

Jurnal Teknologi

Volume 10, Nomor 2, Desember 2017

- **PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SINGLE ACCOUNT MENGGUNAKAN *WEB SERVICE* DAN *LIGHTWEIGHT DIRECTORY ACCESS PROTOCOL (LDAP)* (STUDI KASUS : *MOODLE* DAN *WORDPRESS*)**
Hendra Arya Syaputra, Heru Cahya Rustamaji, Rifki Indra Perwira
- **RANCANG BANGUN ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR *PREHEATER WATER SYSTEM (PWS)* UNTUK BAHAN BAKAR *BIO SOLAR***
Aji Pranoto, Taufiq Hidayat
- **OPTIMALISASI MESIN PENEKAN PAKU KELING BERBASIS RELAI**
Taufiq Hidayat
- **ANALISIS EFISIENSI KERJA PELAYANAN PEMBAYARAN REKENING AIR DENGAN PENDEKATAN *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)***
Suseno, Sidha Rahmawan
- **ANALISIS KEHILANGAN PANAS PADA PROSES PRODUKSI ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN *DRUM KILN***
Christian Soolany
- **PERANCANGAN ALAT *PARAFFIN BATH* DENGAN KONTROL SUHU SECARA OTOMATIS BERBASIS *ARDUINO UNO***
Evrita Lusiana Utari, Irawadi Buyung, Hastuti Madyaning Utami
- **MEMBANGUN APLIKASI KASIR *ONLINE* YANG TERINTEGRASI DENGAN *SMARTPHONE***
Nur Eko Purwanto, Dwi Setyowati, Ignatius Suraya
- **USULAN REDUKSI DIMENSI PENILAIAN KUALITAS JASA PADA KASUS DATA KUALITAS JASA *E-COMMERCE* DI INDONESIA**
Mega Inayati Rifah
- **TOPOLOGI ALIRAN *SLUG* AIR-UDARA BERDASARKAN VISUALISASI DAN PENGUKURAN *LIQUID HOLD UP* PADA PIPA MENDATAR**
Yuli Purwanto
- **PENGARUH TEMPERATUR, *HOLDING TIME* PROSES *PACK CARBURIZING* BAJA KARBON TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK**
Mohammad Nurhilal
- **PENGENALAN HURUF BRAILLE MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN ALGORITMA PERCEPTRON**
Lany Harianto, Kristien Margi Suryaningrum
- **PROTOTYPE KOMUNIKASI DATA PADA *ERP (ELECTRONIC ROAD PRICING)* MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)***
Sigit Priyambodo, Ester Kurnianti, dan Muhammad Andang Novianta

EDITORIAL BOARD

Editor Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

Managing Editor

Rahayu Khasanah, S.T., M.Eng.

Associate Editors

Ir. Murni Yuniwati, M.T.

Ir. Muhammad Yusuf, M.T.

Beny Firman, S.T., M.Eng.

Andrean Emaputra, S.T., M.Sc.

Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.

Yuli Purwanto, S.T., M.Eng.

Prita Haryani, S.Pd., M.Eng.

Dr. Anak Agung Putu Susastiawan, S.T., M.Tech.

Reviewer

Dr. Ir. Sudarsono, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Hj. Titin Isna Oesman, MM. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Prof. Dr. Erma Utami, S.Si, M.Kom (Universitas AMIKOM).

Prof. Dr. Indarto. DEA. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Prof. Muhammad Djaeni, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Diponegoro)

Dr. Deendarlianto, ST., M.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Yuni Kusumastuti, ST., M.Eng., D.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Ir. Abdul Kadir, MT., MM. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Moh. Hardiyanto (Institut Teknologi Indonesia)

Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PDEng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Dr. Ratna Wardani, ST., MT. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Dr. Ir. Iswanjono, (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Dr. Eng. Azridjal Aziz, ST., MT. (Universitas Riau)

Dr. Romadoni Syahputra, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Tujuan & Ruang Lingkup

Jurnal Teknologi adalah jurnal meliputi bidang teknologi yang berkaitan dengan teknik industri, mesin, informatika, elektro, kimia, rekayasa berbantuan komputer, material, energi, lingkungan. Jurnal menerbitkan makalah asli hasil penelitian, komunikasi singkat, dan artikel review. Makalah yang diterbitkan di jurnal ini adalah makalah yang belum dan tidak akan diterbitkan di penerbit tempat lain. Tulisan merupakan karya asli bukan hasil plagiarime. Jurnal Teknologi diterbitkan oleh Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Alamat Redaksi:

Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jln. Kalisahak No. 28, Komplek Balapan Yogyakarta 55222.

Telpon: 0274-563029 (ext. 112, 113) Fax: 0274-563487

Email: jurtek@akprind.ac.id

<http://ejournal.akprind.ac.id>

- PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SINGLE ACCOUNT MENGGUNAKAN WEB SERVICE DAN LIGHTWEIGHT DIRECTORY ACCESS PROTOCOL (LDAP) (STUDI KASUS : MOODLE DAN WORDPRESS)
Hendra Arya Syaputra, Heru Cahya Rustamaji, Rifki Indra Perwira..... 90-98
- RANCANG BANGUN ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PREHEATER WATER SYSTEM (PWS) UNTUK BAHAN BAKAR BIO SOLAR
Aji Pranoto, Taufiq Hidayat 99-107
- OPTIMALISASI MESIN PENEKAN PAKU KELING BERBASIS RELAI
Taufiq Hidayat..... 108-114
- ANALISIS EFISIENSI KERJA PELAYANAN PEMBAYARAN REKENING AIR DENGAN PENDEKATAN DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)
Suseno Suseno, Sidha Rahmawan 115-120
- ANALISIS KEHILANGAN PANAS PADA PROSES PRODUKSI ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN DRUM KILN
Christian Soolany 121-127
- PERANCANGAN ALAT PARAFFIN BATH DENGAN KONTROL SUHU SECARA OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO
Evrta Lusiana Utari, Irawadi Buyung, Hastuti Madyaning Utami 128-134
- MEMBANGUN APLIKASI KASIR ONLINE YANG TERINTEGRASI DENGAN SMARTPHONE
Nur Eko Purwanto, Dwi Setyowati, Ignatius Suraya 135-140
- USULAN REDUKSI DIMENSI PENILAIAN KUALITAS JASA PADA KASUS DATA KUALITAS JASA E-COMMERCE DI INDONESIA
Mega Inayati Rif'ah 141-146
- TOPOLOGI ALIRAN SLUG AIR-UDARA BERDASARKAN VISUALISASI DAN PENGUKURAN LIQUID HOLD UP PADA PIPA MENDATAR
Yuli Purwanto 147-152
- PENGARUH TEMPERATUR, HOLDING TIME PROSES PACK CARBURIZING BAJA KARBON TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK
Mohammad Nurhilal..... 153-162
- PENGENALAN HURUF BRAILLE MENGGUNAKAN JARINGAN SYARAF TIRUAN ALGORITMA PERCEPTRON
Lany Harianto, Kristien Margi Suryaningrum 163-168
- PROTOTYPE KOMUNIKASI DATA PADA ERP (ELECTRONIC ROAD PRICING) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)
Sigit Priyambodo, Ester Kurnianti, Muhammad Andang Novianta 169-175

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SINGLE ACCOUNT MENGGUNAKAN WEB SERVICE DAN LIGHTWEIGHT DIRECTORY ACCESS PROTOCOL (LDAP) (STUDI KASUS : MOODLE DAN WORDPRESS)

Hendra Arya Syaputra¹, Heru Cahya Rustamaji², Rifki Indra Perwira³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta,

^{1,2,3}Jalan Babarsari 2, Kec Depok, Kabupaten Sleman, DIY 55281, Indonesia.

E-mail: ¹hendraarya23@gmail.com, ²herucr@gmail.com, ³rifki@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta have information system such as: Computer Based Information System (CBIS), E-Learning (Moodle), Eprints, and so forth. The existing Information System at Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta has different usernames and passwords for entry into each application, for example E-Learning (Moodle) has its own account as well as using WordPress. This causes many users to forget the username and password they have, making users feel uncomfortable. In providing convenience to the user, then required a system that can accommodate the user to just simply use one user account. In application usage. Using web and LDAP services. The method used in this research includes literature study, field observation, interview, and data retrieval, while system development methodology used life cycle system development method (SDLC). Literature study using the learning phase based on journal references and books related to this research. Ubuntu Server, a web service used as a single account portal, and an LDAP server used to store username and password data in a centralized system. Based on the results of research that has been done, then generated single account system based web service by using LDAP server. The web service is used as a single account portal through which the portal is logged into E-learning (Moodle) and WordPress applications. As for user accounts that are used to log into E-Learning and WordPress applications using data from a centralized LDAP server.

Keywords: Web Services, Single Account, LDAP, E-Learning, WordPress

INTISARI

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta memiliki sistem informasi antara lain : Computer Base Information System (CBIS), E-Learning (Moodle), Eprints, dan lain sebagainya. Sistem informasi yang ada di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta memiliki *username* dan *password* yang berbeda untuk masuk ke setiap aplikasi, misalnya E-Learning (Moodle) mempunyai *user account* sendiri begitupun yang menggunakan *Wordpress*. Hal ini menyebabkan banyaknya pengguna yang lupa dengan *username* dan *password* yang dimiliki, sehingga membuat pengguna merasa tidak nyaman. Dalam memberikan kemudahan pada pengguna, maka dibutuhkan sistem yang dapat mengakomodir pengguna untuk hanya cukup menggunakan satu *user account* terutama dalam mengintegrasikan aplikasi E-Learning (Moodle) dan *Wordpress* dengan memanfaatkan teknologi *single account* menggunakan *web service* dan *LDAP*. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi pustaka, observasi lapangan, wawancara, dan pengambilan data, sedangkan metodologi pengembangan sistem yang digunakan yaitu metode *System Development Life Cycle (SDLC)*. Studi pustaka menggunakan tahap pembelajaran berdasarkan referensi jurnal dan buku-buku yang terkait pada penelitian ini. Dalam perancangan sistem *single account* menggunakan sistem operasi *linux Ubuntu server*, *web service* yang digunakan sebagai portal *single account*, dan *LDAP server* yang digunakan untuk menyimpan data *username* dan *password* yang terdapat didalam sistem yang terpusat. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dihasilkan sistem *single account* berbasis *web service* dengan menggunakan *LDAP server*. *Web service* digunakan sebagai portal *single account* yang dimana lewat portal untuk *login* ke aplikasi E-learning (Moodle) dan *Wordpress*. Sedangkan untuk *user account* yang digunakan untuk *login* ke aplikasi E-Learning dan *Wordpress* menggunakan data dari *LDAP server* yang terpusat.

Kata kunci : Web Service, Single Account, LDAP, E-Learning, Wordpress

PENDAHULUAN

UPN “Veteran” Yogyakarta memiliki sistem informasi yang digunakan untuk pengelolaan informasi yang berkaitan dengan akademik. Menurut wawancara dari staff UPT. Teknologi Informasi dan Komunikasi, ada beberapa sistem informasi yang ada di lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta antara lain : *Computer Based Information System (CBIS)*, Sistem Informasi Keuangan, Sistem Informasi Kepegawaian, *E-learning*, *Eprints*, dan Sistem Informasi Jurnal.

Sistem informasi yang ada di UPN “Veteran” Yogyakarta saat ini banyak memiliki *username* dan *password* untuk masuk ke aplikasi-aplikasi *web* yang ada. Misalnya *CBIS* mempunyai *user account* sendiri, kemudian *E-learning* juga mempunyai *user account* sendiri, dan begitupun yang menggunakan *Wordpress*. Hal ini disebabkan karena karakteristik *software* yang berbeda-beda antara satu aplikasi dengan aplikasi lain. Dari sisi *field-field database* juga terjadi perbedaan penamaan, sehingga membutuhkan sebuah jembatan untuk mengintegrasikan sistem informasi khususnya *E-learning* dan *Wordpress*. Akibat dari kondisi ini, bagian admin pengelola sistem UPT. Teknologi Informasi dan Komunikasi UPN “Veteran” Yogyakarta akan banyak mengelola *user account*, sehingga dapat berdampak terhadap keamanan dari suatu aplikasinya dan rentan untuk para *hacker* untuk merusak sistem tersebut.

Saat ini di lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta ada beberapa unit kerja yang menggunakan *Wordpress*. Hal itu dikarenakan, pengelolaan sistem informasi yang menggunakan *Wordpress* dapat dilakukan dengan mudah tanpa membutuhkan keahlian khusus di bidang teknologi informasi.

Sistem informasi yang ada di UPN “Veteran” Yogyakarta masih belum saling terhubung dengan menggunakan satu *username* dan *password* yang sama. Salah satu masalah yang sering muncul adalah banyaknya pengguna yang lupa dengan *username* dan *password* yang dimilikinya, sehingga membuat pengguna merasa tidak nyaman. Hal ini membuat pengguna harus mengingat semua *username* dan *password* untuk *login* ke setiap sistem yang berbeda-beda.

Dari permasalahan tersebut dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengakomodir pengguna, sehingga hanya cukup satu *account* untuk dapat digunakan di banyak

aplikasi. Hal tersebut dapat mempermudah pengguna dalam mengingat *username* dan *password*. Pada bagian *admin* tidak terlalu banyak mengelola *account* dan dapat membuat keamanan data dan *account* menjadi lebih aman.

Salah satu solusi dari permasalahan tersebut yaitu menggunakan Teknologi *Single Account* dengan menggunakan *Web Service* dan *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)*. Dengan menggunakan *Single Account* dapat memberikan kemudahan dan keamanan data *user account* pada lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengembangkan teknologi *Single Account* menggunakan *Web Service* dan *LDAP* pada aplikasi *E-learning* UPN “Veteran” Yogyakarta dan *Wordpress* dan membuat sistem pengelolaan *username* dan *password* pada sistem informasi khususnya pada *E-learning* dan *Wordpress* yang ada di lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta menjadi lebih mudah dan lebih efektif.

Berdasarkan latar belakang, maka penelitian ini memiliki batasan masalah antara lain:

1. Penelitian ini dilakukan pada *E-learning (Moodle)* dan *Wordpress* yang ada di UPN “Veteran” Yogyakarta dengan menggunakan sistem *otentikasi LDAP server*.
2. Fokus kepada integrasi *E-learning (Moodle)* dan *Wordpress* dan tidak membahas isi *contentnya*.
3. Penelitian ini masih dilakukan dalam jaringan *localhost*.
4. Perancangan *Web Service* menggunakan *PHP* dan *Bootstrap*.

Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh (Fakhrurrozi, 2015) Implementasi *Single Sign On* pada Aplikasi Bank File Responsi Berbasis Web dimana aplikasi ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem *bank responsi* dengan menggunakan sistem *single sign on* yang dapat mempermudah penggunaannya dalam hal mengelola laboratorium, instruktur praktikum dan mahasiswa UGM agar nantinya dapat tercapai sebuah sistem yang bermanfaat bagi penggunaannya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Amarudin, 2014) Analisis Performa *Central Authentication Service (CAS)* pada Jaringan *Single Sign On (SSO)* (Studi Kasus pada

PSDI UGM) yang dimana penelitian tersebut dilakukan di kantor PSDI UGM dengan menganalisis CAS Server yang dibangun dengan JSP (Java Server Page), dan CAS Server (replica) yang dibangun dengan Bahasa pemrograman PHP.

Penelitian yang dilakukan oleh (Arfan, 2013) Model Implementasi *Centralized Authentication Service* pada Sistem *Software As A Service* yang dimana penelitian tersebut digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada sebuah model otentikasi pada layanan *cloud* dengan menggunakan *protocol single sign on*, yang dimana dengan melakukan pegujian beberapa model implementasi, yang dimana hasil dari pengukuran model otentikasi tersebut dijadikan formula untuk menentukan jenis otentikasi yang akan diwujudkan di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang.

Penelitian yang dilakukan oleh (Pujiyanto, 2013) Integrasi *E-Learning* dengan Media Sosial Menggunakan *Single Sign On System* yang dimana pada penelitian tersebut tujuan yang ingin dicapai yaitu mengintegrasikan sistem *E-Learning* dan media sosial yang telah dibuat menggunakan *Single Sign On (SSO)*. Media sosial yang dihasilkan nantinya dapat diintegrasikan ke sistem *E-Learning* yang dimiliki oleh berbagai instansi pendidikan, sehingga membuat proses pembelajaran akan semakin berkembang dan sangat menyenangkan. Adapun metode yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu menggunakan metode pengumpulan data-data yang diperlukan untuk membangun *E-Learning* dan media sosial. *E-Learning* yang dikembangkan menggunakan *cms moodle* dan media sosial yang dikembangkan menggunakan *cms mahara*. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu sebuah media sosial yang berbasis *E-Portfolio* dan *E-Learning* yang diintegrasikan dengan metode *single sign on*.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hilmi, 2011) Integrasi Aplikasi Metode *Single Sign On* Menggunakan *Central Authentication Service (CAS)* dan *Lightweight Directory Acces Protocol (LDAP)* yang dimana pada penelitian tersebut dilakukan integrasi SSO pada website *Wiki*, *email*, dan *blog*. Untuk memperoleh informasi yang digunakan pada penelitian ini dilakukan proses wawancara pada UPT Telematika UPN "Veteran" Yogyakarta dan melakukan survey dengan menggunakan kuisioner secara online. Adapun metode yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode

waterfall. Pada penelitian ini digunakan Linux sebagai system operasinya, kemudian menggunakan CAS yang berfungsi untuk mengintegrasikan *website* *wiki*, *email* dan *blog*. Tersebut. Kemudian untuk databasenya menggunakan *LDAP*, jadi semua data *user* akan tersimpan pada *server LDAP*. Pada penelitian ini *user accountnya* belum menggunakan *user account mail.upnyk.ac.id*.

Web Service

Menurut (Gottschalk, 2002), *Web service* merupakan suatu komponen *software* yang merupakan *self-containing*, aplikasi *modular self-describing* yang dapat dipublikasikan, dialokasikan, dan dilaksanakan pada *web*. *Web service* adalah teknologi yang mengubah kemampuan internet dengan menambahkan kemampuan *transactional web*, yaitu kemampuan *web* yang saling berkomunikasi dengan pola *program-to-program (P2P)*. Fokus *web* selama ini didominasi oleh komunikasi *program-to-user* dengan integrasi *business-to-consumer (B2C)*, sedangkan *transactional web* akan didominasi oleh *program-to-program* dengan interaksi *business-to-business*.

Light Weight Directory Access Protocol (LDAP)

LDAP adalah sebuah protocol yang mengatur mekanisme pengaksesan layanan direktori (*Directory Service*) yang dapat digunakan untuk mendeskripsikan banyak informasi tentang *people*, *organizations*, *roles*, *service* dan banyak entitas lainnya.

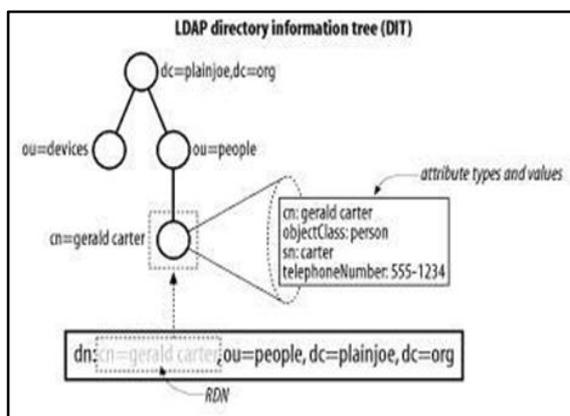
Menurut Carter (2003), suatu *directory service* akan memiliki komponen yang dijadikan sebagai *root*. Untuk sebuah *root*, secara umum di tunjukkan dengan *attribute dc (domain component)* atau *o (organization)* mungkin juga *ou (organization unit)*. Selanjutnya pada bagian daun (*leaf*) biasanya akan berisi *item* dengan atribut *uid (user id)* ataupun *cn (common name)*. *Directory service* biasanya menyimpan informasi dalam bentuk struktur *tree* yang dinamakan *Directory Information Tree (DIT)*. Untuk alamat relatif sering disebut sebagai *RDN (Relative Distinguish Name)* sedangkan alamat yang absolut disebut *DN (Distinguish Name)*. *LDAP* biasa digunakan untuk menyimpan berbagai informasi terpusat yang dapat diakses oleh berbagai macam mesin atau aplikasi jaringan. Penggunaan *LDAP* didalam sistem akan membuat pencarian informasi menjadi lebih terintegrasi dan sangat mudah. Sebagai contoh, *LDAP* seringkali digunakan

untuk menyimpan data nama pengguna dan sandi yang terdapat didalam sistem terpusat.

Terdapat dua *service* utama pada *LDAP* yaitu *slapd* yang merupakan *LDAP daemon* dan *slurpd* yang merupakan *slapd* melayani *request* dari *client*, *query* dan berkomunikasi dengan *backend database* sedangkan *slurpd* melayani replikasi data agar terus terjadi sinkronisasi data antara *client* dan *server*, dan untuk memfasilitasi pengisian dan perubahan informasi data dalam direktori di gunakanlah *LDIF* (*LDAP Data Interchange Format*).

Struktur Direktori LDAP

Menurut Carter (2003), suatu direktori dapat berisi sekumpulan informasi mengenai user seperti *username*, *first name*, *phone number*, *User ID*, *mail address*, dan lain sebagainya. Informasi yang terdapat pada *LDAP* akan disimpan ke dalam *entry*. *Entry* tersebut pada umumnya berfungsi sebagai basis data dan setiap *entry* memiliki beberapa atribut. Pada basis data relasional memiliki yang namanya *primary key* untuk membedakan *entry* yang satu dengan yang lainnya, sedangkan pada *LDAP* memiliki *Distinguished Name (DN)* yang dapat digunakan untuk mendeskripsikan tempat atribut dalam struktur *LDAP*. Berikut ini merupakan contoh struktur *tree* direktori *LDAP* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. *Tree* Direktori *LDAP*. Sumber : Carter (2003)

Untuk penjelasan pada gambar 1 secara garis besar mempunyai sebuah *RDN* yaitu *cn= gerald carter*. Nama atribut akan sama nilainya dengan yang dimasukkan ke dalam *RDN*. Untuk *DN* node akan menjadi *cn=Gerald carter*, *ou=people*, *dc=plainjoe*, *dc= org*.

Otentikasi LDAP

Metode yang digunakan untuk *otentikasi LDAP* mempunyai mekanisme *binding*. Adapun *LDAPv3* mendukung 3 macam *otentikasi* yaitu :

1. *Anonymous* merupakan *klien* yang mengirimkan permintaan ke *server LDAP* tanpa melakukan mekanisme *bind*, maka akan dianggap sebagai *klien anonim* yang dimana *klien* tersebut hanya dapat melihat tampilan sebagai *user* tamu saja.
2. *Simple authentication* yaitu suatu mekanisme yang melakukan *otentikasi* ke *server LDAP* dengan mengirimkan identitas diri yang telah terdaftar yaitu *username* dan *password* pada saat melakukan *login*.
3. *Simple Authentication and Security Layer (SASL)* digunakan untuk memperbaiki masalah keamanan pada *simple authentication*, maka digunakan mekanisme ini dengan cara melakukan suatu *enkripsi* pada saluran transmisi.

Metodologi Penelitian

Analisis Pengumpulan Data

Pada tahap menganalisis pengumpulan data dibagi menjadi beberapa tahap yaitu sebagai berikut :

1. Studi Pustaka

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan informasi dan *literature* yang diperlukan untuk pembuatan sistem. Adapun informasi dan *literature* dipergunakan diantaranya tentang model-model jaringan komputer.

2. Observasi Lapangan

Dalam tahap observasi ini, yang dilakukan adalah melakukan kunjungan dan *survey* ke UPT.Teknologi Informasi dan Komunikasi UPN "Veteran" Yogyakarta untuk mengetahui arsitektur *single account* dan mengidentifikasi kebutuhan yang diperlukan dalam perancangan sistem *Single Account*. Wawancara dilakukan kepada salah satu pegawai yang ada di UPT.Teknologi Informasi dan Komunikasi UPN "Veteran" Yogyakarta. Adapun beberapa pertanyaan yang ditanyakan pada saat wawancara yaitu :

- a. Spesifikasi sistem informasi yang ada di UPN "Veteran" Yogyakarta?
- b. Apakah sistem *single account* pernah ada sebelumnya di UPN "Veteran" Yogyakarta?
- c. Apakah penggunaan *LDAP* pernah digunakan di UPN "Veteran" Yogyakarta?
- d. Pemanfaatan web service terhadap sistem informasi yang ada di UPN "Veteran" Yogyakarta.

3. Wawancara

Pada tahap ini dilakukan wawancara kepada salah satu pegawai yang ada di UPT. Teknologi Informasi dan Komunikasi UPN "Veteran" Yogyakarta untuk mendapatkan gambaran tentang topologi jaringan yang saat ini ada di UPN "Veteran" Yogyakarta.

4. Pengambilan Data

Pada tahap ini, adapun data yang dibutuhkan dalam membangun sistem yaitu sebagai berikut:

- a. Data yang berupa informasi tentang sistem informasi yang ada di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- b. Data yang berupa informasi tentang perangkat *hardware* dan *software* yang akan digunakan dalam membangun sistem jaringan *Single Account* pada Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.

Metodologi Pengembangan Sistem

Metodologi pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metodologi *SDLC* (*System Development Life Cycle*) proses model jaringan komputer yang meliputi tahap *Planning, Analysis and Design, Implementation, Support* (Baras and Shah, 1996). Metodologinya *SDLC* dapat dirinci sebagai berikut :

1. Planning

Tahap ini berfungsi sebagai proses mencari untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan teknologi yang mereka gunakan untuk mengembalikan *value* untuk perusahaan atau sebuah Universitas. Perusahaan atau universitas menyertakan tahap ini dalam proses *SDLC*. Perencanaan menjadi hal yang semakin dibutuhkan organisasi yang sedang belajar berevolusi tidak dengan cara *random*, tetapi harus direncanakan.

2. Analysis and Design

Pada tahap ini dilakukan analisis serta desain yang diperlukan dalam membuat infrastruktur topologi jaringan komputer, diantaranya akuisisi pengetahuan, representasi pemodelan, kebutuhan *hardware* dan kondisi geografis.

3. Implementation

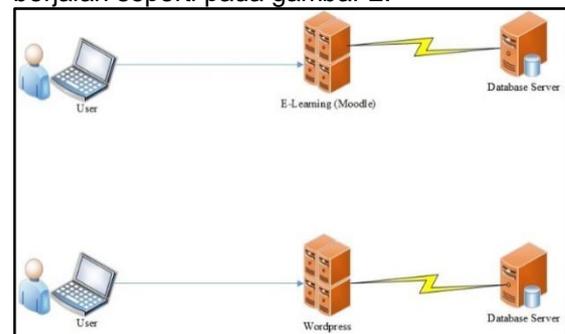
Pada tahap ini, rancangan topologi yang telah dibuat akan direpresentasikan menggunakan *tools packet tracer* dan *visio*. Tahap selanjutnya adalah migrasi infrastruktur yang telah dirancang secara bertahap.

4. Support

Pada tahap ini merupakan tahapan akhir dari sebuah mekanisme pengembangan proses model konsentrasi jaringan komputer. Tahapan ini dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi hasil desain telah berjalan dengan baik.

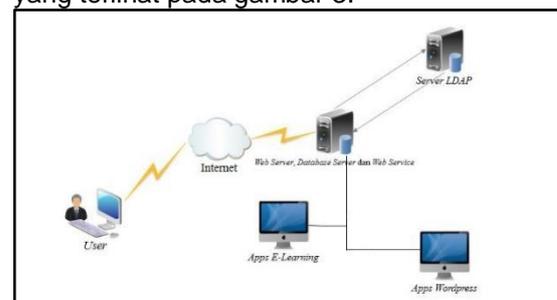
Perancangan Topologi Sistem

Pada perancangan topologi sistem ini mempunyai 2 macam topologi, yaitu topologi sistem jaringan yang sedang berjalan dan topologi sistem jaringan yang akan dibangun. Adapun topologi sistem jaringan yang sedang berjalan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Topologi Jaringan Saat Ini

Pada gambar 2 dijelaskan bahwa *database* dari aplikasi *E-Learning* dan *Wordpress* masih berdiri sendiri-sendiri. Pada gambar 2 dijelaskan bahwa *database* dari aplikasi *E-Learning* dan *Wordpress* masih berdiri sendiri-sendiri. Pada saat pengguna *login* ke aplikasi *E-learning*, maka akan dilakukan pengecekan *username* dan *password* pada *database E-learning*, kemudian ketika pengguna *login* ke aplikasi *Wordpress*, maka akan mengecek *username* dan *password* pada *database Wordpress*. Oleh karena itu, dibangun sebuah topologi jaringan yang dimana aplikasi *E-learning* dan *Wordpress* akan menggunakan satu *server database* dan satu *username* dan *password* yang digunakan secara bersamaan. Berikut ini merupakan topologi yang akan dibangun yang terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Topologi Jaringan *Single Account* yang dibangun

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa untuk proses masuk ke dalam aplikasi *E-learning* dan *Wordpress*, seorang pengguna harus terkoneksi ke jaringan internet untuk mengakses ke dalam *web server*. Pada *web server* akan ditampilkan halaman portal *login Single Account*. Apabila pengguna membuka salah satu situs aplikasi yang sudah diintegrasikan, maka pengguna akan diteruskan ke halaman *login Portal Single Account* agar melakukan *login* melalui portal *Single Account*.

Pada *Web Service* memiliki halaman yang meminta pengguna untuk memilih aplikasi yang sudah diintegrasikan. Setelah dipilih, maka akan diteruskan menuju halaman *login* dari aplikasi tersebut. Saat melakukan *login*, data *username* dan *password* yang dimasukkan akan dilakukan pengecekan ke dalam *server LDAP*. Dalam *server LDAP* akan dicek apakah *username* dan *password* yang dimasukkan terdaftar di *server* atau tidak. Apabila telah terdaftar pada *server*, maka data pengguna akan dikirimkan ke *Web Service* untuk dilakukan *otentikasi*. Apabila berhasil di *otentikasi*, maka akan membuat suatu *session*.

Apabila pengguna ingin mengakses aplikasi lain yang sudah terintegrasi, maka akan diarahkan menuju halaman portal *Single Account* dan memilih aplikasi yang ingin di akses. Apabila sebelumnya telah melakukan *login*, maka akan langsung masuk ke halaman beranda aplikasi, karena belum dilakukan *logout* pada aplikasinya sebelumnya.

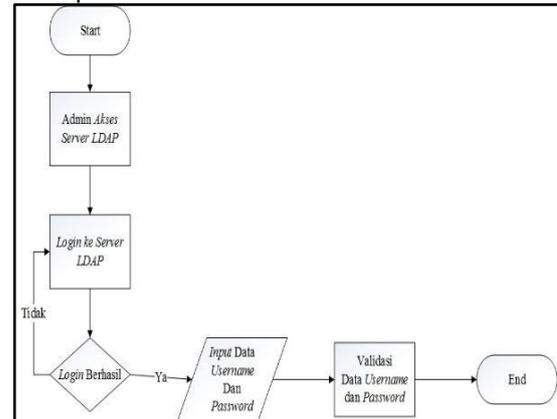
Pada saat akan melakukan operasi *logout* dari halaman *logout* aplikasi, *Web Service* akan melakukan pemusnahan *session* pada aplikasi tersebut, maka pengguna akan langsung kembali ke halaman portal *Single Account*.

Perancangan Database Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)

Pada perancangan *server LDAP* menggunakan sistem operasi *Linux Ubuntu Server 14.0 4*, yang dimana *server LDAP* ini digunakan untuk menyimpan data *username* dan *password*.

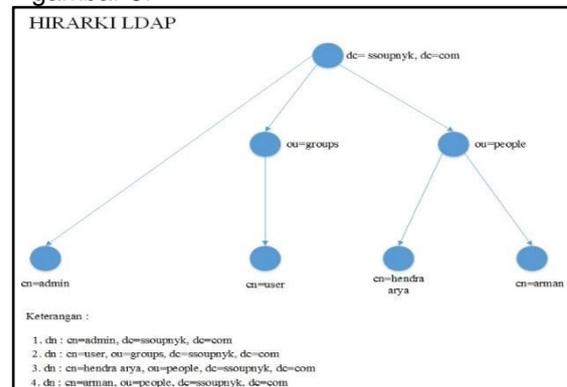
Pada Gambar 4 merupakan proses penyimpanan data pada *server LDAP* yang digambarkan menggunakan bagan alir (*flowchart*). Adapun jalan prosesnya yaitu admin mengakses alamat tempat *server LDAP*, kemudian melakukan *login* ke *server LDAP*. Jika *login* berhasil, maka admin dapat menginputkan *user account* baru pada *LDAP*, setelah dilakukan penginputan akan dilakukan validasi data *account* apabila data

telah sesuai, maka *user account* baru berhasil disimpan.



Gambar 4. Flowchart Rancangan Server LDAP

Pada penelitian ini juga memiliki rancangan hirarki *LDAP*. *LDAP* memiliki *FQDN (Fully Qualified Domain Name)* yang berasal dari mesin ini yaitu *ssoupanyk.com*, dan untuk penulisan pada *server LDAP*-nya menjadi *dc=ssoupanyk, dc=com*. Adapun skema rancangan hirarki *LDAP* seperti pada gambar 5.



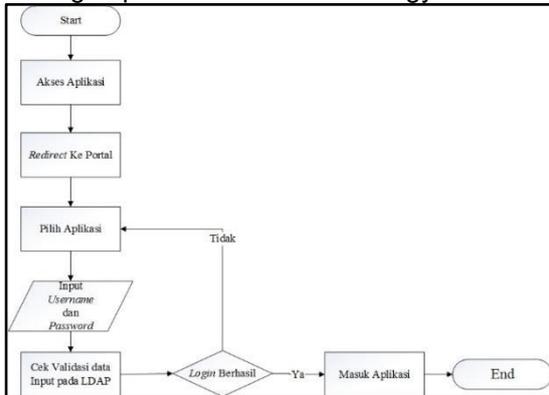
Gambar 5. Hirarki Skema LDAP

Rancangan hirarki *LDAP* yang digunakan seperti struktur pohon (*tree*) yang berurutan. Adapun hirarki yang paling tinggi adalah *domain component (dc)* yaitu *dc=ssoupanyk, dc=com*. Kemudian di bawah *domain component (dc)*, ada hirarki *organization unit (ou)* yaitu *ou=groups* dan *ou=people*. Di bawah hirarki *ou=groups* terdapat *common name (cn)* yaitu *cn=user*, sedangkan pada hirarki *ou=people* terdapat *common name (cn)* yaitu *cn=hendra aya* dan *cn=arman*. Setelah itu *dc =ssoupanyk, dc=com* juga memiliki *common name (cn)* yaitu *cn=admin* yang digunakan sebagai *admin*.

Perancangan Web Service

Perancangan *Web Service* menggunakan sistem operasi *Linux Ubuntu*

Server 14.0.4. Web Service tersebut dihubungkan dengan server LDAP yang akan dibangun pada UPN "Veteran" Yogyakarta.



Gambar 6. Flowchart Login Web Service

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pengguna mengakses aplikasi yang diinginkan, kemudian akan di *redirect* ke portal *single account*. Pada portal, pengguna memilih aplikasi yang sudah terintegrasi, setelah itu akan diarahkan ke halaman *login* aplikasi. Pada halaman *login* diinputkan *username* dan *password*, maka akan dilakukan cek validasi *account* pada server LDAP. Apabila telah terdaftar pada server LDAP, maka *login* berhasil dan masukkan ke beranda aplikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

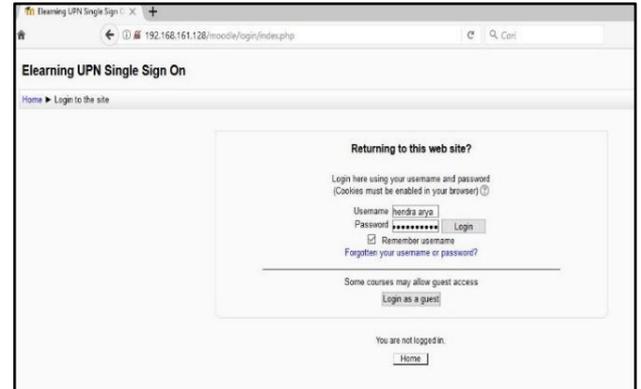
Uji Coba Web Service (Portal Single Account)

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap single account pada aplikasi E-Learning (Moodle) dan Wordpress. Pengujian dilakukan dengan mengakses aplikasi E-Learning (Moodle) dengan URL : <https://192.168.161.128/moodle> atau Wordpress dengan URL : <https://192.168.161.128/wordpress/> ketika mengakses aplikasi tersebut, maka akan diarahkan ke halaman portal *single account*. Tahap selanjutnya yaitu pada portal *single account* pilih menu aplikasi terintegrasi seperti pada gambar 7.



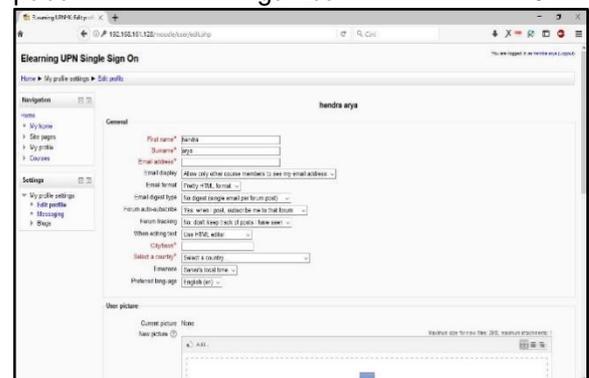
Gambar 7. Halaman Aplikasi Terintegrasi
 Pada gambar 7 pilih salah satu aplikasi yang ingin diakses, misalnya aplikasi E-Learning (Moodle), maka akan diarahkan ke halaman *login* aplikasinya begitupun pada aplikasi Wordpress.

1. Uji coba pada aplikasi E-Learning (Moodle) dengan memasukkan username : hendra arya dan password : ***** seperti pada gambar 8.



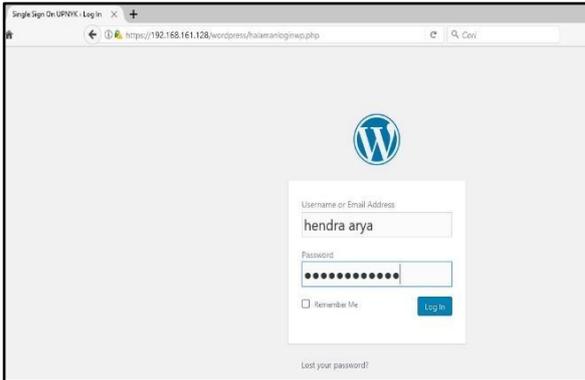
Gambar 8. Login Aplikasi E-Learning

Kemudian dilakukan *otentikasi* ke database LDAP server, apabila berhasil terotentikasi maka akan masuk ke halaman beranda aplikasi E-Learning (Moodle) seperti pada gambar 9.



Gambar 9. E-Learning Terotentikasi

2. Uji coba pada aplikasi Wordpress dengan memasukkan *username* dan *password* yang sama dengan E-Learning (Moodle) seperti yang terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Login Aplikasi Wordpress

Kemudian dilakukan *otentikasi* ke *database LDAP server*, apabila berhasil *terotentikasi* maka akan masuk ke halaman beranda aplikasi Wordpress.

Pengujian UAT (User Acceptance Test)

Pada pengujian *single account* menggunakan metode UAT (*User Acceptance Test*). Model ini digunakan untuk mengetahui tingkat seberapa besar sistem dapat diterima oleh penggunaannya. Adapun hasil pengujian yang dilakukan oleh 20 responden yang ada di civitas akademika UPN "Veteran" Yogyakarta yang terdiri dari 21 pertanyaan seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian

No	UAT Action	Penilaian	
		Berhasil	Gagal
1	Membuka portal <i>single account</i>	20	0
2	Membuka halaman beranda <i>single account</i>	20	0
3	Membuka halaman aplikasi terintegrasi	20	0
4	Membuka halaman apa itu <i>single account</i>	20	0
5	Membuka halaman FAQ	20	0
6	Mengakses halaman buat akun	20	0
7	Membuat akun baru	20	0
8	Membuat akun baru 2	20	0
9	Membuat akun baru 3	20	0
10	Mengakses halaman ubah <i>password</i> akun	20	0
11	Mengubah <i>password</i> akun	20	0
12	Mengubah <i>password</i> akun 2	20	0

13	Mengubah <i>password</i> akun 3	20	0
14	Mengubah <i>password</i> akun 4	20	0
15	Mengubah <i>password</i> akun 5	20	0
16	Mengubah <i>password</i> akun 6	18	2
17	Mengubah <i>password</i> akun 7	20	0
18	Memilih menu aplikasi terintegrasi	20	0
19	Login aplikasi <i>E-Learning</i>	20	0
20	Memilih menu aplikasi terintegrasi	20	0
21	Login aplikasi Wordpress	20	0
Total		418	2

Berdasarkan hasil rekap pengujian *User Acceptance Test* didapatkan jawaban dari responden yaitu total skor dari penilaian yang berhasil sebanyak 418, dan skor penilaian yang gagal sebanyak 2.

Presentase dari pengujian User Acceptance Test yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Penilaian Berhasil} &= 418 / 420 * 100\% = 99\% \\ \text{Penilaian Gagal} &= 2 / 420 * 100\% = 1\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan presentase pengujian *User Acceptance Test*, maka didapatkan hasil yaitu 99% pengujian yang dilakukan berhasil sehingga, dapat disimpulkan bahwa sistem *single account* dapat diterima.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil analisis, perancangan, pembahasan, dan pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *LDAP server* merupakan *database* terpusat yang digunakan untuk integrasi data pada aplikasi *E-learning (Moodle)* dan *Wordpress*.
2. Dalam mengintegrasikan *LDAP server* dengan aplikasi *E-Learning (Moodle)* dan *Wordpress* menggunakan sebuah *Plugins* yang mempermudah dalam pengintegrasian.
3. Apabila mengakses aplikasi *E-learning (Moodle)* atau *Wordpress*, maka akan dialihkan ke halaman portal *single account* untuk melakukan *login* melalui portal.

Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dalam membangun sistem *single account* ini masih banyak memiliki kekurangan. Oleh karena itu, adapun masukkan yang diberikan untuk pengembangan sistem selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Aplikasi yang diintegrasikan dengan *single account*, tidak hanya *E-Learning (Moodle)* dan *Wordpress* saja, tetapi diharapkan dapat diimplementasikan pada aplikasi lain yang ada di UPN "Veteran" Yogyakarta seperti *Eprints*, *CBIS*, dan lain sebagainya.
2. Sistem *single account* ini, untuk *login*nya masih dilakukan pada masing-masing aplikasi, oleh karena itu dapat dikembangkan menjadi hanya menggunakan satu halaman *login* saja tidak melalui tiap aplikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Amarudin, 2014. Analisis Performa *Central Authentication Service (CAS)* pada Jaringan *Single Sign On (SSO)*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Arfan, M., 2013. Model Implementasi *Centralized Authentication Service* pada

Sistem *Software As A Service*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Baras, J., Shah, P., 1996. *Developing Network Fault Management System using SDLC Methodology*. University of Maryland College Park.

Carter, G., 2003. *LDAP System Administration*. O'Reilly. 1005 *Gravenstein Highway North Sebastopol*. CA 95472, U.S.A.

Fakhrurrozi, H., 2015. Implementasi *Single Sign On* pada Aplikasi Bank File Responsi Berbasis Web. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Gottschalk, K., 2002. *Introduction to Web Services Architecture*.

Hilmi, R., 2011. Integrasi Aplikasi Metode *Single Sign On* Menggunakan *Central Authentication Service (CAS)* dan *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.

Pujianto, 2013 Integrasi *E-Learning* dengan Media Sosial Menggunakan *Single Sign On System*. AMIK AKMI Baturaja, Jurnal Informatika 13, 33–40.

RANCANG BANGUN ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR PREHEATER WATER SYSTEM (PWS) UNTUK BAHAN BAKAR BIO SOLAR

Aji Pranoto¹, Taufiq Hidayat²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, FTI, IST AKPRIND Yogyakarta

¹ aji_pranoto@akprind.ac.id, ² taufiq@akprind.ac.id

ABSTRACT

Burning diesel fuel in a combustion chamber requires considerable pressure. This is often the cause of incomplete burning process. A water heater and preheater water heater (PWS) heater system is designed to facilitate combustion, where before the fuel goes into the injection pump, the fuel is heated by utilizing radiator water and electric heating elements with a certain temperature. The tool is made of tube pipe diameter 140 mm, height 170 mm. Spiral copper pipe diameter 8.5 mm length 750 mm. Electrical heating element and temperature control. Pipe tubes are formed in such a way that can accommodate radiator heat water. While the copper pipe is rolled into a spiral shape inserted into the tube and the bottom is clamped by an electric heating element that is controlled via an electronic circuit. How the tube works as a radiator hot water circulator, an electric heating element that is controlled by a temperature sensor as a copper tube heater as a bio-fuel heating fuel from a fuel tank prior to entering the injection pump. So that bio-diesel fuel will become hot when heading to the injection pump, and sprayed into the combustion chamber with a hot temperature. Temperature of fuel before heating 30°C, with heating water radiator temperature to 50°C, with heating temperature heating element to 55°C and when both heater functioned the temperature to 60°C. At idle round of 800 rpm increase in fuel temperature 50°C fuel consumption more efficient 26%. In the intermediate 1200 rpm mid-rise temperature 55°C fuel consumption 15% more efficient. At 2200 round rise temperature 60°C more extravagant 15%. Optimum fuel optimum heat is 50°C. While the temperature of 60°C will lead to wasteful fuel.

Keywords: saver, biosolar, pre heater water system, diesel engine

INTISARI

Pembakaran bahan bakar solar disuatu ruang bakar memerlukan tekanan yang cukup tinggi. Hal ini sering kali menjadi penyebab ketidak sempurnaan proses pembakaran. Alat dengan system pemanas air dan pemanas listrik *preheater water system* (PWS) dirancang bangun untuk mempermudah pembakaran, dimana sebelum bahan bakar masuk ke pompa injeksi, bahan bakar dipanaskan dengan memanfaatkan air radiator dan pemanas elemen listrik dengan suhu tertentu. Alat terbuat dari tabung pipa diameter 140 mm, tinggi 170 mm. Pipa tembaga spiral dimeter 8,5 mm panjang 750 mm. Elemen pemanas listrik dan kontrol suhu. Tabung pipa dibentuk sedemikian rupa sehingga bisa menampung panas air radiator. Sedangkan pipa tembaga dirol berbentuk spiral dimasukan ke dalam tabung dan bagian bawah dijepit oleh elemen pemanas listrik yang dikontrol lewat rangkaian elektronik. Cara kerja tabung pipa sebagai penampung sirkulasi panas air radiator, elemen pemanas listrik yang dikontrol dengan sensor suhu sebagai pemanas pipa tembaga sebagai pemanas bahan bakar bio solar dari tangki bahan bakar sebelum masuk ke pompa injeksi. Sehingga bahan bakar bio solar akan menjadi panas saat menuju pompa injeksi, dan disemprotkan ke ruang bakar dengan suhu yang panas. Suhu bahan bakar sebelum pemanasan 30°C, dengan pemanasan air radiator suhu menjadi 50°C, dengan pemanasan elemen pemanas suhu menjadi 55°C dan saat kedua pemanas difungsikan suhu menjadi 60°C. Pada putaran idle 800 rpm kenaikan suhu bahan bakar 50°C konsumsi bahan bakar lebih hemat 26%. Pada putaran menengah 1200 rpm kenaikan suhu 55°C konsumsi bahan bakar lebih hemat 15%. Pada putaran 2200 kenaikan suhu 60°C lebih boros 15%. Panas optimum bahan bakar paling hemat yaitu 50°C. Sedangkan suhu 60°C akan mengakibatkan bahan bakar boros.

Kata kunci: penghemat, biosolar, *pre heater water system*, mesin diesel

PENDAHULUAN

Pemakaian bahan bakar pada mesin diesel selain dipengaruhi oleh volume silinder dan teknologi mesin yang digunakan, juga dapat dipengaruhi oleh mutu dari bahan bakar. Seperti bahan bakar yang memiliki kekentalan tinggi dapat menyebabkan bahan bakar tersebut sukar untuk terbakar. Sehingga hasil proses pembakaran menjadi kurang baik serta tidak berlangsung cepat. Hal tersebut dikarenakan bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar lebih sukar menguap, sehingga memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai titik nyala, walaupun suhu serta tekanan dalam ruang bakar tinggi. Dengan demikian proses pembakaran didalam mesin juga kurang efisien, karena titik optimal pembakaran tidak terjadi seperti yang diharapkan.

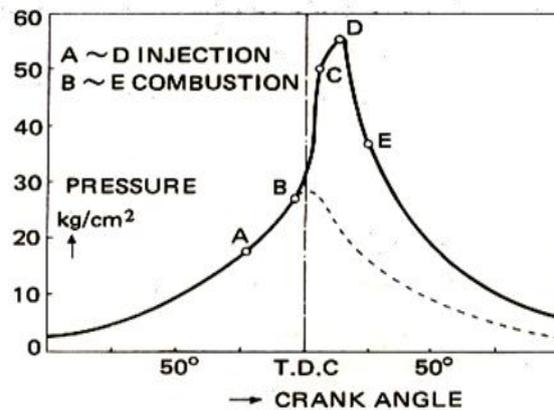
Banyak cara terdahulu telah dilakukan sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas bahan bakar salah satunya adalah dengan penggunaan *fuel treatment*, *metode booster*, *magnetik* dan *power arus*. Kebanyakan menggunakan alat tersebut bisa menaikkan kinerja mesin, mengurangi konsumsi bahan bakar dan resiko kerusakan, sedangkan kekurangan menjadikan mesin *over heating*, *over vibration*, *over noise* dan yang paling parah mengakibatkan mesin pecah (Suzuki Indonesia, 2012).

Alternatif lain yang dapat diterapkan pada semua kendaraan adalah dengan cara meningkatkan suhu bahan bakar yang akan disemprotkan ke ruang bakar. Dari proses kerja mesin diketahui bahwa 30% dari panas yang dihasilkan pada proses pembakaran hilang diserap oleh sistem pendingin mesin untuk dibuang ke udara bebas. Pada sistem pendingin mesin yang menggunakan pendingin air diketahui bahwa suhu air pendingin dipertahankan antara 83^o-93^o C. Sementara suhu bahan bakar solar yang ditampung ditangi adalah mendekati suhu udara luar yang berkisar sekitar 20^o C. Dengan demikian panas air pendingin mesin dapat digunakan untuk menaikkan suhu bahan bakar. Teknologi ini berguna untuk meningkatkan suhu bahan bakar sebelum diinjeksikan ke ruang bakar. Peningkatan panas pada bahan bakar diharapkan dapat mempermudah proses penguapan bahan bakar sehingga memudahkan untuk mencapai titik nyala, sehingga proses pembakaran menjadi lebih baik. Dengan demikian bila proses pembakarannya lebih baik maka tenaga yang dihasilkan pun akan lebih tinggi dan pemakaian bahan bakarpun akan lebih hemat.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses Pembakaran dan Pengaruh Temperatur Bahan Bakar pada Mesin Diesel

Proses pembakaran dan pengaruh temperatur bahan bakar yang terjadi pada mesin diesel merupakan pemanfaatan tingginya tekanan kompresi yang menghasilkan suhu yang tinggi. Proses pembakaran mesin diesel terdiri dari beberapa tahapan, seperti yang dijelaskan diagram pembakaran diesel gambar 01. Diagram pembakaran diesel dan 02. Pengaruh temperatur terhadap pembakaran spontan.

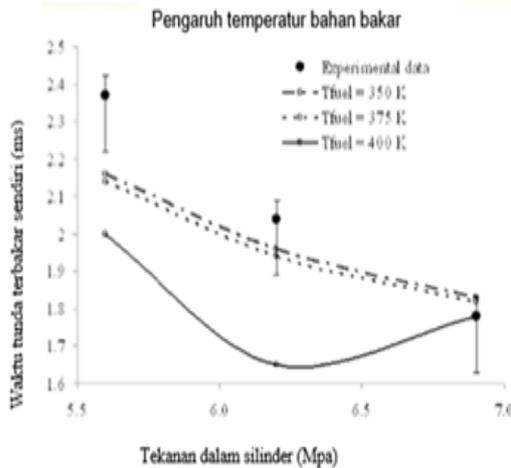


Gambar 1. Diagram Pembakaran Diesel

Gambar 1 menunjukkan proses pembakaran pada mesin diesel dan pengaruh temperatur terhadap pembakaran spontan. Proses pembakaran mesin diesel sendiri terbagi menjadi empat periode: 1) Periode pertama waktu pembakaran tertunda (A-B), 2) Periode kedua perambatan api (B-C), 3) Periode ketiga pembakaran langsung (C-D), 4) Periode keempat pembakaran lanjutan (D-E). Prinsip kerja mesin diesel yang diuraikan tersebut dapat diketahui hubungan antara tekanan, suhu dengan proses pembakaran. Dimana semakin tinggi tekanan maka menyebabkan semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan. Dengan semakin tingginya tekanan dan suhu maka proses pembakaran pun akan semakin baik.

Gambar 2 adalah pengaruh temperatur terhadap proses pembakaran, dimana merupakan masalah yang sering dijumpai dalam mesin diesel diantaranya usaha peningkatan kinerja mesin diesel adalah jumlah bahan bakar di ruang bakar yang tidak sesuai dengan kebutuhan, proses peginjeksian yang kurang baik, dan pencampuran bahan bakar dengan udara yang sering kali menjadi penyebab ketidak sempurnaan proses pembakaran. Guna mengatasi masalah tersebut bahan bakar sebelum diinjeksikan ke dalam ruang bakar

harus dibuat butiran kecil-kecil dengan tujuan untuk dapat menghasilkan campuran yang lebih homogen.



Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap pembakaran spontan

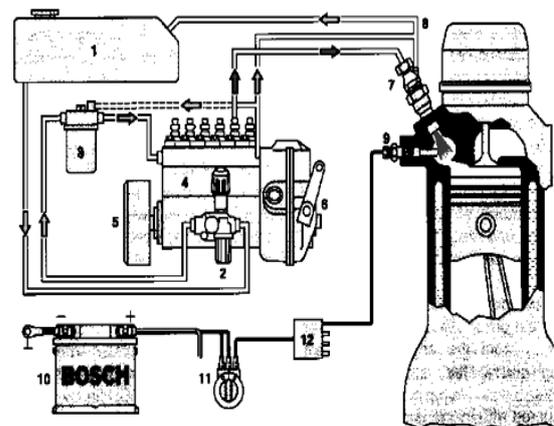
Menurut (Warnatz, 2006) membagi tahapan pembakaran mesin disel dalam 3 tahap yaitu 1) pemanasan bintik, 2) penguapan bintik, 3) pembakaran bintik. Dalam tahapannya menunjukkan bahwa temperatur bahan bakar mempengaruhi diameter bintik. Diameter bintik yang terkecil mempunyai waktu tunda penyalaan (*ignition delay times*) yang paling cepat. Semprotan bahan bakar dari nosel dapat berbentuk bintik yang terkecil waktu pembakaran yang terjadi akan semakin cepat. Waktu tunda penyalaan selain dipengaruhi oleh besar kecilnya butiran semprotan bahan bakar, juga dipengaruhi kecepatan bahan bakar dan berat jenis bahan bakar. Sementara (Sazhin, 2011) mengatakan bahwa pembakaran spontan pada mesin diesel dipengaruhi oleh temperatur bahan bakar dan tekanan di dalam silinder. Hal ini sejalan dengan (Heywood, 2010) bahwa pembakaran spontan disamping dipengaruhi oleh angka cetan, tekanan efektif, juga dipengaruhi oleh temperatur bahan bakar.

Hasil penelitian terdahulu dari (Murni, Berkah Fajar dan Tony Suryo: 2014) dalam jurnal perbandingan pengaruh temperatur solar dan bio diesel terhadap performa mesin diesel direct injection putaran konstan, menyimpulkan bahwa kenaikan temperatur bahan bakar biodiesel dan solar mempengaruhi konsumsi bahan bakar 8% dan daya mesin 4%, dan efisiensi thermal mesin diesel 23,7%. Sementara (Raharjo tirtotmodjo dan Wilianto, 2015) dalam jurnalnya peningkatan unjuk kerja motor diesel dengan penambahan pemanas solar menyimpulkan

bahwa perubahan temperatur solar yang diinjeksikan dalam ruang bakar mempengaruhi torsi dan daya sebesar 4,1%, konsumsi bahan bakar 7%, efisiensi thermal 23,4%. Namun demikian kedua peneliti tersebut masih mempunyai kendala bahwa alat pemanas solar yang dihasilkan masih belum cukup efektif untuk menghasilkan temperatur yang diperlukan pada setiap kondisi, karena sangat bergantung dengan panas radiator ke alat pemanas. Perlu adanya rancang bangun pada alat pemanas solar yang efektif dan efisien untuk proses penyediaan bahan bakar pada mesin diesel.

Sistem Bahan Bakar dan Pemanas Solar

Aliran bahan bakar mesin diesel mulai dari tangki bahan bakar yang berguna untuk menampung bahan bakar. Kemudian bahan bakar dihisap *feed pump* dan dipompa menuju saringan (*filter*). Di *filter* bahan bakar disaring dari kotoran-kotoran yang terkandung dalam bahan bakar, setelah itu bahan bakar dialirkan ke pompa injeksi. Pada pompa injeksi bahan bakar dipompa sehingga bahan bakar memiliki tekanan yang tinggi lalu dialirkan menuju *nozzle* melalui pipa tekanan tinggi. Bahan bakar bertekanan dari pompa injeksi disemprotkan oleh *nozzle* ke dalam ruang bakar mesin dalam bentuk kabut. Bahan bakar yang disemprotkan berbentuk kabut bertujuan agar bahan bakar tersebut mudah terbakar. Katup pengisi (*feed valve*) dipasang untuk mengatur tekanan dari pompa pengisi (*feed pump*) ke dalam unit pompa injeksi (*injection pump*). Saat tekanan pemompaan lebih dari 1.5 kg/cm², kontrol valve terbuka dan bahan bakar dikembalikan ke tangki bahan bakar melalui katup pengisi. Gambar 03 dibawah ini adalah aliran system bahan bakar diesel model *in-line*.



Gambar 03. Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel

- a. Tangki bahan bakar. Tangki digunakan sebagai penampung atau penyedia bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar selama mesin bekerja.
- b. *Feed pump*. *Feed pump* berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari tangki kemudian memompanya ke *filter* (saringan).
- c. *Filter* (saringan). *Filter* (saringan) berfungsi untuk menyaring bahan bakar dari kotoran-kotoran yang terkandung dalam bahan bakar sehingga mencegah terjadinya penyumbatan pada saluran sistem bahan bakar.
- d. *Injection pump* (pompa injeksi). Pompa injeksi berguna untuk menciptakan bahan bakar bertekanan tinggi yang dialirkan menuju *nozzle* untuk disemprotkan ke ruang bakar.
- e. Pipa tekanan tinggi. Pipa ini berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar yang bertekanan tinggi dari pompa injeksi ke *nozzle*.
- f. *Nozzle*. *Nozzle* berfungsi untuk merubah bahan bakar bertekanan dari pompa injeksi menjadi kabut bahan bakar dengan cara menyemprotkannya ke dalam ruang bakar.

Perpindahan Kalor

Kalor mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur lebih rendah. Sedang cepat lambatnya perpindahan kalor tergantung dari: 1) cara perpindahan (konduksi, konveksi, radiasi) 2) zat perantaranya.

Macam-macam perpindahan kalor :

- a. Konduksi (hantaran)
Merupakan perpindahan kalor yang tidak disertai perpindahan massa zat, yaitu pada saat perpindahan panas dari air radiator ke pipa pemanas.

Maka berlaku rumus:

$$H = K \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L}$$

Dimana:

- H = Kalor yang mengalir tiap satuan waktu (W)
- K = Koefisien konduksi termal (W/mK)
- A = Luas penampang konduktor (m²)
- ΔT = Selisih temperatur antara dua ujung (°K)
- L = Panjang konduktor (m)

- b. Konveksi (aliran)
Perpindahan kalor yang disertai perpindahan pertikel zat tersebut,

dimana pada saat terjadi perpindahan panas dari pipa pemanas ke bahan bakar yang melaluinya.

Maka berlaku rumus: $H = h \cdot A \cdot \Delta T$

Dimana:

H = Kalor yang mengalir tiap satuan waktu (W)

h = Koefisien konveksi (W/m² °K)

A = Luas permukaan (m²)

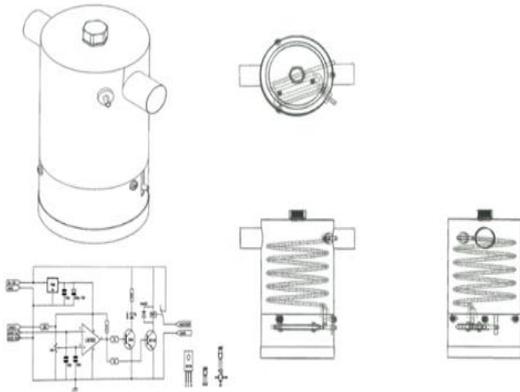
ΔT = Selisih temperatur (°K)

Kajian teori di atas diketahui bahwa pada mesin diesel bahan bakar disemprotkan kedalam ruang bakar pada saat akhir langkah kompresi. Proses pembakaran bahan bakar tersebut dipengaruhi oleh tekanan dan suhu ruang bakar. Pada sistem bahan bakar motor diesel bahan bakar dipompa sehingga bahan bakar memiliki tekanan yang tinggi lalu dialirkan menuju *nozzle* melalui pipa tekanan tinggi. Bahan bakar bertekanan dari pompa injeksi disemprotkan oleh *nozzle* ke dalam ruang bakar mesin dalam bentuk kabut. Bahan bakar yang disemprotkan berbentuk kabut bertujuan agar bahan bakar tersebut mudah untuk terbakar.

Apabila suhu bahan bakar dinaikan maka viskositas bahan bakar tersebut akan menurun dimana titik nyala bahan bakar juga semakin rendah. Karena seperti yang dijelaskan bahwa apabila viskositas tinggi maka proses terurainya bahan bakar juga akan semakin sulit. Jadi dengan menaikkan suhu bahan bakar membuat viskositasnya menurun dapat membuat bahan bakar tersebut mudah menguap sehingga mudah untuk terbakar. Sehingga apabila bahan bakar yang telah dipanaskan disemprotkan kedalam ruang bakar yang bertekanan dan bersuhu tinggi, akan menghasilkan pembakaran yang lebih baik dan cepat. Dengan pembakaran yang lebih baik ini, maka pembakaran lanjutan dapat dikurangi, sehingga efisiensi mesin juga akan semakin tinggi.

METODE

Nozzle pada sistem bahan bakar diesel akan bekerja bila ada tekanan dari pompa injeksi bahan bakar baik model in-line maupun distributor. Butiran halus dan tidaknya penyemprotan (menginjeksi) nozzle ke ruang bakar karena dipengaruhi dari kualitas bahan bakar tersebut. Dalam proses atau prosedur yang dilakukan yaitu seperti pada gambar 4 dibawah ini:

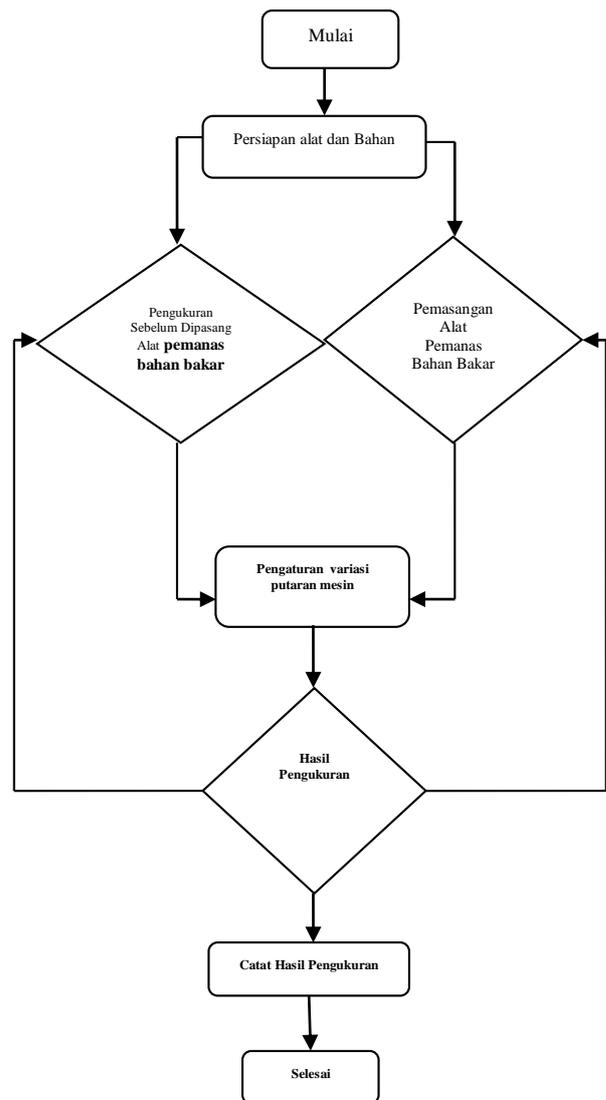


Gambar 4. Rancangan Desain Alat

Alat *Preheating Water System (PWS)* dirancang untuk memperhalus saat nozzle menyemprotkan ke ruang bakar dengan *treatment* pemanasan air radiator. *PWS* dipasang sebelum pompa injeksi. Alat pengetes ini dibuat atau dirancang dengan menggunakan pipa tembaga sebagai aliran bahan bakar yang dibuat sedemikian rupa dipadu dengan pipa *stainless steel* sebagai penampung panas air radiator.

Prinsip kerja alat *PWS* ini adalah mengalirkan panas air radiator kedalam pipa *stainless steel* yang berfungsi memanaskan pipa tembaga yang dialiri bahan bakar solar. Efek perpindahan panas dari air radiator tersebut dimanfaatkan untuk memanaskan bahan bakar yang mengalir pada pipa tembaga. Akibatnya bahan bakar yang masuk pada pompa injeksi akan menjadi panas, sehingga viscositasnya akan turun akibatnya butiran bahan bakar yang disemprotkan melalui nozzle semakin lembut dan homogen.

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan analisis deskriptif kualitatif dilengkapi dengan tabel, histogram. Perhitungan dalam analisis data menghasilkan nilai pencapaian yang selanjutnya diinterpretasikan dengan kalimat yang bersifat kualitatif. Proses perhitungan nilai dilakukan dengan membandingkan antara perolehan variable yang diubah dengan diameter standart pada kendaraan tersebut. Pengambilan data dalam pelaksanaan penelitian sebelum mengambil data maka diperlukan diagram alir proses penelitian, adapun diagram alir adalah sebagai berikut:

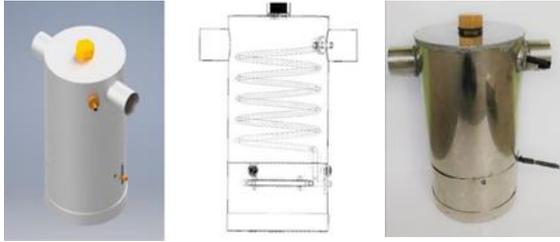


Gambar 5. Diagram Alir Pengukuran Bahan Bakar

HASIL DAN PEMBAHASAN

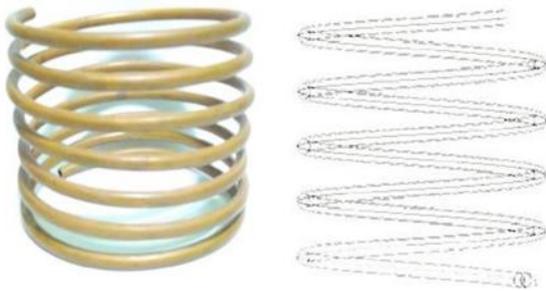
Hasil Rancang Bangun Alat PWS

Tabung pemanas yang terbuat dari bahan atau logam *stainless steel*. Alasan digunakan *stainless* sebagai material bahannya karena tahan korosif, daya hantar panasnya tinggi serta memungkinkan mempertahankan pada temperatur tinggi. Logam *stainless* yang digunakan berukuran tebal 0,5 mm.



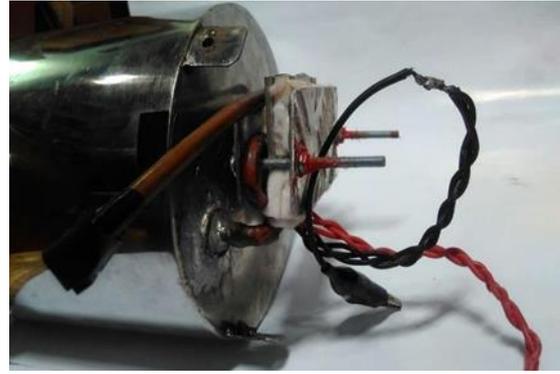
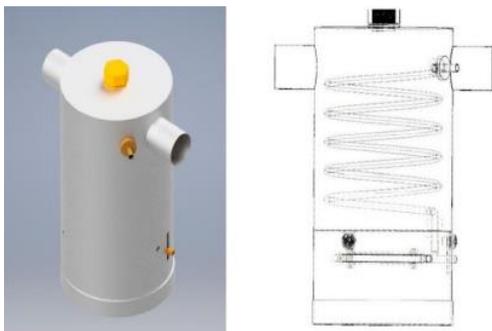
Gambar 6. Tabung pemanas

Pipa tembaga digunakan saluran bahan bakar karena mempunyai daya hantar panas yang baik, sehingga panas yang berasal dari air radiator yang ada dalam tabung dapat diserap secara baik. Panas inilah yang digunakan untuk memanaskan bahan bakar solar yang akan dipakai untuk pembakaran. Diameter pipa tembaga yang digunakan adalah 6,5 mm dengan panjang 750 mm.



Gambar 7. Tabung Tembaga

Tabung elektrik heater terbuat dari bahan yang sama dengan tabung pemanas yaitu dengan bahan stainless steel, berguna sebagai pelindung pemanas elektrik dengan tujuan supaya pembacaan sensor panas tidak terpengaruh oleh suhu udara diluar system yang telah ditentukan. Dimensi tabung elektrik heater ini berukuran tinggi 50 mm dan diameter 140mm. Dimensi ini disesuaikan dengan ukuran pemanas PTC yang digunakan sebagai pemanas elektrik pada saat keadaan temperatur system belum bekerja



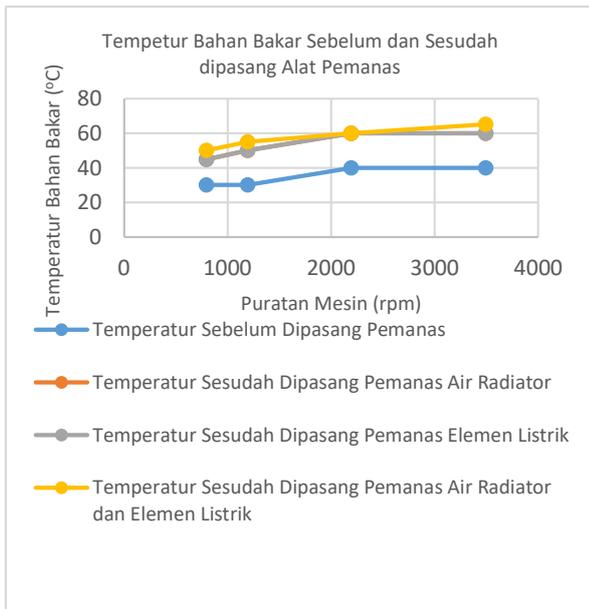
Gambar 8. Pemanas Elektrik dan Kotrol

Hasil Percobaan PWS Pada Mesin Diesel

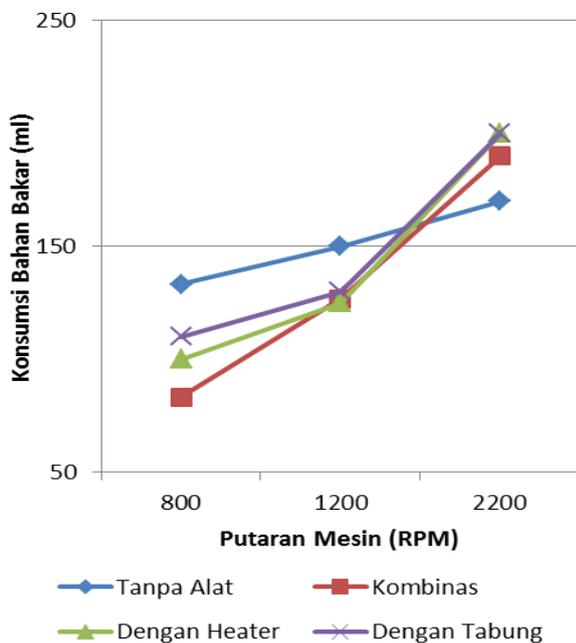
Berdasarkan hasil percobaan diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Data Rata-Rata Hasil Ekperimen

Tanpa Alat				
No	Konsumsi (ml per 5 menit)			Temperatur
	RPM			
	800	1200	2200	
1	130	150	170	To = 30°C
2	140	140	160	T1 = 40 °C
3	130	160	180	
Rerata	133,33	150	170	
Kombinasi (Pemanas Tabung dan Heater)				
No	Konsumsi (ml per 5 menit)			Temperatur
	RPM			
	800	1200	2200	
1	80	130	180	To = 30°C
2	80	120	190	T1 = 60°C
3	90	130	200	
Rerata	83,33	126,67	190	
Dengan Heater (Pemanas Elemen listrik)				
No	Konsumsi (ml per 5 menit)			Temperatur
	RPM			
	800	1200	2200	
1	90	110	200	To = 30°C
2	100	120	200	T1 = 55°C
3	110	145	200	
Rerata	100	125	200	
Dengan Tabung (Pemanas Air Radiator)				
No	Konsumsi (ml per 5 menit)			Temperatur
	RPM			
	800	1200	2200	
1	110	110	190	To = 30°C
2	100	130	210	T1 = 50 °C
3	120	150	200	
Rerata	110	130	200	



Grafik 02. Temperatur Mesin Sebelum dan sudah Dipasang Alat Pemanas



Grafik 02. Konsumsi Bahan Bakar Sebelum dan Sesudah

PEMBAHASAN

Alat pemanas bahan bakar ini merupakan alat bantu untuk meningkatkan temperatur bahan bakar solar. Dengan temperatur solar yang lebih tinggi dari biasanya dapat menghasilkan pembakaran menjadi lebih sempurna. Hal tersebut dapat meminimalkan pengonsumsi bahan bakar, karena dengan solar yang lebih sedikit dan dalam sekali melakukan usaha mendapatkan tenaga yang sama besar. Dari data hasil eksperimen dapat diketahui kinerja dari alat pemanas ini dalam penghematan penggunaan

bahan bakar. Hal tersebut dapat diketahui dengan perhitungan berikut:

$$E = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Dimana : E = Efisiensi (%)
C = Konsumsi BBM

Sebagai contoh perhitungan data ini adalah sebagai berikut :

Pada 2200 rpm

Konsumsi awal (C_{awal}) 150 ml

Konsumsi setelah dipasang alat (C_{akhir}) 125 ml

Maka Efisiensi yang diperoleh sebesar :

$$E = \frac{150 - 125}{150} \times 100\%$$

$$= 16,6 \%$$

jadi penghematan bahan bakar setelah dipasang pemanas sebesar 16,6%.

Dengan cara yang sama hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi Penghematan BBM

RPM	Efisiensi (%)	Keterangan
800	37,6	Lebih Irit
1200	16,6	Lebih Irit
2200	11,7	Lebih Boros
3500	10,6%	Lebih Boros

Setelah melihat data hasil penelitian bahan bakar diatas, dapat dihubungkan antara kenaikan suhu dengan viskositas, titik nyala bahan bakar. Apabila suhu bahan bakar dinaikan maka viskositas bahan bakar tersebut akan menurun dimana titik nyala bahan bakar semakin tercapai. Karena seperti yang dijelaskan bahwa apabila viskositas tinggi maka proses terbakarnya akan semakin sulit. Jadi dengan menaikkan suhu bahan bakar membuat viskositasnya menurun dapat membuat bahan bakar tersebut mudah untuk terbakar. Sehingga apabila bahan bakar yang telah dipanaskan disemprotkan kedalam ruang bakar yang bertekanan dan bersuhu tinggi, akan menghasilkan pembakaran yang lebih baik dan cepat.

Pada data tabel 2. terlihat peningkatan besaran efisiensi penurunan bahan bakar pada tiap kondisi RPM mesin, hal ini dipengaruhi oleh gerakan piston, dengan semakin besar RPM maka bahan bakar yang diinjeksikan semakin besar seiring dengan meningkatnya RPM mesin. Dengan aliran

yang semakin cepat maka sirkulasi BBM semakin cepat pula, hal ini mempengaruhi perbedaan temperatur BBM, sehingga bahan bakar semakin meningkat temperaturnya. Bahan bakar yang meningkat temperaturnya mempengaruhi struktur atomnya yang semakin renggang, dan ini mempengaruhi sifat-sifat yang lainnya dari bahan bakar. Dan dengan demikian bahan bakar menjadi semigas sehingga penurunan konsumsi bahan bakar pun akan semakin meningkat.

Pengefisienan yang dapat diberikan teknologi ini yaitu dengan membuat mesin dapat menghasilkan tenaga yang sama namun dengan menggunakan bahan bakar yang lebih sedikit. Dimana setelah pemasangan alat temperatur bahan bakar menjadi lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar menjadi 9-16 % lebih ekonomis.

KESIMPULAN

Dari hasil seluruh pembahasan dan kegiatan perancangan alat penghemat bahan bakar preheater water system (PWS) ini dapat disimpulkan :

1. Proses pembuatan alat penghemat bahan bakar solar Preheater Water Sistem (PWS) ini dibuat dengan cara menggabungkan tabung water heater dan elektrik heater serta dilengkapi dengan komponen pendukung seperti relay dan sensor.
2. Alat penghemat bahan bakar solar preheater water system (PWS) bekerja dengan cara memanfaatkan energy panas. Pada tahap pertama, bahan bakar akan dipanaskan oleh pemanas elektrik yaitu PTC (positif temperature coefisien) hingga mencapai suhu 60. Pada saat engine bekerja hingga mencapai suhu kerja, maka air radiator mengalami peningkatan suhu. Panas dari air radiator akan dimanfaatkan untuk memanaskan bahan bakar yang terdapat didalam tabung pemanas.
3. Hasil pengujian pada putaran 2200 rpm menunjukkan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi daripada pengujian tanpa alat , hal ini diakibatkan karena viskositas bahan bakar menurun sehingga terjadi kebocoran dalam atau rembesan pada injector yang mengakibatkan penyemprotan bahan bakar tidak sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W., Tsuda, Koichi, (2002), *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Pradya Paramita, Jakarta, 10-27.

- Annamalai, K., Iswar, K., Puri, (2002), *Advanced Thermodynamics Engineering*, CRC Press, Washington DC, 28-87.
- Bozbas, K., (2005), *Biodiesel as an alternative motor fuel production and policies in the European Union*, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 1-12.
- Buchori, L., Widayat, (2009), *Pembuatan biodiesel dari minyak goreng bekas Dengan Proses Catalytic Cracking*, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia ,SNTKI,78-79.
- Challen, B., Baranescu, R., (1999), *Diesel Engine Reference Book*, Butterworth Heineman, New Delhi, 263-304.
- Darmanto, S., Sigit , I., (2006), *Analisa biodiesel minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif*, Traksi, 4, 64-72
- Ehsan, M., Taposh, R.M., Islam, M.M., (2007), *Running a diesel engine with biodiesel*, International Conference on Mechanical Engineering, Dhaka, Bangladesh, 1-4.
- Garwal, A.A., Rajamanoharan, K., (2009), *Experimental Investigation of Performance and Emissions of Karanja Oil and its Blends in a Single Cylinder Agricultural Diesel engine*, Applied Energy, 86, 106 -112.
- Hamid, T.,Yusuf, R., (2002), *Preparasi karakteristik biodiesel dari minyak kelapa sawit*, Makara, Teknologi,6, 60-65.
- Heywood, j. B.,(1988), *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGrawHill,Toronto, 517-550.
- Jung, D., Dennis N., & Assanis, (2001), *Multi-Zone DI Diesel Spray Combustion Model for Cycle Simulation Studies of Engine Performance and Emissions*,The University of Michigan, 2001-01-1246, 1-23
- Jeong, G.T., Taig, Y., & Park, D.H., (2006), *Emission profile of rapeseed methyl ester and its blend in a diesel engine* ,Applied Biochemistry and Biotechnology I, 129132.
- Kumar, R., Rajagopal, K., Prakash, R. H., & Durga Prasad, B., (2008), *Performance of C.I. engine using blends of methyl esters of palm oil with diesel* , Medwell, 3, 217 – 220.
- Kristanto, P., Winaya, R.,(2002), *Penggunaan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif pada motor diesel sistem injeksi langsung*, Jurnal Teknik Mesin, 4, 99103.
- Kaufman, K.R., Ziejewski, (1984), *Sunflower methyl ester for direct injected diesel engines*, American Society of Agricultural engineers, 1, 2706-1626.
- Lee, C.S., (2004), *Analysis of Engine Performance Using Palm Oil Methyl Ester*, Dissertation Bachelor of Engineering, Dissertation Bachelor of Engineering, University of Southern Queensland, 19- 25.

- Mathur, M. L., Sharma R. P., (1980), *A Course in Internal Combustion Engine*, Dhanpat Rai & Sons, 1682, NAI SARAK, DELHI, 519-520. 68
- Maleev, V. L., (1986), *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*, Erlangga, Jakarta, 401403. Maleev, V. L., (1973), *Internal Combustion Engine*, McGraw-Hill, Toronto, 204 – 213.
- PPKS, (2006), *Biodiesel berbahan baku minyak kelapa sawit*, Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 28, 1-4.
- Pramanik, K., (2003), *Properties and use of jatropa curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine*, Renewable Energy, 28, 239-248.
- Sazhin, S.S., Abdelghaffar, W.A., Sazhina, E.M., Heikal, M.R., (2005), *Models for droplet transient heating: effects on droplet evaporation, ignition, and break-up*, Int. J Thermal Science, 44, 610-622.
- Strehlow R., (1985), *Combustion Fundamentals*, McGraw-Hill, New York, 142-143. Streeter, V., Wylie, B., (1979), *Fluid Mechanics*, Mc Graw Hill, Inc, 9-10.
- Suirta, (2007), *Preparasi Biodiesel dari minyak jelantah kelapa sawit*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, 3, 1-6.
- Sugiarto, B., Setiawan, F., & Suryantoro, (2005), *Studi emisi dan heat release biodiesel minyak sawit dan minyak jarak ada mesin diesel indirect injection*, Jurnal Teknologi, 2, 101-107.
- Strong, C., Erickson, C., & Shukla, D., (2004), *Evaluation of Biodiesel Fuel*, Montana State University – Bozeman, 1-70.
- Soenarto, N., Furuham, S., (1985), *Motor Serbaguna*, Pradya Paramita, Jakarta, 117151.
- Tirtoatmodjo, R., Anggono, W., (1999), *Peningkatan unjuk kerja motor diesel dengan penambahan pemanas solar*, Jurnal Teknik Mesin, 1, 127-133.
- Tangsathitkulchaai, Sittichaitaweekul, Y., & Tangsathitkulchai, M., (2004), *Temperature effect on the viscosities of palm oil and coconut oil blended with diesel oil*, JAOCS, 81, 401-405.

OPTIMALISASI MESIN PENEKAN PAKU KELING BERBASIS RELAI

Taufiq Hidayat

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Email: taufiq@akprind.ac.id

ABSTRACT

The rivet press machine used by PT. WL Aluminum, one of the industries that produce home appliances made from aluminum, has applied PLC technology to control the performance of its hydraulic system. PLC is used because this machine is originally a universal machine, which in addition to functioning as a semi-automatic riverbank suppressor, it can also function as a wire cutter automatically and as a semi-automatic piercing machine by activating one of the switches. In fact, the function other than riveting has not been used so that the use of PLC is no longer effective because the cost is relatively expensive and need special skills and equipment in case of problems in the program. This research tries to change the PLC-based machine control diagram to relay based and simulate the diagram using FluidSim-H software. By using FluidSim-H already installed on the computer, the performance of the suppressor cylinder can be simulated well including component selection and interconnection. The use of relay is able to control this pressure machine because it does not require complicated machine work. Intercomponent can also be linked to simple ones that can ultimately reduce component procurement cost. Treatment of control is easier because the use of relai does not require special skills

Keywords: relay, control chart, simulation.

INTISARI

Mesin penekan paku keling yang digunakan oleh PT. WL Aluminium, salah satu industri yang memproduksi peralatan rumah tangga berbahan aluminium, sudah menerapkan teknologi *PLC* untuk mengontrol unjuk kerja sistem hidroliknya. *PLC* digunakan karena awalnya mesin ini adalah mesin *universal*, dimana selain berfungsi sebagai penekan paku keling semi-otomatis, juga bisa difungsikan sebagai pemotong kawat secara otomatis maupun sebagai mesin pelubang semi-otomatis dengan mengaktifkan salah satu saklar. Pada kenyataannya fungsi selain penekanan paku keling sampai saat ini tidak pernah digunakan, sehingga penggunaan *PLC* tidak lagi efektif karena biaya relatif mahal serta perlu keahlian dan peralatan khusus jika terjadi permasalahan pada programnya. Penelitian kali ini berusaha mengubah diagram kontrol mesin yang berbasis *PLC* menjadi berbasis relai dan mensimulasikan diagram tersebut menggunakan *software FluidSim-H*. Dengan menggunakan *FluidSim-H* yang sudah terinstal pada komputer, kinerja dari silinder penekan mampu disimulasikan dengan baik termasuk juga pemilihan dan hubungan antar komponen. Penggunaan relai mampu untuk mengontrol mesin penekan ini karena tidak diperlukan kerja mesin yang rumit. Antar komponen juga bisa dihubungkan dengan sederhana yang pada akhirnya bisa mengurangi biaya pengadaan komponen. Perawatan terhadap kontrol lebih mudah karena penggunaan relai tidak membutuhkan keahlian khusus.

Kata kunci: relai, diagram kontrol, simulasi.

PENDAHULUAN

Pembangunan industri, sebagai motor penggerak perekonomian, akan terus didorong perannya karena telah terbukti memberi kontribusi yang berarti terhadap pembangunan nasional. Mengingat perannya yang strategis, sektor industri khususnya industri manufaktur, perlu ditingkatkan kinerjanya. Salah satu masalah yang menuntut perhatian bersama adalah lemahnya penguasaan teknologi industri. Fakta di pasar menunjukkan bahwa sebagian besar produk lokal

dihasilkan oleh industri berbasis teknologi rendah, yakni industri yang menghasilkan nilai tambah relatif rendah. Kondisi ini juga disebabkan oleh belum terpadunya pengembangan iptek di lembaga-lembaga penelitian yang tersebar di berbagai instansi dengan dunia industri. Keteringgalan atas penguasaan teknologi membuat daya saing produk industri lemah dalam menghadapi persaingan yang semakin ketat. Di pasar lokal, daya saing produk kita semakin terancam akibat belum

meluasnya penerapan standarisasi nasional (Bappenas, 2009).

Industri manufaktur memegang peranan penting dalam penyediaan barang-barang yang berkualitas. Dalam industri manufaktur, sistem mekanisasi terus dioptimalkan untuk menekan biaya produksi dan menjaga keseragaman kualitas produk yang dihasilkan. Dengan perkembangan sistem mekanisasi, di mana teknologi mesin menjadi kunci utamanya, memudahkan manusia untuk mengerjakan sesuatu menjadi lebih efisien dan cepat. Sistem mekanisasi dalam proses manufaktur tidak hanya ditemui dalam industri-industri berskala besar, namun sistem ini dapat diterapkan juga dalam industri kecil menengah. Diharapkan, produk-produk industri kecil menengah selain dapat memenuhi kebutuhan lokal, dapat juga bersaing dengan produk yang dihasilkan oleh industri besar karena adanya standarisasi produk. Pada akhirnya, sistem ini dapat mendorong dunia usaha kecil menengah untuk mengembangkan usaha menjadi lebih maju, sehingga kesejahteraan dapat dinikmati pada berbagai lapisan masyarakat.

Salah satu contoh usaha kecil menengah yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah industri pengecoran aluminium di daerah Giwangan kota Yogyakarta. Produk dari industri ini berupa peralatan rumah tangga yang pemasarannya lokal walau sebagian sudah merambah wilayah luar Yogyakarta. Dari bahan dasar aluminium bekas, kemudian diolah dengan cara cor ulang menjadi peralatan seperti wajan, panci, ketel, cetakan kue dan peralatan lainnya. Produk-produk tersebut dibuat sebagian besar masih menggunakan alat bantu atau mesin yang sederhana, bahkan untuk beberapa proses akhir masih menggunakan tenaga manusia.

Dari hasil pengamatan dan survei yang telah penulis lakukan, beberapa proses yang dikerjakan manual menyebabkan hasil akhir kurang baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Penurunan ini berbanding lurus dengan jam kerja pekerjanya, dimana saat masih pagi atau awal jam masuk kerja hasil pekerjaannya baik tetapi semakin siang saat kondisi pekerja sudah mulai lelah, hasil pekerjaan juga semakin menurun.

Proses akhir dari produksi industri aluminium di seputaran Giwangan Kota

Yogyakarta yang masih mengandalkan tenaga manusia dirasa sangat menghambat proses produksi. Permasalahan inilah yang akan penulis coba untuk ikut mengatasinya dengan merekayasa dan membuat suatu mesin yang bisa mempertahankan kualitas proses akhir peralatan rumah tangga yang diproduksi oleh industri aluminium berupa sebuah alat/mesin tekan untuk proses *riveting*. Dengan mesin tekan bertenaga hidrolis yang dibuat diharapkan hasil akhir proses pengelingan akan rapi dan seragam dari awal hingga akhir jam kerja sehingga kualitas produk meningkat.

Hasil beberapa penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa proses penggunaan hidrolis yang digabungkan dengan kontrol *PLC* mempermudah suatu proses manufaktur (Hong, 2011). Penggunaan kontrol *PLC* sangat mudah diaplikasikan di dalam otomatisasi mesin dan sangat umum dipakai dalam proses produksi di bidang manufaktur dimana biaya pengembangan dan mempertahankan sistem otomatisasi relatif lebih tinggi (Kelvin, 2005). Azrin dan Sukiran pada tahun 2010 telah melakukan penelitian tentang desain dan pembuatan mesin *punch* bertenaga pneumatik dengan menggunakan *software solidwork 2007* dalam pendesainan dan *Fluidsim* untuk mensimulasikan proses. Dengan perkembangannya teknik komputer, analisis kekuatan desain suatu gambar mekanik yang merupakan pekerjaan sulit dan menghabiskan sebagian waktu pendesainan bisa dengan mudah dilakukan dan simulasi mekanismenya dapat dilihat sebelum prototype dibuat (Hongyu, 2011). Wijono pada tahun 2011 mengadakan penelitian tentang pembuatan ulir pada baut untuk penyambung patah tulang, dimana dalam makalahnya disajikan suatu metode konvensional yaitu melalui proses pemesinan (*machining processes*) dan proses penempaan (*forging processes*). Proses penempaan pada penelitian tersebut menggunakan tenaga hidrolis dimana *hexagon tool* secara perlahan ditekan pada *bone scrow* sehingga membentuk *slot hexagon* sedalam 3 mm yang berfungsi sebagai tempat kunci L (*hexagon key*).

Pompa Hidrolik

Pompa hidrolis digerakkan secara mekanis oleh motor listrik. Pompa hidrolis berfungsi untuk mengubah energi mekanik

menjadi energi hidrolik dengan cara menekan fluida hidrolik ke dalam sistem. Dalam sistem hidrolik, pompa merupakan suatu alat untuk menimbulkan atau membangkitkan aliran fluida dan untuk memberikan daya sebagaimana diperlukan. Apabila pompa digerakkan motor (penggerak utama), pada dasarnya pompa melakukan dua fungsi utama, yaitu:

- a. Pompa menciptakan kevakuman sebagian pada saluran masuk pompa. Vakum ini memungkinkan tekanan atmosfer untuk mendorong fluida dari tangki (*reservoir*) ke dalam pompa.
- b. Gerakan mekanik pompa menghisap fluida ke dalam rongga pemompaan, membawanya melalui pompa, kemudian mendorong dan menekannya ke dalam sistem hidrolik.

Ada beberapa jenis pompa yang biasa digunakan dalam sistem hidrolik, tetapi pada umumnya yang digunakan adalah jenis berputar (*rotary*). Pompa rotari adalah pompa positif (*positive displacement pumps*) dimana energi ditransmisikan dari motor penggerak ke cairan oleh suatu bagian (elemen) yang mempunyai gerakan berputar di dalam rumah pompa. Pompa jenis ini akan merangkap cairan dan mendorongnya melalui rumah pompa yang tertutup. Pompa rotari mengeluarkan cairan dengan aliran yang lancar (*smooth*).

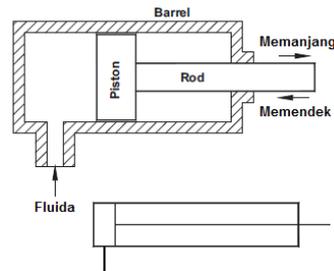
Silinder Kerja Hidrolik

Silinder kerja hidrolik merupakan komponen utama yang berfungsi untuk merubah dan meneruskan daya dari tekanan fluida, dimana fluida akan mendesak piston yang merupakan satu-satunya komponen yang ikut bergerak untuk melakukan gerak translasi yang kemudian gerak ini diteruskan ke bagian mesin melalui batang piston. Menurut konstruksi, silinder kerja hidrolik dibagi menjadi dua macam tipe dalam sistem hidrolik, antara lain:

1. Silinder kerja tunggal (*single acting*)

Silinder kerja ini hanya memiliki satu buah ruang fluida kerja di dalamnya, yaitu ruang silinder di atas atau di bawah piston seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

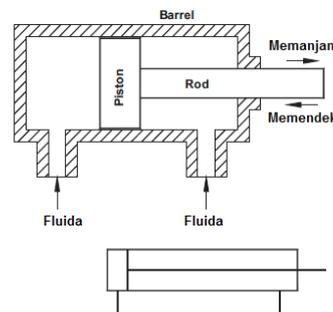
Kondisi ini mengakibatkan silinder kerja hanya bisa melakukan satu buah gerakan, yaitu gerakan tekan. Sedangkan untuk kembali ke posisi semula, ujung batang piston didesak oleh gravitasi atau tenaga dari luar.



Gambar 1. Skema dan Simbol Silinder Kerja Tunggal

2. Silinder kerja ganda (*double acting*)

Silinder kerja ini memiliki dua buah ruang fluida di dalam silinder yaitu ruang silinder di atas piston dan di bawah piston, hanya saja ruang di atas piston ini lebih kecil bila dibandingkan dengan yang di bawah piston karena sebagian ruangnya tersita oleh batang piston seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Silinder Kerja Ganda

Katup Kontrol Aliran

Aliran fluida dalam sistem hidrolik penting untuk diatur baik dalam arah alirannya maupun besaran lajunya. Katup kontrol arah digunakan untuk mengatur dari sisi mana fluida masuk ke silinder sehingga piston silinder akan memanjang maupun memendek. Sedangkan katup kontrol aliran digunakan untuk mengatur laju aliran yang masuk maupun keluar dari silinder sehingga kecepatan keluar-masuknya piston bisa terkontrol. Katup kontrol arah sistem hidrolik diklasifikasikan menurut jumlah lubang dalam satu posisi dan jumlah posisi kerjanya.

Katup Kontrol Aliran

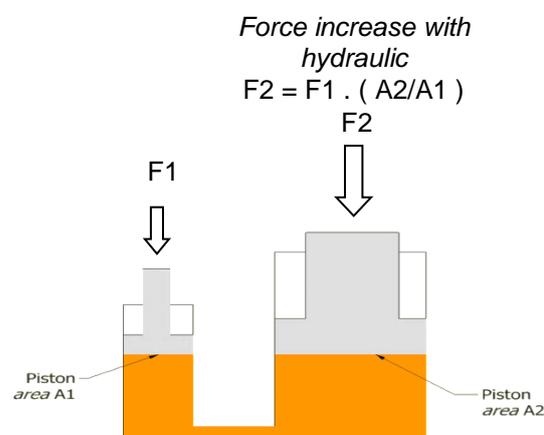
Aliran fluida hidrolik dapat dikontrol dengan menggunakan katup yang hanya memberikan satu arah aliran. Katup ini sering dinamakan dengan *check valve* yang umumnya menggunakan sistem bola. Simbol katup kontrol aliran ada yang berupa gabungan beberapa simbol. Katup

ini terdiri dari bagian yang menjadi satu blok atau juga yang dengan blok yang terpisah. Garis putus putus menunjukkan *pilot pressure*. Saluran *pilot pressure* ini akan menyambung atau memutuskan katup tergantung dari jenis katup ini *normally close* atau *normally open*. Pegas berfungsi untuk mengkondisikan katub dalam posisi normal. Jika tekanan pada sisi *flow side valve* sudah sesuai besarnya, saluran *pilot* akan menekan dan katup akan terbuka. Ketika tekanan sudah turun kembali maka pegas akan mengembalikan ke posisi semula dibantu *pilot line* pada sisi satunya sehingga aliran akan terputus. Katup ini juga umum digunakan sebagai *flow divider* atau sebagai *flow control valve*.

Cara Kerja Mesin Tekan Hidrolik

Mesin tekan hidrolik bekerja berdasarkan Hukum Pascal, cara kerjanya menggunakan sistem hidrolik. Sebuah mesin tekan hidrolik terdiri dari komponen dasar yang digunakan dalam sistem hidrolik yang mencakup silinder, piston, pipa hidrolik dan katup-katup kontrol arah maupun laju aliran.

Prinsip kerja mesin tekan ini sangat sederhana. Sistem ini terdiri dari dua silinder, cairan (biasanya minyak) dituangkan dalam silinder memiliki diameter kecil. Piston dalam silinder ini didorong sehingga memampatkan cairan di dalamnya yang mengalir melalui pipa ke dalam silinder yang lebih besar dan piston dalam master silinder mendorong cairan kembali ke silinder asli.



Gambar 3. Sistem Hidrolik Berdasarkan Hukum Pascal

Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) banyak digunakan dalam kontrol gerak, kontrol posisi dan kontrol torsi.

Programmable logic adalah salah satu penemuan paling berpengaruh abad ini yang memberi dampak otomasi industri semakin banyak terwujud dan terus berkembang seiring waktu (Kiran, 2013). *PLC* adalah pengendali logika terprogram yang merupakan peralatan elektronik perangkat keras yang dapat mengolah masukan (*input*), membuat keputusan dan mengirim keluaran (*output*) secara langsung kepada operasi produksi. *PLC* ini tersusun dari piranti utama, yaitu:

- 1 *Power supply*: piranti yang memberikan suatu tegangan DC tingkat rendah kepada rangkaian elektronik.
- 2 Prosesor (mikroprosesor): piranti yang berfungsi memproses semua modul yang di-*input*-kan dan mengolahnya menjadi modul keluaran (*output*). Prosesor ini merupakan 'otak' dari *PLC*.
- 3 Modul masukan (*input unit*): alat ini berfungsi sebagai terminal bagi kabel-kabel yang datang dari peralatan masukan seperti sensor dan saklar, dan sebagai pengkondisian sinyal-sinyal listrik dari alat-alat masukan.

Modul keluaran (*output unit*): alat ini berfungsi sebagai terminal kabel-kabel yang menyampaikan susunan sinyal-sinyal menuju peralatan output yang terpasang pada mesin yang dikendalikan, dan sebagai pengkondisian sinyal-sinyal listrik dari prosesor yang dipakai oleh alat-alat keluaran pada suatu mesin yang dikontrol.

PLC memproses input sinyal biner menjadi *output* yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), di sini *PLC* mengontrol agar setiap langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat. *PLC* secara kontinyu memonitor status sistem dan mengambil tindakan yang diperlukan sehubungan dengan proses yang dikontrol, serta menampilkan pesan tersebut pada operator sistem.

Sistem *PLC* memerlukan dua catu daya. Satu untuk keperluan peralatan *output*, sedangkan satunya untuk catu daya modul-modul *PLC* itu sendiri yang menggunakan arus DC. Arus DC ini diperoleh dari rangkaian terintegrasi atau transistor. Jika sistem catu daya menggunakan IC TTL dapat dihasilkan tegangan 5 Volt, tetapi jika menggunakan IC CMOS tegangan yang didapat akan dapat bervariasi dalam 3 sampai 18 Volt.

Relai

Relai adalah suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak sakelar. Rilai yang paling sederhana tersusun dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini dienergikan, medan magnet yang terbentuk menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme sakelar magnet.

Berdasarkan cara kerja relai dibedakan atas:

1. Normal terbuka. Kontak sakelar tertutup hanya jika relai dihidupkan.
2. Normal tertutup. Kontak sakelar terbuka hanya jika relai dihidupkan.
3. Tukar-sambung. Kontak sakelar berpindah dari satu kutub ke kutub lain saat relai dihidupkan.
4. Bila arus masuk pada gulungan, maka seketika gulungan akan berubah menjadi medan magnet. Gaya magnet inilah yang akan menarik luas sehingga saklar akan bekerja

Berdasarkan konstruksi, maka relai terdiri atas:

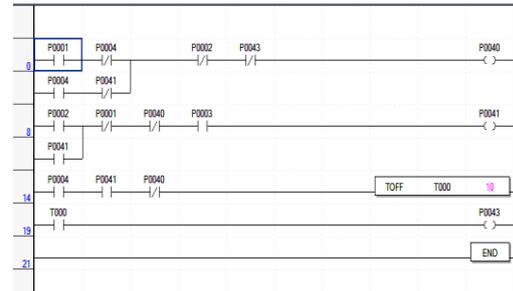
1. Relai menggrendel. Jenis relai yang terus bekerja walaupun sumber tenaga kumparan telah dihilangkan.
2. Relai lidi digunakan untuk pensakelaran cepat daya rendah. Terbuat dari dua lidi feromagnetik yang dikapsulkan dalam sebuah tabung gelas. Kumparan dililitkan pada tabung gelas.

PEMBAHASAN

Penggunaan *Programmable Logic Controller (PLC)* diterapkan karena mesin ini dibuat multifungsi yaitu selain sebagai penekan, juga difungsikan untuk memotong kawat aluminium yang telah digunakan sebagai bahan paku keling selama ini, sehingga dengan satu *switching* maka mesin tersebut berubah fungsi.

Ladder diagram pada gambar 4 yang dibuat, sudah lengkap dengan program fungsi pemotong, dimana P0040 adalah solenoid A dan P0041 adalah solenoid B, sedangkan P0042 akan digunakan untuk motor pengumpan kawat menuju pemotong. Perubahan fungsi mesin diaktifkan dengan *switch* P0005, di mana jika P0005 tidak *generated* maka pergerakan mesin akan sama dengan saat dimodelkan pada sistem hidrolik diatas dan jika P0005 *generated* maka solenoid A dan B secara otomatis aktif terus berulang-ulang. Motor pengumpan akan berputar

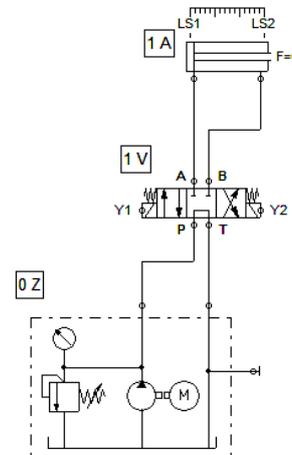
saat aktuator kembali ke posisi semula dan berhenti saat aktuator maju menekan. Lamanya motor berputar diatur menggunakan timer T000, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan panjang pemotongan yang diharapkan.

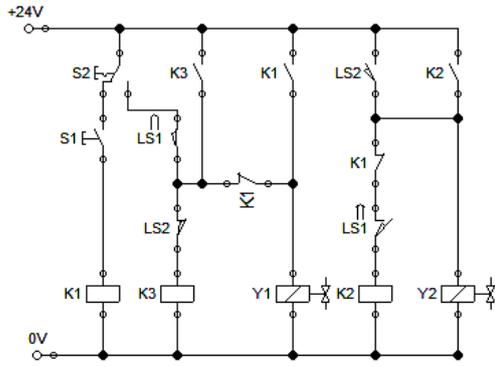


Gambar 4. Ladder Diagram Multifungsi

Program tersebut kemudian di-*upload*-kan ke dalam *PLC device*, dimana jika terjadi permasalahan pada *device* maka program tersebut bisa hilang dan harus di-*upload* ulang.

Pembuatan dan *upload* program memerlukan pengetahuan khusus dan peralatan (komputer) yang kompatibel dengan *PLC*-nya. *PLC* LS yang digunakan masih menggunakan koneksi RS232 sehingga harus menggunakan perangkat *PC* yang memiliki *serial port* padahal teknologi sekarang sudah mulai meninggalkan *port* tersebut dan beralih ke *USB*. Berasarkan hal ini maka penelitian mengalihkan bagaimana mengganti *PLC* dengan relai tetapi kerja mesin masih seperti semula.





Gambar 5. Rangkaian Simulasi Sistem Hidrolik

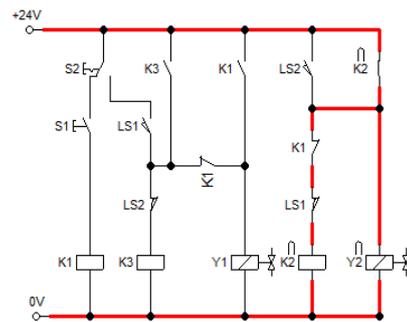
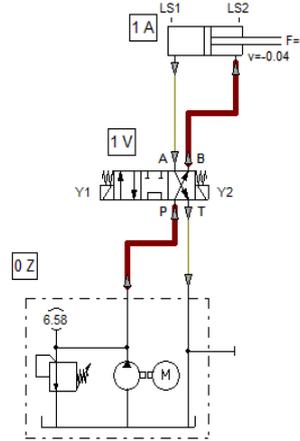
Proses selanjutnya yang perlu dibahas yaitu perancangan sistem hidrolik. Pada proses ini sistem disimulasikan menggunakan *software FluidSim-H* versi 4.2p. Desain seperti pada Gambar 5, menggunakan silinder kerja ganda dengan tekanan kerja maksimal 3 MPa dan kontrol aliran diproses oleh katup kontrol aliran 4/3 dengan aktuasi elektrik dan pegas.

Tabel 1. Daftar Komponen Hidrolik-Elektrik

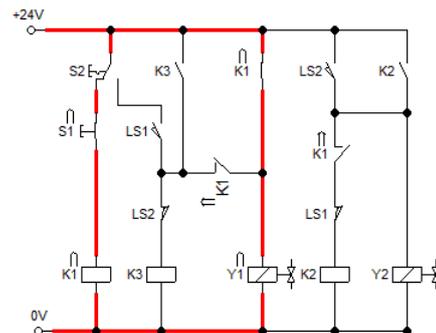
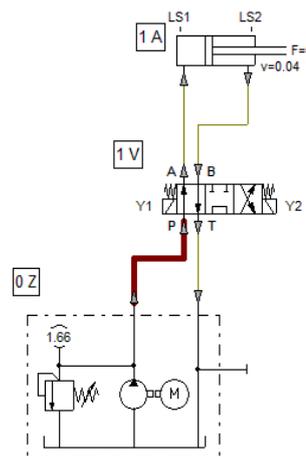
No	Component Description	QTY
1	Double acting cylinder (1A)	1
2	4/3 Way Valve (1V) 1	1
3	Pump unit (0Z)	1
4	Detent switch (S2)	1
5	Pushbutton (S1)	1
6	Limit switch (LS1, LS2)	2
7	Relay (K1, K2, K3)	3
8	Valve solenoid (Y1, Y2)	2
9	Electrical connection	2

Gambar 6 memperlihatkan saat PB1 (pedal) ditekan maka arus listrik akan memicu relai K1 sehingga solenoid A (Sol_A) akan aktif yang selanjutnya katup kontrol arah 4/3 bergeser kekanan sehingga fluida mengalir menuju aktuator sisi kiri. Kecepatan aliran fluida menuju aktuator ini diatur menggunakan katup kontrol aliran satu arah. Aktuator akan berhenti dimanapun jika PB1 dilepas dan maju lagi jika PB1 kembali ditekan.

Saat aktuator mencapai posisi dimana terdapat *limit switch 2* (LS2), aktuator akan berhenti walaupun PB1 tetap ditekan dan kembali keposisi awal secara otomatis jika PB1 dilepas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Aktuator Bergerak Maju



Gambar 7. Aktuator Kembali ke Posisi Awal

KESIMPULAN

Dari hasil analisa pengamatan alat dan simulasi sistem kontrol dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan PLC mempermudah pengontrolan mesin, fleksibilitas fungsi mesin dan menyederhanakan sistem *electrical*-nya.
2. Teknisi di sentra industri Giwangan yang menggunakan mesin tekan tidak ada yang menguasai pemrograman PLC sehingga jika ada permasalahan pada kontrol PLC harus memanggil teknisi yang mengembangkannya.
3. Penggunaan *software FluidSim-H* mampu menampilkan unjuk kerja sistem hidrolik sekaligus diagram elektrik yang diperlukan untuk menggantikan sistem PLC dimana agar mesin masih bisa bekerja seperti semula maka diperlukan 3 relai untuk menggantikan PLC.

DAFTAR PUSTAKA

- Azrin, S.N. dan Sukiran., 2010, Design and Fabricate of Pneumatik Punching Tool, *Project Report*, UteM, Melaka.
- Bappenas, 2009, Rencana Awal Kerja Pemerintah Tahun 2007, 5 Mei 2014, www.bappenas.go.id/data-dan-informasi-utama/rancangan-awal-rencana-kerjapemerintah-tahun-2007/?&kid=1406209557
- Hong, W. A., 2011, Design of PLC-base Hydraulic System for Workpiece Turnover, *Procedia Engineering*, 15, 122-126.
- Ericson, K.T., 2005, *Programmable Logic Controllers: An Emphasis on Design and Applications*, Dagwood Vally Press LLC.
- Hongyu dan Ziyi, 2011, Design and Simulation Base on Pro/E for a Hidraulic Lift Platform in Scissor Type, *Procedia Engineering*, 16, 772-781.
- Kiran, A.R., Sundeep, B.V., Vardhan C. S., Mathews, N., 2013, The Principle of programmable Logic Controller and its role in Automation, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, Volume 4, Issue 3, 500-502.
- Wijono S., Mahardika M., Suyitno dkk, 2011, Pembuatan Ulir Pada Baut Untuk Penyambung Patah Tulang, *Seminar Nasional Teknik Industri, UGM, Yogyakarta*, ISBN 978-602-99680-0-2

ANALISIS EFISIENSI KERJA PELAYANAN PEMBAYARAN REKENING AIR DENGAN PENDEKATAN DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)

Suseno, Sidha Rahmawan

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta
suseno@uty.ac.id

Abstract

Water is a basic requirement for human life so that clean water is a part of human rights that must be met for its survival. In Indonesia Regional Water Company (PDAM) is a state-owned corporation designated as the state water provider for the community. For countries company PDAM are required to work to improve the productivity of services in the water supply. This research was conducted with the aim of analyzing the efficiency Capital District (IKK) from Klaten district PDAM that have a variety of input and output quantitatively using the method of Data Envelopment Analysis (DEA). DEA method efficiency analysis requires the following parameters: the number of employees and the distribution of water as an input; while customers, yards sales and revenue as output. Of the result is that there are two Capital District (IKK) which is inefficient from five Capital District (IKK) which is partially contained in Klaten PDAM. Improvements that can be performed on IKK Delanggu with value 0.6606210 efficiency is to perform a target reduction of 9,177 \approx 10 employees and customer additions for 3249, while IKK prambanan with value 0.4973699 efficiency is to perform a target reduction of 5,885 \approx 6 employees and the addition of subscribers by 2020. Improvement of the determination of those targets is expected IKK Delanggu and Prambanan can improve its efficiency.
Keywords: Data Envelopment analysis, IKK, Efficiency

INTISARI

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia sehingga mendapatkan air bersih merupakan bagian dari hak asasi manusia yang harus dipenuhi untuk kelangsungan hidup. Di Indonesia Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan perusahaan BUMD yang ditunjuk negara sebagai penyedia air bagi masyarakat. PDAM sebagai perusahaan Negara, dituntut untuk berupaya meningkatkan pelayanannya dalam penyediaan air. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis tingkat efisiensi Ibu Kota Kecamatan (IKK) dari wilayah PDAM Klaten yang mempunyai variabel *input* dan *output* yang beragam secara kuantitatif dengan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA). Analisis efisiensi metode DEA memerlukan parameter sebagai berikut: jumlah karyawan dan distribusi air sebagai *input*; sedangkan pelanggan, meter jual dan pendapatan sebagai *output*. Dari hasil penelitian didapat bahwa terdapat dua Ibu Kota Kecamatan (IKK) yang tidak efisien dari lima Ibu Kota Kecamatan (IKK) yang sebagian terdapat di PDAM Klaten. Perbaikan yang dapat dilakukan pada IKK delanggu dengan nilai efisiensi 0,661 adalah dengan melakukan penurunan target karyawan menjadi 9,177 \approx 10 dan penambahan pelanggan menjadi 3.249 pelanggan sedangkan IKK prambanan dengan nilai efisiensi 0,497 adalah dengan melakukan penurunan target karyawan menjadi 5,885 \approx 6 dan penambahan pelanggan menjadi 2.020 pelanggan. Dari penetapan perbaikan target tersebut diharapkan IKK Delanggu dan Prambanan dapat meningkatkan efisiensi.

Kata kunci: *Data Envelopment Analisis, IKK, Efisiensi*

PENDAHULUAN

Masyarakat dalam mendapatkan air bersih merupakan bagian dari hak asasi manusia yang harus dipenuhi untuk kelangsungan hidup. Sejak diciptakan, tubuh manusia mengandung 60% unsur air dan untuk menjaga kesehatan terutama untuk menjaga fungsi ginjal, pakar kesehatan telah menganjurkan untuk mengkonsumsi air minimal dua liter per hari. Tidak hanya itu, air juga berperan dalam menunjang berbagai sektor antara lain industri,

pertanian, perikanan, peternakan, transportasi, pariwisata, dan rumah tangga.

Di Indonesia Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) merupakan BUMD yang ditunjuk Bupati sebagai penyedia air bersih guna memenuhi kebutuhan air bersih untuk masyarakat. Sejak tahun 1977 lewat dana APBN (DIP) Departemen Pekerjaan Umum di Kota Klaten mulai dibangun sistem penyediaan air bersih atau dikenal dengan proyek penanggulangan darurat yang bertujuan untuk mengenalkan sistem air

bersih kepada masyarakat Klaten dalam pemenuhan kebutuhan air bersih.

PDAM Klaten dibentuk dan didirikan berdasarkan perda No. 2 tahun 1977 yang disahkan dengan Surat Keputusan Gubernur Kepala Daerah TK.1 Jawa Tengah No. HK.057/P/1977 tanggal 9 september 1977. Visi dari PDAM yaitu terwujudnya pelayanan air bersih yang prima serta kondisi perusahaan yang sehat dan mandiri. PDAM Klaten harus berusaha melayani masyarakat dengan baik terutama pada pelayanan kebutuhan air bersih. Di PDAM Klaten terdapat sembilan unit IKK (Ibu Kota Kecamatan) yang tersebar di wilayah Klaten. Fungsi dari unit IKK adalah melayani pembayaran rekening air. Sejalan dengan perkembangan, kegiatan operasional di Unit IKK semakin lama semakin kurang efisien, oleh karena itu perlu dilakukan analisis efisiensi kerja pelayanan pembayaran rekening air di setiap unit Ibu Kota Kecamatan (IKK) sehingga perusahaan dapat melakukan langkah-langkah perbaikan secara berkesinambungan ke arah peningkatan efisiensi. Hal penting dalam peningkatan efisiensi adalah penetapan target *input* dan *output* yang diperlukan bagi manajemen dalam melakukan monitoring setelah pengukuran jumlah pelanggan. Berdasarkan target yang telah ditetapkan, akan dapat dilakukan perbaikan input dan output untuk meningkatkan kerja pelayanan tiap-tiap unit IKK yang tidak efisien.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat efisiensi kerja yang telah dicapai perusahaan pada proses pelayanan pembayaran rekening air.

Data Envelopment Analysis (DEA) merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam pengukuran efisiensi perusahaan dengan kelebihan yaitu mengakomodasikan banyak *input* maupun *output* dalam banyak dimensi, sehingga akan didapatkan suatu pengukuran efisiensi yang lebih akurat sebagai langkah awal dalam meningkatkan produktivitas kerja. DEA diaplikasikan secara luas dalam evaluasi *performace* pada institusi pendidikan, rumah sakit, cabang bank, *production plan* dan lain-lain.

Aplikasi metode DEA dapat mengetahui tingkat efisiensi kerja setiap Unit IKK, khususnya bagian pelayanan pembayaran rekening air PDAM Klaten. Hal ini didasari pada kenyataan bahwa metode DEA secara luas digunakan untuk menyelesaikan berbagai analisis permasalahan dalam pengambilan keputusan, mengevaluasi multikriteria sistem

dan menyediakan hasil dalam meningkatkan sistem yang sudah ada.

Oleh karena itu perlu mengetahui besar nilai efisien dan inefisien dari masing-masing Unit IKK di PDAM Klaten, serta menentukan strategi perbaikan bagi Unit IKK di PDAM Klaten.

Produktivitas Pelayanan

Produktivitas pelayanan sendiri dapat didefinisikan sebagai kemampuan sebuah perusahaan penghasil pelayanan dalam menggunakan input untuk menyediakan pelayanan dengan menyesuaikan ekspektasi. Dengan ini maka kualitas dalam produktivitas pelayanan terletak pada sejauh mana kesesuaian ekspektasi pelanggan terhadap kondisi nyata. (Rutkauskas, 2005).

Konsep Efisiensi

Konsep lain dari efisiensi adalah "Technical Efficiency", yang mempunyai arti merubah beberapa input (seperti tenaga kerja, pendapatan) menjadi output dengan level performa yang tinggi. Penggunaan input dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk menghasilkan jumlah output tertentu. Efisiensi diartikan juga sebagai gambaran sistem dengan performa yang baik dalam memaksimalkan output dari input. (Suwandi, 2005).

Data Envelopment Analysis (DEA)

Model DEA yang digunakan adalah model CCR (Charnes-Cooper- Rhodes) atau disebut juga model *constant return of scale*, dimana pada model ini diperkenalkan suatu ukuran efisiensi untuk masing-masing Decision Making Unit (DMU) yang merupakan rasio maksimum antara output yang terbobot dengan input yang terbobot. Model matematis DEA-CCR dengan menggunakan program non linear untuk DMU ke-k dari sejumlah n DMU adalah sebagai berikut:(Charnes et al., 1978).

$$Efisiensi = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk proses peningkatan produktivitas dari masing-masing DMU digunakan model BC (Banker,Charnes,Cooper) atau disebut juga model *Variable Return to Scale*.

Peer Group

Tujuan *peer group* dibentuk adalah untuk menentukan arahan perbaikan kerja bagi DMU yang tidak efisien (inefisien). Metode yang digunakan disini adalah *Hierarchical Cluster Analysis* dengan Software SPSS.

Penetapan Target

Data Envelopment Analysis (DEA) tidak hanya mengidentifikasi unit tidak efisien, tetapi juga derajat ketidakefisienan. Analisa ini menjelaskan bagaimana unit yang tidak efisien agar menjadi efisien. Formulasi penetapan target model DEA CCR Dual dan model DEA BCC adalah sebagai berikut: (Warsito, Suparno, 2008).

1. Formulasi target model DEA CCR

Target faktor X (*input*) :

$$X_1 = \theta * X_{10} - S_1^{-*} \dots\dots\dots(2)$$

Target faktor X (*output*) :

$$Y_1 = Y_{10} + S_1^{+*} \dots\dots\dots(3)$$

2. Formulasi target model BCC

Target faktor X (*input*) :

$$X_1 = \frac{(\theta * X_{10} - S_1^{-*})}{\sum_{j=1}^4 \lambda_j^*} \dots\dots\dots(4)$$

Target faktor X (*output*) :

$$Y_1 = \frac{Y_{10} - S_1^{-*}}{\sum_{j=1}^4 \lambda_j^*} \dots\dots\dots(5)$$

Analisis Korelasi

Analisis korelasi bertujuan untuk menentukan ada tidaknya hubungan dalam dua variabel pada suatu data pengamatan, dan bagaimana serta arah besar hubungan tersebut. Analisis korelasi yang digunakan yaitu analisis korelasi *Pearson Product Moment*, karena korelasi ini digunakan untuk menentukan hubungan antara dua gejala interval. Pengolahan korelasi *Pearson Product Moment* dapat dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 17 yaitu *Correlate Bivariate* dimana parameter yang digunakan adalah nilai dari *Pearson Correlation*.(Santoso, 2002)

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dirancang untuk mempelajari pengaruh perubahan dalam parameter model *linear programming* terhadap pemecahan *optimum*. Tujuan akhir dari analisis ini adalah untuk memperoleh informasi tentang pemecahan *optimum* yang baru dan yang dimungkinkan (yang bersesuaian dengan

perubahan dalam parameter tersebut) dengan perhitungan tambahan yang minimal. (Siswanto, 2004).

PEMBAHASAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan variabel yang memiliki pengaruh dalam proses pelayanan masing-masing Ibu Kota Kecamatan (IKK) PDAM Klaten. Data yang telah dikumpulkan dari hasil pengamatan langsung di PDAM Klaten sebagai berikut:

Tabel 1 Klasifikasi DMU

DMU	Unit IKK
1	Kota Klaten
2	Karang Anom
3	Delanggu
4	Cawas
5	Prambanan

Tabel 2 Variabel *Input-Output*

No	Faktor	Kategori	Keterangan
1	Karyawan	<i>Input</i>	Orang
2	Distribusi	<i>Input</i>	Meter kubik
3	Pelanggan	<i>Output</i>	Rumah
4	Meter_Jual	<i>Output</i>	Meter kubik
5	Pendapatan	<i>Output</i>	Rupiah

Tabel 3. Data *Input-Output*
Input

Data Faktor	Karyawan	Distribusi
DMU 1	18	1.694.276
DMU 2	15	372.649
DMU 3	14	289.142
DMU 4	14	199.890
DMU 5	12	95.522

Output

Data Faktor	Pelanggan	Meter_Jual	Pendapatan
DMU 1	15.845	1.307.223	4.386.909.100
DMU 2	4.514	274.670	341.208.500
DMU 3	3.248	205.018	466.341.600
DMU 4	3.297	139.086	281.462.000
DMU 5	2.019	121.663	254.816.650

Analisis Korelasi

Pengolahan korelasi *Pearson Product Moment* dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 17 yaitu *Correlate Bivariate*, sedangkan parameter yang digunakan adalah nilai dari *Pearson Correlation*. Dari hasil SPSS 17, terdapat korelasi sangat kuat yaitu antara Pelanggan–distribusi dan distribusi–meter_jual dengan nilai korelasi 0,999.

Tabel 4 *Interval Koefisien*

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,199	Sangat Rendah
0,20 - 0,399	Rendah
0,40 - 0,599	Sedang
0,60 - 0,799	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

Tabel 5 Korelasi Pelanggan dan Karyawan

N	V1	V2	(X - X) (X)	(Y - Y) (Y)
1	18	15.845	3,4	10.061
2	15	4.514	0,4	-1.270
3	14	3.248	-0,6	-2.536
4	14	3.297	-0,6	-2.487
5	12	2.019	-2,6	-3.765
Σ	73	28.923		
Rerata	14,6	5.784,6		

Tabel 6 Korelasi Faktor (*Pearson Correlation*)

	Kary awan	Di stri bu si	Pe la ng ga n	Me ter _J ual	Pe nd ap ata n
Karyawan	1	0,930	0,932	0,910	0,887
Distribusi	0,930	1	0,999	0,999	0,991
Pelanggan	0,932	0,999	1	0,997	0,989
Meter_Jual	0,910	0,999	0,997	1	0,995
Pendapatan	0,887	0,991	0,989	0,995	1

Perhitungan Efisiensi Produktivitas

Pada perhitungan produktifitas ini dapat dibagi menjadi dua tahapan. Perhitungan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

Tabel 7 *Data Input dan Output* setiap DMU

DMU	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂	Y ₃
1	1.694.2	15.8	1.307.2	4.386.909	
8	76	45	23	.100	
2	372.64	4.51	274.67	341.208.5	
5	9	4	0	00	
3	289.14	3.24	205.01	466.341.6	
4	2	8	8	00	
4	199.89	3.29	139.08	281.462.0	
4	0	7	6	00	
5	95.522	2.01	121.66	254.816.6	
2		9	3	50	

Perhitungan Efisiensi Relatif

Perhitungan ini menggunakan DEA CCR Dual atau juga disebut *Constant Return Of Scale*. Model DEA orientasi *input* digunakan karena pihak manajemen ingin melakukan efisiensi terhadap *input* dan tidak mengurangi

jumlah *output* yang dihasilkan. Pengukuran efisiensi dihitung dengan menggunakan DEA CCR (Charnes, Cooper, Rhodes 1978) primal yang meningkatkan produktivitas secara tepat berdasarkan skala produksi dari DMU terbaik.

Dari hasil perhitungan model efisiensi relatif didapatkan DMU yang efisien dan inefisien.

Tabel 8 DMU Efisien dan Inefisien

DMU	Efisie n	Inefisie n
1	1	
2	1	
3		0,661
4	1	
5		0,497

Tabel 9 Hasil Perhitungan CRS

DMU	∅	<i>Technical Efficiency</i>	Slack Variabel
1	1	1	
2	1	1	
3	0,661	1,5137	Si1 = 0,0714 So2 = 0,0005
4	1	1	
5	0,497	2,0106	Si1 = 0,0833 So2 = 0,0006

Dari hasil perhitungan CRS untuk DMU 1 (IKK Kota Klaten), DMU 2 (IKK Karang Anom), DMU 4 (IKK Cawas) telah mencapai nilai efisiensi sebesar 1, sedangkan DMU 3 (IKK Delanggu) sebesar 0.661 dan DMU 5 (IKK Prambanan) sebesar 0.497 mengalami inefisiensi. *Technical Efficiency* didapat dari $1/\emptyset$ dan Nilai Slack Variabel pada terjadi pada Karyawan (Input) dan Pelanggan (output). Nilai ini nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penetapan target.

Peningkatan Produktivitas

Pengolahan model VRS dilakukan untuk meningkatkan keabsahan dari perhitungan *technical efficiency* CRS melalui *Scale Efficiency*.

Tabel 10 Hasil Perhitungan CRS

DMU	∅	<i>Technical Efficiency</i>
1	1	1
2	1	1
3	1	1
4	1	1
5	1	1

Hal ini dapat meminimumkan kesalahan perhitungan TE CRS yang disebabkan oleh DMU yang tidak berjalan pada kondisi

optimal dikarenakan adanya pengaruh faktor eksternal. Dari hasil VRS untuk DMU 1, DMU 2, DMU 3, DMU 4 dan DMU 5 mempunyai nilai 1, jadi dapat dikatakan bahwa semua DMU efisien. (Jahanshahloo, 2008).

Tabel 11 TE CRS, TEVRS dan *Scale Efficiency*

DMU	TE CRS	TE VRS	Scale Efficiency
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1,5137	1	1,5137
4	1	1	1
5	2,0106	1	2,0106

Perubahan DMU 3 dan DMU 5 menjadi efisien pada perhitungan VRS karena adanya penambahan *Convexity Constraints*. Nilai perhitungan ini digunakan untuk perhitungan penentuan *Scale efficiency*.

Peer Group

Metode yang digunakan adalah *Hierarchical Cluster Analysis* dengan *Software SPSS 17.00*.

Tabel 12 Proximity Matrix

Case	Squared Euclidean Distance				
	DMU 1	DMU 2	DMU 3	DMU 4	DMU 5
DMU 1	0,000	3,142	2,960	1,860	1,972
DMU 2	3,142	0,000	3,082	1,709	1,971
DMU 3	2,960	3,082	0,000	1,814	1,972
DMU 4	1,860	1,709	1,814	0,000	1,971
DMU 5	1,972	1,971	1,972	1,971	0,000

This is a dissimilarity matrix

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa DMU 3 (IKK Delanggu) harus mengacu pada DMU 1 (IKK Kota Klaten) dan DMU 5 (IKK Prambanan) harus mengacu pada DMU 2 (IKK Karang Anom)/DMU 4 (IKK Cawas). Hal tersebut didasarkan pada kesamaan nilai terkecil masing-masing DMU.

Penetapan Target

Penetapan target merupakan nilai rujukan bagi DMU yang inefisien agar menjadi efisien. Target perbaikan *input-output* dapat dicapai melalui perhitungan *slack variabel*, dimana nilai variabel optimal didapatkan dari DEA CRS Dual dan DEA VRS. Perhitungan estimasi target (*target setting*) bertujuan untuk memperbaiki

tingkat *input-output* variabel yang diinginkan agar menjadi efisien.

Tabel 13 Hasil Penetapan Target DMU 3 dan DMU 5

Faktor	Aktual	Target	Improve (%)
DMU 3			
Karyawan	14	9,177	35,7 %
Pelanggan	3.248	3.249	0,40 %
DMU 5			
Karyawan	12	5,885	51 %
Pelanggan	2.019	2.020	0,50%

Target perbaikan untuk DMU 3 dengan mengurangi karyawan (input) dari 14 menjadi 9,177 \approx 10 dan menambahkan pelanggan (output) dari 3.248 menjadi 3.249. Sedangkan DMU 5 dengan mengurangi karyawan (input) dari 12 menjadi 5,885 \approx 6 dan menambahkan pelanggan (output) dari 2.019 menjadi 2.020.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui seberapa besar sensitivitas tiap variabel jika terjadi perubahan terhadap nilai efisiensi relatif. Analisis sensitivitas ini menggunakan nilai *dual price*, fungsi pembatas akan mengikuti fungsi tujuan sebesar nilai *dual price* yang dimiliki setiap fungsi pembatas. Pada fungsi pembatas yang tidak memiliki nilai *dual price*, bukan berarti tidak memiliki kontribusi terhadap fungsi tujuan, namun memerlukan penyesuaian terhadap perubahan efisiensi relatif, hal ini dikarenakan setiap variabel bersifat *independen*.

Analisis Sensitivitas Variabel Karyawan

Nilai *dual price* untuk variabel karyawan pada DMU 3 adalah 0,0714 dan DMU 5 adalah 0,0833, Berarti peningkatan dari variabel karyawan akan meningkatkan efisiensi relatif sebesar nilai *dual price* tersebut. Apabila DMU 3 dan DMU 5 akan melakukan perubahan terhadap variabel karyawan berdasarkan hasil penetapan target, maka penurunan karyawan untuk DMU 3 sebesar 4,8227 akan memberikan kontribusi terhadap efisiensi relatif sebesar 0,3444 sehingga efisiensi meningkat sebesar 1 dan DMU 5 sebesar 6,1149 akan memberikan kontribusi terhadap efisiensi relatif sebesar 0,5096 sehingga efisiensi meningkat sebesar 1

Analisis Sensitivitas Variabel Pelanggan

Nilai dual price untuk variabel pelanggan pada DMU 3 adalah 0,00049 dan DMU 5 adalah 0,00058, Berarti peningkatan dari variabel Pelanggan akan meningkatkan efisiensi relatif sebesar nilai *dual price* tersebut. Apabila DMU 3 dan DMU 5 akan melakukan perubahan terhadap variabel Pelanggan berdasarkan hasil penetapan target, maka peningkatan pelanggan untuk DMU 3 sebesar 1 akan memberikan kontribusi terhadap efisiensi relatif sebesar 0,00049 sehingga efisiensi meningkat sebesar 1 dan DMU 5 peningkatan sebesar 1 akan memberikan kontribusi terhadap efisiensi relatif sebesar 0,00058 sehingga efisiensi meningkat sebesar 1

Tabel 14 Hasil Peningkatan Efisiensi Relatif DMU 3 dan DMU 5

Data Faktor	Nilai Dual Price	Peningkatan / Penurunan	Kontribusi terhadap efisiensi relatif	peningkatan efisiensi relatif
		DMU 3		
Karyawan	0,0714	4,8227	0.3445	1
Pelanggan	0,00049	1	0.00049	
Total			0.345	
		DMU 5		
Karyawan	0,0833	6,1149	0.5096	1
Pelanggan	0,00058	1	0.00058	
Total			0.510	

KESIMPULAN

Variabel–variabel yang menentukan efisiensi pada proses layanan pembayaran rekening air di PDAM adalah variabel *input* terdiri atas karyawan dan distribusi, serta variabel *output* terdiri atas pelanggan, Meter_jual dan Pendapatan.

Setelah dilakukan pengolahan dengan metode DEA CCR primal, terdapat 2 DMU yang tidak efisien yaitu Unit IKK Delunggu (DMU 3) dan Unit IKK Prambanan (DMU 5).

Nilai tidak efisiensi DMU 3 adalah 0.6606210 dan DMU 5 adalah 0.4973699. Untuk meningkatkan performansi DMU yang tidak efisien ada beberapa faktor yang berpengaruh paling kuat dalam perbaikan efisiensi relatif DMU 2 dan DMU 5 yaitu karyawan dan pelanggan. Perbaikan juga berdasarkan hasil pengklasteran, peer group untuk Unit IKK Delunggu adalah Unit IKK Karang Anom yang

memiliki kemiripan karakteristik dan Unit IKK Prambanan adalah Unit IKK Cawas yang memiliki kemiripan karakteristik

Peningkatan target efisiensi karyawan terhadap Unit IKK Delunggu (DMU 3) adalah dengan mengurangi karyawan sebanyak 4,8227 atau 4 orang dan Unit IKK Prambanan (DMU 5) adalah dengan mengurangi karyawan sebanyak 6,1149 atau 6 orang. Pengurangan karyawan dilakukan dengan memindahkan karyawan dari bagian pelayanan ke bagian teknis lapangan agar kinerja pelayanan lebih efisien. Sedangkan peningkatan target efisiensi Pelanggan terhadap Unit IKK Delunggu (DMU 3) adalah dengan meningkatkan pelanggan menjadi 3.249 pelanggan dan Unit IKK Prambanan (DMU 5) adalah dengan meningkatkan pelanggan menjadi 1.020 pelanggan. Peningkatan bisa dilakukan dengan membuat promosi gratis bagi pelanggan yang mau berlangganan di PDAM

DAFTAR PUSTAKA

- Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E., 1978. *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*, European Journal of Operational Research 2, 429-444.
- Jahanshahloo, G.R., F.H. Lotfi, M. Izadikhah. 2008. *Extension of the TOPSIS Method for Decision-making Problems with Fuzzy Data*. Applied Mathematics and Computation 181. p. 1544–1551
- Rutkauskas, J. And E. Paulaviciene. 2005. *Concept of Productivity in Service Sector*. ISSN1392-2785 Engineering Economics. Vol. 43(3).
- Santoso, Singgih., Riset Pemasaran, 2002. *SPSS Statistik Multivariat*. Penerbit Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Siswanto, *Operation Research* Jilid 1. 2004. Jakarta : Erlangga.
- Suwandi, 2005. Pengaruh Kejelasan Peran dan Motivasi Kerja Terhadap Efektifan Pelaksanaan Tugas Jabatan, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Warsito dan Suparno. 2008. Evaluasi Efisiensi *Supply Chain* Dengan Model *Data Envelopment Analysis* (DEA). Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VIII. MMT-ITS. Surabaya.

ANALISIS KEHILANGAN PANAS PADA PROSES PRODUKSI ARANG TEMPURUNG KELAPA DENGAN *DRUM KILN*

Christian Soolany

Fakultas Teknologi Industri, Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali

Email : christiansoolany@gmail.com

ABSTRACT

Carbonization of biomass or as known a rusting is a method to increase the calorific value of biomass and produce clean combustion with smokeless. The making of charcoal used a lot of drum kilns. The widely drums had many weakness such as heat loss during the process of rusting and long time for carbonization process. Therefore, it was needed to design a drum kiln in order to reduce of time for the carbonization process. Used of drum material with insulator was promised to incearse the quality of charcoal and reduce the heat loss. The result of the research, that the drum kiln with asbestos layer showed that for the average of carbonization process for 34 minutes, drilling capacity of drum kiln equal to 0,044 kg / minute. Heat total lost during the carbonization process in the combustion chamber is 10923.59 kJ, and heat loss at the chimney is 503.18 kJ. The efficiency of kiln drum burning is 87.11%.

Keywords: Carbonization, kiln drum, heat loss

INTISARI

Karbonisasi biomassa atau yang lebih dikenal dengan pengarangan adalah suatu proses untuk menaikkan nilai kalor biomassa dan dihasilkan pembakaran yang bersih dengan sedikit asap. Pembuatan arang banyak menggunakan *drum kiln*, namun *drum kiln* yang banyak digunakan masih banyak kekurangan diantaranya kehilangan energi pada saat proses pengarangan dan waktu karbonisasi yang berlangsung lama. Oleh karena itu diperlukan desain tempat pembakaran berupa *drum kiln* yang baik agar proses karbonisasi dapat berlangsung lebih singkat dari proses yang ada dengan hasil arang yang berkualitas dan mampu meminimalisir kehilangan panas dengan penggunaan bahan yang bersifat isolator. Hasil penelitian menggunakan *drum kiln* yang sudah dilapisi asbestos diperoleh data yaitu untuk rata-rata proses karbonisasi berlangsung selama 34 menit, kapasitas pengarangan *drum kiln* sebesar 0,044 kg/menit. Total panas yang hilang saat proses karbonisasi berlangsung di ruang pembakaran sebesar 10923.59 kJ, dan pada cerobong sebesar 503.18 kJ. Efisiensi pembakaran *drum kiln* sebesar 87,11%.

Kata kunci : karbonisasi, *drum kiln*, kehilangan panas.

PENDAHULUAN

Penggunaan energi dari tahun ke tahun selalu meningkat, hal ini berbanding lurus dengan pertumbuhan populasi manusia. Konsumsi komersial Bahan Bakar Minyak (BBM) semakin meningkat sejak tahun 1970-an. Pemakaian sumber energi ini pada tahun 1984 di Indonesia mencapai 68,9 MTOE (setara dengan sejuta ton barel minyak) dengan rincian 57,9% dari minyak, 35,1% gas alam, serta 7% batubara dan geotermal atau *hydro energy* (Robith, 2004). Peningkatan konsumsi BBM menjadi salah satu sebab kelangkaan energi yang sangat berpengaruh pada sektor industri di Indonesia yang banyak membutuhkan energi.

Tingginya kebutuhan energi di Indonesia, menyebabkan diperlukan upaya pencarian alternatif energi guna memenuhi kebutuhan energi di Indonesia secara

berkesinambungan. Energi yang dimaksud berupa energi yang terbarukan (*renewable energy*).

Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan yaitu energi yang berasal dari biomassa, yang merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis berupa produk atau buangan. Biomassa merupakan produk fotosintesis, yaitu butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel-sel surya, menyerap energi matahari dan mengkonversi karbon dioksida dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hidrogen dan oksigen (Kadir, 1995). Hasil konversi dari senyawa tersebut dapat berbentuk arang atau karbon, dan lain sebagainya.

Menurut Utami (2006), sumber energi biomassa yang sering dimanfaatkan bahan bakar antara lain: kayu bakar, arang kayu, sekam padi, serbuk gergaji dan briket bomassa. Arang merupakan salah satu

alternatif bahan bakar yang baik digunakan. Pemilihan energi alternatif ini dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak dan batu bara, mengingat keberadaanya di dunia saat ini semakin terbatas.

Saat ini, pembuatan arang banyak menggunakan *drum kiln*. Namun *drum kiln* yang banyak digunakan masih banyak kekurangan diantaranya kehilangan energi pada saat proses pengarangan, sehingga perlu modifikasi *drum kiln* agar proses pengarangan dapat berjalan sempurna.

Waktu karbonisasi *drum kiln* dengan ukuran diameter 58 cm dan tinggi 87,5 cm sekitar 8 jam, dan pada proses *earth pit kiln* membutuhkan waktu 5 sampai 6 hari dengan kedalaman lubang 30 cm. Proses yang lama ini dikarenakan kadar oksigen (O_2) yang diberikan dalam ruang karbonisasi harus sedikit, agar bahan yang digunakan tidak habis terbakar semua melainkan terbentuk arang yang memiliki kadar karbon sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar (Wijaya, 2007). Penggunaan drum bekas sebagai tempat pembakaran membuat panas dalam ruang pembakaran mudah keluar, karena sifat bahan drum bekas (logam) yang mudah menghantarkan panas. Oleh karena itu diperlukan desain tempat pembakaran berupa *drum kiln* yang baik agar proses karbonisasi dapat berlangsung lebih singkat dari proses yang ada dengan hasil arang berkadar *fixed carbon* tinggi dan mampu meminimalisir kehilangan panas dengan penggunaan bahan yang bersifat isolator.

METODOLOGI

Pada laporan fokus yang dikaji adalah bagaimana analisis pindah panas yang terjadi ketika proses pembuatan arang dari tempurung kelapa menggunakan tungku *drum kiln* yang dirancang oleh Perwira (2010).

Alat yang digunakan dalam meliputi:

1. Alat untuk perancangan *drum kiln*, yaitu: kertas kerja, alat tulis, computer dan *software* AutoCAD 2006.
2. Alat untuk pembuatan *drum kiln*, yaitu: alat-alat perbengkelan yang digunakan untuk proses pengerjaan *drum kiln*.
3. Alat untuk pengujian, yaitu: timbangan, ayakan, termokopel tipe K, anemometer, *stopwatch*, *hybrid recorder*, *bomb calorimeter* dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Bahan untuk pembuatan *drum kiln* terdiri dari plat besi, dan asbestos sebagai isolator..
2. Bahan untuk pengujian drum kiln yaitu tempurung kelapa, kertas, korek api dan minyak tanah.

Variabel yang dikaji untuk analisis pindah panas yang terjadi saat proses pembuatan arang dari tempurung kelapa menggunakan tungku *drum kiln* meliputi :

1. Variabel yang diukur meliputi suhu pada sistem, suhu lingkungan, dan kecepatan angin.
2. Variabel yang dihitung meliputi koefisien panas keseluruhan, kehilangan panas dan efisiensi termal.
3. Analisis pindah panas pada proses pembakaran

Tabel 1. Konstanta persamaan untuk permukaan isothermal

Geometri	$Gr_f Pr_f$	C	n
Bidang dan silinder vertikal	$10^{-1}-10^4$	*	*
	10^4-10^9	0,59	$\frac{1}{4}$
	10^9-10^{13}	0,021	$\frac{2}{5}$
	10^9-10^{13}	0,10	$\frac{1}{3}$
Silinder horizontal	$0-10^{-5}$	0,4	0
	$10^{-5}-10^4$	**	**
	10^4-10^9	0,53	$\frac{1}{4}$
	10^9-10^{12}	0,13	$\frac{1}{3}$
	$10^{-10}-10^{-2}$	0,675	0,058
	$10^{-2}-10^2$	1,02	0,148
	10^2-10^4	0,850	0,188
	10^4-10^7	0,480	$\frac{1}{4}$
Permukaan atas plat panas atau permukaan bawah plat dingin	10^7-10^{12}	0,125	$\frac{1}{3}$
	$2 \times 10^4 - 8 \times 10^6$	0.54	$\frac{1}{4}$
	$8 \times 10^6 - 10^{11}$	0,15	$\frac{1}{3}$

Permukaan bawah plat panas atau permukaan atas plat dingin	10 ⁵ -10 ¹¹	0,27	¼
Silinder vertikal t = d , v = d	10 ⁴ -10 ⁶	0,775	0,21
Benda padat tak teratur v = L	10 ⁴ -10 ⁹	0,52	¼

Sumber: Holman (1993).

Panas hasil proses pembakaran pada tungku pembakaran diserap oleh dinding tungku, dan cerobong pengeluaran. Tungku yang digunakan berbentuk silinder vertikal. Kehilangan panas pada dinding tungku terjadi secara konduksi dan konveksi. Besarnya kehilangan panas melalui dinding tungku (Holman, 1993) dapat dinyatakan dengan:

$$q_w = \frac{\Delta T}{\sum R_{th}} \quad (1)$$

$$q_w = \frac{(T_g - T_l)}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o}} \quad (2)$$

dimana:

q_w = kehilangan panas melalui dinding pembakaran (J/s)

A = luas penampang (m²)

ΔT = perbedaan suhu (°C)

T_g = suhu dalam tungku (°C)

T_l = suhu luar tungku (°C)

R_{th} = tahanan termal

Dengan:

$$h = Nu_w \frac{k}{L} \quad (3)$$

$$Nu_w = C(Gr_w Pr)^n \quad (4)$$

$$Gr_w = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad (5)$$

$$\beta = 1/T_f \quad (6)$$

$$T_f = \frac{T_g + T_l}{2} \quad (7)$$

Dimana:

A_o = luas permukaan luar (m²)

A_i = luas permukaan dalam (m²)

r_o = jari-jari luar (m)

r_i = jari-jari dalam (m)

k = konduktivitas termal (W/m °C)

L = panjang penampang (m)

h = koefisien pindah panas (W/m² °C)

Nu = bilangan Nusselt

Pr = bilangan Prandtl

Gr = bilangan Grashof

C = konstanta konveksi

ν = Viskositas kinematik (m²/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

β = koefisien ekspansi volume (K⁻¹)

T_f = suhu mutlak (K)

T_w = suhu dinding (°C)

T_∞ = suhu lingkungan (°C)

Nilai C dan n dapat dilihat pada Tabel 1

Cerobong pengeluaran yang digunakan pada subsistem tungku pembakaran berbentuk silinder vertikal, perpindahan panas terjadi secara konduksi dan konveksi. Sehingga kehilangan panas melalui cerobong pengeluaran dapat dinyatakan dengan:

$$q_{ex} = \frac{(T_c - T_l)}{\frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_o A_o}} \quad (8)$$

T_c = suhu dalam cerobong (°C)

Kehilangan panas total pada subsistem tungku pembakaran dapat dihitung dengan:

$$q_l = q_w + q_{ex} \quad (9)$$

q_l = kehilangan panas total (J/s)

q_{ex} = kehilangan panas cerobong (J/s)

Efisiensi sistem tungku pembakaran

Panas efektif (q_e) yang tersedia dapat ditentukan dengan persamaan:

$$q_e = q_{in} - q_l \quad (10)$$

$$q_{in} = m \cdot K \quad (11)$$

dimana:

m = jumlah bahan bakar yang dipakai (kg)

K = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)

dan efisiensi tungku (E_f) adalah:

$$E_f = \frac{q_e}{q_{in}} \times 100\% \quad (12)$$

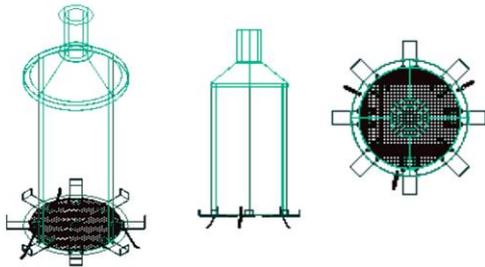
1) Kapasitas pengurangan

Kapasitas pengarangan dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam menghasilkan arang persatuan waktu, yang dirumuskan:

$$\text{Kapasitas} = \frac{\sum \text{bahan yang matang}}{\text{waktu karbonisasi}} \quad (13)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan tungku *drum kiln* yang digunakan untuk analisis pindah panas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 *Drum Kiln*

Konstruksi ruang pembakaran *drum kiln* berbentuk silinder terbuat dari plat besi dengan ketebalan 1,5 mm, dengan panjang 60 cm, dan diameter dalam 30 cm. Bagian dasar ruang pembakaran terdapat lubang udara yang berfungsi untuk suplai udara ke dalam ruang pembakaran, lubang udara berbentuk persegi empat dengan dimensi 2,8 cm x 2,8 cm. Di bagian lubang udara diberi penutup untuk mengatur suplai udara yang masuk ke ruang pembakaran, sekaligus untuk menutup lubang saat proses karbonisasi berakhir. Di atas *drum kiln* terdapat cerobong yang terbuat dari bahan yang sama, yaitu plat besi dengan ketinggian 15 cm dengan diameter dalam 7 cm. Keseluruhan drum kiln terdiri atas 3 lapis, yaitu berturut turut dari luar ke dalam adalah plat besi, asbestos dan plat besi. Asbestos digunakan sebagai isolator sehingga panas di ruang pembakaran tidak banyak yang hilang dan dapat dimanfaatkan seefektif mungkin. Ketebalan asbestos yang digunakan sebagai isolator sebesar 1,7 cm. Di bagian dasar ruang pembakaran diletakkan kawat ayakan yang berbentuk lingkaran, agar meminimalisir arang yang jatuh melalui lubang udara.

Cara pengujian *drum kiln* dilakukan secara manual oleh tenaga manusia, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu karbonisasi. Lamanya waktu karbonisasi dihitung mulai dari penyalaan api sampai berakhirnya proses karbonisasi yang

ditandai dengan menipisnya asap yang keluar dari cerobong *drum kiln* (Wijaya, 2007). Pengujian yang dilakukan dengan mempersiapkan *drum kiln*, kemudian memasukan/menyusun tempurung kelapa dengan menyisakan ruang dibagian tengah untuk penyalaan awal dengan kertas dan minyak tanah. Setelah dinyalakan ruang pembakaran ditutup, dan diamati hingga asap menipis. Asap yang telah menipis menandakan proses karbonisasi telah berakhir, maka bagian atas cerobong ditutup dengan kain basah dan bagian dasar *drum kiln* ditutup pasir setelah lubang udara ditutup. Penutupan ini dimaksudkan agar udara tidak dapat masuk ke ruang pembakaran, sehingga bara api didalam ruang pembakaran dapat padam.



Gambar 2 proses pembuatan arang dengan tungku *drum kiln*

Dari pengujian karbonisasi yang dilakukan diatas terdapat kesulitan dalam melakukan penyalaan awal, tempurung kelapa yang telah terbakar tidak dapat menyala terus bila kertas dan minyak habis terbakar. Oleh karena itu dilakukan penambahan kertas dan minyak tanah sebelum melakukan penyalaan awal. Penyusunan tempurung kelapa agar menyisakan ruang dibagian tengah juga mengalami kesulitan, karena bentuk tempurung yang tidak seragam, hal ini bisa diatasi dengan meletakkan sebatang kayu pada bagian tengah ruang pembakaran saat melakukan penyusunan, kemudian batang kayu diambil dengan hati-hati. Gambar 2

menunjukkan proses pembuatan arang dengan tungku *drum kiln*.

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah semua bagian alat dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pengujian yang dilakukan dengan memasukan tempurung kelapa sebanyak 7 kg, kemudian diamati setiap bagian *drum kiln*.

1. Ruang Pembakaran

Ruang pembakaran berbentuk silinder dengan tinggi 60 cm dan diameter bagian dalam 30 cm. Dinding ruang pembakaran terdapat tiga lapisan, yaitu berturut turut dari luar ke dalam adalah plat besi, asbestos dan plat besi. Pada pengujian yang telah dilakukan bagian ruang pembakaran tidak terjadi kerusakan, penggunaan asbestos sebagai isolator juga sangat baik dalam meminimalisir panas yang keluar dari ruang pembakaran.

2. Cerobong

Bagian cerobong berbentuk silinder dengan tinggi 15 cm dan diameter bagian dalam 7 cm. Bagian cerobong juga terbuat dari plat besi yang dilapisi asbestos. Pada saat pengujian cerobong berfungsi mngeluarkan asap dengan baik, namun terdapat kebocoran dibagian sambungan antara cerobong dengan tutup ruang pembakaran, sehingga asap tidak hanya keluar dari ujung cerobong namun juga keluar dari kebocoran tersebut.

3. Lubang masuk udara

Lubang masuk udara berbentuk persegi empat dengan dimensi 2,8 cm x 2,8 cm.

Menurut Wijaya (2007) proses karbonisasi arang membutuhkan suplai udara pembakaran yang minimum agar karbon yang terkandung dalam arang tidak habis terbakar. Banyak sedikitnya pasokan udara kedalam *drum kiln* ini bergantung dari ukuran lubang masuk udara. Dari hasil pengujian lubang udara sudah berfungsi dengan baik, udara yang dibutuhkan dalam ruang pembakaran tercukupi, sehingga tempurung kelapa tidak terbakar habis, melainkan menjadi arang. Tetapi pada saat pengujian arang yang berukuran kecil jatuh melalui lubang udara, sehingga dilakukan penambahan kawat ayakan dibagian dasar ruang pembakaran agar arang tidak jatuh.

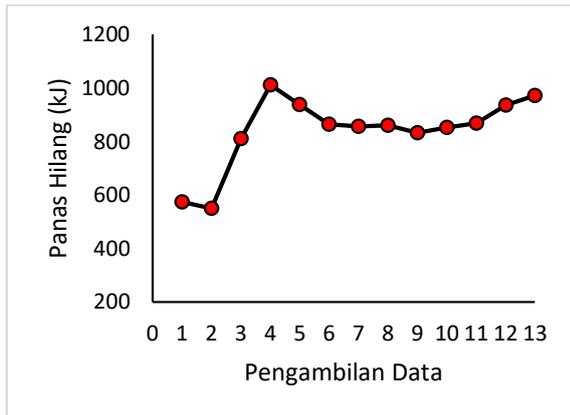
Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya kehilangan panas adalah nilai konduktivitas termal suatu bahan. Nilai konduktivitas termal bahan menunjukkan berapa cepat panas mengalir dalam bahan tertentu. Semakin cepat molekul bergerak semakin cepat pula molekul tersebut mengangkut energi. Jadi nilai konduktivitas yang tinggi menunjukkan laju perpindahan panas yang pesat, semakin tinggi laju perpindahan panas pada bahan tersebut maka panas yang hilang semakin besar.

Nilai resistensi termal setiap subsistem ditentukan oleh luas permukaan bahan yang dialiri panas. Semakin luas permukaan bahan yang dialiri panas, maka semaiakin besar pula kehilangan pindah panasnya. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya nilai resistensi termal adalah koefisien pindah panas keseluruhan. Koefisien pindah panas menyeluruh adalah penjumlahan dari seluruh koefisien perpindahan panas yang meliputi koefisien perpindahan panas konduksi, koefisien perpindahan panas konveksi, dan koefisien perpindahan panas radiasi, namun karena perpindahan panas radiasi tidak begitu berpengaruh, maka koefisien perpindahan panas radiasi tidak dibahas.

Kehilangan panas yang terjadi pada tungku *drum kiln* yaitu pada dinding ruang pembakaran dan dinding cerobong. Kehilangan pada dinding ruang pembakaran selama proses karbonisasi disajikan pada Gambar 3. Besarnya panas yang hilang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Energi panas yang hilang pada dinding ruang pembakaran

Bagian	Data ke	q_w (kJ)
Dinding ruang pembakaran	1	574,16
	2	550,29
	3	810,17
	4	1012,04
	5	938,26
	6	863,39
	7	855,39
	8	859,88
	9	832,75
	10	852,09
	11	867,2
	12	935,87
	13	972,1
Jumlah		10923.59



Gambar 3. Panas yang hilang pada dinding ruang pembakaran.

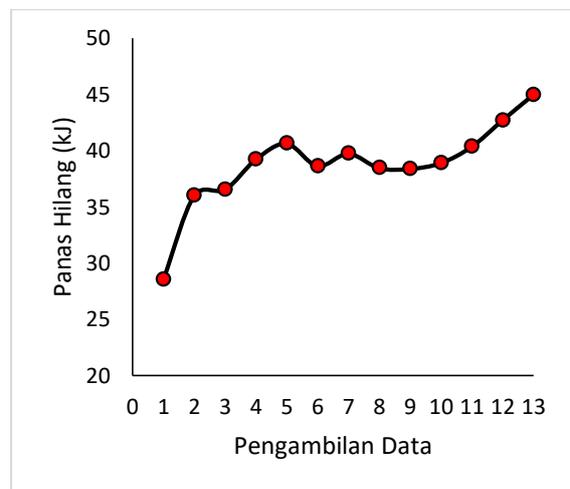
Kehilangan panas total pada dinding ruang pembakaran selama proses karbonisasi adalah sebesar 10923,59 kJ. Kehilangan panas tertinggi diperoleh pada pengambilan data ke-4 sebesar 1012,04 kJ, dan kehilangan panas terendah diperoleh pada pengambilan data ke-2 sebesar 550,29 kJ. Gambar 3 menunjukkan kehilangan panas pada dinding ruang pembakaran. Panas yang hilang pada dinding ruang pembakaran besarnya cenderung meningkat. Panas yang hilang mengalami penurunan pada pengambilan data ke-5 yang kemudian meningkat kembali, hal ini diakibatkan oleh penurunan suhu pada ruang pembakaran. Untuk kehilangan panas pada cerobong *drum kiln* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 3.

Tabel 3. Energi panas yang hilang pada cerobong

Bagian	Data ke	q_{ex} (kJ)
Cerobong	1	28,57
	2	36,01
	3	36,54
	4	39,23
	5	40,64
	6	38,64
	7	39,74
	8	38,46
	9	38,39
	10	38,91
	11	40,36
	12	42,71
	13	44,98
Jumlah		503,18

Kehilangan panas total pada dinding cerobong selama proses karbonisasi adalah sebesar 503,18 kJ. Kehilangan panas tertinggi diperoleh pada pengambilan data ke-13 sebesar 44,98 kJ. Gambar 4 menunjukkan kehilangan panas pada cerobong mengalami kenaikan seiring kenaikan suhu ruangan. Efisiensi pembakaran merupakan perbandingan antara jumlah energi panas yang dihasilkan dengan nilai kalor sejumlah bahan bakar yang terbakar. Melalui perhitungan didapatkan energi panas yang tersedia adalah sebesar 127557,17 kJ. Besarnya energi ini ditentukan oleh massa bahan bakar dan nilai kalor bahan. Adapun nilai kalor dari tempurung kelapa adalah 18222,45 kJ/kg. Panas efektif yang dihasilkan dalam pembakaran sebesar 111117,77 kJ.

13 sebesar 44,98 kJ. Gambar 4 menunjukkan kehilangan panas pada cerobong mengalami kenaikan seiring kenaikan suhu ruangan. Efisiensi pembakaran merupakan perbandingan antara jumlah energi panas yang dihasilkan dengan nilai kalor sejumlah bahan bakar yang terbakar. Melalui perhitungan didapatkan energi panas yang tersedia adalah sebesar 127557,17 kJ. Besarnya energi ini ditentukan oleh massa bahan bakar dan nilai kalor bahan. Adapun nilai kalor dari tempurung kelapa adalah 18222,45 kJ/kg. Panas efektif yang dihasilkan dalam pembakaran sebesar 111117,77 kJ.



Gambar 4. Panas yang hilang pada dinding cerobong.

Sehingga efisiensi pembakaran yang dihasilkan sebesar 87,11%. Penggunaan asbestos sebagai isolator di dinding ruang pembakaran sangat berperan dalam meminimalisir panas yang keluar melalui dinding ruang pembakaran, sehingga efisiensi pembakaran yang didapatkan cukup besar.

Menurut Abdullah *et al.* (1991) rancangan tungku menentukan sempurna tidaknya proses pembakaran berlangsung dan besarnya energi panas yang dapat dimanfaatkan atau dihasilkan oleh sistem tungku. Sempurna atau tidaknya pembakaran dipengaruhi oleh rancangan ruang pembakaran yang menentukan mudah tidaknya oksigen kontak dengan partikel karbon pada bahan bakar. Selain itu kelancaran proses pembakaran bahan bakar juga ditentukan oleh kelancaran pembuangan gas hasil pembakaran bahan bakar. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bahan tungku dan kaitannya dengan proses pindah panas

yang terjadi selama pembakaran berlangsung didalam tungku. Makin besar pindah panas ke luar tungku, maka semakin besar energi panas yang terbuang yang bereaksi makin rendah efisiensi sistem tersebut.

KESIMPULAN

1. Alat pembuatan arang *drum kiln* telah dibuat dan secara fungsional dapat bekerja sesuai rancangan.
2. Berdasarkan uji performasi menggunakan beban, rata-rata proses karbonisasi berlangsung selama 34 menit, dan dari 7 kg tempurung kelapa menghasilkan rata-rata 1,485 kg. Kapasitas pengarangan *drum kiln* sebesar 0,044 kg/menit.
3. Total panas yang hilang saat proses karbonisasi berlangsung di ruang pembakaran sebesar 10923.59 kJ, dan pada cerobong sebesar 503.18 kJ. Efisiensi pembakaran *drum kiln* sebesar 87,11%, hal ini dikarenakan pada lapisan dinding terdapat asbestos, sehingga panas yang keluar melalui dinding dapat diminimalisir.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., A. K. Irwanto, N. Siregar, E. Agustina, A. H. Tambunan, M. Yamin, E. Hartulistiyoso, dan Y. A. Purwanto. 1991. *Energi dan Listrik Pertanian*. IPB, Bogor
- Holman, J.P. 1993. *Perpindahan Kalor Edisi Keenam*. Terjemahan E. Jasjfi. Erlangga. Jakarta.
- Kadir, A. 1995. *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potnsi Ekonomi*. Edisi Kedua. UI press, Jakarta
- Perwira, F.S. 2010. *Rancang Bangun Drum Kiln Menggunakan Isolator Untuk Pembuatan Arang Tempurung Kelapa*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Robith. 2004. *Tungku arang Thailand yang sudah ditingkatkan*. (On-line). <http://www.tungku.or.id>.
- Utami, P. 2006. *Pemanfaatan SDA non kayu*. (On-line). <http://www.tungku.or.id>.
- Wijaya, H. 2007. *Perencanaan Drum Kiln Untuk Karbonisasi Arang Tempurung Kelapa*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra, Surabaya

PERANCANGAN ALAT *PARAFFIN BATH* DENGAN KONTROL SUHU SECARA OTOMATIS BERBASIS *ARDUINO UNO*

Evrita Lusiana Utari¹ Irawadi Buyung² Hastuti Madyaning Utami³,

¹Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains & Teknologi Universitas Respati Yogyakarta
Jl. Laksda Adisucipto Km 6,3 Depok, Sleman, Yogyakarta 55281 Telp 0274 489780

E-mail: evrita_lusiana@yahoo.com

buyungirawadi@gmail.com, hastuti.mu98@gmail.com

ABSTRACT

Paraffin bath purposes as a therapeutic instrument that produces *paraffin* temperatures at 47.8°C to 54°C. The value of temperature accuracy becomes very important where the hot *paraffin* directly exposed the patient's skin. In a conventional *paraffin bath*, the *paraffin* melt at high temperatures and cooling is done manually so that the accuracy of the temperature is still low. *Paraffin bath* instrument automation is required to improve the accuracy of temperature and facilitate the therapist in use. Automatic design of *paraffin bath* with temperature control and find the level of temperature accuracy. The design of *Paraffin Bath* instrument uses ATmega328, DS18B20 Sensor as wire temperature detector that has digital output without required Analog to Digital Converter (ADC). And as *paraffin* heater uses a dry heater, and an AC fan as a temperature-lowering. The instrument is designed to produce temperatures between 47.8°C to 54°C. Designed tools can be realized with automatic temperature control for *paraffin* melting and temperature stabilization. The first indication of success in the design of *paraffin bath* instrument is an error factor in testing the temperature of the apparatus compared to the temperature at the thermometer of 0.6%. The second indication is able to stabilize the temperature between 51°C to 54°C.

Keywords: Heating, temperature control, *paraffin*.

INTISARI

Paraffin bath berfungsi sebagai alat terapi yang menghasilkan suhu *paraffin* pada 47,8°C hingga 54°C. Nilai keakuratan suhu menjadi sangat penting mengingat panas *paraffin* langsung mengenai kulit pasien. Pada alat *paraffin bath* secara konvensional, pencairan *paraffin* dengan suhu tinggi dan pendinginannya dilakukan secara manual sehingga tingkat keakuratan suhunya masih rendah. Otomatisasi alat *paraffin bath* diperlukan untuk meningkatkan keakuratan suhu dan mempermudah terapis dalam penggunaannya. Perancangan alat *paraffin bath* dengan kontrol suhu secara otomatis dan mengetahui tingkat keakuratan suhunya. Perancangan alat *Paraffin Bath* menggunakan ATmega328, Sensor DS18B20 sebagai pendeteksi suhu *wire* yang memiliki *output* digital tanpa diperlukan *Analog to Digital Converter* (ADC). Dan sebagai pemanas *paraffin* menggunakan *heater* kering, dan kipas AC sebagai penurun suhu. Alat dirancang untuk menghasilkan suhu antara 47,8°C hingga 54°C. Alat yang dirancang dapat direalisasikan dengan kontrol suhu secara otomatis untuk pencairan *paraffin* maupun penstabilan suhu. Indikasi pertama keberhasilan dalam perancangan alat *paraffin bath* adalah faktor kesalahan pada pengujian suhu pada alat dibandingkan dengan suhu pada termometer sebesar 0,6%. Indikasi ke dua yaitu mampu menstabilkan suhu antara 51°C hingga 54°C.

Kata Kunci : Pemanasan, kontrol suhu, *paraffin*.

PENDAHULUAN

Hidroterapi merupakan salah satu unsur yang utama bagi seorang fisioterapis yang dalam pelaksanaannya memanfaatkan pengaruh suhu, mekanik, kimiawi dan tekanan dari zat cair. Pada pemanfaatan zat cair sebagai media terapi dengan suhu, dijumpai dua pengelompokan besar yaitu panas dan dingin. Pemanfaatan suhu

zat cair dapat berupa alat antara lain: *cryotherapy*, *paraffin bath*, *contras bath*, *hot bath*, dan *hot pack*.

Paraffin bath merupakan salah satu metode hidroterapi yang menggunakan *paraffin* sebagai medianya. Pada prinsipnya, terapi ini merupakan terapi yang memanfaatkan suhu

yang relatif tinggi (panas). Terapi ini dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:

1. Rendaman anggota tubuh yang diobati ke dalam *paraffin* yang sudah meleleh.
2. Menggunakan kuas atau sikat yang dicelupkan ke dalam *paraffin* yang meleleh lalu dioleskan ke bagian tubuh yang diterapi.
3. *Paraffin pack*.

Anggota tubuh setelah direndam dalam *paraffin* cair akan menjadi kemerah-merahan (eritema), lemas, serta berkeriat. Eritema ini muncul sebagai efek fisiologis yang ditimbulkan karena adanya stimulasi berupa sensasi panas yang ditimbulkan oleh *paraffin* cair. Hal seperti ini memungkinkan untuk diberi *massage*, *stretching* dan terapi manipulasi lunak.

Paraffin yang digunakan adalah *paraffin* biasa ditambah *paraffin oil*. Perbandingan *paraffin* dengan *paraffin oil*nya adalah enam bagian *paraffin* dengan satu *paraffin oil*. *Paraffin* cair hanya dapat mempertahankan suhunya yang sekitar 45-50°C hanya 20 menit (Sujatno, 1993).

Paraffin berbeda dengan air, *paraffin* bekas diperbolehkan untuk digunakan terapi lagi tetapi air tidak diijinkan. Hal ini merupakan salah satu keuntungan dari *paraffin* selain mudah didapat dengan harga yang murah. Kemungkinan menularnya penyakit kulit melalui *paraffin* bekas yang kemudian digunakan lagi untuk terapi hampir tidak ada. Hal itu sangat berbeda dengan air yang masih memiliki kemungkinan menularnya penyakit kulit yang cukup besar (Sujatno, 1993).

Kontrol suhu tersebut bertujuan untuk mencairkan *paraffin* pada suhu 70°C lalu menghasilkan suhu yang konstan dengan kisaran 47,8°C hingga 54°C secara otomatis. Sistem kontrol otomatis ini membuat pemanasan *paraffin* lebih efektif. *User* lebih mudah dalam penggunaannya karena tidak perlu menunggu *paraffin* hingga cair untuk kemudian mengganti pengaturan suhu yang digunakan untuk terapi secara manual. Hal tersebut juga mengurangi tingkat *human error* dalam penggunaan *paraffin bath*. Selain itu, pengukuran suhu secara otomatis akan meningkatkan keakuratan suhu pemanasan *paraffin* yang akan digunakan oleh pasien.

Prinsip Pemanasan *Paraffin*

Paraffin yang akan digunakan untuk terapi awalnya berbentuk padat. *Paraffin* yang telah dimasukkan ke dalam *chamber* akan dipanaskan

pada suhu 100°C hingga meleleh. Toleransi seseorang terhadap *paraffin bath* berkisar antara 47,8°C hingga 54°C, oleh sebab itu sebelum digunakan suhu *paraffin* diturunkan hingga +47°C (Sujatno, 1993).

Metode Penggunaan *Paraffin Bath*

Pada penggunaan *paraffin bath* dengan metode rendaman, setelah *paraffin* berada pada suhu antara 47,8-54°C, bagian tubuh yang akan diterapi kemudian dicelupkan ke dalam *paraffin* cair tersebut selama beberapa detik. Kemudian diangkat dan didiamkan selama beberapa waktu sampai rasa hangatnya berkurang.

Setelah itu bagian tubuh tersebut dicelupkan lagi ke dalam *paraffin* cair selama beberapa detik dan diangkat lagi serta didinginkan. Begitu seterusnya sampai *paraffin* yang menempel sudah tebal dan saat dicelup ke *paraffin* cair pasien tidak merasakan panas lagi. Kemudian bagian tubuh yang sudah tertempel *paraffin* tersebut dibungkus dengan handuk dan didiamkan selama 10-15 menit. Lalu handuk dilepas dan *paraffin* yang sudah mengering tadi dikelupas dari bagian tubuh yang tertempel *paraffin* tadi. Setelah itu akan tampak eritema pada bagian tubuh tersebut (Sujatno, 1993).

Keakuratan cukup tinggi, yaitu 0,5°C pada rentang suhu 10°C hingga +85°C. DS18B20 tidak membutuhkan Analog to Digital Converter (ADC) agar dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler. Karena *output* data sensor ini merupakan data digital, maka tidak dikhawatirkan terhadap degradasi data ketika menggunakan untuk jarak yang jauh.



Gambar 1. Bentuk Sensor Suhu DS18B20
(<https://www.intellihome.be/en/waterproof-temperature-sensor-ds18b20.html>)

Sensor suhu DS18B20 dengan kemampuan tahan air (*waterproof*) cocok digunakan untuk mengukur suhu pada tempat

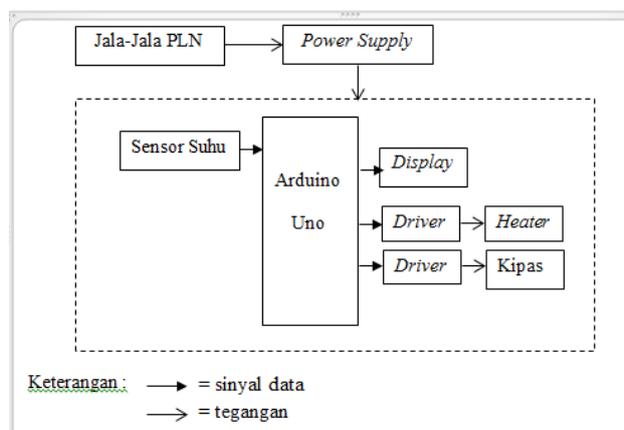
yang sulit, atau basah. Bentuk fisik DS18B20 diperlihatkan pada Gambar 1.

Berdasarkan *data sheet*, sensor DS18B20 memiliki spesifikasi antara lain:

1. Tegangan yang dibutuhkan sensor dari 3.0V sampai 5.5V power/data
2. Akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ sampai -10°C , dan -10°C sampai $+85^{\circ}\text{C}$
3. Batas temperatur sensor dari -55 sampai 125°C atau -67°F sampai $+257^{\circ}\text{F}$
4. Menggunakan 1 kabel Antarmuka (*Interface*) dan hanya 1 digital pin untuk komunikasi
5. Memiliki batas peringatan jika suhu tinggi (*temperature-limit alarm system*)
6. Waktu tunggu data masuk 750ms
7. Kabel antarmuka (*Interface*)
 - Kabel merah : VCC
 - Kabel hitam : GND
 - Kabel putih : DATA
8. Bahan *stainless steel* silinder dengan diameter 6mm dan panjang 35mm
9. Diameter kabel : 4mm
10. Panjang kabel : 90cm

Arduino Uno

Arduino adalah nama keluarga papan mikrokontroler yang awalnya dibuat oleh perusahaan *Smart Projects*. Salah satu tokoh penciptanya adalah Massimo Banzi. Papan ini merupakan perangkat keras yang bersifat “*open source*” sehingga boleh dibuat oleh siapa saja. Berbagai jenis kartu *Arduino* tersedia, antara lain *Arduino Uno*, *Arduino Diecimila*, *Arduino Duemilanove*, *Arduino Leonardo*, *Arduino Mega*, dan *Arduino Nano*. Walaupun ada berbagai jenis kartu *Arduino*, secara prinsip pemrograman yang diperlukan menyerupai. Hal yang membedakan adalah kelengkapan fasilitas dan pin-pin yang perlu digunakan (Kadir, 2015). Pada perancangan alat *paraffin bath* ini menggunakan *Arduino Uno*.



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan Alat

Blok diagram dari perancangan alat *paraffin bath* dengan kontrol suhu secara otomatis ditunjukkan pada Gambar 2.

PERANCANGAN RANGKAIAN ALAT

Perancangan alat paraffin bath meliputi perancangan rangkain sensor, perancangan rangkaian diver heater, perancangan rangkain driver kipas dan perancangan kendali suhu. Realisasikan dari perancangan-perancangan rangkaian rangkaian alat *paraffin bath* ini dirancang untuk dapat menghasilkan suhu antara $47,8^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$.

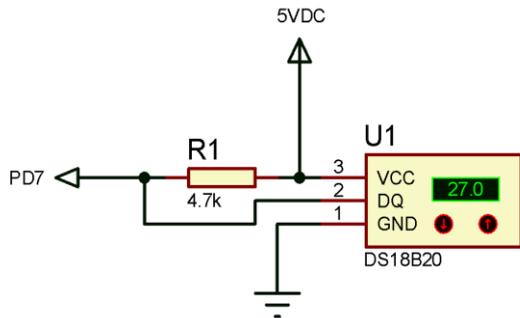
Spesifikasi Alat

Untuk merealisasikan proses pelaksanaannya, maka perlu dirancang rangkaian-rangkaian yang sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan, seperti:

1. Tegangan jala-jala yang dibutuhkan 220 VAC.
2. Catu daya yang dibutuhkan sebesar 12 VDC dan 5 VDC.
3. Atmega328 sebagai kontrol/pengendali sistem.
4. *Liquid Cristal Display* (LCD) 2 x 16 sebagai *display*.
5. Sensor DS18B20 sebagai pendeteksi suhu.
6. *Heater* kering sebagai pemanas.
7. Kipas sebagai pendingin.

PERANCANGAN RANGKAIAN KONTROL SUHU

Perancangan rangkaian kontrol suhu pada alat *paraffin bath* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor DS18B20 mempunyai tegangan keluaran yang linear terhadap suhu dalam derajat *celcius*. Pada kaki 2 sensor DS18B20 akan terhubung dengan PD7 pada mikrokontroler ATmega328. Besar tegangan *input* pada PD7 tergantung dari suhu yang dideteksi oleh sensor DS18B20. Pada mode normal, GND akan terhubung dengan *ground*, VDD akan terhubung dengan 5V dan DQ akan terhubung dengan pin *Arduino*, namun ditambahkan resistor *pull-up* sebesar 4,7k. Mode ini sangat direkomendasikan pada aplikasi yang melibatkan banyak sensor dan membutuhkan jarak yang panjang. Bentuk rangkaian dari sensor DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 3.

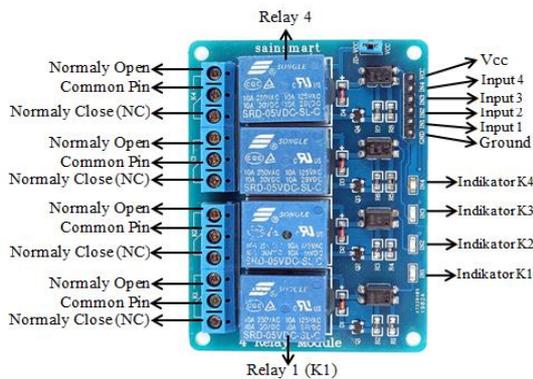


Gambar 3. Bentuk Rangkaian Sensor DS18B20

Nilai digital yang dihasilkan oleh sensor suhu diberikan pada pin PD7. Sehingga untuk menampilkan informasi suhu pada LCD.

PERANCANGAN RANGKAIAN DRIVER HEATER DAN KIPAS

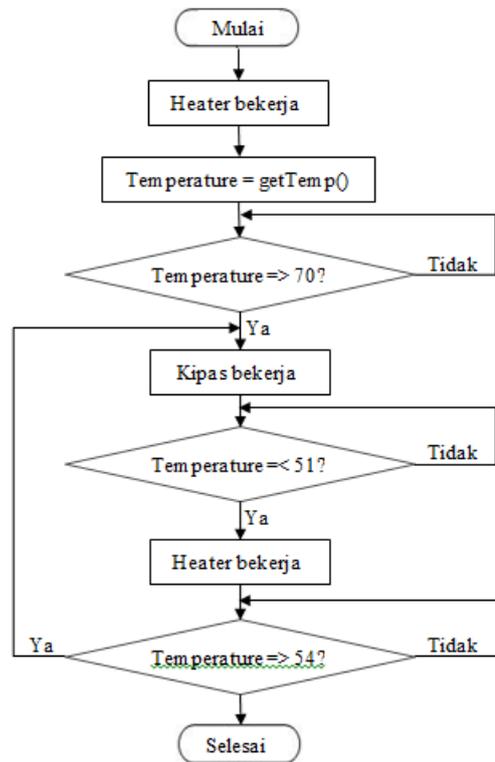
Dalam perancangan alat *paraffin bath* ini menggunakan *relay module* yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. *Relay module* ini digunakan untuk menghidupkan dan mematikan kipas dan *heater* sesuai perintah dari mikrokontroler ATmega328 pada *Arduino Uno module*.



Gambar 4. Rangkaian *Driver Heater* dan Kipas

G PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Dalam perancangan perangkat lunak, dibuat dengan menggunakan Bahasa C yang ditulis pada editor *Arduino Integrated Development Environment (Arduino IDE)*.



Gambar 5. Flow chart perancangan

PENGUJIAN SENSOR DS18B20

Pembuktian responsi sensor DS18B20 pada alat *paraffin bath* dimaksudkan untuk mengetahui besaran suhu yang terdeteksi oleh sensor DS18B20. Dalam melakukan proses pengujian, kaki 1 pada sensor DS18B20 akan diberikan tegangan sebesar 5 VDC. Kaki sensor DS18B20 ditempelkan dengan ujung termometer kemudian diberikan pemanasan pada keduanya menggunakan solder. Keluaran suhu sensor DS18B20 dapat dilihat secara langsung pada LCD.

Tabel 1. Hasil Pengujian Responsi Sensor DS18B20

No	Suhu		Tingkat Kesalahan = $\left \frac{\text{Termometer} - \text{Alat}}{\text{Termometer}} \right \times 100\%$ (%)
	Termometer (°C)	Alat (°C)	
1	40	40,06	0,15
2	39	39	0
3	38	38	0
4	37	37	0
5	36	36	0
6	35	34,81	0,54
7	34	33,94	0,17
8	33	32,94	0,18
9	32	32	0
10	31	30,84	0,19
Rata-rata			0,12

PENGUJIAN FUNGSI

Pengujian fungsi dilakukan untuk mengetahui apakah alat bekerja dengan benar sebagai alat *paraffin bath*. Pengujian fungsi dibagi menjadi dua yaitu pengujian suhu, dan pengujian proses *paraffin bath*. Pengujian fungsi dikaitkan dengan pengaturan waktu dalam pemanasan heater.

PENGUJIAN SUHU

Pengujian suhu dilakukan dengan tujuan untuk memastikan suhu yang tertampil pada tampilan alat sesuai dengan suhu aktual pada *paraffin*. Pada proses pengujian suhu dilakukan dengan memberikan nilai suhu pada alat melalui program, sehingga alat akan melakukan pemanasan sampai dengan suhu yang diatur. Untuk membandingkan suhu yang tertampil pada alat maka dilakukan pengukuran suhu dengan termometer sehingga dapat dilihat selisih suhu yang terdeteksi oleh alat dan termometer. Ujung termometer diletakkan sejajar dengan DS18B20. Bagian DS18B20 dengan bahan *stainless steel* dibenamkan seluruhnya kedalam *paraffin* agar tidak terpengaruh oleh suhu ruangan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kenaikan Suhu

No	Suhu		Tingkat Kesalahan $= \left \frac{\text{Termometer} - \text{Alat}}{\text{Termometer}} \right \times 100\%$ (%)
	Termometer (°C)	Alat (°C)	
1	61,5	61	0,8
2	62	62	0
3	62,5	63	0,8
4	63,5	64	0,78
5	64	65	1,5
6	65	66	1,5
7	66,5	67	0,76
8	67,5	68	0,74
9	69	69	0
10	70	70	0
Rata-rata			0,68

Tabel 3. Hasil Pengujian Penurunan Suhu

No	Suhu		Tingkat Kesalahan $= \left \frac{\text{Termometer} - \text{Alat}}{\text{Termometer}} \right \times 100\%$ (%)
	Termometer (°C)	Alat (°C)	
1	60,5	60	0,8
2	59,5	59	0,8
3	58,5	58	0,8
4	58	57	1,7
5	57	56	1,7
6	55,5	55	0,9
7	54	54	0
8	53	53	0
9	52	52	0
10	51	51	0
Rata-rata			0,67

Rata-rata tingkat kesalahan untuk kenaikan dan penurunan suhu menunjukkan hasil yang hampir sama. Pengujian suhu yang

terdeteksi dan tertampil pada alat dibandingkan dengan termometer menunjukkan hasil yang fluktuatif. Hal ini dikarenakan kesejajaran peletakan sensor suhu dan ujung termometer yang kurang presisi.

Realisasi Alat

Paraffin bath yang telah dirancang dan terealisasi memiliki ukuran panjang 36 cm, lebar 26 cm, dan tinggi 17 cm. Bahan utama yang digunakan untuk bagian chasing menggunakan bahan akrilik. Bahan ini digunakan akan rangkaian yang ada dibagian dalam dapat terlihat. Sehingga dalam proses pengujian dapat dilakukan dengan mudah terpantau.

Alat Tampak Depan

Jika dilihat dari depan, maka tampak LCD dan nama alat. Blok-blok rangkaian di dalam alat seperti *Arduino Uno*, dan *relay module* juga terlihat. LCD akan tampak berbeda antara saat alat mati dan dihidupkan. LCD menyala saat alat dihidupkan dan menampilkan data suhu dan status.



Gambar 6. Tampak Depan

Alat Tampak Belakang

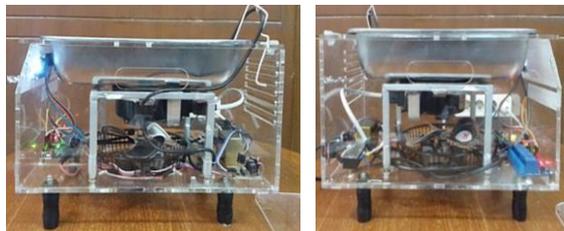
Jika dilihat dari belakang maka akan terlihat beberapa komponen pada alat seperti *power switch*, *fuse* dan kabel *power* serta lubang ventilasi untuk sirkulasi udara panas dari *heater*. Selain itu terlihat juga beberapa blok rangkaian di dalam alat seperti rangkaian *power supply* dengan trafo CT, dan terminal blok untuk kabel AC.



Gambar 7. Tampak Belakang

Tampak Samping

Jika dilihat dari samping kanan maka akan terlihat lubang *handle* kanan untuk mengangkat alat serta kipas dan *heater* pada bagian tengah. Alat *paraffin bath* tampak samping kanan diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 8. Tampak Samping

Tampak Atas

Jika dilihat dari atas maka akan terlihat *chamber* yang berfungsi untuk menampung paraffin. Alat ini mempunyai tutup yang dapat dipasang saat alat tidak digunakan untuk melindungi parafin dari masuknya kotoran atau benda apapun. Saat alat ditutup, maka sensor suhu harus digeser ke samping *chamber*.



Gambar 9. Tampak Atas

KESIMPULAN

Dari analisa pembahasan dalam hubungan dengan bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Alat yang dirancang dapat direalisasikan dengan memanfaatkan *heater* kering sebagai elemen pemanas *paraffin*, sehingga dapat menghasilkan suhu tinggi dan sedang.
2. Simulasi alat *paraffin bath* yang telah dirancang dapat diimplementasikan untuk melakukan pemanasan *paraffin* tanpa melewati batas suhu yang diperbolehkan yaitu 47,8 °C hingga 54°C.
3. Panas untuk terapi yang dihasilkan dari alat *paraffin bath* ini yaitu antara 51°C hingga 54°C dikarenakan *paraffin* akan cepat membeku ketika digunakan pada suhu dibawah 50 °C.
4. Pemanasan *paraffin* tidak merata dikarenakan ukuran heater yang terlalu kecil

jika dibandingkan dengan ukuran *chamber*. Selain itu, tidak meratanya pemanasan juga dipengaruhi oleh bahan *chamber*. Hal ini akan memperlambat proses pencairan *paraffin*.

5. Bahan *chamber* yang menyimpan panas membuat *paraffin* tidak dingin secara merata, sehingga akan menggumpal pada dasar *chamber* saat proses penurunan suhu.
6. Dalam penggunaan simulasi alat *paraffin bath* tidak dilakukan pengaturan apapun oleh *user*. *User* hanya perlu menunggu alat hingga display menampilkan status "READY" saat *paraffin* telah siap untuk digunakan. Dengan kata lain, pemanasan pada alat *paraffin bath* dilakukan secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Jayadin. 2007. *Elektronika Dasar*. Electronic book.
- Anonim. 2010. *Terapi Lilin (Paraffin Bath)*. www.flexfreeclinic.com/detail-artikel2/terapi-lilin-paraffin-bath-36. Diakses pada 15 Juni 2016 pukul 14.10 WIB.
- Anonim. 2011. *Paraffin Bath*. <http://www.artikel.indonesianrehabequiment.com/2011/03/paraffin-bath.html>. Diakses pada 15 Juni 2016 pukul 14.00 WIB.
- Anonim. 2011. *Parafin Bath*. <http://halamanblogku.blogspot.co.id/2011/12/parafin-bath.html>. Diakses pada 15 Juni 2016 pukul 14.08 WIB.
- Anonim. 2013. *Pengertian IC (Integrated Circuit)*. Artikel. <http://elektronika-dasar.web.id/pengertian-ic-integrated-circuit/> Diakses pada 15 Juni 2016 pukul 14.30 WIB.
- Anonim. Tanpa tahun. *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer*. Data sheet. Dallas.
- Djukarna. 2013. *Transformator*. <https://djukarna.wordpress.com/tag/trafo-ct/> Diakses pada 24 Agustus 2016 pukul 16.25 WIB.
- Hendrawan, Juli. 2015. *Implementasi Alat Water Bath dengan Pembuangan Air Secara Otomatis Menggunakan Sensor Optocoupler*. Skripsi. Universitas Respati Yogyakarta: Yogyakarta.
- Kadir, Abdul. 2015. *Arduino – From Zero To A Pro*. Penerbit Andi : Yogyakarta.
- Kurniawan, Fajar dkk. 2014. *Aplikasi Arduino Untuk Pengatur Suhu Ruang*. <http://belajararduino.blogspot.co.id/2014>

- [/01/aplikasi-arduino-untuk-pengatur-suhu.html](#). Diakses pada 16 Juni 2016 pukul 15.30 WIB.
- Kurniawati, Julaikha. 2006. *Rancang Bangun Water Bath Menggunakan Mikrokontroler AT89C51*. Tugas Akhir. Universitas Jember: Jember.
- Pratiwi, Ratih. 2009. *Penentuan Sumber Panas dengan Metode Tomografi Menggunakan Sensor Termometer Digital DS18B20*. Skripsi. Universitas Indonesia : Depok.

MEMBANGUN APLIKASI KASIR ONLINE YANG TERINTEGRASI DENGAN SMARTPHONE

Nur Eko Purwanto¹, Dwi Setyowati², Ignatius Suraya³

Jurusan Sistem Komputer, FST, IST AKPRIND Yogyakarta

¹nureko2105@gmail.com, ²dwisetowati@akprind.ac.id, ³ignsuraya@akprind.ac.id

ABSTRACT

Entrepreneur in the field of buying and selling of goods is no stranger to the cash register or cashier application that is usually used by entrepreneurs in the field of culinary, mini market, modiste and so forth. To make it easier for entrepreneurs to monitor transaction data and sales reports requires a lightweight and easily accessible mobile app. Online cashier is a solution to facilitate entrepreneurs monitor transaction data and sales reports. In developing this online cashier application using Apache Cordova to compile web-based applications in the form of smartphone applications. Applications are divided into two parts: desktop client for cashier and mobile admin operators for business owners. In the desktop application displays the cashier machine like a regular cash register while for the admin displays the financial and sales reports. The results of the mobile app system test admin using some android smartphone generated mobile applications can run smoothly on android 5.1.0 (Lollipop) to the top, but no support for android 4.0.0 down. To test the desktop client application system for the cashier operator generated to take the entire content (load) a page takes 078 milisecond to 1418 milisecond with an average access time of 428 milisecond.

Keywords: Apache Cordova, web-programing, Application Cashier, Mobile

INTISARI

Wirausaha dalam bidang jual beli barang tentu tidak asing lagi dengan mesin kasir atau aplikasi kasir yang biasanya digunakan oleh wirausahawan dalam bidang kuliner, *mini market*, *modiste* dan lain sebagainya. Untuk mempermudah wirausahawan memantau data transaksi dan laporan penjualan dibutuhkan aplikasi *mobile* yang ringan dan mudah diakses. Kasir *online* adalah solusi untuk mempermudah wirausahawan memantau data transaksi dan laporan hasil penjualan. Dalam mengembangkan aplikasi kasir *online* ini menggunakan Apache Cordova untuk mengcompile aplikasi berbasis web dalam bentuk aplikasi *smartphone*. Aplikasi dibagi menjadi dua bagian yaitu *desktop client* untuk operator kasir dan *mobile* admin untuk pemilik usaha. Dalam aplikasi *desktop* menampilkan mesin kasir seperti layaknya aplikasi kasir biasa sedangkan untuk admin menampilkan laporan-laporan keuangan dan penjualan. Hasil dari uji sistem aplikasi *mobile* admin menggunakan beberapa *smartphone* android dihasilkan aplikasi *mobile* dapat berjalan lancar pada android 5.1.0 (Lollipop) ke atas, namun tidak support untuk android 4.0.0 ke bawah. Untuk uji sistem aplikasi *desktop client* untuk operator kasir dihasilkan untuk mengambil seluruh konten (*load*) sebuah halaman dibutuhkan waktu 078 *milisecond* hingga 1.418 *milisecond* dengan rata-rata waktu akses 428 *milisecond*.

Kata kunci: Apache Cordova, web-programing, Aplikasi Kasir, Mobile

PENDAHULUAN

Sekarang ini berwirausaha sangat diminati oleh banyak orang karena keuntungannya lebih besar dari pada bekerja. Banyak dari para karyawan atau pekerja berbondong-bondong berpindah untuk menjadi wirausahawan. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat jumlah usaha menurut hasil pendaftaran usaha Sensus Ekonomi (SE) 2016 sebanyak 26,7 juta wirausahawan *non-pertanian* atau naik sekitar 17,6 persen atau sekitar 4 juta orang dari hasil SE 2006 sebesar 22,7 juta wirausahawan.

Wirausaha dalam bidang jual beli barang tentu tidak asing lagi dengan mesin kasir atau aplikasi kasir yang biasanya

digunakan oleh wirausahawan dalam bidang kuliner, *mini market*, *modiste* dan lain sebagainya. Sudah banyak aplikasi kasir yang sudah dibangun selama ini dan banyak diantaranya berbentuk sistem informasi. Salah satu contohnya adalah Sistem Informasi Penjualan *Online* pada Toko Tinta (Adelia dan Yustecia Andika Efdom,2013) menggunakan HTML, PHP, dan MySQL dalam bentuk website. Sistem Informasi Aplikasi Kasir Menggunakan *Barcode Reader* Pada Toko Dan Jasa Widodo Computer Ngadirojo Kabupaten Pacitan (Ahmad Jamal dan Lies Yulianto,2013). Adapun dalam penelitian Jos Forman Tompoh, Steven R. Sentiwuno, Alicia A. E. Sinsuw (2016) dalam Jurnal yang berjudul "*Rancang Banguun Aplikasi*

Pemesanan Menu Makanan Restoran Berbasis Android". Dalam penelitian tersebut bertujuan untuk merancang dan membangun suatu aplikasi pemesanan menu makanan restoran dalam menangani pemesanan menu makanan. Dengan menggunakan *web-service* aplikasi pemesanan menu di sisi pelanggan berbasis android (*client*) dapat terintegrasi untuk mengatur pemesanan (*server*). Dalam penelitian tersebut menggunakan Apache Cordova untuk membangun aplikasi pemesanan menu. penelitian Sopingi (2016) menggunakan Apache Cordova "Sistem Informasi Donasi Berbasis Hybrid Mobile Menggunakan *web-Service* pada Yayasan Solo Peduli" penelitian tersebut bertujuan untuk membangun sistem informasi donasi dengan memanfaatkan teknologi *hybrid mobile*. Teknologi *hybrid mobile* dapat diterapkan dalam pembuatan aplikasi *platform mobile* dengan menggunakan *Ionic* dan *Cordova*. *Ionic* adalah *Framework* yang digunakan untuk membangun *user interface* aplikasi *mobile* dengan menggunakan HTML5 dan AngularJS. *Cordova* menyediakan *Application Programming Interface* (API) untuk mengakses fungsionalitas sistem operasi Android menggunakan Javascript.

Namun, dari contoh aplikasi tersebut, banyak diantaranya masih berbentuk *website* atau aplikasi *desktop* saja. Masih belum ada aplikasi *desktop* yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile* seperti *smartphone*. Sehingga akses untuk informasi penjualan pun lebih mudah dan fleksibel.

Dizaman internet ini banyak hal yang bisa dilakukan. *Internet of Things*, atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, *remote control*, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. Begitu juga dengan Aplikasi kasir. Dengan memanfaatkan *cloud server* memungkinkan data dapat disimpan dan dibuka kapanpun dan dimanapun. Data penjualan dan keuangan tidak hanya dapat dilihat tetapi juga sudah tersusun dengan rapi dan lebih efisien, terutama bagi wirausahawan yang tidak dapat setiap hari memantau tempat usahanya. Berdasarkan latar belakang masalah ini, penulis terinspirasi untuk membuat aplikasi kasir *online* yang terintegrasi dengan *smartphone*.

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam mengembangkan aplikasi kasir *online* ini menggunakan Sublime Text 3 HTML5, MySQL, PHP dan Apache Cordova

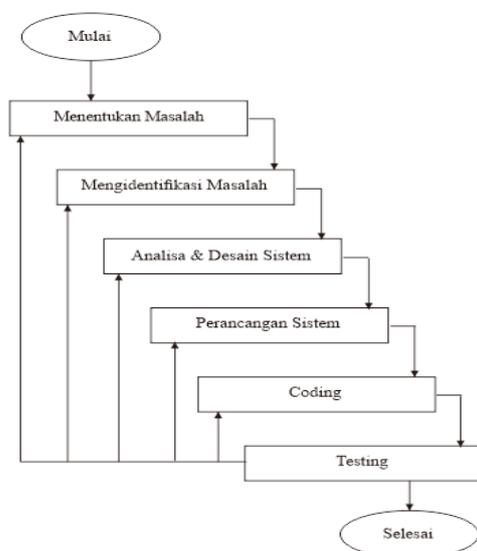
- a. Sublime Text 3 adalah sebuah software yang dikembangkan oleh Jon Skinner. Beliau merupakan seorang programmer dari Australia. Sublime text 3 merupakan aplikasi text editor untuk menulis kode. Banyak sejumlah bahasa program yang ada pada aplikasi ini. Diantaranya PHP, CSS, C, C++, HTML, ASP, Java, dan sebagainya. Tentu saja, software ini bisa lebih memudahkan pekerjaan pengguna saat membuat sebuah program..
- b. HTML5 merupakan salah satu karya World Wide Web Consortium, W3C untuk mendefinisikan sebuah bahasa markah tunggal yang dapat ditulis dengan cara HTML ataupun XHTML. HTML5 merupakan jawaban atas pengembangan HTML 4.01 dan XHTML 1.1 yang selama ini berjalan terpisah, dan diimplementasikan secara berbeda-beda oleh banyak perangkat lunak pembuat web.
- c. MySQL atau Structured Query Language adalah sebuah bahasa yang digunakan untuk mengakses data dalam basis data relasional. Bahasa ini secara de facto merupakan bahasa standar yang digunakan dalam manajemen basis data relasional. Saat ini hampir semua server basis data yang ada mendukung bahasa ini untuk melakukan manajemen datanya.
- d. PHP Bahasa pemrograman PHP adalah sebuah bahasa script yang tidak melakukan sebuah kompilasi dalam penggunaannya. Web Server yang mendukung PHP dapat di temukan dimana –mana dari mulai apache, IIS, Lighttpd, hingga Xitami dengan konfigurasi yang relatif mudah. Dalam sisi pengembangan lebih mudah, karena banyaknya milis – milis dan developer yang siap membantu dalam pengembangan.
- e. Apache Cordova (dulunya adalah PhoneGap) adalah *framework* pengembangan aplikasi *mobile* yang awalnya dibuat oleh perusahaan Niboti. Pada tahun 2011 kemudian Adobe System membeli perusahaan tersebut dan menyerahkan pengembangan *open sourcena* kepada Apache Software

Foundation dengan nama baru Apache Cordova. Apache Cordova memungkinkan pengembangan untuk membuat aplikasi mobile dengan menggunakan CSS3, HTML5 dan JavaScript daripada menggunakan API yang spesifik untuk masing-masing platform seperti Java untuk Android, Swift untuk iOS dan C# untuk Windows Phone. Dengan satu kode sumber yang sama dapat Apache Cordova dapat membangun aplikasi agar dapat berjalan di banyak jenis device

PEMBAHASAN

Diagram Alir Penelitian.

Tahapan penelitian yang penulis ambil dapat digambarkan dalam *Waterfall diagram*. Dalam pengembangan *waterfall*, biasanya terdapat beberapa bentuk alih fungsi antar fase. Selama proses *coding*, sesuatu mungkin terjadi dan menuntut untuk kembali melihat analisis dan desain. Dalam



hal ini tidak dapat berasumsi bahwa desain sudah selesai saat *coding* dimulai. Tidak dapat dihindari harus kembali melihat ke keputusan analisis dan desain dalam fase-fase selanjutnya seperti ditunjukkan pada gambar 1 (Roger, 2002).

Arsitektur Sistem

Analisa sistem adalah penguraian dari suatu sistem informasi yang utuh ke dalam komponen-komponennya dengan maksud untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi permasalahan-permasalahan yang terjadi dan kebutuhan-kebutuhan yang diharapkan sehingga dapat diusulkan perbaikannya (Wildan, 2012).

Analisa sistem disini berguna untuk meminimalisir kesalahan-kesalahan dalam pengembangan aplikasi yang dibagi

menjadi beberapa langkah. Langkah-langkah dalam analisa sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi masalah, yaitu dengan mempersiapkan data-data yang diperlukan dalam informasi yang harus ditampilkan agar sistem yang dibangun dapat sesuai dengan keadaan yang sebenarnya sehingga dapat mencapai tujuan penulis.

2. Memahami Kerja Sistem

Langkah ini dilakukan dengan mempelajari bagaimana cara kerja dari sistem yang akan dikembangkan berupa *Input* dan *Update* (Ubah) data user, barang, penjualan, pembelian, kas, dan juga *Destroy* (Hapus) data yang tidak sesuai dan bagaimana sistem menampilkan setiap data.

3. Menganalisa Kerja Sistem

Menganalisa keseluruhan sistem yang telah dibuat dan dijalankan pada *web browser*. Hasil analisa berupa laporan yang menggambarkan kelemahan dan kebutuhan dari program aplikasi, sehingga dapat digunakan sebagai tinjauan untuk pengembangan sistem sebelum dibangun menjadi sebuah aplikasi.

4. Membuat Laporan

Membuat laporan dari hasil analisa sistem yang dibuat berdasarkan pada kinerja sistem yang dijalankan dan kekurangan yang diperoleh.

Diagram alur penentuan tarif.

Desain atau perancangan system merupakan tahapan untuk memulai membangun sebuah aplikasi dengan tujuan untuk memberikan gambaran secara global kepada pemakai mengenai sistem yang akan dikembangkan dan untuk mempermudah kinerja dalam menganalisa kebutuhan-kebutuhan sistem serta sebagai acuan dalam merancang sistem sehingga dapat berjalan sesuai dengan perencanaan semula (Fatta, 2007). Perancangan sistem dalam pembuatan aplikasi kasir yang terintegrasi dengan *smartphone* adalah dengan Perancangan HIPO dan Perancangan Interface.

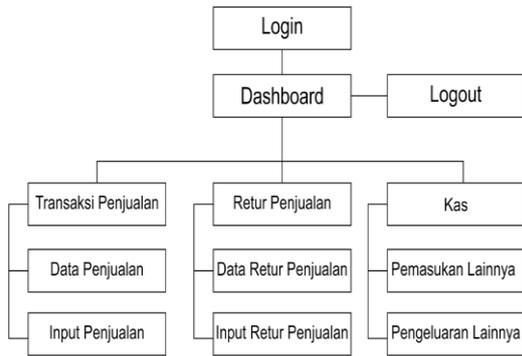
HIPO (Hierarchy Input Proses Output)

HIPO adalah alat bantu untuk membuat spesifikasi program, HIPO terdiri dari dua bagian, yaitu:

1. *Hierarchy chart* (diagram HIPO), digunakan untuk menggambar struktur program.

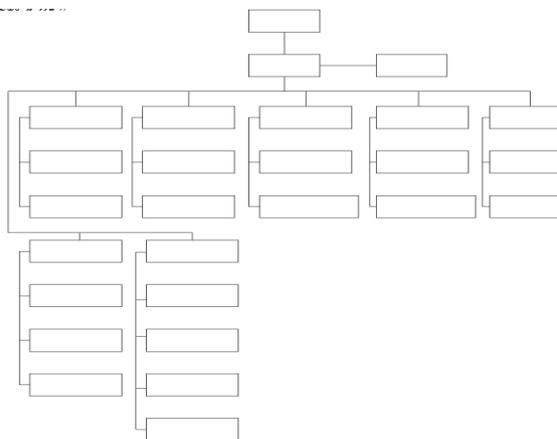
- IPO (*Input Proses Output*), digunakan untuk menjelaskan masukan, proses yang terjadi dan hasil yang keluar.

Perancangan HIPO dalam Aplikasi Kasir Desktop *Client* (Operator Kasir) terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. HIPO Aplikasi Kasir Desktop *Client* (Operator Kasir)

Sedangkan, perancangan HIPO dalam Aplikasi Kasir *Mobile Admin* terlihat pada gambar 3.



Gambar 3.3. HIPO Aplikasi Kasir *Mobile Admin*

Hasil

Penulis membangun aplikasi Kasir *Online* ini menggunakan Bahasa pemrograman HTML5, CSS3, dan Javascript untuk tampilan aplikasi dan PHP dan MySQL sebagai pengolah data. Sebagai *compiler* aplikasi *mobile* penulis menggunakan Apache Cordova untuk mendapatkan file *.apk. Penulis menggunakan android sebagai *device* dikarenakan Android tidak perlu menggunakan lisensi khusus dalam membuat aplikasi. Untuk Aplikasi desktop penulis menggunakan *platform web browser* untuk menjalankan aplikasi desktop.

Pengujian Sistem Aplikasi *Mobile Admin*

Penulis telah menguji aplikasi kasir *Online mobile admin* ini dalam beberapa perangkat android dan versi android yang berbeda. Tabel 1.berikut adalah hasil uji kompatibilitas sistem.

Tabel 1. Uji Kompatibilitas

Ver si	Nama Androi d	Support/ Tidak Support	Keterang an
2.3	<i>Ginger Bread</i>	Support	Tidak Berfungsi
3.0/ 3.1	<i>Honeycomb</i>	Support	Tidak Berfungsi
4.0	<i>Ice Cream Sandwich</i>	Support	Berfungsi*
4.1	<i>Jelly Bean</i>	Support	Berfungsi*
4.2	<i>Jelly Bean</i>	Support	Berfungsi*
4.3	<i>Jelly Bean</i>	Support	Berfungsi*
4.4	<i>Kit Kat</i>	Support	Berfungsi
5.0/ 5.1	<i>Lollipop</i>	Support	Berfungsi

Dalam pengujian didapat hasil bahwa pada versi *Ginger Bread* dan *Honeycomb support* untuk menginstal aplikasi namun sering terjadi "Force close" dikarenakan SDK (*Software Developer Kit*) yang digunakan adalah versi terbaru yaitu versi 25.0.3 sehingga versi tersebut tidak cocok untuk perangkat tersebut. Dapat diketahui bahwa versi android yang harus digunakan minimal adalah *Ice Cream Sandwich (ICS)*.

Khusus versi *Ice Cream Sandwich*, dan *Jelly Bean* aplikasi tersebut berjalan lancar namun masih terdapat error (*bug*) ketika aplikasi tersebut dijalankan. *Error* yang terjadi tidak terpengaruh terhadap versi android, tetapi tergantung spesifikasi *smartphone* yang dipakai.

Pengujian Aplikasi Desktop *Client* (Operator Kasir)

Pada pengujian Aplikasi desktop penulis melakukan pengujian menggunakan berbagai macam *web browser* seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, dan Safari. Semua *web browser* dapat mengakses aplikasi dengan baik.

Berikut *load time log* dari beberapa halaman yang diakses.

Tabel 2. Log waktu *load* aplikasi desktop *client* (operator kasir)

	Mozilla	Chrome	Safari	IE
	(milisecond)			
Halaman Login	873	361	1.827	132
Halaman Dashboard	1.804	1.104	1.418	1.238
Halaman Data Penjualan	601	273	243	457
Halaman Input Penjualan	78	636	411	594
Halaman Data Retur Penjualan	664	594	594	446
Halaman Input Retur Penjualan	877	693	985	512
Halaman Kas	687	634	249	395

Dari catatan waktu akses pada tabel-tabel diatas terlihat, untuk mengambil seluruh konten (*load*) sebuah halaman dalam sistem ini dibutuhkan waktu 078 *milisecond* hingga 1.418 *milisecond* dengan rata-rata waktu akses 428 *milisecond*. Dengan demikian rata-rata halaman dapat diakses dalam waktu kurang dari 1 detik, aplikasi ini bekerja dengan kinerja sistem yang baik.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- Aplikasi kasir *Online* ini dibuat untuk mempermudah para wirausahawan agar dapat terus memantau setiap kegiatan transaksi yang terjadi setiap waktu dan setiap saat melalui perangkat *smartphone*.
- Aplikasi kasir *Online* ini dirancang untuk mempermudah wirausahawan tidak hanya dalam memantau transaksi saja namun juga dapat mengatur stok barang dan juga dapat menampilkan laporan mulai dari laporan transaksi, laporan retur, laporan omset, dan laporan jumlah aset.
- Aplikasi kasir *Online* ini dimaksudkan untuk mempermudah para wirausahawan yang tidak punya waktu ke tempat usahanya setiap saat dan

memiliki banyak cabang ataupun memiliki usaha *franchise*.

- Berdasarkan pengujian sistem telah dilakukan pada beberapa *smartphone* yang berbasis android dapat disimpulkan bahwa kasir *Online mobile* untuk admin dapat berjalan dengan baik pada perangkat android versi Lollipop ke atas karena dalam pembuatan aplikasi tersebut menggunakan SDK (*Software Development Kit*) yang terbaru yaitu versi 25.0.3. Untuk versi Ice Cream Sandwich dan Jelly Bean masih mengalami *error* pada saat menjalankan aplikasi tersebut. Bahkan pada versi Ginger Bread dan Honeycomb tidak berjalan sama sekali.
- Ukuran aplikasi kasir *Online mobile* admin menggunakan memory yang tidak besar, rata-rata aplikasi terinstal hanya sebesar 4 MB saja.
- Pada pengujian Aplikasi desktop penulis melakukan pengujian menggunakan berbagai macam *web browser* seperti Mozilla Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, dan Safari. Semua *web browser* dapat mengakses aplikasi dengan baik *milisecond* dengan rata-rata waktu akses 428 *milisecond*.

Saran

- Aplikasi yang telah dibangun dapat dikembangkan dengan menambahkan tombol keluar pada aplikasi kasir *Online mobile* admin, sehingga lebih mudah untuk keluar dan masuk aplikasi.
- Aplikasi kasir *Online* desktop operator kasir dapat dibuat menjadi aplikasi jadi yang terinstall di PC atau laptop khusus untuk operator kasir, agar lebih mudah dalam menjalankan program.
- Untuk tampilan *mobile* dan desktop harus lebih dikembangkan agar lebih *responsive* dan lebih nyaman dalam menggunakannya.
- Aplikasi ini ditingkatkan lagi dalam keamanan data dikarenakan data penjualan dan transaksi rawan untuk dimanipulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, Efdom. Y. A. 2013. *Perancangan dan Pembangunan Sistem Informasi Penjualan Online pada Toko Tinta*. Naskah Publikasi. Universitas Kristen Maranatha Bandung. Bandung.
- Fatta, H. A., 2007, *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi untuk Keunggulan Bersaing Perusahaan dan*

- Organisasi Modern*, Andi Offset, Yogyakarta
- Jamal. A, Yilianto. L. 2013. *Rancang Bangun Sistem Informasi Aplikasi Kasir Menggunakan Barcode Reader Pada Toko dan Jasa Widodo Computer Ngadirojo Kabupaten Pacitan*. Naskah Publikasi. Journal Speed Volume 5 No 3.
- Sopingi. 2016. *Sistem Informasi Donasi Berbasis Hybrid Mobile Menggunakan Web Service pada Yayasan Solo Peduli*. Naskah Publikasi. STIMIK Duta Bangsa Surakarta. Surakarta.
- Roger S. 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*. ANDI: Yogyakarta.
- Tompoh. J. F, Sentinuwo. S. R, Sinsuw. A. A. E. 2016. *Rancang Banngun Aplikasi Pemesansn Menu Makanan Restoran Berbasis Android*. Naskah Publikasi. Teknik Informatika Universitas Sam Ratulangi Manado
- Wildan. 2012. *"LKP: Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Pada SMK Negeri 11 Surabaya"* (Doctoral Dissertation, STIKOM Surabaya

USULAN REDUKSI DIMENSI PENILAIAN KUALITAS JASA PADA KASUS DATA KUALITAS JASA E-COMMERCE DI INDONESIA

Mega Inayati Rif'ah¹

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND
E-mail: megainaya@akprind.ac.id

ABSTRACT

One of the programs of the Ministry of Communications and Informatics is to map e-commerce profiles in Indonesia, to serve as the basis for policies related to the sector. To map the profile, questionnaires were used, where the number of question items was more than 100, and involved more than 1000 respondents, so the data was very large. In response to the large amount of data collected, this study aims to reduce the number of question items in the questionnaire, by specializing in the questioning section of service quality assessment. The method used is principal component analysis (PCA). The results of data processing show that from 5 dimensions of service quality assessment (Tangible, Reliability, Responsiveness, Assurance, and Emphaty), can be reduced to 2 dimension, Responsiveness and Assurance.

Keywords: *service quality, principal component analysis, dimensional reduction.*

INTISARI

Salah satu program Kementerian Komunikasi dan Informatika adalah memetakan profil *e-commerce* di Indonesia, sebagai dasar kebijakan terkait dengan sektor tersebut. Untuk memetakan profil tersebut, digunakan kuesioner dengan jumlah item pertanyaan lebih dari 100, dan melibatkan lebih dari 1000 responden, sehingga data yang terkumpul sangat besar. Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi jumlah item pertanyaan pada kuesioner tersebut, dikhususkan pada bagian pertanyaan tentang penilaian kualitas jasa. Metode yang digunakan adalah *principal component analysis* (PCA). Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa dari lima dimensi penilaian kualitas jasa (*Tangible, Reliability, Responsiveness, Assurance, dan Emphaty*), dapat direduksi menjadi dua dimensi, yakni *Responsiveness* dan *Assurance*.

Kata Kunci: *kualitas jasa, principal component analysis, reduksi dimensi, uji tanda.*

PENDAHULUAN

Prakoso (2015) melaporkan bahwa Kementerian Komunikasi dan Informatika melakukan penelitian secara mendalam untuk mengetahui profil *e-commerce* nasional sebagai dasar pengambilan kebijakan terkait sektor tersebut. Hal ini sejalan dengan yang tercantum dalam Rencana Strategis (Renstra) Kementerian Perdagangan Republik Indonesia tahun 2015-2019 (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2015). Disebutkan pada Renstra tersebut bahwa salah satu strategi yang perlu dilakukan dalam pembangunan perdagangan dalam negeri selama periode 2015-2019 adalah meningkatkan iklim usaha perdagangan konvensional dan non konvensional yang kondusif, salah satu dari hal tersebut terkait dengan penataan perdagangan melalui Sistem Elektronik (*e-commerce*). Rencana tersebut kemudian direalisasikan pada tahun 2015 juga.

Salah satu item pertanyaan kuesioner untuk pengambilan data tersebut adalah mengenai penilaian kualitas jasa *e-commerce*. Penilaian kualitas jasa ini menggunakan 5 (lima) dimensi kualitas jasa yang diusulkan oleh Parasuraman dkk. (1988), yakni 1)

dimensi *Tangible*, 2) dimensi *Reliability*, 3) dimensi *Responsiveness*, 4) dimensi *Assurance*, dan 5) dimensi *Emphaty*. Total terdapat 15 item pertanyaan dalam kuesioner kualitas jasa tersebut.

Pertanyaan tentang kualitas jasa merupakan sebagian dari pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam kuesioner profil *e-commerce* tersebut. Responden yang digunakan untuk memetakan profil *e-commerce* ini ada empat kelompok: pembeli berbadan hukum, pembeli perorangan, penjual berbadan hukum, dan pembeli perorangan. Total responden dalam pengambilan data ini lebih dari seribu orang, dan total pertanyaan lebih dari seratus butir, sehingga jumlah data yang dikumpulkan banyak.

Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi jumlah item pertanyaan pada kuesioner tersebut, dikhususkan pada bagian pertanyaan tentang penilaian kualitas jasa. Hal ini dimaksudkan agar pengambilan data lebih efisien, namun tetap dapat ditemukan karakteristik/pola yang ingin diperoleh (disimpulkan). Selain itu, jumlah item pertanyaan dalam kuesioner yang terlalu banyak akan menimbulkan kelelahan, stress,

dan kebosanan pada responden. Padahal stress dan kebosanan dapat mengakibatkan penurunan konsentrasi/ performansi seseorang (Leksono, 2014).

Reduksi data (variabel, dimensi, atribut) merupakan proses analisis untuk memilih, memusatkan perhatian, dan menemukan fitur pokok dari suatu data yang diambil di lapangan. Reduksi data dapat dilakukan dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA) (Hendro, dkk., 2012; Tabachnick dan Fidell, 2001).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan yang digunakan adalah data sekunder, yakni data profil *e-commerce* di Indonesia, khusus pada bagian penilaian kualitas jasa menggunakan lima dimensi dari Parasuraman, dkk. (1985). Jumlah sampel yang digunakan adalah sebanyak 30 (sesuai dengan ukuran sampel standar (Rescoe dalam Sekaran (2006)). Metode yang digunakan untuk mereduksi data adalah metode *Principal Component Analysis* (PCA). Seperti yang disebutkan, terdapat 4 kategori responden pengguna *e-commerce*: 1) pembeli berbadan hukum, 2) pembeli perorangan, 3) penjual berbadan hukum, dan 4) pembeli perorangan. Tanggapan (jawaban) responden untuk masing-masing kategori tersebut diolah menggunakan metode PCA. Kemudian PC yang dapat diambil dari masing-masing kelompok responden tersebut, juga nilai kontribusi (*loadings*) yang ≥ 0.5 , dibandingkan, dan diuji statistik.

1. Pengolahan data awal

Pengolahan data awal dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mengubah jawaban responden: "Sangat Setuju", "Setuju", "Netral", "Tidak Setuju", dan "Sangat Tidak Setuju", dengan skala nominal secara berurutan: 1, 2, 3, 4, dan 5.
- b. Setiap dimensi penilaian kualitas memiliki beberapa item pertanyaan, dan setiap pertanyaan akan memiliki salah satu diantara kelima jawaban 1, 2, 3, 4 atau 5 tersebut. Oleh karena itu, langkah dilanjutkan merata-ratakan nilai tersebut dari setiap item pertanyaan, sehingga setiap dimensi hanya memiliki satu nilai, dari setiap responden.
- c. Untuk mempermudah penyebutan lima dimensi penilaian kualitas jasa, pada pengolahannya disingkat

menjadi: *Tangible* (TANG), *Reliability* (REL), *Responsivness* (RES), *Assurance* (AS), dan *Emphaty* (EM).

2. Pengolahan data menggunakan metode PCA

Sebanyak 30 data kualitatif jawaban responden mengenai penilaian kualitas jasa *e-commerce* dari setiap kategori diolah dengan metode PCA menggunakan *software* Minitab 16. Hasil untuk masing-masing kategori responden adalah sebagai berikut.

a. Pembeli berbadan hukum

Principal Component Analysis: TANG, REL, RES, AS, EM

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

<i>Eigenvalue</i>	2.6760	0.9827	0.6188
	0.4063	0.3161	
<i>Proportion</i>	0.535	0.197	0.124
	0.081	0.063	
<i>Cumulative</i>	0.535	0.732	0.856
	0.937	1.000	

<i>Variable</i>	PC1	PC2	PC3
PC4	PC5		
TANG	0.158	0.957	0.216
	0.049	0.099	
REL	0.459	-0.272	0.670
	0.132	0.499	
RES	0.533	-0.039	0.190
	0.162	-0.808	
AS	0.503	-0.069	-0.293
	0.804	0.105	
EM	0.477	0.061	-0.619
	0.555	0.278	

Berdasarkan hasil pengolahan PCA menggunakan *software* Minitab terhadap data yang diisi oleh responden pembeli berbadan hukum ini, dapat dilihat bahwa *principal component* (PC) yang memiliki *eigen value* ≥ 1 hanya PC1, yakni 2.6760. Kemudian dilihat *loadings* dari PC1 tersebut, yang memiliki nilai *loadings* ≥ 0.5 adalah variabel *Responsivness* (RES) dan *Assurance* (AS). Besaran *loadings* adalah nilai kontribusi variabel asal terhadap variabel baru, PC, yang terbentuk.

b. Pembeli perorangan
Principal Component Analysis: TANG, REL, RES, AS, EM

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

<i>Eigenvalue</i>	3.7836	0.6881	0.3109
	0.1185	0.0989	
<i>Proportion</i>	0.757	0.138	0.062
	0.024	0.020	
<i>Cumulative</i>	0.757	0.894	0.957
	0.980	1.000	

<i>Variable</i>	PC1	PC2	PC3
PC4	PC5		
TANG	0.341	-0.894	-0.090
	0.207	-0.184	
REL	0.477	0.288	-0.125
	0.733	0.369	
RES	0.466	0.265	0.525
	0.015	-0.661	
AS	0.483	-0.095	0.380
	-0.510	0.594	
EM	0.453	0.198	-0.746
	-0.398	-0.202	

Berdasarkan pengolahan PCA menggunakan *software* Minitab terhadap data yang diisi oleh responden pembeli perorangan ini, dapat dilihat bahwa *principal component* (PC) yang memiliki *eigen value* ≥ 1 hanya PC1, yakni 3.7836. Kemudian dilihat *loadings* dari PC1 tersebut, tidak ada variabel asal yang memiliki kontribusi terhadap PC 1 ≥ 0.5 .

c. Penjual berbadan hukum
Principal Component Analysis: TANG, REL, RES, AS, EM

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

<i>Eigenvalue</i>	2.9203	0.9475	0.5347
	0.3237	0.2737	
<i>Proportion</i>	0.584	0.190	0.107
	0.065	0.055	
<i>Cumulative</i>	0.584	0.774	0.881
	0.945	1.000	

<i>Variable</i>	PC1	PC2	PC3
PC4	PC5		
TANG	0.374	0.632	-0.574
	0.042	0.360	
REL	0.400	0.459	0.782
	0.132	0.008	
RES	0.513	-0.071	-0.098
	0.698	-0.485	
AS	0.443	-0.550	0.108
	0.114	0.691	

EM	0.491	-0.287	-0.195	-
	0.693	-0.398		

Berdasarkan pengolahan PCA menggunakan *software* Minitab terhadap data yang diisi oleh responden penjual berbadan hukum ini, dapat dilihat bahwa *principal component* (PC) yang memiliki *eigen value* ≥ 1 hanya PC1, yakni 2.9203. Kemudian dilihat *loadings* dari PC1 tersebut, hanya variabel asal *Responsivness* (RES) yang kontribusinya terhadap PC 1 ≥ 0.5 .

d. Pembeli perorangan
Principal Component Analysis: TANG, REL, RES, AS, EM

Eigenanalysis of the Correlation Matrix

<i>Eigenvalue</i>	2.9728	0.9806	0.6384
	0.2357	0.1724	
<i>Proportion</i>	0.595	0.196	0.128
	0.047	0.034	
<i>Cumulative</i>	0.595	0.791	0.918
	0.966	1.000	

<i>Variable</i>	PC1	PC2	PC3
PC4	PC5		
TANG	0.297	0.813	-0.283
	0.379	-0.164	
REL	0.395	0.119	0.902
	0.059	-0.114	
RES	0.539	0.047	-0.125
	-0.278	0.784	
AS	0.522	-0.139	-0.249
	-0.550	-0.586	
EM	0.439	-0.551	-0.171
	0.687	-0.051	

Berdasarkan pengolahan PCA menggunakan *software* Minitab terhadap data yang diisi oleh responden penjual perorangan ini, dapat dilihat bahwa *principal component* (PC) yang memiliki *eigen value* ≥ 1 hanya PC1, yakni 2.9728.

Kemudian dilihat *loadings* dari PC1 tersebut, variabel asal yang kontribusinya terhadap PC 1 ≥ 0.5 , adalah variabel *Responsivness* (RES) dan *Assurance* (AS).

3. Perbandingan hasil PCA

Output PCA untuk setiap kategori responden dibandingkan jumlah *principal component* (PC)-nya yang signifikan, yakni PC dengan *Eigen Value* (EV)-nya lebih dari sama dengan 1. Perbandingan hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Jumlah PC

Kategori Responden	Jumlah PC yang EV-nya ≥ 1	Eigen Value (EV)
Pembeli berbadan hukum	1	2.6760
Pembeli perorangan	1	3.7836
Penjual berbadan hukum	1	2.9203
Penjual perorangan	1	2.9728

Sumber: Data yang Diolah

Jumlah PC yang signifikan untuk semua kategori responden hanya satu saja, yaitu PC1, maka kemudian untuk PC1 ini dibandingkan nilai *loadings* yang dimiliki, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2. Nilai *loadings* merupakan suatu indikator besar kontribusi dimensi/variabel awal terhadap variabel baru yang terbentuk (PC). Semakin besar nilai *loadings*, maka semakin besar kontribusi/pengaruh terhadap PC tersebut, sehingga dapat dikatakan PC tersebut adalah manifestasi dari variabel awal yang berkontribusi.

Tabel 2. Perbandingan *Loadings* untuk PC 1

Kategori Responden	Nilai <i>Loadings</i> untuk PC 1				
	TAN G	RE L	RE S	AS	EM
Pembeli berbadan hukum	0.15	0.4	0.5	0.5	0.4
n	8	95	33	03	77
Pembeli perorangan	0.34	0.4	0.4	0.4	0.4
n	1	77	66	83	53
Penjual berbadan hukum	0.37	0.4	0.5	0.4	0.4
n	4	00	13	43	91
Penjual perorangan	0.29	0.3	0.5	0.5	0.4
n	7	95	39	22	39

Sumber: Data yang Diolah

4. Uji statistik

Uji statistik ini digunakan untuk menyimpulkan apakah nilai *loadings* untuk masing-masing dimensi penilaian kualitas statistik tersebut (TANG, REL, RES, AS, dan EM) dapat dikatakan ≥ 0.5 (nilai *loadings* yang

dianggap sebagai nilai *cutoff*). Uji statistik yang digunakan adalah uji tanda. Setiap nilai *loadings* yang melebihi 0,5 akan diganti dengan tanda '+', dan dengan tanda '-' jika nilainya kurang dari 0.5, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan untuk Uji Tanda

Kategori Responden	Nilai <i>Loadings</i> untuk PC 1				
	TAN G	RE L	RE S	A S	E M
Pembeli berbadan hukum	-	-	+	+	-
Pembeli perorangan	-	-	-	-	-
n					
Penjual berbadan hukum	-	-	+	-	-
Penjual perorangan	-	-	+	+	-
n					

Sumber: Data yang Diolah

a. Dimensi TANG

- 1) $H_0: \tilde{\mu} = 0.5$
- 2) $H_1: \tilde{\mu} < 0.5$
- 3) $\alpha = 0.10$
- 4) Uji statistik: peubah binomial X dengan $p = \frac{1}{2}$
- 5) Perhitungan: $n = 4, x = 0$, dari Tabel Jumlah Peluang Binomial (Walpole dan Myers, 1995) diperoleh nilai P-hitungan:

$$P = P(X \leq 0 \text{ bila } p = \frac{1}{2})$$

$$\sum_{x=0}^0 b(x; 4, 1/2) = 0.0625 < 0.10$$

- 6) Kesimpulan: TOLAK hipotesis nol dan simpulkan bahwa nilai *loadings* untuk dimensi *Tangible* (TANG) kurang dari 0.5.

b. Dimensi REL

- 1) $H_0: \tilde{\mu} = 0.5$
- 2) $H_1: \tilde{\mu} < 0.5$
- 3) $\alpha = 0.10$
- 4) Uji statistik: peubah binomial X dengan $p = \frac{1}{2}$
- 5) Perhitungan: $n = 4, x = 0$, diperoleh nilai P-hitungan:

$$P = P(X \leq 0 \text{ bila } p = \frac{1}{2})$$

$$\sum_{x=0}^0 b(x; 4, 1/2)$$

$$= 0.0625 < 0.10$$

- 6) Kesimpulan: TOLAK hipotesis nol dan simpulkan bahwa nilai *loadings* untuk dimensi *Reliability* (REL) kurang dari 0.5.

c. Dimensi RES

- 1) $H_0: \mu \sim = 0.5$
- 2) $H_1: \mu \sim < 0.5$
- 3) $\alpha = 0.10$
- 4) Uji statistik: peubah binomial X dengan $p = \frac{1}{2}$
- 5) Perhitungan: $n = 4, x = 3$, diperoleh nilai P-hitungan:

$$P = P(X \leq 0 \text{ bila } p = \frac{1}{2})$$

$$= \sum_{x=0}^3 b(x; 4, 1/2)$$

$$= 0.9375 > 0.10$$

- 6) Kesimpulan: TERIMA hipotesis nol dan simpulkan bahwa nilai *loadings* untuk dimensi *Responsivness* (RES) tidak kurang dari 0.5.

d. Dimensi AS

- 1) $H_0: \mu \sim = 0.5$
- 2) $H_1: \mu \sim < 0.5$
- 3) $\alpha = 0.10$
- 4) Uji statistik: peubah binomial X dengan $p = \frac{1}{2}$
- 5) Perhitungan: $n = 4, x = 2$, diperoleh nilai P-hitungan:

$$P = P(X \leq 0 \text{ bila } p = \frac{1}{2})$$

$$= \sum_{x=0}^2 b(x; 4, 1/2)$$

$$= 0.6875 > 0.10$$

- 6) Kesimpulan: TERIMA hipotesis nol dan simpulkan bahwa nilai *loadings* untuk dimensi *Assurance* (AS) tidak kurang dari 0.5.

e. Dimensi EM

- 1) $H_0: \mu \sim = 0.5$
- 2) $H_1: \mu \sim < 0.5$
- 3) $\alpha = 0.10$
- 4) Uji statistik: peubah binomial X dengan $p = \frac{1}{2}$
- 5) Perhitungan: $n = 4, x = 0$, diperoleh nilai P-hitungan:

$$P = P(X \leq 0 \text{ bila } p = \frac{1}{2})$$

$$= \sum_{x=0}^0 b(x; 4, 1/2)$$

$$= 0.0625 < 0.10$$

- 6) Kesimpulan: TOLAK hipotesis nol dan simpulkan bahwa nilai *loadings* untuk

dimensi *Emphaty* (EM) kurang dari 0.5.

Berdasarkan pengujian statistik menggunakan Uji Tanda dengan taraf keberartian 0,10, dapat disimpulkan bahwa diantara kelima dimensi penilaian kualitas jasa yang digunakan, yakni *Tangible* (TANG), *Reliability* (REL), *Responsivness* (RES), *Assurance* (AS), dan *Emphaty* (EM), hanya dua dimensi yang dapat memberikan hasil signifikan dan dapat mewakili dimensi yang lain, yakni *Responsivness* (RES) dan *Assurance* (AS).

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan dengan metode PCA, didapatkan bahwa variabel baru yang dapat mewakili kelima variabel awal (*Tangible* (TANG), *Reliability* (REL), *Responsivness* (RES), *Assurance* (AS), dan *Emphaty* (EM)) yang terbentuk dan signifikan (memiliki *Eigen Value* ≥ 1) adalah sebanyak satu, yakni *principal component* 1 (PC1). Variabel PC1 selanjutnya dilihat nilai *loadings*-nya, untuk mengetahui variabel awal mana saja yang berkontribusi.

Berdasarkan uji statistik dengan taraf keberartian (α) 0.10, disimpulkan bahwa variabel awal yang berkontribusi terhadap PC1 adalah *Responsivness* dan *Assurance*. Jadi untuk menilai kualitas jasa pada kasus *e-commerce* di Indonesia ini, cukup menggunakan dimensi *Responsivness* dan *Assurance*.

DAFTAR PUSTAKA

- Hendro, G, Adji, TB, dan Setiawan, NA 2012, 'Penggunaan Metodologi Analisa Komponen Utama (PCA) UNTUK Mereduksi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Jantung Koroner', *Seminar Nasional "Science, Engineering and Technology"*, pp. TE47-1 - TE47-5.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia 2015, *Rencana Strategis Kementrian Perdagangan Tahun 2015-2019*, Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, Jakarta.
- Leksono, HS 2014, 'Kebosanan Kerja: Peningkatan Stres dan Penurunan Kinerja Karyawan dalam Spesialisasi Pekerjaan', *Jurnal JIBEKA*, Volume 8, Nomor 2, pp. 14-18.
- Parasuraman, A, Zeithaml, VA, dan Berry, LL 1988, 'SERVQUAL: a Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality', *Journal*

- of Retailing*, Volume 64, Nomor 1, pp. 12-40.
- Parasuraman, A, Zeithaml, VA, dan Berry, LL 1985, 'A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research', *The Journal of Marketing*, Volume 49, Nomor 4, pp. 41-50.
- Prakoso, I 2015, 'Kominfo Petakan Bisnis e-Commerce', diakses tanggal Juli 2017, <www.epeken.com>.
- Sekaran, U 2006, *Metode Penelitian Bisnis*, Salemba Empat, Jakarta
- Tabachnick, BG, dan Fidell, LS 2001, *Using Multivariate Statistics*, 4rd Ed., Allyn & Bacon, Boston.
- Walpole, RE, Myers, RH, dan Sembiring, RK (Alih Bahasa) 1995, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*, Penerbit ITB, Bandung.

TOPOLOGI ALIRAN SLUG AIR-UDARA BERDASARKAN VISUALISASI DAN PENGUKURAN LIQUID HOLD UP PADA PIPA MENDATAR

Yuli Purwanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Yogyakarta
Email: yuli690e@akprind.a.id

ABSTRACT

Application of multi-phase flow are found in a variety of production systems such as the pharmaceutical industry, food production, power plants, chemical plants, and petroleum industries. Slug flow pattern is one of many flow patterns needs to be avoided. Because the fluid is carried by a gas stream cause sudden changes in pressure and large pressure differences. The pressure changes can cause pipe bursting, structural damage due to vibration, or lead to corrosion due to cavitation. This study aims to determine the properties of slug flow in terms of the liquid hold-up and wave velocity as a function of time at a horizontal pipe as observations of visual data. The visual of the flow test section was observed in acrylic pipe transparent with diameter of 50 mm and a total length of 18 m. Superficial velocity of the air flow from the compressor was varied from 0,1 m/s to 0,2 m/s, while, the superficial velocity of the water flowed from the pump 0,2 m/s to 0,8 m/s. Constant Electric Current Method (CECM) was used to analyze the liquid hold-up and the speed of the wave. Three sensors with each sensor distance of 215 mm was mounted on the test section. Liquid hold-up was calculated from the ratio between full liquid fraction and a fraction of two phase. Wave velocity was determined using cross-correlation method of liquid hold-up of two sensors. Increasing velocity of fluid was corrensponded to the increasing in liquid hold-up. Wave velocity increased rapidly when the air speed gets faster. Thus, the method of measurement Constant Electric Current Method (CECM) can be used to determine the properties of slug flow from its local characteristics.

Keywords: Two Phase Flow, Slug Flow, Liquid Hold-Up, Wave Velocity, CECM

INTISARI

Aplikasi aliran dua fase ditemukan di berbagai sistem produksi seperti pada produksi pangan, pembangkit listrik, pabrik kimia, dan industri minyak bumi. Salah satu pola aliran yang perlu dihindari adalah aliran *slug*. Hal ini karena *liquid* yang dibawa oleh aliran gas menimbulkan perubahan tekanan yang mendadak dan osilasi tekanan yang besar. Hal tersebut dapat menyebabkan pipa pecah, kerusakan struktur akibat getaran, atau memicu terjadinya korosi akibat kavitasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat aliran *slug* ditinjau dari *liquid hold-up* dan kecepatan gelombang sebagai fungsi waktu pada pipa horizontal. Pipa *acrylic* diameter 50 mm dengan panjang total 18 m menjadi seksi uji untuk dapat mengetahui secara visual. Kecepatan udara yang dialirkan dari kompresor divariasikan dari 0,1 m/s sampai 0,2 m/s, sedangkan kecepatan air yang dialirkan dari pompa 0,2 m/s sampai 0,8 m/s. *Constant Electric Current Method (CECM)* merupakan metode pengukuran yang digunakan untuk menganalisa *liquid hold-up* dan kecepatan gelombang. Tiga sensor dengan jarak masing-masing sensor 215 mm dipasang pada seksi uji. *Liquid hold-up* dihitung dari perbandingan antara fraksi *full liquid* dan fraksi dua fasanya. Kecepatan gelombang dihitung dengan menggunakan metode korelasi silang dari *liquid hold-up* dua sensor yang berurutan. Peningkatan kecepatan fluida cair akan sebanding dengan meningkatnya *liquid hold-up*. Kecepatan gelombang akan bertambah cepat apabila kecepatan udara juga semakin cepat. Dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode pengukuran *Constant Electric Current Method (CECM)* dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat aliran *slug* ditinjau dari karakteristik lokal.

Kata kunci: Aliran Dua Fasa, Aliran *Slug*, *Liquid Hold-Up*, Kecepatan Gelombang, CECM

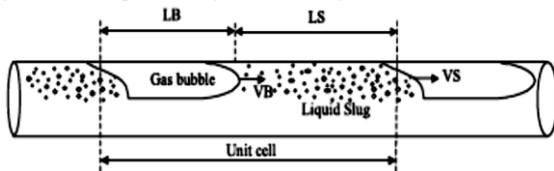
Pendahuluan

Aliran multi fasa seperti aliran dua fasa air dan udara banyak dijumpai dalam proses industri misalnya di pengolahan minyak bumi, proses produksi kimia dan makanan, pengolahan limbah, dan produksi energi. Campuran multi fasa tersebut membutuhkan penanganan yang khusus karena berhubungan erat dengan resiko kegagalan

selama proses produksi dan pemeliharaannya. Sebagai contoh pada produksi minyak bumi fluida kerjanya terdiri dari campuran minyak mentah, air, lumpur, dan gas. Oleh karena itu perlunya diketahui secara detail pengetahuan tentang aliran multi fasa dan perpindahan panasnya dalam rangka pengoperasian sistem secara aman dan efisien.

Pada aliran dua fasa, terdapat berbagai jenis pola aliran yang mungkin terjadi dalam sistem. Aliran *slug* adalah jenis aliran paling berbahaya. Aliran *slug* dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu *liquid slug* dan *elongated gas bubble*. *Liquid slug* merupakan bagian yang terdiri dari fase cair dengan kemungkinan adanya gelembung gas sedangkan *elongated gas bubble* adalah gelembung panjang yang mengalir di atas lapisan *film* cairan.

Dalam kasus pipa horizontal, gesekan yang terjadi meliputi gesekan antara *liquid slug* dengan penampang dalam pipa bagian atas, *liquid slug* dengan penampang dalam pipa bagian bawah, serta slip antar fase. Gesekan inilah yang menyebabkan fluktuasi beda tekanan lokal ($\Delta P/\Delta L$) sehingga dapat menyebabkan pipa pecah (*blasting pipe*). Selain itu, dapat mengakibatkan korosi yang diinisiasi oleh gejala kavitasi. Oleh karena itu, aliran *slug* harus dihindari. Pada makalah ini topologi dari aliran *plug* yang merupakan bagian dari aliran *slug* dikaji secara eksperimen. Oleh karena perlu dimulai sebuah kajian mendasar tentang pola aliran ini melalui studi visual maupun analisa *signal processing* dari *liquid hold-up*.



Gambar 1. Gambar skematis sistem *slug* dengan kantung udara, *liquid slug*, dan total *slug* unit.

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mempelajari tentang karakteristik dan mekanisme pembentukan aliran tersebut. Bendiksen (1984) meneliti tentang gerakan dari gelembung panjang, menyatakan bahwa kecepatan gelembung dipengaruhi oleh bilangan Reynold, Froude, dan diameter pipa. Netto dkk. (1998) meneliti tentang bentuk dari gelembung panjang pada aliran *slug* horizontal menyatakan panjang gelembung merupakan fungsi dari diameter pipa, kecepatan cairan di depan gelembung, kecepatan gelembung dan volumenya. Franca dan Lahey (1992) menyatakan model *drift flux* dapat digunakan untuk menganalisis aliran dua fase horizontal dengan baik. Santoso (2010) meneliti pola aliran kantung (*plug*), sumbat *liquid (slug)* dan transisinya. Fukano (1998) telah mengembangkan metode konduktansi yang dikenal sebagai CECM (*constant electric current method*).

Keutamaan dari CECM adalah keluaran elektroda sensor tidak tergantung pada lokasi fase gas, sensitivitas mendeteksi perubahan *hold up* lebih tinggi, dan interaksi diantara kedua elektroda diabaikan. Beberapa peneliti antara lain Deendarlianto dkk. (2005), Furukawa dan Fukano (1996), Ousaka dkk., (1999), menggunakan CECM (*constant electric current method*), untuk mengukur *liquid hold-up* pada beberapa geometri dan konfigurasi aliran yang berbeda, namun kajian fisis seperti analisa *time domain* dan *frequency domain* pada aliran *slug* belum terdokumentasi dengan baik. Oleh karena itu penulis mempelajari secara detail mengenai aliran *slug* dengan menggunakan analisis visual dan *signal processing* yang meliputi *time domain* dan *frequency domain*.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini pipa yang digunakan adalah pipa *acrylic* transparan dengan diameter dalam 50 mm dan panjang pipa keseluruhan adalah 18 meter. Panjang sebelum seksi uji didesain 12 meter untuk menjamin aliran berkembang penuh. Video kamera kecepatan tinggi (*high speed video camera*) digunakan untuk mengamati karakteristik visual aliran. Seksi Uji untuk visualisasi dilengkapi kotak koreksi yang terbuat dari lembar *acrylic* transparan. Daerah antara kotak koreksi dan seksi uji diisi dengan air untuk mengurangi distorsi visual. Kondisi penelitian pada kondisi atmosfer dan diasumsikan sistem tidak dipengaruhi lingkungan dan tidak terjadi perpindahan kalor. Parameter pada penelitian ini meliputi kecepatan superficial air (J_L) dari 0,2 m/s sampai 0,8 m/s dan kecepatan superficial udara (J_G) dari 0,1 m/s sampai 2 m/s.

Pengambilan data sinyal menggunakan metode *Constant Electric Current Method (CECM)*. Prinsip kerja dari CECM didasarkan pada tahanan cairan dan gas yang melewati sensor, dimana tahanan cair dan gas memiliki perbedaan. Tahanan gas lebih besar dibandingkan dengan tahanan cair. Dari prinsip inilah Fukano mengembangkan metode CECM sebagai metode berbasis sinyal.

Tahanan dua fasa R_{TP} dapat diekspresikan dengan:

$$\frac{1}{R_{TP}} = \frac{1 - \eta}{R_G} + \frac{1}{R_L} \quad (1)$$

Dimana :

R_G = Tahanan dari fase gas yang menempati luasan potongan pipa.

R_L = Tahanan dari fase cairan yang menempati luasan potongan pipa.

Liquid hold-up dinyatakan dengan tegangan dalam satuan panjang, (V_{TP}) ketika arus konstan diberikan (I_0). Pada kasus dua fase udara-air kondisi $R_G \gg R_L$, maka *liquid hold-up* dinyatakan dengan Persamaan (2):

$$\eta = \frac{R_L}{R_{TP}} = \frac{I_0 R_L}{I_0 R_{TP}} = \frac{V_L}{V_{TP}} \quad (2)$$

Dimana :

V_L = Drop tegangan saat liquid mengalir memenuhi permukaan penampang dari sensor.

Pada analisis sinyal, rata-rata keterlambatan waktu (*time lag*) antara dua sensor *liquid hold-up* dapat dihitung dari fungsi *cross correlation*, untuk proses X_1 dan X_2 , yaitu:

$$\pi_{12}(\tau) = \frac{R_{12}(\tau)}{\sqrt{R_{11}(\tau)R_{22}(\tau)}} \quad (3)$$

Dimana : π_{12} = fungsi *cross-correlation* yang dinormalisasi
 τ = *time lag* antara dua sinyal *liquid hold-up*.

Fungsi *cross correlation* (R) dinyatakan dalam

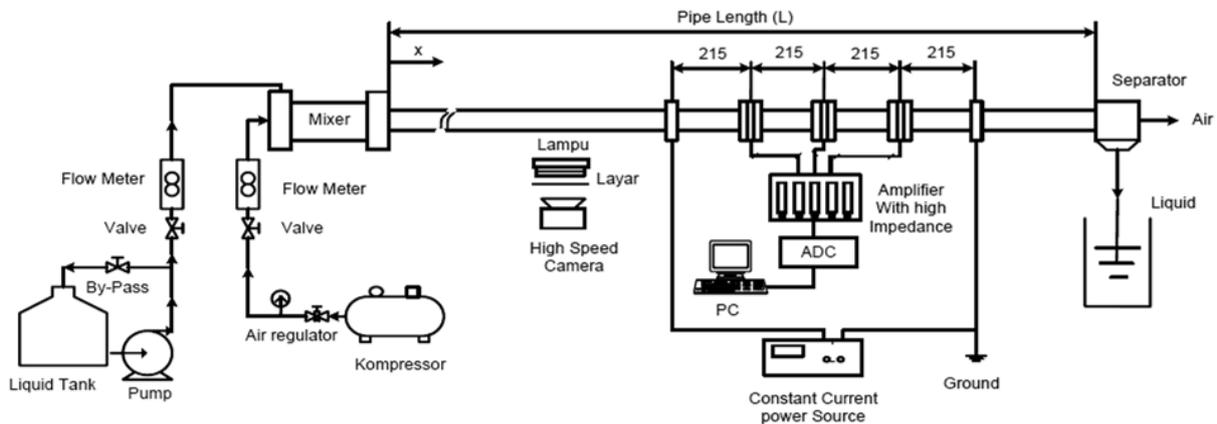
$$R_{12}(\tau) = E\{X_1(\tau)X_2(t + \tau)\} \quad (4)$$

Dimana E adalah nilai rata-rata

Sedangkan *Power Spectra Density* (*PSD*) digunakan untuk menggambarkan sinyal dalam frekuensi domain yang menggunakan *fast fourier transform* dan dirumuskan sebagai berikut:

$$X(k) = \sum_{j=1}^N X(j)\omega_N^{(j-1)(k-1)} \quad (5)$$

Untuk mendapatkan sinyal data *liquid hold-up*, ada 3 buah sensor dengan jarak masing-masing 215 mm. Sensor tersebut terdiri dari sepasang elektroda kuning dengan tebal 1 mm dan jarak antar elektroda 5 mm. Elektroda ini berfungsi mengalirkan arus listrik konstan. Sinyal *liquid hold-up* yang mengalir melalui sensor akan dikuatkan oleh amplifier dan diteruskan melalui *Analog Digital Converter* (*ADC*). *ADC* berfungsi merubah sinyal analog menjadi digital sehingga sinyal dapat terbaca oleh komputer. Perhitungan kecepatan gelombang didapat dari rasio perbandingan antara jarak sensor dengan keterlambatan waktu antara 2 buah sensor. Dalam hal ini keterlambatan waktu didapat dilakukan melalui *cross correlation* dari 2 buah sensor.



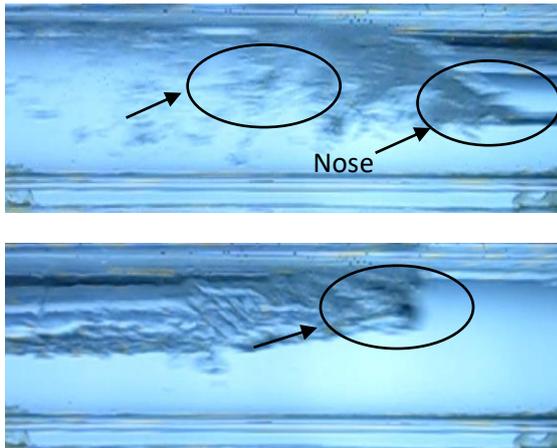
Gambar 2. Skema alat penelitian

Hasil dan Pembahasan

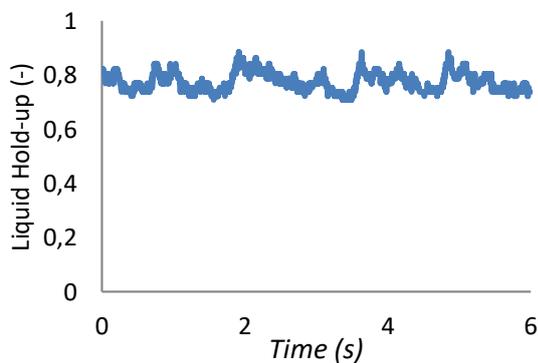
Pola aliran *slug* mempunyai ciri khusus dimana fase gas terdispersi dalam fase cair atau terjadi aerasi. Sedangkan contoh topologi pada aliran *slug* dapat dilihat pada gambar 3.

Analisis sinyal *liquid hold-up* dari sensor *CECM*, dapat untuk mengetahui karakteristik dari aliran *slug*. Pada kecepatan superficial air dan udara yang rendah, dari sinyal *liquid hold-up* pada gambar 4 (a) terlihat adanya

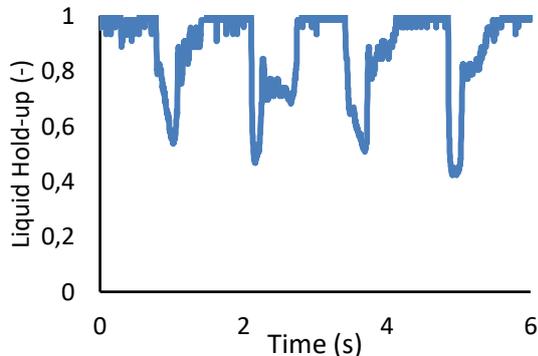
gelembung yang cukup panjang. Pada gambar 4 (b) dengan bertambahnya kecepatan superficial udara terlihat ukuran kantong akan membesar dan memanjang dan dapat dilihat dari nilai rata-rata *liquid hold-up* yang turun untuk kantong udara.



Gambar 3. Visualisasi aliran *slug* pada $J_L = 0,77$ m/s dan $J_G = 0,18$ m/s



(a)



(b)

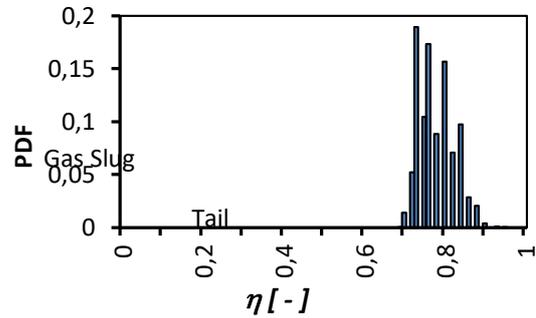
Gambar 4. Sampel sinyal *liquid hold-up*
(a) $J_L = 0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s,
(b) $J_L = 0,77$ m/s dan $J_G = 0,18$ m/s,

Dilihat dari karakteristik *liquid hold-up slug*, pola aliran *slug* mempunyai nilai *liquid hold-up* untuk *liquid slug* kurang dari satu yang berarti terjadi aerasi pada *liquid slug* dan nilai *liquid hold-up* yang rendah untuk *gas slug*. Semakin rendah nilai *liquid hold-up* pada *liquid slug* menunjukkan semakin tinggi tingkat aerasinya. Dibandingkan dengan bentuk sinyal pada aliran *plug*, maka bentuk sinyal *liquid slug* lebih runcing.

Penurunan nilai tersebut dapat dilihat pada gambar 5 (b) dimana nilai sebaran *liquid hold up* melebar kebawah dibanding nilai dari

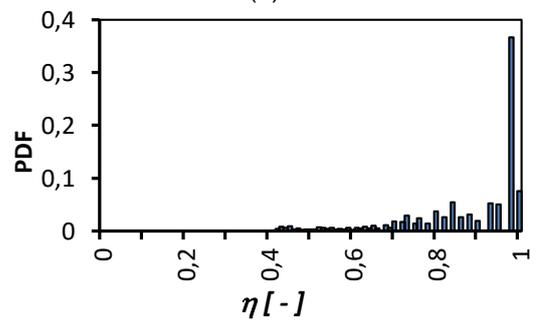
gambar 5 (a). Dimana sebaran *liquid hold up* berada di sebelah kanan yang menunjukkan bahwa fase cair mendominasi pada aliran tersebut.

Aerasi



$\eta [-]$

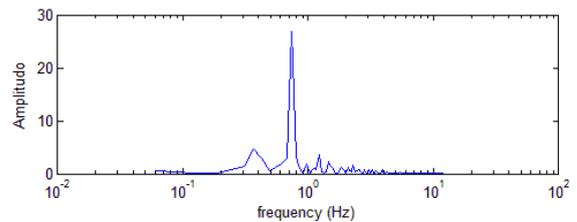
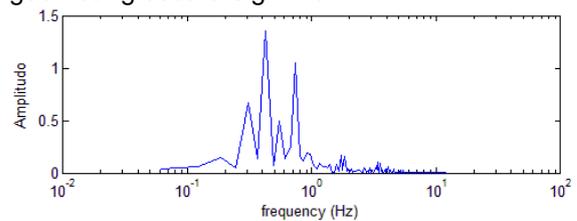
(a)



Gambar 5. *Probability Distribusi Fuction*

(a) $J_L = 0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s,
(b) $J_L = 0,77$ m/s dan $J_G = 0,18$ m/s,

Dari hasil *Power Spectra Density* pada kecepatan superficial air dan udara yang relatif rendah pada gambar 6 (a) terlihat frekuensi gelombang relatif kecil. Pada gambar 6 (b) dengan bertambahnya kecepatan superficial udara tidak terlihat perubahan frekuensi gelombang secara signifikan.



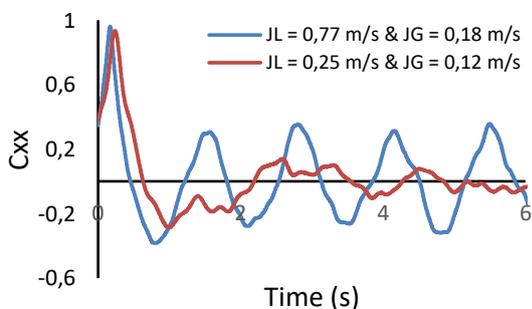
Gambar 6. *Power Spectra Density*

(a) $J_L = 0,25$ m/s dan $J_G = 0,12$ m/s,
(b) $J_L = 0,77$ m/s dan $J_G = 0,18$ m/s,

Hasil analisis data ini memperlihatkan dimana pertambahan frekuensi gelembung udara sebagai bagian dari pembentuk frekuensi

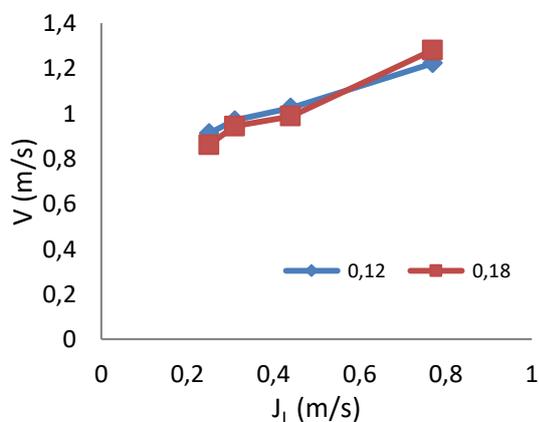
gelombang pada aliran *slug* akan bertambah sejalan dengan pertambahan kecepatan superfisial udara dan air.

Dari hasil *cross correlation*, pada gambar 7 pada kecepatan superfisial air dan udara yang relative rendah di dapat *time lag* yang relatif besar yang berarti kecepatan gelombangnya relatif lambat. Selanjutnya dengan bertambahnya kecepatan superfisial udara terlihat *time lag* mengecil yang berarti kecepatan gelombang bertambah. Sedangkan pada penambahan kecepatan superfisial air didapat *time lag* mengecil yang berarti kecepatan gelombang bertambah. Hasil analisis data ini menunjukkan dimana kecepatan gelembung udara sebagai bagian dari pembentuk kecepatan gelombang pada aliran *slug* akan bertambah sejalan dengan pertambahan kecepatan superfisial udara dan air.



Gambar 7. Cross Correlation

Pola aliran yang terbentuk pada semua variasi debit yang digunakan pada penelitian ini adalah aliran *plug* (transisi) dan *slug*. Sejalan dengan makin bertambahnya laju aliran udara maka *hydraulic jump* pada bagian depan *liquid plug* akan menyebabkan udara mulai terdispersi kedalam cairan. Hal ini menjadi pertanda mulai terjadinya transisi aliran dari *plug* ke *slug*.



Gambar 8. Kecepatan gelombang dengan variasi J_L

Kecepatan gelombang dari suatu aliran sangat tergantung pada masing-masing

kecepatan superfisial dari fluida. Kecepatan gelombang sangat dipengaruhi kecepatan superfisial gas dan cairan.

Seperti pada gambar 8, penambahan kecepatan superfisial dari cairan juga akan berpengaruh pada kecepatan gelombang, hanya saja tidak begitu mencolok dibandingkan dengan penambahan kecepatan superfisial gas.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode *Constant Electric Current Method* (CECM) dapat digunakan untuk mengukur karakteristik *liquid hold-up* terhadap fungsi waktu dengan nilai amplitudo yang sangat kecil. Nilai ini dapat terlihat jelas pada kecepatan superfisial gas yang tinggi.
2. Kenaikan dari kecepatan superfisial gas akan membuat kantong *slug* semakin panjang.
3. Kenaikan kecepatan superfisial gas akan membuat udara terdispersi ke dalam cairan sehingga kantong udara akan semakin panjang.
4. Pengaruh kecepatan superfisial cairan akan membuat kantong semakin memendek dan jumlahnya akan semakin bertambah.
5. Semakin besar kecepatan superfisial gas, maka nilai *liquid hold-up* akan semakin rendah pula, sedangkan untuk kecepatan gelombangnya akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bendiksen, K. H. , An experiment Investigation of the Motion of Long Bubbles in Inclined Tubes, *Int. J. Multiphase Flow*, Vol. 10, pp. 467-483 (1984).
- Deendarlianto, Ousaka, A., Kariyasaki, A., Fukano, T. , Investigation of liquid film behavior at the onset of flooding during adiabatic counter-current air–water two-phase flow in an inclined pipe, *Nuclear Engineering and Design* 235, pp. 2281–2294 (2005)
- Furukawa, T., Fukano, T., Effect of liquid viscosity on flow patterns in vertical upward gas–liquid two-phase flow. *Trans. JSME* 62-601, pp. 3257–3264 (1996)
- Fukano, T., Measurement of time varying thickness of liquid film flowing with high speed gas flow by a constant electric current method (CECM), *Nuclear Engineering and Design*, pp 363-377 (1998).

- Franca, F. and Lahey, R.T., Jr, The use of Drift-flux Techniques for the Analysis of Horizontal Two Phase Flow. *Int. J. Multiphase Flow*, Vol 6., pp. 787-801 (1992).
- Mandhane, J.M., Gregory, G.A., Aziz, K., A flow pattern map for gas-liquid flow in horizontal and inclined pipes, *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 1, pp. 537-553 (1974).
- Netto, J.R. Fagundes, Fabre, J. Peresson, L., Shape of long bubbles in horizontal Slug Flow. *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 25, pp. 1129-1160 (1999).
- Okto Dinaryanto, dkk., Visualisasi dan *Signal Processing Data Liquid Hold-up* Aliran *Plug* Air Udara Pada Pipa Horizontal
- Ousaka, A., Kariyasaki, A., and Sugita, K., Effect of Air-Water Mixing Method on Behavior of Air Slug in Inclined Upward Flow. 3rd *ASME/JSME Joint Fluids Engineering Conference* (1999)
- Santoso, B. , Fithroh D. R., Indarto, Deendarlianto, Thomas S. W., Kaji Ekperimen Aliran *Plug* dan *Slug* Air-Udara pada Pipa Mendatar. Simposium Nasional RAPI IX 2010, M-136 – M-142 (2010)

PENGARUH TEMPERATUR, *HOLDING TIME* PROSES *PACK CARBURIZING* BAJA KARBON TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK

Mohammad Nurhilal
Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap, Jl Dr. Soetomo No.1
Sidakaya Cilacap 53212 Telp. (0282) 533329 Faksimile (0282) 537992
najiwaa@yahoo.com

ABSTRACT

Steel is a material that has an important role in the industrial world. Steel is often used as raw materials for making the machine components and construction materials. To obtain the type of material that has the desired characteristics can be done by the back treatment towards the materials with the directed technique. One of the way to change the characteristics of carbon steel is by pack carburizing method. This study has the objective to determine the price of tensile strength, hardness, microstructure analysis on pack carburizing process of temperature variation and holding time, and analysis of carbon steel composition on base materials. This study method is experiment through the test of carbon steel laboratory with pack carburizing method of temperature variation and holding time toward physical and mechanical characteristics. The result of tensile strength test of the base material is 1,212 kN / mm², while the biggest tensile strength at temperature on 875 °C at holding time of 10 minutes is 8,27 kN / mm². The hardness test of base material is 2,842 HV, while the biggest hardness price at temperature variation on 875 °C at holding time of 10 minutes is 9,672 HV. The microstructure test on the base material is ferrit, perlite, and martensite, while the material microstructure after the pack carburizing process is almost similar the base materials, i.e., peralite, and martensite. The composition test is high carbon steel material.

Keywords: *pack carburizing, temperature, holding time, characteristics mechanical and physical.*

INTISARI

Baja merupakan suatu material yang mempunyai peranan penting dalam dunia industri. Baja sering kali digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin maupun bahan konstruksi. Untuk mendapatkan jenis material yang memiliki sifat-sifat yang dikehendaki dapat dilakukan dengan perlakuan kembali terhadap material dengan teknik yang terarah. Salah satu cara untuk mengubah sifat dari baja karbon adalah dengan metode *pack carburizing*. Penelitian ini memiliki tujuan menentukan harga kekuatan tarik, kekerasan, analisa struktur mikro pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*, dan analisa komposisi baja karbon pada material dasar. Metode penelitian ini adalah eksperimen melalui pengujian laboratorium baja karbon dengan metode *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time* terhadap sifat fisik dan mekanik. Hasil pengujian kuat tarik material dasar sebesar 1,212 kN/mm², sedangkan harga kuat tarik terbesar pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit yaitu sebesar 8,27 kN/mm². Hasil uji kekerasan material dasar sebesar 2,842 HV, sedangkan harga kekerasan terbesar pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit yaitu sebesar 9,672 HV. Hasil uji struktur mikro terhadap material dasar adalah *ferrit*, *perlite*, dan *martensite*, sedangkan struktur mikro material setelah proses *pack carburizing* semua sama yaitu *peralite* dan *martensite*. Hasil uji komposisi terhadap material dasar yaitu material baja karbon tinggi.

Kata kunci: *pack carburizing, temperatur, holding time, sifat fisis dan mekanis.*

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan suatu material yang mempunyai peranan penting dalam dunia industri. Baja sering kali digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin maupun bahan konstruksi. Dengan banyaknya jenis baja yang ada di pasaran mengakibatkan

perluinya melakukan pemilihan baja yang memiliki efisiensi dan efektivitas yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan keinginan. Hal ini pula yang mendorong industri-industri logam untuk terus melakukan pengembangan dalam meningkatkan mutu dan produksi untuk

memenuhi kebutuhan masyarakat dalam bidang konstruksi maupun pemesinan. Dalam aplikasi pemakaian di bidang konstruksi, baja karbon sering digunakan dalam bidang bangunan. Sedangkan dalam bidang pemesinan baja karbon sering digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen roda gigi, poros dan yang lainnya.

Dalam banyak aplikasi pemakaian, seringkali sifat keuletan atau ketangguhan sangat diperlukan, di samping itu juga sifat ketahanan ausnya. Dalam permasalahan ini diperlukan proses pengaturan pengerasan melalui perlakuan panas pada baja dengan maksud mendapatkan peningkatan kekerasan pada daerah tertentu, ketahanan aus, dan daerah inti yang ulet dan tangguh.

Salah satu cara untuk mendapatkan peningkatan kekerasan bagian permukaan pada baja adalah melalui proses penambahan unsur karbon yang dipanaskan pada temperatur antara (850 – 1000 °C) dan ditahan pada temperatur tersebut selama waktu tertentu. Proses ini akan mengakibatkan karbon akan terdifusi ke dalam baja pada ketebalan tertentu. Dengan adanya perubahan sifat dari baja khususnya baja karbon yang dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas maka sangatlah tepat jika adanya suatu penelitian yang bertujuan untuk menganalisa hasil dari proses perlakuan panas baja karbon untuk diketahui sifat fisis dan mekanisnya.

Penelitian ini akan membahas tentang pengaruh temperatur dan *holding time* pada proses *pack carburizing* baja karbon terhadap sifat fisik dan mekanis. Perlakuan perubahan temperatur dan *holding time* yang berbeda-beda berguna dalam penentuan sifat dari material yang dikehendaki.

Penelitian ini memiliki tujuan, antara lain :

1. Menentukan harga kekuatan tarik baja karbon pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*.
2. Menentukan harga kekerasan baja karbon pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*.
3. Menentukan hasil pengamatan analisa struktur mikro baja karbon pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*.
4. Mendapatkan hasil analisa komposisi kimia dari material dasar.

Kajian tentang perlakuan panas baja karbon metode *pack carburizing* di antaranya oleh Alfani, (2016) meneliti tentang ketahanan aus baja ST 41 pada proses *pack carburizing* dengan memvariasikan temperatur proses. Kemudian Sudiro, (2013) juga meneliti tentang

tingkat kekerasan dan keausan baja karbon rendah pada proses *pack carburizing* dengan media arang, dimana dalam penelitian tersebut dengan memvariasikan *holding* (Penahanan Suhu). Selanjutnya Setiamarga, Kurniawati, dan Rumendi, (2006) meneliti sprocket sepeda motor dengan material baja karbon rendah pada proses *pack carburizing*. Dari beberapa penelitian tersebut di atas mengindikasikan bahwa penelitian tentang perlakuan panas terhadap baja karbon khususnya metode pengerasan terus dikembangkan agar diketahui karakteristik-karakteristik baik fisik dan mekanik yang baru

Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1 – 2,0 %. Unsur karbon adalah unsur campuran yang amat penting dalam pembentukan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Di samping itu, baja juga mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja, untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas atau menghasilkan sifat-sifat yang khusus. Tujuan utama penambahan unsur campuran lain ke dalam baja adalah untuk mengubah pengaruh dari unsur karbon. Apabila dibandingkan dengan kandungan karbonnya maka dibutuhkan sejumlah besar unsur campuran lain untuk menghasilkan sifat yang dikehendaki pada baja (Surdia dan Saito, 1992).

Baja karbon adalah paduan antara Fe dan C dengan kadar C sampai 2,14%. Sifat-sifat mekanik baja karbon tergantung dari kadar C yang dikandungnya. Setiap baja termasuk baja karbon sebenarnya adalah paduan multi komponen yang disamping Fe selalu mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, S, P, N, H, yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya (Vlack, dan Djafrie, 1992).

Dalam praktek penggunaannya, baja dapat dikelompokkan menurut kepentingan yang berbeda-beda. Berdasarkan komposisi kimianya, baja dikelompokkan menjadi tiga, yaitu meliputi:

a. Baja karbon rendah

Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan untuk komponen mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas

silinder, dan penggunaan yang hampir sama.

Penggilingan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dalam keadaan panas. Hal itu dapat ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya di bagian permukaan yang berwarna hitam. Baja juga dapat dikerjakan dengan pengerjaan dingin dengan cara merendam atau mencelupkan baja ke dalam larutan asam yang berguna untuk mengeluarkan lapisan oksidanya. Setelah itu, baja diangkat dan digiling sampai ukuran yang dikehendaki, selanjutnya didinginkan. Proses ini menghasilkan baja yang lebih licin, sehingga lebih baik sifatnya dan bagus untuk dibuat mesin perkakas.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3 - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sungkup, dan alat angkat presisi.

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0,6 - 1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik untuk tujuan tertentu. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut:

- a. Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.
- b. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata
- c. Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara)

Ketiga hal diatas tergantung dari material yang akan di *heat treatment* dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan,

besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon(C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis (Smallman, dan Bhisop, R.J, 1976).

Pemakaian material baja tidak sepenuhnya dapat langsung digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen, khususnya di bidang pemesinan, akan tetapi material tersebut seringkali diperlukan sifat-sifat yang khusus, seperti keras, permukaan yang tahan terhadap aus, bagian inti atau dalam material tersebut tetap lunak dan ulet. Adanya pengkombinasian sifat yang dipersyaratkan material tersebut memerlukan teknik untuk memperlakukan kembali material kembali dengan jalan menambahkan unsur yang dibutuhkan agar dihasilkan sifat yang dikehendaki. Salah satu cara perlakuan material yang sering dilakukan adalah *carburizing*. *Carburizing* adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja (Suherman, 1998: 147).

Selama proses *carbuziing*, karbon terurai menjadi CO dan selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam material dan menaikkan kadar karbon pada permukaan material. Berdasarkan bentuk fisik media karburisasi dikenal dengan tiga cara karburisasi yaitu:

A. Pack Carburizing (Karburisasi Padat)

Karburising padat adalah proses karburisasi pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Benda kerja yang akan dikarburising dimasukkan ke dalam kotak karburisasi yang sebelumnya sudah diisi media karburisasi. Selanjutnya benda kerja ditimbuni dengan bahan karburisasi dan benda kerja lain diletakkan diatasnya demikian selanjutnya (Suherman, 1998: 150).

Kandungan karbon dari setiap jenis bahan yang digunakan sebagai karbon adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam unsur bahan karbon tersebut, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Pada proses *pack carburizing*, bahan karbonat

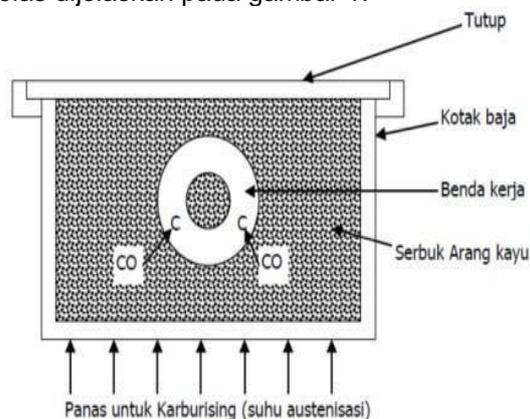
(*activator*) ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan *activator* yang sering digunakan adalah barium karbonat ($BaCO_3$) dan soda abu ($NaCO_3$) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang (Lakhtin, 1975: 255). Akan tetapi ada pendapat lain yang menyatakan bahwa tanpa *activator* juga dapat terjadi karburisasi, karena temperatur yang tinggi ini mula-mula karbon teroksidir oleh oksigen dari udara yang terperangkap dalam kotak menjadi CO_2 (Suherman, 1998: 149).

Reaksi yang terjadi adalah
 $CO_2 + C \text{ (arang)} \rightarrow 2CO$

Dengan temperatur yang semakin tinggi kesetimbangan reaksi makin cenderung ke kanan makin banyak CO.

$2CO \rightarrow CO_2 + C \text{ (larut ke dalam baja)}$

Proses *pack carburizing* ini secara lebih jelas dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi proses *pack carburizing*

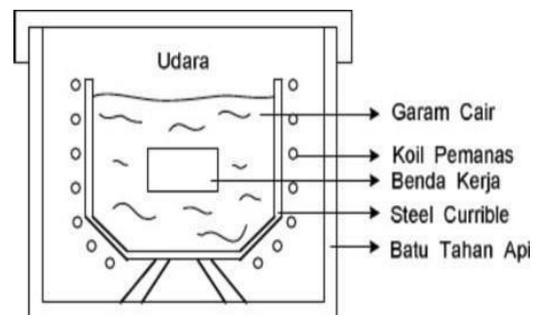
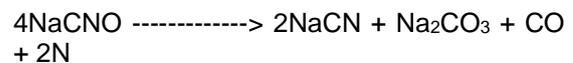
Reaksi kimia di atas dapat di kelaskan bahwa karbon yang terbentuk merupakan atom karbon (*carbon nascent*) yang aktif berdifusi masuk ke dalam fase austenit dari baja ketika baja dipanaskan. Besarnya kadar karbon yang terlarut dalam baja pada saat baja dalam larutan pada gamma fase austenit selama karburisasi adalah maksimal 2 %. Kotak karburisasi yang dipanaskan harus dalam keadaan tertutup rapat, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi antara media karburisasi dengan udara luar. Salah satu cara yang untuk menghindari masalah tersebut adalah dengan memberikan lapisan tanah liat (*clay*) antara tutup dengan kotak karburisasi. Menurut Suherman (1998: 150) bahwa “kotak karburisasi dipanaskan dalam dapur sampai temperatur 825 – 925 °C dengan

segera permukaan benda kerja akan menyerap karbon sehingga dipermukaan akan terbentuk lapisan berkadar karbon tinggi sampai 1,2 %”. Menurut Amstead (1979: 152) bahwa “proses karburisasi padat banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal antara 0,75 – 4 mm.

B. Liquid Carburizing (Karburisasi Cair)

Carburizing proses cair adalah proses pengerasan baja dengan cara mencelupkan baja yang telah ditempatkan pada keranjang kawat ke dalam campuran garam *cianida*, *kalsium cianida* (KCN), atau *natrium cianida* (NaCN). Gambar 2 menjelaskan ilustrasi proses *liquid carburizing*.

reaksi-reaksi yang terjadi selama proses *liquid carburizing* adalah :



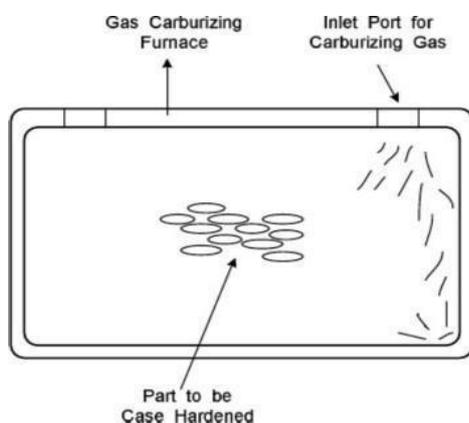
Gambar 2. Ilustrasi proses *liquid carburizing*

Proses karburisasi ini selain terserapnya karbon, nitrogen juga ikut terserap. Bahwa karburisasi cair hampir sama dengan *cyaniding*, yang menyerap nitrogen dan karbon. Bedanya terletak pada tingkat perbandingan banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap. Pada karburisasi cair penyerapan karbon lebih dominan. Banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap ini tergantung pada kadar cianida dalam *salt bath* dan temperatur kerjanya. *Salt bath* untuk karburisasi cair biasanya mengandung 40 – 50 % garam cianida. Temperatur yang digunakan adalah 900 °C selama 5 menit, kedalaman penetrasi karbon yang dicapai antara 0,1 – 0,25 mm dari permukaan baja. Kadar karbon yang dikarburisasi akan naik dengan semakin tingginya temperatur dan makin lamanya waktu karburisasi. Bila kadar karbon dipermukaan terlalu tinggi maka kekerasan tidak begitu tinggi, karena itu baja yang akan di

quenching langsung setelah pemanasan untuk karburisasi hendaknya dipakai temperatur yang tidak begitu tinggi. Selama pemakaian konsentrasi cianida dalam salt bath dapat berubah sehingga tentu saja sifat salt bath dapat berubah, karena itu kondisi salt bath harus secara rutin diperiksa. Apabila terdapat perubahan yang berarti, harus dilakukan penambahan garam baru untuk menjaga konsentrasi tetap sebagaimana semula. Semua *cianida* adalah senyawa yang sangat beracun, karena itu pemakaiannya harus sangat hati-hati. Demikian pula pada saat membuang sisa-sisa cairan yang akan terkena garam *cianida* tersebut harus benar-benar mengikuti petunjuk dari pihak berwenang

C. Gas Carburizing (Karburisasi Media Gas)

Proses pengerasan ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam dapur dengan atmosfer yang banyak mengandung gas CO dan gas hidro karbon yang mudah berdifusi pada temperatur karburisasi 900 – 950 °C selama 3 jam. Gas-gas pada temperatur karburisasi itu akan bereaksi menghasilkan karbon aktif yang nantinya berdifusi ke dalam permukaan baja. Pada proses ini lapisan *hypereutectoid* yang menghalangi pemasukan karbon dapat dihilangkan dengan memberikan *diffusion period*, yaitu dengan menghentikan pengaliran gas tetapi tetap mempertahankan temperatur pemanasan. Dengan demikian karbon akan berdifusi lebih ke dalam dan kadar karbon pada permukaan akan semakin naik. Secara jelas proses *gas carburizing* di ilustrasikan dalam gambar 3.



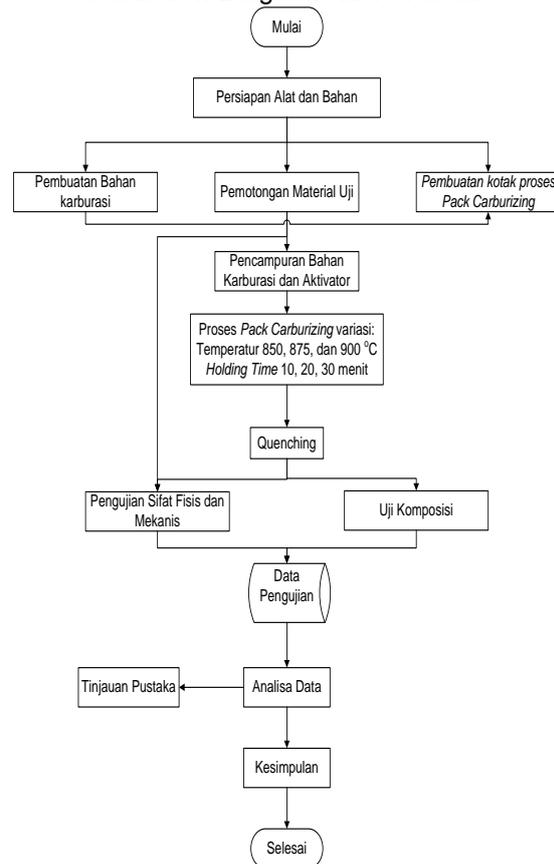
Gambar 3. Ilustrasi proses *gas carburizing* *Carburizing* dalam media gas lebih menguntungkan dibanding dengan *carburizing* Tabel 1. Hasil pengukuran dan pengujian tarik spesimen uji *pack carburizing* (variasi temperatur dan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

jenis lain karena permukaan benda kerja tetap bersih, hasil lebih banyak dan kandungan karbon pada lapisan permukaan dalam dikontrol lebih teliti. Menurut Amstead (1979: 153) mengatakan bahwa “proses karburisasi media gas digunakan untuk memperoleh lapisan tipis antara 0,1 – 0,75 mm”.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini mengikuti alur tahapan-tahapan seperti di uraikan dalam gambar 4.

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat mekanik pada penelitian ini terbagi dalam 2 pengujian, yaitu : pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Hasil pengujian kuat tarik dan kekerasan

spesimen uji dengan proses *pack carburizing* memvariasikan temperatur (850, 875, 900 °C) dan *holding time* (10, 20, 30 menit). Data hasil pengujian tarik dari spesimen uji seperti ditunjukkan dalam tabel 1 dan tabel 2.

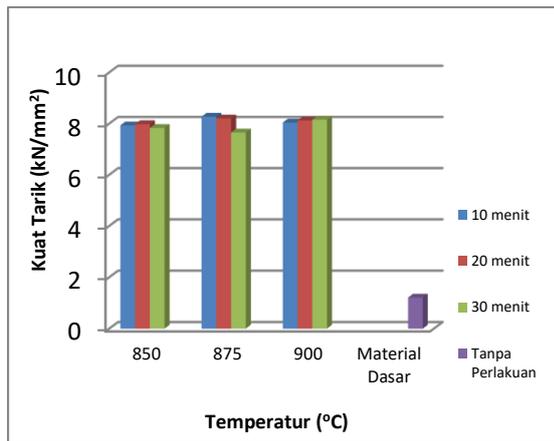
Spesimen		D ₀ (mm ²)	Gaya Tarik (kN)	Kuat Tarik (kN/mm ²)
Temperatur (°C)	Holding Time (menit)			
850	10	12,51	974,90	7,93
	20	12,55	986,58	7,98
	30	12,61	977,67	7,83
875	10	12,54	1021,56	8,27
	20	12,37	985,32	8,20
	30	12,55	945,89	7,65
900	10	12,54	992,42	8,04
	20	12,48	992,94	8,12
	30	12,46	993,13	8,15
Material dasar (<i> pack carburizing</i>)		12,50	165,8	1,212

Tabel 2 Kekerasan spesimen uji dengan *pack carburizing* (variasi temperatur dan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

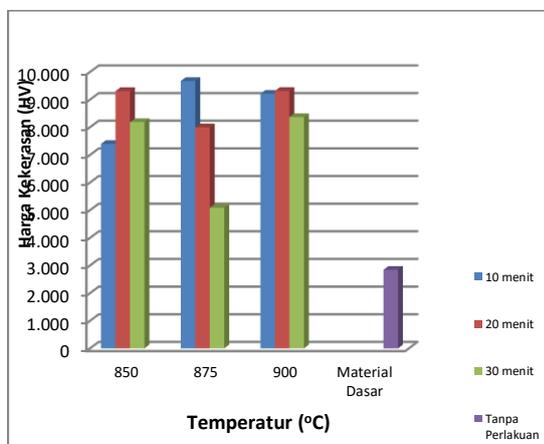
Spesimen		Nilai Kekerasan (HV)	Kekerasan Rata-rata (HV)
Temperatur (°C)	Holding Time (menit)		
850	10	7,235	7,394
		7,474	
		7,474	
	20	9,193	9,308
		9,537	
		9,193	
	30	8,267	8,184
		8,560	
		7,725	
875	10	9,193	9,672
		10,285	
		9,537	
	20	8,267	7,994
		7,989	
		7,725	
	30	5,365	5,084
		4,944	
		4,944	
900	10	8,560	9,211
		9,537	
		9,537	
	20	8,868	9,314
		9,537	
		9,900	
	30	8,267	8,365
		8,560	
		8,267	
Material dasar (tanpa <i> carburizing</i>)		2,475	2,842
		3,215	
		2,837	

Hasil uji kekuatan tarik dan kekerasan tertinggi di dapat pada temperatur 875 °C dan *holding time* 10 menit, sedangkan kekuatan tarik terendah pada temperatur 875 °C dan

holding time 30 menit. Hasil pengujian kekuatan tarik dan kekerasan ini di jelaskan dalam gambar 5 dan 6.

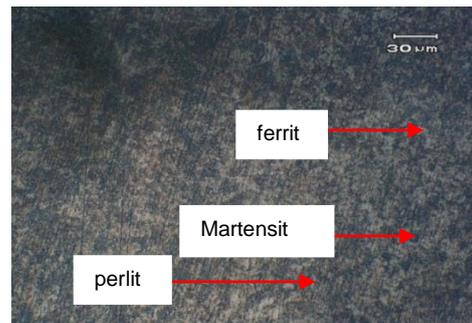


Gambar 5. Kuat Tarik material uji dengan *pack carburizing* (variasi Temperatur dengan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

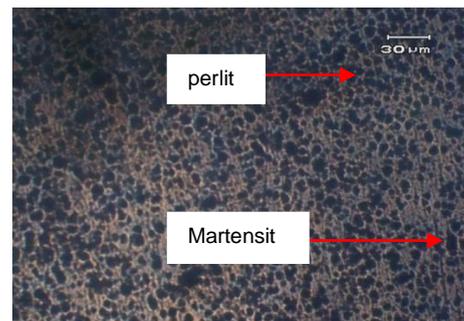


Gambar 6. Kekerasan spesimen uji dengan *pack carburizing* (variasi temperatur dengan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

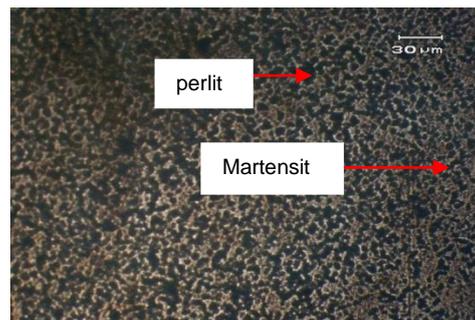
Pengujian struktur mikro pada semua spesimen uji dengan memakai mikroskop optik dibatasi pada perbesaran 100×. Hasil analisis struktur mikro proses *pack carburizing* mendapatkan struktur mikro yang sama pada variasi semua temperatur dan *holding time*, yaitu perlit dan martensit. Sedangkan material dasar memiliki struktur mikro ferrit, perlit, dan martensit. Hasil pengujian ini secara jelas seperti di tunjukan dalam gambar 7 sampai dengan 16.



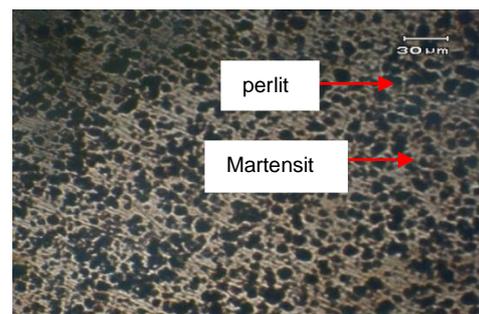
Gambar 7. Struktur mikro material dasar pembesaran 100×



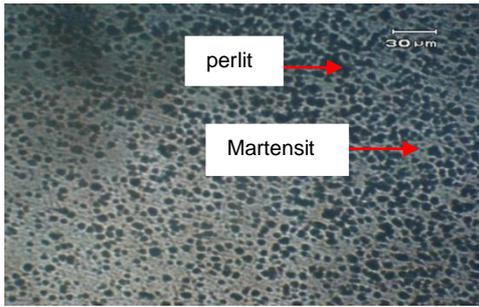
Gambar 8. Struktur mikro spesimen variasi temperatur 850 °C pada *hoding time* 10 menit pembesaran 100×



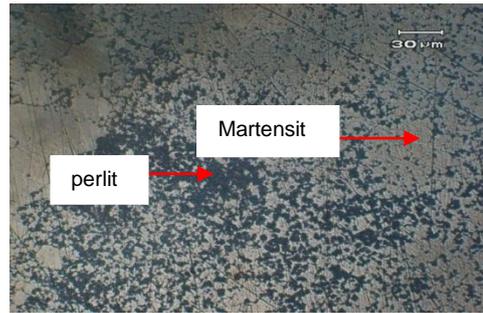
Gambar 9. Struktur mikro spesimen variasi temperatur 850 °C pada *hoding time* 20 menit pembesaran 100×



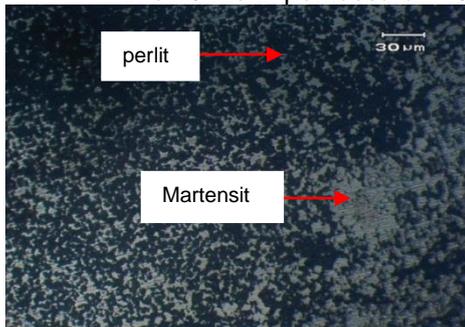
Gambar 10. Struktur mikro spesimen variasi temperatur 850 °C pada *hoding time* 30 menit pembesaran 100×



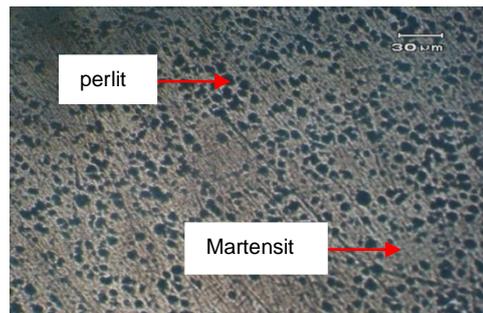
Gambar 11 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit pembesaran 100×



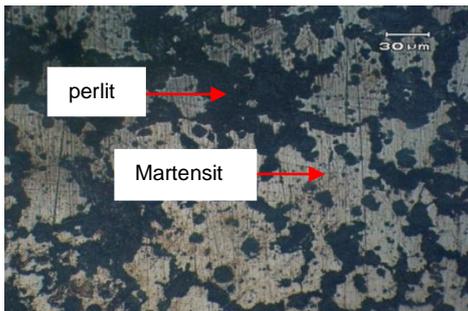
Gambar 15 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 900 °C pada *holding time* 20 menit pembesaran 100×



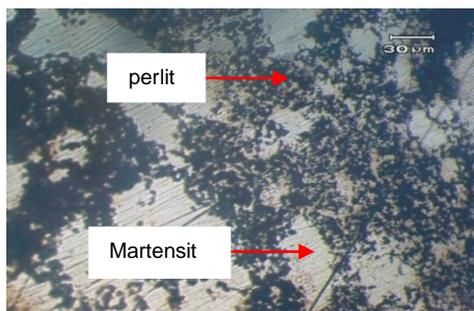
Gambar 12 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 20 menit pembesaran 100×



Gambar 16 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 900 °C pada *holding time* 30 menit pembesaran 100×



Gambar 13 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 30 menit pembesaran 100×



Gambar 14 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 900 °C pada *holding time* 10 menit pembesaran 100×

Hasil uji komposisi terhadap material dasar (tanpa *pack carburizing*) dari baja karbon di dapat unsur-unsur dalam kandungan spesimen uji adalah seperti ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji komposisi material dasar

No.	Unsur	%
1.	C	1.0048
2.	Si	0.2981
3.	S	0.0133
4.	P	0.0149
5.	M	0.2214
6.	Ni	0.0431
7.	Cr	0.0423
8.	Mo	0.0222
9.	Cu	0.1003
10.	W	0.0056
11.	Ti	0.0042
12.	Sn	0.0064
13.	Al	0.0261
14.	Pb	0.0029
15.	Ca	0.0058
16.	Zn	0.0058
17.	Fe	98.18

Hasil uji tarik spesimen uji yang tanpa perlakuan (tanpa *pack carburizing*) didapat kuat tarik sebesar 1,212 kN/mm², hasil ini menunjukkan harga kuat tarik dari material tersebut lebih kecil di dibandingkan dengan spesimen uji dengan perlakuan, dengan hasil ini, proses *pack carburizing* dapat meningkatkan kekuatan tarik material baja karbon. Harga kuat tarik spesimen uji pada variasi temperatur 875 °C dengan *holding time* 10 menit menunjukkan hasil yang paling tinggi yaitu sebesar 8,27 kN/mm², walaupun dari hasil kuat tarik spesimen uji dari masing-masing variasi temperatur dan *holding time* menunjukkan harga kuat tarik yang bervariasi akan tetapi secara umum proses *pack carburizing* meningkatkan harga kuat tarik spesimen uji. Hasil pengujian kekuatan tarik ini memberi gambaran yang sama dengan penelitian Zuchry (2011), kekuatan tarik baja karbon didapat pada temperatur yang lebih rendah yaitu 900 °C dari pada temperatur 950 °C, meskipun pada variasi lama waktu penahanan mendapatkan data yang berbeda, dimana lama waktu penahanan dapat menaikkan harga kekuatan tarik baja karbon.

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap semua spesimen, baik yang di *carburizing* maupun yang tanpa *pack carburizing*. Metode pengujian menggunakan *vickers hardness*. Kekerasan rata-rata spesimen uji yang tanpa *pack carburizing* sebesar 2,842 HV. Nilai kekerasan ini masih jauh di bawah nilai kekerasan spesimen uji yang di *pack carburizing*. Harga kekerasan hampir mengalami peningkatan pada semua spesimen uji yang di *pack carburizing*, kekerasan paling tinggi adalah pada variasi temperatur 875 °C dengan *holding time* 10 menit yaitu sebesar 9,672 HV. Hasil ini menggambarkan kondisi yang tidak lazim, dimana pada variasi pengujian yang sama menghasilkan data pengujian yang tertinggi pada keduanya, antara kekuatan tarik dan kekerasan. Hasil ini dimungkinkan pada variasi ini karbon dapat terdifusi merata pada ke struktur baja, sehingga harga kekerasannya cenderung paling tinggi. Sudiro, (2013) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa temperatur pemanasan memberikan pengaruh terhadap harga kekerasan baja karbon rendah, di mana semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin tinggi pula harga kekerasannya.

Struktur mikro hasil pengamatan dari material dasar adalah ferrit, perlit, dan martensit. Sedangkan struktur mikro setelah *pack carburizing* adalah perlit dan martensit. Fasa perlit terbentuk dari campuran ferrit dan

sementit. Sedangkan fasa martensit ini terbentuk karena faktor kecepatan pendinginan, ini dapat dilihat sangat jelas pada diagram CTT (Smith, 19996).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kekuatan tarik tertinggi di dapat pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit yaitu sebesar 8,27 kN/mm². Sedangkan harga kuat tarik spesimen uji tanpa *pack carburizing* sebesar 1,212 kN/mm².
2. Harga kekerasan spesimen uji pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit paling tinggi yaitu sebesar 9,672 HV. Sedangkan kekerasan spesimen uji tanpa *pack carburizing* sebesar 2,842 HV.
3. Hasil pengamatan struktur mikro di dapat untuk material dasar (tanpa *pack carburizing*) terdapat tiga fasa, yaitu *ferrite*, *perlite*, dan *martensite*. Sedangkan pada spesimen uji yang di *pack carburizing* untuk semua variasi temperatur (850, 875, dan 900 °C) pada semua *holding time* (10, 20, dan 30 menit) terdapat tiga fasa yaitu *perlite*, *martensite*, dan *bainite*.
4. Hasil uji komposisi di dapat bahwa material dasar sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah baja karbon tinggi.

B. Saran

- Saran hasil penelitian ini antara lain
1. Untuk menguji material, khususnya mengenai logam yang berstandar hendaknya perlu ada data yang menyertakan tentang spesifikasi dari material tersebut.
 2. Untuk menguji kuat tarik material yang lebih keras, hendaknya spesimen uji tarik perlu dipertimbangkan ukuran standarnya, agar dapat menyesuaikan beban dalam mesin uji tarik.
 3. Penelitian tentang perlakuan panas dengan metode *pack carburizing* ini masih layak untuk dilanjutkan, agar dihasilkan sifat fisis dan mekanis yang lebih jelas maka variasi parameter *holding time* hendaknya lebih lama lagi (1, 2, 3 jam).

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PPPM Politeknik Negeri Cilacap yang telah menjembati dalam pembiayaan

penelitian, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan sampai dengan penyusunan laporan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfani W. (2016). *Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Ketahanan Aus Baja ST 41*. Skripsi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- Amstead B. H. (1979). *Manufacturing Processes*. Jhon wiley & Sons, New York.
- Lakhtin Y. (1975). *Engineering physical metallurgy, (Second edition)*. Foreign Language Publishing House. Moscow.
- Zuchry. M. (2011). *Pengaruh Suhu Karburasi dan Waktu tahan Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon dengan Variasi Media Pendingin*. Jurnal SMARTek. Vol.9. No.2.Hal. 122-127.
- Setiamarga, B.H., Kurniawati, N., dan Rumendi, U. (2006). *Pack Carburizing Pada Sprocket Sepeda Motor dengan Material Baja Karbon Rendah*. Jurnal Teknik Mesin. Vol 21. No.1.
- Smallman, R. E., dan Bhihop, R.J, (1976), "Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material", Alih Bahas Djaprie, S, Erlangga. Jakarta.
- Smith, W.F. (1996). *Principles of Material Science and Engineering, 3rd Edition*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Sudiro. (2013). *Studi Pengaruh Carburizing Baja Karbon Rendah Dengan Media Arang dan Varesasi Holding (Penahanan Suhu) Terhadap Tingkat Kekerasan dan Keausan*. Jurnal AUTINDO Politeknik Indonusa Surakarta. Vol. 1, No. 1.
- Surdia, T. dan Saito. S. (992). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita. Jakarta.
- Vlack V. dan Djafrie. S. (1992). *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Wahid Suherman. (1998). *Pengetahuan Bahan*. ITS, Surabaya.

Pengenalan Huruf *Braille* menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma *Perceptron*

Lany Harianto¹, Kristien Margi Suryaningrum²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Bunda Mulia
Jalan Lodan Raya No. 2, Ancol, Jakarta Utara

¹*lany_harianto@yahoo.com*

²*ksuryaningrum@bundamulia.ac.id*

ABSTRACT

Braille is a letter that is made especially for the blind people to be able perform reading activities such as normal people. As technology advances, people with visual impairment can also make writing using braille. However, their written works need to be translated into Latin letters in order normal people could read and understand it. In this research, braille recognition application was made to help translating braille letters into Latin letters using pixel population matrix for feature extraction and Perceptron algorithm for letters learning. From the experiments, braille recognition application has success percentage 100%.

Keywords: Character Recognition, Braille, Pixel Population Matrix, Artificial Neural Network, Perceptron.

INTISARI

Braille merupakan huruf yang dibuat khusus bagi penyandang tunanetra agar dapat melakukan kegiatan membaca seperti orang bukan penyandang tunanetra lain. Seiring kemajuan teknologi, para penyandang tunanetra juga dapat membuat karya tulis menggunakan huruf *braille*. Namun hasil karya tulis mereka perlu diterjemahkan menjadi huruf latin agar dapat dibaca dan dimengerti masyarakat yang bukan penyandang tunanetra. Pada penelitian ini dibuat aplikasi pengenalan huruf *braille* untuk membantu penerjemahan huruf *braille* menjadi huruf latin menggunakan ekstraksi fitur matriks populasi piksel dan pembelajaran huruf menggunakan algoritma *Perceptron*. Dari percobaan yang dilakukan, aplikasi pengenalan huruf *braille* ini menghasilkan persentase keberhasilan sebesar 100%.

Kata Kunci: Pengenalan Huruf, *Braille*, Matriks Populasi Piksel, Jaringan Syaraf Tiruan, *Perceptron*.

PENDAHULUAN

Braille merupakan huruf yang dibuat khusus bagi para penyandang tunanetra agar dapat melakukan kegiatan membaca seperti orang bukan penyandang tunanetra lain. Seiring kemajuan teknologi, para penyandang tunanetra ini juga dapat menyalurkan imajinasinya menjadi suatu karya tulis menggunakan huruf *braille*. Namun hasil karya tulis ini, perlu diterjemahkan menjadi huruf latin agar dapat dibaca dan dimengerti masyarakat yang bukan penyandang tunanetra.

Oleh karena itu penulis tertarik untuk membuat aplikasi pengenalan huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron* yang diharapkan dapat membantu para pengembang *software braille* dapat membantu pengguna aplikasi dalam mempelajari huruf *braille*.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, maka rumusan masalah yang didapat yaitu bagaimana cara mengimplementasi algoritma *Perceptron* untuk pengenalan huruf *braille* dan bagaimana tingkat keberhasilan algoritma *Perceptron* dalam melakukan pengenalan huruf *braille*.

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui cara mengimplementasi algoritma *Perceptron* untuk pengenalan huruf *braille* dan untuk mengetahui tingkat keberhasilan algoritma *Perceptron* dalam melakukan pengenalan huruf *braille*.

Braille

Braille adalah sebuah bentuk komunikasi tertulis yang menggunakan titik-titik timbul di atas kertas atau logam untuk memudahkan orang tunanetra membaca.

Bentuk komunikasi *braille* yang telah diciptakan oleh Louis Braille ini terdiri atas enam posisi titik yang disusun dalam dua kolom. Setiap kolom berisi tiga posisi titik sehingga membentuk persegi panjang. Satu titik atau lebih kemudian ditimbulkan pada salah satu atau beberapa dari keenam posisi titik tersebut untuk mewakili huruf latin, tanda baca, atau bilangan tertentu. Louis Braille menemukan 63 kombinasi susunan titik timbul yang mungkin (Doserinal, 2012).

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j

Gambar 1. Huruf Braille

Citra Digital

Citra Digital berarti pengolahan citra/gambar yang dilakukan secara digital menggunakan komputer. Agar citra dapat diolah menggunakan komputer digital, citra tersebut harus direpresentasikan terlebih dahulu ke dalam bentuk numerik dengan nilai-nilai diskrit. Sebuah citra dapat diwakili oleh sebuah matriks dua dimensi $f(x,y)$ yang terdiri dari M kolom dan N baris. Perpotongan dari kolom dan baris ini disebut dengan *pixel* (*Picture Element*) atau elemen terkecil dalam sebuah citra (Kusumanto & Alan, 2011).

Citra RGB

Citra RGB atau yang biasa disebut dengan citra warna memiliki warna tertentu pada masing-masing *pixel*-nya, warna tersebut antara lain merah (*Red*), hijau (*Green*) dan biru (*Blue*). Masing-masing warna tersebut memiliki *range* 0-255. Citra warna ini terdiri dari tiga matriks yang mewakili nilai-nilai merah, hijau, dan biru untuk setiap *pixel*-nya (Kusumanto & Alan, 2011).

Citra Grayscale

Citra *greyscale* atau biasa dikenal juga sebagai citra *black and white* memiliki warna gradasi mulai dari putih sampai hitam pada setiap *pixel*-nya. Setiap *pixel* tersebut diwakili oleh 8 bit. Rentang warna pada citra *greyscale* ini sangat cocok digunakan untuk pengolahan *file* gambar. Citra *greyscale* ini merupakan hasil rata-rata dari citra warna, yaitu $(\text{nilai } \textit{pixel} \textit{ Red} + \text{nilai } \textit{pixel} \textit{ Green} + \text{nilai } \textit{pixel} \textit{ Blue})/3$ (Kusumanto & Alan, 2011).

Citra Biner

Citra biner merupakan citra yang setiap *pixel*-nya hanya terdiri dari warna hitam atau putih. Setiap *pixel*-nya hanya diperlukan 1 bit (0 dan 1) atau jika dalam 8 bit (0 dan 255), hal ini menyebabkan citra biner sangat efisien dalam hal penyimpanan (Sugeng, Rita, & Hilman, 2016). Citra biner didapat dari hasil proses pengambangan (*thresholding*). Jika nilai *pixel* lebih besar daripada nilai *thresholding*, maka nilai *pixel* tersebut akan diubah menjadi 1, dan jika nilai *pixel* lebih kecil daripada nilai

thresholding maka nilai *pixel* akan diubah menjadi 0.

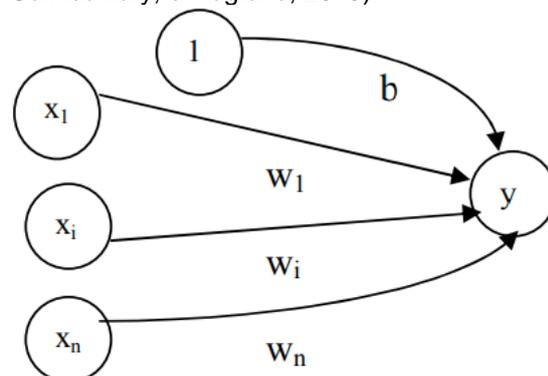
Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan merupakan paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi dari sistem syaraf secara biologis seperti proses informasi yang terdapat pada otak manusia. Cara kerja jaringan syaraf tiruan ini sama seperti cara kerja manusia, yaitu dengan bekerja melalui contoh, maka diperlukannya pengenalan pola atau klasifikasi data melalui proses pembelajaran dalam aplikasi jaringan syaraf tiruan ini. Hal ini melibatkan penyesuaian terhadap koneksi yang ada antara *neuron* tersebut.

Aplikasi jaringan syaraf tiruan sudah sangat beragam baik dalam bidang teknologi maupun bidang-bidang lainnya. Salah satu aplikasi jaringan syaraf tiruan pada bidang teknologi yaitu dalam bidang pengenalan pola yang berkaitan dengan bidang visi komputer / *Computer Vision* yang mencoba meniru kapabilitas mata manusia dan sistem otak untuk membentuk dan menginterpretasikan citra (Simbolon, 2013).

Perceptron

Salah satu macam dari jaringan syaraf tiruan yaitu *Perceptron*. Model jaringan *Perceptron* ini ditemukan oleh Rosenblatt pada tahun 1962 dan Minsky-Papert pada tahun 1969, model jaringan ini memiliki aplikasi dan pelatihan yang sangat baik saat itu. *Perceptron* dapat dikatakan sebagai salah satu Teknik jaringan syaraf tiruan yang sederhana. Teknik ini hanya memiliki sebuah lapisan *input* dan sebuah unit *output* dan terdapat bias (b) yaitu unit yang aktifasinya selalu 1 dan berperilaku sebagai layaknya bobot (w) (Hafizah, Sulindawaty, & Tugiono, 2013).



Gambar 2. Arsitektur Jaringan *Perceptron*

Keterangan:

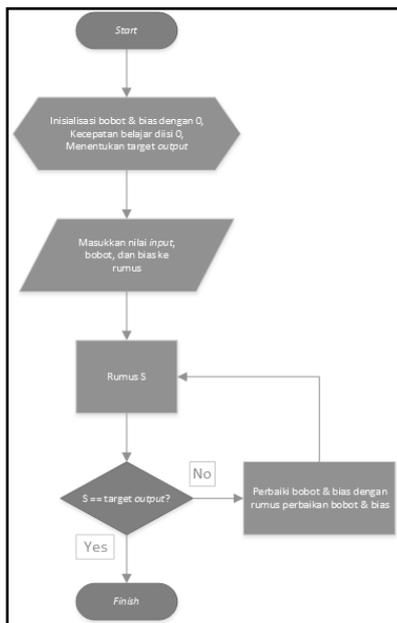
- $x_1 \dots x_i \dots x_n$ = *neuron input*
- y = *neuron output*
- b = bias

W_1, W_i, W_n = bobot

Arsitektur jaringan *Perceptron* ini mirip dengan arsitektur jaringan *Hebb* namun *Perceptron* lebih baik jika dibandingkan dengan *Hebb*, berikut kelebihanannya (Yudhistiro, 2017):

- Tidak setiap pola masukan (iterasi) mengalami perubahan bobot, perubahan bobot hanya dilakukan saat pola dimasukkan menghasilkan keluaran jaringan yang jika dibandingkan dengan target yang sesungguhnya terdapat perbedaan;
- Perubahan bobot tidak hanya ditentukan oleh perkalian antara target dengan masukan, namun juga melibatkan laju pembelajaran (α) yang besarnya bisa diatur, sehingga bisa mempercepat proses pembelajaran jaringan;
- Pelatihan (iterasi) dilakukan terus menerus untuk semua kemungkinan pola yang ada hingga jaringan dapat mengerti polanya ($y=t$);
- Sirkulasi pelatihan yang melibatkan semua pola masukan disebut *epoch*.

Algoritma *Perceptron* ini dapat digunakan untuk mengenali pola karakter yang menyerupai huruf alfabet atau membedakan karakter menyerupai huruf atau pola tertentu atau tidak.



Gambar 3. *Flowchart* pembelajaran algoritma *Perceptron*

Pada gambar 3 digambarkan *flowchart* mengenai cara pembelajaran algoritma *Perceptron*. Pertama, inisialisasi bobot dan bias dengan 0, serta kecepatan belajar dengan 0.1, tentukan pula target *output*, setelah itu,

masukkan nilai *input*, bobot, serta bias ke dalam rumus 1 untuk menghitung respons unit *output*.

$$y_{in} = b + \sum_t x_i w_i \quad (\text{Rumus 1})$$

Jika hasil perhitungan rumus sesuai dengan target *output*, maka proses pembelajaran telah berhasil. Namun jika hasil tidak sesuai, maka perbaiki bobot dan bias dengan rumus perbaikan bobot (rumus 2) dan bias (rumus 3):

$$w_i(\text{baru}) = w_i(\text{lama}) + \alpha * t * x_i \quad (\text{Rumus 2})$$

$$b(\text{baru}) = b(\text{lama}) + \alpha * t \quad (\text{Rumus 3})$$

Keterangan:

y = *output*

b = bias

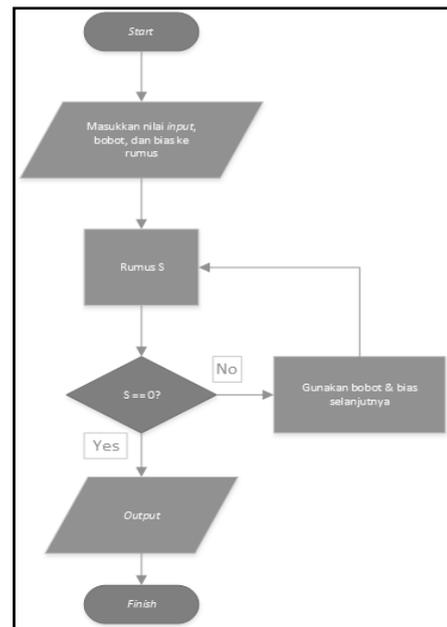
t = target yang nilainya +1 atau -1

x_i = *input* ke- i

w_i = bobot ke- i

α = kecepatan belajar yaitu $0 \leq \alpha \leq 1$

Lakukan hingga hasil rumus sama dengan target *output*.



Gambar 4. *Flowchart* pengenalan algoritma *Perceptron*

Pada gambar 4 digambarkan *flowchart* untuk pengenalan algoritma *Perceptron*. Pertama masukkan nilai *input*, bobot, serta bias ke dalam rumus 1, jika hasil rumus sama dengan 0 maka *output* akan keluar, namun jika hasil rumus tidak sama dengan 0, maka

gunakan bobot dan bias selanjutnya untuk perhitungan rumus 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang perlu dilakukan untuk melakukan proses pembelajaran huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron* yaitu dengan melakukan binerisasi pada gambar yang di-*input*.

Setelah melakukan proses binerisasi pada gambar yang diinput, langkah selanjutnya ialah melakukan proses segmentasi pada gambar hasil proses binerisasi.

Berikutnya lakukan proses ekstraksi fitur pada gambar hasil segmentasi untuk mendapatkan nilai fitur dari setiap *pixel*-nya.

Setelah penghitungan ekstraksi fitur selesai dilakukan, selanjutnya proses pembelajaran menggunakan algoritma *Perceptron* dilakukan. Dan ditunjukkan pada gambar 5.

```

for i := 0 to 16 do
begin
  w[i] := 0
endfor
bias := 0
c := 0.1
e := 1
max := 0
read huruf
while e>0
  e := 0
  if huruf = alphabet then
    t := 1
  else
    t := 0
  endif
  for i := 0 to 16 do
  begin
    s := s + (f[i]*w[i])
  endfor
  s := s + bias
  if s > 0 then
    s := 1
  else
    s := 0
  endif
  x := t - s
  while x != 0
    s := 0
    e += 1
    nilaiBobot := ""
    for i := 0 to 16 do
    begin
      w[i] := w[i] + (c*x*f[i])
    endfor
    bias := bias + (c*x)
    for l := 0 to 16 do

```

```

begin
  s := s + (f[i]*w[i])
endfor
s := s + bias
if s > 0 then
  s := 1
else
  s := 0
endif
x := t - s
endwhile
endwhile
max := max + 1
if max = 25000 then
  e := 0
endif

```

Gambar 5. Proses pembelajaran menggunakan algoritma *Perceptron*
Tabel 1 merupakan tabel hasil dari proses pembelajaran huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron*.

Tabel 1. Bobot hasil pembelajaran huruf

huruf	Braille			
	bobot 1	bobot 2	...	bobot 16
a	-0.49	-0.101	...	-0.177
b	-0.328	0.166	...	0.492
c	-0.114	-0.217	...	0.042
d	0.173	-0.085	...	-0.031
e	0.016	-0.003	...	0.035
F	0.16	0.249	...	-0.959
g	6.727	-11.72	...	0.474
h	0.073	-0.67	...	-0.302
i	-0.273	-0.141	...	-0.384
j	-0.253	-0.288	...	0.243
k	-0.164	0.005	...	-0.454
l	-0.074	0.341	...	-0.205
m	0.131	-0.082	...	-0.44
n	0.235	-0.341	...	-0.762
o	-0.044	-0.013	...	-0.365
p	0.446	0.174	...	-0.546
q	0.381	0.07	...	-1.101
r	0.168	0.003	...	-0.45
s	-0.184	-0.094	...	-0.092
t	-0.25	-0.217	...	-0.526
u	-0.032	0.037	...	0.032
v	0	-0.045	...	-0.03
w	-0.312	-0.3	...	0.073
x	0.479	-0.908	...	0.601

y	0.106	-0.66	...	0.281
z	-0.3	-0.174	...	0.334

Proses pengenalan huruf *braille* baru dapat dilakukan jika proses pembelajaran selesai dilakukan. Gambar 6 ialah proses pengenalan huruf *braille*:

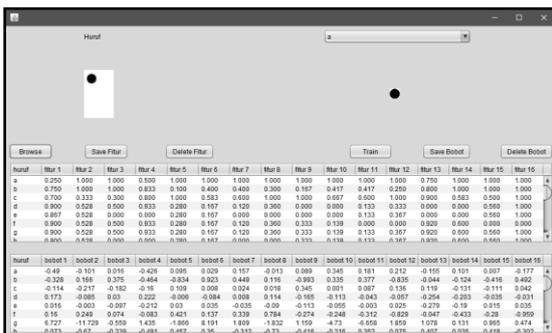
```

for i := 0 to 16 do
  begin
    soutput := soutput + (fitur[i] * b[i])
  endfor
soutput := soutput + bias
if soutput > 0 then
  if soutput > temp then
    temp := soutput
    tempstr := alphabet
  endif
endif
endif

```

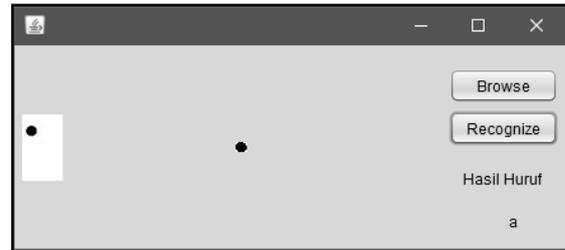
Gambar 6. Proses pengenalan menggunakan algoritma *Perceptron*

Gambar 7 merupakan tampilan antarmuka dari pembelajaran huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron*. Pada tampilan ini, setiap gambar huruf yang di-*input* perlu dihitung terlebih dahulu nilai fiturnya. Setelah semua gambar huruf dihitung nilai fiturnya, maka tahap pembelajaran dapat dilakukan pada setiap huruf yang ada.



Gambar 7. Tampilan antarmuka pembelajaran huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron*

Gambar 8 merupakan tampilan antarmuka dari pengenalan huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron*. Pada tampilan ini, pengguna cukup memasukkan gambar huruf yang ingin dikenali, kemudian tekan tombol "Recognize", maka sistem akan bekerja untuk mengenali huruf tersebut dan menampilkan hasilnya di bagian kanan bawah dari form tampilan.



Gambar 8. Tampilan antarmuka pengenalan huruf *braille* menggunakan algoritma *Perceptron*

Untuk mengetahui keberhasilan metode pada sistem, maka dilakukan pengujian. Tabel 2 merupakan tabel hasil pengujian yang dilakukan pada sampel. Pengujian pengenalan pada aplikasi pengenalan huruf *braille* ini menggunakan 4 model gambar *input*-an yang berbeda sebagai sampel dengan jumlah total gambar sebanyak 104 buah. Pengujian pengenalan yang dilakukan terhadap data sampel memperoleh persentase keberhasilan sebesar 100%.

Tabel 2. Hasil Pengujian sampel

					Total
	26	26	26	26	104
	26	26	26	26	104
	0	0	0	0	0
	100%	100%	100%	100%	100%

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi pengenalan huruf *braille* dengan menggunakan algoritma *Perceptron* mampu mengenali huruf yang di-*input* berupa citra digital dengan persentase keberhasilan sebesar 100%.

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu penelitian ini dapat dikembangkan sehingga bisa mengenali tidak hanya 1 huruf *braille* saja dalam 1 file citra digital, melainkan dapat mengenali kalimat *braille* yang terdiri dari banyak huruf *braille* dalam 1 file citra digital. Penelitian ini juga dapat dicoba menggunakan algoritma pembelajaran lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, Tao., Takagi, Miko., "Image Binarization By Back Propagation Algorithm", International Society for Photogrammetry

- and Remote Sensing XXIX, 1992, August 2-14, 1992, Washington, D.C., USA. p:345-349
- Dosrinal. 2012. *Yakin Bisa dari Nothing jadi Something*. Jakarta: Raih Asa Sukses.
- Hafizah, Sulindawaty, dan Tugiono. 2015. *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Algoritma Perceptron untuk Mendeteksi Karakteristik Sidik Jari*. Jurnal Ilmiah Sains dan Komputer, XIV(2), pp.83-92.
- Khardon, Roni., Wachman, Gabriel., "Noise Tolerant Variants of the Perceptron Algorithm", Journal of Machine Learning Research 8 (2007) 227-248 Submitted 11/05; Revised 10/06; Published 2/07
- Kusumanto dan Alan N.T. 2011. *Pengolahan Citra Digital untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB*. Semantik, I(1), pp.1-7.
- Pugh, Justin K., Soltoggio, Andrea,, and Stanley, Kenneth O., "Real-time Hebbian Learning from Autoencoder Features for Control Tasks", Proceeding of the Fourteenth International Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems (ALIFE 14).Cambridge, MA: MIT Press, 2014.
- Sathasivam, Saratha., "Learning Rules Comparison in Neuro-Symbolic Integration", International Journal of Applied Physics and Mathematics, Vol. 1, No. 2, September 2011, Abu Dhabi University, UAE (ISSN: 2010-362X) page 129-132
- Simbolon, R. 2013. *Perangkat Lunak untuk Identifikasi Pengenalan Huruf Braille dengan Algoritma Perceptron*. Jurnal Pelita Informatika Budi Darma, IV(2), pp.155-159.
- Sugeng, O.P.K., Rita M., dan Hilman F. 2016. *Sistem Deteksi Glaukoma dengan Pengukuran Area Optik Disk pada Citra Fundus*. E-Proceeding of Engineering, III(3), pp.4823-4830.
- Yudhistiro, Kuku. 2017. *Pemanfaatan Neural Network Perceptron pada Pengenalan Pola Karakter*. Journal of Information Technology and Computer Science, II(2), pp.83-86.

PROTOTYPE KOMUNIKASI DATA PADA ERP (ELECTRONIC ROAD PRICING) MENGGUNAKAN TEKNOLOGI RFID (RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION)

Sigit Priyambodo¹, Ester Kurnianti², dan Muhammad Andang Novianta³
Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Jln. Kalisahak No. 28, Komp. Balapan, Yogyakarta, Indonesia
sigit@akprind.ac.id¹, Esterk04@gmail.com²

ABSTRACT

The accumulation of vehicles that occur every day especially during the working days and even during the holidays in the capital city of Jakarta today can not be avoided anymore. The peak of traffic jam occurs during rush hour in the morning (around 06.30 - 09.00 WIB) and afternoon (around 16.30-19.30 WIB). This is worsened by vehicle growth which reaches 9.93% annually, and is not offset by road growth of only 0.01% per year. This paper present prototype of data communication in ERP (Electronic Road Pricing) using RFID (Radio Frequency Identification) technology, as one solution for congestion. In this paper in vehicle unit replaced with RFID tag mounted on license plates, which has been registered in the database. When the vehicle passes through the ERP gateway, the RFID tag will detected, and the interface will display the identity and the cost of the vehicle to be paid along with the vehicle tax.

Keyword –ERP, RID, tag RFID

INTISARI

Penumpukan kendaraan yang terjadi setiap harinya terutama pada saat hari kerja maupun pada saat liburan di Ibu Kota Jakarta saat ini tidak bisa dihindari lagi. Puncak kemacetan terjadi pada jam sibuk di pagi hari (06.30-09.00 WIB) dan sore hari (16.30-19.30 WIB). Hal ini diperparah dengan pertumbuhan kendaraan yang mencapai 9,93% per tahun, dan tidak diimbangi pertumbuhan jalan yang hanya 0,01% tiap tahunnya. Dalam penelitian ini akan dijabarkan hasil penelitian mengenai ERP (*Electronic Road Pricing*), sebagai salah satu solusi kemacetan. RFID (*Radio Frequency Identification*) merupakan sebuah teknologi pengenalan ID berbasis teknologi RF (*Radio Frequency*). Dimana *in-vehicle unit*, digantikan dengan *tag* RFID yang terpasang pada plat nomer kendaraan, yang telah didaftarkan dalam database. Sehingga ketika kendaraan melewati gerbang ERP, maka *tag* RFID akan terdeteksi dan *interface* akan menampilkan data identitas beserta *cost* kendaraan sesuai ukuran/ kategorinya yang harus dibayarkan bersama dengan pajak kendaraan.

Kata kunci – RFID, ERP, tag RFID

1. PENDAHULUAN

Penumpukan kendaraan yang terjadi setiap harinya terutama pada saat hari- hari kerja maupun pada saat liburan di Ibukota DKI Jakarta saat ini tidak bisa dihindarkan lagi. Semakin hari kemacetan di DKI Jakarta semakin parah. Menurut sebuah penelitian, kemacetan tersebut membuat masyarakat Jakarta mengalami kerugian hingga Rp 48 triliun per tahun (Detik News, 2008). Puncak Kemacetan diperkirakan terjadi pada jam sibuk di pagi hari (06.00-09.00 WIB) dan sore hari (16.30-19.30 WIB). Kemacetan ini mengakibatkan stress yang tinggi pada pengguna jalan, meningkatnya polusi udara kota hingga terganggunya kegiatan bisnis.

Salah satu kebijakan yang diterapkan dan diuji cobakan pertengahan juni 2014 ini adalah kebijakan pembatasan atau lebih dikenal dengan istilah ERP (*Electronic Road*

Pricing). Teknologi ERP, telah lebih dahulu diterapkan oleh beberapa negara seperti Singapura, London dan Stockhom.

Dalam tulisan ini, penulis tertarik membuat prototype ERP (*Electronic Road pricing*) dengan memanfaatkan teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*). Dimana tag RFID yang berperan sebagai penyimpan data ID, diletakan pada plat nomer kendaraan. Sehingga dapat mengurangi biaya yang dikeluarkan pengguna kendaraan karena tidak perlu memasang *in-vehicle unit* di dalam kendaraannya. Setiap kali kendaraan melewati gerbang ERP pada jam yang ditentukan, maka biaya akan dikalkulasikan dan disimpan dilaam database yang nantinya dibayarkan bersamaan dengan pajak kendaraan.

2. METODOLOGI

Alat dan Bahan

Adapun alat beserta spesifikasinya yang dibutuhkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Alat yang Digunakan pada Perancangan Prototype ERP

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Fungsi
1	Laptop ASUS	Presesor i3; <i>operating system Windows 8.1</i>	Merancang <i>Software</i> yang diperlukan dalam perancangan. Sekaligus sebagai penampil hasil simulasi.
3	Solder	220V; 30W	Memasang komponen elektronis dan melapisi kabel serabut dengan timah
4	Multimeter	<i>Digital Multimeter</i>	Sebagai alat ukur tegangan, arus dan hambatan pada peralatan dan bahan yang digunakan dalam perancangan alat.

Digunakan beberapa bahan dalam merancang *Prototype* Komunikasi Data pada ERP (*Electronic Road pricing*) Menggunakan Teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*), dalam bentuk perangkat lunak dan perangkat keras yang ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Komponen *Hardware* Perancangan *Prototype* Komunikasi Data pada ERP Menggunakan Teknologi RFID.

No.	Hardware	Spesifikasi	Jml
1	Modul Arduino Uno	Uno	1
2	RFID RC522	12 VDC, 65 Ah	1
3	Tag RFID	13,5 KHz	10
4	LED		2
5	Jumper / kabel		20
6	Akrilik		1
7	Sticker		2
8	Mobil mobilan	Kecil, sedang, besar	10

Tabel 3. Daftar Software Perancangan *Prototype* Komunikasi Data pada ERP Menggunakan Teknologi RFID.

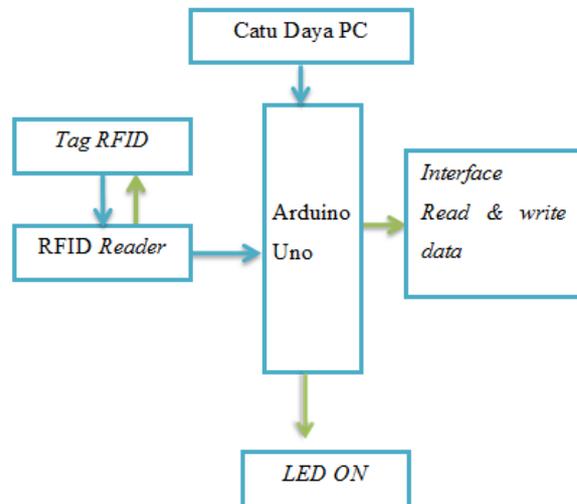
No	Software	Fungsi
----	----------	--------

1	Arduino	Aplikasi untuk membuat perintah pada hardware arduino uno
2	<i>Visual Studio 2017</i>	Digunakan sebagai program pembuat interface, penampil data pada <i>prototype</i> .

a. Perancangan Sistem

Deskripsi Sistem

Sistem yang dirancang pada penelitian ini berupa perangkat keras arduino uno sebagai pengolah perintah, dan RFID RC522 sebagai pembaca tag RFID. Sistem kerja dari alat ini dapat ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

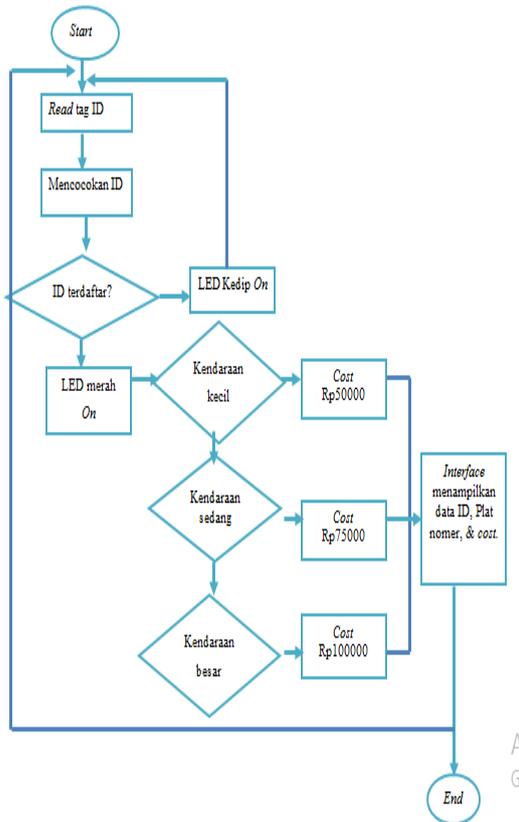
Pada Blok diagram perancangan diatas. Menggunakan RFID RC522 sebagai *reader* nya. Dan tag RFID 13,5 MHz sebagai *tag* inputan. Arduino sebagai pemroses input, dan *output*nya berupa Interface penampil data dan LED indikator *Reader* RFID RC522 disini berfungsi untuk membaca ID dan menuliskan data pada memori tag RFID.

b. Perancangan Algoritma

Perancangan Algoritma dilakukan untuk memudahkan dalam penulisan program. Algoritma berisi tentang bagaimana program tersebut akan dijalankan oleh *system*.

Dari blok diagram diatas, system ini dimulai dengan membaca ID pada tag RFID, kemudian jika data paada memori tag RFID telah terdaftar, maka LED merah akan ON, sedangkan jika belum terdaftar LED kedip akan ON. Selanjutnya data ID yang diperoleh

dari hasil pembacaan akan di tampilkan dalam interface meliputi, identitas kendaraan, dan cost yang dibayarkan berdasarkan kategori kendaraan dan frekuensi lewatnya.



Gambar 2. Flowchart Algoritma Pemrograman

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pada penelitian ini adalah sistem Prototype ERP (*Electronic Road*

Tabel 4. Pengujian tegangan pada *Hardware*

Komponen	Tegangan Kerja (volt)			Tegangan Terukur (volt) Pengujian ke-			Rata-rata (volt)
	Min	Normal	Max	1	2	3	
Supply Arduino	6	12	20	11,80	11,81	11,80	11,803
RC522	2,5	3,3	3,6	3,28	3,27	3,28	3,276

b. Pengujian RFID

Pengujian RFID, dilakukan dalam beberapa tahap. Yang pertama dilakukan pengukuran terhadap jarak baca kepekaan RFID reader dengan tag RFID. Kemudian pengujian program *read* pada *reader*. Dan

Pricing) menggunakan teknologi RFID (*radio Frequency Identification*) dapat mendeteksi kendaraan yang lewat, dengan membaca ID tiap kendaraan. Jika tag RFID yang ditanamkan dalam plat nomer kendaraan telah terdaftar atau memori dalam tag RFID telah di tuliskan dengan memori yang sesuai maka lampu indikator LED merah akan menyala, sedangkan jika belum terdaftar maka lampu indikator LED keding akan menyala yang nantinya jika belum terdaftar, pada interface akan mengecek ID, dan dapat didaftarkan dalam database.

Pada interface akan menampilkan data ID, plat nomer dan cost kendaraan sesuai dengan kategorinya.

Pada pengujian Prototype ERP (*Electronic Road Pricing*) menggunakan teknologi RFID (*radio Frequency Identification*) dilakukan beberapa pengujian untuk memastikan apakah sistem dapat bekerja. Dari hasil perubahan tersebut akan di analisis hasilnya sehingga dapat dilakukan perbaikan agar memperoleh hasil yang baik.

a. Pengujian Tegangan

Pengujian tegangan kerja pada arduino uno dan RFID RC522 ditunjukkan pada Tabel 3.1 dengan membandingkan hasil pengukuran dan yang ada pada datasheet. Didapati bahwa tegangan rata rata yang terukur oleh arduino adalah 11,803 volt dan pada *reader* RC522 tegangan rata ratanya 3,276 volt.

pengujian program untuk menuliskan data pada memori tag RFID.

1. Pengujian Kepekaan jarak baca reader dan tag

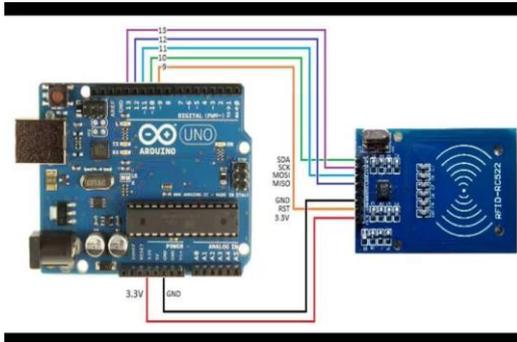
Dari hasil pengujian jarak pembacaan RFID *reader* dan *tag*, didapat seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Jarak Baca RFID Reader dan Tag

Pengukuran	Jarak Maksimal Terbaca
Atas	75 mm
Bawah	50 mm

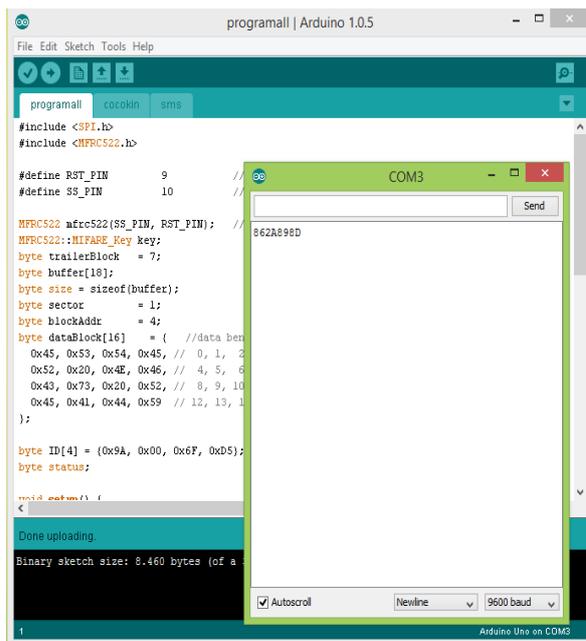
2. Program Read

Pada pembacaan RFID dan tag, alat dirancang sedemikian rupa dengan menghubungkan pin arduino dan RC522 seperti Gambar 3.



Gambar 3. Pin Arduino Uno dan RC522

Setelah terhubung, maka dimasukan program *Read*, dan hasil pembacaan ditunjukkan pada serial monitor seperti Gambar 4 program menampilkan ID ini, berfungsi untuk menampilkan ID yang akan dikirimkan ke VB dan kemudian ditampilkan.

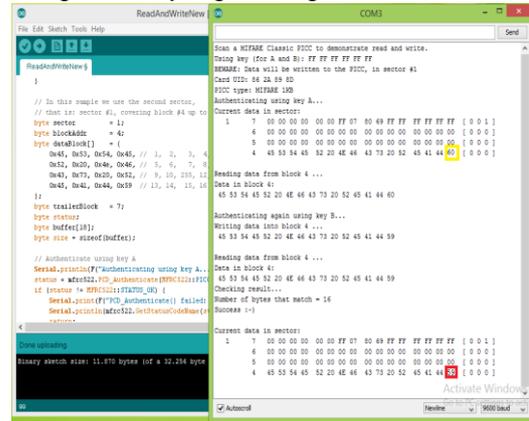


Gambar 4. Serial monitor program *ReadID*

3. Program Write Memori Tag

Pada program yang kedua ini, merupakan program untuk menulisi memori tag dengan yang diinginkan. Pada program ini dipilih sektor 1 blok 4 dalam memori tag untuk ditulisi memori yang diinginkan sebanyak 16 byte data dalam bentuk *hexadecimal*. Hasil penulisan pada tag RFID dapat dilihat seperti yang ditampilkan pada serial monitor pada Gambar 4.

Pada Serial monitor tampak data memori tag sebelum ditulisi dan setelah ditulisi dengan data yang kita inginkan.



Gambar 5. Serial Monitor Program *Read and Write*



Gambar 6. *Interface* menampilkan data ID dan *Counting*

Setelah dilakukan pengujian perangkat Hardware dan Software, maka dilakukan pengujian alat keseluruhan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah alat dapat berfungsi dan berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Penggabungan hardware, berupa pin arduino pin RC522 dan Led sebagai indikator

dihubungkan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Peletakan arduino uno dan *reader* RFID RC522 diletakan tepat dibawah gerbang ERP, agar ketika *tag* RFID melewati gerbang dapat dengan mudah terdeteksi. Kemudian kabel USB digunakan untuk menghubungkan board arduino dan komputer, yang nantinya akan diteruskan ke interface. Rancangan alat keseluruhan tampak seperti Gambar 7.



Gambar 7. Susunan Alat Keseluruhan

Untuk *tag* RFID, dipasangkan pada kendaraan yang melintas seperti tampak pada Gambar 8. Dengan pembagian 3 kategori sesuai ukurannya. Yaitu kecil, sedang dan besar, dimana tiap kategori memiliki cost pembayaran yang berbeda beda. Untuk kendaraan kecil dikenakan biaya Rp 50.000 sekali melintas, kendaraan sedang Rp 75.000 dan kendaraan besar Rp 100.000. Kemudian diuji coba, saat kendaraan melintas.



Gambar 8. Kendaraan dipasang *tag* RFID

Selanjutnya, Program di compile dan di download ke arduino. Saat dilakukan uji coba, ketika kendaraan yang ID nya sudah terdaftar (memori *tag* RFID telah di masukan program *write* pada blok 1 sektor 4), maka LED merah sebagai indikator akan menyala seperti gambar 9.



Gambar 9. LED Merah ON, kendaraan telah terdaftar.

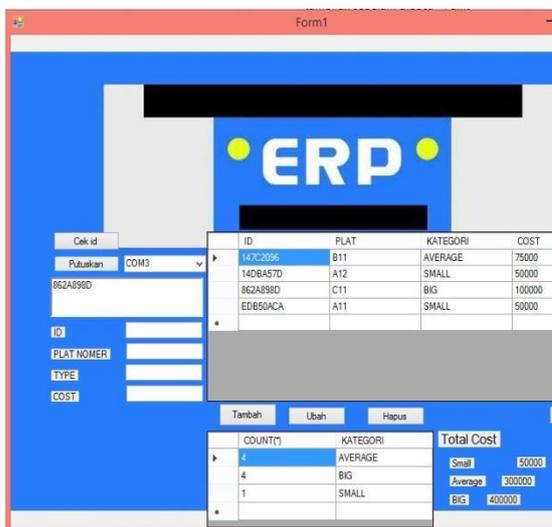
Sedangkan jika ID kendaraan belum terdaftar maka LED kedip akan menyala tampak pada Gambar 10, sebagai tanda bahwa kendaraan yang melintas belum terdaftar. Kemudian pada interface, jika ingin menambahkan data ID kendaraan atau ingin didaftarkan bisa dengan meng klik tombol cek ID dan tombol tambah.



Gambar 10. LED kedip ON, kendaraan belum terdaftar

Kendaraan yang melintas dan sudah terdaftar, akan terdeteksi pada interface,

dimana akan dihitung berapa kali melintas dan dikenakan biaya sesuai kategorinya. Yang kemudian nantinya dapat dilakukan pembayaran pascabayar bersamaan saat membayar pajak kendaraan. Hasil akhir pembacaan data pada interface ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Interface data hasil pembacaan

Berdasarkan hasil analisis data pengujian dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut :

Dari hasil perancangan alat diperoleh, bahwa sistem Prototype komunikasi data pada ERP (*Electronic Road Pricing*) menggunakan teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*) sudah dapat berjalan dengan baik.

Reader RC522 mampu digunakan untuk membaca *tag* RID berfrekuensi 13,56 MHz dan dapat digunakan untuk menuliskan data pada memori *tag* RFID.

Interface yang dirancang telah mampu menampilkan data pembacaan ID kendaraan yang melewati gerbang ERP, kemudian menampilkan ID, plat nomer, frekuensi lewat dan cost kendaraan.

4. Ucapan Terimakasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Jurusan Teknik elektro ist akprind Yogyakarta atas fasilitas laboratorium yang telah disediakan untuk menguji alat penelitian ini.

5. Daftar Pustaka

- Arduino, Arduino Board Uno, <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, diakses 29 September 2016.
- Anonim, 2016, <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID/ID2LA,%2012LA%20ID-20LA2013-4-10.pdf> , diakses 2 Oktober 2016.
- Nanda, Andika Eka, 2016 , [http://andhikaekanda.net/sistem-jalan-berbayar elektronik-electronic-road-pricing](http://andhikaekanda.net/sistem-jalan-berbayar_elektronik-electronic-road-pricing), diakses 2 Oktober 2016.
- Anonim, 2016, jakarta.bps.go.id/backend/pdf_publicasi/Statistik-Transportasi-DKI-Jakarta-2015.pdf, diakses 2 Oktober 2016.
- Anonim., 2015, [http://bgilmu.blogspot.com/2015/01/dasar-rfid-dan-pemrograman dgn-arduino.html](http://bgilmu.blogspot.com/2015/01/dasar-rfid-dan-pemrograman-dgn-arduino.html) , diakses 2 Oktober 2016.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Bahasa

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baku.

Susunan Naskah

Susunan naskah memuat judul, abstract, intisari, pendahuluan, metode, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka dan ditulis tanpa menggunakan nomor sub judul. Judul singkat dan jelas menunjukkan isinya, ditulis bold dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Di bawah dicantumkan nama penulis (tanpa gelar) dan instansi, serta alamat email.

ABSTRACT dalam bahasa Inggris dan ditulis italic, dilengkapi dengan intisari berbahasa Indonesia yang memuat permasalahan, metodologi dan hasil. *Abstrac* dan Intisari memuat maksimal 300 kata dan dilengkapi dengan *keywords* atau kata kunci sebanyak 3-5 kata.

PENDAHULUAN berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan, tanpa menggunakan sub judul. Sumber rujukan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan.

PEMBAHASAN menguraikan hasil analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dengan penekanan pada jawaban atas permasalahan.

KESIMPULAN berisi pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Saran dapat dituliskan pada bagian paling akhir.

DAFTAR PUSTAKA hanya memuat pustaka yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad. Buku:

Buschow, K. H. J. dan F. R. De Boer, (2004), *Physics Of Magnetism And Magnetic Materials*, Kluwer Academic Publisher, New York.

Artikel online:

Clay, R. (2008, June). Science vs. ideology: Psychologists fight back about the misuse of research. *Monitor on Psychology*, diunduh dari: <http://www.apa.org/monitor/> tanggal 10 Agustus 2012

Jurnal:

Kahani, S.A., dan M.Jafari, (2009), A New Method For Preparation of Magnetite From Iron Oxyhydroxide or Iron Oxide and Ferrous Salt in Aqueous Solution, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 321 no.3, hlm.1951–1954.

Teknik Penulisan

Naskah diketik dengan jarak 1 spasi, pada format ukuran A4 (210 x 297 mm), halaman. Jenis huruf Arial 10 point, margin atas 2,5 cm, bawah 2.5 cm, kiri 3 cm, dan kanan 2.5 cm, Jumlah halaman 7-10 tanpa footnote. Gambar/Foto merupakan gambar digital (hasil scanner) yang menyatu dalam teks, menggunakan warna *greyscale*. Penomoran tabel (di atas tabel), gambar (di bawah gambar) dengan nomor urut. Gunakan angka arab (1,2, 3 dst) untuk penomoran gambar,. Persamaan dituliskan dengan angka arab pada tepi kanan diantara tanda kurung.

PENDAHULUAN, PEMBAHASAN, KESIMPULAN dan DAFTAR PUSTAKA dibuat dengan 2 kolom dengan jarak antar kolom 1 cm.

Pengiriman Naskah

Naskah dikirim ke Redaksi melalui laman journal.akprind.ac.id/index.php/jurtek secara *online*. Melakukan registrasi (di menu daftar) terlebih dahulu kemudian mengunggah makalah dan Surat Pernyataan tertulis belum pernah dimuat dalam penerbitan lain.

Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi kriteria/persyaratan teknis, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa dan berkonsultasi dengan penulis sebelum naskah dimuat.

