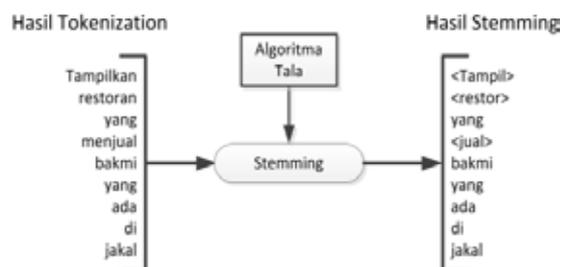


**Gambar 3.** Ilustrasi Proses Tokenisasi

Proses *tokenization* / tokenisasi adalah proses pemecahan kalimat pencarian yang berbentuk *string* berdasarkan tiap kata yang menyusunnya. Pemisahan antar kata diidentifikasi dengan adanya karakter spasi, sehingga proses tokenisasi dilakukan dengan memanfaatkan karakter spasi pada kalimat untuk

memisahkan setiap kata. Setelah melalui proses tokenisasi maka kalimat pencarian akan menjadi sekumpulan kata yang diletakkan ke dalam sebuah array yang setiap elemennya terdiri dari kata dari kalimat tersebut. Gambar 3 menunjukkan ilustrasi tokenisasi pada kalimat "Tampilkan restoran yang menjual bakmi yang ada di jakal"

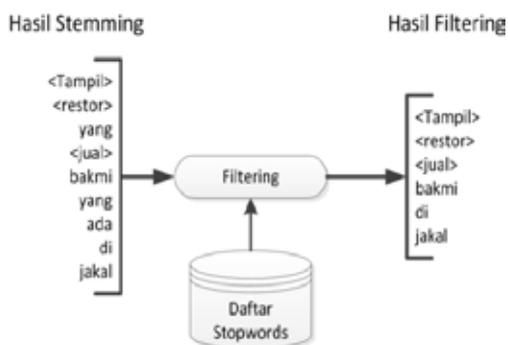
Proses *stemming* adalah proses pembentukan kata dasar. Setiap kata yang diperoleh dari tahap *tokenization* dikenai proses *stemming*. Algoritma *stemming* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan algoritma berbasis aturan dari Tala (2003). *Stemming* bermanfaat mereduksi kata untuk menghindari ketidakcocokan dikarenakan adanya kata-kata yang berbeda namun memiliki makna dasar yang sama, kata-kata tersebut direduksi menjadi satu bentuk. Gambar 4 menunjukkan contoh ilustrasi *stemming* pada kata-kata hasil tokenisasi.



**Gambar 4.** Ilustrasi Proses Stemming

Proses *Filtering* adalah proses pembuangan *stopword* dan dimaksudkan untuk menghilangkan kata yang tidak memiliki arti atau tidak relevan. Kata-kata yang perlu dihapus dalam suatu kalimat disimpan tersendiri dalam ontologi. Apabila dalam kalimat terdapat kata yang masuk dalam daftar *stopword* maka kata tersebut tidak akan diproses lebih lanjut. Sebagai contoh untuk proses penghilangan *stopword* dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5 tersebut terlihat bahwa kata "yang" dan "ada" termasuk dalam daftar *stopwords* sehingga perlu dihilangkan.

Proses representasi kalimat adalah proses untuk mencari makna atau maksud dari kalimat pencarian yang diisikan oleh pengguna.



Gambar 5. Ilustrasi Proses Filtering

Proses dilakukan setelah proses *filtering*, sehingga hanya kata yang relevan saja yang digunakan untuk melakukan representasi dan sekaligus melakukan validasi kalimat.

Proses validasi kalimat dilakukan dalam tiga langkah, langkah pertama adalah melakukan pengecekan kata perintah. Kata pertama dalam kalimat pencarian harus berupa kata perintah yang terdapat pada daftar *Directionword* dari ontologi bantuan. Jika kata tersebut tidak ditemukan di daftar *Directionword* maka kalimat dianggap tidak valid.

Apabila langkah pertama menghasilkan kalimat yang valid, maka dilakukan pengecekan untuk kata kedua, kata kedua harus berupa *class* atau sinonim dari *class*. Pencarian dilakukan dengan menggunakan daftar *Keywords* dari ontologi bantuan. Jika kata tidak ditemukan di dalam sinonim kata dalam daftar tersebut yang memiliki tipe *class* maka kalimat dianggap tidak valid.

Apabila proses validasi ini menghasilkan kalimat yang valid maka dilanjutkan dengan mencari pola kalimat. Pada langkah kedua proses validasi kalimat di atas, akan menemukan *class* yang digunakan sebagai inti kalimat pencarian. Isi *class* ada tiga kemungkinan yaitu : *restaurant*, *food* dan *catagory*. *Class region* yang ditemukan diartikan bahwa pengguna ingin menanyakan lokasi suatu restoran, informasi mengenai lokasi ini juga diberikan apabila pengguna membuat pertanyaan dengan inti kalimat pencarian berisi *class restaurant*, sehingga untuk *class region* akan dianggap sama dengan *class restaurant*. Berdasarkan

hal tersebut maka kemudian dapat dicari padanan dari tiap kata mulai kata yang ketiga (kata pertama adalah kata perintah, kata kedua adalah *class*). Pencarian mengacu ke daftar *keywords* dengan tipe *property* dan *forclass* berisi *class* yang ditemukan di kata kedua.

Pencarian ini akan menghasilkan pola : KP – CLASS – PROPERTY – VALUE – PROPERTY – VALUE - ...dan seterusnya. Apabila ditemukan pola dengan *property* yang berurutan tanpa diselingi *value*, maka yang akan digunakan adalah *property* yang terakhir, yang langsung berhubungan dengan *value*.

Tampil	→	kata perintah
Restor	→	class (restaurant)
Jual	→	property (foodName)
Bakmi	→	value
Di	→	property (regionName) → diabaikan karena tidak diikuti value
Sekitar	→	property (regionName)
Jakal	→	value

Gambar 6. Hasil Representasi Kalimat

Sebagai contoh kalimat pencarian : “Tampilkan restoran yang menjual bakmi yang ada di sekitar jakal”, setelah proses *filtering* akan menghasilkan bentuk : “tampil restor jual bakmi di sekitar jakal” dengan hasil representasi ditunjukkan Gambar 6.

SPARQL Filter dibuat berdasar pola yang ditemukan pada representasi kalimat sebelumnya dan dibentuk dengan format *property-value*. Sebagai contoh hasil representasi yang ditunjukkan Gambar 6 akan menghasilkan format seperti terlihat di Gambar 7.

Hasil Representasi	Jual	Bakmi	Sekitar	Jakal
Pattern	Prop	Value	Prop	Value
Sentence	foodName	Bakmi	regionName	Jakal

Gambar 7. Format Hasil Representasi

Berdasar *Pattern* dan *Sentence* yang pada Gambar 7 akan dapat dibentuk SPARQL Filter yang dapat dilihat di Gambar 8.

```
FILTER((regex(?foodName,'Bakmi','i') &&
        regex(?regionName,'jakal','i'))
```

Gambar 8. Contoh SPARQL Filter

Salah satu kelebihan dari SPIN adalah kemudahan dalam melakukan *inference* dengan menggunakan SPARQL CONSTRUCT. Terdapat beberapa SPARQL CONSTRUCT yang dibuat, diantaranya adalah SPARQL CONSTRUCT untuk melakukan inferensi transitif, sebagai contoh adalah hubungan antara *class Restaurant* dengan *class Category*, Terdapat relasi *hasFood* antara *class Restaurant* dengan *class Food* dan relasi *hasCategory* antara *class Food* dengan *class Category*. Sehingga bisa dilakukan suatu inferensi antara *class Restaurant* dengan *class Category* yang menghasilkan *spin:RuleProperty = foodCategory*.

*Script* SPARQL CONSTRUCT diletakkan di dalam OWL menggunakan *spin:rule*. Pada saat proses *Inferencing* dijalankan maka SPARQL CONSTRUCT akan menghasilkan *triple* baru, dan kemudian *triple* baru tersebut bisa diakses menggunakan perintah SPARQL biasa. SPARQL CONSTRUCT yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 9a.

```
//sparql construct untuk food_category
CONSTRUCT {
  ?s :foodCategory ?fc .
}
WHERE {
  ?s :hasFood ?f . ?f :hasCategory ?c .?c :categoryName ?fc .
}
//sparql construct untuk price_category
CONSTRUCT {
  ?sbj :priceCategory ?pc .
}
WHERE {
  ?sbj :lowestPrice ?h .
  BIND (IF((?h < 20000), "MURAH", "MAHAL") AS ?pc) .
}
```

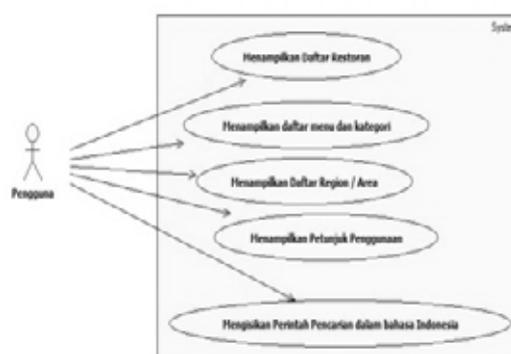
(a)

```
CONSTRUCT {
  ?r :foodOf ?s .
}
WHERE {
  ?p1 owl:inverseOf ?p2 .
  FILTER (?p2 IN (:hasFood)) .
  ?s ?p2 ?r .
}
```

(b)

Gambar 9. SPARQL CONSTRUCT

SPARQL CONSTRUCT juga digunakan untuk membuat rule pada *owl:inverseOf*. Seperti misalnya, properti *hasFood* yang merelasikan *class Restaurant* dengan *class Food* maka dibuat juga properti *foodOf* yang merupakan *inverse* dari *hasFood* dan merelasikan *class Food* dengan *class Restaurant*. Bentuk scriptnya dapat dilihat pada Gambar 9b. Hal yang sama juga dilakukan untuk properti *hasCategory* → *categoryOf*, dan properti *hasRegion* → *regionOf*.



Gambar 10. Use Case Diagram

*Use Case* digunakan untuk mendiskripsikan proses yang terjadi dalam sistem dan elemen-elemennya serta hubungannya dengan *actor*. *Use Case* dari aplikasi pencarian data restoran ditunjukkan oleh Gambar 10. Berdasarkan tersebut dapat dijelaskan bahwa pengguna dapat memasukkan kata atau kalimat pencarian dengan menggunakan bahasa Indonesia. Sebagai tambahan fasilitas aplikasi yang dibangun menyediakan menu yang langsung dapat diakses yaitu Menampilkan Daftar Restoran, Menampilkan Daftar Menu dan Kategori, Menampilkan Daftar Region/Area dan Menampilkan Petunjuk Penggunaan.

*Activity Diagram* disini digunakan untuk memodelkan aliran kerja (*workflow*) dari proses pencarian data restoran berbasis semantik. Dalam diagram tersebut digambarkan urutan aktifitas dan proses bisnis untuk *use case* pada fungsi “mengisikan perintah pencarian” yang dilakukan oleh pengguna. Model pencarian

direpresentasikan dalam *activity diagram* Gambar 11.

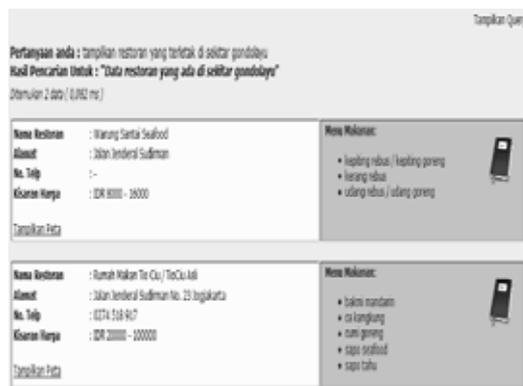


Gambar 11. Activity Diagram

**PEMBAHASAN**

Kalimat pencarian yang diisikan ke dalam kotak pengisian berupa kalimat perintah yang menggunakan pola yang sudah diatur sehingga kalimat pencarian tersebut lebih mudah diolah oleh sistem untuk menemukan data yang diinginkan.

Contoh hasil pencarian dengan kalimat pencarian : “Tampilkan restoran yang terletak di dekat gondolayu”, ditunjukkan oleh Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Pencarian Data Restoran

Jika pengguna melakukan klik pada *link* “Tampilkan Peta” seperti terlihat pada Gambar 12, maka akan dimunculkan peta yang mengacu pada *Google Map* di bagian bawah data dengan lokasi restoran diberi *mark* dengan tulisan **R**, dan otomatis *link* “Tampilkan Peta” berubah menjadi *Tutup*

Peta (lokasi restoran bertanda R), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 13. Tampilan Peta Data Restoran

Untuk contoh hasil pencarian dengan kalimat pencarian : “Tampilkan makanan yang dijual oleh Tio Ciu”, ditunjukkan oleh Gambar 14.



Gambar 14. Tampilan Pencarian Data Makanan

Pada Gambar 14 terlihat bahwa tampilan data makanan dilengkapi dengan data restoran yang dibutuhkan, serta penulisan makanan dibagi per jenis makanan sehingga memudahkan pembacaan informasi.

Pengujian Sistem yang pertama menggunakan pengujian dengan analisis linguistik. Pengujian dilakukan dengan memasukkan kalimat perintah pencarian menggunakan berbagai pola kalimat. Ini untuk melihat sejauh mana kemampuan aplikasi dalam memahami perintah pencarian, mengenali kata kunci, melakukan validasi dan membuat *query statement* yang tepat sehingga akhirnya

menghasilkan informasi yang tepat sesuai perintah pencarian yang diinginkan baik kalimat sederhana maupun kalimat kompleks.

Tabel 1. Hasil Pengujian Analisis Linguistik *Single Value*

Kalimat Pencarian	Pemaknaan Oleh Sistem	Hasil
Tampilkan Restoran yang ada di sekitar amplaz	Data restoran yang ada di sekitar amplaz	OK
Tampilkan Restoran yang menjual Bakmi	Data restoran yang makanannya bernama bakmi	OK
Tampilkan Restoran yang menjual makanan jepang	Data restoran dengan jenis makanan bernama jepang	OK
Tampilkan Restoran Jepang	Data restoran dengan kategori makanannya bernama jepang	OK
Tampilkan Restoran Makanan Jepang	Data restoran dengan jenis makanan bernama jepang	OK
Tampilkan Restoran bernama tio ciu	Data restoran dengan nama restoran adalah tio ciu	OK
Tampilkan Lokasi Restoran yang menjual makanan Jepang	Data restoran dengan jenis makanan bernama jepang	OK
Tampilkan Makanan yang ada di Jabon Resto	Data makanan di restoran yang bernama jabon resto	OK
Tampilkan Restoran yang bertarif mahasiswa	Data restoran yang memiliki tarif murah	OK

Pengujian kalimat sederhana seperti ditunjukkan oleh Tabel 1, dilakukan dengan mengisikan kalimat pencarian *single value*. Contoh: "Tampilkan rumah makan yang menjual udang". Aplikasi akan mencari restoran yang nama makanannya bernama udang, yang berarti terdapat satu properti "*foodName*" dan satu *value* "udang".

Tabel 2. Hasil Pengujian Analisis Linguistik *Single Value*

Kalimat Pencarian	Pemaknaan Oleh Sistem	Hasil
Tampilkan Restoran jepang yang ada di Jakal	Data restoran dengan kategori makanannya bernama jepang dan yang ada di sekitar jakal	OK
Tampilkan restoran bernama phuket yang ada di seputar taman siswa	Data restoran yang ada di sekitar taman siswa dan dengan nama restoran adalah phuket	OK
tampilkan makanan cina yang dijual oleh tio ciu	Data makanan dengan kategori makanannya bernama cina dan di restoran yang bernama tio ciu	OK
Tampilkan menu yang terbuat dari seafood di pelem golek	Data makanan yang kategori makanannya bernama seafood dan di restoran yang bernama pelem golek	OK
tampilkan warung berharga pelajar di daerah palagan	Data restoran yang memiliki tarif murah dan yang ada di sekitar palagan	OK
tampilkan restoran cina dan jepang yang terletak di perempatan sgm	Data restoran dengan kategori makanannya bernama cina atau jepang dan yang ada di sekitar sgm	OK

Pencarian kompleks juga diujikan untuk melihat kemampuan aplikasi dalam menangani kalimat pencarian yang memiliki kata kunci lebih dari satu baik properti maupun *value*. Contoh : "Tampilkan restoran yang menjual steak yang ada di sekitar amplaz", akan membutuhkan properti "*foodName*"

dengan *value* "steak" dan properti "*regionName*" dengan *value* "amplaz". Hasil pengujiannya ditunjukkan oleh Tabel 2.

Kalimat Pencarian	A	B	C	R	P
tampilkan restoran yang terletak di sekitar tamsis	5	0	0	1	1
tampilkan makanan yang dijual pelem golek	10	0	0	1	1
tampilkan restoran jepang	3	0	0	1	1
tampilkan menu seafood yang ada di tio ciu	7	0	0	1	1
tampilkan restoran yang terletak di gondolayu dan menjual udang	2	0	0	1	1
tampilkan restoran yang menjual udang	5	0	0	1	1
tampilkan masakan seafood dan pasta	17	0	0	1	1

Keterangan:

- A : *Retrieved Relevant*
- B : *Not Retrieved Relevant*
- C : *Retrieved Not Relevant*
- R : *Recall (A / (A + B))*
- P : *Precision (A / (A + C))*

Gambar 15. Hasil Pengujian *Recall* and *Precision*

Pengujian yang kedua adalah pengujian efektifitas dan efisiensi *information retrieval*. Sesuai yang disarankan oleh Grossman dan Frieder (1998), maka pengujian efektifitas dan efisiensi dilakukan dengan melihat nilai dari uji *Recall* dan *Precision*. Mengacu pada rumus perhitungan yang dibuat oleh Hasugian (2006), hasil pengujiannya ditunjukkan pada Gambar 15.

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan di Gambar 15, terlihat bahwa nilai untuk *recall* dan *precision* dari aplikasi yang dikembangkan memiliki nilai 1:1 untuk berbagai variasi kalimat pencarian, maka sesuai yang disampaikan oleh Lee dalam Hasugian (2006) dapat dikatakan bahwa aplikasi pencarian data restoran berbasis semantik ini memiliki efektifitas dan efisiensi hasil pencarian yang tinggi.

## KESIMPULAN

Pemanfaatan SPARQL Inferencing Notation (SPIN) dalam prototype aplikasi pencarian data restoran berbasis semantik menghasilkan rasio 1:1 untuk uji *recall and precision* yang berarti aplikasi ini memiliki efektifitas dan efisiensi yang tinggi, selain itu aplikasi juga mampu memahami dan memberikan hasil yang relevan untuk berbagai variasi kalimat pencarian termasuk adanya *multi value*, properti yang kembar serta penggunaan kata hubung (dan, atau).

## DAFTAR PUSTAKA

- Badra, F., Paul Servant, F. dan Passant, A., 2011, *A Semantic Web Representation of a Product Range Specication based on Constraint Satisfaction Problem in the Automotive Industry*, Proceedings of the 1st International Workshop on Ontology and Semantic Web for Manufacturing, Heraklion, Crete, Greece
- Berners-Lee, T. dan Fischetti, M. , 1999, *Weaving The Web*, Harper San Francisco, USA
- Berners-Lee, T., Hendler, J., dan Lassila, O., 2001, *The Semantis Web*. American Scientific, USA
- Dameron, O., Besana, P., Zekri, O., Bourdé, A., Burgun, A., Cuggia, M., 2013, OWL model of clinical trial eligibility criteria compatible with partially-known information, *Journal of Biomedical Semantics* 2013, <http://www.jbiomedsem.com/content/4/1/17>
- DuCharme, B, *Learning SPARQL*, S. St.Laurent, Ed. O'Reilly Media, 2011
- Fürber, C., Hepp, M., 2010, *Using SPARQL and SPIN for Data Quality Management on the Semantic Web*, Proceedings Business Information Systems 13th International Conference, Berlin, Germany.
- Grossman, D.A., dan Frieder, O., 1998, *Information Retrieval : Algorithms and Heuristic*, Springer, New York
- Hasugian, J., 2006, Penggunaan Kosa Kata Terkendali dalam Sistem Temu Balik Informasi Berbasis Teks, *PUSTAHA: Jurnal Studi Perpustakaan dan Informasi*, Vol. 2, No. 2
- He, Y., Quan, T.T. dan Hui, S.C. (2006), *A Multimodal Restaurant Finder For Semantic Web*, In Addendum Contributions of International IEEE Conference on Computer Sciences (RIVF'06), Vietnam.
- Knublauch, H., 2009, *SPIN SPARQL Inferencing Notation*, [www.spinrdf.org](http://www.spinrdf.org), diakses tanggal 10 November 2011
- Knublauch, H., Hendler, J., A. Idehen, K., 2011, *SPIN - Overview and Motivation*, <http://www.w3.org/Submission/spin-overview/>, diakses tanggal 29 November 2012
- Lei, Y., Uren, V., Motta, E., 2006, *SemSearch: A Search Engine for the Semantic Web*, *15th International Conference, EKAW 2006, Poděbrady, Czech Republic, October 2-6, 2006. Proceedings*, pp 238-245, Springer
- Liddy, E.D., 2001, *Natural Language Processing*, In *Enclopedia of Library and Information Science*, Marcel Decker Inc, NY.
- Mamadolimova, A., Ambiah, N., Lukose, D., 2011, *Modeling Islamic Finance Knowledge for Contract Compliance in Islamic Banking*, Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems Lecture Notes in Computer Science Volume 6883, 2011, pp 346-355 , Springer, NewYork
- Mandala, R., 1999, Temu Kembali Informasi dengan Bantuan Analisis Linguistik, *Proceeding of Information Processing and Management*.
- Noy, N.F dan McGunness, D.L, 2001, *Ontology Development 101: A Guide to creating your First Ontology*, <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf> , diakses tanggal 29 November 2011
- Strzalkowski, T., Carballo, J.P., Karlgen, J., Hulth, A., Tapanainen, P., dan Lahtinen, T., 1999, *Natural Language Information Retrieval*, <http://trec.nist.gov/pubs/trec8/papers/ge8adhoc2.pdf>, diakses 5 Maret 2012
- Su, C., Chen Y., Chih, C. , 2013, *Personalized Ubiquitous Diet Plan Service Based on Ontology and Web Services*, *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 3, No. 5, October 2013
- Tala, Z, 2003, *A Study of Stemming Effect in Information Retrieval in Bahasa Indonesia*, Institute for Technologies For Mapping Representation Of Ontologies, Springer, New York

- Yu, L., 2011, *Developer Guide for Semantic Web*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Zou, Y., Finin, T., dan Chen, H., 2005, *F-OWL: an Inference Engine for the Semantic Web*, *Proceedings of the Third International Workshop Formal Approaches to Agent-Based Systems (FAABS)*, Volume 3228, Springer-verlag, Greenbelt, MD, USA, p 238-248.

## PERANCANGAN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI UNTUK SISTEM PIUTANG

Dara Kusumawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>STMIK AKAKOM Yogyakarta

Masuk: 5 Januari 2014, revisi masuk: 26 Januari 2014, diterima: 10 Februari 2014

### ABSTRACT

*Now a days many sales transactions are done on credit, so this raises the receivables. The number of mutations receivables transaction requires the owner to improve the management of accounts receivable so that mutations can be generated reports of rapid and accurate accounts. It is necessary for the design of accounting information systems for accounts receivable system. Information system design research methodology used is receivable accounting system starters, system analysis, system design, system implementation and system testing. Accounting Information Systems for receivable system will do the recording onset and reduced accounts receivable and will produce basic information such as accounts receivable, accounts receivable cards each debtor, and Statement of accounts receivable aging analysis of receivables.*

**Keywords:** *Accounting Information Systems, Accounts Receivable, Accounts Receivable Card, aging analysis of receivables*

### INTISARI

Transaksi penjualan dewasa ini banyak yang dilakukan secara kredit, sehingga hal ini menimbulkan terjadinya piutang. Banyaknya transaksi mutasi piutang menuntut pihak pemilik untuk meningkatkan pengelolaan terjadinya mutasi piutang sehingga dapat dihasilkan laporan mengenai piutang yang cepat dan akurat. Untuk itu diperlukan perancangan Sistem informasi akuntansi untuk sistem piutang. Metodologi penelitian perancangan sistem informasi akuntansi piutang yang digunakan yaitu Permulaan sistem, Analisis sistem, Desain Sistem, Implementasi sistem dan pengujian sistem. Sistem Informasi Akuntansi untuk sistem piutang akan melakukan pencatatan timbulnya piutang maupun berkurangnya piutang dan akan menghasilkan informasi pokok seperti Rekening piutang, Kartu piutang masing-masing debitur, Surat pernyataan piutang dan Analisa umur piutang.

**Kata Kunci :** Sistem Informasi Akuntansi, Piutang, Kartu Piutang, Analisa umur piutang

### PENDAHULUAN

Penjualan barang dan jasa saat ini banyak dilakukan dengan cara kredit sehingga ada jeda waktu antara penyerahan barang dengan diterimanya uang dari hasil penjualan tersebut. Piutang dagang menunjukkan piutang yang timbul dari penjualan barang-barang atau jasa-jasa yang dihasilkan perusahaan. Dalam kegiatan yang normal biasanya piutang dagang dagang akan dilunasi dalam jangka waktu kurang dari satu tahun (Zaki Baridwan, 2008 : 124) Dalam akuntansi piutang secara

periodik dihasilkan pernyataan piutang yang dikirimkan kepada setiap debitur. Pernyataan piutang ini merupakan unsur pengendalian intern yang baik dalam pencatatan piutang. Dengan mengirimkan secara periodik pernyataan piutang kepada para debitur, catatan piutang perusahaan diuji ketelitiannya dengan menggunakan tanggapan yang diterima dari pengiriman piutang tersebut. (Mulyadi, 2010:257)

Untuk mengetahui status piutang dan kemungkinan tertagih atau tidaknya piutang, secara periodik

disajikan informasi umur piutang setiap debitur (Mulyadi, 2010 : 258).

Sistem Informasi Akuntansi adalah sebuah sistem yang memproses data dan transaksi guna menghasilkan informasi yang bermanfaat untuk merencanakan, mengendalikan, dan mengoperasikan bisnis (Krisniaji, 2010:4). Sistem Informasi Akuntansi untuk sistem piutang akan melakukan pencatatan timbulnya piutang maupun berkurangnya piutang dan akan menghasilkan informasi pokok seperti Rekening Piutang, Kartu piutang masing-masing debitur, Surat pernyataan piutang dan Analisa umur piutang.

### METODE

Tahapan dalam melakukan penelitian ini mengacu pada metode yang ditulis oleh Whitten, 2004 yang meliputi tahapan sebagai berikut 1).Permulaan sistem, pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah. 2) Analisis sistem, pada tahap ini dilakukan analisis sistem yang dibuat dan akan menjadi dasar untuk perancangan sistem. 3). Desain Sistem, Pada tahap ini dilakukan perancangan Sistem Informasi Akuntansi untuk Sistem Piutang. 4). Implementasi sistem , pada tahap ini dilakukan pembuatan aplikasi Sistem Informasi Akuntansi untuk Sistem Piutang sesuai dengan kebutuhan sistem dan perancangan sistem yang telah dibuat juga dilakukan pengujian sistem, apakah sistem sudah berjalan sesuai dengan tujuan penelitian.

Tabel basis data yang digunakan untuk analisa perancangan sistem antara lain Tabel Debitur, Tabel Penjualan, Tabel Retur, tabel Retur Penjualan, Tabel Angsuran, dan Tabel Barang. Tabel Debitur digunakan untuk menyimpan data debitur yang dapat dilihat dilihat pada Tabel 1. Tabel Penjualan digunakan untuk merekam data penjualan. Tabel ini dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel Detail Penjualan digunakan untuk merekam data detail penjualan. Tabel ini dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel Retur digunakan untuk merekam data retur penjualan. Tabel ini dapat lihat pada Tabel 4. Tabel Detail retur digunakan untuk merekam data

detail retur penjualan. Tabel ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 1 Struktur tabel Debitur

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_debitur	int	11	Id Debitur
2	Nama	varchar	30	Nama debitur
3	Alamat	text		Alamat
4	No_telp	char	12	No telpon
5	Email	varchar	20	Email
6	Fax	char		Fax
7	Saldo_terakhir	int	11	Saldo terakhir

Tabel 2 Struktur tabel Penjualan

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_penjualan	int	11	Id penjualan
2	Id_debitur	int	11	Id debitur
3	Tgl	Date		Tgl penjualan
4	Total_rp	int	11	Total rupiah
5	Termin_1	int	11	Potongan
6	Termin_2	int	11	Batas tgl potongan
7	Termin_3	int	11	Batas tgl bayar
8	Keterangan	Text		Keteranga

Tabel 3 Struktur tabel Detail Penjualan

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_penjualan	int	11	Id penjualan
2	Id_detjual	Int	11	Id detail penjualan
3	Id_barang	int	11	Id barang
4	Jml	int	11	Jumlah

Tabel 4 Struktur tabel Retur Penjualan

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_retur	int	11	Id retur
2	Id_penjualan	Int	11	Id penjualan
3	Tgl_retur	Date		Tgl retur
4	Total_rp	int	11	Total rupiah

Tabel 5 Tabel Detail Retur penjualan

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_det_retur	int	11	Id detail retur
2	Id_retur	int	11	Id retur
3	Id_barang	int	11	Id barang
4	Jml	int	11	Jumlah

Tabel Angsuran digunakan untuk merekam data angsuran piutang debitur. Tabel ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Struktur tabel Angsuran

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_angsuran	int	11	Id angsuran
2	Tgl_angs	Date		Tgl angsuran
3	Id_debitur	int	11	Id debitur
4	Keterangan	Text		Keterangan
5	Jumlah	int	11	Jumlah

Tabel Barang digunakan untuk merekam data barang. Tabel ini dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7 Struktur tabel Barang

No	Nama Field	Type	Lebar	Keterangan
1	Id_barang	int	11	Id barang
2	Nama_barang	varchar	30	Nama barang
3	Harga	int	11	Harga

Diagram konteks atau DFD level 0 dari sistem dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Konteks

**PEMBAHASAN**

Hasil pemebuatan program unuk sistem aplikasi akuntansi untuk sistem piutang meliputi beberapa tampilan menu aplikasi sesuai dengan fungsinya masing-masing, seperti misalnya aplikasi untuk entri data, proses transaksi dan lapooran-laporan output. Proses entri data meliputi entri data debitur, entri data barang. Proses transaksi meliputi proses transaksi penjualan, transaksi retur dan proses angsuran. Proses output meliputi pembuatan laporan-laporan Kartu Piutang, Laporan Piutang, Surat Pernyataan Piutang, Analisa Umur

Piutang, Data Barang, Data Debitur, dan Laporan Penjualan.

Tampilan pada halaman utama terdapat beberapa sub menu antara lain input, Transaksi dan Output, Tampilan menu utama dapat dilihat pada Gambar 2.

PERANCANGAN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI UNTUK SISTEM PIUTANG



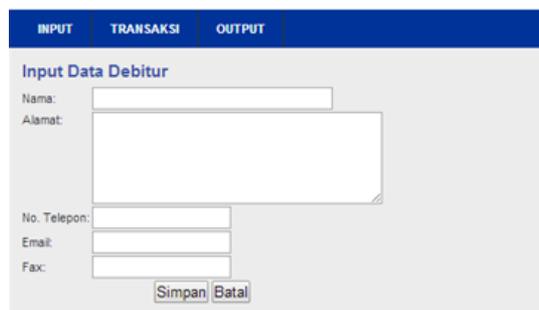
Gambar 2. Halaman Utama

Proses sistem aplikasi ini diawali dengan mengintrikan data-data Barang, debitur dan data penjualan barang ke konsumen. Hasil Tampilan proses entri data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Menu Input

Input Data Debitur, proses entri data dapat dilihat pada Gambar 4. Tampilan ini berfungsi sebagai sarana untuk memasukan data debitur.



Gambar 4. Input Data Debitur

Proses input data barang. Proses input data barang dapat dilihat pada Gambar 5. Menu ini berfungsi sebagai media untuk memasukan data barang dagangan



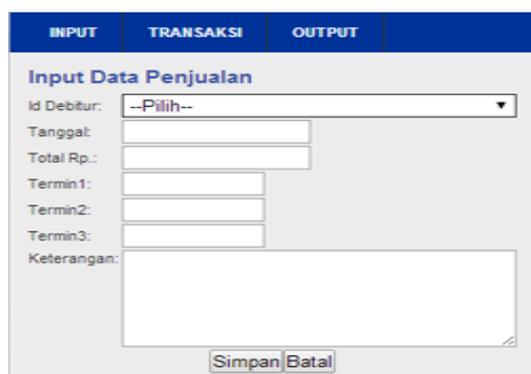
Gambar 5. Input Data Barang

Proses Transaksi. Proses setelah entri data selesai dilanjutkan dengan proses inti dari sistem aplikasi ini. Proses tersebut yaitu proses Transaksi. Proses Transaksi ini meliputi 3 proses utama yaitu proses Transaksi Penjualan, Retur Penjualan dan Angsuran



Gambar 6. Transaksi

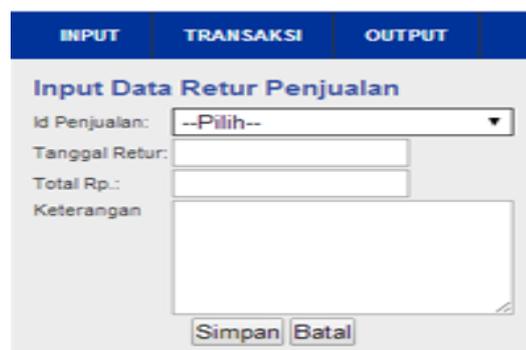
Transaksi Penjualan, berfungsi sebagai sarana untuk mengelola transaksi penjualan. Transaksi ini akan menyimpan data-data penjualan dari seorang debitur dengan mengentrikan pembelian dari beberapa kali pembelian (termin). Tampilan transaksi penjualan dapat dilihat di Gambar 7



Gambar 7. Transaksi Penjualan

Transaksi Retur Penjualan, Berfungsi sebagai sarana untuk mengelola transaksi retur penjualan. Transaksi ini untuk mengolah data-data barang yang

di kembalikan oleh debitur ke perusahaan karena barang tersebut mengalami kerusakan. Data yang diinputkan meliputi id penjualan, tanggal, total uang dan keterangan. Tampilan transaksi retur penju,an dapat dilihat di Gambar 7.



Gambar 8. Transaksi Retur Penjualan

Proses Transaksi Angsuran Debitur, berfungsi sebagai sarana untuk mengelola transaksi angsuran debitur. Pada menu ini akan diinputkan data angsuran yang meliputi tanggal angsuran, id debitur, id penjualan dan jumlah. Tampilan transaksi angsuran debitur dapat dilihat di Gambar 9.



Gambar 9. Transaksi Angsuran Debitur

Menu Output Pada menu ini terdapat Tujuh Output yaitu Rekening Kartu Piutang, Piutang, Surat Pernyataan Piutang, Analisa Umur Piutang, Data barang, Data debitur, Laporan Penjualan. Tampilan menu output dapat dilihat pada Gambar 10.

Kartu Piutang Berfungsi untuk merekam mutasi piutang tiap debitur. Tampilan menu Kartu piutang dapat dilihat di Gambar 11. Laporan Rekening Piutang, Berfungsi untuk mencatat mutasi semua piutang. Tampilan menu rekening piutang dapat dilihat di Gambar 12



Gambar 10. Menu Output

INPUT	TRANSAKSI	OUTPUT			
<b>KARTU PIUTANG</b>					
ID Debitur : 001					
Nama Debitur : Amir					
Tgl	Ket.	No. Bukti	Mutasi		SALDO
			Debet	Kredit	
1/2/14	Saldo				10.000.000
3/2/14	Penjualan		30.000.000		40.000.000
4/2/14	Retur			2.000.000	38.000.000
10/2/14	Angsuran 1			10.000.000	28.000.000
20/2/14	Angsuran 2			10.000.000	18.000.000
Jumlah					18.000.000

Gambar 11. Kartu Piutang

INPUT	TRANSAKSI	OUTPUT			
<b>REKING PIUTANG</b>					
Tgl	Ket.	No. Bukti	Mutasi		SALDO
			Debet	Kredit	
1/2/14	Saldo				15.000.000
3/2/14	Penjualan		30.000.000		45.000.000
4/2/14	Utang			2.000.000	43.000.000
8/2/14	Penjualan		15.000.000		58.000.000
10/2/14	Angsuran 1			10.000.000	48.000.000
20/2/14	Angsuran 2			10.000.000	38.000.000
Jumlah					38.000.000

Gambar 12. Rekening Piutang

Surat Pernyataan Piutang , Berfungsi untuk menyatakan saldo piutang seorang debitur dan akan dikirimkan ke debitur sehingga debitur bisa memberikan tanggapan atas pernyataan piutang yang diterima oleh debitur. Tampilan menu surat pernyataan piutang dapat dilihat di Gambar 13.



Gambar 13. Surat Pernyataan Piutang

Analisa Umur Piutang , berfungsi untuk mengetahui umur piutang semua debitur sehingga terlihat berapa saldo yang belum menunggak dan berapa saldo yang sudah menunggak. Tampilan menu analisa umur piutang dapat dilihat di Gambar 13.

INPUT	TRANSAKSI	OUTPUT						
<b>Analisa Umur Piutang</b>								
No	Nama	Saldo	Belum Menunggak	Menunggak				
				1 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	>81
1.	Amir	18.000.000	10.000.000	5.000.000	3.000.000	-	-	-
2.	Budi	20.000.000	15.000.000	-	5.000.000	-	-	-

Gambar 14. Analisa Umur Piutang  
Laporan Data Debitur, Berfungsi untuk melaporkan data debitur. Tampilan laporan data debitur dapat dilihat di Gambar 15

INPUT	TRANSAKSI	OUTPUT					
<b>Daftar Debitur</b>							
No	Nama Debitur	Alamat	Telepon	Email	Fax	Saldo Terakhir	Aksi
1.	Amir	Klaten	085702364887	amir_88@gmail.com	0274111	18.000.000	

Gambar 15. Data Debitur

Laporan Penjualan, berfungsi untuk melaporkan transaksi penjualan yang sudah dientrikan berdasarkan tanggal. Tampilan menu Laporan Penjualan dapat dilihat di Gambar 16.

INPUT	TRANSAKSI	OUTPUT
<b>LAPORAN TRANSAKSI PENJUALAN</b>		
Tanggal	Keterangan	Jumlah
03/02/2014	Penjualan	30.000.000
04/02/2014	Retur	- 2.000.000
08/02/2014	Penjualan	15.000.000
Jumlah		43.000.000

Gambar 16. Laporan Penjualan

### KESIMPULAN

Sistem Informasi Akuntansi untuk Sistem Piutang yang telah dibangun dapat digunakan oleh pemilik perusahaan untuk mencatat terjadinya mutasi piutang yaitu berkurangnya piutang serta bertambahnya piutang. Sistem ini dapat menghasilkan laporan utama yang dibutuhkan pemilik perusahaan dalam mengelola piutangnya yaitu rekening piutang, kartu piutang, surat pernyataan piutang dan analisa umur piutang.

### DAFTAR PUSTAKA

Ananta Raditya Murti, 2012, *Sistem Informasi Akuntansi Dan Pengendalian Piutang Pada PT. Kusumantara Graha Jayatrisna*, Portalgaruda.Org, Surabaya

- Endang Wahyuningsih, 2008, *Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Untuk Sistem Pembelian dan Penjualan*, Procceding SRITI, Yogyakarta.
- Krismiaji, 2010, *Sistem Informasi Akuntansi*, UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Mulyadi, 2010, *Sistem Akuntansi*, Penerbit Salemba Empat, Jakarta,
- O'Brien J.A., 2005, *Introduction To Information Systems*, McGraw-Hill Companies.
- Raghu Ramakrishnan, 2009, *Sistem Manajemen Database*, Diterjemahkan oleh Tim Penerjemah ANDI, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Whitten J.L., 2004, *Metode Desain dan Analisis Sistem*, Diterjemahkan oleh Tim Penerjemah ANDI, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Zaki Baridwan, 2008, *Intermediate Accounting*, BPFE, Yogyakarta

## REKAYASA DATABASE TERDISTRIBUSI PADA LAYANAN PEMESANAN TIKET PESAWAT TERBANG

Febri Nova Lenti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>STMIK AKAKOM Yogyakarta

Masuk: 3 Oktober 2013, revisi masuk: 12 Januari 2014, diterima: 2 Februari 2014

### ABSTRACT

*Distributed database allows users at each location are dispersed can access data stored in another location. Advantages compared with a web-based database is if a database failure at one location then not will disable all other database operations. In addition, a distributed database has the readability of the data better than the centralized database, for the reason each site only handle a portion of the entire database, resulted in an difference to service the CPU and I/O such as the characteristics of the centralized database. The airlines as an organization that has branches and sales agents scattered in a few places if you want to always maximize service to its customers, it would be very appropriate if you are using a distributed database in a ticket booking transaction services. In this paper will be engineering a distributed database on tickets booking services. Implementation is done by applying a distributed database replication and applications performed using a sequential process model with object-oriented paradigm. Final result of the application of an airplane ticket booking services based distributed database that will improve the performance of the services.*

**Keywords** : *distributed databases, database replication, site, centralized database, the master, slave, UML*

### INTISARI

Database terdistribusi memungkinkan pengguna pada masing-masing lokasi yang tersebar dapat mengakses data yang disimpan pada lokasi lain. Kelebihannya dibanding dengan database yang berbasis web adalah kegagalan database pada satu lokasi tidak akan mematikan seluruh operasional database yang lain. Di samping itu database terdistribusi memiliki kecepatan dalam pengaksesan data yang lebih baik dibandingkan dengan database tersentralisasi karena masing-masing site hanya menangani sebagian saja dari keseluruhan database, sehingga beban pelayanan CPU dan I/O lebih rendah. Perusahaan penerbangan sebagai suatu organisasi yang mempunyai cabang dan agen penjualan yang tersebar di beberapa tempat jika ingin memaksimalkan layanan terhadap pelanggannya, maka akan sangat tepat jika menggunakan database terdistribusi dalam layanan transaksi pemesanan tiketnya. Pada makalah ini akan dilakukan rekayasa database terdistribusi pada layanan pemesanan tiket pesawat terbang. Implementasi database terdistribusi dilakukan dengan menerapkan replikasi database dan rekayasa aplikasi dilakukan menggunakan model proses sequential dengan paradigma berorientasi obyek. Hasil akhir berupa aplikasi layanan pemesanan tiket pesawat terbang berbasis database terdistribusi.

**Kata kunci**: database terdistribusi, replikasi database, site, database tersentralisasi, master, slave, UML.

### PENDAHULUAN

Motivasi utama dibelakang dari pada pengembangan sistem database adalah keinginan usaha untuk menyatukan data operasional suatu organisasi dan mengaksesnya secara terkontrol. Selama ini yang paling umum dikem-

bangkan adalah implementasi integrasi dan kontrol data dalam bentuk tersentralisasi (database tersentralisasi). Adanya perkembangan pada jaringan komputer menghasilkan suatu bentuk desentralisa-

---

<sup>1</sup> [febri@akakom.ac.id](mailto:febri@akakom.ac.id)

si. Pendekatan desentralisasi ini dapat digambarkan sebagai suatu organisasi yang memiliki banyak kantor cabang dimana setiap cabang tersebut mengoperasikan datanya secara sendiri sendiri. Data yang digunakan secara bersama sama dan efisiensi dalam pengaksesan data harus juga diiringi dengan perkembangan dari sistem data base yang merupakan refleksi dari struktur organisasi sehingga data dapat diakses dimana saja dan melakukan penyimpanan data di lokasi yang memang data tersebut paling sering digunakan. Dan database terdistribusi adalah merupakan jawabannya karena database terdistribusi ini dapat mengatasi sekumpulan permasalahan informasi seperti masalah geografi, masalah arsitektur komputer dan masalah protokol komunikasi.

Pada kasus pemesanan tiket pesawat terbang jika layanannya diimplementasi dalam database tersentralisasi maka ada kemungkinan gangguan terjadi pada lamanya proses pelayanan pemesanan maupun pembelian sebuah tiket pesawat. Hal ini dikarenakan database tersentralisasi diakses oleh beberapa agen secara bersamaan, sehingga akan mengakibatkan lamanya proses transaksi.

Kelemahan terhadap database tersentralisasi akan sedikit teratasi jika proses transaksi diproses terhadap database cabang yang kemudian data pada database cabang tersebut akan disinkronkan dengan database pusat, dengan kata lain beban transaksi akan lebih ringan karena transaksi diproses di database lokal bukan di database pusat.

Penelitian sejenis pernah dilakukan oleh Mubarak dkk (Mubarak, 2012) yang meneliti pengembangan sebuah Data Center yang bekerja secara otomatis dengan menggunakan metode Replikasi Basis Data Terdistribusi. Pada penelitian ini server pada sisi *client* melakukan proses pendistribusian data dan replikasi dari basisdata SKPD (Sistem Kepegawaian Pemerintah Daerah) ke basisdata Data Center sehingga dapat membantu pihak pemerintah daerah dalam penyatuan data dan akses data. Darwis (Darwis, 2012) juga melakukan

penelitian mengenai implementasi Basis Data Terdistribusi Menggunakan MySQL pada PT Thamrin Brothers Palembang suatu perusahaan dealer utama Yamaha yang memiliki dealer dealer cabang. Oleh sebab itu disini akan di lakukan rekayasa database terdistribusi yang diimplementasikan pada aplikasi layanan pemesanan tiket pesawat terbang.

## METODE

Rekayasa dilakukan dengan dua tahap yaitu analisis dan perancangan aplikasi dan analisis dan perancangan database terdistribusi. Analisis dan perancangan aplikasi dilakukan dengan menggunakan model proses sequential linear dengan paradigma berorientasi obyek. Pressman [Pressman, 1997] menyatakan bahwa: pengembangan perangkat lunak dengan pendekatan sekuensial dilakukan dengan tahapan tahapan analisis, desain, pengkodean, pengujian dan pemeliharaan.

Paradigma berorientasi obyek dalam rekayasa perangkat lunak memandang sistem sebagai kumpulan obyek-obyek diskrit yang saling berinteraksi satu sama lain.

Edward Berard [Berard, 1993] mencatat bahwa manfaat dari teknologi berorientasi obyek akan optimal jika sedari awal dan selama proses rekayasa perangkat lunak diterapkan. Penerapan paradigma berorientasi obyek harus dipertimbangkan terhadap rangkaian proses rekayasa perangkat lunak secara keseluruhan. Jika hanya menggunakan pemrograman berorientasi obyek (OOP) saja tidak akan menghasilkan hasil yang terbaik. Perekayasa perangkat lunak juga harus mempertimbangkan penggunaan beberapa paradigma berorientasi obyek yang lain seperti analisis kebutuhan berorientasi obyek (OORA), desain berorientasi obyek (OOD), analisis domain berorientasi obyek (OODA), sistem data base berorientasi obyek (OODBMS) dan alat bantu/utilitas rekayasa perangkat lunak yang berorientasi obyek (OOCASE).

Oleh karena itu sebelum di implementasikan dalam OOP, sistem akan dianalisis dan didesain menggunakan OORA dan OOD. Bahasa pemodelan yang digunakan adalah UML (*Unified*

*Modelling Language*). UML adalah bahasa pemodelan yang standar untuk lingkungan berorientasi obyek, yang berisi notasi notasi grafis yang relative sudah dibakukan (*open standard*). Munawar [Munawar, 2005] mengatakan: Paling tidak ada tiga karakter penting yang melekat pada UML, yaitu sketsa, cetak biru dan bahasa pemrograman. Sebagai sebuah sketsa, UML bisa berfungsi sebagai jembatan dalam mengkomunikasikan beberapa aspek dari sistem. UML bisa juga berfungsi sebagai cetak biru karena sangat lengkap dan detail. Dengan cetak biru ini maka akan bisa diketahui informasi detail tentang *coding* program (*forward engineering*) atau bahkan membaca program dan menginterpretasikannya kembali ke dalam diagram (*reverse engineering*). Sebagai bahasa pemrograman, UML dapat menterjemahkan diagram yang ada di UML menjadi code program yang siap untuk dijalankan.

Beberapa diagram yang umum ada dalam pemodelan UML adalah sebagai berikut :Diagram Use case, Diagram Sequence dan Diagram Kelas.

**PEMBAHASAN**

Kebutuhan aplikasi meliputi kebutuhan input, proses dan output sebagai berikut: Kebutuhan input meliputi ; identitas user, data-data tiket, data-data penerbangan, data-data pesawat, data-data pelanggan, data-data transaksi  
Kebutuhan proses meliputi ; pengolahan data, transaksi pemesanan, validasi dan proses laporan. Kebutuhan output meliputi ; bukti pemesanan

Perancangan aplikasi dimodelkan menggunakan UML. UML ini mendeskripsikan obyek, proses, aturan dan hubungan antar obyek yang terjadi pada system. Adapun diagram UML yang digunakan adalah Diagram usecase, Diagram Sequence dan Diagram *Class*.

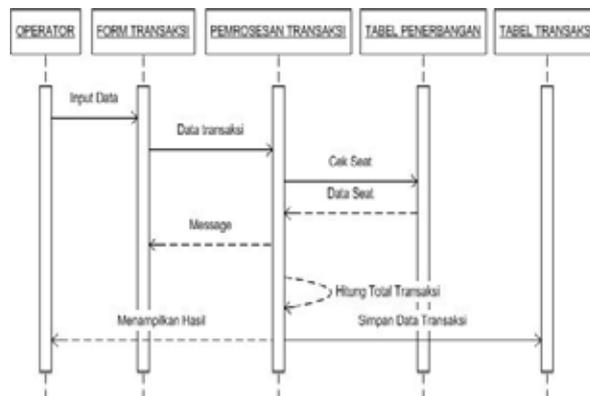
Diagram Use case aplikasi ditunjukkan oleh Gambar 3.1. Pada gambar 3.1 ditunjukkan bagaimana perilaku actor yang terdiri dari operator dan manager pada sistem.

Sequence diagram mengambarkan interaksi antar obyek di dalam dan di sekitar obyek yang digambarkan dalam

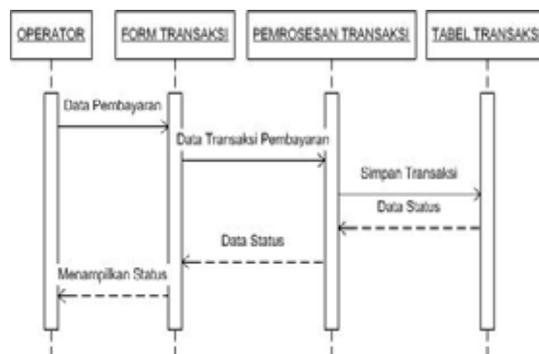
suatu urutan waktu Sequence diagram untuk usecase melakukan transaksi dan usecase membayar ditunjukkan oleh Gambar 3.2 dan. 3.3. Diagram ini juga memperlihatkan tahap demi tahap apa yang seharusnya terjadi untuk menghasilkan sesuatu didalam *Use case*.



Gambar 3.1. Diagram Use case



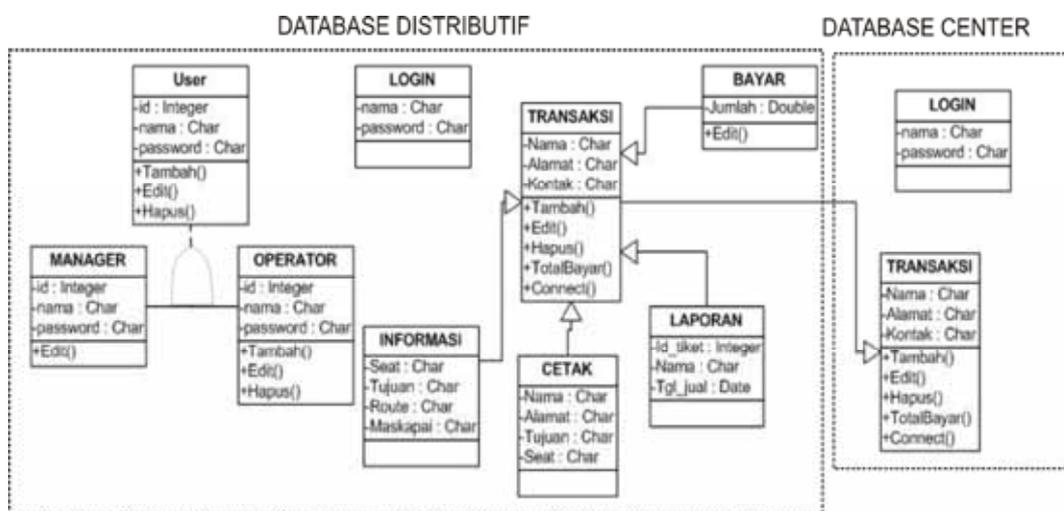
Gambar 3.2 Sequence Diagram untuk use case Melakukan Transaksi



Gambar 3.3. Sequence Diagram untuk use case Membayar

Aplikasi ini memiliki 11 class yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. yang juga menggambarkan struktur dan deskripsi class, package dan objek beserta

hubungan satu sama lain seperti pewarisan dan *instant connection*



Gambar 3.4 Class Diagram

Database terdistribusi adalah kumpulan data yang digunakan bersama dan mempunyai hubungan secara logika tersebar secara fisik dalam jaringan komputer. Pengguna mengakses basis data terdistribusi dengan menggunakan dua aplikasi yaitu aplikasi lokal dan aplikasi global.

Ada dua macam teknologi yang di gunakan untuk membangun sebuah database terdistribusi. Yang pertama adalah synchronous distributed database technology dimana data yang terhubung pada suatu jaringan akan selalu ter-update sehingga user pada beberapa tempat dapat mengakses data. Sedangkan teknologi yang lain yaitu asynchronous distributed database technology di mana sistem akan menyediakan suatu *copy* dari replikasi data pada beberapa node sehingga *local server* dapat mengakses data tanpa harus keluar dari jaringan lokal. Metode yang biasa di gunakan yaitu *Replication* serta *circular Replication*.

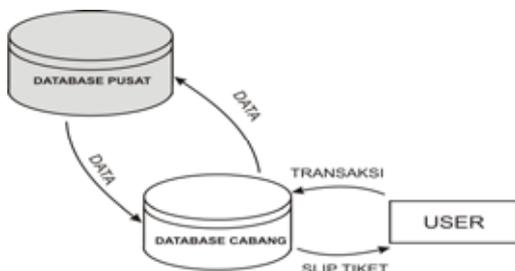
Replikasi adalah suatu teknik untuk melakukan *copy* dan pendistribusian data dan obyek-obyek database dari satu database ke database lain dan melaksanakan sinkronisasi antara database sehingga konsistensi data dapat terjamin. Dengan menggunakan teknik

replikasi ini, data dapat didistribusikan ke lokasi yang berbeda melalui koneksi jaringan lokal maupun internet.

Pada aplikasi ini yang dipakai adalah *asynchronous distributed database technology* dengan metode replikasi, karena: a). *Reliability*. jika sebuah sistem yang menyimpan suatu database me-ngalami kerusakan maka sistem lain dapat menemukan *copy* dari data-base yang di maksud pada node yang lain yang tidak mengalami kerusakan sistem karena database di simpan pada beberapa node. b). *Fast response*. setiap site mempu-nyai *copy* dari database sehingga proses query data dapat berjalan lebih cepat. c). *Node decoupling*. setiap transaksi data bisa di proses tanpa koordinasi antar jaringan sehingga jika sebuah node sibuk atau mengalami kesalah-an maka akan ada sistem tersendiri yang menangani koordinasi antar data. d) *Reduced network traffic at prime time*. kemampuan sistem untuk memindahkan transaksi database pada jaringan yang sedang tidak sibuk atau berfungsi dengan tidak sebagaimana mestinya.

Replikasi ini diimplementasikan pada DBMS MySQL versi v5.0.24a. Replikasi database adalah suatu teknik melakukan *copy* dan pendistribusian data

dan obyek-obyek database dari satu database ke database lain dan melaksanakan sinkronisasi antara database sehingga konsistensi data dapat terjamin.



Gambar 3.5 Pemodelan Replikasi Database

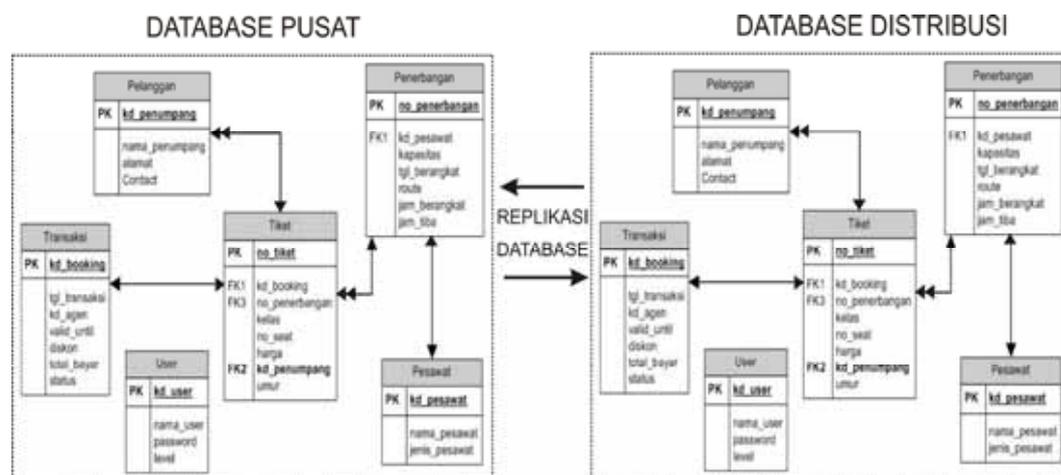
Gambar 3.5 di atas menunjukkan pemodelan replikasi database, dimana terdapat 2 buah database yaitu database pusat dan database cabang. Data dalam database cabang akan mereplikasi atau mengkopikan datanya ke database pusat sehingga kedua database server tersebut akan saling berbagi data. Dan ketika database cabang mengalami down maka database pusat akan tetap melakukan eksekusi terhadap database cabang, dan ketika database cabang sudah kembali normal, maka akan segera mengkopikan semua transaksi yang sudah dieksekusi

di database pusat. itulah maksud dari garis panah bolak-balik pada kedua database. Perancangan Tabel Pusat Dan Distributif.

Perancangan database yang akan diimplementasikan dalam sistem antara database pusat dan database terdistribusi adalah sama dalam artian kedua database tersebut identik. Hal ini dikarenakan dalam perancangan class diagram, class transaksi mencakup di kedua database, sehingga akan melibatkan semua tabel dalam database distribusi ke dalam database pusat.

Dalam penyusunan suatu program basis data diperlukan adanya kelengkapan komponen yang mendukungnya, antara lain tabel dalam kesatuan database. Rancangan tabel dan relasi tabel baik tabel pusat maupun tabel terdistribusi ditunjukkan pada Gambar 3.6

Proses Replikasi Database, proses ini adalah proses dimana setting antara 2 database server yang berbeda sehingga akan terdapat proses replikasi atau pengkopian dan pengelolaan obyek-obyek dari database yang membentuk suatu sistem database terdistribusi.



Gambar 3.6 Relasi antar Tabel Keterangan: PK = Primary Key (Kunci Utama)  
FK = Foreign Key (kunci tamu)

Terdapat 2 buah komputer yang mana yang satu berperan sebagai master dan yang lain berperan sebagai slave. Pada komputer master, sisipkan beberapa

setting di my.ini pada Mysql pada komputer master (ip address:192.168.0.1):  
Server -id: 1; Log-bin: mysql-bin; Log-

```
slave-updates;Replicare-do  
db=tiket_pesawat*
```

Pada komputer slave, sisipkan beberapa setting di my.ini pada mysql pada komputer slave (ip address: 192.168.0.2): Server -id: 2; Log-bin: mysql-bin; Log-slave-updates; Replicare-do-db=tiket\_pesawat\*

Tambahan setting replicate-do-db boleh disertakan ataupun tidak, jika tidak disertakan, berarti bahwa proses replikasi akan dilakukan kepada seluruh database dalam database server master. Jika menggunakan, maka hanya akan mereplikasi hanya 1 database saja. Jika menginginkan untuk mereplikasi dengan 1 arah, maka pada komputer master perintah replicate-do-db digantikan dengan bin-log-do-db dan diikuti dengan nama tabel. Sedangkan untuk setting komputer slave masih menggunakan perintah yang sama.

Setelah semua setting pada file my.ini selesai, maka selanjutnya adalah setting pada command mysql. Kemudian masuk kedalam mysql command: Memastikan bahwa service mysql berjalan. Dan juga membuat user baru yang akan memberikan akses kepada mesin master dapat berkomunikasi dengan mesin slave. Grant replication slave on \*.\* to 'admin'@'%' identified by 'admin';

Flush privileges; Dilakukan proses pembacaan status dari log (perlu dicatat untuk nama dari log dan posisi), maka dilakukan perintah sebagai berikut: a). Use tiket\_pesawat; Flush tables with read lock; Show master status; Unlock tables;

Karena komputer 1 akan menjadi slave dari komputer 2, maka perlu dilakukan perubahan konfigurasi master yang akan menjadikan database saling terhubung. Untuk perintah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

```
Change master to  
Master_host='192.168.0.2',  
Master_user='admin',  
Master_password='admin',  
Master_log_file='mysql-bin.000012',  
Master_log_pos=143;
```

Semua perintah diatas juga berlaku untuk komputer slave, hal itu dilakukan jika menginginkan kedua komputer tersebut terhubung 2 arah. Jika hanya menginginkan hanya 1 arah maka salah satu komputer saja yang disisipkan perintah di atas.

## KESIMPULAN

Database terdistribusi dengan menggunakan replikasi database pada MySQL v5.0.24a dapat diimplementasikan dengan baik pada layanan pemesanan tiket pesawat terbang.

Replikasi database akan menyediakan *back up* data pada database lokal sehingga akan menjamin data tetap valid dan konsisten.

## DAFTAR PUSTAKA

- Berard, E.V., 1993, *Essays on Object-Oriented Software Engineering*, Addison-Wesley
- Efri Darwis, Merry Agustina, A. .Mutaqin Bakti, M.M., 2012, *Implementasi Basis Data Terdistribusi Menggunakan My SQL Pada PT Thamrin Brothers Palembang*, [http://blog.binadarma.ac.id/mutakin/wp-content/uploads/2012/10/08142341\\_journal\\_new.pdf](http://blog.binadarma.ac.id/mutakin/wp-content/uploads/2012/10/08142341_journal_new.pdf)
- Munawar, 2005, *Pemodelan Visual Dengan UML*, Graha Ilmu
- Pressman, R.S. 1997, *Software Engineering A Practitioner's Approach*, Fourth Edition, McGraw Hill
- Ramakrishnan, R., 2004, *Sistem Manajemen Database*, Penerbit Andi, Yogyakarta

## ANALISIS KAPASITAS UPLINK DAN DOWNLINK SISTEM SELULAR WCDMA ATAS KETIDAKSEMPURNAAN SEKTORISASI SEL

Gatot Santoso<sup>1</sup>, Samuel Kristiyana<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 14 Desember 2013, revisi masuk: 11 Januari 2014, diterima: 3 Februari 2014

### ABSTRACT

*In this research analyzes the connection Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) for uplink and downlink with imperfect sectorization. Because all channels are on the same frequency, so when the active user increases, the performance of system will decrease. In other words, it causes the capacity of system will decrease. In CDMA terminology, the other frequency of Mobile Station (MS) will get effect to the active MS. The co-channel interference can be decrease with splitting the cell into several sectors. It is called the sectorization. But the sectorization can work well because the antenna radiation can't make the perfect angle and also there is existence of side lobe of radio frequency. The results show, the imperfect sectoration overlap angle between each neighboring sector decreases the capacity system cause more interference to overlapping sector pair. The knowledge gained is to reduce the large overlap angle and we can make the prediction the loss in cell capacity caused by interference.*

**Keywords:** *uplink, downlink, WCDMA, Celular System*

### INTISARI

Penelitian ini membahas analisa koneksi *Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) untuk arah *uplink* dan *downlink* dengan ketidak sempurnaan sektorisasi. Karena semua kanal komunikasi menggunakan pita frekuensi yang sama, jika jumlah pengguna yang aktif bertambah performansi sistem akan menurun, hal ini akan langsung mengakibatkan penurunan kapasitas. Dalam terminologi CDMA suatu *Mobile Station* (MS) menganggap MS yang lain sebagai sumber interferensi yang mengganggu sinyal yang dikirimkannya. Interferensi dari pengguna lain yang berasal dari sel lain yang berdekatan dapat dikurangi dengan membagi sebuah sel menjadi beberapa sektor yang disebut dengan sektorisasi, namun pembagian sektor tidak dapat sempurna sekali karena sifat radiasi antena tidak dapat membentuk sudut secara lurus serta adanya *sidelobe* gelombang radio. Dari hasil analisa menunjukkan, ketidak sempurnaan sektorisasi sel yang ditunjukkan dengan adanya *sudut overlap* antar sektor mengakibatkan penurunan kapasitas sistem karena menimbulkan tambahan interferensi pada sektor yang *dioverlap*. Dengan mengetahui pengaruh sektorisasi yang tidak sempurna, pada perancangan sistem diharapkan dapat menjaga agar antena per sektor tidak memiliki sudut *overlap* yang besar serta dapat memperkirakan kerugian pada kapasitas sel yang disebabkan oleh interferensi tersebut.

**Kata kunci:** *uplink, downlink, WCDMA*

### PENDAHULUAN

*Wideband Code Division Multiple Access* (WCDMA) merupakan pengembangan dari teknologi CDMA yang digunakan untuk keperluan komunikasi pada sistem militer Amerika Serikat.

WCDMA sebagai dasar teknologi akses radio *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) karena

WCDMA memiliki beberapa kelebihan antara lain *bandwidth* yang lebih lebar, kecepatan transmisi yang lebih tinggi, kapasitas kanal yang lebih besar, kemampuan kontrol daya yang lebih baik dan kecepatan transmisi yang tinggi membuat WCDMA menunjang teknologi multimedia dengan kecepatan data yang mampu disupport sampai dengan 2 Mbps

---

<sup>1</sup>[gatsan@akprind.ac.id](mailto:gatsan@akprind.ac.id)

Masalah utama pada WCDMA adalah interferensi yang ditimbulkan oleh pengguna jamak (*multi-user interference*). Karena semua kanal komunikasi menggunakan pita frekuensi yang sama, maka jika jumlah pengguna yang aktif bertambah performansi sistem akan menurun, hal ini akan langsung mengakibatkan penurunan kapasitas. Dalam terminologi CDMA suatu *Mobile Station* (MS) menganggap MS yang lain sebagai sumber interferensi yang mengganggu sinyal yang dikirimkannya. Untuk itu telah dilakukan beberapa penelitian untuk meningkatkan kapasitas sistem CDMA diantaranya dengan sektorisasi sel (S.Gilhousen, 1991).

Kapasitas sistem dibatasi oleh besarnya interferensi yang terjadi pada sel tersebut, baik yang berasal dari sel itu sendiri (interferensi intra-sel) maupun yang berasal dari sel-sel yang lain (interferensi inter-sel). Interferensi dari pengguna lain yang berasal dari sel lain yang berdekatan dapat dikurangi dengan membagi sebuah sel menjadi beberapa sektor yang disebut dengan sektorisasi. Antena sektor tidak akan menerima sinyal diluar *pattern* antenanya. Namun pembagian sektor tidak dapat sempurna sekali karena sifat radiasi antena tidak dapat membentuk sudut secara lurus serta adanya *sidelobe* gelombang radio yang mengganggu sektor lain.

Penelitian yang dilakukan pada (Tri Agus Djoko. K, 2000) menganalisa kapasitas WCDMA. Kapasitas yang dianalisa adalah untuk arah *downlink* dan *uplink*. Ramjee Prasad pada bukunya, membahas tentang sektorisasi dan ketidaksempurnaan sektorisasi sel. Pada makalah ini dilakukan penelitian untuk sistem selular WCDMA yaitu menganalisa kapasitas sistem dengan ketidaksempurnaan sektorisasi sel untuk arah *uplink* dan *downlink*.

Berdasarkan latar belakang dari yang telah diuraikan, rumusan masalah yang akan diteliti adalah bagaimana kapasitas koneksi kedua arah yaitu arah *uplink* pada sistem WCDMA yaitu dari *Mobile Station* (MS) ke *Base Station* (BS) dan arah *downlink* yaitu dari BS ke MS dengan adanya ketidaksempurnaan sektorisasi sel. Dimana pada saat peran-

cangan faktor utama yang diprioritaskan adalah memperoleh kapasitas sistem sebesar mungkin dengan tetap mempertahankan kualitas komunikasi yang telah ditentukan. Kapasitas koneksi adalah ukuran dari kapasitas menyangkut jumlah para pengguna maksimum yang dapat secara serempak diakomodasikan dengan kualitas tertentu pada setiap sel. Dalam analisa diasumsikan tidak terjadi gangguan dari sistem CDMA lainnya (misalnya *Narrowband* CDMA dan pelanggan menyebar secara merata ke seluruh sel.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisa secara matematis kapasitas koneksi *uplink* dan *downlink* sistem WCDMA yang dipengaruhi oleh ketidaksempurnaan sektorisasi sel.

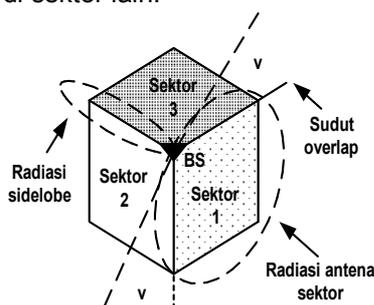
Konsep WCDMA dimulai dengan adanya sistem penyebaran frekuensi (*spread spectrum*). Pada umumnya suatu sistem komunikasi dirancang untuk mencapai efisiensi komunikasi yang optimal dengan menggunakan energi sinyal dan lebar pita yang dialokasikan. Salah satu metode *spread spectrum* yang banyak digunakan adalah *direct sequence spread spectrum* (DSSS) yang merupakan metode yang dibahas pada penelitian ini.

## METODE

Kendala yang ada pada sistem WCDMA adalah interferensi pengguna banyak (*multi user interference*). Karena semua pengguna menggunakan pita frekuensi yang sama, perbandingan antara sinyal dan interferensi (*signal-to-interference ratio*, SIR) serta unjuk kerja akan menurun seiring dengan bertambahnya pengguna. Dengan demikian tampak bahwa WCDMA adalah sistem yang dibatasi oleh interferensi.

Interferensi dari pengguna lain yang berasal dari sel yang berdekatan dapat dikurangi dengan membagi sebuah sel menjadi beberapa sektor yang disebut dengan sektorisasi. Pembagian sel menjadi beberapa sektor memiliki tujuan untuk menambah kapasitas kurang lebih sebanyak  $n$ -kali jumlah sektor, tergantung pada tingkat kesempurnaan antena setiap sektor (William C. Y. Lee, 1991), faktor tersebut disebut penguatan (*gain*)

sektorisasi. Pada Gambar 1,  $v$  adalah sudut *overlap* antar sektor. Sektorisasi sempurna ditunjukkan dengan sudut *overlap*  $v = 0^\circ$ . Namun pembagian sektor juga tidak dapat sempurna sekali karena sifat radiasi antenna tidak dapat membentuk sudut secara lurus serta adanya *sidelobe* gelombang radio yang mengganggu sektor lain., semakin besar sudut *overlap*,  $v$ , semakin kecil kapasitas yang mampu dilayani karena ada interferensi dari *user* di sektor lain.



Gambar 1. Daerah pelayanan Base Station dengan tiga sektor

Faktor daya interferensi selanjutnya disebut faktor koreksi interferensi akibat ketidak sempurnaan sektorisasi,  $f_s$  adalah perbandingan total daya interferensi dengan sektorisasi,  $P_{\text{sectorized}}$ , dibagi dengan total daya tanpa sektorisasi,  $P_{\text{non-sectorized}}$  (R. Prasad, 1966).

$$f_s \cong \frac{P_{\text{sectorized}}}{P_{\text{non-sectorized}}} = \left( \frac{1}{D} + \frac{2v}{360^\circ} \right) \quad (1)$$

dimana :

D = jumlah sektor

$v$  = sudut *overlap*

Dari persamaan (1), jelas terlihat jika  $v = 0$  diartikan bahwa sistem dengan sektorisasi sempurna dan kombinasi dari  $D = 1$  dan  $v = 0$  berarti sistem tanpa sektorisasi.

Pemodelan pada penelitian ini dimaksudkan untuk membuat suatu analisa awal dalam sistem. Pada WCDMA, model sistem yang diambil untuk pemrosesan *bit rate information* (R) dengan *energi to noise density* ( $E_b/N_0$ ), dan *bandwidth* (W), mempunyai hubungan (William C. Y. Lee, 1995).

Dari persamaan (2) terlihat hubungan bahwa, apabila *gain processing* (G) lebih besar dari interferensi (I) yang terjadi, maka *energi-to-noise ratio* ( $E_b/N_0$ ) akan lebih besar dari *carrier-to-interference ratio* (C/I).

$$\frac{E_b}{N_0} = \left( \frac{C}{I} \right) \left( \frac{W}{R} \right) = \left( \frac{C}{I} \right) \cdot G \quad \dots(2)$$

dimana G adalah *processing gain*, ( $G=W/R$ ) dan C/I adalah *carrier-to-interference ratio*.

Sedangkan *gain processing* lebih besar dari satu, maka nilai  $E_b/N_0$  selalu lebih besar dari C/I.

Dengan memperkirakan  $\zeta$  yang merupakan perbandingan interferensi dari sel lain terhadap sel yang dipertimbangkan, kemudian mengabaikan *background noise*, total rapat interferensi pada pengguna WCDMA adalah (Qualcomm, 1992) :

$$N_w \approx (1 + \zeta_u) \left( \frac{\alpha_w}{G_w} f_s K_w E_{bw} \right) \quad \dots(3)$$

dimana  $\alpha_w$  adalah faktor aktivitas suara,  $G_w$  adalah *gain processing*,  $E_{bw}$  adalah *bit* dari sinyal trafik,  $K_w$  adalah kapasitas sistem dan  $F_s$  adalah faktor koreksi sektorisasi.

Untuk menjaga kualitas transmisi yang cukup baik diterima di pelanggan, maka perbandingan rapat energi terhadap rapat *noise* yang diterima *receiver* harus lebih besar dari perbandingan antara rapat energi terhadap rapat *noise* yang dibutuhkan sistem WCDMA ( $\gamma_{bw}$ ) dan selanjutnya persamaan menjadi (L. Mendo, 2001) :

$$\frac{E_{bw}}{N_w} \geq \gamma_{bw} \quad \dots(4)$$

Dengan memasukkan persamaan (3) ke persamaan (4) didapat persamaan :

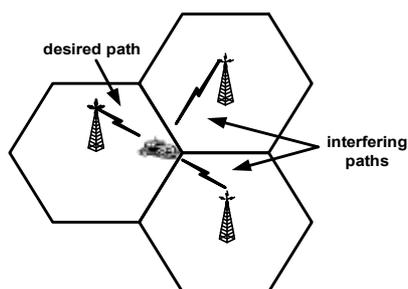
$$\gamma_{bw} \leq \left[ (1 + \zeta_u) \left( \frac{\alpha_w}{G_w} f_s K_w \right) \right]^{-1} \quad \dots(5)$$

Maka persamaan untuk kapasitas *uplink* sistem WCDMA didapat :

$$K_w \leq G_w \left[ \alpha_w f_s (1 + \zeta_u) \gamma_{bw} \right]^{-1} \quad \dots(6)$$

Pada sistem kanal *downlink*, transmisi sinyal dan daya dipancarkan dari BS ke MS secara kontinyu. Daya yang dipancarkan oleh BS merata ke seluruh lokasi.

Pada proses *downlink*, interferensi dapat terjadi pada pelanggan yang posisinya dekat ke BS maupun jauh dengan BS (diperbatasan sel). Pada kenyataannya terjadi interferensi lebih banyak pada pelanggan yang berada di perbatasan sel (jauh dari BS) daripada yang berada dekat BS. Dalam sistem hexagonal *network*, kasus interferensi terburuk apabila pengguna menerima sinyal dari 3 sel dengan alokasi frekuensi yang sama dengan yang digunakan oleh semua sel, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Interferensi geometri dari arsitektur tiga sel

Didalam sistem WCDMA, kanal *downlink* terdiri dari kanal *pilot*, kanal *sync*, kanal *paging* dan kanal trafik. Masing-masing kanal ini adalah *orthogonal*, *bit pilot* akan dimodulasikan oleh sinyal PN yang khusus dan dimultiplek dengan suara dan data trafik. Apabila diasumsikan bahwa setiap pelanggan menduduki *bandwidth* masing-masing dengan variabel  $B_w$  dan *gain processing*nya adalah  $G_w$ , maka hubungan antara daya maksimum sinyal trafik dan sinyal *pilot* adalah sebagai berikut (D.G. Jeong, 1998) :

$$\beta_w = \frac{B_w E_{cw}}{R_w E_{bw}} = G_w \frac{E_{cw}}{E_{bw}} \dots\dots(7)$$

dimana  $\beta_w$  adalah rasio dari daya sinyal *pilot* dengan maksimum daya sinyal

trafik.  $E_{cw}$  adalah energi *pilot chip* dan  $E_{bw}$  adalah *bit* dari sinyal trafik.

Pada sistem WCDMA, pada pelanggan terjadi interferensi sendiri dari pelanggan WCDMA (*self interference*) dan dinotasikan dengan  $I_u$ . Hal ini terjadi antara pelanggan yang berada di dekat sel dengan pelanggan yang berada jauh dari pusat sel. Jika  $\rho_w$  adalah rata-rata faktor dari kontrol daya pada sistem, maka interferensi diri ini sampai batas sel sesuai persamaan dibawah (D.G. Jeong, 1997) :

$$I_u \leq \frac{3E_{bw}(\alpha_w \rho_w f_s K_w + \beta_w)}{G_w} \dots(8)$$

Jika seluruh *user* terdistribusi secara uniform disetiap selnya, dan diasumsikan kontrol daya sempurna maka nilai  $\rho_w$  adalah 0,42 (D.G. Jeong, 1998). Pada kenyataannya, walaupun jika semua *user* terdistribusi secara uniform disetiap sel, rata-rata faktor kontrol daya lebih besar dari 0,42 karena loop kontrol daya di *downlink* kurang efektif dari yang ada di *uplink* (S.Gilhousen, 1991). Jika sistem tanpa kontrol daya maka  $\rho_w = 1$ .

Total rapat interferensi ( $N_w$ ) pada penerima sistem WCDMA adalah sebagai berikut (D.G. Jeong, 1997) :

$$N_w \leq (3 + \zeta_d) \left\{ \frac{E_{bw}(\alpha_w \rho_w f_s K_w + \beta_w)}{G_w} \right\} \dots(9)$$

Untuk memenuhi kualitas pen-transmision yang memadai (pada kasus terburuk) diterima di pelanggan, maka perbandingan rapat energi terhadap rapat *noise* yang diterima *receiver* harus lebih besar dari perbandingan antara rapat energi terhadap rapat *noise* dibutuhkan sistem WCDMA ( $\gamma_{bw}$ ) sehingga (D.G. Jeong, 1997) :

$$\frac{E_{bw}}{N_w} \geq \gamma_{bw} \dots(10)$$

Dan persamaan akan menjadi :

$$(3 + \zeta_d) \left\{ \frac{\alpha_w \rho_w f_s K_w + \beta_w}{G_w} \right\} \leq \gamma_{bw}^{-1} \dots(11)$$

dimana  $\gamma_{bw}$  adalah perbandingan antara energi *bit* yang dibutuhkan terhadap rapat *noise* pelanggan WCDMA.

Pada sistem WCDMA, dilihat betapa pentingnya kanal *pilot* dalam masalah *downlink* sistem. Maka perbandingan energi *chip pilot* terhadap *noise* yang diterima pelanggan harus lebih besar dari perbandingan *chip pilot* terhadap rapat *noise* yang dibutuhkan, seperti persamaan dibawah ini (D.G. Jeong, 1997) :

$$\frac{E_{cw}}{N_w} \geq \gamma_{cw} \quad \dots(12)$$

dimana  $\gamma_{cw}$  adalah rasio energi *chip pilot* terhadap total rapat *noise* sistem WCDMA. Selanjutnya persamaan diatas menjadi :

$$\frac{(3+\zeta_d)}{E_{cw}} \left\{ \frac{E_{bw}(\alpha_w \rho_w f_s K_w + \beta_w)}{G_w} \right\} \leq \gamma_{cw}^{-1} \dots(13)$$

Dari kualitas sinyal *pilot* yang dibutuhkan, maka kapasitas sistem akan diperoleh dengan menghitung persamaan (9), sehingga diperoleh hasil nilai optimum dari  $\beta_w$  dengan hasil sebagai berikut :

$$\beta_w = \frac{\gamma_{cw}(3+\zeta_d)(\alpha_w \rho_w f_s K_w)}{1-\gamma_{cw}(3+\zeta_d)} \quad \dots(14)$$

Langkah berikutnya adalah memasukkan persamaan (14) ke dalam persamaan (10) dan diperoleh persamaan kapasitas *downlink* sistem WCDMA seperti berikut ini :

$$K_w = \frac{G_w - \gamma_{cw} G_w (3 + \zeta_d)}{(\gamma_{bw} \alpha_w \rho_w f_s)(3 + \zeta_d)} \quad \dots(15)$$

**PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini akan di analisa kapasitas koneksi WCDMA untuk arah *uplink* dan *downlink*. Kapasitas koneksi adalah ukuran dari kapasitas menyangkut jumlah para pengguna maksimum yang dapat secara serempak diakomodasikan dengan kualitas tertentu pada setiap sel. Pembahasan yang dilakukan pada kapasitas koneksi yang WCDMA adalah : 1). Menganalisa pengaruh ketidak sempurnaan sektorisasi sel terhadap kapasitas untuk

arah *uplink* dan *downlink*. 2) Menganalisa pengaruh *voice activity factor* dan kecepatan bit terhadap kapasitas untuk arah *uplink* dan *downlink* dengan ketidak sempurnaan sektorisasi. 3). Menganalisa pengaruh *power control* kapasitas *downlink* dengan ketidak sempurnaan sektorisasi.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan pada tesis ini adalah perubahan variabel sudut *overlap* ( $v$ ). Besaran *voice activity* ( $\alpha_w$ ) secara normal sama antar *uplink* dan *downlink* (D.G. Jeong, 1998) untuk *voice activity*  $\alpha = 0,4$ , seorang pengguna menghasilkan signal suara dan pemancaran signal suara hanya 40% menyangkut waktu percakapan, sedangkan untuk *voice activity*  $\alpha = 1$ , sistem digunakan hanya untuk melayani pengiriman data saja.

Perubahan variabel untuk kecepatan bit ( $R_w$ ) yang dipergunakan sesuai dengan standar dari 3<sup>rd</sup> *Generation partnership project* (3GPP) (Harri Holma, 2000) yaitu : 1). 64 kbps untuk melayani layanan suara dan data. 2). 144 kbps yang mampu melayani layanan video telepon. 3).384 kbps dengan layanan *multicode* yang mampu mensupport paket data pada WCDMA. 4).2 Mbps yang merupakan *state of the art* dan target dari sistem selular generasi ke tiga.

Untuk analisa, besarnya parameter-parameter yang digunakan diberikan pada Tabel 1.

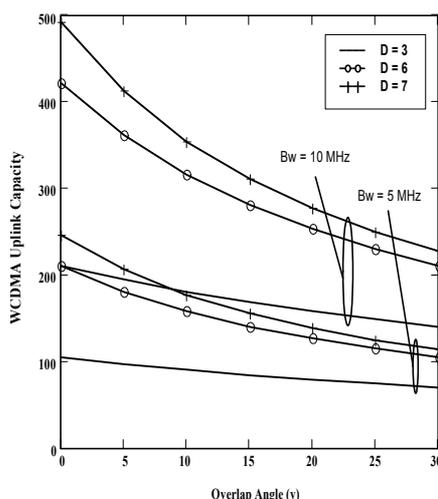
Tabel 1. Parameter yang digunakan untuk menganalisa kapasitas koneksi WCDMA untuk arah *uplink* dan *downlink*

PARAMETER	VALUE
$B_w$	5 MHz
$R_w$	64 kpbs
$\alpha_w$	0,67
$\gamma_{bw}$	5 dB
$\gamma_{cw}$	-23 dB
$\rho_w$	0,42
$\zeta_u$	0,66
$\zeta_d$	0,76

Hasil analisa berupa gambar kapasitas WCDMA pada kanal koneksi *uplink* diperoleh melalui perhitungan dari

persamaan (6) dan untuk kanal *downlink* mempergunakan persamaan (15). Untuk mencari besar faktor koreksi sektorisasi diperoleh dari persamaan (1).

Gambar 3 diperoleh dari persamaan (6) memperlihatkan kapasitas *uplink* dengan memperhitungkan akibat ketidak sempurnaan sektorisasi sel yaitu dengan adanya sudut *overlap* antar sektor.



Gambar 3. Pengaruh ketidak sempurnaan sektorisasi pada kapasitas *uplink*,  $R_w = 64\text{kpbs}$ ,  $\alpha_w = 0,67$ ,  $\gamma_{bw} = 5\text{dB}$ ,  $\rho_w = 0,42$ ,  $\zeta_u = 0,66$

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa, kapasitas *uplink* sistem WCDMA untuk *Bandwidth* 5MHz, 3 sektor dengan sektorsasi sempurna didapat sebesar 105. *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10 MHz, didapat sebesar 210 *user*. *Bandwidth* 5MHz, 6 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 210 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 421 *user*. *Bandwidth* 5MHz, 7 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 245 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 491 *user*. Untuk sistem dengan *bandwidth* dan sudut *overlap* yang sama, kapasitas sistem dengan sektorisasi 3 sektor mempunyai kapasitas sebesar 105 *user*, 6 sektor memberikan kapasitas 110 *user*, sedangkan kapasitas sistem dengan 7 sektor sebesar 245 *user*. Semakin banyak sektor dari sektorisasi semakin besar kapasitas yang dapat disediakan

sistem. Dengan adanya sudut *overlap* sebesar  $5^\circ$ , kapasitas *uplink* sistem WCDMA dengan *bandwidth* 5MHz, 3 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 97 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 194 *user*. Dengan adanya sudut *overlap* sebesar  $5^\circ$ , kapasitas *uplink* sistem WCDMA dengan *bandwidth* 5MHz, 6 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 180 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 361 *user*. Dengan adanya sudut *overlap* sebesar  $5^\circ$ , kapasitas *uplink* sistem WCDMA dengan *bandwidth* 5MHz, 7 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 205 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 411 *user*. Besar penurunan pada kapasitas *uplink* untuk setiap kenaikan sudut *overlap* sebesar  $5^\circ$  untuk sektorisasi 3 sektor sebesar 7,1%, untuk sektorisasi 6 sektor terjadi penurunan sebesar 12,5% dan sektorisasi dengan 7 sektor mengalami penurunan kapasitas sebesar 16,3%.

Gambar 4 memperlihatkan kapasitas *downlink* yang diperoleh dari persamaan (15) dengan memperhitungkan akibat ketidak sempurna sektorisasi sel yaitu dengan adanya sudut *overlap* antar sektor, dapat dilihat bahwa kapasitas *downlink* sistem WCDMA untuk *Bandwidth* 5MHz, 3 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 108. *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 216 *user*. *Bandwidth* 5MHz, 6 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 216 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 433 *user*. *Bandwidth* 5MHz, 7 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 252 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 505 *user*. Untuk sistem dengan *bandwidth* dan sudut *overlap* yang sama, kapasitas sistem dengan sektorisasi 3 sektor mempunyai kapasitas sebesar 105 *user*, 6 sektor memberikan kapasitas 110 *user*, sedangkan kapasitas sistem dengan 7 sektor sebesar 245 *user*. Semakin banyak sektor dari sektorisasi semakin

besar kapasitas yang dapat disediakan sistem.

Dengan adanya sudut *overlap* sebesar  $5^{\circ}$ , kapasitas *downlink* sistem WCDMA dengan *bandwidth* 5MHz, 3 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 100 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 200 *user*.

Dengan adanya sudut *overlap* sebesar  $5^{\circ}$ , kapasitas *downlink* sistem WCDMA dengan *bandwidth* 5MHz, 6 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 185 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 371 *user*.

Dengan adanya sudut *overlap* sebesar  $5^{\circ}$ , kapasitas *downlink* sistem WCDMA dengan *bandwidth* 5MHz, 7 sektor dengan sektorisasi sempurna didapat sebesar 211 *user* dan sistem dengan *bandwidth* 10MHz, didapat sebesar 423 *user*.

Besar penurunan pada kapasitas *down-link* untuk setiap kenaikan sudut *over-lap* sebesar  $5^{\circ}$  dengan sektorisasi 3 sektor sebesar 7,1%. untuk sektorisasi 6 sektor terjadi penurunan sebesar 12,5%. dan sektorisasi dengan 7 sektor mengalami penurunan kapasitas sebesar 16,3%.

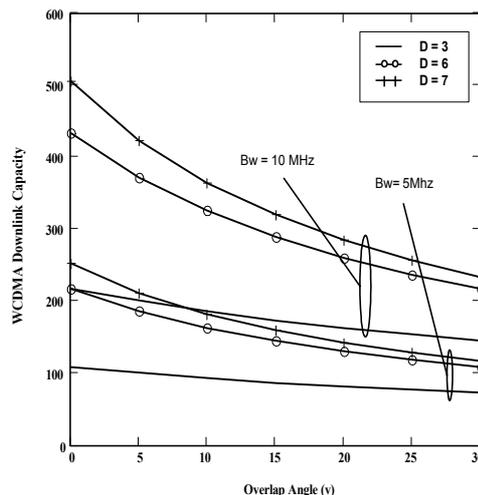
Akibat dari ketidak sempurnaan sektorisasi yang ditunjukkan dengan adanya sudut *overlap* yang semakin besar mengakibatkan kapasitas koneksi semakin berkurang, baik untuk *uplink* dan *downlink*. Dan hal ini terlihat dari persamaan (6) dan persamaan (15) bahwa faktor koreksi interferensi akibat ketidak sempurnaan sektorisasi ( $f_s$ ) berbanding terbalik dengan kapasitas sistem.

Penurunan kapasitas koneksi *uplink* dan *downlink* lebih besar terjadi pada sektorisasi dengan 6 sektor dibanding pada sektorisasi dengan 3 sektor untuk besar sudut *overlap* antar sektor yang sama. Hal ini dapat dilihat dari persamaan (1) bahwa jumlah sektor berbanding terbalik dengan faktor koreksi interferensi dan berbanding lurus dengan kapasitas.

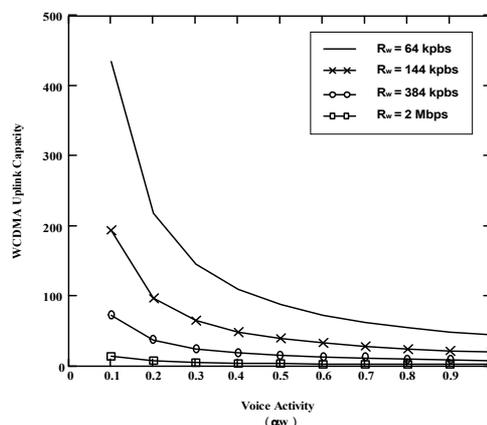
Penggunaan *bandwidth* 10MHz mengalami peningkatan kapasitas sistem

sebesar 100% dibanding dengan sistem dengan *bandwidth* sebesar 5MHz. Semakin besar *bandwidth* sistem maka kapasitas koneksi *uplink* dan *downlink* yang berikan semakin besar.

Dari persamaan (6) dan (15), dapat dilihat bahwa *bandwidth* ( $B_w$ ) berbanding lurus dengan kapasitas sistem.



Gambar 4. Pengaruh dari ketidak sempurnaan sektorisasi pada kapasitas *downlink*,  $R_w=64$ ,  $\alpha_w=0,67$ ,  $\gamma_{bw}= 5\text{dB}$ ,  $\gamma_{cw}= -23\text{dB}$ ,  $\zeta_d=0,76$



Gambar 5. Pengaruh dari faktor *voice activity* dan kecepatan bit pada kapasitas *uplink*, 5 MHz,  $D = 3$  sektor, sudut *overlap*  $v = 5^{\circ}$ ,  $\gamma_{bw}=5$  dB,  $\zeta_u=0,66$

Gambar 5. diperoleh dari persamaan (6) merupakan pengaruh dari faktor aktifitas suara dan pengaruh kecepatan bit pada kapasitas koneksi *uplink* dengan ketidaksempurnaan sektorisasi.

Sistem menggunakan kecepatan bit dari 64 kbps, kapasitas *downlink* yang dapat diberikan sebesar 434 *user*, pada saat sistem dengan faktor aktivitas suara tetap menaikkan kecepatan bit ratenya menjadi 144kbps, terjadi penurunan kapasitas sistem sebesar 55,6%. 384kbps, terjadi penurunan kapasitas sistem sebesar 83,3%. 2Mbps, terjadi penurunan kapasitas sistem sebesar 96,8%.

Setiap kenaikan faktor aktivitas suara sebesar 0,1 menyebabkan kapasitas menurun sebesar 50%.

Gambar 6 diperoleh dari persamaan (15) merupakan pengaruh dari faktor aktifitas suara dan pengaruh kecepatan bit pada kapasitas koneksi *downlink* dengan ketidaksempurnaan sektori-sasi.

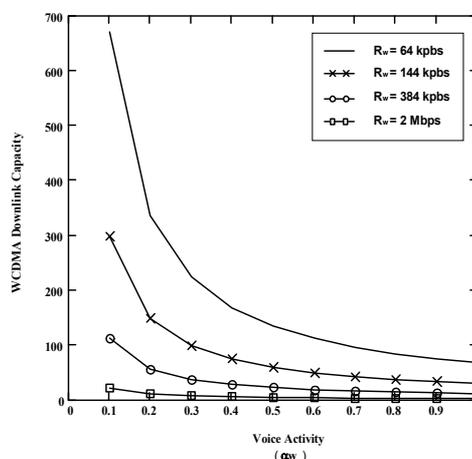
Sistem menggunakan kecepatan bit dari 64kbps, kapasitas yang dapat diberikan sebesar 434 *user*, pada saat sistem dengan faktor aktivitas suara tetap menaikkan kecepatan bit ratenya menjadi 144kbps, terjadi penurunan kapasitas sistem sebesar 55,6%. 384kbps, terjadi penurunan kapasitas sistem sebesar 83,3%. 2Mbps, terjadi penurunan kapasitas sistem sebesar 96,8%.

Setiap kenaikan faktor aktivitas suara sebesar 0,1 menyebabkan kapasitas menurun sebesar 50%.

Kapasitas sistem WCDMA baik pada kanal koneksi *uplink* dan *downlink* akan mengalami penurunan dengan naiknya faktor aktifitas suara. Begitu juga sebaliknya, kapasitas akan meningkat dengan adanya penurunan faktor aktifitas suara. Hal yang sama juga terjadi pada perubahan kecepatan bit, kapasitas sistem akan naik bila sistem menggunakan kecepatan bit lebih cepat dan sebaliknya. Terlihat dari persamaan (6) dan (15), bahwa kecepatan bit dan faktor aktivitas berbanding terbalik dengan kapasitas sistem.

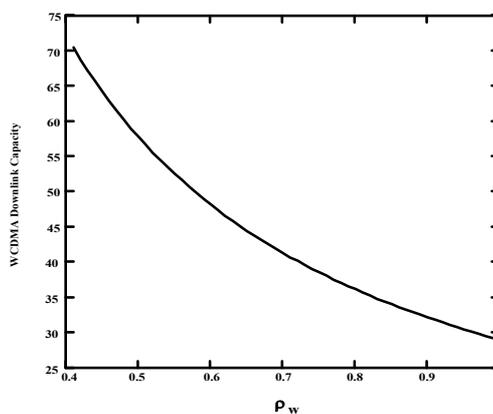
Jika seluruh *user* terdistribusi secara uniform disetiap selnya, dan diasumsikan kontrol daya sempurna maka nilai  $\rho_w$  adalah 0,42, dari persamaan (15) didapat kapasitas sebesar 68 *user*. Sedangkan sistem tanpa kontrol daya ( $\rho_w$

= 1), kapasitas yang dapat diberikan sistem adalah sebesar 28 *user*.



Gambar 6. Pengaruh dari faktor *voice activity* dan kecepatan bit pada kapasitas *downlink*, 5 MHz,  $D = 3$  sektor, sudut *overlap*  $v = 5^\circ$ ,  $\gamma_{bw} = 5$  dB,  $\gamma_{cw} = -23$  dB,  $\rho_w = 0,42$ ,  $\zeta_d = 0,76$

Gambar 7 diperoleh dari persamaan (15) merupakan pengaruh *power control* terhadap kapasitas *downlink* dengan ketidaksempurnaan sektori-sasi.



Gambar 7. Pengaruh rata-rata faktor kontrol daya ( $\rho_w$ ) pada kapasitas koneksi *downlink*. 5 MHz,  $R_w = 64$  kbps,  $\alpha_w = 0,67$ ,  $D = 3$  sektor, sudut *overlap*  $v = 5^\circ$ ,  $\gamma_{bw} = 5$  dB,  $\gamma_{cw} = -23$  dB,  $\rho_w = 0,42$ ,  $\zeta_d = 0,76$

Dari hasil perhitungan, kapasitas mengalami penurunan sebesar 59% bila tanpa kontrol daya dibandingkan dengan menggunakan kontrol daya. Dapat dilihat dari persamaan (15), bahwa rata-rata

faktor dari kontrol daya ( $\rho_w$ ) berbanding terbalik dengan kapasitas sistem.

### KESIMPULAN

Penggunaan sektorisasi sel 6 sektor dan 7 sektor dapat meningkatkan kapasitas sistem dibanding dengan sektorisasi 3 sektor. Semakin banyak jumlah sektor dari sektorisasi semakin besar kapasitas *uplink* dan *downlink* yang dapat diberikan sistem.

Ketidaktelesmpurnaan sektorisasi yang dinyatakan dalam besaran sudut *overlap* antar sektor menyebabkan penurunan kapasitas *uplink* dan *downlink*, karena memberikan tambahan kepada sektor yang *dioverlapnya*. Dari hasil analisa, prosentase penurunan kapasitas *uplink* dan *downlink* sama besar untuk penggunaan sektorisasi dengan jumlah sektor yang sama. Setiap kenaikan sudut *overlap* sebesar  $5^\circ$ , untuk sektorisasi 3 sektor terjadi penurunan sebesar 7,1%, untuk sektorisasi 6 sektor sebesar 12,5 % dan penurunan kapasitas sebesar 16,3% untuk sektorisasi dengan 7 sektor, hal ini disebabkan faktor koreksi akibat ketidaktelesmpurnaan sektorisasi semakin besar. Semakin banyak pembagian sektor, penurunan kapasitas yang timbul menjadi lebih besar untuk sudut *overlap* antar sektor yang sama, karena semakin banyak sektorisasi semakin kecil faktor koreksi interferensi. Sedangkan faktor koreksi ketidaktelesmpurnaan sektorisasi sel berbanding terbalik dengan kapasitas sistem.

Perubahan kecepatan bit dari 64 kbps ke 144 kbps pada kanal koneksi *uplink* dan *downlink* dengan faktor aktivitas suara tetap, akan terjadi penurunan yang sama besar terhadap kapasitas sistem sebesar 55,6%. Semakin tinggi kecepatan bit maka kapasitas akan semakin menurun, karena semakin besar kecepatan bit akan mengurangi alokasi kanal informasi pada *bandwidth* yang tersedia karena satu pemakai menepati kanal yang lebih panjang. Karena total *bandwidth* yang tersedia tetap namun disisi lain alokasi kanal untuk satu pemakai bertambah, hal ini menyebabkan bertambahnya kecepatan bit dapat mengurangi kapasitas total dari pemakai.

Setiap kenaikan faktor aktivitas suara sebesar 0,1 baik pada kanal koneksi *uplink* dan *downlink* menyebabkan kapasitas menurun sebesar 50% dengan kecepatan bit tetap. Nilai faktor aktivitas berhubungan dengan pemakaian kanal, dimana semakin besar faktor aktivitas berarti pemakaian kanal akan semakin banyak, sehingga jumlah kapasitas total dari *user* berkurang.

Kapasitas *uplink* dan *downlink* pada sistem WCDMA yang menggunakan *power control* lebih besar dibanding sistem tanpa *power control*, karena pengendalian daya (*power control*) berusaha agar *mean* daya yang diterima BS tetap konstan untuk setiap *user*, sehingga masalah interferensi dapat diatasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Djoko, T.A., 2000, *Analisa Unjuk Kerja Kapasitas Downlink Sistem WCDMA*, Tesis Magister, ITB, Bandung.
- Gilhausen, S., Jacob I. M., Padovani R., Viterbi, A.J, Weaver. L.A, and Wheatly, C.E, 1991, *On the Capacity of a Cellular CDMA System*, IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol. 40.
- Holma, H., Toskala, A., *WCDMA for UMTS*, John Wiley & Sons.
- Jeong, D.G., Kim, I.G., Kim, D., 1997, *Forward Link Capacity Analysis of Spectrally Overlaid Narrowband and Wideband CDMA System*, In Proc. IEEE VTC, Phoenix, AZ, May.
- Jeong, D.G., Kim, I.G., Kim, D., 1998, *Capacity Analysis of Spectrally Overlaid Multiband CDMA Mobile Network*, IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol.47, No.3 August.
- Lee, W.C.Y., 1991, *Overview of Cellular CDMA*, IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol. 40.
- Lee, W.C.Y., 1995, *Mobile Cellular Telecommunications*, 2nd Edition, Mc.Grawhill, New York.
- Mendo, L., 2001, *Uplink and Downlink Capacity in WCDMA Cellular Systems*, ETS Ing. Telecommunication, Polytechnic University, Madrid.

- Prasad, R. 1966, *CDMA for Wireless Personal Communication*, Artech House, Boston and London.
- Qualcomm, 1992, *The CDMA Network Engineering Handbook*, vol 1, QUALCOMM Incorporated, San Diego, CA, Nov.

## SINTESIS KARBOKSIMETIL KITOSAN TERHADAP PENGARUH KONSENTRASI NATRIUM HIDROKSIDA DAN RASIO KITOSAN DENGAN ASAM MONOKLORO ASETAT

Helda Rahmawati<sup>1</sup>, Dodi Iskandar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Kimia , Politeknik Negeri Pontianak

Masuk: 18 Desember 2013, revisi masuk: 5 Januari 2014, diterima: 14 Februari 2014

### ABSTRACT

*This study aims to determine the effect of NaOH concentration and the ratio of monochloro acetic acid with chitosan used in the synthesis process to the degree of substitution and solubility in water. Preparation of carboxymethyl chitosan (CMCts) was carried out by various concentration of NaOH and ratio of monochloro acetic acid with chitosan. The concentration of NaOH used in the alkalination process were 10, 20, 30, 40, and 50% (w/v). The ratio of chitosan: monochloro acetic acid used for etherification were 1:0,5; 1:1; 1:1,5; and 1:2 (w/w). Etherification was carried out at a temperature of 60°C for 2 hours. The results showed that the NaOH concentration of 10-30% (w/v) increased the substitution degree and solubility of produced CMCts. But at concentrations above 30% (w/v) the substitution degree and solubility were decreased. The ratio of chitosan : monochloro acetic acid also affect to substitution degree and the solubility of synthesized CMCts. The higher amount of monochloro acetic acid added to chitosan, the higher is substitution degree and the solubility of carboxymethyl chitosan synthesized in water. The best result was obtained when the ratio of chitosan : monochloro acetic acid were 1:2 (w/w). Within this ratio a 92.05% of yield was resulted with a solubility of 28.05 g/L and a substitution degree of 0.72.*

**Keywords :** *chitosan, monochloro acetic acid, and carboxymethyl chitosan.*

### INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis karboksimetil kitosan dengan variasi konsentrasi NaOH dan rasio asam monokloro asetat dengan kitosan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH dan rasio asam monokloro asetat dengan kitosan yang digunakan dalam sintesis terhadap derajat substitusi dan kelarutannya di dalam air. Pembuatan karboksimetil kitosan (KMK) dilakukan dengan variasi konsentrasi NaOH dan rasio asam monokloro asetat dengan kitosan. Konsentrasi NaOH yang digunakan pada proses alkalinasi yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50% (b/v). Rasio kitosan : asam monokloro asetat yang digunakan selama proses eterifikasi 1:0,5; 1:1; 1:1,5; dan 1:2 (b/b). Eterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi NaOH 10-30% (b/v) derajat substitusi dan kelarutan KMK dalam air hasil sintesis meningkat, namun pada konsentrasi NaOH di atas 30% (b/v) derajat substitusi dan kelarutan KMK dalam air menurun. Rasio asam kitosan: monokloro asetat juga berpengaruh terhadap derajat substitusi dan kelarutan karboksimetil kitosan dalam air. Semakin tinggi jumlah asam monokloro asetat yang ditambahkan pada kitosan, maka semakin tinggi pula derajat substitusi dan kelarutan karboksimetil kitosan hasil sintesis dalam air. Perlakuan penggunaan asam dengan rasio asam kitosan: monokloro asetat 1:2 (b/b) menghasilkan rendemen sebesar 92,05%, tingkat kelarutan 28,05 g/L dan derajat substitusi sebesar 0,72.

**Kata kunci :** kitosan, asam monokloro asetat, karboksimetil kitosan.

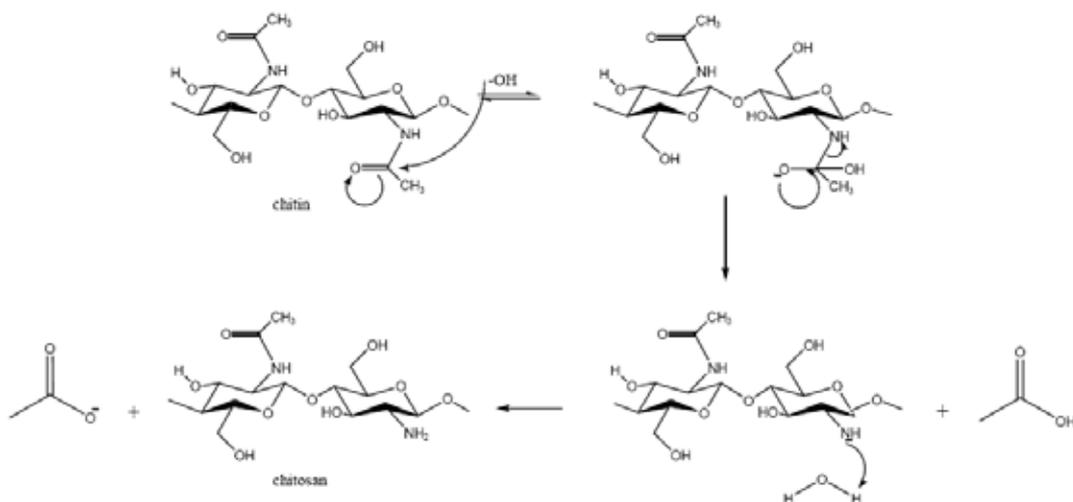
### PENDAHULUAN

Penelitian mengenai modifikasi kitosan untuk meningkatkan kelarutannya

dalam air telah banyak dilakukan, di antaranya oleh Noerati dkk (2007)<sup>2</sup> yang telah memodifikasi kitosan dengan

suksinat anhidrida menghasilkan kitosan-air yang tinggi dengan kelarutan 50 g/L. Penelitian Zhao et al., (2010) mengenai derivat kitosan guanidin menunjukkan bahwa kitosan biguanidin hidroklorida (CGH) juga dapat meningkatkan kelarutan kitosan dalam air, aktivitas antibakteri dan mengurangi waktu reaksi. Jumlah alkalis kitosan yang diperoleh (proses alkalinasi) juga berpengaruh dalam pembentukan KMK. Banyaknya jumlah alkali (NaOH) yang ditambahkan pada kitosan dalam proses alkalinasi mempengaruhi jumlah ion  $\text{Na}^+$  yang diikat oleh kitosan. Dalam penelitian Basmal et al., (2005) alkalinasi menggunakan NaOH 50% menghasilkan O-karboksimetil kitosan (OKMK) dengan tingkat kelarutan dalam air sebesar 9,85 ml /1 g KMK, sedangkan penelitian

suksinat yang memiliki kelarutan dalam berikutnya oleh Basmal et al., (2007) menggunakan NaOH 5% menghasilkan NO-karboksimetil kitosan (NOKMK) dengan jumlah kitosan yang terlarut dalam air sebesar 5,37%. Selain itu, pada penelitian Murtini dkk (2004) dalam proses alkalinasi digunakan NaOH 30% menghasilkan jumlah yang terlarut dalam air sebesar 70,81%. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan KMK dengan melakukan variasi konsentrasi NaOH dalam proses alkalinasi. Selain konsentrasi NaOH, konsentrasi asam monokloro asetat juga mempengaruhi proses pembentukan KMK. Untuk itu dilakukan variasi rasio kitosan : asam monokloro asetat untuk mendapatkan karboksimetil kitosan (kitosan larut air) dengan tingkat kelarutan yang tinggi



Gambar 1. Mekanisme reaksi deasetilasi kitin menjadi kitosan (Champagne, 2008).

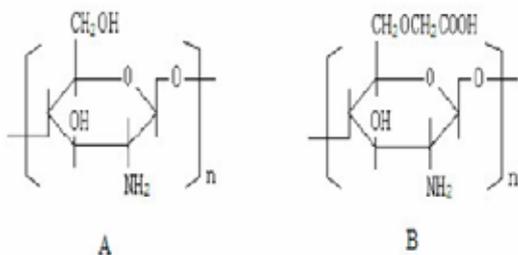
Berdasarkan hal-hal yang telah dipaparkan di atas, maka dapat ditarik beberapa rumusan masalah untuk dikaji dalam penelitian ini Bagaimana pengaruh konsentrasi NaOH dan rasio asam monokloro asetat pada hasil sintesis karboksimetil kitosan terhadap derajat substitusi dan kelarutan dalam pelarut air dan Bagaimana interaksi yang terjadi antara kitosan dengan karboksimetil.

Tujuan dari penelitian ini adalah: mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH dan rasio asam monokloro asetat pada hasil sintesis karboksimetil kitosan terhadap derajat substitusi dan kelarutan

dalam pelarut air. Serta mengkaji interaksi yang terjadi antara kitosan dengan karboksimetil.

Kelarutan Kitosan lebih tinggi pada kondisi di bawah pH 6. Kitosan tidak beracun dan mudah terbiodegradasi. Sifat-sifat kitosan dihubungkan dengan adanya gugus amina dan hidroksil yang terikat. Adanya gugus tersebut menyebabkan kitosan mempunyai reaktivitas kimia yang tinggi dan penyumbang sifat polielektrolit kation, sehingga dapat berperan sebagai amino pengganti (*amino exchanger*). Berdasarkan beberapa sifat kitosan di atas,

seperti hidrofilik, reaktivitas kimia, kesanggupan membentuk film dan sifat mekanik yang baik, maka kitosan merupakan bahan yang baik untuk digunakan dalam berbagai bidang aplikasi (Kaban, 2009).



Gambar 2. Struktur kimia (A) kitosan, (B) O-karboksimetil kitosan (Ardelean *et al.*, 2009)

Karakterisasi Kitosan, derajat deasetilasi (DD) dapat ditentukan dengan beberapa metode seperti spektroskopi FTIR, spektroskopi UV, spektroskopi H-NMR (Zhang *et al.*, 2005), titrasi (No *et al.*, 2003), HPLC (Baxter *et al.*, 2005), analisis termal, spektroskopi XRD (Zhang *et al.*, 2005), dan *gel permeation chromatography* (Sato *et al.*, 1998).

Berat molekul, metode viskometri merupakan metode yang paling sederhana dan cepat dalam menentukan berat molekul dari suatu polimer. Berat molekul ditentukan berdasarkan pada persamaan Mark-Houwink sebagai berikut :

$$[\eta] = K M^\alpha$$

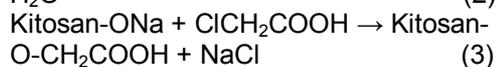
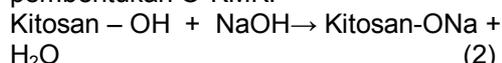
dengan K dan  $\alpha$  adalah konstanta yang besarnya tergantung konsentrasi kitosan, jenis dan konsentrasi pelarut serta temperatur larutan (James *et al.*, 1992).

Kelarutan, kitosan dapat larut pada kondisi sedikit asam (di bawah pH 6) melalui protonasi gugus amino bebas (-NH<sub>2</sub>) menjadi amino kationik (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>). Pelarut kitosan yang biasa digunakan adalah asam asetat dan asam format. Sebagian besar orang melarutkan kitosan menggunakan asam asetat 1%. Penelitian oleh Murtini dkk (2004) juga telah melakukan pembuatan KMK dari kitosan cangkang rajungan menghasilkan KMK dengan jumlah yang terlarut dalam air sebesar 70,8%. Proses alkalinasi

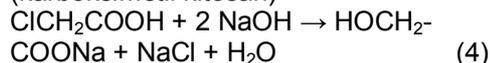
dilakukan dengan NaOH 30%. KMK tersebut diaplikasikan untuk menurunkan kolesterol pada cumi-cumi.

Karboksimetil kitosan, salah satu teknik pembuatan KMK adalah melalui proses *slurry*, yaitu proses perubahan sifat kitosan menjadi basa. Proses pelarutan dilakukan dalam asam organik encer, selanjutnya dilakukan penambahan larutan NaOH, hingga kitosan bersifat basa, lalu larutan asam monokloro asetat dialirkan secara perlahan-lahan (Basmal *et al.*, 2007).

Berikut ini persamaan reaksi pembentukan O-KMK:



(karboksimetil kitosan)



(natrium glikolat) + (garam)

Karakteristik spektra FTIR kitosan dan karboksimetil kitosan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik spektra FTIR kitosan dan karboksimetil kitosan

Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
3455-3445	Rentang OH dan NH
2923-2867	Rentang CH
1653	Rentang C(=O)
1597-1650	NH untuk gugus amino
1414-1501	Gugus karboksimetil
1154-1029	Ikatan glikosidik C-O-C dan C-O
1741-1737	-COOH

Sumber : Mourya *et al.*, 2010

## METODE

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, corong, kertas saring, planktonet, oven, timbangan analitik, aluminium foil, pengaduk magnetik, *water bath*, alat sentrifugasi dan instrumen FTIR

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan *high molecular weight (HMW)* dengan viskositas 800.000 cP dan derajat

deasetilasi (DD) 80-85%, 10-50 % (b/v) NaOH *pellet* (Merck), asam monokloro asetat *pellet* (Merck), KBr *pellet* (Merck), metanol (p.a Merck), HCl pekat (p.a Merck), CH<sub>3</sub>COOH pekat (p.a Merck) dan indikator metil merah.

Prosedur Penelitian, Sintesis Karboksimetil Kitosan dengan Variasi Konsentrasi NaOH kitosan yang mempunyai DD sebesar 80-85% seberat 1,5 g direndam dalam 150 mL asam asetat 1% selama 24 jam. Larutan tersebut dialkalinasi dengan menggunakan larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50% (b/v) hingga terbentuk gel berwarna putih sampai pada pH 9-11.

Endapan yang terbentuk dipisahkan dengan cara disaring dengan menggunakan planktonet. Setelah itu ditambah larutan asam monokloro asetat dengan perbandingan 1,5 kali berat kitosan yang digunakan, kemudian diaduk hingga terbentuk larutan. Gelas beker yang berisi larutan tersebut ditutup dengan aluminium foil dan dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 2 jam dan setiap 10 menit diaduk. Setelah itu larutan dinaikkan pHnya sampai 5 dengan menggunakan larutan NaOH 10% kemudian dipresipitasi dengan menggunakan metanol dengan perbandingan volume 1 : 6. Endapan yang terjadi dipisahkan dengan disaring, dikeringkan dan digiling.

Sintesis Karboksimetil Kitosan dengan Variasi Jumlah Asam Monokloro asetat, prosedur untuk variasi rasio monokloro asetat ini sama seperti prosedur sintesis karboksimetil kitosan dengan variasi konsentrasi NaOH. Namun, NaOH yang digunakan adalah NaOH 30% (b/v) dengan variasi monokloro asetat 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 (b/b).

Karakterisasi karboksimetil kitosan Penentuan Gugus Fungsional Karboksimetil Kitosan, gugus fungsional KMK ditentukan dengan menggunakan metode spektroskopi infra merah. Serbuk KMK dianalisis dalam bentuk pelet dengan KBr yang dibuat dengan mencampurkan 2,5 mg sampel dan 250 mg KBr. Pelet dianalisis serapan gugus-gugusnya pada rentang bilangan gelombang dari 4000 cm<sup>-1</sup>-400 cm<sup>-1</sup>.

Analisis Derajat Substitusi Karboksimetil Kitosan, sebanyak ± 100 mg serbuk KMK ditimbang lalu ditambahkan dengan 10 ml NaOH 0,12 M. Campuran ini diaduk dengan pengaduk magnetik pada suhu ruang (25 °C) selama 30 menit. Lalu ditambahkan indikator metil merah sebanyak 3 tetes. Kelebihan NaOH dititrasi dengan HCl 0,13 M yang telah dibakukan dengan NaOH 0,12 M, sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan perubahan warna dari kuning menjadi merah kekuningan. Dilakukan juga terhadap blanko.

Perhitungan derajat substitusi (DS) adalah :

$$DS = \frac{BM \cdot M (B - S)}{1000 W}$$

W = berat sampel (gram)

B = volume HCl 0,13M pada blanko (mL)

S = volume HCl 0,13M pada sampel (mL)

M = molaritas HCl (mol/liter)

BM = berat molekul monomer kitosan (gram/mol)

DS = jumlah gugus hidroksil yang tersubstitusi

Uji kelarutan karboksimetil kitosan, kelarutan dihitung dengan cara 0,5 g KMK dilarutkan dalam 10 mL air dalam tabung reaksi. Setelah itu, larutan ini dipanaskan dalam *water bath* pada temperatur 60°C selama 30 menit. Setelah dipanaskan, larutan tersebut disentrifugasi pada kecepatan 1500 rpm selama 20 menit. Kemudian larutan didekantasi dan dikeringkan dalam *oven* pada suhu 100°C selama 24 jam sampai beratnya konstan. Rendemen diperoleh dari penghitungan berat padatan KMK terlarut dibagi dengan berat KMK sampel. Kelarutan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

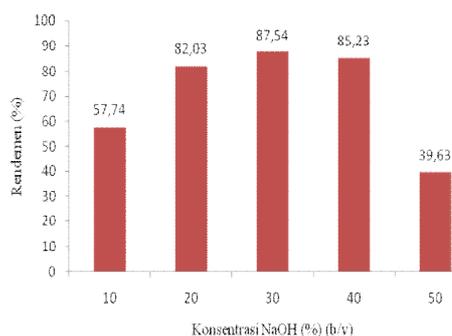
$$\% \text{KMK terlarut (b/b)} = \frac{\text{berat padatan KMK terlarut (g)}}{\text{berat KMK sampel (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Kelarutan (g/L)} = \frac{\text{jumlah KMK larut (g)}}{\text{volume pelarut (L)}}$$

## PEMBAHASAN

Sintesis kitosan larut air dapat dilakukan dengan metode Bader dan Birkholz (1997) melalui penambahan asam monokloro asetat terhadap kitosan dalam suasana alkali. Proses tersebut disebut proses karboksimetilasi, yaitu proses pengubahan sifat kitosan menjadi basa. Dalam proses ini kitosan dilarutkan dalam larutan asam asetat, diendapkan dengan penambahan natrium hidroksida dan terakhir direaksikan dengan asam monokloro asetat yang bertujuan untuk mengganti ion hidrogen (ion H) pada gugus hidroksil (OH<sup>-</sup>) dan gugus amina (NH<sub>2</sub>).

Reaksi kitosan dengan asam monokloro asetat pada kondisi alkali akan menghasilkan karboksimetil kitosan. Kitosan dengan natrium hidroksida bereaksi membentuk kitosan alkali (kitosan-Na) pada proses alkalinasi dengan pH 9. Gugus hidroksil pada struktur kitosan merupakan asam lemah, sehingga apabila konsentrasi natrium hidroksida yang digunakan semakin tinggi, maka akan semakin tinggi pula produksi kitosan alkali. Kitosan alkali direaksikan dengan asam monokloro asetat membentuk karboksimetil kitosan. Di samping reaksi tersebut, terjadi reaksi samping yang menghasilkan garam natrium glikolat dan natrium klorida, seperti tersaji pada persamaan 2-4.

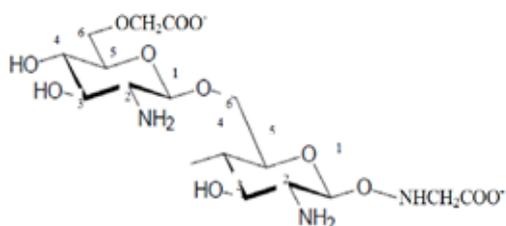


Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi NaOH pada proses alkalinasi kitosan dengan rendemen karboksimetil kitosan hasil sintesis

Gambar 5 menunjukkan rendemen KMK untuk setiap perlakuan setelah proses eterifikasi menggunakan larutan asam monokloro asetat. Rendemen KMK

yang diperoleh untuk variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalinasi berkisar antara 39,63-87,54%. Berdasarkan Gambar 5 tersebut, dapat dilihat bahwa konsentrasi NaOH yang digunakan pada proses alkalinasi kitosan berpengaruh terhadap rendemen KMK yang dihasilkan. Kenaikan konsentrasi NaOH dalam proses alkalinasi kitosan dari 10 hingga 30% (b/v) diikuti dengan rendemen yang mengalami peningkatan. Peningkatan ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan, maka semakin banyak alkali kitosan yang dihasilkan sehingga semakin banyak pula kitosan yang tersubstitusi gugus karboksimetil yang dapat meningkatkan rendemen KMK yang dihasilkan.

Gambar 5 juga menunjukkan bahwa pada konsentrasi NaOH di atas 30% (b/v) rendemen menurun. Penurunan hasil rendemen KMK ini diduga karena pada pemakaian NaOH dengan konsentrasi yang semakin tinggi menyebabkan Na<sup>+</sup> dari NaOH tidak hanya bereaksi dengan gugus hidroksil pada atom C<sub>6</sub>, tetapi juga pada atom amina pada posisi C<sub>2</sub>. Apabila substitusi gugus karboksimetil juga terjadi pada gugus hidroksil pada posisi C<sub>3</sub> akan mengakibatkan semakin banyak jumlah gugus hidroksil yang disubstitusi oleh gugus karboksimetil dari asam monokloro asetat. Oleh karena semakin banyak ion Na<sup>+</sup> dari kitosan-ONa yang tersubstitusikan oleh gugus karboksimetil, kelarutan zat dalam air semakin meningkat dan bersifat lebih polar sehingga pada tahap presipitasi dengan metanol, KMK yang mengalami substitusi pada gugus amina pada posisi C<sub>2</sub> dan gugus hidroksil pada posisi C<sub>6</sub> menjadi sedikit yang dapat diendapkan sehingga mengurangi rendemen KMK hasil sintesis. Gugus karboksimetil dari asam monokloro asetat dapat tersubstitusi pada atom O pada posisi C<sub>6</sub> dan atom N pada posisi C<sub>2</sub> (Basmal dkk., 2005). Ilustrasi ikatan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi ikatan gugus karboksimetil pada atom C<sub>2</sub> dan C<sub>6</sub> (Basmal dkk., 2005)

Sintesis KMK juga dilakukan dengan variasi rasio mol kitosan dengan asam monokloro asetat. Rendemen KMK yang dihasilkan masing-masing perlakuan diperlihatkan pada Gambar 5.



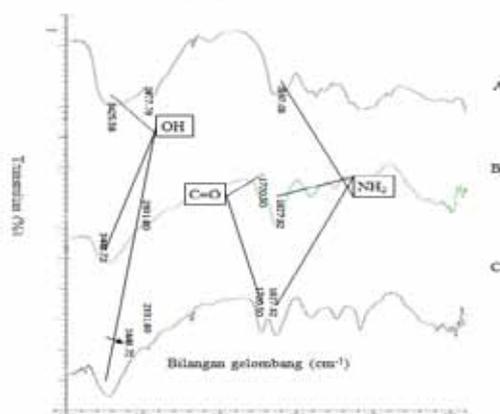
Gambar 5. Pengaruh variasi rasio mol kitosan: asam monokloro asetat terhadap rendemen karboksimetil kitosan hasil sintesis pada konsentrasi NaOH 30% (b/v)

Gambar 5 menunjukkan nilai rendemen hasil KMK masing-masing perlakuan setelah proses eterifikasi dengan variasi rasio kitosan dengan asam monokloro asetat. Berdasarkan hasil yang diperoleh, rendemen yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan rasio asam monokloro asetat. Peningkatan rendemen disebabkan oleh banyaknya jumlah gugus karboksimetil dari asam monokloro asetat yang mensubstitusi ion Na<sup>+</sup> pada kitosan-ONa dan amina kitosan. Jika jumlah asam monokloro asetat yang ditambahkan cukup banyak, rendemen KMK yang dihasilkan juga akan meningkat (Basmal *et al.*, 2005).

Data yang dapat dilihat pada Gambar 7 juga memperkuat asumsi bahwa jumlah asam monokloro asetat menentukan rendemen KMK yang dihasilkan. Dapat dilihat bahwa semakin

banyak jumlah asam monokloro asetat yang ditambahkan maka semakin banyak pula rendemen yang dihasilkan. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Suryaningrum dkk., (2005) yang menyatakan bahwa semakin banyak konsentrasi asam monokloro asetat yang digunakan akan semakin banyak pula jumlah gugus karboksil dari asam monokloro asetat yang akan mensubstitusi ion Na<sup>+</sup> pada gugus COONa<sup>+</sup> menjadi karboksimetil kitosan. Peningkatan konsentrasi asam monokloro asetat akan meningkatkan gugus karboksil, yang menyebabkan lebih bersifat larut air.

Karakterisasi Karboksimetil Kitosan, penentuan gugus fungsional karboksimetil kitosan. Karboksimetil kitosan dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengkarakterisasi interaksi yang terjadi antara kitosan dengan karboksimetil kitosan. Gambar 6 menunjukkan karakter serapan gugus fungsional dari kitosan dan karboksimetil kitosan. Spektra kitosan merupakan faktor pembanding untuk melihat keberhasilan dari reaksi yang terjadi antara kitosan dengan karboksimetil. Spektra kitosan pada bilangan gelombang 1597,06 cm<sup>-1</sup> memperlihatkan adanya serapan gugus amina sekunder (NH<sub>2</sub>) dan puncak yang muncul pada bilangan gelombang 3425,58cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus hidroksil (OH).



Gambar 6. Spektra FTIR (A) kitosan, (B) KMK dengan kitosan : asam monokloro asetat (1,0 : 1,5), (C) KMK dengan kitosan : asam monokloro asetat (1,0 : 2,0)

Gambar 6 menunjukkan karakter serapan kitosan dan karboksimetil kitosan hasil sintesis dengan konsentrasi NaOH 30% (b/v) dengan rasio kitosan : asam monokloro asetat (1,0 : 1,5) dan (1,0 : 2,0). Spektra kitosan pada bilangan gelombang 1597,06  $\text{cm}^{-1}$  memperlihatkan adanya serapan gugus amina sekunder ( $\text{NH}_2$ ) dan pada bilangan gelombang 3425,58  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan gugus hidroksil (OH). Sedangkan pada KMK terdapat pergeseran bilangan gelombang 1627,92  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya serapan gugus amina dan pada bilangan gelombang 3448,72  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan serapan gugus hidroksil. Perbedaan

bilangan gelombang pada gugus amina dan gugus hidroksil ini terjadi karena adanya vibrasi yang menyebabkan pergeseran bilangan gelombang. Selain itu, pada spektra KMK hasil sintesis dengan konsentrasi NaOH 30% (b/v) dengan rasio kitosan : asam monokloro asetat (1,0 : 1,5) dan (1,0 : 2,0) muncul serapan karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ) pada bilangan gelombang 1720,50  $\text{cm}^{-1}$ . Munculnya gugus ini menunjukkan adanya reaksi antara gugus karboksil pada asam monokloro asetat dengan kitosan yang menyebabkan pergeseran bilangan gelombang. Perbandingan bilangan gelombang antara kitosan dan KMK dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) dan gugus fungsi serapan dari kitosan dan karboksimetil kitosan hasil sintesis primer yang diperoleh

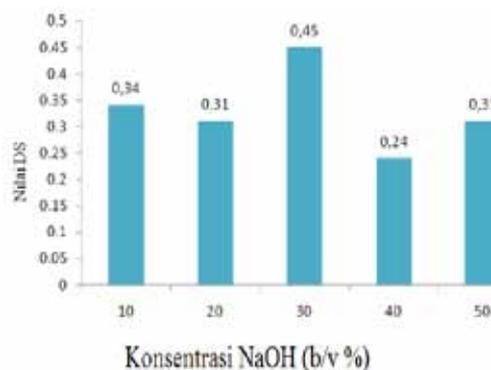
No.	Kitosan	Karboksimetil kitosan literatur *	Karboksimetil kitosan hasil sintesis **	Gugus fungsi
1.	1597,06	1597-1650	1627,92	Amina sekunder ( $-\text{NH}_2$ )
2.	-	1741-1737	1720,50	Karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ) untuk karboksilat
3.	2877,79	2923-2867	2931,80	Rentang $\text{CH}_2$ dan $\text{CH}_3$
4.	3425,58	3455-3445	3448,72	Rentang $-\text{OH}$

Sumber: \*Mourya *et al.*, 2010; \*\*Data

Mengacu pada spektra FTIR hasil penelitian Mourya *et al.*, (2010) yang ditunjukkan pada Gambar 6, munculnya serapan bilangan gelombang 1741  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus karbonil pada karboksimetil kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi antara karboksimetil dengan kitosan membentuk karboksimetil kitosan. Spektra pada Gambar 6 menunjukkan munculnya gugus karbonil pada bilangan gelombang 1720,50  $\text{cm}^{-1}$ . Selain itu, pada KMK juga terjadi pergeseran bilangan gelombang gugus  $\text{NH}_2$  pada bilangan gelombang 1627, 92  $\text{cm}^{-1}$  dan gugus hidroksil pada bilangan gelombang 3448,72  $\text{cm}^{-1}$ . Pergeseran bilangan gelombang dan munculnya gugus karbonil pada KMK menguatkan asumsi bahwa telah terjadi reaksi substitusi karboksimetil dari asam monokloro asetat dengan kitosan.

Analisis derajat substitusi karboksimetil kitosan. Derajat substitusi (DS) menggambarkan jumlah gugus

hidroksil pada monomer N-asetilglukosamin yang disubstitusi oleh gugus karboksimetil.



Gambar 7. Hubungan antara variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalinasi kitosan dengan derajat substitusi KMK hasil sintesis

Nilai derajat substitusi hasil penelitian untuk kitosan dengan variasi konsentrasi NaOH 10, 20, 30, 40, dan

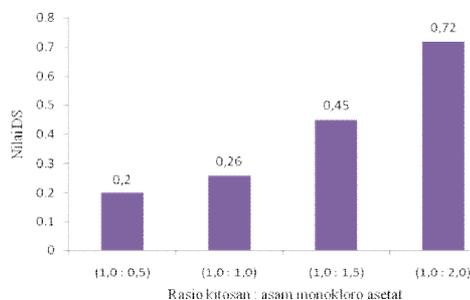
50% (b/v) berkisar antara 0,24 sampai 0,45 dengan nilai tertinggi pada perlakuan NaOH 30% (b/v) sebesar 0,45 dan nilai terendah pada perlakuan NaOH 40% (b/v) sebesar 0,24. Gambar 7 menunjukkan nilai DS KMK dengan variasi konsentrasi NaOH pada proses alkalinasi masing-masing perlakuan. Derajat substitusi KMK mengalami peningkatan dengan meningkatnya pemakaian konsentrasi NaOH 10-30% (b/v) pada tahap alkalinasi.

Terjadinya peningkatan nilai derajat substitusi ini karena semakin tingginya konsentrasi NaOH yang digunakan semakin meningkatkan jumlah ion  $\text{Na}^+$  dari NaOH yang bereaksi dengan kitosan membentuk kitosan alkali. Sehingga saat penambahan asam monokloro asetat terjadi pertukaran ion yakni ion  $\text{Na}^+$  yang mudah larut dalam air akan terikat dengan ion  $\text{Cl}^-$  yang dilepaskan oleh asam monokloro asetat, membentuk garam natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ). Kitosan yang telah melepaskan ion  $\text{Na}^+$  akan bersifat reaktif terhadap gugus karboksil dari asam monokloro asetat sehingga membentuk KMK.

Namun, pada perlakuan alkalinasi dengan konsentrasi NaOH di atas 30% (b/v) nilai DS mengalami penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan tingginya konsentrasi NaOH yang menyebabkan ion  $\text{Na}^+$  berlebih akan bereaksi dengan ion  $\text{Cl}^-$  dari asam monokloro asetat yang dapat menghasilkan garam natrium klorida dan natrium glikolat yang lebih banyak yang menyebabkan pembentukan KMK tidak sempurna sehingga menurunkan nilai DS (Basmal dkk., 2005).

Gambar 7 juga menunjukkan adanya kompetisi NaOH sisa dengan kitosan-Na untuk mengikat asam monokloro asetat. Seperti dijelaskan pada Gambar 5, kompetisi yang terjadi juga mempengaruhi rendemen KMK yang dihasilkan. Kompetisi ini juga menyebabkan nilai DS menurun dengan penggunaan konsentrasi NaOH di atas 30% (b/v). Hal ini kemungkinan disebabkan sebagian besar asam monokloro asetat telah bereaksi dengan kelebihan natrium hidroksida yang diberikan pada saat proses alkalinasi menggunakan

larutan NaOH 40% (b/v) dan 50% (b/v) dengan asam monokloro asetat saat proses eterifikasi.



Gambar 8. Pengaruh variasi rasio mol kitosan : asam monokloro asetat dengan derajat substitusi KMK hasil sintesis

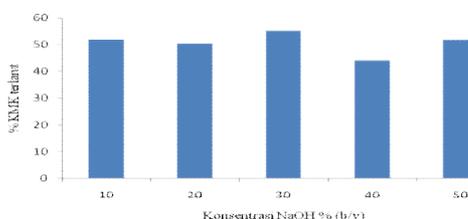
Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah asam monokloro asetat yang ditambahkan selama proses eterifikasi, maka nilai DS semakin meningkat. Penambahan asam monokloro asetat ke dalam kitosan selama eterifikasi pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  telah meningkatkan jumlah gugus karboksimetil ( $\text{CH}_2\text{COO}^-$ ) yang bereaksi dengan kitosan alkali pada atom  $\text{C}_6$  (Kitosan-ONa) dan atom  $\text{C}_2$  (Kitosan- $\text{NH}_2$ ). Kelebihan gugus karboksimetil di dalam kitosan alkali ini meningkatkan nilai DS. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah asam monokloro asetat yang ditambahkan pada proses eterifikasi, maka semakin besar pula nilai DS yang dihasilkan.

Reaksi kitosan dan asam monokloro asetat merupakan reaksi hidrolisis, dimana suhu akan mempercepat proses hidrolisis. Semakin meningkatnya suhu reaksi pada proses eterifikasi maka akan menghasilkan KMK dengan kualitas yang rendah, namun sebaliknya penggunaan suhu yang rendah akan memperlambat proses hidrolisis yang mengakibatkan waktu yang diperlukan untuk hidrolisis akan semakin lambat (Basmal dkk., 2007).

Nilai derajat substitusi ini belum bisa menunjukkan posisi substitusi yang terjadi apakah pada gugus hidroksil atau juga tersubstitusi pada gugus amina. Suhu eterifikasi juga mempengaruhi pembentukan KMK, dimana pada suhu

0-30°C terbentuk OKMK dan pada suhu 60°C terbentuk NOKMK (seperti yang dijelaskan pada Gambar 3) (Mourya *et al.*, 2010). Suhu esterifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu 60°C. Jadi, tidak menutup kemungkinan substitusi juga terjadi pada gugus amina yang memungkinkan terbentuknya KMK jenis NOKMK.

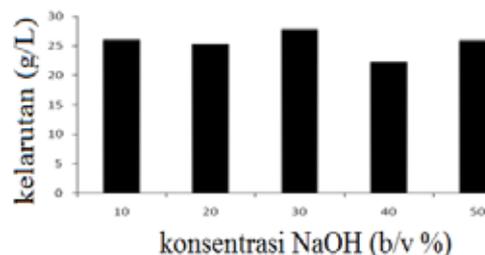
Uji kelarutan karboksimetil kitosan, kelarutan karboksimetil kitosan yang dihasilkan melalui proses alkalinasi dengan berbagai konsentrasi NaOH setelah karboksimetilasi menggunakan asam monokloro asetat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara konsentrasi NaOH pada proses alkalinasi kitosan dengan persentase terlarut karboksimetil kitosan hasil sintesis

Gambar 9 menunjukkan kecenderungan kelarutan yang meningkat dengan peningkatan konsentrasi NaOH yang digunakan pada proses alkalinasi kitosan yaitu pada konsentrasi NaOH 10-30% (b/v). Peningkatan kelarutan ini disebabkan oleh jumlah ion  $\text{Na}^+$  yang berikatan dengan kitosan lebih banyak sehingga pada proses esterifikasi jumlah gugus karboksimetil ( $-\text{CH}_2\text{COO}^-$ ) yang berikatan dengan ion  $\text{Na}^+$  dari kitosan alkali menjadi lebih banyak. Namun, di atas konsentrasi 30% (b/v) kelarutan mengalami penurunan. Penurunan ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi NaOH yang tinggi yang menyebabkan asam monokloro asetat bereaksi dengan NaOH yang berlebih, sehingga terbentuk hasil reaksi samping seperti garam natrium glikolat dan natrium klorida. Kelarutan ini berhubungan erat dengan derajat substitusi. Semakin tinggi nilai DS yang dihasilkan maka semakin tinggi pula kelarutan KMK yang dihasilkan (Basmal *et al.*, 2005).

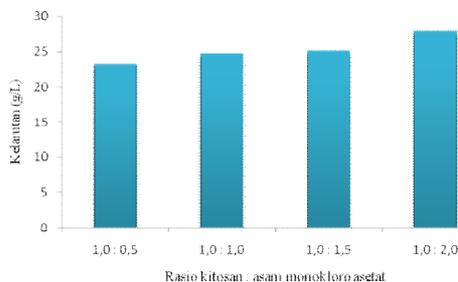
Gambar 9 menunjukkan persen (%) KMK terlarut. Uji kelarutan dilakukan dengan melarutkan 0,5000 gram KMK dalam 10 ml akuades. Persen (%) KMK terlarut menunjukkan banyaknya jumlah KMK yang dapat larut pada sampel KMK tersebut dalam pelarut air yang dinyatakan dalam persen (%), dalam hal ini dapat diartikan bahwa zat yang terlarut merupakan karboksimetil kitosan sedangkan zat yang tidak larut masih berupa kitosan. Hal ini juga menunjukkan banyaknya gugus karboksimetil dari asam monokloro asetat yang bereaksi dengan kitosan. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Basmal dkk., (2007) yang menggunakan NaOH 5% pada proses alkalinasi menghasilkan KMK dengan kelarutan dalam air sebanyak 5,4%, sedangkan penelitian oleh Murtini dkk., (2004) dalam proses alkalinasi menggunakan NaOH 30% menghasilkan KMK dengan kelarutan dalam air sebesar 70,81%.



Gambar 10. Hubungan antara konsentrasi NaOH pada proses alkalinasi kitosan dengan kelarutan (g/L) karboksimetil kitosan hasil sintesis

Gambar 10 menunjukkan hubungan konsentrasi NaOH dengan kelarutan (g/L) karboksimetil kitosan. Kelarutan menunjukkan banyaknya jumlah KMK yang terlarut seluruhnya pada volume tertentu. Jumlah KMK yang terlarut paling tinggi yaitu sebesar 27,70 g/L. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Basmal *et al.*, (2005) yang menyatakan bahwa kelarutan KMK yang diperoleh sebesar 9,85 ml/1 g KMK yang artinya untuk melarutkan 1 g KMK diperlukan 9,85 ml air. Kelarutan ini berhubungan erat dengan derajat substitusi, semakin besar nilai derajat substitusi maka semakin besar pula nilai kelarutan

karboksimetil kitosan (Oktavia dkk., 2005).



Gambar 11. Pengaruh variasi rasio mol asam monokloro asetat : kitosan terhadap karboksimetil kitosan yang terbentuk

Gambar 11 menunjukkan tingkat kelarutan KMK yang dihasilkan melalui proses karboksimetilasi dengan variasi jumlah asam monokloro asetat. Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi jumlah asam monokloroasetat yang ditambahkan, semakin berkurang jumlah air yang diperlukan untuk melarutkan 1 bagian karboksimetil kitosan, yang berarti kelarutannya semakin baik. Tingkat kelarutan ini berhubungan dengan nilai DS, semakin tinggi nilai DS maka semakin tinggi pula tingkat kelarutan KMK yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah karboksimetil yang tersubstitusi pada kitosan, maka akan meningkatkan kepolaran suatu kitosan. Sehingga semakin tinggi kepolaran kitosan tersebut maka semakin tinggi pula kelarutan kitosan dalam pelarut air.

Kelarutan suatu zat juga tergantung pada ukuran partikel dan struktur zat itu sendiri. Kelarutan naik dengan turunnya ukuran partikel sehingga sebelum dilarutkan dalam air, dilakukan penghalusan KMK yang setelah dikeringkan. Perbandingan gugus polar terhadap gugus nonpolar dari molekul akan mempengaruhi kelarutan zat tersebut. Adanya gugus polar tambahan dalam molekul maka kelarutan dalam air meningkat seperti pada karboksimetil kitosan. Adanya substitusi gugus karboksimetil dari asam monokloro asetat pada kitosan maka terdapat gugus polar tambahan dalam molekul yang menyebabkan KMK dapat larut dalam air.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Konsentrasi NaOH 10-30% (b/v) dapat meningkatkan derajat substitusi dan kelarutan karboksimetil kitosan hasil sintesis, namun pada konsentrasi NaOH di atas 30% (b/v) derajat substitusi dan jumlah karboksimetil kitosan menurun.

Interaksi yang terjadi antara kitosan dengan karboksimetil dapat dilihat dari spektra FTIR yang dihasilkan. Munculnya serapan pada bilangan gelombang  $1720,50\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus karboksil yang tersubstitusi pada kitosan yang berarti bahwa telah terjadi reaksi antara kitosan dengan asam monokloro asetat.

## Saran

Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan dilakukan perlakuan tambahan untuk melindungi gugus amina untuk menghasilkan KMK jenis OKMK yang masih memiliki sifat antibakteri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardelean, E., Raluca, N., Doina, A., and Elena, B., 2009, Carboxymethyl-Chitosan as Consolidation Agent for Old Documents on Paper Support. University 'Al. I. Cuza', Faculty of Theology. *European Journal of Science and Theology*. 5(4): 67-75.
- Bader, H.J. and Birkholz, E., 1997, Teaching chitin chemistry. In Muzzarelli, R.A.A and Peter, M.G. (eds.). *Chitin Handbook*. European Chitin Society. p. 507-519.
- Basmal, J., Andhita, D., dan Sediarmo, 2005, Pengaruh Alkalinasi Selulosa terhadap Produksi Sodium Karboksimetil Selulosa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 11(4): 61-69.
- Basmal, J., Prasetyo, A., dan Fawzya, Y.N., 2005, Pengaruh Konsentrasi Asam Monokloroasetat dalam proses Karboksimetil Kitosan terhadap Karboksimetil Kitosan yang dihasilkan. *J. Penel. Perik, Indonesia*. 11(8): 47-58.

- Basmal, J., Prasetyo, A., dan Farida, Y., 2007, Pengaruh Suhu Eterifikasi pada Pembuatan Karboksimetil kitosan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 2(2): 99-106.
- Baxter, S., Zivanovic, S., and Weiss, J., 2005, Molecular Weight and Degree of Acetylation of High-Intensity Ultrasonicated Chitosan, *Food Hydrocolloids*. 19: 821-830.
- Champagne L. M., 2008, *The Synthesis of Water Soluble N-Acyl Chitosan Derivatives for Characterization as Antibacterial Agents*. Disertasi. Departement of Chemistry, Louisiana State University.
- James, E. M., Harry R. A., and Robert, W., 1992, *Inorganic Polymers*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey. 14-17.
- Kaban. J., 2009, *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihasilkan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Kimia Organik Sintesis Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Lim, S., 2002, *Synthesis of a Fiber-reactive Chitosan Derivative and Its Application to Cotton Fabric as an Antimicrobial Finish and Dyeing-improving Agent*. Disertasi. Department of Fiber and Polymer Science North Caroline State University.
- Mourya, V. K., Inamdar, N. N., and Tiwari, A., 2010, Carboxymethyl Chitosan and its Applications. Government College of Pharmacy, India. *Adv. Mat. Lett.* 2010. 1(1): 11-33.
- Murtini, J.T., Dwiyitno dan Yeni, Y., 2004, *Pengaruh Perendaman Karboksil Metil Kitosan dan Kitosan terhadap Penurunan Kolesterol pada Cumi-cumi (Loligo sp.)*. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. 3: 229-233.
- Noerati, Radiman C. L., Achmad S., dan Ariwahjoedi, B, 2007, Sintesis kitosan Suksinat Larut Air, *Akta Kimindo*. 2(2): 113-116.
- Oktavia, D. O., Wibowo, S., dan Fawzya, Y.N., 2005, Pengaruh Jumlah Monokloro Asetat terhadap Karakteristik Karboksimetil Kitosan dari Kitosan Cangkang dan Kaki Rajungan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 11(4): 79-88.
- Sato, H., Mizutani, S., Tsuge, S., Ohtani, H., Aoi, K., Takasu, A., Okada, M., Kobayashi, S., Kiyosada T., and S. Shoda, 1998, Determination of The Degree of Acetylation of Chitin/Chitosan by Pyrolysis-Gas Chromatography in The Presence of Oxalic Acid, *Anal. Chem.* 70: 7-12.
- Suryaningrum, Th. D., Basmal, J., dan Aumelia, W., 2005, Pengaruh Konsentrasi Asam Monokloro Asetat dan Jenis Pelarut terhadap Bahan Pengendap terhadap Produksi Karboksimetil Kitin. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 11(4): 89-100.
- Zhang, Y., Xue, C., Xue, Y., Gao, R., and Zhang, X. 2005. Determination of The Degree of Deacetylation of Chitin and Chitosan by X-ray Powder Diffraction. *Carbohydr. Res.* 340: 1914-1917.
- Zhao, Xue., Zhen Qiao, Z., and Xin He, J., 2010, Preparation of Chitosan Biguanidine Hydrochloride and Application in Antimicrobial Finish of Wool Fabric. Donghua University, Sung Yiang, China. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 5(3): 16-24.

**VARIATION IN CARBONATE CEMENT BY CATHODOLUMINESCENCE  
MICROSCOPIC ANALYSIS: IMPLICATION ON ENGINEERING PROPERTIES  
OF OOLITIC LIMESTONE IN FATUMNASI AREA, TIMOR TENGAH SELATAN  
(TTS) REGENCY, NUSA TENGGARA TIMUR PROVINCE**

Herry Zadrak Kotta<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>*Department of Mining Engineering, Nusa Cendana University, Kupang 85111*

Received: January 5, 2014, revised date: January 17, 2014, final revision: February 9, 2014

**ABSTRACT**

*Cathodoluminescence (CL) is generated by visible light of minerals when they are bombarded with a beam of high energy electrons by a cathode gun. There are two types of cathodoluminescence, i.e., cold CL and hot CL. In the cold cathode microscopic equipment, the electrons are generated by an electric discharge between two electrodes under a low gas pressure, whereas in the hot CL microscope, the electrons are generated by heating a filament (2000-3000°C). This research to propose determine the growth of oolitic limestone's cement by cathodoluminescence analysis and its implication to the engineering properties. Sectorial zoning and chevron-shape growth zoning exist in some coarse-grained calcite aggregates. The sectorial zoning of calcite as reflected by dull to bright CL color indicated as a water level fluctuation during cementation of the carbonate rocks, where the bright color of calcite indicating a shallower depth of water (oxidation) and dull to nonluminescence indicating a deeper level of the water (reduction). The results of this research, oolitic limestone (sample NS-1) showing sectorial zoning (chevron-shape) with at least 6 zonations, and have better engineering properties of other samples, according to SNI. 13-0089-87. Cathodoluminescence analysis is commonly used in the petroleum study, as evidenced in this research can be applied to determine the engineering properties of oolitic limestones in the study area.*

**Keywords:** *Cathodoluminescence, oolitic limestone, calcite, strength, sectorial zoning*

**INTISARI**

*Cathodoluminescence (CL) terjadi akibat mineral-mineral memancarkan cahaya tampak ketika mineral tersebut di bombardir dengan sinar elektron energi tinggi menggunakan pistol katoda. Ada dua jenis cathodoluminescence, yaitu: CL dingin dan CL panas. Untuk mikroskop katoda dingin, elektron dihasilkan dengan cara mengalirkan energi listrik diantara dua elektroda di bawah tekanan gas rendah, sedangkan pada mikroskop CL panas, elektron yang dihasilkan dengan cara memanaskan filamen (2000-3000°C). Penelitian ini bertujuan mengusulkan penggunaan analisis cathodoluminescence untuk mengetahui pertumbuhan semen dan implikasinya bagi sifat keteknikan batugamping oolith. Pertumbuhan zonasi sektoral dan zonasi chevron – shape muncul pada beberapa butiran kalsit yang kasar. Zonasi sektoral pada kalsit ditunjukkan oleh warna CL yang kusam – cerah, dan hal ini mengindikasikan fluktuasi air selama sementasi pada batuan karbonat, warna cerah menunjukkan kedalaman air yang dangkal (oksidasi) dan kusam - nonluminescence menunjukkan air yang lebih dalam air (reduksi). Hasil analisis cathodoluminescence menunjukkan adanya 6 zonasi pertumbuhan semen pada batugamping oolith (contoh NS-1), dan memiliki sifat keteknikan lebih baik dari lima contoh lainnya sesuai SNI. 13-0089-87. Hal ini menunjukkan bahwa analisis cathodoluminescence yang selama ini digunakan di dunia perminyakan, terbukti dalam penelitian ini dapat diterapkan untuk mengetahui sifat keteknikan batugamping oolith di daerah penelitian.*

**Kata Kunci:** *Cathodoluminescence, Batugamping ooid, kalsit, kuat tekan, zonasi*

sektoral

## INTRODUCTION

Petrographic classification of limestones by Folk (1959) indicated that the most skeletal fragments, and pellets), and sparry calcite (generally as a porefilling cement). Mechanical properties of limestone were strongly influenced by its texture and its composition. Most of limestone and dolostone composed entirely of microcrystalline carbonate were stronger and more brittle than their coarser grained counterparts (Hugman and Friedman, 1979).

A cathodoluminescence (CL) phenomenon, i.e., emission of light under electron bombardment, was known for a long time and was widely used in nearly all black-and-white, color cathode-ray tubes (Petrov, 1996). There were two types of cathodoluminescence, i.e., cold CL and hot CL. In the cold cathode microscopic equipment, the electrons are generated by an electric discharge between two electrodes under a low gas pressure, whereas in the hot CL microscope, the electrons are generated by heating a filament (2000-3000°C) (Warmada, 2003).

Cathodoluminescence microscopy is a petrographic tool widely used in studies of diagenesis for petroleum study. It is particularly suitable for documenting details of crystal growth in calcite and dolomite cements and for understanding pore evolution in carbonate sequences (Savard, et al., 1995). The intensities of CL in calcites are usually grouped into three categories: nonluminescent (dead, distinguished, or black), dull (brown and very dull), and luminescent (bright yellow, orange, and moderate). Within a single crystal, numerous CL zones can alternate and form features that may not be discernible by conventional light microscope or staining. CL features of calcites have generally been attributed to variations in Mn concentrations as the main activator, and to Fe as the main quencher (for a review, see Pierson, 1981; Reeder, Paquette, 1989; Savard, et.al., 1995).

Mn and Fe contents of calcite reflect water (hydrothermal water) che-

common textural elements were micrite (microcrystalline calcite), allo-chems (grain such as ooids, intraclasts, misty prevailing during carbonate precipitation. Various studies (Grover and Read, 1983; Dorobek, 1987) have suggested that the increasing Fe and Mn contents in the commonly observed sequence of CL zonation from nonluminescent to brightly luminescent to dull luminescent reflects progressive decrease in Eh. The intensity and color of luminescence are also dependent on the relative proportions of Mn and Fe.

In this paper, we would like to presents cathodoluminescence petrography of oolitic limestone from Fatumnasi area, Timor Tengah Selatan District, NTT Province by utilizing a cold CL, as shown in Figure 1. Oolitic Limestone spread quite widely in Timor Island and particularly in the research area. The Oolitic limestone has been mined to commercially used as marble. Cathodoluminescence application was helpful to know that the cementation phase essentially provide information about its engineering properties. To the best of our knowledge, no prior research using this method to determine the quality of oolitic limestones.



Figure 1. The Map of Fatumnasi Area, Timor Tengah Selatan District, NTT Province

## METHODS

Five-selected samples were collected from Fatumnasi area and analyzed with cathodoluminescence (CL). The Technosym instrument was used for CL studies of double polished thin sections. The CL analyses were carried out by Dr. Adrian Finch in the St.

Andreas University, UK. The thin sections of carbonate samples were bombarded with electrons with energy of 15kV accelerating potential and 245 $\mu$ A beam current. These samples were also analyzed by using a PLM (polarized-light microscope) to detailed petrographic analysis of these samples.

## RESULTS AND DISCUSSION

Oolitic limestone from Fatumnasi area was characterized by clastic texture with an average grain-size range from 0.22 to 6 mm in a bimodal grain size distribution (0.75 mm and 1.8 mm), poorly sorted, and angular to sub angular form. They composed of peloid, skeletal, and a minor amount of red algae, fossils, detailed in Figure 2.

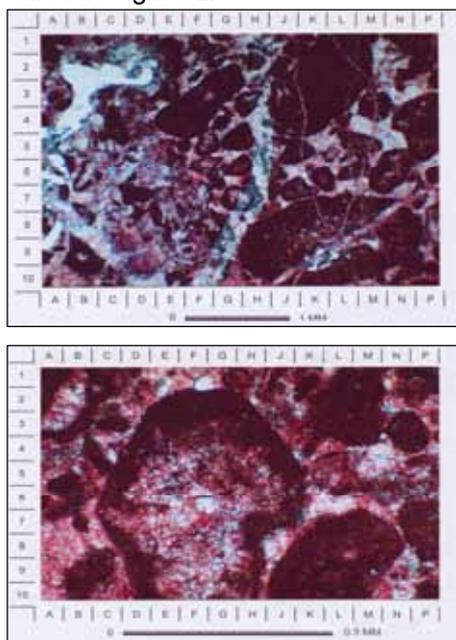


Figure 2. Photomicrograph of oolitic limestone in plan-polarized light microscope. Red and blue color due to alizarine red and blue staining for carbonate mineral determination and porosity analysis.

Its pore spaces were filled by calcite cement and some dissolution porosity, stilolites and open fractures also existed, but the porosity of this rock was still low (2.5%). Diagenetic features consist of micritization of ooid grains, cementation and neomorphism. Cementation would be divided into three

phases: (1) isopachous equant calcite rim cement, (2) sparry calcite intergranular cement, and (3) cementation of micro-fractures. According to Dunham (1962) classification, this limestone was classified as ooid grainstone.

Cathodoluminescence microscopy of the cement of oolitic limestone shows a sectorial zoning with 6 zonations. They show at least two type luminescences, i.e., dull or no luminescence of high Mn calcite, and bright to yellow color of pure calcite. Figure 3 suggested that the luminescence pattern of calcite was controlled by the amount of  $Mn^{2+}$ . Luminescence intensities varied from dull to nonluminescent (i.e., below the detection limit for the CL device used. If manganese ( $Mn^{2+}$ ) was the activator of luminescence, a minimum amount of  $Mn^{2+}$  was required in order to produce a detectable luminescence.



Figure 3. Cathodoluminescence microphotography of the cement of oolitic limestone, showing sectorial zoning (chevron-shape) with at least 6 zonations (left figure).

Cathodoluminescence microscopy of the cement of oolitic limestone shows a sectorial zoning with 6 zonations. They show at least two type luminescences, i.e., dull or no luminescence of high Mn calcite, and bright to yellow color of pure calcite. Figure 3 suggested that the luminescence pattern of calcite was controlled by the amount of  $Mn^{2+}$ . Luminescence intensities varied from dull to nonluminescent (i.e., below the detection limit for the CL device used. If manganese ( $Mn^{2+}$ ) was the activator of luminescence, a minimum amount of  $Mn^{2+}$  was required in order to produce a detectable luminescence.

Pierson (1981) suggested that this minimum amount was close to 1000 ppm  $Mn^{2+}$  (0.1 wt.%).  $Mn^{2+}$  was generally regarded as the principal activator and  $Fe^{2+}$  acted as the main CL quencher in calcite (Spötl, 1991).

Bright calcite was precipitated from meteoric fluids that were slightly reducing to oxidizing condition, allowing only small amount of manganese and lesser amount of iron to be in reduced (2+) valence states and to substitute for calcium in calcite. Dull calcite was precipitated from more reducing fluids than that of bright calcite or nonluminescent, as suggested by high iron or manganese contents. These results were also confirmed by Dorobek (1987); Warmada and Hartati (2006). Sectoral zoning and chevron-shape growth zoning (Reeder and Paquette, 1989) existed in some coarse-grained calcite aggregates. The sectorial zoning of calcite as reflected by dull to bright CL color can be interpreted as a water level fluctuation

during cementation of the carbonate rocks, where the bright color of calcite indicating a shallower depth of water (oxidation) and dull to nonluminescence indicating a deeper level of the water (reduction).

As manganese occurs in natural environments in the valence states +2, +3, and +4 (Wolfram and Krupp, 1996) and the higher oxidation states have a strong tendency to hydrolyse and precipitate, transport of Mn in aqueous solutions is generally favored by reducing conditions, and the  $Mn^{2+}$  ion, and its complexes, constitute the principal transport species. This confirms that the present of significant amount of Mn and Fe as well as trace elements in calcite can effect the cathodoluminescence patterns of calcite. Measuring the calcite luminescence can be used to estimate/interpret the redox conditions during calcite deposition.

Table 1: Compositional variation of oolitic limestone and its mechanical properties (strength).

Sample No.	Strength (Kg/cm <sup>2</sup> )	Grain (%)	Matrix (%)	Cement (%)	Replacement (%)	Porosity (%)
FT01R	624.82	9.5	72.5	12.0	3.5	2.5
NO	868.28	57.0	10.0	23.0	8.0	2.0
NS-1	1,069.68	75.0	0.0	21.0	2.0	2.0
NT-B	357.91	69.0	6.0	21.0	2.5	1.5
NT-C	696.63	73.0	0.0	25.0	1.0	1.0
NT-D1	205.54	68.0	0.0	21.0	3.0	8.0
NT-D2	590.39	75.0	0.0	20.5	3.5	1.0
NT-E	555.87	75.5	0.0	20.5	2.0	2.0

Note: according to SNI. 13-0089-87: 800 Kg/cm<sup>2</sup> is very good properties category for tile with live load > 250 kg/cm<sup>2</sup>)

Although carbonate-rock textures are often complex, strength and ductility can be predicted from consideration of only a few petrographic properties. Marbles and crystalline limestones are the weakest, most ductile rocks. Limestones with 50% or less sparry calcite behave similarly. Highly micritic limestones are stronger and more brittle, and their ultimate strength is proportional to the content of microcrystalline material, as shown in Table 1.

## CONCLUSIONS

The CL study of hydrothermal carbonate is able to classify the two carbonate generations, i.e. high Mn calcite with dull or no luminescence, and pure calcite with bright orange luminescence and pure calcite. Sectoral zoning and chevron-shape growth zoning exist in some coarse-grained calcite aggregates. The sectorial zoning of calcite as reflected by dull to bright CL color indicated as a water level fluctuation during cementation of the carbonate rocks, where the bright color

of calcite indicating a shallower depth of water (oxidation) and dull to nonluminescence indicating a deeper level of the water (reduction). The strength properties of limestone are controlled mostly by its composition and diagenetic features. Oolitic limestone (sample NS-1) showing sectorial zoning (chevron-shape) with at least 6 zonations, and have better Engineering properties of other samples, according to SNI. 13-0089-87.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This contribution is part of a PhD project of author at the Department of Geological Engineering, Gadjah Mada University. The authors are very thankful to Dr. Adrian Finch for measuring the CL observation and photomicrography of carbonate cements. We also thank to Dr. I Wayan Warmada for his critical comments and review this manuscript.

#### BIBLIOGRAPHY

- Dorobek, S.L., 1987. Petrography, geochemistry, and origin of burial diagenetic facies, Siluro-Devonian Hedelberg Group (carbonate rocks), Central Appalachians. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 71: 492-514.
- Dunham, R.Y., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture: Classification of carbonate rocks – a symposium. *AAPG Memoir* 1, pp. 108-121.
- Folk, R. L., 1959. Practical petrographic classification of limestones. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 43: 1-38.
- Grover, G. Jr. and Read, J.F., 1983. Paleoaquifer and deep burial related cements defined by regional cathodoluminescent patterns, Middle Ordovician carbonates, Virginia. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 67: 1275-1303.
- Hugman III, R.H.H. and Friedman, M., 1979. Effects of texture and composition of mechanical behavior of experimentally deformed carbonate rocks. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63: 1478-1489.
- Paquette, J. & Reeder, R.J., 1995. Relationship between surface structure, growth mechanism, and trace element incorporation in calcite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59: 735-749.
- Petrov, V.I., 1996. Cathodoluminescence microscopy. *Physics – Uspekhi*, 39:807-818.
- Pierson, B.J., 1981. The control of cathodoluminescence in dolomite by iron and manganese. *Sedimentology*, 28: 601-610.
- Reeder, R.J. and Paquette, J. 1989. Sector zoning in natural and synthetic calcites. *Sedimentary Geology*, 65: 239-247.
- Savard, M.M., Vizer, J., and Hinton, R., 1995. Cathodoluminescence at low Fe and Mn concentrations: A SIMS study of zones in natural calcites. *Journal of Sedimentary Research*, A65:208-213.
- Spötl, C., 1991. Cathodoluminescence of magnesite: Examples from the eastern Alps. *Geology*, 19: 52-55.
- Tucker, M. (ed), 1988. *Techniques in Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, 394p.
- Warmada, 2003. Ore mineralogy and geochemistry of the Pongkor epithermal gold-silver deposit, Indonesia. Ph.D. Dissertation, Papierflieger Verlag GmbH, Clausthal-Zellerfeld, 107pp.
- Warmada, I W. and Hartati, R., 2006. Cathodoluminescence microscopic analysis to interpret the redox condition during the formation of carbonate vein. *Proceedings of 35<sup>th</sup> IAGI Annual Convention and Exhibition*, 21 – 22 November 2006, 5p.

## PENGUKURAN PERFORMANSI SUPPLIER DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* (DEA) DI PT MISAJA MITRA PATI JAWA TENGAH

Lilis Suryani<sup>1</sup>, Ira Setyaningsih<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Masuk: 6 Desember 2013, revisi masuk: 16 Januari 2014, diterima: 29 Januari 2014

### ABSTRACT

*This research discusses the measurement of the relative efficiency of the supplier's performance using Data Envelopment Analysis (DEA). The supplier's performance variable is modified from research. Input variable is the total purchase price. The out-put variables are the ability to fulfill the order quantity, the quality of shrimp, delivery performance, and supplier's track record. There are 10 suppliers used in this research. 4 suppliers have good performance (efficiency score = 1) are B, C, D, and F. The best supplier is D who has 1.21 super efficiency's score.*

**Keywords:** *Data Envelopment Analysis (DEA), Performance, Supplier*

### INTISARI

Penelitian ini membahas mengenai pengukuran efisiensi relatif performansi *supplier* dengan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA). Pengukuran performansi *supplier* ini menggunakan kriteria input dan output. Setelah disesuaikan dengan kondisi perusahaan, diperoleh kriteria yang digunakan pada penelitian ini adalah variabel input yakni total harga pembelian sedangkan data output yang digunakan dalam penelitian ini adalah kemampuan memenuhi kuantitas order, kualitas udang, kinerja pengiriman, dan rekam jejak. Jumlah *supplier* yang diteliti sebanyak 10 *supplier*. Hasil pengukuran performansi yaitu dari 10 *supplier* terdapat 4 *supplier* yang efisien (nilai efisiensi = 1) adalah *supplier* B, C, D, F. *Supplier* terbaik adalah *supplier* D dengan nilai super efisiensi sebesar 1,21.

**Kata Kunci :** *Data Envelopment Analysis* (DEA), performansi, *supplier*

### PENDAHULUAN

PT. Misaja Mitra merupakan industri perikanan yang bergerak dalam bidang pengolahan udang beku untuk tujuan ekspor. Hasil produksi Misaja Mitra diekspor ke luar negeri dengan pasar utama yaitu Jepang. Selain ke Jepang, ekspor juga dilakukan ke Eropa yaitu Belanda. Oleh karena itu diperlukan bahan baku yang baik dan berkualitas.

Pasokan udang *Head On* ke PT Misaja Mitra yang disupply oleh *supplier* mengalami ketidakstabilan pasokan dan ketidakstabilan kualitas. Hal ini menyebabkan terhambatnya proses produksi yang berdampak pada keuntungan perusahaan. Meskipun demikian, perusahaan berusaha mengatasi hal tersebut

dengan melakukan evaluasi terhadap *supplier* berdasarkan kriteria mutu udang yakni atas nilai k-point dan volume barang sesuai dengan rangkingnya. Tapi, hal ini belum mampu menyelesaikan permasalahan di atas.

Selain kualitas dan volume pengiriman ada hal yang perlu diperhatikan perusahaan dalam pengadaan bahan baku udang, sebagaimana seperti penelitian yang telah dilakukan Dickson dalam Pujawan (2010) bahwa ada 22 kriteria yang dapat digunakan untuk mengevaluasi *supplier*, yaitu kualitas, *delivery, performance history, warrantie and claim policies*, harga, kemampuan teknik, *financial position, prosedural compliance, communication system, repu-*

*tation and position in industry, desire for business, management and organization, operating controls, repair services, attitudes, impression, packaging capability, labor relations records, geographical location, amount of past business, training aids dan reciprocal arrangements.* Dengan demikian untuk mengevaluasi *supplier* tidak hanya dinilai berdasarkan kualitas dan volume barang saja.

Evaluasi *supplier* yang digunakan oleh perusahaan belum menggunakan kriteria input dan output, oleh karena itu penelitian ini akan mengukur bagaimana performansi *supplier* dengan menggunakan kriteria-kriteria tambahan yang dapat dijadikan sebagai variabel input dan output.

Berdasarkan rumusan masalah di atas, penelitian ini mempunyai beberapa tujuan:

1. Mengetahui kriteria-kriteria tambahan yang digunakan untuk menilai performansi *supplier*
2. Mengetahui nilai performansi *supplier* berdasarkan kriteria-kriteria yang digunakan oleh perusahaan dan kriteria tambahan dengan metode Data Envelopment Analysis (DEA)
3. Mengetahui *supplier* terbaik.
4. Memberi masukan kepada perusahaan, tentang *supplier* yang memiliki nilai performansi rendah.

Menurut Indrajit dan Djokopranoto (2006), *supplier* merupakan sumber yang menyediakan bahan pertama, dimana mata rantai penyaluran barang akan mulai. Sedangkan Pujawan (2010) menganggap bahwa memilih *supplier* merupakan kegiatan strategis, terutama apabila pemasok tersebut akan memasok item yang kritis dan/atau akan digunakan dalam jangka panjang sebagai *supplier* penting. Oleh karena itu, perusahaan harus berupaya mengevaluasi *supplier* yang dianggap efisien dan memiliki performansi terbaik.

Menurut Sumanth (1984) dalam Nugroho, et al (2011) efisiensi merupakan rasio dari output aktual yang dicapai terhadap output standar yang diharapkan. Efisiensi, mengarah pada ukuran baik buruknya penggunaan sumber daya dalam mencapai tujuan. Karena kondisi efisien ideal dengan nilai efisiensi 1 atau

100% sulit dicapai maka dikenal istilah efisiensi relatif. Suatu unit dikatakan efisien relatif bila unit tersebut memiliki efisiensi lebih baik dari unit lainnya.

Pengukuran performansi *supplier* dapat dilakukan dengan metode DEA. DEA adalah sebuah pendekatan non parametrik yang pada dasarnya merupakan teknik berbasis *linear programming*. DEA bekerja dengan langkah identifikasi unit yang akan dievaluasi, *input* yang dibutuhkan serta *output* yang dihasilkan unit tersebut. Kemudian membentuk *efficiency frontier* atas set data yang tersedia dan menghitung nilai produktifitas dari unit-unit yang tidak termasuk dalam *efficiency frontier* serta mengidentifikasi unit mana yang tidak menggunakan *input* secara efisien, relatif terhadap unit berkinerja terbaik dari set data yang dianalisa (Nugroho dkk, 2011).

Untuk mencapai tingkat efisiensi yang maksimum, maka setiap DMU cenderung memiliki pola untuk menetapkan bobot tinggi pada input yang sedikit digunakan, dan pada input yang banyak dihasilkan, dimana bobot yang dipilih tersebut tidak semata-mata menggambarkan suatu nilai ekonomis, tetapi lebih merupakan suatu besaran kuantitatif untuk memaksimalkan efisiensi DMU yang bersangkutan (Palit, dkk, 2008)

Model DEA pada dasarnya digunakan untuk mencari nilai efisiensi yang ditentukan dengan menggunakan metode CRS (*Constant Return to Scale*) sehingga sering disebut sebagai  $TE_{CRS}$ . Dalam mencari efisiensi teknis ini, setiap DMU diasumsikan beroperasi pada skala yang optimal (Nugroho dkk, 2011).

Menurut Bhat dalam Nugroho, dkk (2011) DEA memiliki beberapa keunggulan yaitu: 1). Dapat menentukan efisiensi relative dari beberapa DMU yang memiliki multiple input dan output. 2). DEA tidak membutuhkan asumsi tentang bentuk fungsional khusus. 3). DMU secara langsung dibandingkan terhadap peernya atau kombinasinya. 4). Input dan output dapat memiliki satuan pengukuran yang berbeda.

## METODE

Data-data dalam penelitian ini

diperoleh dengan beberapa cara, yaitu:  
1).Observasi, Metode ini dilakukan dengan mempelajari alur proses pembelian udang, fasilitas-fasilitas yang ada di bagian pembelian, cara pembongkaran dan penyimpanan udang.  
2).Wawancara, metode ini dilakukan dengan cara mewawancarai secara langsung Purchase Administrasi 1 orang dan Sou Hanco Purchase 1 orang.  
3).Studi Pustaka, pada tahap ini dikumpulkan berbagai dokumentasi, hasil-hasil penelitian, dan teori-teori yang diarahkan untuk mendapatkan konsep-konsep penelitian yang berkaitan dengan permasalahan yang ada sebagai landasan dalam tahap-tahap penelitian selanjutnya. Landasan teori yang diperoleh dari beberapa literatur merupakan pedoman awal untuk menentukan variabel-variabel penelitian dan memberikan batasan terhadap arah penelitian secara keseluruhan.  
4).Kuisisioner, kuisisioner untuk memperoleh nilai bobot setiap kriteria dari masing-masing supplier. Kuisisioner diberikan kepada 1 orang Factory Manager, 1 orang Purchase Adm, dan 1 orang Sou Hanco Purchase.

Secara umum, penelitian ini dilakukan melalui tahapan sebagai berikut: 1). Menentukan DMU, variabel *input* dan *output*. 2).Menyusun pertanyaan wawancara. 3). Mengumpulkan data. 4).Mengolah data 5).Menghitung efisiensi masing-masing DMU berdasarkan variabel *input* dan *output* 6).Memperbaiki nilai DMU inefisien.

Dalam penelitian ini supplier disebut sebagai Decision Making Unit (DMU) yang akan diukur performansinya. Supplier yang diukur performansinya pada penelitian ini adalah supplier udang Head On yang terdiri dari 10 supplier.

Variabel dalam penelitian ini didasarkan pada penelitian Marlyana, et al (2007), yaitu: Input : total harga beli data pembelian, variabel yang digunakan untuk pengolahan adalah total harga beli yang mana data total harga beli dalam satuan rupiah kemudian peneliti ubah dalam bentuk skala yang dapat mendukung dalam pengolahan.

Supplier yang terlibat dalam pe-

produk dari setiap supplier. Output : Kemampuan tiap supplier memenuhi kuantitas order, Ketepatan waktu delivery, Kualitas order dari tiap supplier, Kriteria kualitatif tiap supplier

Tabel 1. Penentuan Decision Making Unit (DMU)

Nama Supplier	DMU
A	DMU 1
B	DMU 2
C	DMU 3
D	DMU 4
E	DMU 5
F	DMU 6
G	DMU 7
H	DMU 8
I	DMU 9
J	DMU 10

Disesuaikan dengan kondisi perusahaan, diperoleh kriteria yang digunakan dalam penelitian ini adalah:1).Variabel input : total harga pembelian (X1)Variabel output : kemampuan memenuhi kuantitas order (Y1) – dideskripsikan sebagai tingkat kemampuan supplier untuk memenuhi order dari perusahaan, berdasarkan banyaknya udang yang dipasok pada periode Januari-Juni 2013. Kualitas udang (Y2) – merupakan kesesuaian kualitas yang diinginkan oleh perusahaan terhadap udang yang dipasok oleh supplier. Kinerja pengiriman (Y3) – kemampuan supplier dalam pengiriman dinilai berdasarkan ketepatan waktu pengiriman dan kesesuaian jumlah order perusahaan. Rekam jejak (Y4) – merupakan tingkat kepuasan yang dirasakan oleh perusahaan terhadap supplier berdasarkan sikap supplier dan komunikasi antara supplier dengan perusahaan.

Data input yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan penelitian terdiri dari 10 supplier. Untuk menjaga reputasi, nama-nama supplier dirahasiakan, dan diberi kode baru. Data output yang digunakan dalam pengolahan diperoleh dengan menggunakan kuisisioner. Kuisisioner dilakukan kepada pihak yang berkompeten dan pengambil

keputusan dalam pengadaan bahan baku udang yakni *factory manager* (D1), *purchase adm* (D2), *sou hancho purchase* atau pemimpin lapangan pembelian udang (D3).

**PEMBAHASAN**

Data output hasil kuisioner diolah

dalam Excel untuk memperoleh bobot output. Bobot input diperoleh dari data historis total harga pembelian.

Data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel . Data input dan data output disusun dalam model program linier kemudian diolah dengan menggunakan software Lindo.

Tabel 2. Data Hasil Penelitian

DMU	Nama Supplier	Total Harga Pembelian (X1)	Kemampuan Memenuhi Kuantitas Order (Y1)	Kualitas Udang (Y2)	Kinerja Pengiriman (Y3)	Rekam Jejak (Y4)
1	A	5	3,634241	4	3,301927	4
2	B	5	4,641589	4,641589	4,308869	4,308869
3	C	5	4,641589	4,308869	4	4,641589
4	D	3	2,620741	4	3,634241	3,634241
5	E	3	2,289428	3,634241	3,301927	3,301927
6	F	3	2,620741	3,301927	2,620741	2,620741
7	G	3	1,587401	2,620741	1,587401	1,259921
8	H	3	1,259921	1,587401	1	1,259921
9	I	5	3,301927	3	4	3
10	J	5	3,634241	4	4	3,301927

Contoh penyusunan model program linier padasalah satu DMU yaitu Supplier A (DMU 1) sebagai berikut :

!formulasi model matematis DEA-CRS DMU 1  
!fungsi tujuan  
Max 3.634241 Y1 + 4 Y2 + 3.301927 Y3 + 4 Y4  
Subject to  
(input) 5 X1 = 1  
!Pembatas DMU 1  
3.634241 Y1 + 4 Y2 + 3.301927 Y3 + 4 Y4 - 5 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 2  
4.641589 Y1 + 4.641589 Y2 + 4.308869 Y3 + 4.308869 Y4 - 5 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 3  
4.641589 Y1 + 4.308869 Y2 + 4 Y3 + 4.641589 Y4 - 5 X1 <= 0  
!Pembatas DMU

2.620741 Y1 + 4 Y2 + 3.634241 Y3 + 3.634241 Y4 - 3 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 5  
2.289428 Y1 + 3.634241 Y2 + 3.301927 Y3 + 3.301927 Y4 - 3 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 6  
2.620741 Y1 + 3.301927 Y2 + 3.634241 Y3 + 3.634241 Y4 - 3 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 7  
1.587401 Y1 + 2.620741 Y2 + 1.587401 Y3 + 1.259921 Y4 - 3 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 8  
1.259921 Y1 + 1.587401 Y2 + 1 Y3 + 1.259921 Y4 - 3 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 9  
3.301927 Y1 + 3 Y2 + 4 Y3 + 3 Y4 - 5 X1 <= 0  
!Pembatas DMU 10  
3.634241 Y1 + 4 Y2 + 4 Y3 + 3.301927 Y4 - 5 X1 <= 0  
X >= 0  
Y >= 0  
END

Karena terdapat 10 *supplier* maka disusun model program linier untuk DMU yang selanjutnya. Adapun hasil pengolahan pengukuran performansi *supplier* seperti disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 nampak bahwa *supplier* yang sudah efisien adalah *supplier* 2, 3, 4 dan 6, atau *supplier* B,C,D dan F. Selanjutnya penelitian ini berusaha mencari *supplier* terbaik dengan mengguna-

kan konsep super-efisiensi.

Tabel 3. Hasil Pengolahan DEA

DMU (Supplier)	Efisiensi
1	0.7965735
2	1
3	1
4	1
5	0.9085603
6	1
7	0.6551852
8	0.4664029
9	0.7389061
10	0.8014163

Konsep dari super efisiensi adalah membiarkan adanya efisiensi DMU yang diamati lebih besar dari satu atau 100%. Super-efisiensi hanya mempengaruhi unit (DMU) yang dianggap sama efisien dengan batasan yang dihilangkan, yang tidak mengikat unit yang tidak efisien karena efisiensinya lebih kecil daripada 1 atau 100. Super-efisiensi sebenarnya merupakan suatu ukuran kekuatan unit-unit yang efisien yang digunakan untuk meranking unit-unit DMU yang diteliti. Dalam perhitungan super-efisiensi yang diukur hanya unit supplier yang efisien dengan tujuan untuk meranking supplier-supplier yang efisien tersebut guna mengetahui supplier terbaik. (Marlyana et al, 2007)

Contoh formulasi program linier

super-efisiensi padasalah satu supplier yang efisien yakni DMU 2 adalah sebagai berikut :

!formulasi model matematis DEA-CRS DMU 2 Super Efisiensi

!fungsi tujuan

Max 4.641589 Y1 + 4.641589 Y2 + 4.308869 Y3 + 4.308869 Y4

Subject to (input) 5 X1 = 1

!Pembatas DMU 3

4.641589 Y1 + 4.308869 Y2 + 4 Y3 + 4.641589 Y4 - 5 X1 <= 0

!Pembatas DMU 4

2.620741 Y1 + 4 Y2 + 3.634241 Y3 + 3.634241 Y4 - 3 X1 <= 0

!Pembatas DMU 6

2.620741 Y1 + 3.301927 Y2 + 3.634241 Y3 + 3.634241 Y4 - 3 X1 <= 0

X >= 0

Y >= 0

END

Adapun hasil pengolahan super-efisiensi adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengolahan Super-efisiensi

DMU	Supplier	Nilai Super-Efisiensi	Ranking
2	B	1.007943	3
3	C	1.009798	2
4	D	1.211414	1
6	F	1.000000	4

Tabel 5. Nilai Dual Tiap Supplier

DMU	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1	0	0.0716	0.494	0.384	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0.908	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0.655	0	0	0	0	0	0
8	0	0.137	0	0.237	0	0	0	0	0	0
9	0	0.272	0	0	0	0.778	0	0	0	0
10	0	0.489	0	0.0152	0	0.506	0	0	0	0

Kombinasi DMU acuan dapat dilihat dari nilai dual pada DMU yang tidak efisien. Dual price (nilai dual) meru-

pakan nilai yang digunakan untuk meningkatkan fungsi objektif suatu DMU. (Julia 2005 dalam Marlyana,et al 2007) Berikut ini adalah tabel nilai dual tiap supplier :

Untuk meningkatkan nilai efisiensinya dibandingkan dengan supplier acuannya dapat dilakukan melalui nilai dual yang telah diberikan seperti pada tabel 4 diatas. Contoh salah satu perbandingan DMU inefisien dengan DMU

acuannya, beserta perhitungan untuk menentukan proyeksi koefisien *input* dan *output* yang baru untuk meningkatkan nilai efisiensi DMU inefisien disajikan pada tabel 6 berikut ini:

Tabel 6. Perbandingan DMU 1 dengan DMU acuannya

DMU				
Variabel	1	2	3	4
X	5	5	5	3
Y1	3,634241	4,641589	4,641589	2,620741
Y2	4	4,641589	4,308869	4
Y3	3,301927	4,308869	4	3,634241
Y4	4	4,308869	4,641589	3,634241
Nilai Dual	-	0.071669	0.494256	0.384415

$$\begin{aligned}
 X \text{ untuk DMU 1} &= (5 \times 0.071669) + (5 \times 0.494256) + (3 \times 0.384415) = 3,98287 \\
 Y1 \text{ untuk DMU 1} &= (4,641589 \times 0.071669) + (4,641589 \times 0.494256) + (2,620741 + 0.384415) = 3.634243 \\
 Y2 \text{ untuk DMU 1} &= (4,641589 \times 0.071669) + (4,308869 \times 0.494256) + (4 \times 0.384415) = 4.0000024 \\
 Y3 \text{ untuk DMU 1} &= (4,308869 \times 0.071669) + (4 \times 0.494256) + (3,634241 \times 0.384415) = 3.6828931 \\
 Y4 \text{ untuk DMU 1} &= (4,308869 \times 0.071669) + (4,641589 \times 0.494256) + (3,634241 + 0.384415) = 4.0000023
 \end{aligned}$$

Tabel 7. Perbandingan Input -Output lama dengan input-output yang baru DMU 1

Variabel	Lama	Baru	Peningkatan
X	5	3,98287	-1.01713
Y1	3,634241	3.634243	0
Y2	4	4.0000024	0.0000024
Y3	3,301927	4.0000024	0.3809661
Y4	4	4.0000023	0.0000023

Contoh perhitungan di atas juga dilakukan juga untuk DMU inefisien yang lain. Berdasarkan hasil pengolahan perbaikan DMU di atas, maka dapat diketahui usulan perbaikan untuk DMU inefisien. Sebagai contoh, pada tabel 6 diatas usulan perbaikan untuk DMU 1 yakni meningkatkan kinerja pengiriman yaitu dengan mengirimkan uang tepat waktu dan tepat jumlah sesuai dengan order yang diinginkan oleh perusahaan.

Berdasarkan hasil nilai efisiensi pada tabel 8 dapat diketahui bahwa meningkatkan nilai koefisien pada variabel DMU inefisien tidak menyebab-

kan perubahan nilai efisiensi DMU yang awalnya sudah efisien yakni nilai efisiensi untuk DMU yang sebelum perbaikan sudah efisien adalah tetap, jadi perubahan pada koefisien variabel tidak berpengaruh terhadap DMU yang sudah efisien.

Pada perbaikan ini, dapat diketahui kekurangan pada supplier A, E, G, H, I dan J. Supplier A perlu memperbaiki kinerja pengiriman, sedangkan supplier E mesti meningkatkan kemampuan memenuhi kuantitas order.

Tabel 8. Hasil Pengolahan DEA Perbaikan

DMU	Efisiensi
1	0.9999999
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	0.9999998
9	1
10	1

Sementara itu supplier G perlu melakukan peningkatan kemampuan memenuhi kuantitas order, kinerja pengiriman serta memperbaiki rekam jejaknya. Sedangkan supplier H harus memperhatikan kinerja pengiriman dan rekam jejaknya. Supplier I perlu meningkatkan kualitas I, sedangkan supplier J memperbaiki rekam jejaknya.

#### KESIMPULAN

Kriteria yang digunakan sebagai variabel input adalah total harga pembelian, sedangkan kriteria untuk variabel output adalah kemampuan memenuhi kuantitas order, kualitas, kinerja pengiriman, dan rekam jejak. Yang mana kriteria kualitas dan volume barang (kemampuan memenuhi kuantitas order) pada awalnya telah digunakan perusahaan untuk mengevaluasi supplier, sehingga kriteria tambahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah total harga pembelian, kinerja pengiriman, dan rekam jejak.

Performansi *supplier* yang memasok bahan baku produksi di Misaja Mitra Pati Jawa Tengah yang memiliki performansi efisien yakni dengan nilai efisiensi 1 (satu) adalah DMU 2, DMU 3, DMU 4, DMU 6. DMU 2 yakni mewakili supplier B, DMU 3 yakni mewakili supplier C, DMU 4 mewakili supplier D, DMU 6 yakni mewakili supplier F. Supplier yang inefisien dengan nilai efisiensi kurang dari 1 adalah DMU 1, DMU 5, DMU 7, DMU 8, DMU 9, DMU 10. DMU 1 yakni mewakili supplier A dengan nilai efisiensi sebesar 0.7965735, DMU 5 yakni mewakili supplier E dengan nilai efisiensi sebe-

sar 0.9085603. DMU 7 yakni mewakili supplier G dengan nilai efisiensi sebesar 0.6551852, DMU 8 yakni mewakili supplier H dengan nilai efisiensi sebesar 0.4664029, DMU 9 yakni mewakili supplier I dengan nilai efisiensi sebesar 0.7389061, DMU 10 yakni mewakili supplier J dengan nilai efisiensi sebesar 0.8014163.

Untuk mengetahui supplier terbaik diantara supplier yang efisien dilakukan perhitungan super-efisiensi dan diperoleh hasil untuk supplier terbaik adalah supplier D, ranking 2 adalah supplier C, ranking 3 adalah supplier B, dan ranking 4 adalah supplier F dengan nilai super-efisiensi masing-masing sebesar 1.211414, 1.009798, 1.007943, 1.000000.

Usulan untuk DMU inefisien agar dapat meningkatkan nilai efisiensinya yakni DMU 1 memperbaiki kinerja pengiriman. DMU 5 memperbaiki kemampuan memenuhi kuantitas order. DMU 7 memperbaiki kemampuan memenuhi kuantitas order, meningkatkan kinerja pengiriman, memperbaiki rekam jejak. DMU 8 memperbaiki kinerja pengiriman dan rekam jejak. DMU 9 meningkatkan kualitas udang dan memperbaiki rekam jejak. DMU 10 memperbaiki rekam jejak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Indrajit, R.E. dan Djokopranoto, R., 2006, *Konsep Supply Chain Cara Baru Memandang Mata Rantai Penyediaan Barang*, Grasindo: Jakarta.
- Marlyana, Novi, Khoiriyah, Nuzulia., dan Fakhri, Achmad., 2007., *Analisis Efisiensi Layanan Supplier Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Pada Swalayan Makro Semarang*. Transistor, 7-1, 1-10.
- Nugroho, Susatyo W.P., Sriyanto., dan Chasanah, Nor., 2011, *Analisis Efisiensi Distribusi Listrik Unit Pelayanan Jaringan Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Studi Kasus Di Area Pelayanan Jaringan Kudus, PT. Pln (Persero)*. *Jurnal Teknik Industri UNIP*, 6-1, 47-56.
- Palit, Lienardo., dan Widyadana, 2008, *Aplikasi Kombinasi Algoritma Genetik Dan Data Envelopment*

*Analysis Pada Penjadwalan  
Flowshop Multikriteria*, Jurnal  
Teknik Industri, Vol 1, 86-89  
Pujawan, I Nyoman., dan Mahendrawati,  
ER, 2010, *Supply Chain Mana-  
gement*. Guna Widya: Surabaya.

## STUDI KOROSI DAN SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN LAS BUSUR RENDAM UNTUK KONSTRUKSI BAJA DENGAN PERLAKUAN PANAS

Jarot Wijayanto<sup>1</sup>, Darmansyah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin

Masuk: 27 Nopember 2013, revisi masuk: 12 Januari 2014, diterima: 4 Februari 2014

### ABSTRACT

*The research in corrosion rate and mechanical properties for submerged arc welding of Steel construction through heat treatment, was done to study the effectiveness of the use of Post-Weld Heat Treatment (PWHT) using flame oxy aceteline. Its used for reducing the residual stress which may cause reduction in corrosion of resistance. Based on the study, it can be concluded that the release of residual stresses in submerged arc welding by PWHT can reduce current densities up to  $43.88 \mu A/cm^2$  at the specimen T300, and also reduce the rate of corrosion that sea water by concentration of 3.3% NaCl. The slowest of corrosion rate occurs in spesimen T300, i.e. 0.311 mm/year compared to the TT specimen that has corrosion rate of 0.377 mm/year. In general, the microstructure of a welding is ferrite of grain boundaries that form structure of the pillar (columnar) with acicular ferrite be inside the columnar grains. The specimens T300 reached optimum hardness value 222.240 VHN but get the lowest value of tensile strength i.e only  $54.5 kg/mm^2$ .*

*Key word : residual stres, (Post-Weld Heat Treatment) PWHT, corrosion rate.*

### INTI SARI

Penelitian korosi dan sifat mekanis sambungan las busur rendam untuk konstruksi baja melalui perlakuan panas dilakukan untuk mempelajari efektifitas penggunaan *post-weld heat treatment* (PWHT) dengan nyala api oksasi asetelin dalam pengelasan las busur rendam. Hal ini untuk mengurangi terjadinya tegangan sisa yang menyebabkan ketahanan korosi menurun. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa pembebasan tegangan sisa pada hasil las busur rendam melalui PWHT menggunakan nyala oksasi asetelin dapat menurunkan rapat arus sampai dengan  $43,88 \mu A/cm^2$  pada spesimen T300 sehingga mempengaruhi laju korosi yang terjadi pada air laut konsentrasi 3,3 % NaCl. Laju korosi paling lambat terjadi pada spesimen T300 yaitu sebesar yaitu sebesar 0.311 mm/year dibandingkan dengan spesimen TT yang memiliki nilai laju korosi 0,377 mm/year. Secara umum struktur mikro las berupa ferit batas butir yang membentuk stuktur pilar (*columnar*) dengan ferit asikular berada didalam butir *columnar*. Pada hasil pengujian mekanis untuk spesimen T300 memiliki nilai kekerasan paling optimum yaitu mencapai 222,240 VHN tetapi nilai kekuatan tariknya terendah yaitu sebesar  $54,5 kg/mm^2$ .

Kata kunci : tegangan sisa, PWHT, laju korosi, kekuatan tarik

### PENDAHULUAN

Las busur rendam atau *submerged arc welding* (SAW) adalah proses pengelasan dimana logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui

suatu penampang fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus menerus (Wiryosumarto dan Okumura, 1991). Pengelasan dilakukan secara otomatis

dan busur terendam dalam fluks sehingga memberi kenyamanan dalam pengoperasiannya. Sambungan las banyak dipakai pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin seperti perkapalan, bejana tekan, jembatan, perpipaan, kendaraan dan lain-lain. Banyak manfaat yang dapat diperoleh dari sambungan dengan menggunakan bantuan las, tetapi disini lain juga tidak sedikit masalah-masalah yang timbul dan diatasi berkaitan dengan sifat fisik, mekanik dan kimia dari material yang dilas. Salah satu contoh dari masalah tersebut adalah terjadinya perbedaan struktur mikro yang cukup menonjol antara daerah terpengaruh panas (*Heat Affected Zone* atau HAZ) dengan logam induknya akibat dari pengaruh panas yang ditimbulkan pada waktu melakukan pengelasan cair. Struktur dengan sambungan las seperti bejana tekan, pipa dan bangunan lepas pantai (*off-shore*) sering beroperasi di lingkungan korosi dan mengalami beban dinamik. Kombinasi antara tegangan sisa pada las, beban dinamik dan media korosi dapat menyebabkan terjadinya patah leleh (*fatigue failure*).

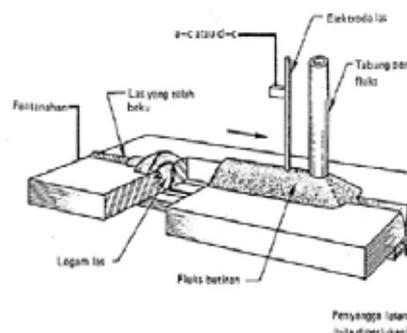
Dalam proses pengelasan, bagian yang dilas menerima panas setempat yang mengakibatkan terjadinya pengembangan termal sedangkan bagian yang dingin tidak berubah sehingga dapat mengakibatkan terjadinya ketidakteraturan regangan. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk dan menimbulkan tegangan sisa (Wiryosumarto dan Okumura, 1991). Tegangan sisa pada logam las dapat menyebabkan terjadinya *stress corrosion cracking* (SCC) dan *hydrogen induced cracking* (HIC) (Jones, 1992).

Dari uraian diatas untuk mempertahankan integritas struktur yang dibangun dengan cara pengelasan, pengurangan tegangan sisa perlu dilakukan cara yang efektif sehingga dapat meningkatkan sifat fatik dan ketahanan korosinya. Telah banyak usaha yang dilakukan untuk mengurangi pengaruh tegangan sisa yang timbul karena siklus termal proses pengelasan baik dengan cara *pre-heating*, pengontrolan siklus termal dan penggetaran saat pengelasan maupun

*post-weld heat treatment* dan *peening* (Mochizuki M., 2006). Dalam penelitian ini akan diteliti penggunaan *post-weld heat treatment* (PWHT) dalam pengelasan las busur rendam untuk mengurangi terjadinya tegangan sisa yang menyebabkan *stress corrosion cracking* (SCC) dan *hydrogen induced cracking* (HIC).

## METODE

Las busur terendam merupakan salah satu proses pengelasan busur di mana logam-logam disatukan dengan cara pemanasan dengan sumber panas dari busur antara logam elektroda dengan logam dasar, dengan busur diselimuti oleh butiran yang dinamakan fluks di atas daerah pengelasan (Kou, 1987). Butiran penyelimut merupakan material yang dapat ikut bergabung dengan logam las. Secara umum, proses las busur terendam seperti pada Gambar 1.



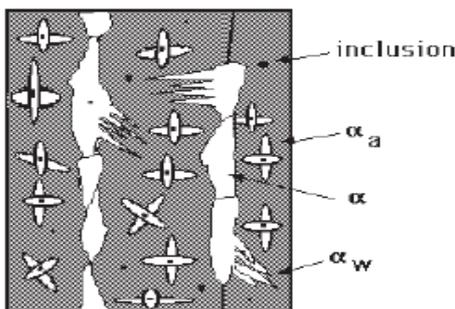
Gambar 1. Skema yang menggambarkan struktur mikro untuk logam las (Horrison dan Farrar, 1989)

Struktur mikro logam las baja C-Mn merupakan fungsi dari komposisi logam las; jenis, jumlah dan distribusi inklusi; dan laju pendinginan logam las. Untuk mendapatkan struktur mikro yang baik pada pengelasan las busur terendam diperlukan laju pendinginan logam las di bawah  $A_c3$  untuk mendapatkan jangkauan temperatur transformasi ferit asikular, unsur paduan (Ti, Mo dan B di dalam kawat las dan C, Mn, Nb dan V di dalam logam induk) untuk meyakinkan sifat mampu keras

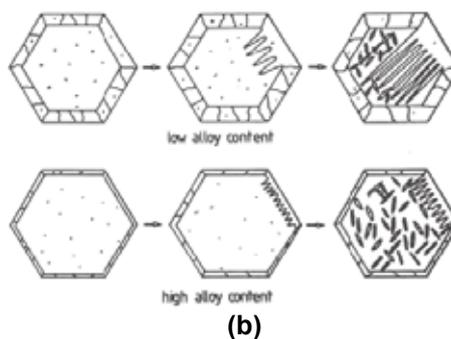
dan transformasi pendinginan kontinu, penggunaan fluks basa untuk menyediakan kandungan oksigen di kolam las, dan deoksidan tertentu (Al dan Si) di logam induk untuk bereaksi dengan oksigen yang tersedia dan membentuk inklusi (Thewlis, 1985).

Struktur mikro yang mungkin terjadi di logam las adalah ferit batas butir ( $\alpha$ ) yang terbentuk pertama kali pada transformasi  $\gamma$  menjadi  $\alpha$  sepanjang batas butir austenit dari suhu  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ferit widmanstatten ( $\alpha_w$ ) yang tumbuh pada suhu  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada arah ke dalam butir di sepanjang batas butir austenit, ferit asikular ( $\alpha_a$ ) yang biasanya terbentuk pada suhu  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$  di dalam butir dengan orientasi acak, bainit yang merupakan ferit berbentuk pelat dengan  $\text{Fe}_3\text{C}$  di antara pelat-pelat tersebut dan martensit yang terbentuk jika terjadi proses pendinginan sangat cepat dan terdapat kandungan C yang cukup. Pembentukan struktur digambarkan secara skema pada Gambar 2.

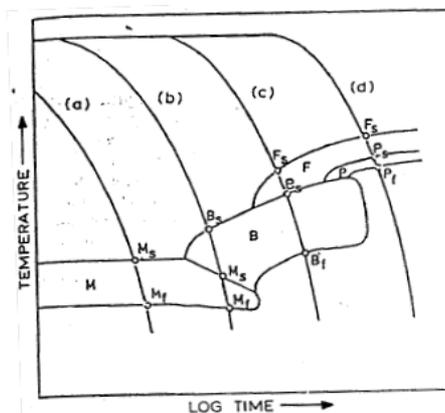
Pembentukan struktur mikro selama proses pendinginan logam las dapat diperkirakan menggunakan diagram *Continuous Cooling Transformation (CCT)* yang secara skema digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 2. (a) Skema struktur ferit di dalam logam las (Bhadeshia, 2004)

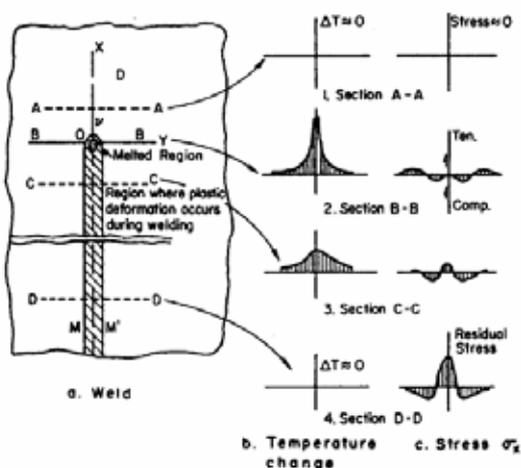


Gambar 2. (b) Skema proses pembentukan struktur mikro logam las (Bhadeshia, 2004)



Gambar 3. Diagram CCT (Harrison dan Farrar, 1989)

Selama proses pengelasan, pada bagian yang dilas menerima panas pengelasan setempat dan selama proses berjalan temperaturnya berubah terus sehingga distribusinya tidak merata. Karena panas tersebut, maka bagian yang dilas terjadi pengembangan termal sedangkan bagian yang dingin tidak berubah sehingga terbantu pengalangan pengembangan yang mengakibatkan tegangan sisa (*residual stress*) dan distorsi (*distorsion*). Tegangan sisa bisa menyebabkan penggetasan, berkurangnya ketahanan leleh, menurunnya ketangguhan las dan ketahanan korosi.



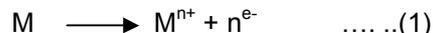
Gambar 4. Perubahan Temperatur dan Tegangan Sisa pada Saat Pengelasan (Kou 1987).

Korosi pada Pengelasan. Korosi adalah perubahan struktur logam yang menimbulkan kerapuhan dan yang disebabkan karena reaksi sebagai akibat dari adanya sel konsentrasi dari ion logam atau adanya proses galvanik. Dua jenis korosi yang berbahaya dalam konstruksi baja adalah korosi antar butir atau intergranular yaitu korosi yang terjadi bila daerah batas butir terserang akibat adanya endapan didalamnya. Batas butir ini lebih disukai untuk proses pengendapan (*precipitation*) dan pemisahan (*segregation*) yang teramati pada banyak paduan. Ketidakmurnian suatu bahan yang reaktif bisa terjadi pemisahan atau memisahkan elemen seperti kromium yang terdepleksi pada batas butir. Hasilnya batas-batas butir atau daerah yang berdekatan sering tidak tahan korosi dan korosi pada batas butir mungkin cukup untuk melepaskan butir-butir ke permukaan. Sebagai contoh adalah akumulasi dari paduan yang tidak terdistribusi dengan merata akibat pengaruh panas dari lasan.

Korosi yang berbahaya kedua adalah korosi tegangan yang merupakan peretakan intergranular sebagai akibat gabungan tegangan tarik statik dan lingkungan khusus yang korosif sehingga dapat

menimbulkan retak. Korosi ini akan semakin meningkat jika berada pada kondisi lingkungan yang kadar klorida cukup tinggi seperti air laut yang temperturnya cukup tinggi. Komposisi kimia dari sambungan las pada umumnya tidak merata karena itu daya tahannya terhadap korosi juga tidak sama, hal ini perlu mendapat perhatian dalam perencanaan.

Mekanisme Korosi menurut Fontana (1978), reaksi-reaksi elektrokimia dapat digunakan untuk menerangkan mekanisme terjadinya korosi. Aspek elektrokimia yang terjadi selama berlangsungnya proses korosi terbagi atas 2 : a). Reaksi anoda (reaksi oksidasi) adalah reaksi yang menghasilkan electron. Selain itu reaksi anoda juga menyebabkan terjadinya oksidasi sekaligus penyebab terjadinya korosi. Reaksi anoda pada proses korosi merupakan reaksi oksidasi logam menjadi ion logam. Reaksinya adalah :



b). Reaksi katoda (reaksi reduksi), adalah reaksi yang mengkonsumsi elektron. Reaksi katoda menyebabkan reaksi reduksi dan pada umumnya tidak mengalami korosi. Reaksinya adalah :



Pada Laju Korosi, Untuk mengetahui nilai kuantitatif dari logam yang mengalami korosi dapat dihitung dengan laju korosi, yang dapat dinyatakan dengan prosentase berat yang hilang, milligram per sentimeter kuadrat per hari. Sedangkan laju korosi dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

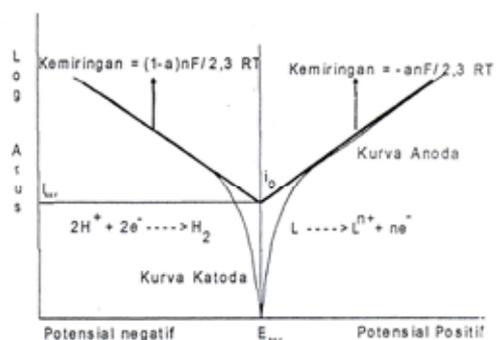
$$R = 0,129 \frac{mI_{kor}}{n\rho} \dots \dots (3)$$

- R = laju korosi (mils per year = mpy)
- I<sub>kor</sub> = rapat arus korosi (μA/cm<sup>2</sup>)
- ρ = berat jenis sampel (g/m<sup>3</sup>)
- m = masa atom
- n = valensi atom.

Baik tidaknya suatu bahan terhadap serangan korosi (berlaku untuk korosi merata) dapat digolongkan dalam 3 kelas : 1). Kurang dari 5 mpy (mils per year, 1 mils = 0,001 inch) ; logam yang masuk dalam kelompo ini memiliki daya tahan yang tinggi terhadap korosi, misalnya baling-baling, poros pada pompa dan pegas. 2). 5 – 50 mpy ; logam dari kelompok ini dianggap memadai bila bagian-bagian peralatan dibuat dari logam ini diperbolehkan mennggung laju korosi yang tinggi. Bagian-bagian tersebut misalnya pipa dan tangki. 3). Lebih dari 50 mpy ; logam-logam dalam kelompok ini sebaiknya tidak digunakan karena tidak tahan korosi.

Penggambaran Kurva E/log I, faktor penting untuk mendukung laju korosi adalah untuk mengetahui besarnya arus korosi yang didapat dari pengujian korosi dengan potensiostat/ Galvanostat PGS-201T. Grafik E/log I merupakan metode yang digunakan untuk menentukan harga  $I_{kor}$  (rapat arus korosi), sebagai landasan dalam menentukan laju korosi. E menunjukkan besarnya potensial yang diberikan pada sistem selama pengujian korosi berlangsung. Sedangkan I menunjukkan harga arus tercatat selama pengujian korosi berlangsung. Untuk lebih mudahnya dapat dilihat pada Gambar 5.  $I_{kor}$  (rapat arus korosi) merupakan antilog dari log arus yang didapatkan selama pengujian korosi dengan alat uji potensiostat/ Galvanostat PGS-201T. Pengujian korosi dimulai dengan reaksi reduksi yang ditunjukkan oleh grafik sebelah kiri dengan gradien (kemiringan) yang negatif. Potensial biasanya dimulai dengan harga -2500 mV sampai 2500 mV. Penambahan potensial akan diikuti oleh bertambahnya nilai arus yang terbentuk atau semakin banyaknya elektron yang mengalir dari anoda menuju katoda. Reaksi reduksi akan berakhir pada saat harga arus mencapai nol. Pada saat arus mencapai harga nol inilah potensial korosi ( $E_{kor}$ ) terbentuk. Sesaat setelah reaksi reduksi berakhir, akan diikuti oleh reaksi oksidasi. Reaksi oksidasi ditandai semakin tingginya potensial dan arus, serta gradien grafik sebelah kanan

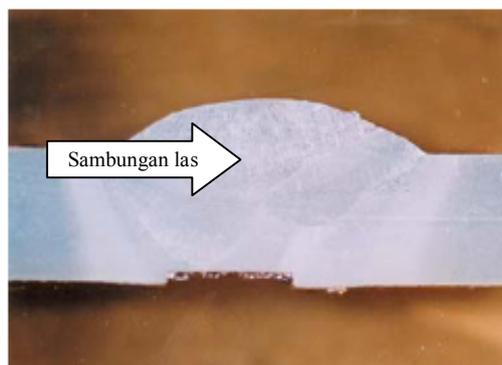
yang positif. Pada saat reaksi oksidasi, yang terjadi adalah pelepasan elektron dari anoda menuju katoda.



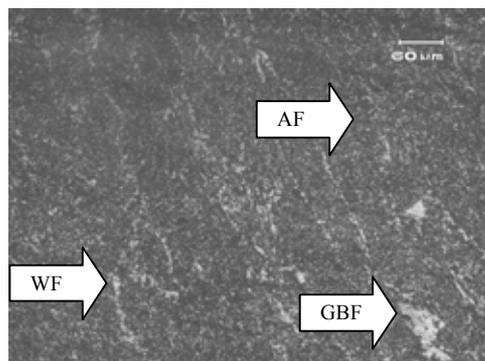
Gambar 5. Kurva E/log I

## PEMBAHASAN

Pengamatan struktur mikro pada specimen difokuskan pada daerah sambungan las yang meliputi daerah las, HAZ kasar, HAZ halus dan logam induk. Gambar 6 adalah struktur makro sambungan las beserta struktur mikro logam las pada kondisi : (a) tanpa perlakuan, sedangkan pada gambar (b), (perlakuan *flame stress relieving* pada temperatur las 300°C. Secara umum struktur mikro las berupa ferit batas butir yang membentuk struktur pilar (*columnar*) dengan ferit asikular berada didalam butir *columnar*. Pemanasan *stress relief* yang dilakukan pada penelitian ini masih dibawah temperatur kritis *eutectoid* (*austenisasi*) sehingga tidak mengalami perubahan struktur mikro las akan tetapi adanya pemanasan menunjukkan pengasaran struktur mikro.



Gambar 6.(a) struktur makro



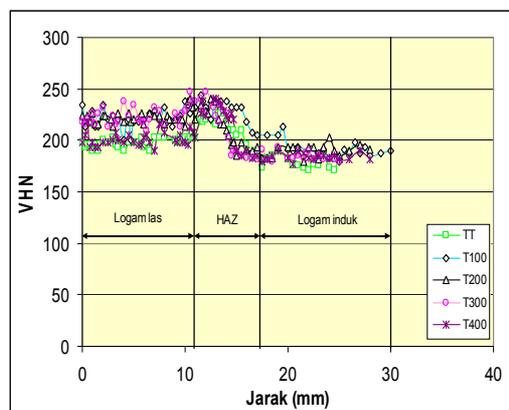
(b)  
Gambar 6. (b) struktur mikro logam T300

Saat terjadi pendinginan setelah proses pengelasan *grain boundary ferrite* (GBF), yang terlihat berbentuk *columnar* dan berwarna terang terbentuk pada batas butir austenit. Pada temperatur yang lebih rendah *side plate ferrite* / *Widmanstatten ferrite* (WF) tumbuh ke dalam butir. Selanjutnya *cicular ferrite* (AF) tumbuh pada bagian tengah butir (*intergranular*) dan berwarna agak gelap.

Pengujian kekerasan dilakukan pada daerah las, HAZ kasar ataupun halus dan logam induk. Nilai kekerasan pada HAZ kasar lebih tinggi dibandingkan dengan HAZ halus, logam las maupun logam induk. Struktur bainit sebagai penyebab tingginya nilai kekerasan pada daerah ini. Sedangkan pada daerah logam induk yang strukturnya terdiri atas ferit dan perlit memiliki nilai kekerasan yang paling rendah.

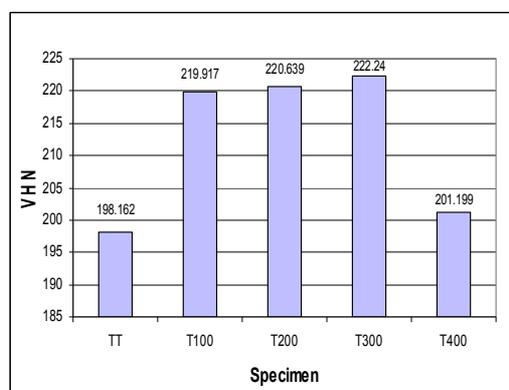
Data distribusi kekerasan mikro pada Gambar 7. menunjukkan kecenderungan yang seragam pada tiap specimen terjadi peningkatan nilai kekerasan dari logam las ke daerah Haz kasar, setelah itu mengalami penurunan menuju daerah HAZ halus sampai logam induk. Hal ini konsisten dengan struktur mikro yang terbentuk bahwa HAZ kasar memiliki struktur bainit. Disamping itu nilai kekerasan tidak menunjukkan kecenderungan garis linier pada suatu daerah yang sama. Hal ini disebabkan oleh struktur mikro yang diidentifikasi tidak selalu sama meskipun berada pada satu daerah. Pada daerah logam las misalnya, yang memiliki

tingkat data yang cukup acak, struktur mikro yang terkena identifikasi bisa berupa *acicular ferrite*, *Widmanstatten ferrite* atau *grain boundary ferrite*.



Gambar 7. Distribusi kekerasan mikro Vickers

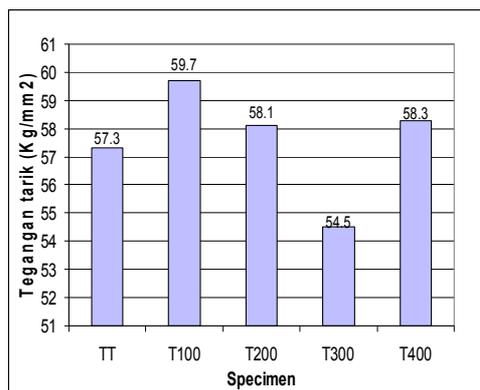
Pada penelitian ini yang menjadi fokus penelitian utama adalah daerah las sehingga pembahasan mengenai pengujian kekerasan juga difokuskan pada daerah las.



Gambar 8. Perbandingan kekerasan pada specimen logam las

Pada las tanpa perlakuan panas (TT), kekerasan rata-rata logam las adalah 198,162 VHN dan jika dibandingkan dengan specimen yang mengalami *flame stress relieving* pada temperatur 100 °C (T100) terjadi peningkatan yang signifikan menjadi 219,917 VHN. Nilai kekerasan masih menunjukkan kenaikan pada specimen T300 yang mencapai 222,240 VHN.

Specimen T400 mengalami penurunan nilai kekerasan hingga 201,199 VHN. Dari hasil nilai kekerasan berbagai specimen pada logam las diatas di mungkinkan pada specimen T300 mengalami tegangan sisa tekan paling besar karena memiliki kekerasan tertinggi. Hasil pengujian tarik sambungan las terlihat pada Gambar 9



Gambar 9. Tegangan tarik maksimum las

Dari gambar 9 terlihat bahwa sambungan las tanpa perlakuan panas mempunyai tegangan tarik maksimum sebesar 57,3 kg/mm<sup>2</sup>. Setelah mendapatkan perlakuan panas dengan *flame* terjadi perubahan tegangan tarik, hal ini kemungkinan disebabkan adanya pendinginan setelah pemanasan sehingga austenit sisa yang biasanya terdapat dalam struktur mikro las berubah menjadi martensit. Untuk *flame stress relieving* pada temperatur 100 °C (T100) memiliki tegangan tarik maksimum tertinggi sebesar 59,7 kg/mm<sup>2</sup>, dan nilai tegangan tarik maksimum menurun dengan peningkatan temperatur *flame* sampai temperatur 300 °C (T300) sebesar 54,5kg/mm<sup>2</sup>. Kemudian terjadi peningkatan nilai tegangan tarik maksimum lagi pada temperatur 400 °C (T400).

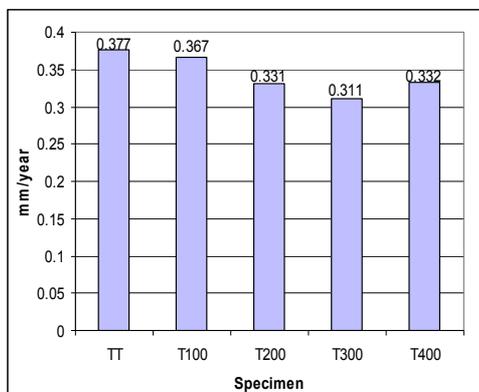
Pengujian Korosi merupakan Faktor penting untuk menghitung laju korosi adalah mengetahui besarnya rapat arus korosi yang didapat dari pengujian korosi dengan alat Potensiostat/Galvanostat PGS-201T. Grafik E/log I merupakan metode yang digunakan untuk menentukan harga  $I_{kor}$

(rapat arus korosi), sebagai landasan dalam menentukan laju korosi. Tabel 1. menunjukkan rapat arus pada logam las saat pengujian korosi.

Tabel 1. Rapat arus yang terjadi pada logam las

Specimen	Rapat Arus ( $\mu A/cm^2$ )	Laju Korosi (mm/year)
TT	53,20	0,377
T100	51,67	0,367
T200	46,66	0,331
T300	43,88	0,311
T400	46,82	0,332

Pengujian korosi secara elektrolisis dapat dilihat bahwa specimen TT pada logam las memiliki rapat arus tertinggi sebesar 53,20  $\mu A/cm^2$ . Dan rapat arus terendah terjadi pada logam las specimen T300, ternyata adanya perlakuan pembebasan tegangan sisa melalui *flame heating* dapat menurunkan rapat arus yang terjadi saat pengujian korosi.



Gambar 10. Laju korosi secara elektrolisis

Gambar 10 memperlihatkan laju korosi secara elektrolisis yang terjadi pada logam las untuk berbagai specimen. Specimen T300 memiliki laju korosi terendah yaitu sebesar 0.311 mm/year dibandingkan dengan specimen TT yang memiliki nilai laju korosi 0,377 mm/year. Hal ini kemungkinan tegangan sisa mempengaruhi rapat arus pada saat elektrolisis logam las. Semakin besar

temperature *flame heating* dalam proses *stress relieving* ternyata menurunkan rapat arus, hanya sampai pada temperatur 300<sup>o</sup>C dan mengalami kenaikan lagi untuk temperatur 400<sup>o</sup>C yang memiliki rapat arus 46,82  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ .

#### KESIMPULAN

Pembebasan tegangan sisa pada hasil lasan busur rendam melalui PWHT menggunakan nyala oksi asetelin dapat menurunkan rapat arus sampai dengan 43,88  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  pada spesimen T300 sehingga mempengaruhi laju korosi pada air laut konsentrasi 3,3 % NaCl.

Laju korosi paling lambat terjadi pada spesimen T300 yaitu sebesar 0.311 mm/year dibandingkan dengan spesimen TT yang memiliki nilai laju korosi 0,377 mm/year.

Struktur mikro las berupa ferit batas butir yang membentuk struktur pilar (*columnar*) dengan ferit asikular berada didalam butir *columnar*.

Pengujian mekanis untuk spesimen T300 memiliki nilai kekerasan paling tinggi yaitu 222,240 VHN tetapi nilai kekuatan tariknya terendah yaitu 54,5kg/mm<sup>2</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

Bhadeshia, H. K. D. H., 2004, "*Reability of Welding Microstructure and Property Calculations*" *Welding Journal*, 237-243-s.

Harrison, P.L., Farrar, P.L., 1989, "*Aplication of Continuous Cooling Transformation Diagrams for Welding of Steel*", *International Materials Reviews*. Vol 34, No. 1, 35-51.

Fontana, Mars.G., 1978, "*Corrosion Engineering*", McGraw-Hill, Inc.

Jones, D.A. 1992 *Principles and Prevention of Corroton*. New York : Macmillan Publishing Company, 311-315.

Kou, S., (1987), *Welding Metallurgy*, John Willey Sons, Inc., New York.

Mochizuki, M., 2006, "*Control of Welding Residual Stress for Ensuring Integrity Against Fatigue and Stess Corroton Cracking*", NED-4568, Nuclear Engineering and Design, Elsevier.

Thwellis, G., 1985, "*Factor Affecting Weld Metal Properties in Arc Welding*", Swinden Laboratories, British Steel Corporaion.

Wiryosumarto, H., dan Okumura, T, (2000), *Teknologi Pengelasan*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

## IDENTIFIKASI DAGING SEGAR MENGUNAKAN SENSOR WARNA RGB TCS3200-DB

Prastyono Eko Pambudi<sup>1</sup>, Edhy Sutanta<sup>2</sup>, Mujiman<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Informatika, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 27 Nopember 2013, revisi masuk: 12 Januari 2014, diterima: 4 Februari 2014

### ABSTRACT

*The high demand and limited availability of meat on the market, making the price of meat to be expensive, and more and more traders are mixing meat rotten into fresh meat. To avoid the risk, the public as consumers must beware and know the characteristics of rotten meat and the difference with the fresh meat. This research developed a tool detection fresh meat using RGB color sensor TCS3200-DB. Instrument works by measuring the composition of the RGB color in meat is identified and compared with the composition of the reference RGB color of fresh meat. The study begins by taking the composition of the RGB color of fresh meat samples as reference. RGB color composition is then recorded in the main program listing in the microcontroller. The instrument works by comparing the RGB color composition in meat detected by the reference RGB color composition. The microcontroller will determine the power of RGB color values identified meat and then display it via an LCD. The results of this study indicate that fresh meat, G and B values are closer to each other, respectively 3-38 and 3-29 to 4-27 and 4-25 G and for B the only difference being the value of R, which is the largest value of R is 58.*

**Keywords:** fresh meat, microcontroller, sensor, TCS3200-DB, RGB.

### INTISARI

Tingginya kebutuhan daging dan terbatasnya ketersediaan daging di pasaran, membuat harga daging menjadi mahal dan semakin banyak pedagang daging yang mencampurkan daging busuk ke dalam daging segar. Untuk menghindari resiko, masyarakat sebagai konsumen harus mewaspadainya dan mengetahui karakteristik daging busuk dan perbedaannya dengan daging segar. Penelitian ini mengembangkan alat deteksi daging segar menggunakan sensor warna RGB TCS3200-DB. Alat bekerja dengan mengukur komposisi warna RGB pada daging yang diidentifikasi dan membandingkan dengan komposisi warna RGB daging segar acuan. Penelitian dimulai dengan pengambilan komposisi warna RGB sampel daging segar sebagai acuan. Komposisi warna RGB tersebut kemudian dicatat dalam listing program utama dalam mikrokontroler. Selanjutnya alat akan bekerja dengan membandingkan komposisi warna RGB pada daging yang dideteksi dengan komposisi warna RGB acuan. Mikrokontroler akan menentukan kekuatan nilai warna RGB daging yang diidentifikasi dan kemudian menampilkannya melalui sebuah layar LCD. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daging sapi segar memiliki nilai G dan B yang saling mendekati yaitu masing-masing 3-38 dan 3-29 untuk G dan 4-27 dan 4-25 untuk B yang membedakan hanya nilai R, yaitu nilai R terbesar yaitu 58.

**Kata-kata kunci:** daging segar, mikrokontroler, TCS3200-DB, RGB.

### PENDAHULUAN

Tingginya kebutuhan daging dan minimnya ketersediaan daging di pasaran, mengakibatkan mahalnya harga

daging dan semakin maraknya pedagang daging nakal yang mencampurkan daging busuk ke dalam daging segar. Hal ini akan meningkatkan keuntungan bagi

<sup>1</sup>prastyonoekopambudi@yahoo.co.id,

<sup>2</sup>edhy\_sst@yahoo.com.

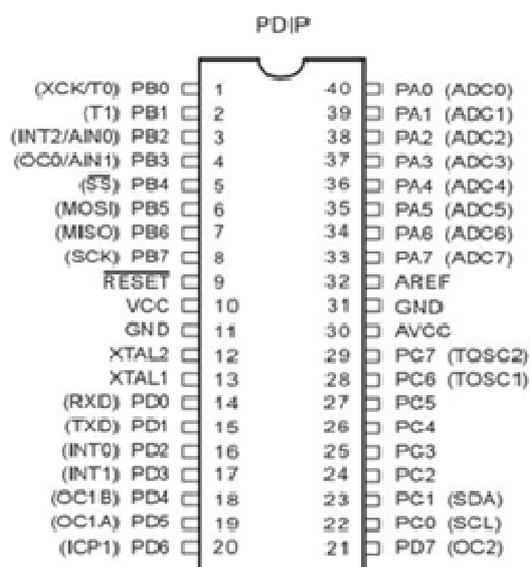
pedagang daging nakal, namun sangat merugikan masyarakat konsumen dan melanggar peraturan dan norma agama. Sayangnya masyarakat konsumen saat ini masih awam dan mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi daging segar atau busuk.

Penelitian ini mengembangkan alat bantu untuk mengidentifikasi kondisi daging berdasarkan warna RGB dengan menggunakan *kit* sensor warna TCS3200-DB, dan menampilkan hasilnya pada layar LCD. Kelebihan alat yang dikembangkan selain biaya pembuatannya murah, juga memiliki inovasi yaitu mampu untuk membedakan daging segar dan busuk. Proses pengembangan alat dimulai dengan merancang rangkaian alat untuk mengukur komposisi warna RGB obyek daging segar yang akan digunakan sebagai acuan. Selanjutnya, komposisi warna RGB daging yang diidentifikasi diukur dan dibandingkan dengan komposisi warna RGB acuan. Selanjutnya hasilnya akan ditampilkan melalui layar LCD.

Secara garis besar, alat yang dikembangkan tersusun atas dua bagian utama, yaitu sensor warna TCS3200-DB dan Pusat Unit Pengendali (uC). TCS3200-DB adalah IC pengkonversi warna cahaya ke frekuensi. Komponen utama pembentuk IC terdiri atas *photodiode* dan pengkonversi arus ke frekuensi. *Photodiode* pada IC TCS3200-DB disusun secara *array* berukuran 8x8 dengan konfigurasi 16 *photodiode* untuk filter warna merah, 16 *photodiode* untuk filter warna hijau, 16 *photodiode* untuk filter warna biru, dan 16 *photodiode* tanpa filter. Kelompok *photodiode* mana yang akan dipakai bisa diatur melalui kaki selektor S2 dan S3. *Photodiode* akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan kadar warna dasar cahaya yang menyimpannya. Arus ini kemudian dikonversikan menjadi sinyal kotak dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Frekuensi *output* ini bisa diskala dengan mengatur kaki selektor S0 dan S1.

Komponen kedua, yaitu Pusat Unit Pengendali (uC) adalah sebuah piranti elektronika digital yang terintegrasi dalam

sebuah IC. uC tersusun atas mikroprosesor dan piranti pendukungnya yang berfungsi sebagai pengontrol dan dapat menyimpan program didalamnya. uC AVR ATmega8535 dirancang sebagai mesin RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang hampir semua instruksinya selesai dikerjakan dalam satu siklus mesin (Inkubator Teknologi MITI, 2010). uC AVR ATmega8535 dilengkapi dengan 32 register serba guna yang semuanya bisa berfungsi sebagai akumulator (Wardhana, 2006). Notasi ATmega8535 adalah representasi dari sebuah uC yang merupakan salah satu anggota keluarga AVR yang diproduksi oleh perusahaan ATMEL. ATmega8535 menggunakan arsitektur 8-bit RISC yang berdaya rendah (*low-power*) dan memiliki sejumlah fitur unggulan lainnya, sehingga efisien dan efektif untuk digunakan sebagai pengendali utama dalam suatu sistem kendali Iswanto (2008). Konfigurasi pin uC ATmega8535 ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Konfigurasi pin uC ATmega8535 (Sumber: [www.taosinc.com](http://www.taosinc.com), 28 Agustus 2010)

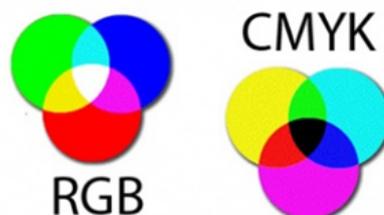
Prinsip kerja alat yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah menggunakan perbedaan komposisi warna antara dua buah obyek, yaitu daging segar dan daging busuk. Setiap warna bisa disusun dari warna dasar, untuk cahaya warna dasar

penyusunnya adalah warna merah, hijau dan biru. Secara teori, model warna (*additive color model*) didasarkan pada pencampuran warna berdasarkan emisi cahaya dan dikenal dengan istilah RGB (*Red Green Blue*) *Color System*. Model ini digunakan oleh media elektronik, seperti layar TV, monitor, LCD, dan lainnya ([www.lcdinterfacing.info](http://www.lcdinterfacing.info), 28 Agustus 2010). Pada model RGB, warna putih merupakan warna yang kaya spektrum karena merupakan gabungan dari spektrum cahaya. Sebagai contoh, penguraian cahaya matahari dengan prisma warna, cahaya matahari digambarkan sebagai cahaya putih.

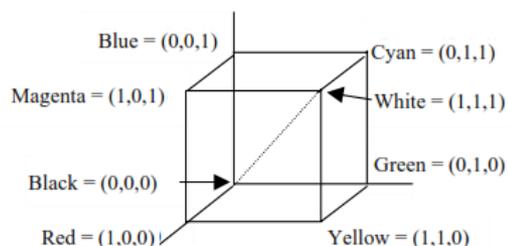
Dalam sistem ruang warna, citra disusun oleh sejumlah piksel yang membentuk matriks. Dengan demikian piksel merupakan komponen terkecil citra yang mengandung informasi. Setiap piksel citra berwarna mengandung tiga komponen warna dasar yaitu komponen warna RGB. Atas dasar komponen-komponen tersebut citra berwarna disusun oleh tiga buah matriks komponen warna, yaitu matriks komponen warna R, matriks komponen warna G, dan matriks komponen warna B untuk sistem ruang warna RGB. Terdapat sistem ruang warna yang diciptakan khusus untuk *platform* perangkat keras tertentu, yaitu: 1. Sistem ruang warna RGB diciptakan untuk menampilkan citra pada layar CRT yang memiliki tiga buah pospor warna yang akan menghasilkan tiga buah warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru; 2. Sistem ruang warna CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*) diciptakan untuk keperluan mencetak citra berwarna (*color printing*); 3. sistem ruang warna *luminans-crominans* yaitu YIQ dan LUV diciptakan untuk keperluan penyiaran televisi; serta 4. sistem ruang warna HIS (*hue, intensity, and saturation*) merupakan sistem ruang warna yang banyak digunakan untuk pengolahan citra seni (*artists*). Perbandingan model warna RGB dan CMYK ditampilkan pada Gambar 2.

Sistem ruang warna RGB merupakan sistem ruang warna dasar yang diperkenalkan oleh *National Television System Committee* (NTSC)

dan banyak digunakan untuk menampilkan citra berwarna pada monitor CRT. Sistem ini diilustrasikan menggunakan sistem koordinat tiga dimensi seperti Gambar 3.



Gambar 2: Perbandingan warna RGB dan CMYK. (Sumber: *e-Technology Center*, 2008)

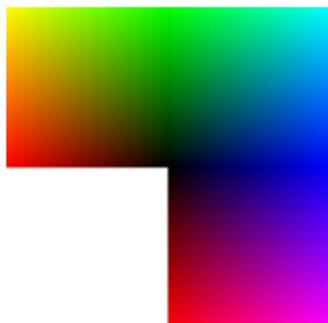


Gambar 3: Sistem ruang warna RGB (Sumber: Kr. Singh et.al., 2003)

Pada Gambar 3 tampak bahwa setiap warna diwakili oleh tiga buah nilai dalam koordinat tersebut yang menyatakan komponen warna RGB, misalnya warna merah diwakili oleh titik  $(255,0,0)$ . Rentang nilai untuk setiap sumbu berkisar dari 0 sampai 255. Pada Gambar 3 juga tampak bahwa warna *cyan*, *magenta*, dan *yellow* merupakan komplemen warna merah, hijau, dan biru. Masing-masing warna RGB menggunakan 8 *bit*, sehingga rentang nilainya dari 0-255, seperti yang nampak pada Gambar 4.

Obyek dalam penelitian ini adalah menggunakan daging segar dan daging busuk yang akan diidentifikasi komponen warna RGB-nya. Daging adalah bagian yang diperoleh dari pemotongan ternak baik ternak besar (seperti sapi, kerbau, kuda, dll), maupun ternak kecil (seperti kambing, domba, unggas, dll). Daging merupakan salah satu produk pangan

hewani yang mempunyai gizi tinggi karena mengandung karbohidrat, protein,



Gambar 4: Variasi warna RGB 24 bit

lemak, vitamin dan mineral. Namun demikian daging yang tidak sehat (busuk) bila dikonsumsi dapat menyebabkan berbagai macam penyakit bagi yang mengkonsumsinya, seperti keracunan. Secara umum daging yang sehat dan baik adalah daging yang berasal dari ternak yang sehat, disembelih di tempat pemotongan resmi, kemudian diperiksa, diangkut dengan kendaraan khusus, dan dijual di tempat yang bersih dan higienis.

Pelaksanaan penelitian ini mengacu pada beberapa hasil penelitian sebelumnya. Penelitian Indrajaya (2002) mengembangkan *prototipe* alat pencampur cat otomatis. *Prototipe* ini terdiri atas sebuah *konveyor* untuk menggerakkan kontainer, solenoida untuk membuka dan menutup *valve* pada tangki, sensor *infra-red* LED sebagai *proximity switch*, dan motor DC untuk mengangkat dan menurunkan timbangan A dan timbangan B, menggerakkan lengan Z, dan mengaduk cat. Cara kerja dari *prototipe* ini adalah mengisi kontainer dengan cat yang terdapat pada tangki A dan tangki B. Metode yang digunakan untuk mendapatkan perbandingan warna cat tertentu itu adalah dengan menimbang berat masing-masing warna cat dengan suatu transduser LVDT sesuai dengan *setting point* yang diinputkan. Hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem dapat mencampurkan dua warna cat sesuai dengan *setting point* yang diinputkan, meskipun warna cat hasil pencampuran

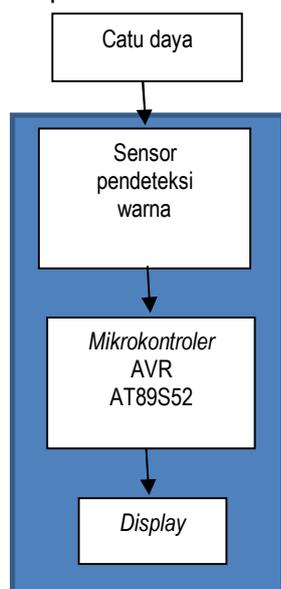
kurang baik. Kr. Singh et.al. (2003) melakukan penelitian perbandingan deteksi wajah yang dikendalikan *background* menggunakan ruang warna RGB, YcbCr, dan HSI. Penggunaan sistem warna ini lebih efisien meskipun belum mampu memberikan hasil yang sangat baik. Raja dan Sankaranarayanan (2006) juga telah melakukan penelitian tentang penggunaan sensor warna RGB untuk memperoleh hasil pengukuran klinis glukosa darah yang lebih baik. Penelitian lainnya, Santosa (2007) telah mengembangkan robot mesin sortir dengan *embedded system*. Hasil yang diperoleh dari pembuatan *embedded system* ini berupa alat *scanning* warna dan mekanisme sortir benda setelah di-*scan*. Robot ini digunakan sebagai alat bantu untuk menyeleksi suatu benda berdasarkan warna RGB. Nilai yang diperoleh akan dicocokkan dengan tabel data warna menggunakan batasan nilai pada R, G, dan B. Sementara penelitian Nugroho (2008) telah menciptakan alat pendeteksi warna berdasarkan warna dasar penyusun "RGB" dengan menggunakan sensor TCS230.

## PEMBAHASAN

Alat yang dikembangkan dalam penelitian ini akan digunakan untuk mengidentifikasi daging, apakah daging yang diidentifikasi masih segar sehingga layak konsumsi atau tidak layak konsumsi karena sudah busuk. Untuk dapat melakukan fungsi tersebut, maka dibutuhkan alat dengan spesifikasi berikut: 1. Komponen rangkaian catu daya yang berfungsi untuk memberikan *supply* tegangan dan arus pada rangkaian; 2. Komponen alat pengindra berupa sensor yang peka untuk mendeteksi warna; 3. Komponen pengendali yang berfungsi untuk mengendalikan alat pendeteksi secara keseluruhan; serta 4. Komponen penampil nilai digital pada pendeteksi warna yang sederhana dan informatif.

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan peralatan, maka diperoleh alternatif komponen yang sesuai, yaitu sensor TCS3200-DB sebagai komponen pengindra berupa sensor yang peka untuk mendeteksi warna, mikrokontroler

ATMega 8535 sebagai komponen pengendali, dan LCD sebagai penampil nilai digital pada pendeteksi warna. Untuk memenuhi spesifikasi tersebut diperlukan blok rangkaian perangkat keras untuk catu daya, pengendali utama (*main controller*), sensor TCS3200-DB, dan penampil nilai warna (LCD). Blok diagram alat yang dikembangkan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Blok Diagram Alat

Peralatan dikembangkan dengan sensor warna RGB TCS3200-DB dari Parallax.Inc, dengan alasan kemudahan penggunaan dan kemudahan kalibrasi. Rincian spesifikasi dan fitur alat yang dikembangkan adalah sebagai berikut: 1) . Sensor warna memiliki ukuran lensa 5,6mm dan jarak obyek yang dapat dibaca 25mm, modul sensor akan membaca area kotak didepannya berukuran 3,5mm<sup>2</sup>. 2). uC yang digunakan berasal dari keluarga AVR dari Atmel, yaitu ATMega8535 atau ATMega16. 3). Sampel daging yang diidentifikasi adalah daging sapi. 4). Alat mampu mengidentifikasi daging segar dan daging busuk. 5). Daging yang diidentifikasi adalah daging segar yang disimpan >24 jam tanpa proses pendinginan. 6). Alat mampu menampilkan teks nilai kekuatan warna

daging pada LCD. 7). Alat yang dikembangkan masih sebatas untuk keperluan riset ilmiah, sehingga masih belum dapat digunakan secara langsung di masyarakat karena harus melalui proses kalibrasi terlebih dahulu.

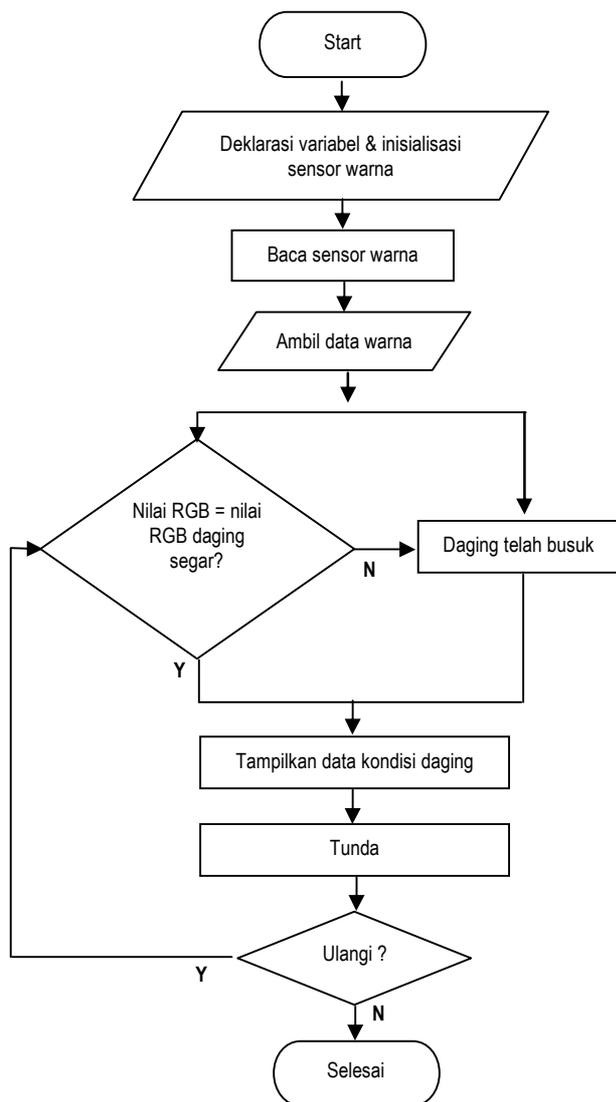
Saat pertama kali alat dinyalakan, uC akan menjalankan program dari awal, yaitu mulai dari melakukan inisialisasi hingga melakukan perhitungan aritmatik. Pada proses inisialisasi, dilakukan seluruh inisialisasi seluruh nilai yang akan digunakan untuk deteksi warna oleh sensor TCS3200-DB. Apabila pada saat pertama kali sistem dinyalakan belum terdapat pendeteksian, maka tidak akan dilakukan langkah perhitungan aritmatik. Pada saat awal, program diseting untuk menampilkan *frame* utama dan sensor akan **stand by** menunggu adanya benda yang akan dideteksi. Apabila daging yang akan dideteksi warnanya diletakkan di bawah sensor, maka sensor secara otomatis akan mendeteksi komponen warna RGB daging. Secara lebih detail, cara kerja alat yang dikembangkan ditampilkan pada Gambar 6.

Pengujian alat dilakukan dalam dua aspek, yaitu pengujian hasil deteksi warna dan pengujian kinerja alat. Data hasil pengamatan digunakan untuk mengetahui perbedaan hasil yang diperoleh dari alat yang dikembangkan dengan data teoritis.

Hasil pengamatan menggunakan alat yang dikembangkan ditampilkan pada Tabel 1. Nilai yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam rumus agar mendapatkan nilai sesuai standar warna RGB yaitu 0-255 Nilai yang digunakan adalah berasal dari nilai saat pengukuran warna putih, karena warna putih dianggap sebagai warna kalibrasi. Untuk meningkatkan ketelitian, maka pengamatan dilakukan sebanyak 3 kali, kemudian dihitung nilai RGB rata-rata.

Tabel 1: Hasil pencacahan sinyal kotak *output sensor*

Warna	Filter			
	Red	Green	Blue	Clear
Merah	11.246	3.830	5.278	19.332
Hijau	5.050	10.274	9.310	24.244
Biru	4.575	7.211	11.777	23.218
Putih	20.790	22.115	23.307	64.942
Hitam	1.581	1.616	1.670	4.743



Gambar 6: Cara kerja alat

Tabel 2: Hasil pengamatan pada daging sapi non SNI segar

No	Red Filter	Green Filter	Blue Filter	Clear Filter
1	33	14	14	18
2	24	13	12	15
3	35	15	17	22
4	16	4	5	7
5	22	9	8	10

Berdasarkan data pengamatan daging yang busuk tidak mengalami perubahan warna yang signifikan sehingga daging masih memiliki warna yang mirip dengan daging segar. Perubahan hanya terjadi

pada bau daging yang berubah secara khas menjadi bau daging busuk. Komposisi warna RGB daging busuk mendekati komposisi warna RGB daging segar, seperti tampak pada Tabel 3.

Tabel 3: Hasil pengamatan pada daging sapi non SNI busuk

No	Red Filter	Green Filter	Blue Filter	Clear Filter
1	17	5	5	7
2	21	8	7	11
3	17	6	6	8
4	12	3	3	5
5	12	3	3	5

### Pengamatan pada Daging Sapi SNI Segar dan Busuk

Pada pengamatan ini dilakukan deteksi warna RGB pada daging sapi SNI, baik dalam kondisi segar maupun kondisi beku. Hasil pengamatan tersebut ditampilkan pada Tabel 4. Pada daging sapi SNI segar perbandingan nilai *filter* merah dengan *filter* lain sangat signifikan, warna daging yang berwarna merah darah menyebabkan nilai *filter* merah sangat tinggi.

Tabel 4: Pengamatan pada daging sapi SNI segar

No	Red Filter	Green Filter	Blue Filter	Clear Filter
1	38	19	16	23
2	38	15	16	23
3	45	20	20	26
4	17	7	6	9
5	22	10	8	12

Pada daging sapi SNI busuk, warna yang dimiliki mirip dengan warna daging ketika masih segar. Hal ini tampak seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5: Pengamatan pada daging sapi SNI busuk

No	Red Filter	Green Filter	Blue Filter	Clear Filter
1	15	5	5	7
2	48	26	23	30
3	36	17	14	19
4	50	31	25	34
5	36	18	16	21

Nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan terprogram, untuk setiap warna RGB berkisar dari 0-255, warna hitam nilai RGB semuanya mendekati 0, sedangkan warna mendekati putih nilai RGB semakin membesar mendekati 255.

Berdasarkan data percobaan identifikasi pada daging sapi SNI segar, alat yang dikembangkan telah mampu mengidentifikasi secara baik, sehingga rentang nilai yang digunakan untuk acuan identifikasi telah sesuai yaitu pada daging sapi, yaitu 17-45 untuk nilai R, 5-21 untuk nilai G, 5-20 untuk nilai B dan 7-27 untuk nilai *clear*. Pada daging sapi non SNI segar diperoleh nilai 14-39 untuk nilai R, 4-25 untuk nilai G, 4-19 untuk nilai B dan 8-22 untuk nilai *clear*, sehingga nilai yang diperoleh dari identifikasi sesuai dengan rentang nilai yang ditentukan.

Berdasarkan seluruh hasil percobaan yang dilakukan, alat identifikasi daging yang dikembangkan dalam penelitian ini telah mampu bekerja sesuai fungsi yang diharapkan, layar LCD menampilkan output sesuai yang diharapkan, seperti tampak pada Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8, dan Tabel 9.

Tabel 6: Hasil percobaan pada daging sapi SNI segar

No	Jenis daging yang diuji	Tampilan LCD	Filter Error
1	Daging sapi SNI segar	segar	-
2	Daging sapi SNI segar	segar	-
3	Daging sapi SNI segar	segar	-
4	Daging sapi SNI segar	segar	-
5	Daging sapi SNI segar	segar	-

Tabel 7: Hasil percobaan pada daging sapi SNI busuk

No	Jenis daging yang diuji	Tampilan LCD	Filter Error
1	Daging sapi SNI busuk	busuk	-
2	Daging sapi SNI busuk	busuk	-
3	Daging sapi SNI busuk	busuk	-
4	Daging sapi SNI busuk	busuk	-
5	Daging sapi SNI busuk	busuk	-

Kekurangan dari alat yang dikembangkan adalah jarak pengukuran efektifnya tidak lebih dari 2cm, sehingga sampel harus diletakkan tepat di titik fokus sensor. Posisi sensor juga harus menutupi seluruh permukaan daging yang akan dideteksi sehingga tidak ada

cahaya yang keluar atau masuk. Ketidaktepatan penempatan daging akan mempengaruhi akurasi hasil pembacaan warna dan hasil identifikasi kondisi daging.

Dalam satu potong daging juga dimungkinkan dapat memiliki nilai RGB yang berbeda. Hal ini juga akan mempengaruhi akurasi hasil identifikasi daging.

Tabel 8: Hasil percobaan pada daging sapi non SNI segar

No	Jenis daging yang diuji	Tampilan LCD	Filter Error
1	Daging sapi non SNI segar	segar	-
2	Daging sapi non SNI segar	segar	-
3	Daging sapi non SNI segar	segar	-
4	Daging sapi non SNI segar	segar	-
5	Daging sapi non SNI segar	segar	-

Tabel 9: Hasil percobaan pada daging sapi non SNI busuk

No	Jenis daging yang diuji	Tampilan LCD	Filter Error
1	Daging sapi non SNI busuk	busuk	-
2	Daging sapi non SNI busuk	busuk	-
3	Daging sapi non SNI busuk	busuk	-
4	Daging sapi non SNI busuk	busuk	-
5	Daging sapi non SNI busuk	busuk	-

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan dan pengujian alat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: 1). akurasi pembacaan warna sangat tergantung pada faktor teknis (letak sensor). 2). Hasil yang diperoleh melalui perubahan bilangan biner menjadi bilangan desimal pada *levelling* uC diperoleh hasil daging sapi segar adalah memiliki nilai R (*Red*) terbesar: 58; G (*Green*): 3-38, dan 3-29; nilai B (*Blue*): 4-27 dan 4-25. 3). Apabila hasil *levelling* uC daging sapi memiliki nilai R>58, G>38, dan B>29, maka kemungkinan besar daging tersebut telah busuk atau tidak layak dikonsumsi.

## DAFTAR PUSTAKA

Indrajaya, R., 2002, Pembuatan Prototipe Alat Pencampur Cat Berbasis MCS-51, *Skripsi*, Surabaya, Universitas Kristen PETRA, <http://repository.petra.ac.id/id/eprint/7593>, diakses 28 Agustus 2010.

- Iswanto, 2008, *Design dan Implementasi Sistem Embedded Mikrokontroler ATmega8535 dengan Bahasa Basic*, Yogyakarta, Penerbit Gava Media.
- Kr. Singh, S., Chauhan, D.S., Vatsa, M., and Singh, R., 2003, A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm, *Tamkang Journal of Science and Engineering*, Vol. 6, No. 4, pp. 227-234.
- Nugroho, W., 2008, Alat Pendeteksi Warna Berdasarkan Warna Dasar Penyusun RGB Menggunakan Sensor TCS230, Yogyakarta, *Skripsi*, IST AKPRIND.
- Santosa, B.B.S., 2007, *Scanning Warna dengan TCS230 Color Sensor pada Mesin Sortir*, Yogyakarta, Universitas Kristen Duta Wacana.
- Raja, A.S. and Sankaranarayanan, K., 2006, Use of RGB Color Sensor in Colorimeter for Better Clinical Measurement of Blood Glucose, *ICGST International Journal on Bioinformatics and Medical Engineering*, BIME, Vol. 06, No. 1, pp. 23-28, <http://www.icgst.com/bime/v1/P1160701001.html>.
- Wardhana, 2006, *Belajar Sendiri Mikrokontroler Atmel AVR Seri ATmega8535 Simulasi Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- , *Datasheet TCS230 Programmable Color Light-to-Frequency Converter*, TAOS, Januari 15, 2003, [www.taosinc.com](http://www.taosinc.com), diakses 28 Agustus 2010.
- , *e-Technology Center*, 2008.
- , *LCD Interfacing*, 2010, [www.lcdinterfacing.info](http://www.lcdinterfacing.info), diakses 28 Agustus 2010.
- Inkubator Teknologi MITI, 2010, *Modul Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega8535 dengan Bascom AVR*, Yogyakarta, Inkubator Teknologi MITI.

## PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS POTENSI LOKAL UNTUK MENINGKATKAN *LIVING VALUES* PESERTA DIDIK SMA DI KABUPATEN WONOSOBO

Siti Sarah<sup>1</sup>, Maryono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Sains Al Qur'an Wonosobo

Masuk: 11 Oktober 2013, revisi masuk: 7 Januari 2014, diterima: 25 Januari 2014

### ABSTRACT

*Various irregularities among learners such as drugs, fights, and free sex show low values of life (living values) learners. Learning physics that utilize local potentials can be a solution to improve the living values, especially high school students in Wonosobo regency. This study was conducted to determine 1) how the development of physics-based learning tools that can improve the local potential values living high school students in Wonosobo regency and 2) how the results/implementation of high school physics learning tools developed in Wonosobo regency. This study design in the form of research and development using the model of Borg & Gall which contains seven steps of research: (1) collecting information, (2) do the design, (3) developing the initial product form, (4) conduct field trials beginning, (5) revise the main product, (6) to test the main field, and (7) revise the main field test. The products will be produced in the form of physics-based device which includes living local potential values for high school students in Wonosobo regency include: syllabi, lesson plans, textbooks, student activity sheet, and assessment sheets. There are two conclusions from the research. 1) The device physics learning developed by utilizing local potential can improve the living values high school students in the district of Wonosobo. 2) There is a significant difference between living values learners who use the local potential of physics-based learning to the learners who learn without using the local potential based learning.*

**Keywords:** learning device physics, the local potential, living values

### INTISARI

Berbagai penyimpangan di kalangan peserta didik seperti narkoba, tawuran, dan sex bebas menunjukkan rendahnya nilai-nilai kehidupan (*living values*) peserta didik. Pembelajaran fisika yang memanfaatkan potensi lokal dapat menjadi solusi untuk meningkatkan *living values* peserta didik SMA khususnya di Kabupaten Wonosobo. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui 1) bagaimana pengembangan perangkat pembelajaran fisika berbasis potensi lokal yang dapat meningkatkan *living values* peserta didik SMA dan 2) bagaimana implementasi perangkat pembelajaran fisika SMA yang dikembangkan di Kabupaten Wonosobo. Desain penelitian ini berupa penelitian dan pengembangan (*research and development*) menggunakan model Borg & Gall dengan 7 langkah penelitian, yaitu (1) mengumpulkan informasi; (2) melakukan perancangan; (3) mengembangkan produk awal; (4) melakukan uji coba terbatas; (5) melakukan revisi terhadap produk utama; (6) melakukan uji coba luas; dan (7) melakukan revisi terhadap uji lapangan utama. Produk yang akan dihasilkan berupa perangkat fisika berbasis potensi lokal yang memuat *living values* peserta didik SMA di Kabupaten Wonosobo meliputi: silabus, RPP, buku ajar, LKPD, dan lembar penilaian. Berikut kesimpulan hasil penelitian. 1) Perangkat pembelajaran fisika berbasis potensi lokal dapat meningkatkan *living values* peserta didik SMA di kabupaten Wonosobo. 2) Ada perbedaan yang signifikan antara *living values* peserta didik yang menggunakan perangkat pembelajaran fisika berbasis potensi lokal dengan tanpa menggunakan perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal.

**Kata kunci:** perangkat pembelajaran fisika, potensi lokal, living values.

---

<sup>1</sup> [st.sarah44@gmail.com](mailto:st.sarah44@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara (Kemendiknas, 2010). Kutipan tersebut menunjukkan bahwa pendidikan seharusnya mampu merubah sikap dan perilaku masyarakat kita. Namun, kenyataan di lapangan berbeda. Hal ini terlihat dari berbabagi kasus penyimpangan di kalangan pelajar, seperti pergaulan bebas, pornografi, serta penggunaan narkoba. Sebuah sumber menyebutkan sebanyak 22,6% remaja Indonesia terjebak dalam seks bebas (Saputra, 2007).

Khusus di Kabupaten Wonosobo berdasarkan hasil survei yang dilakukan Youth Center Pilar PKBI Jawa Tengah pada tahun 2004 sebanyak 15,4% remaja telah melakukan hubungan seks sebelum menikah (Data Depkes yang dikutip oleh Cahyo, K., Kurniawan, T.P., Margawati, A., 2008). Selain itu, banyaknya jumlah pecandu di Indonesia, yang menurut perkiraan Badan Narkotika Nasional (BNN) mencapai 3 juta orang dan tawuran antar pelajar mewarnai potret buruk peserta didik.

Pada umumnya aksi tawuran meletus secara mendadak hanya karena persoalan sepele seperti tersinggung yang dilanjutkan saling mengejek. Korban berjatuh yang diakibatkannya pun semakin banyak. Komnas Perlindungan Anak mencatat bahwa aksi tawuran antarpelajar di seluruh pelosok negeri ini pada tahun 2011 mencapai 339 kasus dengan korban meninggal dunia mencapai angka 82 orang. Angka tersebut meningkat cukup signifikan 165 persen dari 128 kasus pada tahun 2010 (<http://metro.kompasiana.com>).

Banyak faktor yang menyebabkan peserta didik kita melakukan penyimpangan tersebut. Namun jika ditarik benang merah hanya ada satu pokok permasalahan yaitu belum tertanamnya *living values* yang baik dalam diri peserta

didik. Jika pada peserta didik sudah tertanam nilai-nilai hidup (*living values*) yang baik, mereka akan menjaga tidak hanya diri mereka sendiri, namun juga lingkungan mereka agar tetap baik. Penanaman *living values* yang baik pada peserta didik juga dapat mengurangi berbagai konflik dalam masyarakat Indonesia yang memiliki karakteristik multikultural dimana salah satu penyebab terjadinya konflik adalah tingkat kejujuran yang sangat rendah di kalangan peserta didik (Utomo,dkk, 2012). Jadi, dengan tertanamnya *living values* yang baik pada peserta didik, akan tercipta lingkungan yang sehat, tertib, nyaman, dan produktif.

Penanaman *living values* yang baik pada diri peserta didik bukanlah hal yang mudah. Perlu kerja sama yang baik antara berbagai pihak. Sekolah sebagai lembaga yang paling dekat dan efektif selain keluarga diharapkan mampu menjadi pioner dalam menyelesaikan permasalahan tersebut melalui kurikulum yang disusunnya. Hal ini sesuai dengan harapan pemerintah. Kurikulum pendidikan diarahkan untuk membangun *living values* dan wawasan kebangsaan peserta didik yang menjadi landasan penting bagi upaya memelihara persatuan dan kesatuan bangsa dalam kerangka Negara Kesatuan Republik Indonesia (BSNP, 2006).

*Living values* yang baik perlu ditanamkan sejak dini melalui pembiasaan sehingga akan terbentuk karakter yang baik. Hal ini dikarenakan penerapan *living values* menyumbang 26% dalam pembentukan karakter peserta didik (Komalasari, 2012). Hal senada juga disebutkan bahwa pengembangan nilai-nilai kehidupan (*living values*) merupakan faktor utama pembentuk karakter bangsa (Wening: 2012).

*Living values* dapat diterapkan jika ada pembiasaan yang dilakukan secara kontinyu di rumah, sekolah, hingga di lingkungan masyarakat.

Khusus di lingkungan sekolah, pendidikan karakter harus menjadi bagian integral dalam kehidupan sekolah (Romanowski, 2005). Pada umumnya, sekolah-sekolah yang ada di Indonesia sudah melaksanakan. Akan tetapi masih jarang yang melaksanakan secara

terintegrasi dengan pembelajaran di kelas. Hasil penelitian menyatakan bahwa satuan pendidikan rintisan pada umumnya berhasil menerapkan *living values* yang dapat diamati secara langsung (*tangible*) seperti religius, peduli lingkungan (bersih, rapi, aman, nyaman, indah, teduh, dan sejuk), disiplin, empati, kerja sama, sopan santun, ramah, senyum, salam, dan sapa. Namun, belum menemukan pelaksanaan pendidikan *living values* dalam kegiatan pembelajaran di kelas meskipun secara umum nilai-nilai kehidupan (*living values*) telah ada dalam silabus dan RPP (Sutjipto, 2011).

*Living values* yang terintegrasi dengan pembelajaran akan efektif jika pembelajaran yang dilakukan dapat diterima terlebih dahulu oleh peserta didik. Karena fisika merupakan mata pelajaran di SMA yang umumnya jarang diminati peserta didik, sehingga guru fisika perlu memiliki trik jitu untuk menjadikannya menarik. Salah satunya dengan memanfaatkan potensi lokal dalam kegiatan pembelajaran. Cara ini dilatarbelakangi oleh materi fisika yang sebagian bersifat abstrak, sehingga perlu dibuat real agar mudah dipahami. Minimnya aplikasi pembelajaran fisika dalam kehidupan sehari-hari juga menjadi salah satu dasar yang kuat dalam mengambil cara di atas. Dengan demikian, pembelajaran menjadi menarik dan mudah dipahami peserta didik. Tidak hanya itu, upaya memanfaatkan potensi lokal dalam kegiatan pembelajaran juga diharapkan dapat menumbuhkan *living values* yang baik pada diri peserta didik diawali dari rasa cinta lingkungan sehingga akan muncul keinginan untuk menjaga lingkungan dan menjalin hubungan baik dalam masyarakat. Hal tersebut pastinya dapat tercipta jika peserta didik dapat menerima dan menanamkan *living values* yang baik pada diri masing-masing pribadi.

Potensi daerah (lokal) merupakan potensi sumber daya spesifik yang dimiliki suatu daerah meliputi sumber daya alam, manusia, teknologi, dan budaya yang dapat dikembangkan untuk membangun kemandirian nasional (Hariyadi, 2010). Potensi lokal tidak dapat

lepas dari budaya lokal. Budaya bukan hanya potensi yang langsung berhubungan dengan seni, budaya adalah segala hal mengenai cara pandang hidup masyarakat setempat yang berhubungan dengan keyakinan, produktivitas, pekerjaan, makanan pokok, kreativitas, nilai dan norma (Arowolo, 2010). Potensi lokal juga diartikan sebagai pengetahuan dasar yang diperoleh dari kehidupan yang seimbang dengan alam (Mungmachon, 2012). Kearifan lokal yang dilestarikan akan mampu menghambat efek negatif globalisasi dan modernisasi yang banyak mereduksi perilaku anak-anak muda khususnya peserta didik. Jadi, kegiatan menggali potensi lokal yang memiliki hubungan langsung dengan pelajaran fisika di sekolah akan lebih memberikan gambaran yang jelas bagi peserta didik.

Agar pelaksanaan pembelajaran berbasis potensi lokal mampu meningkatkan *living values*, maka perlu disusun perangkat pembelajaran yang mengakomodir keduanya meliputi: silabus, RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran), LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik), buku ajar, dan lembar penilaian. Penentuan *living values* yang akan dikembangkan seharusnya disesuaikan dengan karakteristik peserta didik tingkat SMA.

Berdasarkan perkembangan dari moralnya, peserta didik SMA berada pada rentang tahap II-III. Tahap II menggambarkan internalisasi anak berada pada level menengah. Seseorang mampu mentaati standar-standar (internal) tertentu, tetapi hal ini mereka tidak mentaati standar-standar orang lain (eksternal), sedangkan tahap III, menggambarkan moralitas yang diinternalisasi dan tidak didasarkan pada standar-standar orang lain. Seseorang mengenal tindakan-tindakan moral alternatif, menjajaki pilihan-pilihan, dan kemudian memutuskan berdasarkan suatu kode moral pribadi (Kohlberg dalam Roediger III et al, 1987). Sumber lain menyatakan bahwa peserta didik pada tingkat SMA sudah dapat mengetahui kebenaran, peduli dengan teman, setia kawan, punya tanggung jawab, kewajiban, dan mampu memahami serta dapat mem-

bedakan antara dirinya dan orang lain (Suparmi, 2010).

Belum banyak dikembangkan perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal untuk meningkatkan *living values* dalam kegiatan pembelajaran fisika SMA di Kabupaten Wonosobo juga menjadi landasan peneliti untuk melakukan penelitian ini. Jadi, rumusan penelitian ini adalah 1) bagaimana pengembangan perangkat pembelajaran fisika berbasis potensi lokal yang dapat meningkatkan *living values* peserta didik SMA di Kabupaten Wonosobo dan 2) bagaimana implementasi perangkat pembelajaran fisika SMA yang dikembangkan di Kabupaten Wonosobo. Dengan demikian, penelitian ini mampu menjawab rumusan masalah di atas, yaitu 1) tersusun perangkat pembelajaran yang memanfaatkan potensi lokal dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan *living values* dan 2) mengetahui implementasi pembelajaran berbasis potensi lokal dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan *living values* peserta didik SMA di Kabupaten Wonosobo.

## METODE

Desain penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*research and development*) menggunakan model Borg & Gall (1983: 772) dengan 7 langkah penelitian dari total sepuluh langkah penelitian. Berikut langkahnya: (1) melakukan pengumpulan informasi melalui studi literatur dari berbagai pustaka dan observasi lapangan untuk mengetahui kondisi di lapangan; (2) melakukan perancangan mencakup tujuan penggunaan produk, pengguna produk, dan deskripsi dari komponen-komponen produk dan penggunaannya; (3) perancangan draf I (silabus, RPP, LKPD, buku ajar, dan lembar penilaian yang memuat memanfaatkan potensi lokal untuk meningkatkan *living values* peserta didik materi "Suhu dan Kalor" untuk peserta didik kelas X SMA) dan penilaian kelayakan; (4) uji coba terbatas menggunakan draf I yang telah divalidasi dengan desain *one shot case study*; (5) evaluasi dan revisi draf I; (6) uji coba luas menggunakan draf II melalui metode *quasi eksperimen*, yaitu *control-group pre-test post-test design* pada 2 kelas;

(7) evaluasi dan revisi draf II sehingga menghasilkan draf III.

Pengumpulan data yang digunakan: (1) angket; (2) observasi; dan (3) dokumentasi. Teknik analisis data yang digunakan terdiri dari 3 tahap, yaitu (1) analisis hasil validasi perangkat pembelajaran menggunakan konversi skor aktual pada nilai skala lima, yaitu sangat baik, baik, cukup baik, kurang baik, dan sangat kurang baik; (2) analisis penguasaan *living values* dalam persentase dan konversi skala lima; (3) analisis keterlaksanaan pembelajaran (RPP) menggunakan prosentase.

## PEMBAHASAN

Analisis data dilakukan dalam 3 bagian, yaitu: validasi ahli, guru, dan teman sejawat; hasil uji coba terbatas, dan uji coba lebih luas.

Hasil Validasi Ahli, Guru, dan Teman Sejawat, dari hasil validasi silabus menunjukkan bahwa: ahli memberikan skor 33 (baik), guru fisika memberikan skor 35 (sangat baik), dan teman sejawat memberikan skor 32 (baik). Dengan demikian, silabus layak digunakan dalam pembelajaran.

Hasil validasi RPP menunjukkan bahwa silabus sudah memenuhi ke-5 komponen yang diacu, yaitu kejelasan perumusan tujuan pembelajaran, pemilihan materi, kesesuaian pemilihan sumber belajar/media pembelajaran, kesesuaian kegiatan pembelajaran, dan kesesuaian penilaian hasil belajar. Adapun kriteria yang diberikan oleh ahli, guru fisika, dan teman sejawat terhadap RPP adalah sangat baik dan baik.

Validasi terhadap buku ajar meliputi komponen kelayakan isi, kebahasaan, dan penyajian. Hasil penilaian kelayakan buku ajar oleh validator (ahli metri, guru fisika, dan teman sejawat) menunjukkan kriteria yaitu sangat baik dan baik.

Validasi terhadap LKPD mencakup 2 komponen, yaitu kelayakan isi dan konstruksi. Hasil validasi LKPD oleh ketiga validator (ahli, guru fisika, teman sejawat) menunjukkan kategori sangat baik dan baik. Lembar penilaian prestasi belajar peserta didik berupa soal pilihan ganda berjumlah 15 item dengan 4

alternatif jawaban (A, B, C, atau D). Hasil validasi lembar penilaian secara kontrak oleh ahli, guru fisika, dan teman sejawat menunjukkan bahwa lembar penilaian yang disusun peneliti layak digunakan dengan kriteria baik, sangat baik, dan cukup baik.

Hasil validasi setiap komponen angket dan lembar observasi *living values* peserta didik oleh ahli, guru fisika, dan teman sejawat memberikan kategori sangat baik, baik, dan cukup baik. Dengan demikian, instrumen layak digunakan dalam penelitian. Adapun lembar observasi keterlaksanaan RPP pemanfaatan potensi lokal dalam pembelajaran dengan pendekatan *guided inquiry* meliputi 2 komponen, yaitu materi dan kebahasaan. Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa lembar validasi keterlaksanaan RPP dalam penelitian memiliki kriteria baik.

Hasil validasi oleh ahli, guru, dan teman sejawat untuk kemudian dijadikan dasar bagi peneliti memperbaiki instrumen penelitian terutama pada komponen yang mendapatkan kriteria cukup baik. Instrumen yang telah diperbaiki tersebut kemudian digunakan dalam ujicoba terbatas.

Hasil Ujicoba Terbatas, ujicoba terbatas dilakukan pada peserta didik kelas X IPA1 SMA Takhassus Al Quran, Wonosobo Tahun Ajaran 2013/2014 sejumlah 38 orang dengan alokasi waktu 2 pertemuan dengan masing-masing berdurasi (3 x 45 menit). Meskipun pembelajaran diberikan kepada seluruh peserta didik, namun pengamatan dan penilaian hanya dilakukan pada 31 peserta didik yang diambil secara acak.

Ujicoba terbatas bertujuan untuk mengetahui keterlaksanaan instrumen penelitian di lapangan. Oleh karena itu, data yang akan diperoleh berupa ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (RPP), ketercapaian *living values*, dan respon peserta didik terhadap sumber belajar (buku ajar, LKPD) dan proses pembelajaran.

Ketercapaian pembelajaran pada pertemuan 1 dan 2 yang dilakukan oleh dua orang pengamat menunjukkan bahwa prosentase ketercapaian pembelajaran (RPP) melampaui 75%, yaitu 95,45% dan 97,96%. Artinya, RPP dapat dilaksanakan dengan baik.

Ketercapaian peningkatan *living values* (kejujuran, kerja sama, dan tanggung jawab) peserta didik dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Ketercapaian kejujuran, kerja sama, dan tanggung jawab pada ujicoba terbatas

Kriteria	<i>Living values</i>					
	Kejujuran		Kerja sama		Tanggung jawab	
	Jumlah (orang)	%	Jumlah (orang)	%	Jumlah (orang)	%
Sangat baik	2	6,5	14	45,2	12	38,7
Baik	17	54,8	13	41,9	13	41,9
Cukup baik	10	32,3	3	9,7	5	16,1
Kurang baik	2	6,5	0	0,0	0	0,0
Sangat kurang baik	0	0	1	3,2	1	3,2

Tabel 2. Respon peserta didik terhadap sumber belajar dan perangkat pembelajaran

Kriteria	Buku ajar		LKPD		Proses pembelajaran	
	Jumlah (orang)	%	Jumlah (orang)	%	Jumlah (orang)	%
	Sangat baik	11	35,5	12	38,7	20
baik	19	61,3	19	61,3	11	35,5
Cukup baik	1	3,2	0	0,0	0	0,0
Kurang baik	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Sangat kurang baik	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Tidak terisinya kolom “kurang baik” dan “sangat kurang baik” pada Tabel 1. menunjukkan bahwa pembelajaran dengan memanfaatkan potensi lokal dapat meningkatkan *living values*. Informasi lain yang diamati dari uji coba terbatas adalah penilaian respon peserta didik terhadap sumber belajar (buku ajar dan LKPD) dan proses pembelajaran. Berikut hasilnya.

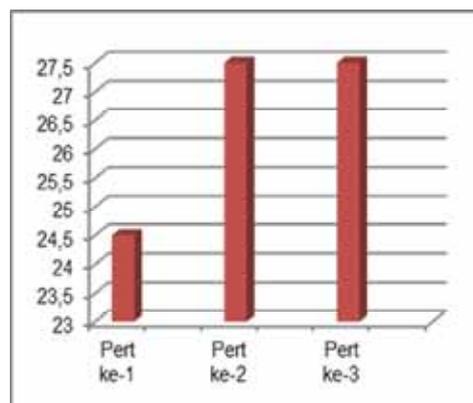
Tidak terisinya kolom “cukup baik”, “kurang baik” dan “sangat kurang baik” pada Tabel 2. menunjukkan bahwa sumber belajar (buku ajar, LKPD), dan proses pembelajaran dengan memanfaatkan potensi lokal dapat diterima dengan baik oleh peserta didik.

Beberapa temuan yang terjadi saat ujicoba terbatas selanjutnya digunakan peneliti untuk memperbaiki perangkat pembelajaran yang nantinya akan diterapkan pada ujicoba luas. Berikut hasil penelitian pada ujicoba luas.

Hasil Ujicoba Luas, ujicoba luas dilaksanakan di SMA N 1 Wonosobo dengan responden peserta didik kelas X MIA 3 sebagai kelas kontrol (KK), yaitu pembelajaran tanpa menggunakan perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal dan kelas X MIA 1 sebagai kelas eksperimen (KE) yaitu pembelajaran menggunakan perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal. Penentuan kedua kelas yang dijadikan subjek penelitian didasarkan pada karakteristik *living values* yang dinilai mendekati sama oleh guru fisika di kelas tersebut. Ujicoba luas itu sendiri dilakukan selama 3 pertemuan dengan masing-masing pertemuan berdurasi (3 x 45 menit).

Data yang dihasilkan pada ujicoba luas meliputi: ketercapaian pelaksanaan pembelajaran (RPP); ketercapaian *living values* (kejujuran, kerja sama, dan tanggung jawab); serta respon peserta didik terhadap perangkat dan proses pembelajaran. Uji perbedaan peningkatan *living values* peserta didik antara kelas kontrol (KK) dan kelas eksperimen (KE) dapat dilihat untuk mengetahui implementasi pemanfaatan potensi lokal dalam meningkatkan *living values*. Berikut uraian hasil ujicoba luas.

Ketercapaian pembelajaran pada pertemuan 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 97,96%, 97,14%, 97,14% ( $\geq 75\%$ ) yang berarti bahwa RPP dapat dilaksanakan dengan baik. Skor rata-rata pada setiap pertemuan ditunjukkan Gambar 1. berikut.

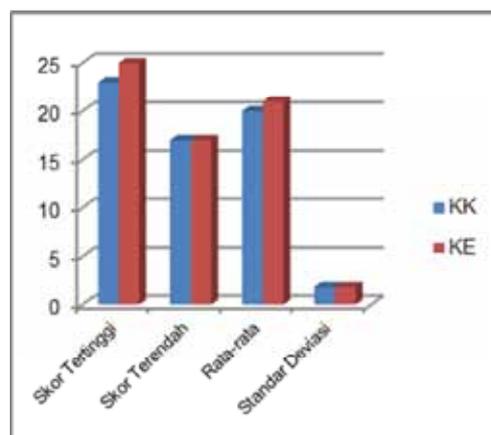


Gambar 1. Rata-rata skor keterlaksanaan RPP pada uji coba luas

Ketercapaian *living values* dapat dilihat pada uraian berikut.

#### Kejujuran

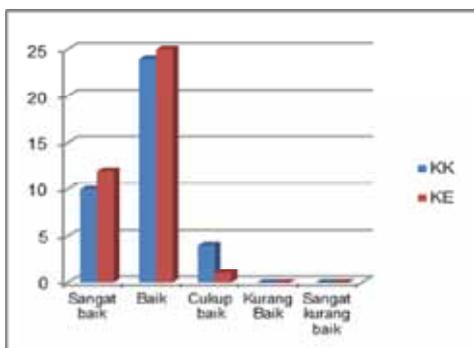
Skor penilaian *living value* kejujuran peserta didik pada kelas kontrol (KK) dan kelas eksperimen (KE) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Diagram skor peningkatan *living value* kejujuran peserta didik pada KK dan KE

Jumlah peserta didik yang mencapai skor *living value* kejujuran

pada KK maupun KE dapat dilihat pada gambar berikut.

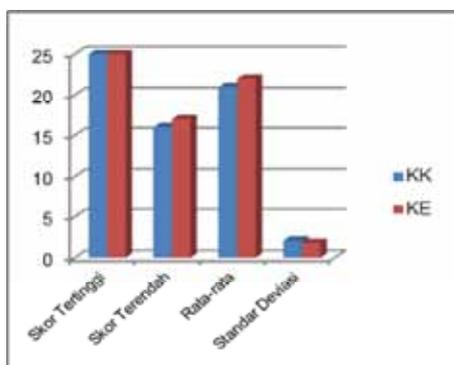


Gambar 3. Jumlah peserta didik pada KK dan KE dalam meningkatkan *living values* kejujuran

Gambar 2 menunjukkan bahwa skor kejujuran kedua kelas (KK dan KE) memiliki sebaran dan skor terendah sama. Meskipun demikian, skor tertinggi dan rata-rata kejujuran peserta didik pada KE lebih tinggi daripada KK. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis potensi lokal dapat meningkatkan *living value* kejujuran peserta didik. Hasil ini juga didukung data pada Gambar 3 yang menunjukkan prosentase kriteria “sangat baik” dan “baik” *living value* kejujuran pada kelas eksperimen (KE) lebih besar daripada kelas kontrol (KK).

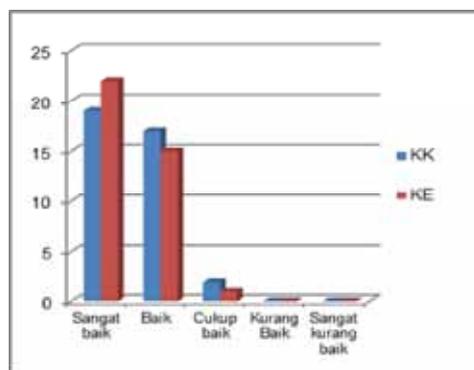
#### KERJA sama

Hasil peningkatan *living value* kerja sama siswa pada kelas kontrol (KK) dan kelas eksperimen (KE) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Skor peningkatan *living value* kerja sama peserta didik pada KK dan KE

Jumlah peserta didik yang mencapai *living value* kerja sama pada KK maupun KE dapat dilihat dari gambar berikut.

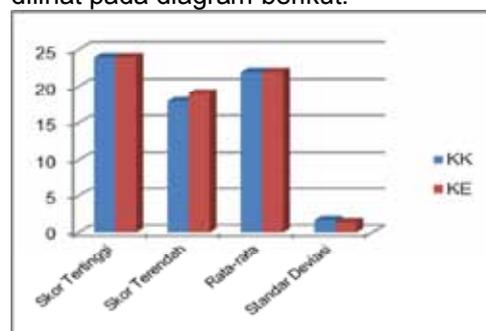


Gambar 5. Jumlah peserta didik pada KK dan KE dalam meningkatkan *living values* kerja sama

Gambar 4 menunjukkan bahwa skor tertinggi kerja sama kedua kelas (KK dan KE) sama. Meskipun demikian, skor terendah dan rata-rata peserta didik pada KE lebih tinggi daripada KK. Jadi, penerapan pembelajaran berbasis potensi lokal dapat meningkatkan *living value* kerja sama peserta didik. Hasil ini juga didukung data pada Gambar 5 yang menunjukkan prosentase kriteria “sangat baik” *living value* kejujuran pada kelas eksperimen (KE) lebih besar daripada kelas kontrol (KK).

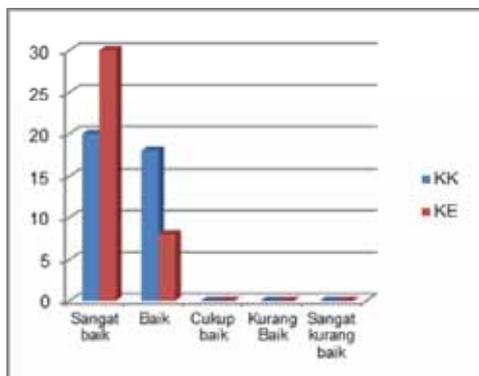
#### Tanggung jawab

Hasil peningkatan *living value* tanggung jawab peserta didik kelas kontrol (KK) dan eksperimen (KE) dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 6. Diagram skor peningkatan *living value* tanggung jawab peserta didik pada KK dan KE

Berikut jumlah peserta didik yang mencapai *living value* kerja sama pada KK maupun KE.



Gambar 7. Jumlah peserta didik pada KK dan KE dalam meningkatkan *living values* tanggung jawab

Gambar 6 menunjukkan bahwa skor tertinggi dan rata-rata *living value* tanggung jawab pada kelas kontrol (KK) dan kelas eksperimen (KE). Meskipun demikian, skor terendah peserta didik pada kelas eksperimen (KE) lebih tinggi daripada kelas kontrol (KK). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis potensi lokal dapat meningkatkan *living value* tanggung jawab meskipun kecil. Data pendukung lainnya dapat dilihat pada Gambar 5 yang menunjukkan prosentase

kriteria “sangat baik” *living value* tanggung jawab pada kelas eksperimen (KE) lebih besar daripada kelas kontrol (KK).

Respon peserta didik terhadap buku ajar memberikan skor rata-rata 65,98 dengan kriteria baik. Penilaian peserta didik terhadap LKPD memberikan skor rata-rata 36,26 dengan kriteria baik. Adapun penilaian peserta didik terhadap proses pembelajaran memberikan skor rata-rata 47,13 dengan kriteria sangat baik. Dengan demikian, secara umum respon peserta didik terhadap sumber belajar dan proses pembelajaran baik.

Beberapa temuan yang terjadi pada ujicoba luas selanjutnya digunakan peneliti untuk memperbaiki perangkat pembelajaran. Perangkat pembelajaran yang telah diperbaiki inilah yang disebut peneliti sebagai hasil final penelitian ini. Analisis Perbedaan Hasil Peningkatan *Living Values* kelas kontrol (KK) dan eksperimen (KE)

Pengujian ada tidaknya perbedaan ketercapaian peningkatan *living values* antara peserta didik di kelas KK dan KE menggunakan analisis beda. Namun, sebelumnya dilakukan uji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat menggunakan jenis uji beda yang digunakan. Hasil uji normalitas yang ditunjukkan oleh Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Ringkasan hasil uji normalitas *living values* kejujuran, kerja sama, dan tanggung jawab

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Kelas	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kejujuran	E	.149	38	.033	.969	38	.366
	K	.132	38	.094	.937	38	.034
Kerja sama	E	.162	38	.013	.911	38	.005
	K	.168	38	.009	.962	38	.222
Tanggung jawab	E	.210	38	.000	.874	38	.001
	K	.198	38	.001	.922	38	.012

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan Tabel 3 di atas, terlihat bahwa nilai signifikansi pada data kejujuran, kerja sama, dan tanggung jawab baik di kelas eksperimen (KE) maupun kontrol (KK) semua kurang dari taraf signifikansi yang digunakan, yaitu 0,05 ( $p < 0,05$ ) kecuali data kejujuran di

kelas kontrol. Dengan demikian, semua data kecuali kejujuran di kelas kontrol menunjukkan H0 diterima atau data tidak berdistribusi normal. Karena masing-masing pasangan *living values* (kejujuran, kerja sama, dan tanggung jawab) pada kelas eksperimen (KE) dan kontrol

(KK) tidak seluruhnya memenuhi uji normalitas, sehingga uji homogenitas tidak jadi dilakukan. Hal ini juga berarti bahwa untuk seterusnya data akan diuji menggunakan statistik nonparametris.

Untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan *living values* antara kelas eksperimen (KE) dan kelas kontrol (KK) digunakan uji Wilcoxon. Prinsip penggunaan uji Wilcoxon adalah membandingkan skor dari dua group yang tidak berhubungan satu dengan yang lain, dengan tujuan apakah kedua group tersebut memiliki rerata yang sama atau tidak. Sebelum melakukan uji Wilcoxon, maka diperlukan hipotesis terlebih da-

hulu. H0: tidak ada perbedaan yang signifikan *living values* (kejujuran, kerja sama, tanggung jawab) antara peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan perangkat berbasis potensi lokal dan pembelajaran tanpa perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal.

H1: tidak ada perbedaan yang signifikan *living values* (kejujuran, kerja sama, tanggung jawab) antara peserta didik yang mengikuti pembelajaran menggunakan perangkat berbasis potensi lokal dan pembelajaran tanpa perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal. Berikut hasil analisisnya menggunakan uji Wilcoxon.

Tabel 4. Hasil uji Wilcoxon pada *living values* (kejujuran, kerja sama, tanggung jawab) pada KK dan KE

Test Statistics <sup>b</sup>			
	Kejujuran-K - Kejujuran-E	Kerja sama-K - Kerja sama-E	Tanggung jawab-K - Tanggung jawab-E
Z	-2.166 <sup>a</sup>	-2.064 <sup>a</sup>	-2.016 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)	.030	.039	.044

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

Berdasarkan Tabel 4 di atas, nilai signifikansi baik pada kejujuran, kerja sama, maupun tanggung jawab lebih kecil dari 0,05 ( $p < 0,05$ ), sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa ada perbedaan yang signifikan *living values* (kejujuran, kerja sama, maupun tanggung jawab) antara peserta didik yang diajar menggunakan perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal dengan yang tanpa menggunakan perangkat pembelajaran berbasis potensi lokal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka dapat disimpulkan 2 hal berikut:

Perangkat pembelajaran fisika berbasis potensi lokal yang dikembangkan berupa silabus, RPP, buku ajar, LKPD, dan lembar penilaian dapat meningkatkan *living values* (kejujuran, kerja sama, tanggung jawab) peserta didik SMA di kabupaten Wonosobo.

Ada perbedaan yang signifikan antara *living values* (kejujuran, kerja sama, tanggung jawab) peserta didik

yang menggunakan perangkat pembelajaran fisika berbasis potensi lokal dengan peserta didik yang belajar tanpa menggunakan perangkat berbasis potensi lokal. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji Wilcoxon yang menunjukkan nilai *living values* kejujuran (0,030), kerja sama (0,039), tanggung jawab (0,044) semuanya lebih kecil dari 0,05 ( $p < 0,05$ ).

Bagi pihak yang ingin melaksanakan pembelajaran fisika dengan memanfaatkan potensi lokal harap lebih dipersiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Mengingat bahan yang digunakan dalam pembelajaran berasal dari alam, maka diharapkan hati-hati dan lebih cermat dalam melakukan pengukuran dan pengamatan. Selain itu, alokasikan waktu yang lebih banyak, mengingat di bagian penyimpulan banyak sekali pertanyaan peserta didik yang menarik dan sangat perlu untuk dijawab agar siswa tidak mengalami miskonsepsi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arowolo, D. 2010. "The Effects of Western Civilisation And Culture on Africa". *Afro Asian Journal of Social Sciences*, Vol. 1, No. 1 Quarter IV.
- Borg, W. R. & Gall, M. D. 1983. *Educational Research*. New York and London: Longman Inc.
- BSNP. 2006. *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: BSNP.
- Kemendiknas. 2010. *Pengembangan Pendidikan dan Karakter Bangsa*. Jakarta: Pusat Kurikulum.
- Komalasari, K. 2012. "The Living Values-Based Contextual Learning to Develop the Students' Character", *Journal of Social Sciences*, 8 (2): 246-251.
- Romanowski, M. H. 2005. "Through The Eyes Of Teachers: High School Teachers' Experiences With Character Education", *ProQuest Education Journals*, 34, 6-23.
- Saputra, A. 2007. 22,6% Remaja Indonesia Penganut Seks Bebas. <http://news.detik.com/read/2007/05/31/175112/787950/10/226-remaja-indonesia-penganut-seks-bebas?nd771104bcj>. Diakses tanggal 12 November 2013.
- Suparmi. 2010. Pengembangan Multimedia Pembelajaran Sosiologi untuk meningkatkan kemampuan Sosial Siswa di SMA kelas XI". *Thesis*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sutjipto. 2011. "Rintisan Pengembangan Pendidikan Karakter di Satuan Pendidikan". *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Seri VI*, Vol. 17, No. 5: 501-524.
- Utomo, E.; Nurlaeli, L.; dan Simangunsong, H. 2011. "Indonesian Students' Opinion, Knowledge of and Attitude toward Topics and Values in Civic Education Subject". *Journal of Education Research and Policy*, Vol. 3: 154-176.
- Wening, S. 2012. "Pembentukan Karakter Bangsa Melalui Pendidikan Nilai". *Jurnal Pendidikan Karakter*, Tahun II, No. I: 55-65.
- Cahyo, K., Kurniawan, T.P., Margawati, A.. 2008. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Praktik Kesehatan Reproduksi Remaja Di SMA Negeri 1 Purbalingga Kabupaten Purbalingga. *Jurnal Promosi Kesehatan Indonesia*.3 (2): 86-101.

## PENGUJIAN BAHAN ISOLASI KERAMIK TERHADAP TEGANGAN TEMBUS DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTRODA BATANG

Slamet Hani<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Masuk: 18 Desember 2013, revisi masuk: 11 Januari 2014, diterima: 3 Februari 2014

### ABSTRACT

*Various types of ceramic materials are mostly found in Indonesia which have different common properties, so lab experiments are needed to determine the natures of the breakdown voltages, capacities, and factors which determine the performance of each ceramic insulator. Type of ceramic tile studied were of different platinum, ceramic tile brands. The experiments show that, the average breakdown voltage of ceramic platinum is 8.12kV, the room conditions during testing were 29.7°C, 989mB air pressure and humidity 77%, while the average breakdown voltage of ceramic milan was 9.12kV, where condition during the test was 29.1°C, 990 mB air pressure, relative humidity 79% and for brands essenza average breakdown voltage 39.68kV, under a testing temperature of 29.9°C, pressure 989 mB air and 66% humidity. Of the three types the ceramic platinum brand was most easily penetrated by the voltage. This is due caused by the existing cavities in the ceramics and does not meet the standard ceramic or solid materials and most of them have the ability to withstand the breakdown voltage ceramic materials essenza brands.*

**Keywords:** *breakdown voltage, insulators, ceramics.*

### INTISARI

Beragam jenis material keramik yang banyak ditemui di Indonesia yang mana memiliki sifat umum yang berbeda pula, sehingga perlu dilakukan penelitian di laboratorium tentang tegangan tembus untuk mengetahui sifat, kemampuan, serta faktor apa saja yang menentukan kinerja dari bahan isolator keramik. Jenis keramik yang diteliti yaitu keramik merk platinum, keramik merk milan dan keramik merk essenza. Dari hasil penelitian tegangan tembus rata-rata pada keramik merk platinum sebesar 8,12kV, pada suhu udara disekeliling saat pengujian 29,7°C, tekanan udara 989 mB dan kelembaban udara 77%, sedangkan tegangan tembus rata-rata pada keramik merk milan memberikan tegangan 9,12kV, pada suhu udara saat pengujian 29,1°C, tekanan udara 990mB, kelembaban udara 79% dan keramik merk essenza tegangan tembus rata-rata 39,68kV, pada suhu udara saat pengujian 29,9°C, tekanan udara 989 mB dan kelembaban udara 66%. Dari ketiga jenis keramik yang di uji merk platinum paling mudah ditembus oleh tegangan. Hal ini disebabkan adanya rongga-rongga yang ada pada keramik dan tidak rapat atau padat bahan keramik tersebut dan yang paling besar memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus yaitu bahan keramik merk essenza.

**Kata kunci :** tegangan tembus, isolator, keramik.

### PENDAHULUAN

Salah satu perhatian utama dalam sistem tenaga listrik adalah efisiensi penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke konsumen melalui saluran transmisi dan distribusi. Dalam penyaluran energi listrik yang besarnya sama, semakin tinggi tegangan yang digunakan maka rugi-rugi yang terjadi pada kawat penghantar akan semakin

kecil. Namun demikian, penggunaan tegangan tinggi ini menimbulkan permasalahan dalam hal isolasinya.

Isolator merupakan salah satu jenis bahan listrik yang banyak digunakan pada sistem tenaga listrik, terutama pada sistem transmisi dan distribusi. Isolator tersebut berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan terhadap bagian yang tak bertegangan.

<sup>1</sup>shani.akprind@yahoo.com

Salah satu jenis isolator yang digunakan adalah isolator yang berbahan keramik yang diletakkan pada tiang listrik sebagai isolator gantung pada jaringan sistem distribusi 20 kV. Isolator keramik juga merupakan bagian dari isolator padat. Isolator jenis ini merupakan salah satu bahan dari dasar perut bumi seperti tanah liat yang memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan sehari-hari (Abdul, Syamsir, 2003)

Keramik merupakan salah satu kerajinan tangan, baik untuk kerajinan seni, keramik pakai (fungsional dalam rumah tangga) maupun keramik untuk pelengkap yang digunakan pada bahan bangunan. Barang tersebut merupakan produk keramik dengan body konvensional yang kebanyakan memiliki komposisi dengan sistem segitiga (triaksial) mineral lempung-felspar, atau triaksial plus jika ada tambahan mineral lain. Komposisi body yang didasarkan pada perbandingan kandungan mineral-mineral disebut komposisi rasional. Dalam era modern ini, definisi keramik adalah produk seni dan sains, mikrostrukturnya tersusun dari fasa kristalin dengan atau tanpa fasa amorf (gelas) terbuat dari bahan anorganik bukan logam melalui proses pembakaran (Adnan Ross Sapatra, 2006).

Keramik yang dahulu hanya digunakan sebagai kerajinan sekarang teknologi keramik telah digunakan sebagai bahan isolasi. Keramik-keramik tersebut memiliki kandungan atau sifat kelistrikan, kimia dan termal. Dengan memiliki sifat tersebut bahan keramik bisa memberikan dampak yang dapat memperoteksi bila terjadi ada *flashover* maupun *sparkover*. Oleh karena itu penelitian ini dapat mengetahui terjadinya tegangan tembus dari keramik yang ada di pasaran. Dari pengujian tegangan tembus ini akan diketahui besarnya tegangan tembus yang ditahan oleh bahan keramik (Hanung Sayogi, 2010).

Bila ikatan ini putus pada suatu tempat maka sifat isolasi pada tempat itu hilang. Bila pada bahan isolasi tersebut diberikan tegangan akan terjadi perpindahan elektron-elektron dari suatu molekul ke molekul lainnya sehingga timbul arus konduksi atau arus bocor. Karakteristik isolator akan berubah bila

material tersebut termasuk suatu ketidakmurnian (*impurity*) seperti adanya arang atau kelembaban dalam isolasi yang dapat menurunkan tegangan gagal. (Ariawan, Putu Rusdi, 2010).

Bahan isolasi digunakan untuk memisahkan bagian-bagian bertegangan atau bagian-bagian yang aktif. Untuk itu sifat kelistrikannya memegang peran yang sangat penting, namun demikian sifat mekanis, sifat termal, ketahanan terhadap bahan kimia serta sifat lainnya perlu diperhatikan. (Muhaimin, 1999).

Pengujian dilakukan pada beberapa jenis bahan isolasi adalah untuk mengetahui kinerja isolasi, supaya kegagalan dalam operasi dapat dihindarkan sebelumnya dan memberikan suatu pengetahuan tentang bahan dari isolasi tersebut (Artono Arismunandar, 2001)

Banyak faktor yang mempengaruhi tegangan tembus suatu minyak isolasi. Beberapa faktor diantaranya suhu minyak, kelembaban minyak, kandungan air serta bahan-bahan kontaminan lain sehingga pengotor yang bisa menurunkan tingkat kekuatan dielektrik minyak (Budi Sasmito, 2006).

## METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Bahan uji isolator yang digunakan berbahan dasar keramik dengan merk platinum, keramik merk *essenza* dan keramik merk *milan*. Dari hasil pengujian tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pemilihan bahan isolator.

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian kuasi eksperimen laboratorium, dengan menggunakan 3 jenis keramik pada ketebalan yang sama namun bertingkat dalam pengujian tegangan tembus bahan isolator listrik.

Bahan penyekat mempunyai tahanan listrik yang besar. Penyekat listrik ditujukan untuk mencegah terjadinya kebocoran arus listrik antara kedua penghantar yang berbeda potensial atau untuk mencegah loncatan listrik ketanah. Kebocoran arus listrik harus dibatasi

sekecil-kecilnya (tidak melampaui batas yang telah ditentukan oleh peraturan yang berlaku). Ada 3 hal pokok yang memberikan gambaran sifat kelistrikan suatu bahan isolasi di samping sifat-sifat yang lain yaitu resistivitas, permittivitas, dan sudut kerugian dielektrik.

a). Resistivitas

Sesuai dengan fungsinya, bahan isolasi yang baik adalah bahan isolasi yang resistivitasnya besar tidak terhitung. Tetapi pada kenyataannya bahan yang demikian itu belum bisa diperoleh. Sampai saat ini semua bahan isolasi pada teknik listrik masih mengalirkan arus listrik (walaupun kecil) yang lazim disebut arus bocor. Hal ini menunjukkan bahwa resistansi bahan isolasi bukan tidak terbatas besarnya.

Besar resistansi bahan isolasi sesuai dengan Hukum Ohm adalah :

$$R_i = \frac{V}{I_b} \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

R<sub>i</sub> = Resistansi isolasi (ohm)

V = Tegangan yang digunakan (Volt)

I<sub>b</sub> = Arus bocor (Ampere)

b). Permittivitas

Setiap bahan isolasi mempunyai permittivitas. Hal ini penting bagi bahan-bahan yang digunakan sebagai dielektrik kapasitor. Kapasitansi suatu kapasitor bergantung pada beberapa faktor, yaitu luas permukaan, jarak antara keping-keping kapasitor serta dielektriknya. Besar kapasitansi C (farad) dapat dihitung dengan:

$$C = \frac{10^{-9} \epsilon}{36 \pi} \times \frac{S}{h} \dots\dots\dots(2)$$

dimana,

ε = Permittivitas bahan dielektrik (F/m)

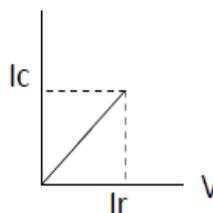
h = Jarak keping-keping kapasitor (m)

S= Luas permukaan keping-keping kapasitor (m<sup>2</sup>)

Besarnya permittivitas udara hampir 1 yaitu, 1,000589, sedangkan besarnya permittivitas untuk zat padat dan zat cair selalu lebih besar dari 1.

c). Sudut Kerugian Dielektrik

Pada saat bahan isolasi diberi tegangan bolak-balik, maka terdapat energi yang diserap oleh bahan tersebut. Akibatnya terdapat faktor kapasitor. Hubungan vektoris antara tegangan dan arus pada bahan isolasi seperti gambar dibawah ini pada gambar 1. Besarnya kerugian yang diserap bahan isolasi adalah berbanding lurus dengan tegangan (V), frekuensi (Hz), kapasitansi C farad, dan sudut kerugian dielektrik tanδ, seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut.



Gambar 1. Hubungan Ic = f (I<sub>r</sub>)

$$P = V \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \cdot \tan \delta \dots\dots\dots(3)$$

Sehingga :

$$\tan \delta = \frac{P}{V^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C} \dots\dots\dots(4)$$

Dari persamaan diatas terlihat bahwa makin besar tegangan, frekuensi dan kapasitansi untuk kerugian yang sama, maka makin kecil harga tanδ atau makin kecil sudut antara arus kapasitif IC dengan arus total I dan makin besar sudut antara arus resistif I<sub>r</sub> dengan arus total I.

Mengingat luasnya pemakaian bahan penyekat, maka dipertimbangkan kekuatan struktur bahannya. Dengan demikian, dapat dibatasi hal-hal penyebab kerusakan dikarenakan kesalahan pemakaiannya. Misal diperlukan bahan yang tahan tarikan, maka kita harus menggunakan bahan dari kain daripada kertas. Bahan kain lebih kuat terhadap tarikan daripada bahan kertas.

Kekuatan mekanis bahan-bahan isolasi maupun logam adalah kemampuan menahan beban dari dalam atau luar, pada prakteknya adalah beban tarik dan tekan. Jika suatu bahan dengan penampang A cm<sup>2</sup> ditarik dengan suatu gaya tarik yang bertambah secara perlahan, maka bahan tersebut akan putus pada gaya tarik tertentu

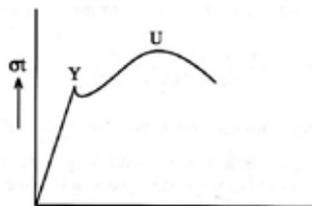
sebesar  $P_t$  kg. Dalam hal ini *stress* atau tegangan tarik bahan ot adalah seperti ditunjukkan pada persamaan 5.

$$\sigma_t = \frac{P_t}{S} \dots\dots\dots(5)$$

Penambahan panjang bahan sebelum putus  $\Delta l$  dibagi dengan panjang mula-mula  $l$  disebut penambahan panjang relatif bahan atau strain  $\epsilon$  adalah :

$$\sigma_t = \frac{\Delta l}{l} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

Untuk besi tempa dan sejumlah baja tertentu tarikan dan pemanjangannya memperlihatkan kurva diskontinuitas, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva  $\sigma_t = f(\epsilon)$  baja lunak

Setelah titik Y, penambahan panjang tanpa memerlukan penambahan gaya atau hanya mungkin kecil saja. Gejala ini terjadi sekitar 5% hingga 7% dari panjang mula-mula  $l$ .

Titik Y disebut titik lumer (*yield point*) suatu bahan, sedangkan tegangan yang menjadikan bahan lumer disebut tegangan lumer (*yield stress*) yang besarnya adalah :

$$\sigma_y = \frac{P_y}{S} \dots\dots\dots(7)$$

dimana,

- Py= Gaya yang menyebabkan bahan menyerah (kg)
- S = Luas penampang mula-mula ( $m^2$ )

Panas yang ditimbulkan dari dalam oleh arus listrik atau oleh arus gaya magnet, berpengaruh terhadap kekuatan bahan penyekat. Dalam hal ini, kalau panas yang ditimbulkan cukup tinggi, maka penyekat yang digunakan harus tepat. Adanya panas juga harus dipertimbangkan, agar tidak merusak bahan penyekat yang digunakan.

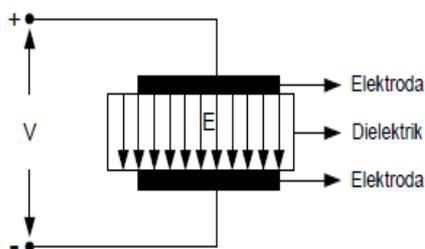
Pada penghantar yang dilewati arus listrik selalu terjadi kerugian daya, kerugian daya ini selanjutnya didisipasikan dalam bentuk energi panas. Untuk itu perlu dipelajari pengaruh panas terhadap bahan-bahan isolasi karena panas dapat mempengaruhi bahan isolasi dalam hal sifat kelistrikan, kekuatan mekanis, kekerasan, viskositas, ketahanan terhadap pengaruh kimia dan sebagainya. Suatu bahan isolasi dapat rusak yang disebabkan panas dalam kurun waktu tertentu. Waktu tersebut dikatakan sebagai umur panas bahan isolasi. Sedangkan kemampuan bahan menahan suatu panas tanpa terjadi kerusakan disebut ketahanan panas (*heat resistance*).

Panas yang tinggi yang diterima oleh bahan penyekat dapat mengakibatkan perubahan susunan kimia bahan. Demikian juga pengaruh adanya kelembaban udara, basah yang ada di sekitar bahan penyekat. Jika kelembaban tidak dapat dihindari, haruslah dipilih bahan penyekat yang tahan terhadap air. Demikian juga adanya zat-zat lain dapat merusak struktur kimia bahan. Mengingat adanya bermacam-macam asal, sifat dan ciri bahan penyekat, maka untuk memudahkan kita dalam memilih untuk aplikasi dalam kelistrikan, kita akan membagi bahan penyekat berdasar kelompoknya. Pembagian kelompok bahan penyekat adalah sebagai berikut : Bahan tambang (batu pualam, asbes, mika, dan sebagainya), bahan berserat (benang, kain, kertas, prespon, kayu, dan sebagainya), gelas dan keramik, plastik, karet, bakelit, ebonit, dan sebagainya serta bahan yang dipadatkan.

Salah satu tujuan dari pengujian tegangan tinggi adalah untuk meneliti sifat-sifat listrik dielektrik bahan yang telah dipakai sebagai bahan isolasi peralatan listrik maupun yang masih dalam tahap penelitian. Adapun sifat-sifat listrik bahan dielektrik adalah : kekuatan dielektrik, konduktansi, rugi-rugi dielektrik, tahanan isolasi dan peluhan parsial

Dalam penelitian ini sifat elektrik yang akan dibahas adalah sifat kekuatan

dielektrik bahan isolasi. Suatu bahan dielektrik tidak mempunyai elektron bebas, tetapi mempunyai elektron-elektron yang terikat pada inti atom unsur yang membentuk dielektrik tersebut. Pada Gambar 1 diperlihatkan suatu bahan dielektrik yang ditempatkan di antara dua elektroda piring sejajar. Bila elektroda diberi tegangan searah, maka timbul medan elektrik ( $E$ ) di dalam dielektrik. Medan elektrik ini memberi gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Dengan kata lain, medan elektrik merupakan suatu beban bagi dielektrik yang menekan dielektrik agar berubah menjadi konduktor. Beban yang dipikul dielektrik ini disebut juga terpaan medan elektrik (Volt/cm). Setiap dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan elektrik.



Gambar 3. Terpaan Elektrik Dalam Dielektrik

Jika terpaan elektrik yang dipikulnya melebihi batas yang diizinkan dan berlangsung cukup lama, maka dielektrik akan menghantarkan arus atau gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik dikatakan tembus listrik atau "breakdown". Terpaan elektrik tertinggi yang dapat dipikul suatu dielektrik tanpa menimbulkan dielektrik tembus listrik disebut kekuatan dielektrik. Tidak selamanya terpaan elektrik dapat menimbulkan tembus listrik, tetapi ada dua syarat yang harus dipenuhi, yaitu :

- a. Terpaan elektrik yang dipikul dielektrik harus lebih besar atau sama dengan kekuatan dielektriknya.
- b. Lama terpaan elektrik berlangsung lebih besar atau sama dengan waktu tunda tembus dari dielektrik.

Istilah tegangan tembus atau kegagalan listrik (*electrical breakdown*), atau dadalan elektrik, memiliki sejumlah

arti. Istilah ini bisa berarti gangguan pada sebuah sirkuit listrik. Tegangan tembus bisa pula berarti berkurangnya hambatan dengan amat pesat pada sebuah isolator elektrik yang menyebabkan lompatan bunga api listrik di sekeliling atau di sepanjang isolator. Peristiwa ini bisa hanya bersifat sementara (seperti dalam sebuah pengosongan elektrostatik), atau bisa pula menyebabkan pengosongan busur elektrik yang berlangsung terus-menerus jika piranti pelindung gagal merintang arus dalam sebuah sirkuit daya tinggi.

Tegangan tembus (*electrical breakdown*) yang kedua merujuk pada kegagalan isolatornya sebuah kabel listrik atau komponen listrik yang lain. Kegagalan seperti ini biasanya mengakibatkan hubungan pendek atau sekering yang meledak. Ini terjadi pada tegangan dadal. Kegagalan isolator yang sesungguhnya sering terjadi dalam penerapan tegangan tinggi yang kadang-kadang menyebabkan pembukaan sebuah pemutus sirkuit pelindung.

Tegangan tersebut sering pula diasosiasikan dengan kegagalannya bahan isolasi padat atau cair yang digunakan dalam kondensator maupun transformator tegangan tinggi di kabel distribusi listrik, juga bisa terjadi di sepanjang sejumlah dawai isolator yang dipasang pada saluran listrik, di dalam kabel listrik bawah tanah, atau kabel yang membusur pada cabang pohon terdekat. Dalam tekanan listrik yang cukup kuat, *electrical breakdown* bisa berlangsung di dalam zat padat, cair, atau gas. Namun, mekanisme kegagalan yang spesifik sangat berbeda di setiap fase dielektrik. Kesemua ini menyebabkan kerusakan instrumen yang membahayakan bagi alat tersebut.

Kegagalan isolasi adalah kondisi dimana suatu isolator tidak dapat berfungsi sebagai isolasi karena tidak mampu menanggung tegangan yang ditahannya. Berdasarkan atas kebutuhan dan norma atau standar yang berlaku maka pokok-pokok pengujian yang harus dilakukan ditentukan oleh spesimen yang diuji. Pengujian-pengujian terbut tentunya sudah dapat

diterapkan pada alat-alat konvensional, misalnya pada isolator padat.

Pada isolator padat, terjadinya kegagalan dapat dibedakan dalam 2 kategori yaitu kegagalan tembus yang berupa *puncture* (tembus) dan kegagalan permukaan yang berupa *flashover* (loncatan api). Kegagalan berupa tembus berkaitan dengan adanya rongga udara pada isolator yang menyebabkan *partial discharge*. Rongga udara ini muncul ketika ada udara yang terjebak saat pembuatan isolator tersebut. Berbeda dengan kegagalan tembus, kegagalan *flashover* biasanya ditandai dengan adanya loncatan busur api dari kedua elektroda yang mengapit isolator tersebut. Munculnya busur api dipengaruhi oleh lingkungan di sekitar isolator dan kondisi permukaan isolator.

### PEMBAHASAN

Pada pengujian tegangan tembus untuk keramik merk platinum dengan luas 10 cm x 10 cm dengan ketebalan 0,7 cm, suhu udara disekitarnya 29,7 °C, tekanan udara 989 mB dan kelembaban udara 77%. Pengujian dilakukan sebanyak 8 kali pengujian yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

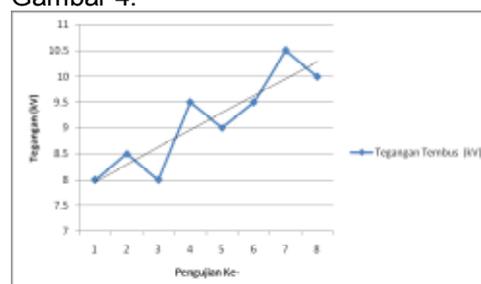
Tabel 1. Tabel pengujian tegangan tembus dengan isolator keramik platinum

Isolator		Keramik Platinum	Keterangan
Dimensi isolator		Tebal = 0,7 cm Luas = 10 cm x 10 cm	
Pengujian Ke -	Pri Voltage (Volt)	Tegangan Tembus kV AC	
1	15-18	7,5	Tembus
2	15-18	7,5	Tembus
3	15-18	7	Tembus
4	18-20	8	Tembus
5	18-20	8,5	Tembus
6	18-20	8	Tembus
7	20-25	9	Tembus
8	20-25	9,5	Tembus
Tegangan Tembus rata-rata kV/AC		8,12	-

Adanya pengaruh keadaan lingkungan disekitar isolator yang berbeda-beda diseluruh dunia ini membuat setiap perhitungan tegangan gagal memerlukan suatu faktor koreksi untuk

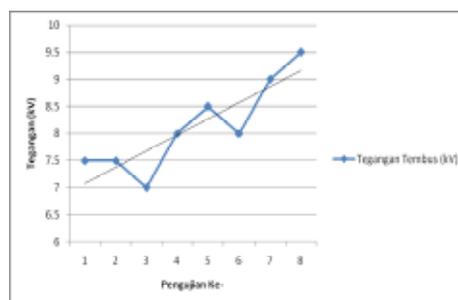
mendapatkan hasil tegangan gagal standarnya. Untuk mendapatkan tegangan gagal standar, maka dilakukan suatu koreksi dengan menggunakan suhu, tekanan udara dan kelembaban ketika tegangan gagal tersebut diperoleh.

Hasil analisis diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik tegangan tembus keramik merk platinum

Tabel 2. Tabel pengujian tegangan tembus dengan isolator keramik milan



Gambar 5. Grafik Tegangan tembus keramik merk Milan.

Pengujian tegangan tembus untuk keramik merk milan dengan luas dan ketebalan yang sama dengan merk platinum yakni 10 cm x 10 cm dengan ketebalan 0,7 cm, suhu udara disekitarnya 29,1 °C, tekanan udara 990 mB dan kelembaban udara 79%. dapat dilihat pada tabel 2.

Dan yang terakhir untuk pengujian tegangan tembus merk essenza dengan luas 10 cm x 10 cm dengan ketebalan 0,7 cm, suhu udara disekitarnya 29,9 °C, tekanan udara 989 mB dan kelembaban udara 66%. Pengujian dilakukan sebanyak 8 kali pengujian yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel pengujian tegangan tembus dengan isolator keramik essenza

Isolator		Keramik Essenza		Keterangan
Dimensi isolator		Tebal = 0,7 cm		
Pengujian Ke -	Pri Voltage(volt)	Luas =10 cm x10 cm		
		Tegangan Tembus kV AC		
1	15-100	38		Flashover
2	15-100	38,5		Flashover
3	15-100	38,5		Flashover
4	100-105	39		Flashover
5	100-105	39		Flashover
6	100-105	39,5		Flashover
7	105-110	40		Flashover
8	105-110	42		Flashover
Tegangan Tembus Rata-rata kV)AC		39,68		-

Dari beberapa hasil pengujian ketiga merk keramik tersebut dapat

ditabelkan besarnya tegangan tembus rata-rata sebagai berikut :

Tabel 4. Tegangan tembus rata-rata hasil pengujian

Merk Keramik	Tegangan tembus rata-rata saat pengujian (kV)	Suhu Udara (OC)	Tekanan Udara (mB)	Kelembaban Udara (%)
Platinum	8,12	29,7	989	77
Milan	9,12	29,1	990	79
Essenza	39,68	29,9	989	66

Nilai tegangan gagal standart dengan faktor koreksi suhu dan tekanan udara dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_s = \frac{V_B}{d}$$

Dimana : VS = tegangan lompatan pada keadaan standart

VB = tegangan lompatan yang diukur pada keadaan sebenarnya

d = kepadatan udara relatif (relative

air density)

Sedangkan kepadatan udara relatif memiliki persamaan:

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

Dimana :

b<sub>B</sub> = Tekanan udara saat pengujian

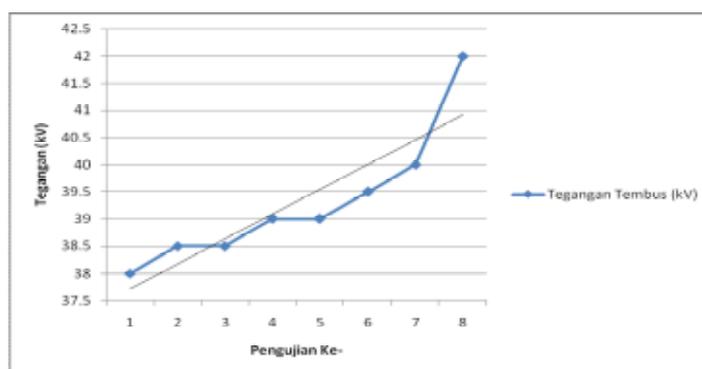
t<sub>B</sub> = Suhu udara saat pengujian (°C)

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) maka akan diperoleh nilai

tegangan tembus standart sebagai berikut :

Tabel 4. Tegangan tembus standard hasil perhitungan

Merk Keramik	Nilai tegangan tembus standard (kV)
Platinum	6,447
Milan	8,890
Essenza	31,524



Gambar 6 Grafik Tegangan awal terhadap tegangan tembus

## KESIMPULAN

Dengan hasil penelitian dan pembahasan mengenai tegangan tembus yang terjadi pada isolator keramik, dapat disimpulkan :

Dari pengujian tegangan tembus yang telah dilakukan, keramik merk platinum dan merk milan memberikan hasil tegangan tembus sebesar 8,12kV dan 9,12kV, hal ini hanya beda selisih 1kV lebih besar dari pada keramik merk platinum.

Untuk pengujian tegangan tembus bahan keramik merk essenza memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tinggi sebesar 39,68kV sehingga terjadi *flashover* atau percikan api melalui dinding keramik tersebut.

Keramik merk milan dan merk platinum paling mudah ditembus oleh tegangan. Hal ini dikarenakan adanya rongga-rongga yang ada pada keramik dan tidak rapat atau padat bahan keramik tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

Abduh, Syamsir, 2003, "Teori Kegagalan Isolasi", Universitas Trisakti.

- Adnan, Ross Suparta, 2006, "Rekan Bahan Keramik (Jilid I)", Institut Teknologi Bandung.
- Adi, Nugroho, 2010, Skripsi "Karakteristik Arus Bocor Lantai Keramik Rumah Tangga", Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Ariawan, Putu Rusdi, 2010, "Analisis Kegagalan Minyak Transformator", Universitas Udayana Denpasar.
- Artono Arismunandar, 1983, "Teknik Tegangan Tinggi" Fakultas Teknik UI
- Budi, Sasmito, 2006, Skripsi "Pengujian Sifat Dielektrik Bahan Isolasi Cair (Minyak)", Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Sains & Teknologi Akprind, Yogyakarta.
- Hanung Sayogi, 2010, "Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi Pada Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Berpolaritas Berbeda Pada Jarum – Bidang", Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang
- Muhaimin, 1999, "Bahan-Bahan Listrik", Pradnya Paramita, Jakarta.

## SISTEM APLIKASI KRAN OTOMATIS UNTUK PENGHEMATAN AIR BERBASIS MIKROKONTROL Atmega 16

Subandi<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

### ABSTRACT

*Conventional faucet by twisting operation can be replaced with automation systems for the purpose of easy operation and to save water. Solutions to these can be solved utilizing electronic technology. With the use of sensors on the electronic switch circuit faucet and filling water in the reservoir will work automatically according to the expected circumstances. Thus the tap to remove the water and do not need to stop playing, because tap water out if a member body directed to the front of the sensor and stop the flow water if it is not directed at members of the body. While in the reservoir, water will always be awake capacity so there is no excess water runs out or when charging. In detecting the presence or absence hand directed towards utilizing sensor ultrasonic and as overall system control using AVR microcontroller atmega16. While on the test results show that there are differences in the amount of water volume released on automatic washing appliance less the regular tool so that there is efficient use of water. Based on the testing tool can be run well and as a tool in this thesis is a simulation then to apply it in real conditions necessary adjustments to take into account such things as the distance between the electrodes used in the reservoirs, the distance between sensor ultrasonic and distances between each faucet. This system will work automatically turn on the faucet using ultrasonic sensors as an object detector.*

**Keywords :** *microcontroller, automatic faucets, ultrasonic sensor*

### INTISARI

Perkembangan teknologi dan sistem elektronik dewasa ini berkembang dengan sangat pesat. Tidak lepas dari hal tersebut, sistem instrumentasi dituntut efektif serta efisien. Seperti halnya kran konvensional yang pengoperasiannya dengan cara diputar dapat digantikan dengan sistem Otomatisasi dengan tujuan memudahkan pengoperasian dan untuk penghemaran air. Dengan pemanfaatan sensor pada rangkaian elektronika maka pensaklaran kran dan pengisian air pada tandon akan bekerja dengan otomatis sesuai keadaan yang diharapkan. Dengan demikian kran untuk mengeluarkan air dan menghentikannya tidak perlu diputar, karena kran mengeluarkan air jika ada anggota tubuh yang di arahkan ke depan sensor dan menghentikan aliran air jika tidak ada anggota tubuh yang diarahkan kehadapan sensor. Dalam pendeteksian ada tidaknya tangan yang diarahkan kea arah kran memanfaatkan sensor ultrasonic dan sebagai pengendali sistem secara keseluruhan menggunakan mikrokontroler ATmega16. Sedangkan pada hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah volume air yang dikeluarkan pada alat kran otomatis lebih efisien daripada menggunakan kran biasa terdapat efisiensi pemakaian air. Sistem ini bekerja menghidupkan kran otomatis menggunakan sensor ultrasonik sebagai detektor obyek halangan. Sensor ultrasonik ini akan mengubah dari besaran fisik menjadi besaran mekanik.

**Kata kunci :** Mikrokontroler, Kran Otomatis, Sensor Ultrasonic.

### PENDAHULUAN

Kebutuhan untuk meningkatkan kualitas air bersih sekarang ini sangat sulit dan membutuhkan biaya. Apalagi saat musim kemarau air bersih sangat sulit di peroleh dan kalau mau membeli

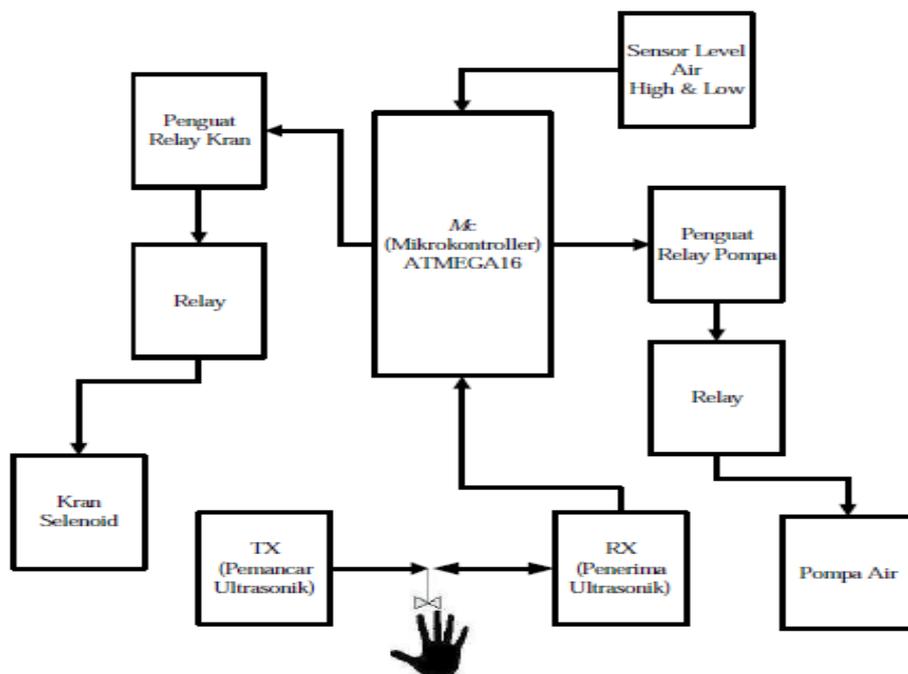
mahal harganya. Hal ini merupakan masalah yang harus di atasi dengan cara menghemat air, misalnya pada saat di masjid yaitu saat akan melaksanakan sholat yaitu dengan berwudhu. Saat berwudhu air yang terbuang sangatlah

---

<sup>1</sup> subandi@gmail.com

banyak. Disisi lain air yang dibutuhkan untuk berwudhu  $\pm$  5 liter sudah cukup tapi pada kenyataanya lebih banyak, itu belum yang berwudhu orang banyak sudah berapa liter air yang dibuang. Disamping itu terkadang ada kran yang bocor dan kadang juga ada orang yang lupa mematikan kran karena banyak

antrian dibelakangnya. Saat ini banyak fasilitas umum yang menggunakan sistem pensaklaran yang masih menggunakan sistem konvensional. Hal ini di lakukan dengan cara memutar kran dengan menggunakan tangan belum menggunakan media elektronik (Barry G. Woollard, 1993).



Gambar 1. Blok Diagram Alat otomatisasi Kran Wastafel

Sistem elektronik diharapkan mampu menggantikan pemutaran kran dengan sistem pensaklaran otomatis. Pada sebuah sistem pensaklaran dapat menggunakan berbagai sensor, diantaranya menggunakan infra merah dan teknologi yang baru di kembangkan yaitu menggunakan sensor ultrasonic. Dalam penggunaan sensor tersebut memiliki berbagai keuntungan dibandingkan dengan menggunakan infra merah, disamping hasil pengukuran yang lebih presisi, keuntungan yang lain adalah dapat memancarkan sinyal yang cukup jauh dengan menerima pantulan kembali jika mendapat gangguan. Sensor ultasonik juga dapat digunakan sebagai monitoring permukaan air dan dapat untuk pengisian bak tandon air secara otomatis (Ibrahim, K,F, 1995).

Untuk mewujudkan sistem otomatisasi kran air pada wastafel yang bekerja secara otomatis, perlu adanya suatu sistem elektronik yang lebih kompleks dan dapat diandalkan. Dengan demikian sebelum sistem elektronik dibuat, perlunya suatu urutan cara kerja alat yang akan dibuat seperti :

Saat alat dihidupkan pembangkit frekuensi ultrasonik akan bekerja untuk mengaktifkan tranduser ultra-sonik. Saat tranduser pemancar ultra-sonic aktif, gelombang ultrasonik yang dipancarkan akan diterima oleh tranduser penerima ultrasonik menuju ke rangkaian penerima ultrasonik. Pada saat tangan seseorang memo-tong gelombang ultrasonik tersebut, maka penerima ultrasonik akan memberikan sinyal ke penguat.

Sinyal dari rangkaian pendeteksi akan dikuatkan terlebih dahulu agar bias diproses untuk pengaktifan relay. Penguat dalam system terdiri dari dua yaitu penguat (penegas) sinyal keluar-an dan penguat (penggerak) relay.

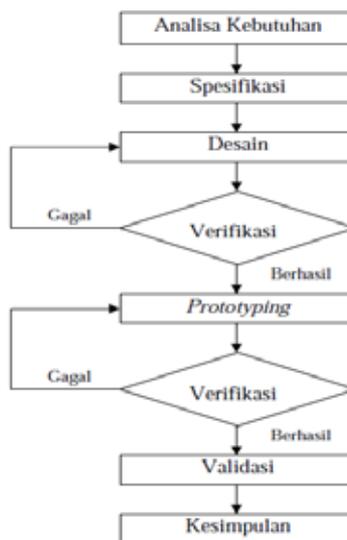
Agar pompa air dapat aktif dibutuhkan suatu saklar elektronik seperti relay. Relay akan mengalirkan tegangan AC apabila salah satu terminal NO ini bersatu. Keluaran dari relay langsung dihubungkan ke pompa air untuk pengaktifan pompa. Pompa air ini berfungsi sebagai sarana penyalur (mengaliri) air ke wastafel (Pakpahan.S, 1985,).

Prinsip kerja alat adalah apabila pengguna ingin mencuci tangan, maka tangan akan menghalangi gelombang pancaran ultrasonik ke penerima ultrasonik sehingga penerima ultrasonik akan memerintahkan relay untuk menghidupkan pompa. Dengan aktifnya pompa air, maka air akan mengalir ke kran atau wastafel dan setelah pengguna selesai mencuci tangan maka tangan tersebut tidak lagi menghalangi gelombang ultrasonik dari pemancar ke penerima sehingga penerima ultrasonik memerintahkan relay untuk mematikan pompa air yang menuju ke wastafel. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1. Blok diagram alat (Budiharto, Widodo, 2008).

## METODE

Prosedur Penelitian terbentuk dari tempat-tempat umum seperti rumah makan, restoran dan toilet pengguna wastafel sangat memerlukan kebersihan tangan, tetapi hal ini tidak tercapai dikarenakan penggunaan kran wastafel tersebut secara manual. Dari masalah ini terbentuklah solusi pembuatan alat otomatisasi kran wastafel (Malvino P.A., Leach P.A., Wijaya I. 1994). Prosedur pembuatan alat ditunjukkan Gambar 1.

Pada batasan masalah disebutkan bahwa sistem otomatisasi kran wastafel dapat bekerja secara otomatis apabila terdapat tangan manusia pada wastafel. Sesuai masalah tersebut, kebutuhan pokok yang harus dapat dilayani oleh alat yang akan dibuat.



Gambar 2. Diagram Prosedur Penelitian

Air yang dibutuhkan pompa untuk mencuci tangan satu orang sebesar  $\geq 504$  liter/jam.

- Dibutuhkan bak penampung air agar dapat mensuplai air sehingga pompa dapat bekerja dengan normal dan cukup persediaan air saat tidak ada suplai air dari sumber, dengan volume air  $\pm 16$  liter..
- Dibutuhkan suatu indikator pendeteksi tangan agar dapat jelas dilihat bahwa alat bekerja.

## PEMBAHASAN

Komponen alat otomatisasi kran wastafel yang dibangun meliputi perangkat keras. Secara umum alat otomatisasi kran wastafel ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Menggunakan Kran elektrik, (*Solenoid valve*) AC 220V Type Knie ( siku ) Inputdrat  $\frac{1}{2}$ dim – Output drat  $\frac{1}{2}$ dim. *Solenoid valve* adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan katub magnet yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. *Solenoid valve* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai 3 input yaitu :

- Lubang masukan, terminal / tempat cairan masuk atau *supply*.
- Terminal atau tempat yang dihubungkan ke beban.

3. Lubang *exhaust*, saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak dan terhalang katub magnet. saat piston bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve* bekerja.

Setelah spesifikasi dan rancangan telah ditetapkan, maka pada tahap ini dilakukan pembangunan sistem. Pembangunan sistem meliputi perangkat keras. Sistem dibangun perbagian fungsi,

seperti pada Gambar 3.2. Berbagai kesalahan dapat ditemui dalam tahap ini. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap perangkat yang sedang dibangun secepatnya melakukan koreksi. Pada akhir pembangunan setiap bagian fungsi dilakukan pengujian (verifikasi) bagian tersebut. Jika semua bagian telah diuji, maka dilakukan integrasi bagian-bagiuan fungsi menjadi sebuah sistem kendali yang utuh.

Tabel 1. Data hasil pengambilan sampling pada 10 orang untuk mendapatkan debit air yang dibutuhkan pada saat mencuci tangan

Pengguna (Orang)	Waktu mencuci tangan (detik)	Debit air (liter/detik)	Debit air per detik (liter/detik)	Debit air (liter/jam)
1	62	8,68	0,14	504
2	33	4,62	0,14	504
3	41	5,74	0,14	504
4	31	7,14	0,14	504
5	36	5,04	0,14	504
6	62	8,68	0,14	504
7	45	6,30	0,14	504
8	49	6,86	0,14	504
9	60	8,40	0,14	504
10	43	6,02	0,14	504

Pada tahap ini dilakukan pengujian secara menyeluruh terhadap sistem. Validasi meliputi pengujian alat dan pengujian fungsional. Pada pengujian alat, pengujian dilakukan per blok rangkaian agar didapat ketepatan analisa antara teori yang didapat dengan praktek pada lapangan. Pada pengujian fungsional, pengujian dilakukan dengan cara merangkai seluruh rangkaian yang telah dibuat dan menguji coba seluruh sistem kerja yang telah ditetapkan. Apabila ditemukan kesalahan dalam validasi ini dapat dilakukan koreksi sepanjang tidak mengubah kerangka dasar sistem seperti yang tertulis dalam tujuan dan analisis kebutuhan.

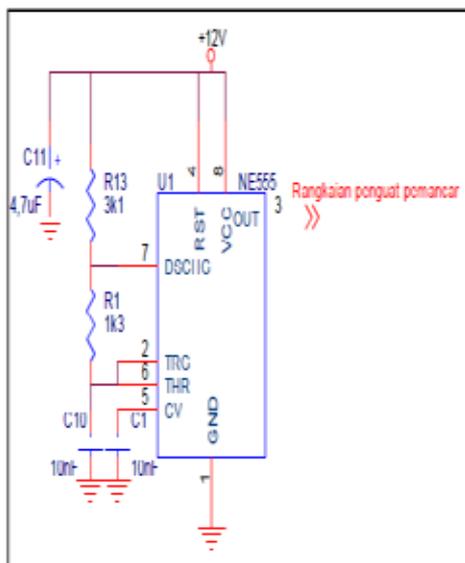
Perangkat keras atau lebih sering disebut dengan "*Hardware*" merupakan salah satu komponen dan bahan yang digunakan dalam merancang sebuah alat. Berikut perangkat keras yang digunakan untuk membuat suatu alat, diantaranya sebagai berikut :

Rangkaian pemancar ultrasonik merupakan rangkaian yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi untuk pengaktifan transduser transmitter ultrasonik. Pada rangkaian pemancar ultrasonik terdiri dari dua rangkaian inti yaitu : rangkaian pembangkit pulsa dan rangkaian penguat pemancar ultrasonik.

Rangkaian pembangkit pulsa dibangun dengan menggunakan IC NE555 dirangkai menjadi rangkaian multivibrator astabil. Dimana rangkaian multivibrator astabil dengan multivibrator monostabil sama tetapi perbedaannya pada penambahan resistor diantara kaki 6 dan 7. Didalam multivibrator astabil kaki *trigger* (pin 2) dan kaki *threshold* (pin 6) dihubungkan menjadi satu agar dapat terpicu secara terus menerus. Ketika *timer output* berlogika *high*, pada internal transistor *discharging* akan terputus (*cut off*) dan tegangan pada kapasitor C10 akan meningkat secara linier. Ketika tegangan C10 atau tegangan pada kaki 6 mendekati 32.Vcc , maka keluaran pembanding pada kaki *trigger* menjadi *high*, dan menyebabkan kaki keluaran menjadi *low* hingga menyebabkan

internal transistor *discharging* tersaturasi muatannya hingga saluran pada Rb terputus dan memutuskan transistor internal. Ketika tegangan pada kapasitor C10 jauh dibawah 3 Vcc , keluaran pembanding pada kaki *trigger* menjadi *high* dan keluaran pada kaki *output* akan

dan kapasitor C10 akan membebaskan menjadi tinggi pula dan internal transistor *discharging* akan mengalami *cut off* serta tegangan pada kapasitor C10 akan naik. Pada proses ini, saat keluaran *timer* dikatakan tinggi pada saat tegangan pada kapasitor C10 dari 3 Vcc sampai 3 2.Vcc , dan keluaran *timer* dikatakan rendah pada saat tegangan pada kapasitor C10 dari 3 2.Vcc sampai 3 Vcc . Rangkaian pembangkit pulsa dapat dilihat pada Gambar dibawah ini. Pada validasi sistem dilakukan pengecekan operasional kerja alat secara keseluruhan. Validasi ini dilakukan untuk membuktikan bahwa semua komponen telah sesuai dengan yang diharapkan. Hasil validasi fungsi sistem perbagian pada alat otomatisasi kran wastafel dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 3. Rangkaian Pembangkit Pulsa

Setelah sistem dinyatakan lulus uji alat selanjutnya dilakukan implementasi. Implementasi alat dilakukan pada mekanik yang berdimensi 60Cm x 25Cm x 75Cm. Pengujian hasil pengendalian dilakukan terhadap 2 parameter, yaitu pengujian alat serta pengujian fungsional.

Tabel 2. Hasil Validasi Terhadap Fungsi Bagian-bagian Sistem

No.	Kerja Alat	Kondisi	Diskripsi Kerja	Status
1	Sensor Tranduser Ultrasonik	Terpotong	Mendeteksi adanya tangan pada wastafel/kran	OK
		Tidak Terpotong	Mendeteksi adanya tangan pada wastafel/kran	OK
2	Pembangkit Pulsa	Alat di ON kan	Menghasilkan frekuensi ± 40 Khz	OK
3	Penerima Ultrasonik	Ada sinyal masuk	Merespon dengan menonaktifkan motor pompa	OK
		Tidak ada sinyal masuk	Merespon dengan menonaktifkan motor pompa	OK

Pengujian Rangkaian Catu Daya. Bagian catu daya terdiri dari transformator (*step down*) dioda, regulator dan kapasitor. Berikut ini hasil pengukuran yang dilakukan pada beberapa bagian dari catudaya. Pengukuran dilakukan untuk mengamati fluktuasi tegangan terhadap

beban. Dari hasil pengukuran tegangan keluaran transformator terjadi

penurunan tegangan saat ada beban, hal ini dikarenakan beban (RL) sangat mempengaruhi besarnya tegangan dan arus yang mengalir kerangkaian.

Pengujian rangkaian pemancar Hal ini digunakan untuk mengetahui ketepaann rangkaian dalam membangkitkan pulsa yang dibutuhkan untuk aktifasi tranduser ultrasonik. Dalam pengujian rangkaian pemancar ada dua para-

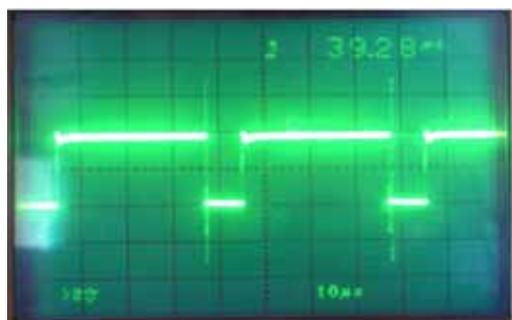
meter rangkaian yang akan diuji atau diukur, yaitu pengujian rangkaian pembangkit pulsa dan pengujian rangkaian penguat pemancar ultrasonik.

Pengujian rangkaian pembangkit pulsa Pengujian rangkaian pembangkit pulsa dilakukan untuk mengetahui ketepatan alat dalam membangkitkan frekuensi kerja transduser ultrasonik. Hasil pengamatan frekuensi pada rangkaian pembangkit pulsa dapat dilihat pada Gambar 3. Dari hasil perbandingan antara pengukuran secara teori dengan pengukuran secara langsung error yang didapat sebesar 0,77%. Error yang didapat ini di hasilkan oleh besarnya hambatan jenis pada tembaga dan pada resistor memiliki toleransi sebesar 1%.

Pengujian rangkaian penguat pemancar ultrasonik dilakukan untuk mengetahui bentuk gelombang dan system kerja penguat pemancar ultrasonik. Hasil pengamatan frekuensi pada rangkaian penguat pemancar ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

Tabel 3. Fluktuasi Tegangan *input* / *output* Trafo

Jenis Pengukuran	Vin Trafo (Volt AC)	V out Trafo (Vot AC)
Tanpa beban	205	13,2
Beban	205	12,6



Dari hasil perbandingan antara pengukuran secara teori dengan pengukuran secara langsung error yang didapat sebesar 0,77%. Error yang didapat ini di hasilkan oleh besarnya hambatan jenis pada tembaga dan pada resistor memiliki toleransi sebesar 1%.

Tabel 4. Fluktuasi Tegangan Rangkaian Catu Daya

V in diode bridge (Volt AC)	V out diode bridge (Volt)	V out Regulator 7812 (Volt)	V out Regulator 7805 (Volt)
12,6	13,6	12,1	4,99



Gambar 5.a Bentuk Gelombang Keluaran Penguat Pemancar Pada Kaki 10 dan 12



Gambar 5.b Bentuk Gelombang Keluaran Penguat Pemancar Pada Kaki 2 dan 6

Dari hasil pengamatan, gelombang yang dihasilkan oleh penguat pemancar diperbesar tenaga transmisi karena pada tegangan positif dan tegangan negatif berputar balik sebesar 1800.

Pengujian Rangkaian Penerima Prima digunakan untuk memproses hasil pancaran menjadi proses penyaklaran untuk pengaktifan pompa. Dalam pengujian rangkaian penerima ada dua parameter rangkaian yang akan diamati, yaitu rangkaian penguat awal, rangkaian detektor tegangan puncak ke puncak dan rangkaian pembanding. Pengujian rangkaian penguat awal dilakukan untuk

mengetahui proses penguatan dan pembentukan gelombang kotak untuk diproses menjadi pengendalian. Hasil pengamatan rangkaian penguat awal dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk Gelombang Keluaran dari Rangkaian Penguat Awal

Dari hasil perhitungan frekuensi, tidak ada tangan yang memotong gelombang ultrasonik maka frekuensi keluaran rangkaian akan sama seperti frekuensi kebutuhan transduser ultrasonik  $\pm 45\text{kHz}$  dan saat ada tangan yang memotong gelombang ultrasonik maka frekuensi keluaran rangkaian akan lebih besar karena terdapat kapasitor kopling pada kaki emitor transistor Q1.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Rangkaian Penguat Awal

No.	Kondisi	Output (volt)
1	Tidak Ada tangan	1,27
2	Ada tangan	0,93

Hasil pengukuran pada keluaran rangkaian penguat awal, didapat perubahan tegangan sangat mencolok. Dimana tegangan keluaran dari rangkaian ini membentuk tegangan logika.

Pengujian rangkaian detektor tegangan puncak ke puncak-kepuncak dilakukan untuk mengetahui perubahan gelombang dan perubahan tegangan setelah melewati rangkaian detektor ini. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari bentuk gelombang dapat dilihat gelombang keluaran sudah berupa gelombang tegangan DC, karena pada rangkaian ini gelombang kotak ataupun gelombang sinus akan diambil gelombang puncaknya saja sehingga dapat

diproses sebagai tegangan pengendalian.



Gambar 7. Bentuk Gelombang Keluaran Rangkaian Detektor Puncak ke Puncak

## KESIMPULAN

Setelah melakukan pengamatan dan memahami dalam penelitian "Sistem Aplikasi Kran Otomatis Untuk Penghematan Air Berbasis Mikrokontroler AT Mega 16" dari hasil uji coba didapat kesimpulan sebagai berikut:

Transduser ultrasonik dapat mendeteksi ada tidaknya tangan didekat kran sehingga sistem ini dapat bekerja dengan baik.

Jarak efektif antara sensor pemancar dan penerima sebesar  $\pm 30\text{ Cm}$ .

Frekuensi kerja transduser ultrasonik sebesar  $\pm 40\text{kHz}$ .

Banyaknya air yang dipakai untuk mencuci tangan dari hasil pengujian fungsional sebesar 509 liter/jam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ibrahim, K,F, 1995, *Teknik Digital*, Penerbit Andy Offset. Yogyakarta
- Pakpahan.S, 1985, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Erlangga, Jakarta Pusat Prihono, *Jago Elektronika secara Otodidak*, Jakarta Kawan Pustaka.
- Barry G. Woollard, 1993, *Elektronika Praktis*, Terjemahan PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Budiharto, Widodo, 2008, *Panduan Praktikum Mikrokontrol AVR ATmega16*. Penerbit Elek Media komputindo, Jakarta
- Ibrahim, K,F, 1995, *Teknik Digital*, Penerbit Andy Offset. Yogyakarta
- Malvino P.A., Leach P.A., Wijaya I. 1994, *"Prinsip-Prinsip dan Penerapan*

*Digital* ", Penerbit Erlangga, Jakarta.

Pakpahan.S, 1985, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, Erlangga, Jakarta Pusat

## **PENERAPAN METODE *CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT* UNTUK PERENCANAAN PROYEK *VERY LOW PRESSURE PHASE-II* KEI Ltd**

Siti Rohana Nasution<sup>1</sup>, Resthy<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pancasila, Jakarta 12640

Masuk: 2 Nopember 2013, revisi masuk: 21 Januari 2014, diterima: 5 Februari 2014

### **ABSTRACT**

*This research is do to make Very Low Pressure Phase-II Project which be expected to not like the last project which have not appropriate between plan and implementation. It is because the increase of activity which is not planned before and student's syndrome behavior. Student's syndrome like spin out time is occur because the safety time in every activity and when a project have a problem, with the result that the estimation time and cost is bigger. Therefore, it be made a plan with applied Critical Chain Project Management method. From primer data and secondary data be treated with microsoft project software. This method is to hide safety time in every activity and change with buffer time. Increase buffer time with using cut and paste method is add project buffer half of critical chain duration at the end of chain and put feeding buffer with half activity to activity at not critical chain which bring it to critical chain. The result of research is when a project is already start and no changes, so the project can finish during 370 day with cost 3,558,232.73 USD. When the project is not appropriate, then buffer time can be consumed about 185 day with resource buffer cost about 334,767.27 USD and total of finished project is 555 day, a safety time for Very Low Pressure Phase-II project.*

**Keywords:** *Critical Chain Project Management, Project Buffer, Buffer Time, Feeding Buffer*

### **INTISARI**

Penelitian ini dilakukan untuk membuat perencanaan proyek Very Low Pressure Phase-II yang diharapkan tidak seperti proyek sebelumnya, dimana terjadi ketidaksesuaian antara perencanaan dengan pelaksanaannya. Hal ini dikarenakan penambahan aktivitas yang tidak direncanakan sebelumnya dan perilaku student's syndrome. Student's syndrome berupa penguluran waktu mulai karena adanya waktu aman (safety time) disetiap aktivitas dan saat proyek berjalan ditemukan masalah, maka estimasi waktu dan biaya membesar. Oleh karena itu dibuat suatu perencanaan dengan menerapkan metode Critical Chain Project Management. Dari data primer dan data sekunder diolah dengan software microsoft project. Metode ini menghilangkan safety time disetiap aktivitas dan menggantinya dengan waktu penyangga (buffer time). Penambahan buffer time dengan menggunakan metode cut and paste yaitu menambahkan project buffer separuh durasi rantai kritis (critical chain) pada akhir rantai dan meletakkan feeding buffer dengan separuh durasi aktivitas ke aktivitas pada rantai tidak kritis (non critical chain) yang membawa kepada rantai kritis (critical chain). Hasil dari penelitian bahwa apabila saat proyek berjalan tidak terdapat perubahan-perubahan maka proyek dapat diselesaikan selama 370 hari dengan biaya 3,558,232.73 USD. Apabila terjadi ketidaksesuaian, maka buffer time dapat dikonsumsi sebesar 185 hari dengan biaya resource buffer sebesar 334,767.27 USD dan total penyelesaian proyek selama 555 hari, waktu aman untuk proyek Very Low Pressure Phase-II ini.

**Kata Kunci:** *Critical Chain Project Management, Project Buffer, Buffer Time, Feeding Buffer*

---

<sup>1</sup> [nasutionana@yahoo.co.id](mailto:nasutionana@yahoo.co.id)

## PENDAHULUAN

Menurut Budi Santoso, 2009 perlunya fungsi perencanaan adalah untuk menghilangkan atau mengurangi ketidak-pastian, yaitu dengan perencanaan yang baik, apa yang dikerjakan, waktu pengerjaan, sumber daya apa saja yang diperlukan, serta target dari setiap aktivitas yang dilakukan akan menjadi lebih jelas dan lebih pasti. Memperbaiki efisiensi operasi, yaitu dengan perencanaan yang baik tentu saja akan membuat pelaksanaan proyek akan semakin efisien. Karena langkah coba-coba pada saat menjalankan proyek akan menghabiskan biaya lebih besar. Mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang tujuan proyek, yaitu dalam membuat aktivitas-aktivitas yang dikerjakan disuatu proyek maka pemahaman untuk mencapai tujuan proyek dapat mudah dipahami, untuk memberikan dasar pada tahap monitoring saat proyek dijalankan, yaitu tanpa acuan yang jelas tidak mungkin dilakukan kegiatan monitoring yang baik, sehingga biaya yang dikeluarkan akan lebih besar.

KEI Ltd. adalah salah satu Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) dalam negeri yang memproduksi minyak bumi dan gas alam. Kondisi yang terjadi saat ini, penjualan gas menurun seiring dengan penurunan produksi gas dan tekanannya dari sumur. Hal ini menunjukkan umur hidup lapangan operasi Pulau Pagerungan dalam kondisi kritis. Umur lapangan operasi diperkirakan akan berakhir bersamaan dengan berakhirnya umur pakai dari fasilitas (*inlet compressor*) di Pulau Pagerungan. Oleh karena itu, perusahaan berusaha untuk mengoptimalkan hasil produksi yang ada di Pulau Pagerungan dengan merencanakan suatu proyek lanjutan yaitu *Very Low Pressure Phase-II*. Proyek yang merubah dan mengkonfigurasi ulang *inlet compressor* dengan tekanan hisap dan bahan bakar gas yang lebih rendah untuk meningkatkan pemulihan

gas serta meminimalkan konsumsi bahan bakar gas sehingga menghasilkan *saving fuel*. Adanya *saving fuel* sebesar  $\pm 2.4$  MMSCFD membuat *stakeholder* berharap agar proyek dapat selesai dilaksanakan sebelum berakhirnya umur hidup lapangan gas Pulau Pagerungan.

Dengan adanya keterbatasan waktu dan sumber daya, perusahaan berharap proyek *Very Low Pressure Phase-II* ini berjalan dengan baik dan tidak mengalami keterlambatan seperti proyek *Very Low Pressure* sebelumnya. Terjadi ketidaksesuaian antara rencana awal dengan realisasi yang ada disebabkan karena kurangnya perencanaan, jadwal proyek dibuat tanpa mempertimbangkan jika terjadi suatu kejadian yang tidak diinginkan sehingga mempengaruhi jadwal aktivitas lainnya dan penambahan waktu pengaman (*safety time*) yang berlebihan pada setiap aktivitas akan menimbulkan *student's syndrome* yaitu memulai aktivitas dime-nit-menit terakhir, sehingga panjangnya waktu yang diberikan tidak cukup untuk menyelesaikan tugas-tugas tersebut.

Bidang manajemen proyek saat ini berkembang suatu metode penjadwalan yang digunakan dalam menangani ketidakpastian (*uncertainty*) dan dampak negatif terhadap penyelesaian proyek. Metode ini dikenal dengan metode *Critical Chain Project Management* menurut Goldratt, 1997 Eliyahu M. dalam bukunya *Critical Chain*, Pada metode *Critical Chain Project Management* ini penambahan waktu aman (*safety time*) yang biasanya diletakkan pada setiap aktivitas akan dihilangkan dan digantikan dengan waktu penyangga (*buffer time*) yang diletakkan diakhir *critical chain* sebagai cadangan waktu pada keseluruhan proyek. Apabila hal-hal yang tidak pasti (*uncertainty*) terjadi saat pelaksanaan proyek, maka dapat diantisipasi dengan adanya waktu penyangga (*buffer time*) sehingga terhindar dari keterlambatan. Sesuai dengan penelitian pendahulu yang dilakukan oleh Ilham Hariadi tahun 2013 pada proyek konstruksi apartemen Tamansari Panoramic Bandung dapat dilakukan pengurangan keterlambatan

dengan penerapan *Critical Chain Project Management* sehingga dapat menghilangkan *multi-tasking*, menghilangkan durasi peng-aman pada masing-masing aktivitas untuk menghindari *student syndrome* dan *parkinson's law* kemudian digantikan dengan *buffer* pada akhir proyek, juga didapatkan hasil analisis *progress* dengan ditunjukkan oleh penetrasi *buffer*.

Keterlambatan disebabkan faktor internal seperti kekurangan tenaga kerja, kekurangan peralatan, kerusakan peralatan, keterlambatan material, keterlambatan suatu kegiatan menyebabkan keterlambatan kegiatan selanjutnya, dan hal lainnya yang bersifat internal. Agar keterlambatan dapat dihindari maka ketidakpastian akibat keterbatasan sumber daya, keterbatasan waktu, kerusakan mesin, keterlambatan material, dan lain-lain faktor sejenia harus dikelola dengan baik. *Critical chain project management* (CCPM) adalah metode penjadwalan dan pengendalian proyek yang dikembangkan dari sebuah metodologi yang disebut *Theory of Constraint* (TOC), ccpm didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian yang saling berkaitan dimana keterkaitan satu dengan yang lain tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan. Persyaratan ccpm ini adalah tidak adanya multitasking, menghilangkan hidden safety dan memindahkannya dalam bentuk *buffer* dibelakang kegiatan proyek dan menitik beratkan pada jadwal akhir selesainya proyek. Penelitian ini dilakukan oleh Rizki Nurannisa Heryanti tahun 2012.

Dalam pengendalian proyek telah dikembangkan metodologi *Theory of constrain* (Goldratt, Eliyahu M) dimana dalam penyelesaian permasalahan dikembangkan penjadwalan dengan CCPM dengan mengkaitkan hubungan antar pekerjaan, kendala sumber daya, waktu safety sehingga didapatkan optimalisasi jadwal dengan menghilangkan waktu tunggu dan pengendalian waktu pengaman pada setiap pekerjaan dengan *feeding buffer* dan *project buffer* penelitian ini dilakukan oleh Dita Mardillah tahun 2013 Oleh karena itu, penulis membuat perencanaan proyek *Very Low*

*Pressure Phase-II* dengan menggunakan metode *Critical Chain Project Management*.

## METODE

Data primer dan data sekunder yang didapatkan sebelumnya disusun dengan metode *Critical Chain Project Management* dan diolah menggunakan *software microsoft project*. Tahap pengolahan data yang dilakukan pertama kali dalam menyusun perencanaan adalah dengan menyusun *Work Breakdown Structure* (Iman Soeharto, 2011) dari lingkup pekerjaan proyek untuk memberikan gambaran proyek secara keseluruhan. Setelah itu membuat metode jaringan kerja (*network planning*) berupa hubungan aktivitas, aktivitas mana yang terdahulu (*predecessor*) dan aktivitas mana yang mendahului (*successor*), menentukan durasi dan kebutuhan sumber daya (tenaga kerja langsung dan material). Dalam pembuatan jadwal perencanaan proyek dengan metode *Critical Chain Project Management* adalah dengan menghilangkan waktu aman (*safety time*) disetiap aktivitas dengan menghilangkan kebiasaan *student syndrome*, *parkinson's law* dan tidak diperkenankan melakukan pekerjaan tumpang tindih (*multi-tasking*).

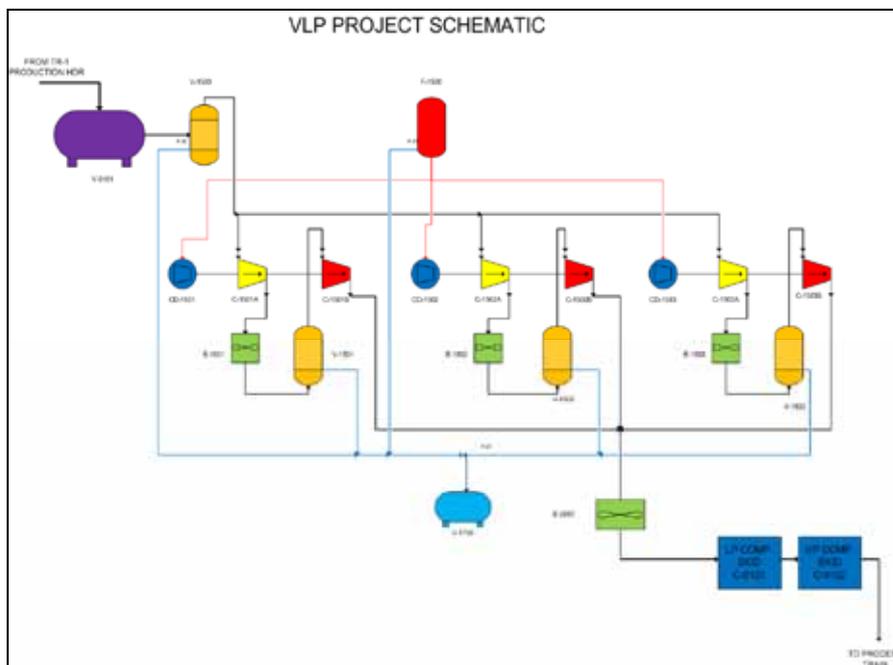
Dengan metode *Critical Chain Project Management*, *safety time* yang dihilangkan disetiap pekerjaan digantikan dengan menggunakan *project buffer*. Besarnya *project buffer* dan *feeding buffer* dihitung dengan menggunakan metode *cut and paste*, pada dasarnya metode ini memotong 50% dari durasi untuk semua aktivitas. Untuk meletakkan *project buffer* adalah dengan separuh durasi rantai kritis (*critical chain*) pada akhir rantai, seperti halnya untuk meletakkan *feeding buffer* adalah dengan separuh durasi aktivitas ke aktivitas pada rantai tidak kritis (*non critical chain*) yang membawa kepada rantai kritis (*critical chain*) atau dengan rumus: (*PMBOK@ Guide*) yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Project buffer} &= \sum_{\text{rantai kritis}} X \times 50\% \\ \text{Feeding buffer} &= \sum_{\text{durasi}} (X_A + X_B + X_C) \times 50\% \end{aligned}$$

Setelah pengolahan data selesai, didapatkan analisis *buffer* dan analisis biaya pada perencanaan proyek *Very Low Pressure Phase-II* ini. Pengumpulan Data, dengan mengganti, memodifikasi dan mengkonfigurasi ulang *inlet compressor* yang ada maka tujuan dari proyek *Very Low Pressure Phase-II* adalah meningkatkan pemulihan gas serta meminimalkan konsumsi bahan bakar (*saving fuel*) sehingga dapat meningkatkan produksi gas yang dihasilkan dari Pulau Pangerungan. Proyek *Very Low Pressure Phase-II* ini direncanakan akan dimulai pada bulan Juni 2014 dan selesai pada Januari 2016. Jumlah nilai estimasi untuk menyelesaikan proyek *Very Low Pressure Phase-II*

sebesar 3,893,000 USD. Nilai ini merupakan nilai acuan yang dimasukkan ke dalam proposal untuk diajukan kepada *stakeholder*.

Gambaran Umum *Very Low Pressure*, pada awalnya *Inlet Compressor* di Pulau Pangerungan menggunakan empat buah kompresor besar yang memiliki sistem konfigurasi berupa *High Pressure, Medium Pressure, Low Pressure, Low Pressure* (HP-MP-LP-LP). Karena tekanan dari sumur mulai menurun, maka proyek VLP ini merubah sistem konfigurasi kompresor menjadi *High Pressure* (C-9109), *Low Pressure* (C-9102) dan *Very Low Pressure* (C-1501, C-1502, C-1503), seperti Gambar 1.

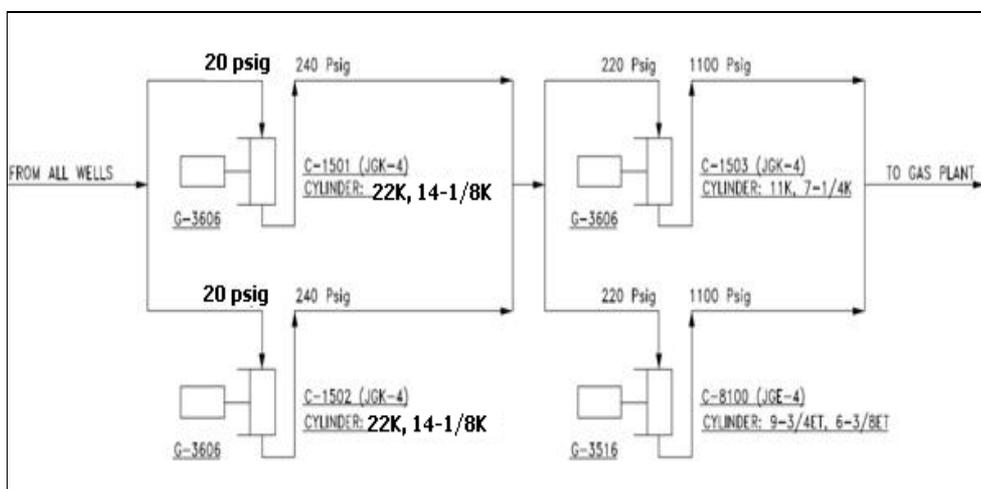


Gambar 1. Konfigurasi Kompresor pada *Very Low Pressure Phase-I*

Dengan kondisi lapangan operasi Pulau Pangerungan yang semakin kritis dan umur pakai fasilitas yang terbatas, maka akan dilaksanakannya proyek *Very Low Pressure Phase-II* untuk mengoptimalkan kondisi tersebut. Proyek ini disebut Phase-II dikarenakan struktur organisasi serta sumber daya (tenaga kerja langsung) sama seperti proyek sebelumnya.

Sehingga untuk melaksanakan proyek yang ada dilapangan diperlukan

suatu fasilitas yang memadai. Sedangkan pada *Very Low Pressure Phase-II* ini digunakan dua buah kompresor besar yaitu C-9101 dan C-9102 (*Low Pressure* dan *High Pressure*) diganti menjadi satu buah kompresor (*existing compressor*) C-8100 yang dikonfigurasi dengan C-1503 menjadi *High Pressure*. Sehingga konfigurasi yang akan terjadi pada *Inlet Compressor* yaitu *High Pressure* dan *Low Pressure* (C-1501 dan C-1502), terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi Kompresor pada VLP Phase-II

Dengan pergantian kompresor tersebut, maka konsumsi bahan bakar dari *engine* berkurang atau dengan kata lain terdapat *saving fuel* yang dapat meningkatkan produksi gas sebesar 2.4 MMSCFD. Lingkup Pekerjaan Proyek, pada proyek *Very Low Pressure Phase-II* terdiri dari lima pekerjaan inti yaitu

*engineering, procurement, field construction, precommissioning* dan *start up & commissioning*. Keseluruhan lingkup pekerjaan merupakan input dalam penjadwalan dengan metode *Critical Chain Management Project* dan dibuat *Work Breakdown Structure*

Tabel 1.. Tenaga Kerja Internal dari Proyek *Very Low Pressure*

No.	Resource	Type	No.	Resource	Type
1	Project Manager	Work	22	Welder Piping	Work
2	Field Operation Manager	Work	23	Welder Structure	Work
3	Project Leader	Work	24	Labour	Work
4	Project Engineer	Work	25	Compressor Cylinder	Material
5	Civil Engineer	Work	26	Compresso Part and accessories	Material
6	Process Engineer	Work	27	Control Valve 6" - 4"	Material
7	Static Engineer	Work	28	ROV 10"	Material
8	Rotating Engineer	Work	29	PSV 3" #900	Material
9	Sr.QA/QC Engineer	Work	30	Pressure switch,	Material
10	Electrical Engineer	Work	31	Level switch	Material
11	Instrument Engineer	Work	32	Pressure Transmitter,	Material
12	Scheduler&Project Control	Work	33	Pressure gauge	Material
13	Field Coordinator	Work	34	Power and Instrument Cable	Material
14	Start Up &	Work	35	Cable Tray and	Material

No.	Resource	Type	No.	Resource	Type
	<i>Commissioning Coordinator</i>			<i>accessories</i>	
15	<i>Doc.Control&amp;Project Admin</i>	Work	36	<i>Power and Instrument Cable</i>	Material
16	<i>Piping Designer</i>	Work	37	<i>Pipe 10" sch 80</i>	Material
17	<i>Drafter</i>	Work	38	<i>Elbow and Flanges</i>	Material
18	<i>Craftsman</i>	Work	39	<i>Small pipe fittings</i>	Material
19	<i>Pipe Fitter</i>	Work	40	<i>Reducer</i>	Material
20	<i>Helper daily worker</i>	Work	41	<i>Consumable Material</i>	Material
21	<i>Precommisioning inspector</i>	Work			

Tabel 2. Biaya Upah Tenaga Kerja Bulanan

Tenaga Kerja	Jumlah	Biaya Tenaga Kerja
<i>E/I Construction</i>	8	Rp. 15,000,000/orang/bulan
<i>Craftsman</i>	12	Rp. 13,000,000/orang/bulan
<i>Pipe Fitter</i>	14	Rp. 13,000,000/orang/bulan
<i>Helper daily worker</i>	40	Rp. 4,000,000/orang/bulan
<i>Precommisioning inspector</i>	6	Rp. 25,000,000/orang/bulan
<i>Welder Piping</i>	4	Rp. 8,000,000/orang/bulan
<i>Welder Structure</i>	4	Rp. 8,000,000/orang/bulan
<i>Labour</i>	12	Rp. 12,000,000/orang/bulan

Tabel 3. Biaya Upah Tenaga Kerja Harian

Tenaga Kerja	Jumlah	Biaya Tenaga Kerja
<i>QA/QC Inspector (PT. Indospect)</i>	8	\$ 70/orang/hari
<i>Craftsman (PT. Trakindo)</i>	5	\$ 50/orang/hari
<i>Craftsman (PT. Ariel Compressor)</i>	9	\$ 40/orang/hari
<i>Craftsman (PT. Arezda)</i>	2	\$ 45/orang/hari
<i>Hydrotest (PT. Bonne Indoteknik)</i>	6	\$ 120/orang/hari

## PEMBAHASAN

Dalam menentukan durasi dan hubungan pekerjaan, penulis membuat berdasarkan faktor-faktor berikut ini:

Estimasi proyek sesuai dengan proyek sebelumnya (*Very Low Pressure*).

Menghilangkan *safety time* berupa waktu pengaman disetiap kegiatan, kecuali pada tahap *procurement* durasi tidak menggunakan *safety time* dari waktu pengadaan.

Menghilangkan kebiasaan *student's syndrome* dan *parkinson's law*.

Menghindari *multitasking* atau kegiatan yang tumpang tindih, sehingga

hubungan kegiatan sebagian besar berupa *finish to start*.

Jaringan Kritis (*critical chain*), Dapat dilihat bahwa kegiatan yang berada pada rantai kritis (*critical chain*) memiliki jumlah waktu pelaksanaan keseluruhan selama 370 hari yang berada dalam rentang waktu tanggal 01 Juni 2014 sampai dengan 05 Juni 2015, seperti gambar pada lampiran 3 (*network planning*) dan lampiran 5 (*ganttt chart*). Didapatkan 22 aktivitas yang berada didalam jalur kritis, aktivitas-aktivitas tersebut adalah sebagai berikut ini:

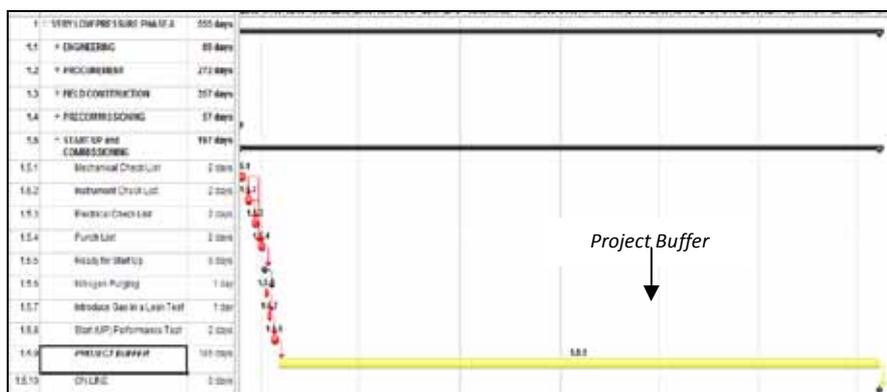
Tabel 4. Kegiatan pada Rantai Kritis (*Critical Chain*)

WBS No.	Task	Duration
<u>Tahap Engineering</u>		
1.1.1	<i>Basic Design and Survey</i>	2 wks
1.1.2	<i>Study reports and recommendation</i>	2 wks
1.1.3.1.1	<i>P&amp;ID on Skid</i>	1.5 wks
1.1.4.1.2	<i>P&amp;ID Off Skid</i>	1.5 wks
1.1.4.3.2	<i>Stress Analysis</i>	15 days
1.1.4.3.3	<i>MTO</i>	1 wk
<u>Tahap Procurement</u>		
1.2.6	<i>Piping &amp; fittings</i>	6 wks
<u>Tahap Field Construction</u>		
1.3.3.2.2	<i>Cutting &amp; Fitt Up</i>	8 wks
1.3.3.2.3	<i>Sand Blasting</i>	5 wks
1.3.3.2.4	<i>Welding</i>	8 wks
1.3.3.2.5	<i>Installation</i>	8 wks
1.4.2.1	<i>Hydrotest</i>	4 wks
1.4.2.2	<i>Flushing &amp; Dewatering</i>	2 wks
<u>Tahap Start Up and Commissioning</u>		
1.5.1	<i>Mechanical Check List</i>	2 days
1.5.2	<i>Instrument Check List</i>	2 days
1.5.3	<i>Electrical Check List</i>	2 days
1.5.4	<i>Punch List</i>	2 days
1.5.5	<i>Ready for Start Up</i>	0 days
1.5.6	<i>Nitrogen Purging</i>	1 day
1.5.7	<i>Introduce Gas in a Leak Test</i>	1 day
1.5.8	<i>Start (UP) Performance Test</i>	2 days
1.5.9	<i>ON LINE</i>	0 days
<b>Total Duration</b>		<b>370 days</b>

Sumber : Data olahan *microsoft project*

*Project Buffer*, besarnya *project buffer* dihitung dengan menggunakan metode *cut and paste* yaitu 50% dari waktu keseluruhan pelaksanaan proyek pada pekerjaan yang berada pada rantai kritis (rumus 2.1). Sehingga dari durasi rantai kritis selama 370 hari, maka didapatkan *project buffer* sebesar:  
 $Project\ buffer = \sum_{rantai\ kritis} \times 50\% = 370\ hari \times 50\% = 185\ hari$   
*Feeding Buffer*, besarnya *feeding buffer* sama dengan perhitungan *project buffer*

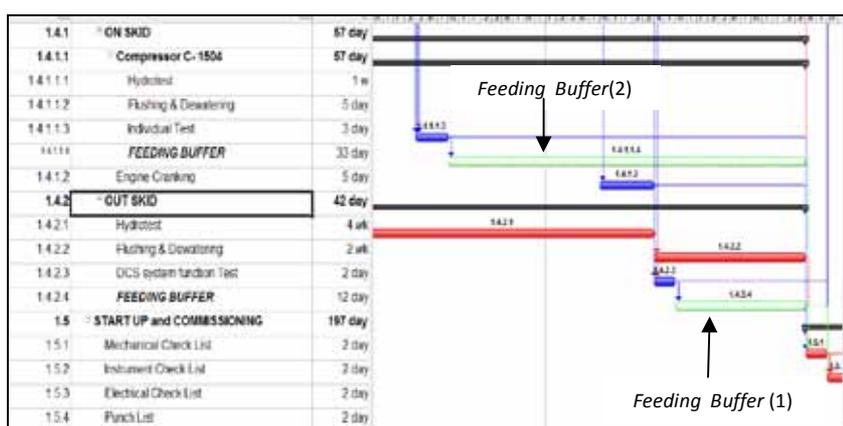
yaitu besarnya 50% dari waktu keseluruhan dari rantai non kritis (rumus 2.2):  
 $Feeding\ buffer(1) = \sum_{durasi} (DCS\ system\ function\ test + engine\ cranking + install\ component\ process + assembly\ component\ process + remove\ component\ process) \times 50\%$   
 $= \sum_{durasi} (2\ hari + 5\ hari + 3\ hari + 6\ hari + 7\ hari) \times 50\%$   
 $= 23\ hari \times 50\%$   
 $= 12\ hari$  (dengan durasi tidak berubah = 555 hari)



Gambar 3. Diagram Batang *Critical Chain* dengan *Project Buffer*

$$\begin{aligned} \text{Feeding buffer(2)} &= \sum \text{durasi (individual test+} \\ &\text{control panel+instrumentation ON SKID +} \\ &\text{piping ON SKID+ refurbishment+} \\ &\text{foundation support+ dismantling)} \times 50\% \\ &= \sum \text{durasi (3 hari +1 minggu+2 minggu+ 1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{minggu +3 minggu+ 1 minggu + 1} \\ &\text{minggu)} \times 50\% = 66 \text{ hari} \times 50\% \\ &= 33 \text{ hari (dengan durasi tidak berubah =} \\ &555 \text{ hari)} \end{aligned}$$



Gambar 4. *Critical Chain* dengan Dua *Feeding Buffer*

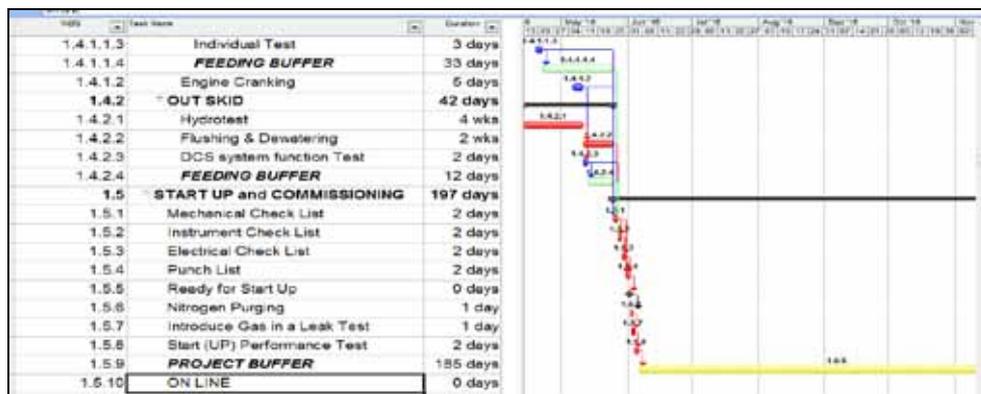
Analisa Biaya Proyek, pertimbangan biaya dan waktu pelaksanaan merupakan suatu yang terpenting dalam pelaksanaan konstruksi agar dalam mengestimasi biaya proyek menjadi efisien. Berikut ini hasil perhitungan dari biaya keseluruhan proyek *Very Low Pressure Phase-II* beserta biaya pada setiap aktivitas.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya proyek} &= \sum \text{tenaga kerja langsung} + \\ &\sum \text{material} + \sum \text{service} \\ &= \$ 688,192.73 + \$ 2,365,040 + \$ \\ &505,000 \\ &= \$ 3,558,232.73 \end{aligned}$$

Analisa *Buffer*, dari biaya yang diajukan diproposal sebesar 3,893,000 dikurangi dengan total biaya proyek *Very Low Pressure Phase-II* (sebelum *buffer*) merupakan nilai *resource buffer*.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya resource buffer} &= \sum \text{biaya} \\ &\text{proyek (proposal)} - \sum \text{biaya proyek (370 hari)} \\ &= \$ 3,893,000 - \$ 3,558,232.73 \\ &= \$ 334,767.27 \end{aligned}$$

Jika *buffer time* digunakan, maka adanya penambahan tenaga kerja dimana jumlahnya tidak dapat ditentukan pada saat perencanaan.



Gambar 5. Metode Critical Chain Project Management

## KESIMPULAN

Dari pengolahan data dan analisis yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa perencanaan proyek *Very Low Pressure Phase-II* menggunakan metode *Critical Chain Project Management* dilakukan dengan menghilangkan kebiasaan *student's syndrome*, *parkinson's law*, *multi-tasking* serta menghilangkan *safety time* di setiap aktivitasnya dan menggantinya dengan waktu penyangga (*buffer time*) di akhir proyek. Pada proyek ini didapatkan tiga *buffer time*, yaitu:

*Feeding buffer* pada pekerjaan *DCS system function test* adalah sebesar 12 hari.

*Feeding buffer* pada pekerjaan *C-1504 individual test* adalah sebesar 33 hari.

*Project buffer* pada keseluruhan proyek adalah sebesar 185 hari.

Apabila dari ketiga *buffer time* tidak terpakai dalam proyek maka durasi yang dihabiskan selama 370 hari dengan biaya proyek sebesar 3,558,232.73 USD.

Namun apabila suatu aktivitas mengalami suatu hal yang tidak terduga tim proyek tidak perlu khawatir karena adanya waktu penyangga tersebut. Estimasi durasi penyelesaian proyek apabila waktu penyangga atau *buffer time* seluruhnya terkonsumsi adalah sebesar 555 hari atau 1 tahun 6 bulan, dengan biaya *resource buffer* sebesar 334,767.27 USD. Perencanaan waktu (lampiran 6) dan perencanaan biaya yang sesuai untuk proyek ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budi Santosa, 2009 *Manajemen Proyek Konsep dan Implementasi*, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Goldratt, Eliyahu M. 1997 *Critical Chain Method*, North River Press, Great Barrington, MA.
- Ilham Hariadi 2013 Analisis Penjadwalan Proyek Apartemen Tamansari Panoramic Bandung Dengan Menggunakan Metode Critical Chain Project Management Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
- Iman Soeharto, *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 2001
- Rizky Nurannisa Heryati 2012 Analisis Penerapan Critical Chain Project Management Pada Proyek Pembangunan Rusunawa Kediri Skripsi Universitas Gajag Mada
- \_\_\_\_\_ *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PM-BOK@ Guide)*, 5th edn, Project Management Institute, 2013
- \_\_\_\_\_ *Microsoft Project 2007 untuk Pemula*, Edisi Pertama, Andi dan Madcoms, Yogyakarta, 2008
- \_\_\_\_\_ *Pengelolaan Proyek dengan Micro-soft Project 2003*, Edisi Pertama, Salemba Infotek, Jakarta, 2005