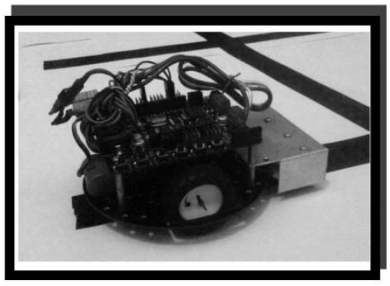
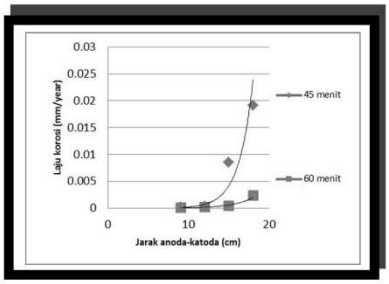
ISSN 2548-737X

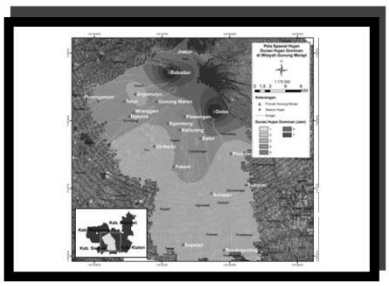
JTERa

Jurnal Teknologi Rekayasa

Volume 1, Nomor 1, Desember 2016







Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi pada Hasil *Electroplating Hard Chrome*
Abid Fahreza Alphanoda

Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi
Dewi Ayu Sofia

Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel
Mulyadi, Abid Fahreza Alphanoda

Design and Implementation of PID Control-based FSM Algorithm on Line Following Robot
Adnan Rafi Al Tahtawi, Yoyo Somantri, Erik Haritman

Studi Analisis Gording Baja pada Pembangunan Gedung Auto2000 Kabupaten Sukabumi
Hari Wibowo, Deni Firmansyah, Dewi Ayu Sofia

Kajian Pengelolaan Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Perguruan Tinggi: Studi Kasus Universitas Negeri Jakarta
Irika Widiasanti, R. Eka Murti Nugraha

Implementasi Perangkat Keras Pengubah Frekuensi ke Tegangan untuk Pengukuran Kecepatan Motor Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS)
Arif Sumardiono

Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor
Ika Kholilah, Adnan Rafi Al Tahtawi

Perancangan *Enterprise Architecture* Berbasis *Service* Menggunakan *Zachman Framework*: Studi Kasus PDAM Kota Sukabumi
Samirah Rahayu, Ana Hadiana

Rancang Bangun Saklar Lampu Otomatis dan *Monitoring* Suhu Rumah Menggunakan VB. Net dan Arduino
Trisiani Dewi Hendrawati, Indra Lesmana

Penerbit:
POLITEKNIK SUKABUMI

JTERA	Vol. 1	No. 1	Hal. 1-72	Sukabumi	Desember 2016

JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa

Volume 1, Nomor 1, Desember 2016 ISSN 2548-737X

TUJUAN DAN RUANG LINGKUP

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA) merupakan jurnal ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian, studi kasus, dan *articles review* di bidang teknik/rekayasa. Jurnal ini dapat dijadikan sebagai sumber informasi baik untuk peneliti, dosen, akademisi, praktisi industri, maupun instansi pemerintahan.

Topik makalah yang dimuat di JTERA mencakup dan tidak terbatas pada bidang: Teknik Informatika, Teknik Elektro, Teknik Mesin, Teknik Industri, Teknik Sipil, dan Teknik Lingkungan. JTERA terbit secara berkala setiap dua kali dalam setahun, yaitu pada bulan Juni dan Desember.

DEWAN REDAKSI

Ketua Editor
Adnan Rafi Al Tahtawi, M.T. (Politeknik Sukabumi)

Editor Pelaksana
Abid Fahreza Alphanoda, M.T. (Politeknik Sukabumi)
Samirah Rahayu, M.Kom. (Politeknik Sukabumi)
Dewi Ayu Sofia, M.Eng. (Politeknik Sukabumi)

Desain Grafis
Ruslan Efendi, M.Ds. (Politeknik Sukabumi)

MITRA BESTARI

Prof. Djoko W. Karmiadji, MSME, Ph.D. (Universitas Pancasila)
Dr. Ade Gafar Abdullah, M.Si. (Universitas Pendidikan Indonesia)
Dr. Irfan Hilmy, M.Eng. (International Islamic University Malaysia)
Dr. Pranoto H. Rusmin, M.T. (Institut Teknologi Bandung)
Drs. Engkus Supardi, M.Eng. (Universitas Jenderal Achmad Yani)
Dr. Ing. Ana Hadiana, M.Eng.Sc. (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

PENERBIT

Politeknik Sukabumi

ALAMAT REDAKSI

Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi 43132
Telp/Fax: (0266) 215417
E-mail: jtera@polteksmi.ac.id
Website: http://jtera.polteksmi.ac.id

JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa
Volume 1, Nomor 1, Desember 2016 ISSN 2548-737X

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur Kami ucapkan kepada Allah SWT atas terbitnya Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA) Volume 1, Nomor 1, Desember 2016. JTERA diterbitkan oleh Politeknik Sukabumi sebagai media untuk memperkaya wawasan keilmuan khususnya di bidang keteknikan.

Edisi ini merupakan edisi pertama dan memuat makalah yang telah melalui proses *peer-review* oleh *reviewer* sesuai kompetensi keilmuannya. Terdapat 10 makalah pada edisi pertama ini, dengan penulis yang berasal dari beberapa perguruan tinggi di Indonesia termasuk internal kampus Politeknik Sukabumi. Makalah yang disajikan terdiri dari bidang dengan judul: **Teknik Mesin** (Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan terhadap Laju Korosi pada Hasil *Electroplating Hard Chrome*; Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel), **Teknik Elektro** (*Design and Implementation of PID Control-based FSM Algorithm on Line Following Robot*; Analisis Karakteristik Perangkat Keras Pengubah Frekuensi ke Tegangan untuk Pengukuran Kecepatan MASTS), **Teknik Informatika** (Perancangan *Enterprise Architecture* Berbasis *Service* Menggunakan *Zachman Framework*: Studi Kasus PDAM Kota Sukabumi), **Teknik Komputer** (Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor; Rancang Bangun Saklar Lampu Otomatis dan *Monitoring* Suhu Rumah Menggunakan VB. Net dan Arduino), dan **Teknik Sipil** (Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi; Studi Analisis Gording Baja pada Pembangunan Gedung Auto2000 Kabupaten Sukabumi; Kajian Pengelolaan Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Perguruan Tinggi: Studi Kasus Universitas Negeri Jakarta).

Ucapan terima kasih Kami sampaikan kepada para penulis yang telah berkontribusi pada JTERA edisi pertama ini. Untuk edisi selanjutnya, Kami mengundang para peneliti, dosen, akademisi, praktisi industri, maupun instansi pemerintahan untuk mempublikasikan hasil penelitian dan pemikirannya di JTERA. Semoga jurnal ini dapat memberikan kontribusi ilmu pengetahuan dalam upaya mencerdaskan bangsa.

Sukabumi, Desember 2016

Ketua Editor

JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa
Volume 1, Nomor 1, Desember 2016 ISSN 2548-737X

DAFTAR ISI

1-6 Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan terhadap Laju Korosi pada Hasil *Electroplating Hard Chrome*
Abid Fahreza Alphanoda

7-14 Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi
Dewi Ayu Sofia

15-22 Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel
Mulyadi, Abid Fahreza Alphanoda

23-30 *Design and Implementation of PID Control-based FSM Algorithm on Line Following Robot*
Adnan Rafi Al Tahtawi, Yoyo Somantri, Erik Haritman

31-40 Studi Analisis Gording Baja pada Pembangunan Gedung Auto2000 Kabupaten Sukabumi
Hari Wibowo, Deni Firmansyah, Dewi Ayu Sofia

41-46 Kajian Pengelolaan Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Perguruan Tinggi: Studi Kasus Universitas Negeri Jakarta
Irika Widiasanti, R. Eka Murti Nugraha

47-52 Analisis Karakteristik Perangkat Keras Pengubah Frekuensi ke Tegangan untuk Pengukuran Kecepatan MASTS
Arif Sumardiono

53-58 Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor
Ika Kholilah, Adnan Rafi Al Tahtawi

59-66 Perancangan *Enterprise Architecture* Berbasis *Service* Menggunakan *Zachman Framework*: Studi Kasus PDAM Kota Sukabumi
Samirah Rahayu, Ana Hadiana

67-72 Rancang Bangun Saklar Lampu Otomatis dan *Monitoring* Suhu Rumah Menggunakan VB. Net dan Arduino
Trisiani Dewi Hendrawati, Indra Lesmana

JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa
Volume 1, Nomor 1, Desember 2016 ISSN 2548-737X

LEMBAR ABSTRAK

Lembar abstrak ini dapat diperbanyak tanpa adanya izin dan biaya

---

Abid Fahreza Alphanoda, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, abidfahreza@polteksmi.ac.id

Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi pada Hasil *Electroplating Hard Chrome*

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 1-6

Electroplating hard chrome merupakan pelapisan permukaan logam yang biasa digunakan untuk industri dengan tujuan meningkatkan umur pakai (*lifetime*). Jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan adalah salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil *electroplating hard chrome*, sedangkan pengujian laju korosi merupakan faktor koreksi terhadap hasil *electroplating* untuk didapatkan umur pakai. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen sejati dengan melibatkan satu variabel bebas yaitu jarak anoda-katoda dengan variasi yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm, sedangkan variabel terikat yang diamati yaitu uji laju korosi hasil *electroplating hard chrome*. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah durasi pelapisan selama 45 menit dan 60 menit. Komposisi larutan elektrolit yang digunakan yaitu *chromic acid* 300 gr/L dan asam sulfat 3 gr/L, dengan rapat arus 45 A/dm^2 dan temperatur elektrolit 50^{o}C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan *electroplating hard chrome* pada baja ST-37 berpengaruh secara nyata terhadap hasil uji laju korosi atau *Corrosion Penetration Rate* (CPR).

Kata kunci: *electroplating hard chrome*, anoda-katoda, durasi pelapisan, laju korosi

---

Dewi Ayu Sofia, Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, dewiayusofia@polteksmi.ac.id

Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 7-14

Besaran hujan merupakan faktor dominan yang memicu terjadinya aliran lahar dingin pada daerah lereng gunung api aktif, seperti Gunung Merapi. Pada kejadian banjir lahar dingin dimana hujan sebagai pemicunya, terjadi proses transformasi hujan menjadi aliran. Oleh karena itu, diperlukan analisis karakteristik curah hujan, seperti penentuan durasi hujan dominan dan pola distribusi curah hujan jam-jaman sebelum proses transformasi tersebut dilakukan. Durasi hujan dominan diperoleh dari frekuensi kejadian hujan lebat terbanyak yang dianalisis dengan bantuan *software* WRPLOT View. Selanjutnya, pola distribusi hujan rerata jam-jaman berdasarkan curah hujan terukur yang ada di lokasi penelitian dapat ditentukan. Hasil analisis menunjukan tinggi elevasi stasiun hujan berpengaruh terhadap terhadap durasi hujan dominannya, sedangkan pola distribusi hujan rerata jam-jaman menunjukan intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan menurun pada jam berikutnya.

Kata kunci: karakteristik hujan, durasi hujan dominan, pola distribusi hujan jam-jaman

---

Mulyadi[1], Abid Fahreza Alphanoda[2], [1,2]Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, kiwimut@yahoo.co.id

Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 15-22

Kelapa sebagai tanaman yang hidup di daerah tropis, tidak hanya buahnya saja yang dapat dimanfaatkan, tetapi juga sabut, tempurung, lidi, daun, dan batangnya pun dapat dimanfaatkan. Saat ini, pemanfaatan serbuk dari sabut kelapa belum maksimal dimana hanya dibuat sebagai media tanam atau bahkan dibuang begitu saja. Salah satu pemanfaataan yang dapat dilakukan yaitu serbuk kelapa dapat digunakan untuk pembuatan papan partikel. Serbuk dari sabut kelapa dapat menjadi bahan baku alternatif untuk pembuatan papan partikel dengan kerapatan sedang atau di atas 0,6 g/cm^3 dengan menggunakan perekat urea formaldehida sebanyak 15% dari berat partikel dan hardener 1% dari perekat. Pada penelitian ini, kerapatan yang dibuat 0,4 g/cm^3; 0,5 g/cm^3; 0,6 g/cm^3; 0,8 g/cm^3; dan 1 g/cm^3 yang sesuai dengan standart industri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air serbuk kelapa lebih rendah dari standar industri. Selain itu, pada pengujian mekanik, kerapatan rendah 0,4 g/cm^3 dan 0,5 g/cm^3 tidak memenuhi standar industri, sedangkan kerapatan 0,6 g/cm^3, 0,8 g/cm^3, dan 1 g/cm^3 memenuhi standar industri.

Kata kunci: serbuk sabut kelapa, papan partikel, kerapatan, urea formaldehida

---

Adnan Rafi Al Tahtawi[1], Yoyo Somantri[2], Erik Haritman[3], [1]Department of Computer Engineering, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, [2,3]Department of Electrical Engineering Education, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung, Indonesia, adnanrafi@polteksmi.ac.id

Design and Implementation of PID Control-based FSM Algorithm on Line Following Robot

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 23-30

Finite State Machine (FSM) is a control system methodology that describes system's behavior using three things, namely: state, event, and action. On a program, the system would be in one active state. The system can switch or move to another state if it gets a certain input or event. In this paper, FSM based on Proportional-Integral-Derivative (PID) controller algorithm will be implemented on line follower robot. PID controller is one of system control methods that many used recently. FSM based on PID controller is implemented to keep robot tracking the line trajectory as well. The test result shows that designed algorithm can work well and can be used as a based algorithm of this robot.

Keywords: algorithm, Finite State Machine (FSM), Proportional-Integral-Derivative (PID), robot, line follower

---

Hari Wibowo[1], Deni Firmansyah[2], Dewi Ayu Sofia[3], [1,2,3]Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, dedit.bowohari@gmail.com

Studi Analisis Gording Baja pada Pembangunan Gedung Auto2000 Kabupaten Sukabumi

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 31-40

Gording merupakan salah satu bagian kontruksi vital untuk menopang rangka atap. Dalam perencanaan konstruksi atap, beban yang bekerja pada atap tersebut perlu dianalisis. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis perhitungan pembebanan pada gording baja profil *Light Lip Channel* (LLC). Gedung yang digunakan sebagai objek penelitian adalah Gedung Auto2000 yang berlokasi di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Metode analisis yang digunakan yaitu distribusi momen. Hasil analisis gording dengan profil LLC 150 x 65 x 20 x 3,2 menunjukan bahwa diperoleh nilai lendutan sebesar 838,27 kg/cm² dan perhitungan tekuk sebesar 166,44 kg/cm². Kedua nilai ini dapat dikatakan aman karena nilainya lebih kecil dari tegangan ijin sebesar 1600 kg/cm².

Kata kunci: gording, baja, *Light Lip Channel* (LLC), distribusi momen

---

Irika Widiasanti[1], R. Eka Murti Nugraha[2], [1,2]Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur, Indonesia, irika@unj.ac.id

Kajian Pengelolaan Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Perguruan Tinggi: Studi Kasus Universitas Negeri Jakarta

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 41-46

Pemeliharaan dan perawatan bertujuan agar bangunan dapat beroperasi dengan baik sehingga pengguna merasa nyaman, yang selanjutnya akan membantu dalam meningkatkan pendapatan pengelola bangunan. Dalam melaksanakan

pemeliharaan dan perawatan gedung, banyak hal yang harus dilakukan agar gedung tersebut tetap mempunyai nilai investasi yang tinggi. Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang tepat mengenai perawatan gedung yang telah dilakukan di lingkungan UNJ. Sementara itu, secara khusus penelitian bertujuan untuk dapat melihat sejauh mana pelaksanaan dan pengelolaan perawatan dan pemeliharaan gedung. Metode yang digunakan adalah survey. Teknik ini digunakan untuk mengukur pengelolaan perawatan gedung yang dilakukan di lingkungan FT UNJ. Populasi penelitian adalah para pengambil keputusan di lingkungan FT UNJ dengan sampel para ketua Jurusan dan ketua Program Studi sebagai pihak yang paling mengetahui kondisi bangunan dan dana yang tersedia untuk pemeliharaan dan perawatan gedung. Teknik analisis data menggunakan teknik deskriptif membandingkan sederhana dan uji Analisis Varian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan pengelolaan pemeliharaan dan perawatan gedung di FT UNJ, telah dilakukan dengan baik. Hal ini terlihat juga dari sebagian besar responden yang berpendapat bahwa pelaksanaan tersebut telah dilakukan dengan baik.

Kata kunci: pemeliharaan gedung, perawatan gedung

Arif Sumardiono, Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 45, Jl. Perjuangan No. 17 Cirebon, Indonesia, arif_elektro@yahoo.com

Analisis Karakteristik Perangkat Keras Pengubah Frekuensi ke Tegangan untuk Pengukuran Kecepatan MASTS

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 47-52

Makalah ini menjelaskan proses analisis karakteristik perangkat keras pengubah frekuensi ke tegangan pada Motor Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS) untuk proses pengukuran kecepatan motor tersebut. Sensor yang digunakan pada MASTS adalah sensor *hall* dengan input perubahan medan magnet dan output frekuensi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan perangkat keras tersebut jika digunakan untuk mengukur kecepatan MASTS. Kriteria pengujian yang digunakan yaitu sensistifitas, akurasi, kepresisian dan histerisis. Hasil pengujian menunjukan dengan input frekuensi dari AF Generator sebagai sumber ideal didapatkan sensitifitas 0,0096 V/Hz, akurasi 99,8%, kepresisian 99,81 %, dan histeresis dengan galat 0,02%, sedangkan hasil pengukuran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS didapatkan sensitifitas 0,0095 V/Hz, akurasi 99,6%, kepresisian 99,6%, dan histeresis dengan galat 0,4%.

Kata kunci: MASTS, sensor *hall*, frekuensi, tegangan, kecepatan

---

Ika Kholilah[1], Adnan Rafi Al Tahtawi[2], [1,2]Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, ika_kholilah@ymail.com

Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 53-58

Sistem keamanan sepeda motor diperlukan untuk mengatasi peningkatan pencurian sepeda motor. Saat ini, solusi yang biasa dilakukan oleh pemilik sepeda motor hanya dengan memakai kunci ganda saja dimana pencuri sudah sangat menguasainya. Untuk itu diperlukan suatu sistem keamanan yang lebih baik. Dalam makalah ini, akan dipaparkan suatu sistem keamanan sepeda motor berbasis Arduino-Android. Sistem kemanan ini berbasis relai dan akan dikendalikan melalui *smartphone* dengan sistem operasi Android v4.4 (KitKat). Sistem komunikasi dirancang dengan menggunakan modul *bluetooth* HC-06 yang dapat diintegrasikan dengan papan mikrokontroler Arduino Uno. Detail perancangan sistem dijelaskan pada makalah ini. Hasil pengujian menunjukan jarak maksimal komunikasi *bluetooth* antara pengendali (*smartphone*) dengan sistem pada sepeda motor yaitu 10 m.

Kata kunci: sistem keamanan, Arduino, Android, *bluetooth*, sepeda motor

---

Samirah Rahayu[1], Ana Hadiana[2,3], [1]Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, [2]Program Magister Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer LIKMI, Jl. Ir. H. Juanda No. 96 Bandung, Indonesia, [3]Pusat Penelitian Informatika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Komplek LIPI, Jl. Cisitu No. 21/154D Bandung, Indonesia, samirah@polteksmi.ac.id

Perancangan *Enterprise Architecture* Berbasis *Service* Menggunakan *Zachman Framework*: Studi Kasus PDAM Kota Sukabumi

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 59-66

Sebagai perusahaan, PDAM bertanggung jawab memberikan pelayanan yang baik kepada pelanggan. Proses pelayanan pelanggan mencakup registrasi pelanggan, pencatatan angka meter, pengaduan pelanggan, pengajuan perubahan pelanggan, pembayaran rekening, monitoring jaringan pipa, pemeliharaan meter air sampai monitoring penerimaan dan tunggakan. Karena pertukaran data melibatkan bagian-bagian yang ada, maka perlu dibangun suatu *integrator services* yang mengintegrasikan semua aplikasi dan data. Untuk realisasi pengembangan *Customer Services Information System* dalam skala *enterprise*, maka terlebih dahulu harus dirancang *Enterprise Architecture* berdasarkan proses bisnis yang dimiliki PDAM terkait. Penelitian ini menggunakan kerangka kerja Zachman sebagai acuan perancangan karena memiliki berbagai perspektif, yaitu: *planner*, *owner*, *designer*, *builder*, *implementer* dan *worker*. Penelitian ini menghasilkan model *Customer Services Information System* yang terdiri dari *front-office system* dan *back-office system*.

Kata kunci: *Customer Services Information System, enterprise, architecture enterprise, services*, kerangka kerja Zachman.

Trisiani Dewi Hendrawati[1], Indra Lesmana[2], [1,2]Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi, Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia, trisianid@gmail.com

Rancang Bangun Saklar Lampu Otomatis dan *Monitoring* Suhu Rumah Menggunakan VB. Net dan Arduino

Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA), Vol. 1, No. 1, Des. 2016, Hal. 67-72

Teknologi yang saat ini sedang populer adalah teknologi *smart home* atau rumah pintar. *Smart home system* adalah sebuah sistem yang memberikan segala kenyamanan, keselamatan, keamanan, dan penghematan energy yang berlangsung secara otomatis dan terprogram melalui komputer pada sebuah gedung atau rumah tinggal. Salah satu aplikasi *smart home* yang dapat dirancang adalah saklar lampu otomatis dan *monitoring* suhu. Pada makalah ini, sistem ini dirancang dengan menggunakan modul mikrokontroler Arduino Uno dan VB. Net sebagai perangkat antarmuka. Berdasarkan pengujian alat tersebut antarmuka VB. Net yang dirancang dapat terkoneksi dengan *hardware* dan bekerja dengan baik.

Kata kunci: *Smart home*, saklar lampu, suhu, Arduino, VB. Net

Pengaruh Jarak Anoda-Katoda dan Durasi Pelapisan Terhadap Laju Korosi pada Hasil *Electroplating Hard Chrome*

Abid Fahreza Alphanoda
Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
abidfahreza@polteksmi.ac.id

Abstrak

Electroplating hard chrome merupakan pelapisan permukaan logam yang biasa digunakan untuk industri dengan tujuan meningkatkan umur pakai (*lifetime*). Jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan adalah salah satu faktor yang menentukan kualitas hasil *electroplating hard chrome*, sedangkan pengujian laju korosi merupakan faktor koreksi terhadap hasil *electroplating* untuk didapatkan umur pakai. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen sejati dengan melibatkan satu variabel bebas yaitu jarak anoda-katoda dengan variasi yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm, sedangkan variabel terikat yang diamati yaitu uji laju korosi hasil *electroplating hard chrome*. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah durasi pelapisan selama 45 menit dan 60 menit. Komposisi larutan elektrolit yang digunakan yaitu *chromic acid* 300 gr/L dan asam sulfat 3 gr/L, dengan rapat arus 45 A/dm^2 dan temperatur elektrolit 50^{o}C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan *electroplating hard chrome* pada baja ST-37 berpengaruh secara nyata terhadap hasil uji laju korosi atau *Corrosion Penetration Rate* (CPR).

Kata kunci: *electroplating hard chrome,* anoda-katoda, durasi pelapisan, laju korosi

Abstract

Hard chrome electroplating is a metal surface coating process that used for industries to increasing metal's lifetime. Anode-cathode distance and duration of the coating are the factors that determine the quality of hard chrome electroplating, while corrosion rate testing is a correction factor result to obtained lifespan. This research is conducted using true-experimental method with one independent variable it is the distance of anode-cathode with variation used was 9 cm, 12 cm, 15 cm and 18 cm, while the dependent variable observed is testing result of corrosion rate of electroplating hard chrome. Controlled variable in this study is the duration of the coating 45 minutes and 60 minutes. The electrolyte composition used is chromic acid 300 gr/L and sulfuric acid 3 gr/L, with a current density 45 A/dm^2 and an electrolyte temperature of 50°C. The test results show that the anode-cathode distance and duration of electroplating hard chrome plating on steel ST-37 are significantly affect to the corrosion rate or Corrosion Penetration Rate (*CPR*).

Keywords: *electroplating hard chrome, anode-cathode, coating duration, corrosion rate*

I. PENDAHULUAN

Proses pelapisan krom keras (*hard chrome*) adalah salah satu proses akhir dari pengerjaan logam yang banyak diterapkan dalam industri logam maupun industri permesinan. Proses pelapisan ini cukup luas penggunaannya untuk berbagai aplikasi teknik karena selain dapat menghasilkan tampilan yang dekoratif serta perlindungan bagi logam yang dilapisi dari pengaruh lingkungan, juga menambah sifat-sifat logam yang dikehendaki. Pelapisan krom keras banyak digunakan untuk benda kerja yang pada penggunaannya memerlukan sifat-sifat tertentu, karena pelapisan krom keras mempunyai sifat yang bias memperbaiki kualitas bahan. Sifat paling penting yang dihasilkan dari pelapisan krom keras adalah kekerasan, daya lekat, ketahanan korosi, permukaan yang mengkilap, koefisien gesek yang rendah, dan tahan terhadap suhu tinggi. Dalam aplikasinya tentu sifat-sifat tersebut akan sangat penting dan berguna untuk industri logam dan

Diterima: 28 Juli 2016; Direvisi: 10 September 2016; Disetujui: 21 September 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

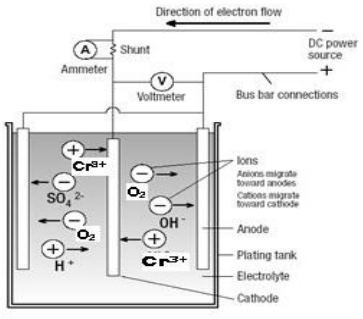
permesinan. Dalam proses *electroplating* hal-hal yang mempengaruhi hasil pelapisan antara lain adalah rapat arus (*current density*), konsentrasi larutan elektrolit, temperatur larutan elektrolit, dan waktu yang digunakan selama proses berlangsung. Jarak anoda-katoda dan durasi terbukti memiliki peranan penting dalam menentukan hasil pelapisan krom keras, selain itu laju korosi merupakan salah satu tolak ukur dalam pelapisan krom keras.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak anoda-katoda dan durasi pelapisan pada hasil *electroplating hard chrome* baja ST-37 terhadap laju korosi. Untuk menjadikan penelitian ini lebih terarah maka perlu ditetapkan batasan-batasan masalah yaitu meliputi: larutan elektrolit yang digunakan adalah campuran antara asam khromat dengan asam sulfat dengan konsentrasi larutan 300 gr/L chromium trioksida (CrO_3), serta 3 gr/L asam sulfat (H_2SO_4); material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah baja ST-37; spesimen uji telah dibentuk produk berupa pegangan pintu; variasi jarak anoda-katoda yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm; proses pelapisan dilakukan selama 45 dan 60 menit; hanya membahas korosi hasil dari proses *electroplating hard chrome.* Diharapkan dari penelitian ini mampu memberikan sumbangan berupa hasil penelitian dalam bidang pelapisan logam yang dapat digunakam sebagai tambahan referensi untuk pengembangan penelitiam lebih lanjut serta hasil penelitian dapat diaplikasikan secara meluas untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan industri.

II. *ELECTROPLATING HARD CHROME*

A. Electroplating

Electroplating adalah suatu proses pengendapan logam pelindung atau logam yang dikehendaki diatas logam lain dengan cara elektrolisa. Dalam metode ini komponen bersama dengan batangan atau lempengan logam yang akan dilapisi, direndam dalam suatu elektrolit yang mengandung garam-garam logam pelapis [1].



Gambar 1. Prinsip kerja *electroplatting* [2]

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik (Gambar 1) adalah penempatan ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda atau elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus yang mengalir dari sumber listrik maka elektron "dipompa" melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda). Dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektrolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi. Proses pelapisan listrik memiliki empat komponen penting, yaitu:

1) Katoda: merupakan elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana logam yang akan dilapisi diletakkan pada posisi ini

2) Anoda: merupakan elektroda positif dalam larutan elektrolit dan pada umumnya merupakan sumber ion logam yang akan melapisi

3) Larutan elektrolit: merupakan media penghantar yang dapat berupa asam, basa, atau garam. Pada *hard chromium plating* larutan elektrolit ini dapat berfungsi sebagai penyedia logam yang akan menempel pada logam yang akan dilapisi yang larut dalam larutan

4) Arus listrik: arus listrik ini mengalir dari anoda ke katoda, arus yang digunakan yaitu arus DC (*Direct Current*).

B. Electroplating Hard Chrome

Pada proses *electroplating hard chrome* katoda yang digunakan adalah baja ST-37. Aplikasinya kebanyakan digunakan untuk bahan konstruksi. *Electroplating hard chrome* sendiri disebut juga sebagai *industrial* atau *engineering chromium plating* dan ini berbeda dengan lapisan *decorative chromium*, dimana lapisan *hard chrome* memiliki tujuan sebagai berikut [1]:

1. Deposit yang dihasilkan dari proses *hard chromium plating* ditujukan untuk meningkatkan umur pakai (*lifetime*) dari suatu komponen dengan memperbaiki sifat permukaan, seperti ketahanan aus, kekerasan, abrasi, ketahanan panas, dan korosi. Selain itu juga dapat juga digunakan untuk memperbaiki dimensi dari suatu komponen yang mengalami *undersize part*.
2. Hasil pelapisan dari *hard chromium plating* biasanya memiliki ketebalan 2,5 sampai 500 µm dan untuk aplikasi tertentu ketebalannya dapat disesuaikan, sedangkan pada *decorative chromium plating*, ketebalan lapisan biasanya berada pada rentang tidak lebih dari 1,3 µm.
3. *Hard chromium plating* dilakukan langsung pada permukaan spesimen, dengan beberapa pengecualian, sedangkan pada *decorative chromium plating* diberikan terlebih dahulu

lapisan *undercoats* yang menggunakan nikel dan tembaga, atau nikel saja.

C. Mekanisme Reaksi

Dalam bak *plating* ketika proses berlangsung terjadi berbagai reaksi yang akan mempengaruhi kualitas hasil pelapisan. Asam kromat dalam larutan asam bak plating berada, kebanyakan sebagai ion dikhromat. Pada katoda terjadi tiga reaksi yang berlangsung serentak [2], yaitu: deposisi krom, pengeluaran hidrogen, dan pembentukan Cr(III) dengan reaksi sebagai berikut:

1) *Pada katoda*

Evolusi hidrogen:

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2 \quad (1)$$

Pembentukan Cr^{3+}:

$$Cr_2O_7{}^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad (2)$$

Pengendapan krom:

$$Cr_2O_7{}^{3-} + 14H^+ + 12e^- \rightarrow 2Cr + 7H_2O \quad (3)$$

Pengeluaran hidrogen menyedot 80% sampai 90% daya yang diberikan pada sistem. Hanya 10% saja dipergunakan untuk deposisi krom sesungguhnya.

Anoda krom terlarut tidak efisien pada kondisi elektrolisis, apalagi logam krom jauh lebih mahal daripada bentuk CrO3, maka digunakan anoda tidak terlarut yakni timbal (Pb). Pada anoda terjadi tiga reaksi serentak [2] yaitu: pengeluaran oksigen, oksidasi ion kromat dan produksi timbal oksida pada anoda, reaksinya sebagai berikut:

2) *Pada anoda*

Evolusi oksigen:

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^- \quad (4)$$

Oksidasi ion krom:

$$2Cr^{3+} + 6H_2O \rightarrow 2CrO_3 + 12H^+ + 6e^- \quad (5)$$

Pembentukan timbal oksida:

$$Pb + 2H_2O \rightarrow PbO_2 + 4H^+ + 4e^- \quad (6)$$

Kebanyakan daya serap untuk pengeluaran oksigen. Akan tetapi, dua reaksi lain amat penting, oksidasi ulang Cr(III) pada anoda membantu menyeimbangkan produksinya pada katoda dan menjaga tingkat Cr^{3+}. Anoda timbal harus tertutup lapisan timbal dioksida, apabila lapisan tersebut hilang atau tidak terbentuk, akan tetapi timbal kromat dan anodanya tidak menjalankan fungsi pengaturan konsentrasi Cr^{3+} dari baknya. Semua reaksi di atas berlangsung secara serentak dan kondisi temperatur sangat mempengaruhi proses berjalannya reaksi.

Pada saat proses pelapisan logam berlangsung maka akan timbul gelembung-gelembung gas hidrogen (H_2) akibat adanya reaksi pelepasan hidrogen pada katoda. Gas hidrogen yang timbul akan menyebabkan lubang-lubang kecil berupa titik-titik hitam atau buram pada permukaan hasil pelapisan. Hal ini disebut "*pitting*". *Pitting* yang disebabkan oleh adanya gas hidrogen tersebut selain menjadikan hasil pelapisan tampak buruk, juga menyebabkan kerapuhan hasil pelapisan. Sifat rapuh ini akan nampak bila benda kerja dibengkokkan, maka logam pelapis menjadi patah atau retak. *Pitting* yang berupa lubang-lubang kecil tersebut menjadi jalan bagi berlangsungnya reaksi korosi secara mikro.

D. Pengujian Laju Korosi

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Hilangnya material tersebut biasanya berlangsung sangat lambat tetapi berlangsung terus menerus [3].

Pengujian korosi dilakukan dengan tujuan mengetahui laju korosi atau ketahanan korosi dari suatu material logam. Potensiostat merupakan peralatan yang digunakan pada penelitian elektrokimia untuk mengamati fenomena yang terjadi selama proses korosi terjadi. Potensiostat akan mengaplikasikan tegangan listrik inputan kepada benda uji sehingga nilai arus selama proses korosi dapat diperoleh. Pada penelitian kali ini menggunakan NaCL 10% sebagai media korosinya, NaCl dipilih karena akan diketahui ketahanan korosi *all-chloride hard chrome plating* pada kondisi garam.

Peralatan potensiostat biasanya dilengkapi dengan tiga jenis elektroda yaitu:

1) Elektroda kerja (working electrode): elektroda ini dibentuk dari logam benda uji yang akan diteliti, terkoneksi dengan sambungan listrik, dan permukaannya harus digerinda atau diamplas untuk menghilangkan oksida-oksida yang mungkin ada.

2) Elektroda bantu (auxiliary electrode): elektroda yang khusus digunakan untuk mengalirkan arus hasil proses korosi yang terjadi dalam rangkaian sel.

3) Elektroda acuan (reference electrode): adalah suatu elektroda yang tegangan sirkuit terbukanya (*open-circuit potential*) konstan dan digunakan untuk mengukur elektroda kerja.

Laju korosi dinyatakan sebagai *Corrosion Penetration Rate* (CPR) dengan satuan *inches per*

year (ipy), *millinches per year (mpy*) atau *millimeter per year (mmpy)*. Satuan mpy sering digunakan sebagai satuan laju korosi karena dapat menunjukkan laju korosi untuk nilai yang sangat kecil [4]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju korosi adalah :

$$CPR = 0{,}13(I_{+corr}) + \frac{Me}{\rho} \quad (7)$$

dimana:
CPR = laju korosi (mm/year)
I_{+corr} = densitas arus korosi (μA/cm^2)
Me = massa ekivalen material (amu)
ρ = densitas material (gr/cm^3)
0,13 = konstanta

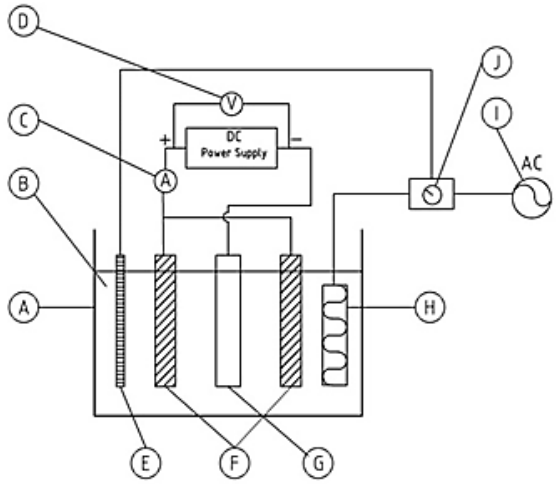
Besarnya nilai Me dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$Me = \frac{massa\ atom}{valensi} \quad (8)$$

Laju korosi (CPR) menunjukkan besarnya penetrasi rata-rata dari korosi terhadap logam dalam tiap satuan waktu. Nilai laju korosi yang tinggi menunjukkan ketahanan logam yang rendah terhadap serangan korosi. Begitu pula sebaliknya bahwa tingkat ketahanan yang tinggi terhadap adanya korosi ditunjukkan dengan rendahnya nilai laju korosi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

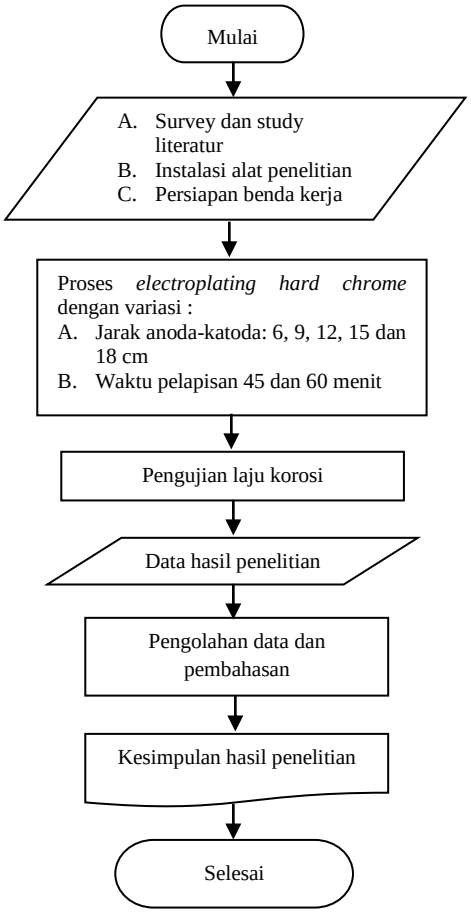
Penelitian yang dilakukan menggunakan metode penelitian eksperimen sejati (*true experiment research*) dengan melibatkan satu variable bebas yaitu jarak anoda-katoda dengan variasi yang digunakan adalah 9 cm, 12 cm, 15 cm, 18 cm, sedangkan variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini yaitu uji laju korosi hasil *electroplating hard chrome*.



Gambar 2. Instalasi *electroplating*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: (1) CNC TU 3A digunakan untuk memotong benda kerja sesuai dimensi yang diinginkan; (2) instalasi *electroplating* (Gambar 2); dan (3) potensiostat digunakan untuk pengujian laju korosi.

Terdapat dua proses utama pada penelitian ini, yaitu proses *electroplating* dan pengujian laju korosi. Proses *electroplating* dilakukan dengan tahapan: (1) menyiapkan spesimen sesuai bentuk dan ukuran menggunakan CNC TU 3A; (2) menyiapkan bahan larutan elektrolit dan panaskan larutan sampai 50^{O}C; (3) menentukan jarak anoda-katoda 9 cm, 12 cm, 15 cm, dan 18 cm; (4) mengatur rapat arus 45 A/dm^2; dan (5) tunggu dengan waktu 45 dan 60 menit. Proses pengujian laju korosi dilakukan dengan tahapan: (1) membersihkan lapisan dengan kain halus; (2) mempersiapkan potensiostat dan *software* NOVA; (3) memasukkan spesimen dalam larutan NaCl 2%; (4) jalankan alat potensiostat; (5) Pembacaan hasil pada komputer; dan (6) untuk mendapatkan nilai laju korosi masukkan I_{corr} yang didapat pada analisa grafik anodik-katodik ke rumus laju korosi. Secara umum, diagram alir dari penelitian ini tersaji pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan data laju korosi, sebelumnya dilakukan pengujian menggunakan potensiostat dan pengukuran grafik daerah anodik dan katodik menggunakan *software* NOVA. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Besarnya nilai Me yang diperoleh berdasarkan (8) dengan massa atom 52 gr/mol dan valensi 2 adalah 26 gr/mol. Dengan demikian diperoleh nilai CPR berdasarkan (7) dengan I_{+corr} 17,03 µA/cm^2 dan ρ 7,19 gr/cm^3 adalah 0,00019793 mpy.

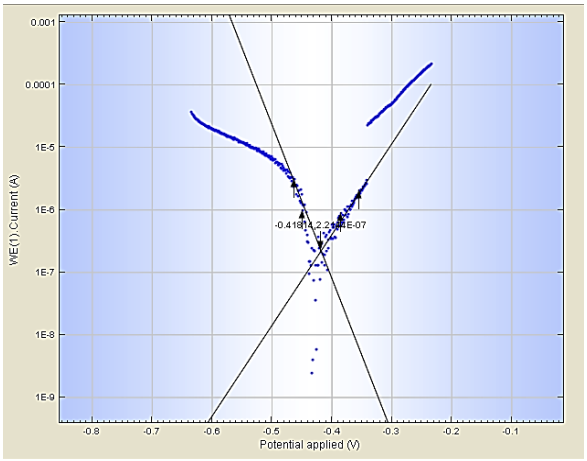
Gambar 5 menunjukkan arah perubahan data laju korosi baja AISI 1015 hasil *electroplating hard chrome* akibat variasi jarak anoda-katoda dengan durasi pelapisan 45 menit dan 60 menit. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin jauh jarak anoda-katoda, maka nilai laju korosi yang didapatkan juga semakin besar. Besarnya laju korosi yang terjadi pada logam dipengaruhi oleh banyak faktor dan salah satunya adalah faktor fisik dan metalurgi [5]. Faktor fisik yang mempengaruhi adalah ketebalan lapisan, sedangkan ketebalan lapisan sangat berhubungan dengan konduktansi elektrolit. Konduktansi elektrolit menentukan besarnya jumlah ion dan cepatnya pergerakan ion dalam larutan elektrolit, dimana bila hambatan besar, maka konduktansi semakin kecil, begitu pula sebaliknya [4]. Karena semakin jauh jarak anoda-katoda menyebabkan membuat semakin lambat pergerakan ion dan semakin berkurang jumlah ion-ion chrome yang bergerak untuk pelapisan *hard chrome* pada logam. Semakin sedikit lapisan chrome yang melapisi maka nilai laju korosi akan semakin besar.

Grafik data laju korosi AISI 1015 variasi jarak anoda-katoda dengan durasi pelapisan 60 menit memperlihatkan data yang tidak terlalu berbeda dibandingkan dengan durasi 45 menit. Semakin jauh jarak anoda-katoda, maka nilai laju korosi yang didapatkan juga semakin besar. Karena semakin jauh jarak anoda-katoda menyebabkan membuat semakin lambat pergerakan ion dan semakin berkurang jumlah ion-ion chrome yang bergerak untuk pelapisan *hard chrome* pada logam.

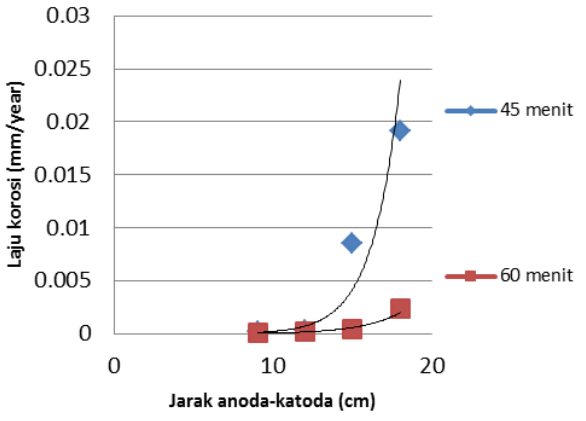
Pada analisa sebelumnya telah dibahas bahwa semakin jauh jarak anoda-katoda menyebabkan membuat semakin lambat pergerakan ion dan semakin berkurang jumlah ion-ion chrome yang bergerak untuk pelapisan *hard chrome* pada logam. Semakin sedikit lapisan *chrome* yang melapisi maka nilai laju korosi akan semakin besar. Pada analisa perbandingan grafik pada proses *electroplating hard chrome* terhadap laju korosi durasi 45 menit dengan durasi 60 menit, didapatkan bahwa grafik laju korosi pada pelapisan *electroplating hard chrome* dengan durasi 45 menit lebih besar laju korosinya daripada durasi 60 menit disebabkan semakin lama waktu (durasi) pelapisan maka akan membuat semakin banyak jumlah ion-ion chrome yang melapisi dan nilai laju korosi akan semakin kecil. Sesuai dengan hukum Faraday yaitu jumlah logam yang terdekomposisi karena elektrolisis berbanding langsung dengan jumlah arus yang melewati larutan dan sebanding dengan berat ekuivalen kimia logam pelapis. Dengan demikian ketebalan dari suatu lapisan elektroplating berbanding lurus dengan waktu pelapisan, semakin lama waktu pelapisan semakin kecil nilai laju korosi.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin dekat jarak anoda-katoda pada proses *electroplating hard chrome* maka nilai laju korosi akan semakin menurun, dan semakin lama durasi proses *electroplating hard chrome* maka nilai laju korosi semakin menurun. Peningkatan jarak anoda-katoda dari 9 cm sampai 18 cm akan diikuti dengan penurunan laju korosi sebesar 0,0000089977 mpy.



Gambar 4. Hasil pengukuran dengan *software* NOVA



Gambar 5. Perbandingan proses *electroplating hard chrome* terhadap laju korosi durasi 45 menit dengan 60 menit

REFERENSI

[1] Chamberlain, J., Trethewey, R. K., *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, Gramedia: Jakarta, 1991

[2] *Metals Handbook*, ASM Hand Book, American Society for Metal, 1964

[3] Anton, J. H., *Mengenal Pelapisan Logam*, Andi Offset: Yogyakarta, 1992

[4] Fontana, Mars G, *Corrosion Engineering*, Mc Graw Hill Book Co: Singapura, 1987

[5] Loar, Gary W, *Nickel Plating*, McGean-Rohco Inc.: Ohio, 2006

Analisis Durasi Hujan Dominan dan Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman di Wilayah Gunung Merapi

Dewi Ayu Sofia
Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
dewiayusofia@polteksmi.ac.id

Abstrak

Besaran hujan merupakan faktor dominan yang memicu terjadinya aliran lahar dingin pada daerah lereng gunung api aktif, seperti Gunung Merapi. Pada kejadian banjir lahar dingin dimana hujan sebagai pemicunya, terjadi proses transformasi hujan menjadi aliran. Oleh karena itu, diperlukan analisis karakteristik curah hujan, seperti penentuan durasi hujan dominan dan pola distribusi curah hujan jam-jaman sebelum proses transformasi tersebut dilakukan. Durasi hujan dominan diperoleh dari frekuensi kejadian hujan lebat terbanyak yang dianalisis dengan bantuan *software* WRPLOT View. Selanjutnya, pola distribusi hujan rerata jam-jaman berdasarkan curah hujan terukur yang ada di lokasi penelitian dapat ditentukan. Hasil analisis menunjukan tinggi elevasi stasiun hujan berpengaruh terhadap terhadap durasi hujan dominannya, sedangkan pola distribusi hujan rerata jam-jaman menunjukan intensitas hujan yang tinggi pada jam pertama dan menurun pada jam berikutnya.

Kata kunci: karakteristik hujan, durasi hujan dominan, pola distribusi hujan jam-jaman

Abstract

Rainfall intensity is a main factor which trigger debris flow at sloping volcano area, as Mount Merapi. In case of debris flow where rainfall is one of the triggers, there will be changes from rainfall to streamflow. Thus, analysis of rainfall characteristics, such as dominant rainfall duration and hourly rainfall distribution pattern before the transformation process conducted is needed. Dominant rainfall duration obtained from the most frequency of heavy rainfall event which analyzed by using WRPLOT View software. Furthermore, average rainfall distribution pattern based on measured rainfall at research location can be determined. Results of analysis show that elevation of rainfall stations are influence to dominant rainfall duration, while average rainfall distribution pattern shows higher percentage at the first hour and decreased on the following hours.

Keywords: *rainfall characteristic, dominant rainfall duration, hourly rainfall distribution pattern*

I. PENDAHULUAN

Selain ancaman primer berupa aliran lava dan awan panas, erupsi Gunung Merapi juga berpotensi menimbulkan ancaman sekunder berupa banjir lahar dingin. Pada kejadian banjir lahar dingin dimana hujan sebagai pemicunya, terjadi proses transformasi hujan menjadi aliran. Sebelum proses transformasi hujan aliran dilakukan, maka terlebih dahulu diperlukan studi lebih lanjut mengenai karakteristik hujan di wilayah Gunung Merapi sebagai informasi hidrologi untuk bahan atau acuan dalam menganalisis kemungkinan terjadinya aliran lahar dingin. Karakteristik hujan dalam kaitannya dengan transformasi hujan aliran antara lain variabilitas hujan baik ruang maupun waktu untuk hujan durasi pendek (misal: menit dan jam) maupun panjang (misal: harian dan bulanan), *trend* hujan untuk berbagai durasi, serta durasi hujan dominan dan pola distribusi hujan jam-jaman.

Pada makalah ini, karakteristik hujan di wilayah Gunung Merapi yang akan dianalisis hanya durasi hujan dominan dan pola distribusi hujan jam-jamannya saja. Hal ini dilakukan karena kedua karakteristik tersebut berkaitan langsung dengan analisis perhitungan banjir rancangan (aliran). Untuk menghitung banjir rancangan dengan metode hidrograf satuan, hujan rancangan harus ditentukan terlebih dahulu. Hujan rancangan yang digunakan harus didistribusikan berdasarkan durasi hujan dominan dan pola distribusi hujannya.

Diterima: 14 Juli 2016; Direvisi: 2 September 2016; Disetujui: 26 September 2016

© Politeknik Sukabumi

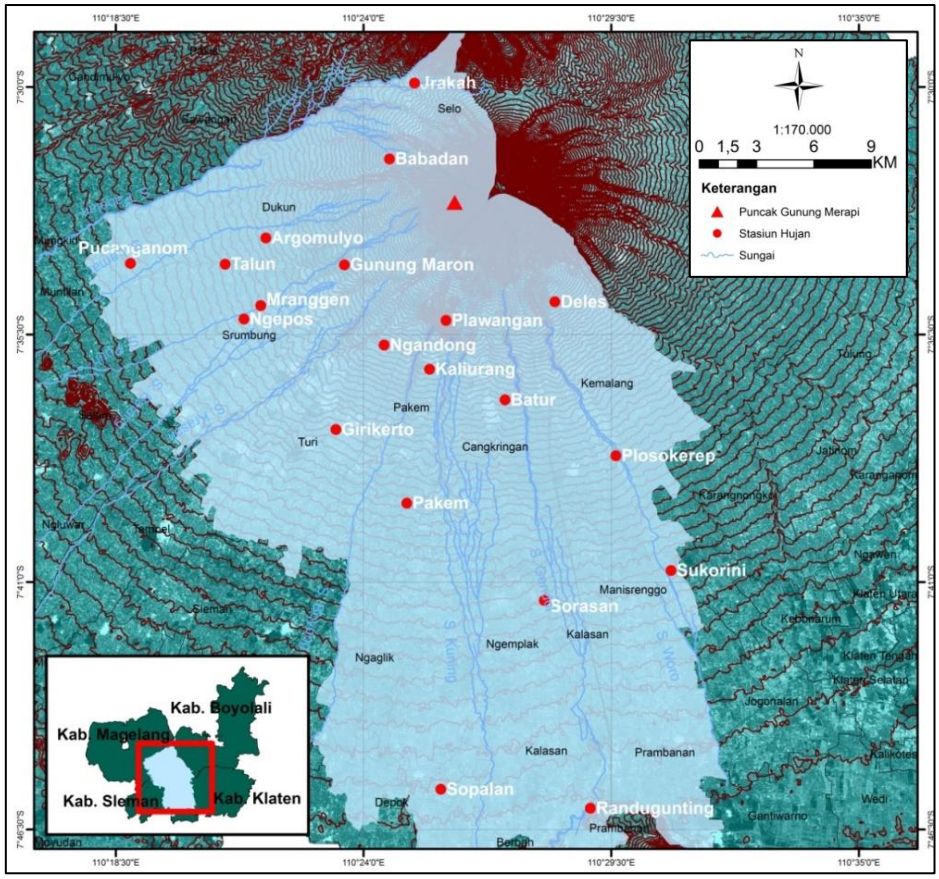
Beberapa penelitian terkait curah hujan khususnya di wilayah Gunung Merapi telah dilakukan sebelumnya. Analisis perbandingan pola *trend* curah hujan di sembilan stasiun hujan di kawasan lereng barat dan selatan Gunung Merapi dari tahun 1989-2008 dengan menggunakan metode regresi linear dan Mann-Kendall dilakukan oleh [1]. Pada [2], karakteristik intensitas hujan di wilayah lereng Gunung Merapi dievaluasi dengan beberapa rumus empiris menggunakan indikator ketelitian nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Selain itu, karakteristik hujan sebagai penyebab aliran debris juga telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan *critical line curve* metode B [3] dan metode A [4] yang diterbitkan oleh MLIT. Terakhir, durasi hujan yang mewakili serta pola distribusi hujan dengan menggunakan data hujan 30 menitan juga telah dianalisis oleh [4]. Makalah ini merupakan pengembangan dari [4]. Sama halnya dengan [4], dilakukan analisis durasi hujan dominan dan pola distribusi hujan jam-jaman yang mewakili wilayah yang ditinjau. Pengembangannya adalah pada analisis pola distribusi hujan tidak dilakukan pemisahan antara pola dan durasi hujannya. Selain itu, analisis untuk menentukan durasi hujan dominan dilakukan dengan bantuan *software* WRPLOT View.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian berada di 20 lokasi stasiun pencatat curah hujan yang tersebar di sekitar wilayah Gunung Merapi yang secara administratif terletak di wilayah Kabupaten Sleman, Kabupaten Klaten, Kabupaten Magelang dan Kabupaten Boyolali. Peta lokasi penelitian tersaji pada Gambar 1.

Data penelitian diambil dari 20 stasiun pencatat curah hujan yang memiliki rekaman data hujan otomatis dari tahun 1980-2013. Stasiun pencatat curah hujan yang dianalisis antara lain Stasiun Plawangan, Jrakah, Babadan, Deles, Gunung Maron, Kaliurang, Ngandong, Batur, Argomulyo, Mranggen, Ngepos, Talun, Girikerto, Plosokerep, Pucanganom, Pakem, Sukorini, Sorasan, Sopalan dan Randugunting. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: data curah hujan jam-jaman dalam rentang waktu 34 tahun dari tahun 1980-2013 dan posisi geografis (koordinat) stasiun pencatat curah hujan (Balai Sabo Yogyakarta, 2013). Selain itu, digunakan juga peta Rupa Bumi Indonesia yang diperoleh dari Bakosurtanal.



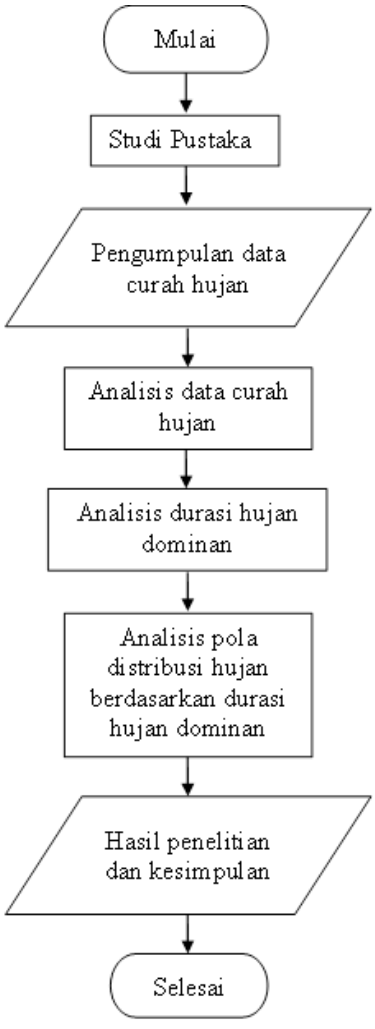
Gambar 1. Peta lokasi penelitian

B. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah yang ditempuh untuk dapat memperoleh tujuan akhir dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. melakukan studi pustaka mengenai literatur yang berkaitan dengan karakteristik hujan, yang meliputi analisis durasi hujan dominan, serta pola distribusi hujan. Literatur tersebut berupa *text book*, internet, jurnal, serta penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini,
2. melakukan pengumpulan data rekaman curah hujan jam-jaman secara lengkap di wilayah lokasi penelitian,
3. melakukan pengelompokan seri data hujan,
4. melakukan analisis data hujan dari stasiun pencatat hujan otomatis yang ada di lokasi penelitian dengan bantuan *software* WRPLOT View, sehingga diperoleh durasi hujan dominan yang mewakili di wilayah penelitian,
5. menentukan pola distribusi hujan jam-jaman berdasarkan durasi hujan dominan.

Tahapan-tahapan penelitian di atas dapat dijelaskan dalam bagan alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

C. Analisis Data Curah Hujan

Data hujan jam-jaman yang diperoleh dan digunakan pada penelitian ini selanjutnya dikelompokan dengan menggunakan metode *isolated event*. Pada metode ini, suatu rentetan kejadian hujan dapat dikatakan satu kejadian hujan apabila rentetan hujan tersebut tidak berhenti atau dibatasi kejadian tanpa hujan minimal 1 jam.

D. Analisis Durasi Hujan Dominan

Setelah data curah hujan dikelompokan dengan menggunakan metode *isolated event*, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan data hujan tersebut dengan menggunakan bantuan *software* WRPLOT View. WRPLOT View (*Wind Rose Plot/ Lakes Environmental*) adalah program *windows* yang umumnya digunakan untuk data angin. Program ini dapat menggambarkan frekuensi terjadinya angin di masing-masing sektor arah dan kelas kecepatan angin untuk lokasi dan periode waktu tertentu. WRPLOT View juga dapat menganalisis kejadian hujan tanpa pemisahan antara durasi dan kedalaman hujan [5].

Prosedur umum atau langkah-langkah analisis dengan menggunakan *software* WRPLOT View adalah sebagai berikut ini [5].

1) Input data: WRPLOT View memerlukan data dalam bentuk Excel, maka dari itu data hujan otomatis yang telah dikumpulkan dan dianalisis dengan metode *isolated event*, selanjutnya disusun berdasarkan tahun, bulan, tanggal, waktu, durasi hujan dan kedalaman hujan. Pada WRPLOT View kecepatan angin diganti dengan kedalaman hujan dan arah angin diganti dengan durasi hujan. Pada penelitian ini, lama durasi hujan yang digunakan adalah 8 jam. Oleh karena itu, setiap durasi 1 jam sama dengan 45^{o}.

2) Import data dari Excel ke dalam format samson dan input data stasiun hujan: data yang telah selesai di*input* dalam bentuk Excel dapat di*input* ke dalam *software* WRPLOT View dengan cara meng*import*nya dari *tools* pada menu utama. Agar data dapat dianalisis oleh WRPLOT View, maka data tersebut harus diubah ke dalam format Samson dengan meng*import* data Excel, mengisi *data fields* dan *station information* yang ada pada *import surface data from excel* pada menu *tools*.

3) Penentuan wind classes dan wind direction: penentuan *wind classes* yaitu dengan cara membagi kedalaman hujan menjadi beberapa klas (jangkau/*range*). *Wind classes* pada penelitian ini dibagi menjadi 6 klas, terdiri dari kedalaman 0 – 10 mm, 10 mm – 20 mm, 20 mm – 30 mm, 30 mm – 40 mm, 40 mm – 50 mm, dan ≥ 50 mm. *Wind direction* merupakan penentuan durasi hujan, dimana durasi hujan yang digunakan adalah 8 jam.

4) Met data information: pada menu ini dapat dipilih data yang telah di*import* ke dalam bentuk file samson untuk dapat dilakukan analisis oleh WRPLOT View. Setelah dipilih, maka WRPLOT View akan menganalisis semua *file* yang ada pada *meteorological data file*.

5) Hasil analisis WRPLOT View: hasil dari analisis WRPLOT View dapat dilihat pada menu *frequency count*, *frequency distribution*, *wind rose*, dan *graph*. Dari *output software* WRPLOT View dapat diperoleh frekuensi kejadian hujan terbesar dan durasi hujan yang mewakili daerah yang ditinjau.

E. Analisis Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman Rerata

Pola distribusi hujan menggambarkan hubungan antara persen hujan dan waktu (durasi). Berdasarkan hasil pemilihan sejumlah data kejadian hujan yang tercatat dalam data hujan jam-jaman dengan kedalaman hujan yang telah ditentukan dan hasil analisis dengan menggunakan *software* WRPLOT View, maka dapat dilakukan analisis pola distribusi hujan terukur.

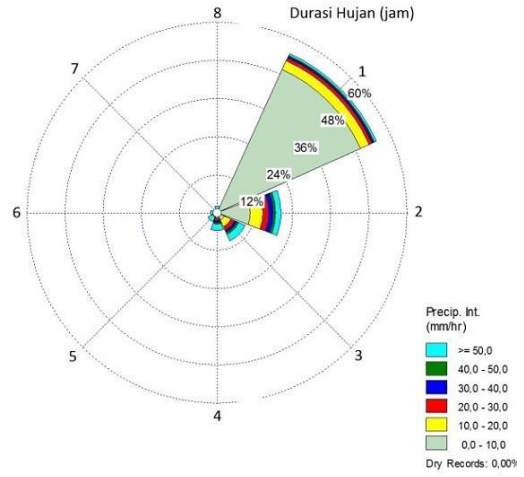
Data-data yang telah terkumpul didistribusikan kejadiannya mulai dari jam pertama sampai jam terakhir dan ditransformasikan ke dalam bentuk persentase kumulatif. Seluruh persentase kumulatif tersebut dibuat kurva hubungan antara persentase hujan kumulatif dan persentase durasi hujan. Untuk memperoleh kurva distribusi hujan terukur rerata dari semua kejadian hujan tersebut, maka dilakukan interpolasi berdasarkan durasi hujan yang telah diperoleh yang selanjutnya dirata-ratakan untuk setiap kejadian hujan. Pola distribusi hujan rata-rata tersebut diplotkan pada kurva distribusi hujan terukur, sehingga diperoleh pola distribusi hujan rata-rata yang mewakili wilayah yang ditinjau. Menurut [6], pada umumnya pola distribusi hujan rerata berdasarkan durasi hujan dominan maupun keseluruhan memiliki pola distribusi hujan yang hampir sama.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

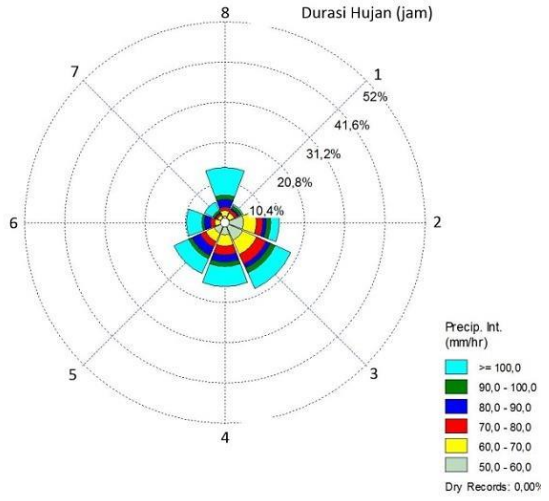
A. Durasi Hujan Dominan

Berdasarkan hasil analisis data hujan otomatis di lokasi pengamatan dengan bantuan *software* WRPLOT View, dapat diketahui frekuensi atau persentase kejadian hujan di masing-masing durasi dengan interval kedalaman hujan tertentu dari *windrose* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 (a). Data hujan yang dianalisis pada *windrose* tersebut merupakan data hujan keseluruhan, sedangkan kriteria hujan dominan yang telah ditetapkan adalah durasi hujan yang memiliki kedalaman hujan ≥ 50 mm terbanyak. Kriteria ini ditetapkan berdasarkan klasifikasi yang telah dikemukakan oleh [7] dan [8]. Jadi, durasi hujan dominan ditentukan dari durasi hujan yang memiliki luasan berwarna toska yang paling besar yang terdapat di durasi 3 jam. Jika kedalaman hujan < 50 mm tidak diikut sertakan, maka *windrose* yang dihasilkan ditunjukan pada Gambar 3 (b). Pada *windrose* tersebut terlihat jelas, jika durasi yang memiliki luasan atau mencapai nilai persentase terbesar juga berada di durasi 3 jam. Untuk stasiun hujan yang lain, durasi hujan lebat dominannya ditampilkan pada Tabel 1.

Durasi hujan dominan yang telah didapat kemudian dipetakan ke dalam peta dasar wilayah Gunung Merapi yang telah dibuat sebelumnya, sehingga dapat diperoleh pola sebaran wilayah dan durasi hujan dominannya yang ditunjukan oleh Gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 3. *Windrose* frekuensi kejadian hujan di Stasiun Plawangan: (a) hujan keseluruhan, (b) hujan ≥ 50 mm

Tabel 1. Durasi hujan lebat dominan di masing-masing stasiun hujan

Stasiun Hujan	Durasi (Jam)	Stasiun Hujan	Durasi (Jam)
Plawangan	3	Ngepos	3
Jrakah	4	Talun	4
Babadan	8	Girikerto	2
Deles	8	Plosokerep	2
Gn. Maron	3	Pucanganom	3
Kaliurang	3	Pakem	3
Ngandong	3	Sukorini	2
Batur	4	Sorasan	3
Argomulyo	2	Sopalan	2
Mranggen	3	Randugunting	3

Dari Gambar 4 dapat diamati wilayah stasiun dengan durasi hujan lebat dominannya seperti berikut ini.

Durasi 2 jam : Stasiun Argomulyo, Stasiun Girikerto, Stasiun Plosokerep, Stasiun Sorasan, Stasiun Sukorini, Stasiun Sopalan dan Stasiun Randugunting.

Durasi 3 jam : Stasiun Pucanganom, Stasiun Talun, Stasiun Ngepos, Stasiun Mranggen, Stasiun Gunung Maron, Stasiun Ngandong, Stasiun Plawangan, Stasiun Kaliurang, Stasiun Pakem, Stasiun Batur.

Durasi 4 jam : Stasiun Jrakah.

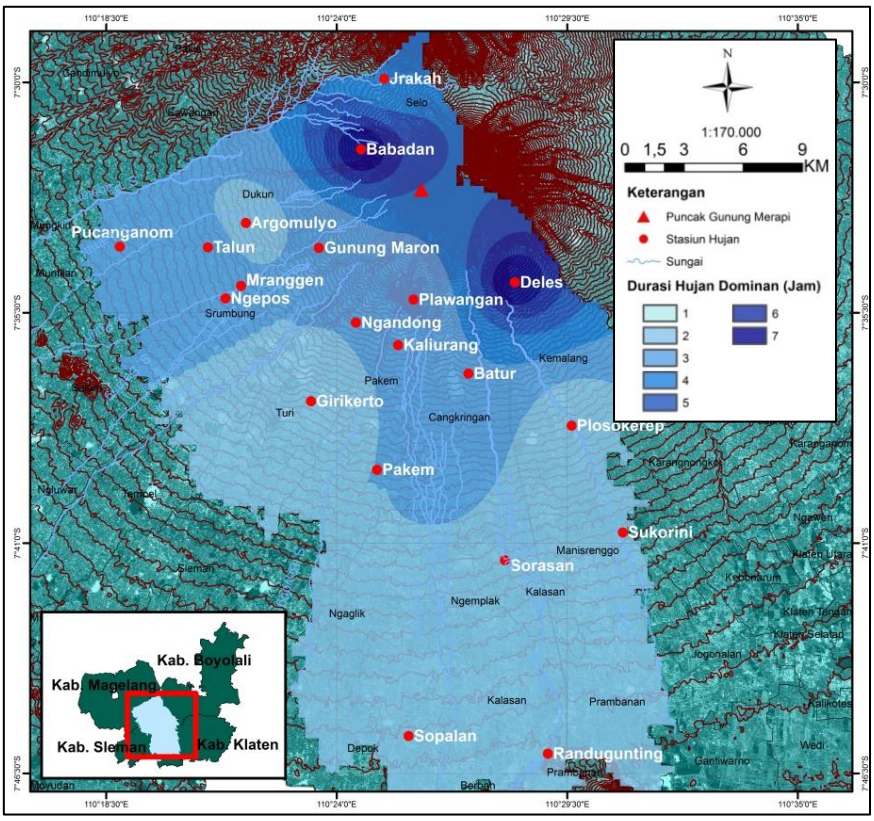
Durasi 7 jam : Stasiun Babadan dan Deles.

Gambar tersebut juga memperlihatkan adanya wilayah dengan durasi dominan 5 dan 6 jam yang berada di sekitar Stasiun Babadan dan Deles. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa makin tinggi elevasi stasiun hujan, maka makin besar juga durasi hujan dominannya.

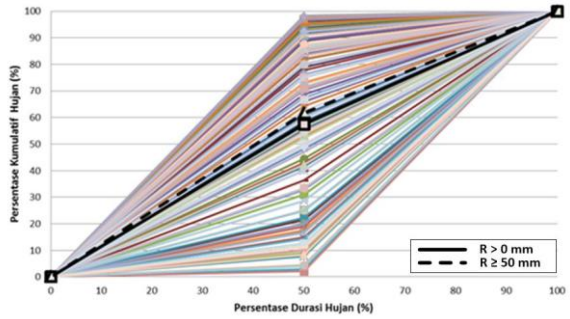
B. Pola Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman Rerata

Dari setiap durasi hujan dominan yang mewakili wilayah stasiun hujan yang ditinjau, selanjutnya dapat ditentukan distribusi hujan rerata setiap jamnya. Gambar 5-Gambar 10 menunjukan pola distribusi hujan rerata jam-jaman untuk berbagai durasi mulai dari 2 jam-7 jam.

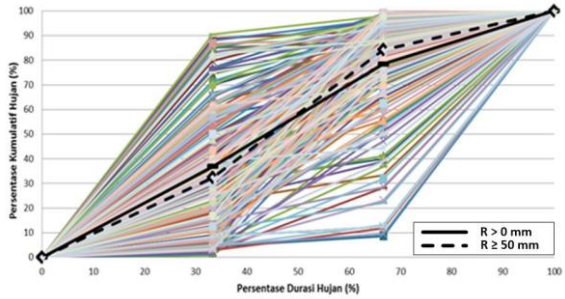
Berdasarkan grafik distribusi hujan rerata yang telah ditampilkan, dapat terlihat bahwa pola distribusi hujan rerata pada $R > 0$ mm dan $R \geq 50$ mm memiliki pola yang relatif sama untuk seluruh durasi hujan lebat dominan yang ditinjau. Dari kurva tersebut juga dapat ditentukan besarnya persentase hujan tiap jamnya. Persentase distribusi hujan untuk tiap durasi pada $R > 0$ mm disajikan pada Tabel 2, sedangkan untuk $R \geq 50$ mm disajikan pada Tabel 3.



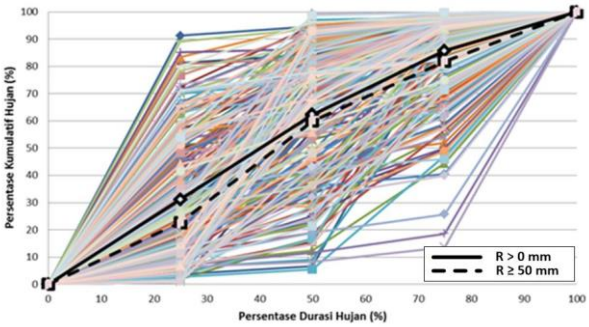
Gambar 4. Peta sebaran durasi hujan lebat dominan stasiun-stasiun hujan di sekitar wilayah Gunung Merapi



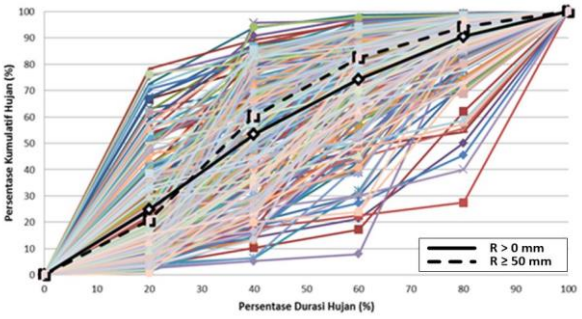
Gambar 5. Pola distribusi hujan rerata durasi 2 jam



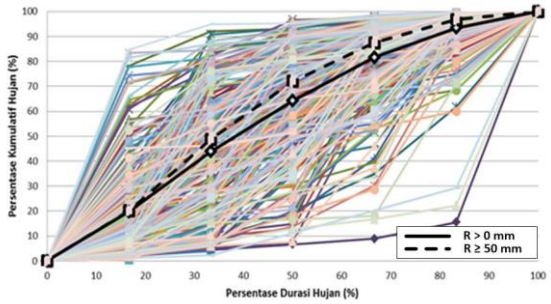
Gambar 6. Pola distribusi hujan rerata durasi 3 jam



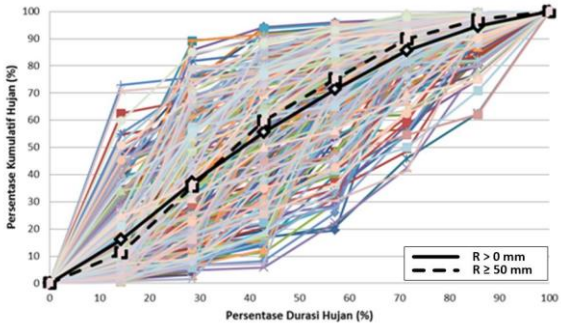
Gambar 7. Pola distribusi hujan rerata durasi 4 jam



Gambar 8. Pola distribusi hujan rerata durasi 5 jam



Gambar 9. Pola distribusi hujan rerata durasi 6 jam



Gambar 10. Pola distribusi hujan rerata durasi 7 jam

Tabel 2. Persentase distribusi hujan rerata untuk setiap durasi pada R > 0 mm

Durasi Hujan	Distribusi Hujan	Persentase distribusi hujan (%) jam ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
2 Jam	Kumulatif	57,39	100,00					
	Tiap Jam	57,39	42,61					
3 Jam	Kumulatif	36,85	78,44	100,00				
	Tiap Jam	36,85	41,59	21,56				
4 Jam	Kumulatif	31,15	62,33	85,76	100,00			
	Tiap Jam	31,15	31,18	23,44	14,24			
5 Jam	Kumulatif	24,80	53,27	74,25	90,46	100,00		
	Tiap Jam	24,80	28,47	20,98	16,21	9,54		
6 Jam	Kumulatif	19,76	43,84	64,18	81,58	93,42	100,00	
	Tiap Jam	19,76	24,07	20,34	17,40	11,84	6,58	
7 Jam	Kumulatif	16,08	37,09	55,61	71,38	85,65	94,58	100,00
	Tiap Jam	16,08	21,01	18,52	15,77	14,28	8,92	5,42

Tabel 3. Persentase distribusi hujan rerata untuk setiap durasi pada R ≥ 50 mm

Durasi Hujan	Distribusi Hujan	Persentase distribusi hujan (%) jam ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
2 Jam	Kumulatif	61,68	100,00					
	Tiap Jam	61,68	38,32					
3 Jam	Kumulatif	32,37	84,22	100,00				
	Tiap Jam	32,37	51,85	15,78				
4 Jam	Kumulatif	22,68	59,98	81,87	100,00			
	Tiap Jam	31,15	31,18	21,89	18,13			
5 Jam	Kumulatif	20,76	60,24	82,43	93,99	100,00		
	Tiap Jam	20,76	39,49	22,18	11,57	6,01		
6 Jam	Kumulatif	20,07	48,68	71,92	87,47	96,76	100,00	
	Tiap Jam	20,07	28,61	23,24	15,55	9,29	3,24	
7 Jam	Kumulatif	11,23	35,75	59,68	75,25	89,81	96,99	100,00
	Tiap Jam	11,23	24,52	23,93	15,58	14,55	7,18	3,01

Ditinjau dari Tabel 2 dan Tabel 3, persentase distribusi hujan untuk R > 0 mm dan R ≥ 50 berdasarkan durasi hujan lebat dominan pada umumnya menunjukan selisih yang tidak terlalu besar atau signifikan. Dari seluruh durasi yang ditinjau selisih persentase tertinggi terdapat di durasi 5 jam pada jam ke 2 yakni sebesar 11,01 %. Selain itu, dapat disimpulkan juga bahwa pada pola distribusi hujan rerata untuk semua durasi hujan lebat dominan yang diteliti memiliki pola yang cenderung naik pada jam pertama dan akan menurun pada jam berikutnya.

IV. KESIMPULAN

Analisis durasi hujan dominan dan pola distribusi hujan rerata jam-jaman di wilayah Gunung Merapi telah diuraikan pada makalah ini. Hasil analisis menunjukan bahwa tinggi elevasi stasiun hujan berpengaruh terhadap durasi hujan dominannya. Pola distribusi hujan rerata berdasarkan durasi hujan dominan selama 2 jam-7 jam menunjukan intensitas hujan yang tinggi pada satu jam pertama dan menurun pada jam berikutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Joko Sujono, M.Eng., Ph.D. dan Prof. Ir. Djoko Legono, Ph.D. dari Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada atas bimbingan dan arahan selama melakukan penelitian ini.

REFERENSI

[1] Endhita P., et al., "Kajian Variabilitas Curah Hujan di Kawasan Lereng Gunung Merapi dengan Uji Mann-Kendall", *INFO TEKNIK*, Vol. 13 No. 1 pp. 1-10, Juli 2012

[2] Dhian D., "Analisis Karakteristik Intensitas Hujan di Wilayah Lereng Gunung Merapi", *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, Vol. 1 No. 1 pp. 14-19, Juni 2015

[3] Caecilia A., "Analisis Karakteristik Hujan Penyebab Aliran Debris di Lereng Gunung Merapi (Studi Kasus Kali Putih dan Kali Boyomg bagian Hulu)", Tesis Magister Pengelolaan Bencana Alam, Program Pascasarjana FT UGM, 2013

[4] Pudak J., "Karakteristik Hujan di Wilayah Lereng Gunung Merapi (Rumus Empiris Hujan, Durasi, Agihan dan Critical Line Kali Woro)", Tesis Magister Pengelolaan Bencana Alam, Program Pascasarjana FT UGM, 2014

[5] Lakes Environmental, http://www.webLakes.com

[6] Ellida N., "Pola Agihan Hujan dan Pengaruhnya terhadap Banjir Rancangan", Tesis Magister Pengelolaan Bencana Alam, Program Pascasarjana FT UGM, 2012

[7] BMG, "Curah Hujan dan Potensi Bencana Gerakan Tanah", 2008, http://pirba.hrdpnetwork.com/

[8] Suyono S., Kensaku T., *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta: Pradnya Paramita, 1985

Analisis Kualitas Serbuk Sabut Kelapa sebagai Bahan Pembuatan Papan Partikel

Mulyadi[1], Abid Fahreza Alphanoda[2]
[1,2]Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
kiwimut@yahoo.co.id

Abstrak

Kelapa sebagai tanaman yang hidup di daerah tropis, tidak hanya buahnya saja yang dapat dimanfaatkan, tetapi juga sabut, tempurung, lidi, daun, dan batangnya pun dapat dimanfaatkan. Saat ini, pemanfaatan serbuk dari sabut kelapa belum maksimal dimana hanya dibuat sebagai media tanam atau bahkan dibuang begitu saja. Salah satu pemanfaataan yang dapat dilakukan yaitu serbuk kelapa dapat digunakan untuk pembuatan papan partikel. Serbuk dari sabut kelapa dapat menjadi bahan baku alternatif untuk pembuatan papan partikel dengan kerapatan sedang atau di atas 0,6 g/cm^3 dengan menggunakan perekat urea formaldehida sebanyak 15% dari berat partikel dan hardener 1% dari perekat. Pada penelitian ini, kerapatan yang dibuat 0,4 g/cm^3; 0,5 g/cm^3; 0,6 g/cm^3; 0,8 g/cm^3; dan 1 g/cm^3 yang sesuai dengan standart industri. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air serbuk kelapa lebih rendah dari standar industri. Selain itu, pada pengujian mekanik, kerapatan rendah 0,4 g/cm^3 dan 0,5 g/cm^3 tidak memenuhi standar industri, sedangkan kerapatan 0,6 g/cm^3, 0,8 g/cm^3, dan 1 g/cm^3 memenuhi standar industri.

Kata kunci: serbuk sabut kelapa, papan partikel, kerapatan, urea formaldehida

Abstract

Coconut as plants that live in the tropics, not only fruit that can be used, but also: husks, shells, sticks, leaves, and stems can also be utilized. Today, the utilization of the coconut husk powder is not maximized where only created as a planting medium or even thrown away. One place to start is the utilization of coconut husk can be used for the manufacture of particle board. The powder of coconut husk can be an alternative raw material for the manufacture of particle board or medium density above 0.6 g/cm^3 using urea formaldehyde adhesive as much as 15% of the weight of the particles and hardener 1% of the adhesive. In this study, density of which was made of 0.4 g/cm^3; 0.5 g/cm^3; 0.6 g/cm^3; 0.8 g/cm^3; and 1 g/cm^3 in accordance with industry standards. The test results showed that the water content of the coconut husk is lower than the industry standard. In addition, the mechanical testing, the low density of 0.4 g/cm^3 and 0.5 g/cm^3 not meet industry standards, while the density of 0.6 g/cm^3, 0.8 g/cm^3, and 1 g/cm^3 to meet the standards industry.

Keywords: *cocodust, particle board, density, urea formaldehyda*

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia pemanfaat serbuk dari sabut kelapa ini belum dimanfaatkan secara maksimal, hanya dibuat sebagai media tanam atau bahkan dibuang begitu saja. Kelapa merupakan salah satu jenis pohon yang amat besar manfaatnya. Kebutuhan manusia yang beraneka ragam banyak yang dapat dipenuhi oleh pohon kelapa. Kelapa juga sebagai tanaman yang serba guna yang hidup di daerah tropis, tidak hanya daging buah kelapa saja yang dapat dimanfaatkan tetapi juga sabut, tempurung, lidi, daun, dan batangnya. Kelapa (*Cocos Nucifera L*) memiliki peran yang sangat strategis bagi masyarakat Indonesia, hal ini terlihat dari luas perkebunan kelapa Indonesia mencapai 3,71 juta Ha (31,4%) terletak di Jawa-Sumatra-Sulawesi yang merupakan luas areal perkebunan kelapa. Jumlah luasnya adalah 96,6% perkebunan rakyat, 2,7% swasta, 0,7% milik negara [1]. Pendapatan petani dapat ditingkatkan dengan melakukan pengembangan produk yang terpadu yaitu dengan mengolah semua yang ada pada buah kelapa. Pengolahan ini meliputi beberapa aspek antara lain [1]:

1. Pengembangan produk utama yaitu daging buah menjadi minyak kelapa murni/VCO
2. Pengembangan produk air kelapa menjadi *nata de coco* dan kecap

Diterima: 11 Agustus 2016; Direvisi: 29 September 2016; Disetujui: 2 Oktober 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

3. Pengembangan produk sabut kelapa menjadi serbuk (*cocodust*) untuk media tanam, papan partikel dan serabut untuk jok mobil, kerajinan
4. Pengembangan produk tempurung menjadi arang aktif (briket)

Melihat industri kecil pengrajin kotak speaker di Kota Sukabumi, saat ini mengalami kesulitan bahan baku papan partikel yang merupakan bahan utama kotak speaker. Hal ini membuka peluang memproduksi papan partikel yang terbuat dari bahan bukan kayu untuk memenuhi permintaan dari pengrajin kotak speker khususnya di kota Sukabumi dan masyarakat luas pada umumnya. Menurut pengamatan peneliti, pengambilan serbuk sabut kelapa ini pada pengrajin keset dengan cara memukul sabut dengan palu atau pemukul kayu yang nantinya diambil serabutnya, atau dengan cara memasukkan sabut kelapa di mesin pemukul sabut kelapa yang sedang berputar yang menghasilkan serabut kelapa dan serbuk (*cocodust*). Mesin yang dipakai untuk mengambil serbuk kelapa dari sabut kelapa ini seperti terlihat pada Gambar 1. Mesin ini bisa digerakan oleh motor listrik ataupun dapat juga diputar oleh motor diesel yang berfungsi sebagai pemukul (*hammermill*) [1]. Hasil dari pemukulan mesin pemukul sabut kelapa ini adalah berupa serbuk dan serabut dari sabut kelapa seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Mesin pemukul sabut kelapa



Gambar 2. Serbuk sabut kelapa (*cocodust*)



Gambar 3. Serabut sabut kelapa

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Papan Partikel

Papan partikel adalah papan tiruan yang dibuat dari partikel dengan bantuan perekat, tekanan suhu pengerasan perekat, serta bahan tambahan lain untuk memperkaya sifat papan [2]. Menurut [3], papan partikel ialah produk panel yang di hasilkan dengan memampatkan partikel-partikel kayu dan sekaligus mengikatnya dengan suatu perekat. Papan partikel adalah istilah umum untuk panil yang dibuat dari bahan-bahan lignoselulotik (biasanya kayu), dalam bentuk potongan-potongan kecil atau partikel, yang direkatkan dengan perekat sintetis atau bahan pengikat lain yang sesuai di bawah kondisi panas dan tekanan dalam suatu pengepres panas [4].

Klasifikasi papan partikel berdasarkan kerapatan papan menjadi 3 golongan yaitu [4]:

1. Papan partikel berkerapatan rendah, yaitu papan partikel dengan kerapatan kurang dari 0,4 gram/cm^3 (berat jenis kurang dari 0,59)
2. Papan partikel berkerapatan sedang, yaitu papan partikel dengan kerapatan antara 0,4-0,8 gram/cm^3 (berat jenis 0,59-0,8)
3. Papan partikel berkerapatan tinggi, yaitu papan partikel dengan kerapatan lebih dari 0,8 gram/cm^3 (berat jenis lebih dari 0,8)

Menurut [4], papan partikel dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat ketahanannya terhadap air atau jenis perekat yang digunakan, cara pengepresan, dan jumlah lapisannya. Papan partikel dapat dibedakan menjadi:

1. Papan eksterior, yaitu papan partikel yang tahan terhadap air dan kondisi luar atap, tidak di bawah naungan, jenis partikel yang di gunakan adalah fenol formaldehida.
2. Papan interior, yaitu papan partikel yang tidak tahan terhadap air dan hanya untuk di bawah atap, jenis partikel yang di gunakan adalah urea formaldehida.

Bahan penyusun papan partikel dapat mempengaruhi sifat-sifatnya, yang dibedakan berdasarkan jenis kayu yang digunakan serta ukuran dan geometri partikelnya. Menurut [5], sifat fisik dan mekanik papan partikel dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: jenis kayu, tipe dan ukuran partikel, tipe jumlah, penyebaran dan perekatan partikel, kadar air, serta proses pembuatannya, seperti dijelaskan di bawah ini:

a) jenis kayu: jenis kayu menentukan seberapa rendah kerapatan papan yang dapat dicapai. Ciri terpenting yang mempengaruhi kecocokan untuk pembuatan papan partikel menurut [3] adalah berat jenisnya. Spesies dengan kerapatan rendah lebih disukai karena makin rendah kerapatan kayunya, makin tinggi kekuatan papan partikel pada sembarang kerapatannya. Ciri spesies lainnya yang mempengaruhi produksi papan partikel adalah ekstraktif, pH dan kapasitas penyangga [3].

b) ukuran dan geometri partikel: bentuk dan ukuran partikel akan berpengaruh terhadap kekuatan dan stabilitas dimensi papan partikel [3]. Ukuran dan bentuk partikel atau geometri partikel merupakan karakteristik yang essensial dari tipe partikel [4]. Geometri partikel ini mempengaruhi sifat mekanik, karakteristik permukaan papan, reaksinya terhadap kelembaban dan sifat-sifat pengerjaannya seperti pemotongan, pengetaman dan penghalusan. Bentuk dan ukuran partikel berpengaruh terhadap kualitas papan partikel yang dihasilkan, yaitu dengan partikel yang tidak seragam akan dihasilkan papan partikel dengan kualitas yang kurang baik, karena ada tendensi distribusi partikel yang tidak merata. Partikel yang baik untuk mendapatkan kekuatan dan stabilitas dimensi yang baik adalah partikel yang ketebalan merata dengan perbandingan panjang dan tebal yang tinggi. Partikel yang tipis akan menghasilkan papan partikel dengan kekuatan dan stabilitas dimensi yang baik [6].

c) jenis dan jumlah partikel: ada tiga macam jenis perekat yang pada umumnya digunakan dalam industri papan partikel [4]. Dari ketiganya, urea formaldehida adalah yang paling dominan digunakan selanjutnya diikuti oleh fenol formaldehida, dan melamin formaldehida. Perekat urea formaldehida digunakan untuk membuat jenis papan partikel interior yang tidak memerlukan ketahanan yang kuat terhadap cuaca dan dipakai di bawah naungan. Perekat fenol formaldehida digunakan untuk jenis papan partikel eksterior yang tahan cuaca dan dipakai diluar ruangan. Perekat melamin formaldehida juga digunakan untuk jenis perekat eksterior, tetapi tidak sebaik perekat fenol formaldehida. Menurut [5], jumlah perekat untuk jenis perekat urea formaldehida adalah sebanyak 7-10%. Pada [3] menyebutkan bahwa secara normal kandungan resin papan dengan perekat urea formaldehida berfariasi antara 6-10% dari berat resin padat. Makin banyak resin yang digunakan dalam suatu papan, makin kuat dan makin stabil dimensi papannya. Namun, untuk alasan-alasan ekonomi tidak diinginkan untuk menggunakan jumlah resin yang lebih banyak daripada yang diperlukan untuk memperoleh sifat-sifat yang diinginkan. Selain itu, dengan kenaikan resin, kebanyakan sifat kekuatan meningkat dengan laju yang menurun, artinya makin banyak resin ditambahkan, makin kecil peningkatannya.

d) kerapatan papan: Kerapatan papan partikel akan mempengaruhi sifat-sifat papan partikel dan biaya produksi. Menurut [3], salah satu tujuan produksi setiap papan ialah untuk mempertahankan kerapatan serendah mungkin dan menghasilkan sifat kekuatan yang disyaratkan oleh standar atau pembeli. Kerapatan yang berkurang akan menurunkan biaya pembuatan dan pengiriman sambil menaikkan kemudahan penanganannya. Menurut [4], papan partikel berkerapatan tinggi akan lebih baik kwalitasnya daripada papan partikel yang berkerapatan rendah. Hal ini dikarenakan papan partikel berkerapatan tinggi mempunyai jumlah partikel yang lebih banyak mencapai ketebalan tertentu sehingga akan lebih banyak partikel yang tertekan dan kontak antar partikel akan lebih baik. Semakin tinggi kerapatan menyeluruh papan dari suatu bahan baku tertentu, makin tinggi kekuatannya [3]. Sifat-sifat papan yang lain seperti kestabilan dimensi mungkin akan terpengaruh jelek oleh naiknya kerapatan. Menurut [4], kerapatan papan merupakan faktor yang sangat kuat mempengaruhi sifat papan partikel. Pada umumnya pengingkatan kerapatan papan akan meningkatkan sifat fisik papan, kecuali untuk kestabilan dimensi papan terhadap perendaman dalam air dan terhadap ketebalan papan yang meningkat. Hal ini terjadi karena papan partikel berkerapatan tinggi akan mengandung lebih banyak partikel daripada papan partikel berkerapatan rendah, sehingga pengembangan tebal dan panjangnya akan lebih tinggi setelah penyerapan air.

e) kadar air partikel: Kadar air partikel berhubungan langsung dengan proses pengempaan panas sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat papan partikel yang dihasilkan. Kadar air partikel akan menentukan terbentuknya ikatan yang baik dengan perekat, namun bila terlalu tinggi akan menimbulkan tekanan uap air internal yang cukup besar, yang akhirnya menyebabkan rusaknya papan partikel. Jika kadar air pada lapisan permukaan kasuran lebih tinggi daripada bagian dalamnya

(inti), setelah pengempaan lapisan permukaan menjadi lebih rapat daripada inti sehingga keteguhan lengkung dan kekuatannya lebih tinggi kandungan air yang lebih tinggi saat pengempaan berlangsung [3][4].

B. Proses Pembuatan Papan Partikel

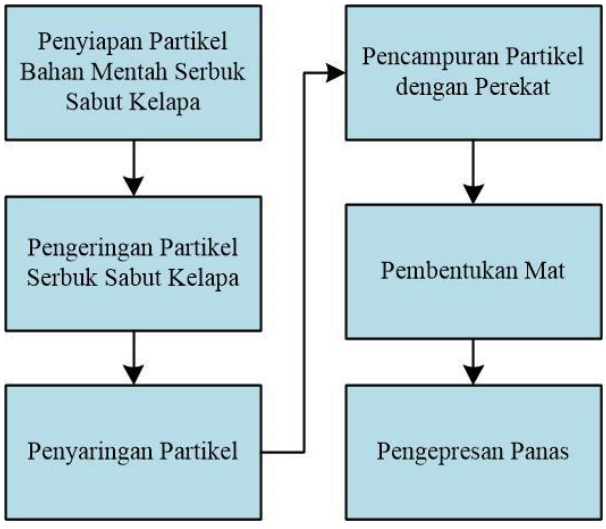
Proses pembentukan papan partikel menurut [2] dapat dijelaskan melalui bagan alir seperti pada Gambar 4 berikut ini.

1. *Penyiapan partikel*

Menurut [3], hampir semua tipe bahan baku memerlukan pemotongan dan pengilingan dengan tujuan memperoleh ukuran partikel yang diinginkan dan untuk mengurangi variasi ukuran partikel. Sifat papan partikel terutama tergantung dari partikel yang digunakan [5]. Penyiapan partikel bersama-sama dengan pengeringan, penyaringan, pencampuran perekat dan pembentukan mat adalah faktor yang sangat penting dalam menghasilkan papan partikel, demikian pula dengan kebutuhan perekat.

2. *Pengering partikel*

Kandungan air partikel setelah dikeringkan sebaiknya antara 3-6%, kadang-kadang bervariasi antara 5-12% [5]. Hal ini tergantung tipe dan jumlah partikel dan pada tingkat pembasahan lapisan sebelum dikemas. Serpih yang basah menyebabkan pelapukkan pada inti papan dan memerlukan waktu yang lama untuk pengepresan, serpih yang terlalu kering akan menyebabkan resiko terbakar dalam dapur pengering, ganguan debu selama proses produksi dan rapuhnya papan partikel. Kebanyakan tipe papan partikel yang dibuat dengan resin yang diberikan dalam bentuk cair maka partikel sebaiknya dikeringkan sampai kadar 2-5% [3].



Gambar 4. Proses pembentukan papan

3. *Penyaringan partikel*

Penyaringan bertujuan untuk memperoleh campuran jenis dan kadar air yang seragam, sehingga mempermudah pengawasan kualitas papan partikel yang dihasilkan [3]. Menurut [4], beberapa faktor yang berpengaruh dalam penyaringan adalah besar bahan, kerapatan bahan, bentuk partikel, kadar air partikel, waktu dan gerak penyaringan. Menurut [7], penyaringan digunakan untuk membuat partikel lebih seragam ukurannya sehingga dapat dikelompokkan berdasrkan kategori lolos atau tertahan ayakan yang dipakai.

4. *Pencampuran partikel dengan perekat*

Perekat harus tercampur secara sempurna dan homogen dengan bahan pengeras atau bahan tambahan lainnya dalam waktu singkat (maksimum 10 menit) [5]. Tujuan dari pencampuran ini agar perekat dapat seluruhnya melapisi partikel yang akan ditekan (*press*), sehingga papan partikel yang dihasilkan sempurna. Menurut [7], tujuan pemberian perekat adalah untuk memberikan bahan pengikat antar partikel sehomogen mungkin. Jumlah perekat yang disemprotkan pada permukaan partikel sebesar 6-10% berat partikel kering angin. Di samping perekat, bahan kimia lalu sering ditambahkan seperti paraffin, lilin, bahan pengawet, tahan api, dan lainnya.

5. *Pembentukan mat*

Pembentukan mat bertujuan untuk memperoleh penyebaran berat yang seragam diseluruh papan partikel [3]. Dalam [5] disebutkan bahwa tujuan pembentukkan mat untuk mempersiapkan bentuk mat yang tetap dari partikel yang berperekat dan siap untuk dipres. Untuk pengepresan datar, pembuatan kasuran akan menentukan jumlah lapisan papan partikel yang akan dibuat, baik satu lapis atau multilapis.

6. *Pengepresan panas*

Terdapat dua cara pengepresan panas, yaitu: pengepresan datar (*flat pressing*) dan pengepresan ekstrusi (*extrusion pressing*). Suhu pengepresan papan partikel menurut [5] adalah antara 130-160^{O}C pada tekanan spesifik 199-498 ps. Tekanan yang cukup tinggi diperlukan untuk menjamin adhesi yang baik dalam perekatan kayu [8]. Lama penekanan, tinggi suhu penekanan tergantung pada sifat perekat yang dipakai. Papan partikel dengan perekat urea formaldehida dipres dengan suhu 100-130^{O} C, dan fenol formaldehida dengan suhu pres 130-170^{O}C [4]. Fungsi tekanan ini adalah untuk memaksa perekat menjadi lapisan yang tipis dan kompak dengan permukaan yang direkat. Tekanan juga diperlukan untuk memaksa sebagian perekat masuk kedalam rongga sel dan untuk menjaga agar rakitan kayu kedudukannya tidak berubah sampai perekat mengeras [8]. Tekanan yang cukup tinggi

diperlukan untuk menjamin adhesi yang baik dalam permukaan kayu [8].

III. METODE PENELITIAN

A. *Prosedur Penelitian*

Prosedur penelitian pembuatan papan partikel terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan bahan papan partikel, dibutuhkan serbuk sabut kelapa dengan ukuran rata-rata lolos dengan saringan lubang 1,5 cm x 1,5 cm, dan tertahan dengan saringan lubang 0,5 cm x 0,5cm, dikeringkan hingga 7 % kadar air kering udara. Ukuran papan partikel yang akan dihasilkan (bentukan) dalam penelitian ini adalah panjang 30 cm, lebar 30 cm, dan tebal 1cm, pada kerapatan rendah, sedang, dan tinggi. Prosentase perekat 15% dari berat kering partikel dan ditambah hardener 1% dari berat perekat
2. Mencampurkan hardener pada perekat (urea formaldehida), 1% dari berat perekat berupa *hardener* (ammonium klorida) dicampur dengan cara diaduk
3. Pencampuran serbuk sabut kelapa (partikel) dengan perekat, dimasukkan dalam mixer dan dibiarkan berputar. Perekat secara perlahan dituangkan dalam *mixer* hingga tercampur dengan rata
4. Pengepresan dingin (pengepresan pendahuluan), menuangkan campuran serbuk sabut kelapa berperekat dan diratakan kedalam plat cetak. Memberikan tekanan secukupnya pada campuran dengan tujuan memperoleh bentuk dasar papan partikel
5. Pengepresan panas, hasil pengepresan dingin yang berupa bentuk dasar papan partikel diletakkan pada alat pres yang sudah dalam kondisi suhu 125^{O}C. Dalam pengepresan panas dilakukan dua tahapan. Tahap pertama, pemberian tekanan dilakukan 5 menit, kemudian tekanan diturunkan atau dibuka selama 2 menit. Hal ini dibutuhkan untuk mempermudah keluarnya uap air. Pengepresan berikutnya dilakukan dengan waktu 5 menit dan selanjutnya dikeluarkan dari alat pres.

B. *Analisis Kualitas Papan*

Analisis sifat-sifat fisis dan mekanik adalah yang berkaitan dengan kualitas pada campuran serbuk sabut kelapa dengan lem/perekat. Kebutuhan bahan papan partikel dapat dilihat pada Tabel 1.

1. Kadar air

Kadar air diperoleh dari presentase berat kering tanur, kerapatan dihitung dari volume kering udara. Contoh bahan uji diukur dimensinya (panjang, lebar, tebal) dan dihitung volume (V) contoh bahan uji ditimbang sebagai berat awal (W_a) kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 103^{O}C ± 2^{O}C hingga mencapai berat berat konstan.

$$K_a = \frac{W_a - W_b}{W_b} x\ 100\% \qquad (1)$$

keterangan:
K_a = kadar air (%)
W_a = berat awal bahan uji (gram)
W_b = berat kering tanur bahan uji (gram)

2. Kerapatan

Kerapatan papan partikel dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$kerapatan = \frac{W_b}{V} \qquad (2)$$

keterangan:
V = volume bahan uji (cm^3)

Tabel 1. Kebutuhan bahan papan partikel

Klasifikasi	Kerapatan (gram/cm^3)	Berat Partikel (gram)	Perekat 15% berat partikel	Hardener 1% perekat
Rendah	0,4	360	54	0,54
Rendah	0,5	450	67,5	0,675
Sedang	0,6	540	81	0,81
Sedang	0,8	720	108	1,08
Tinggi	1	900	135	1,35

3. Pengujian penyerapan air dan pengembangan tebal

Besarnya penyerapan air dan pengembangan tebal dinyatakan dalam persen dari berat bahan uji awal. Contoh bahan uji ditimbang sebagai berat awal (W_a) dan diukur dimensi tebalnya sebagai tebal awal (T_a), kemudian contoh bahan uji direndam air dalam waktu 24 jam. Setelah perendaman 24 jam contoh nahan uji ditiriskan 10 menit, selanjutnya ditimbang sebagai (W_b) dan diukur ketebalannya sebagai (T_b). Penyerapan air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_a = \frac{W_b - W_a}{W_a} x\ 100\% \qquad (3)$$

$$P_t = \frac{T_b - T_a}{T_a} x\ 100\% \qquad (4)$$

keterangan:
P_a = penyerapan air (%)
P_t = pengembangan tebal (%)

4. Pengujian tekan sejajar permukaan

Pengujian tekan sejajar permukaan dibuat dengan merekatkan 3 buah bahan uji yang sama, selanjutnya bahan uji diletakan diantara 2 plat tekan kemudian diberi tekanan tertentu sampai bahan uji mengalami kerusakan. Besarnya tekanan maksimum yang mampu ditahan oleh bahan uji dicatat, keteguhan tekan sejajar permukaan dihitung dengan rumus:

$$C = \frac{P}{bd} \qquad (5)$$

keterangan:
C = keteguhan tekan sejajar permukaan (kg/cm^2)
P = tekanan maksimum (kg)
b = lebar bahan uji (cm)
d = tebal bahan uji (cm)

5. Pengujian keteguhan patah dan modulus elastis

Pengujian keteguhan patah bahan uji diletakkan diantara dua penyangga dan diberi tekanan tepat pada tengahnya. Gerakan turun alat tekan diukur untuk menunjukkan kelengkungan bahan uji. Pada saat bahan uji mulai patah dicatat besarnya tekanan maksimum dan defleksi/ kelengkungan. Keteguhan patah (*Modulus of Rupture*) dihitung dengan rumus:

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2} \qquad (6)$$

$$MOE = \frac{PL^3}{4\delta bd^3} \qquad (7)$$

keterangan:
MOR = keteguhan patah (kg/cm^2)
MOE = modulus elastisitas (kg/cm^2)
L = lebar bahan uji (cm)
δ = defleksi pada batas proporsi (cm)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Papan partikel yang diproduksi pada penelitian ini tersaji pada Gambar 5. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap kadar air, kerapatan papan, penyerapan air, pengembangan tebal, keteguhan patah, modulus elastisitas, dan kekuatan geser sejajar permukaan.

A. Kadar Air

Hasil dari pengujian kadar air dengan ukuran bahan uji awal 5 cm x 5 cm x 1cm menunjukan bahwa semakin tinggi kerapatan papan partikel dari serbuk sabut kelapa semakin rendah kadar airnya. Menurut standar industri papan partikel kadar air antara 8,5% - 11 % dari hasil pengujian penelitian ini kadar air lebih kering dari standar industri papan partikel pada semua kerapatan yang diuji. Gambar 6 menunjukan hasil uji kadar air.

B. Kerapatan Papan

Hasil dari pengujian kerapatan papan dengan ukuran bahan uji awal 5cm x 5cm x 1cm menunjukan bahwa semakin tinggi kerapatan papan partikel dari serbuk sabut kelapa semakin tinggi kerapatannya. Dari hasil pembuatan papan partikel dari serbuk sabut kelapa ini kerapatan yang dicapai memenuhi standar industri pembuatan papan partikel. Gambar 7 menunjukan hasil uji kerapatan papan.

C. Penyerapan Air

Hasil dari pengujian penyerapan air dengan ukuran bahan uji awal 10cm x 10cm x 1cm menunjukan bahwa semakin tinggi kerapatan papan partikel dari serbuk sabut kelapa semakin rendah penyerapannya. Menurut standar industri papan partikel untuk kerapatan sedang 10%-50%, tinggi 15%-40%. Pada pembuatan bahan uji penelitian ini untuk kerapatan sedang dan tinggi memenuhi syarat. Gambar 8 menunjukan hasil uji penyerapan air.

D. Pengembangan Tebal

Hasil dari pengujian pengembangan tebal dengan ukuran tebal bahan uji awal 1cm menunjukan bahwa semakin tinggi kerapatan papan partikel dari serbuk sabut kelapa semakin rendah pengembangan tebalnya. Menurut standar industri papan partikel pengembangan tebal untuk kerapatan sedang 5%-50%, tinggi 15%-40%. Pada pembuatan bahan uji penelitian ini untuk kerapatan rendah dan sedang di atas standar lebih banyak menyerap air, untuk kerapatan tinggi memenuhi syarat standar industri (Gambar 9).

E. Keteguhan Patah

Hasil dari pengujian keteguhan patah (*Modulus of Rupture*) dengan ukuran bahan uji 7,5cm x 20 cm x 1cm menunjukan bahwa semakin tinggi kerapatan papan partikel dari serbuk sabut kelapa semakin tinggi keteguhan patahnya. Menurut standar industri papan partikel keteguhan patah (MOR) untuk kerapatan rendah 56-59 kg/cm^2, sedang 112,5-562,5 kg/cm^2 tinggi di atas 200 kg/cm^2. Dari hasil pengujian papan papan partikel yang dibuat untuk kerapatan 0,4 tidak memenuhi standar industri, sedangkan kerapatan di atasnya memenuhi standar industri. Gambar 10 menunjukan hasil keteguhan patah.

F. Modulus Elistisitas

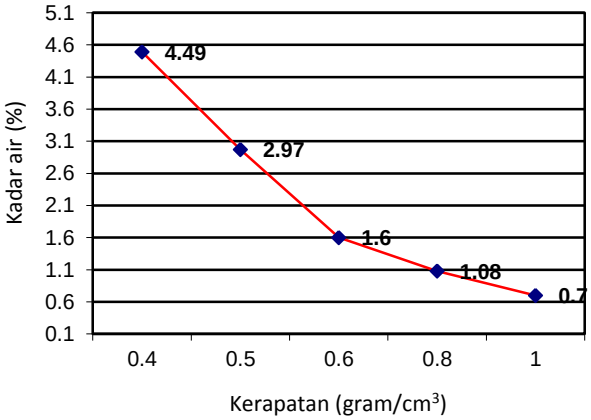
Hasil dari pengujian modulus elastisitas menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan papan dari serbuk sabut kelapa semakin tinggi modulus elasitasnnya. Menurut standar industri papan partikel modulus elastisitas (MOE) untuk kerapatan rendah 10550-17850 kg/cm^2, sedang 17580-49220 kg/cm^2 tinggi 24610-70310 kg/cm^2. Dari hasil pengujian papan papan partikel yang dibuat untuk kerapatan 0,4 tidak memenuhi standart, sedangkan kerapatan 0,5-1 memenuhi standar industri. Gambar 11 menunjukkan grafik modulus elastisitas yang terjadi pada bahan uji.

G. Kekuatan Geser Sejajar Permukaan

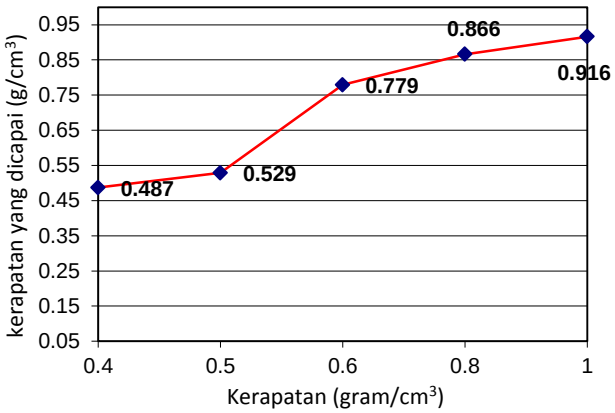
Hasil dari pengujian kekuatan geser sejajar permukaan menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan papan dari serbuk sabut kelapa semakin tinggi nilai kekuatan geser sejajar permukaannya. Standar industri papan partikel kekuatan geser sejajar permukaan untuk kerapatan rendah dibawah 7 kg/cm^2, sedang 7-32 kg/cm^2 tinggi 246-366 kg/cm^2. Dari hasil pengujian papan papan partikel yang dibuat memenuhi standart industri. Gambar 12 menunjukkan grafik kekuatan geser yang terjadi pada bahan uji.



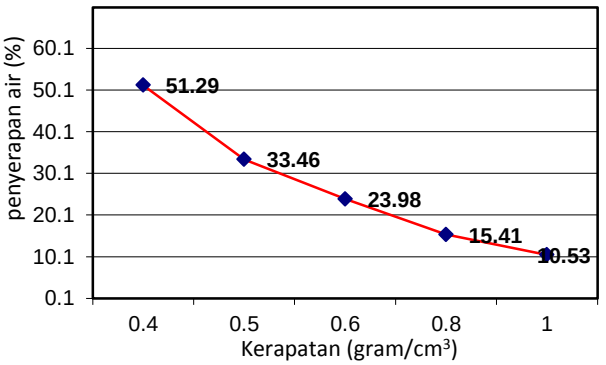
Gambar 5. Papan partikel



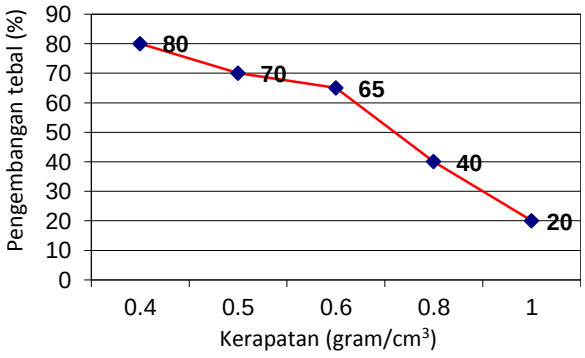
Gambar 6. Grafik kadar air



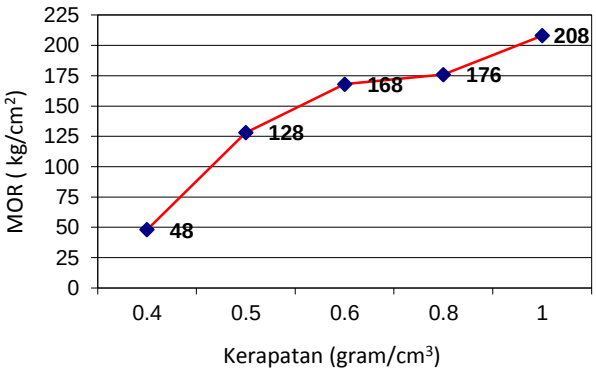
Gambar 7. Grafik kerapatan papan



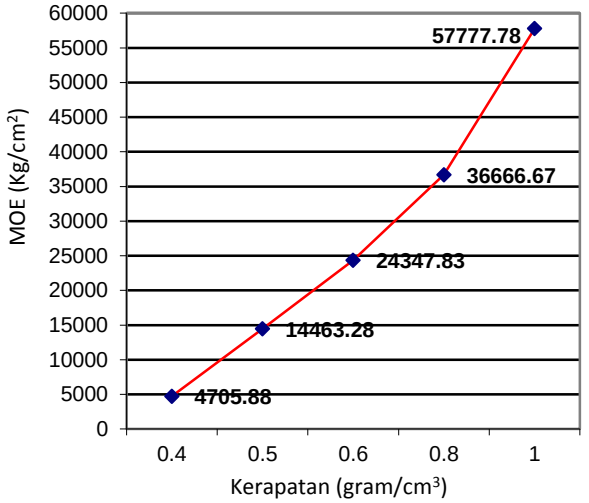
Gambar 8. Grafik penyerapan air



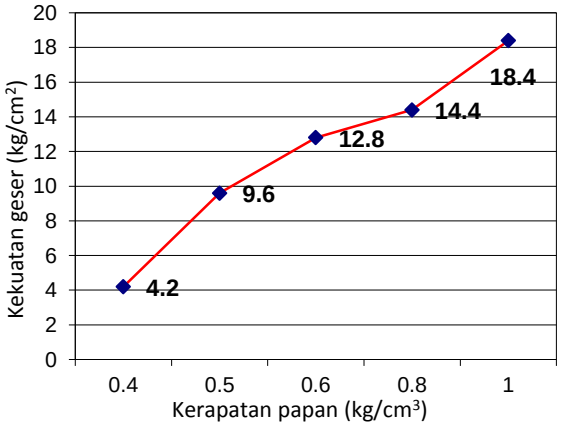
Gambar 9. Grafik penyerapan air



Gambar 10. Grafik keteguhan patah



Gambar 11. Grafik modulus elastisitas



Gambar 12. Grafik kekuatan geser

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan analisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk pembuatan/produksi papan partikel dari serbuk sabut kelapa kerapatan rendah 0,4 tidak sesuai dengan standar industri. Karena pada kerapatan rendah 0,4 penyerapan airnya terlalu tinggi yaitu 51,29% demikian juga untuk pengembangan tebal yaitu 80%.
2. Untuk pembuatan/produksi papan partikel dari serbuk sabut kelapa dimulai dari kerapatan sedang yaitu 0,6. Karena pada kerapatan ini atau di atasnya pengujian kadar air, penyerapan air, pengembangan tebal, keteguhan patah, modulus elastisitas dan kekuatan geser permukaan memenuhi standar industri papan partikel.

REFERENSI

[1] Bambang Setiaji, "Slide Pengolahan Kelapa Terpadu", Yogyakarta, 2008

[2] FAO, "Report of International Consultantion on Insulation Board Hard Board and Particleboard", Roma, 1966

[3] Haygreen, J. G., J. L. Bowyer, *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu (terjemahan)*, Gadjah Mada University Press: Yogyakarta, 1996

[4] Joesoef, M, *Papan Majemuk*, Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan, 1977

[5] Kollmann, F. F. P., E. W. Kuenzi and A. J. Stamm, *Principles of Wood Science and Technology Vol. II Wood Based Materials*, Springer Verlag Berlin Heidelberg: New York, 1975

[6] Junaedi, J., "Pengaruh Ukuran Partikel dan Jumlah Perekat Urea Formaldhida terhadap Sifat Papan Partikel Kayu Api-Api", 1996

[7] Prayitno, T. A., *Perekat Kayu*, Falkutas Kehutanan UGM: Yogyakarta, 1994

[8] Brown, H.P., A.J. Panshindan, C.C. Forsaith, "The Physical, Mechanical and Chemical Properties of The United States. *Textbook of Wood Technology Vol II Mc Graw Hill*, New york 1952

Design and Implementation of PID Control-based FSM Algorithm on Line Following Robot

Adnan Rafi Al Tahtawi[1], Yoyo Somantri[2], Erik Haritman[3]
[1]*Department of Computer Engineering, Politeknik Sukabumi*
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
[2,3]*Department of Electrical Engineering Education, Universitas Pendidikan Indonesia*
Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung, Indonesia
adnanrafi@polteksmi.ac.id

Abstrak

Finite State Machine (FSM) adalah sebuah metodologi perancangan sistem kontrol yang menggambarkan tingkah laku atau prinsip kerja sistem dengan menggunakan tiga hal, yaitu: *state* (keadaan), *event* (kejadian) dan *action* (aksi). Pada suatu program, sistem akan berada pada salah satu *state* yang aktif. Sistem dapat beralih atau bertransisi menuju *state* lain jika mendapatkan masukan atau *event* tertentu. Pada makalah ini, akan diimplementasikan algoritma FSM berbasis pengendali Proporsional-Integral-Derivatif (PID) pada robot pengikut garis. Pengendali PID merupakan salah satu metode kendali sistem yang banyak digunakan saat ini. Algoritma FSM berbasis pengendali PID diterapkan dengan tujuan agar robot mampu menjajaki lintasan dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma yang dirancang mampu bekerja dengan baik dan dapat digunakan sebagai dasar algoritma dari robot ini.

Kata kunci: algoritma, *Finite State Machine (FSM),* Proporsional-Integral-Derivatif (PID), robot, *line follower*

Abstract

Finite State Machine (FSM) is a control system methodology that describes system's behavior using three things, namely: state, event, and action. On a program, the system would be in one active state. The system can switch or move to another state if it gets a certain input or event. In this paper, FSM based on Proportional-Integral-Derivative (PID) controller algorithm will be implemented on line follower robot. PID controller is one of system control methods that many used recently. FSM based on PID controller is implemented to keep robot tracking the line trajectory as well. The test result shows that designed algorithm can work well and can be used as a based algorithm of this robot.

Keywords: *algorithm, Finite State Machine (FSM), Proportional-Integral-Derivative (PID), robot, line follower*

I. INTRODUCTION

Line follower robot is one of autonomous robot which has designed for researches, industrial requirements, or robot competitions. Referring to its name, the task of this robot is to follow a line trajectory. There is needed a specified based algorithm for this robot to finish the task. One of the algorithms which can be implemented is Finite State Machine (FSM). This algorithm is built in three steps, i.e. state, event, and action. The third steps can be illustrated as follow: state is the robot conditions (such as moving forward, turn left, turn right, or turn back), event is the sensor's state when robot doing a task and action is DC motor action due to state and event conditions. Thus, this algorithm called in this paper as a based algorithm of line follower robot. In another hand, Proportional-Integral-Derivative (PID) controller was promising in line follower robot control method. PID controller will minimize the error when robot moving on the line trajectory. Developments of FSM algorithm have been conducted they are self-adjusting FSM [1], decentralized Evolutionary Robotics (ER) based on FSM [2], and robot control teaching with state machine-based [3]. PID controller also implemented on this robot to reduce wobbling [4].

In this paper, FSM based on PID algorithm will be explained to give an overview and additional references for software design of line follower robot. After introduction in Section I, FSM algorithm as a based algorithm and PID controller overview are described in Section II. It is followed by Section III that explains the system designs of software and hardware. Section IV focus on the

Diterima: 4 September 2016; Direvisi: 19 September 2016; Disetujui: 16 Oktober 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

implementation, followed by system testing result and analysis. Finally, Section V gives the conclusion of this paper.

II. SYSTEM ALGORITHM

A. FSM Algorithm

Finite State Machine (FSM) was a control system methodology that describes system's behavior using three things, i.e. state, event and action [5]. At one moment in a significant period time, the system will be at one active state and may be move to another state. These state transitions are generally also accompanied by actions which taken by the system when responding the input.

Figure 1 shows the FSM with two states, two inputs, and four different action outputs. As shown in figure 1, when the system is started, it will be at state0. In this condition, system will produce action1 if it gets event0, whereas if event1 occurs then action2 will be executed and the system will move forward to state2 and so on. FSM consist of two types, namely non-output FSM and output FSM [5]. Non-output FSM is used for language recognition on a computer. The input that has been entered will be processed and obtained the result. Meanwhile, output FSM is used for designing a machine or system. FSM has several advantages including: simple, predicted response, soft computing, relatively flexible, classic artificial intelligent that can be used for various systems, can converts from abstract to code easily. Several disadvantages, i.e. on game implementation not interested due to predictively and it is so difficult if implemented on the complex system.

B. PID Controller

Proportional-Integral-Derivative (PID) controller is often referred to as a 'three-term' controller [6]. This controller is currently one of the most frequently used controllers in industry. Each of controllers has a task as following description [6]:

1) Proportional: the error is multiplied by a gain *Kp*. A very high gain may cause instability, and a very low gain may cause the system to drift away.

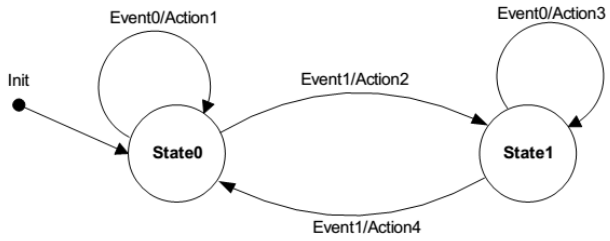


Figure 1. Simple state diagram example [5]

2) Integral: the integral of the error is taken and multiplied by a gain *Ki*. The gain can be adjusted to drive the error to zero in the required time. A too high gain may cause oscillations and a too low gain may result in a sluggish response.

3) Derivative: the derivative of the error is multiplied by a gain *Kd*. Again, if the gain is too high the system may oscillate and if the gain is too low the response may be sluggish.

Based on description above, it can be generalized that PID controller can improve system response according to desired response that determined. Input of this controller is error measurement and the output is control signal that given to the actuator. In continuous-time, block diagram of PID controller is depicted in Figure 2.

Referring to figure 2, the control signal of a PID controller in time-domain can be expressed as:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad (2)$$

$$K_d = K_p T_d \quad (3)$$

where $u(t)$ is the output from the controller and $e(t) = r(t) - y(t)$, in which $r(t)$ is the desired set-point (reference input) and $y(t)$ is the plant output, T_i and T_d are known as the integral and derivative action time, respectively. For digital microcontroller implementation, PID controller should be in discrete-time domain. The control signal of PID controller given by (1) is transformed to discrete-time PID controller as follow:

$$u(kT) = K_p e(kT) + K_i T \sum_{k=1}^{n} e(kT) + K_d \frac{e(kT) - e(kT - T)}{T} \quad (4)$$

where $u(kT)$ and $e(kT)$ are control signal and error signal in discrete-time with T sampling time.

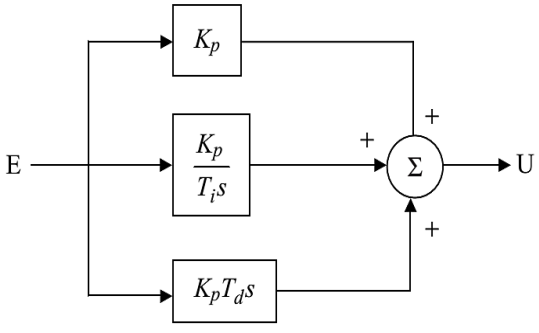


Figure 2. Continuous-time PID controller [6]

III. SYSTEM DESIGN

A. *Hardware*

FSM algorithm will be implemented on line follower robot. The robot is designed using microcontroller as main device. In addition, it is also used sensor as line detector and DC motor as actuator. Microcontroller that used in this study is ATMega328 which integrated on DFRduino Romeo v1.0 board, as depicted in Figure 3.

This board is used due to compatibility requirement for line follower robot. Its specifications based on [7] are: flash memory 32 KB, internal oscillator 16 MHz, 14 channels digital I/O, 6 PWM channels (Pin11, Pin10, Pin9, Pin6, Pin5, Pin3), 8 channels 10-bit analog I/O, USB connection, auto sensing/switching power input, ICSP header for directly program downloading, serial interface TTL level, support AREF, support header pin male and female, available socket for APC220 RF module and DF Bluetooth module, 5 units 12C interface pin sets, 2 units driver DC motor with maximum current 2A, 7 buttons input, DC supply 7-12 V, DC output 5V/3.3V and voltage output external, dimension 90 x 80 mm.

Hardware designs including electrical which are microcontroller, sensor, and DC motor. It also mechanical design as well as robot casing. Block diagram of electrical design is depicted in Figure 4 and mechanical design of robot presented in Figure 5.

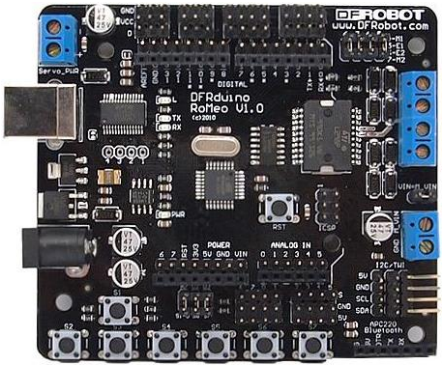


Figure 3. DFRduino Romeo v1.0 board [7]

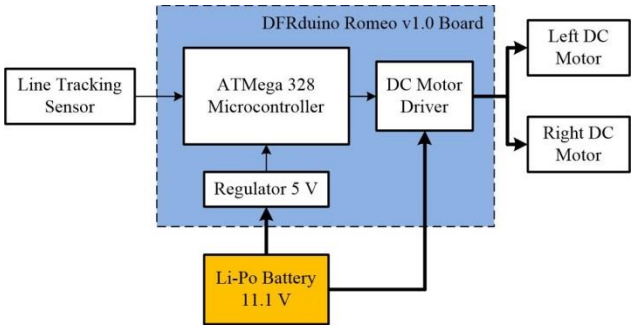


Figure 4. Hardware configuration

Block diagram in Figure 4 shows the connection between each electrical component in the robot. Solid line is powertrain on robot and thin line is data transfer.

Sensor that used in this robot is line tracker sensor in a form of module. This module uses photodiode as sensor to detect light reflection from infrared signal. Photodiode will give binary logic '1' to microcontroller if it receives signal from infrared, while binary logic '0' will be given if signal not received. Sensor modules used are six units and placed in series in front of robot.

This robot uses battery cell as power supply. Batteries that used are three cells of Lithium-Polymer (Li-Po) with nominal voltage of 3.7 V. It is also used for DC motor power supply through DC motor driver which has been integrated on DFRduino Romeo v1.0 module.

DC motor is used as a driving component. Microcontroller will receive data from sensor and send signal to DC motor according to sensor signal condition. Signals that send from microcontroller are Pulse Width Modulation (PWM) signal for speed control and binary logic signal for motor direction. PWM signal is digital switching signal in high frequency so it can modulate how amount the voltage that will be sent from battery to DC motor, while another signal is used for controlling motor direction with changes pole of battery so the robot can move forward, backward, turn right, turn left, turn back, and stop.

B. *Design of PID-based FSM Algorithm*

FSM algorithm designed is presented in Table 1 and Figure 6. There are two states when the robot is employed. The first state is robot moving forward and the second state is robot turn condition.

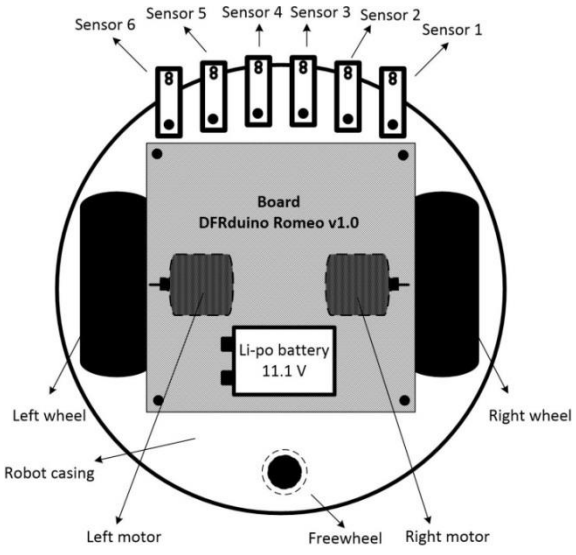


Figure 5. Mechanical robot design

In the first state, robot will receive the event from sensor's data and will generate an action through DC motor to keep its movement in ideal straight forward. This case has been done using PID control scheme. In the second state, robot will receive the event also from sensor's data and will generate an action through DC motor for following line trajectory as well. Both of states will switch as long as robot still working. Generally, we describe state as robot's state, event as robot's input, and action as robot's output.

Sensor's data logic is high or '1' if it detects white surface and it is low or '0' if detects black surface. Line trajectory that used has black color on top of white background with line width 3 cm and turn angle 90^{O}.

Referring to FSM algorithm, robot's flowchart is divided into two conditions in accordance with robot's state, these are robot moving forward and robot turn condition. The aim of first flowchart is to keep robot moving forward perfectly. In this condition, PID control is used. PID will control both left and right motor speeds according to error measurement of sensor. This error is input for the controller and PWM signal is the output of the controller. PID constants (*Kp, Ki, Kd*) are obtained using Ziegler-Nichols tuning method. This method is used due to simplicity in terms of design and implementation. Ziegler-Nichols tuning method is presented in Table 2.

The second flowchart describes robot turn condition. This condition is also must work as well. PID controller effect which has been designed in first flowchart will be observed in second flowchart. Turn conditions (left, right, and back) are conducted using different direction of both DC motor. This condition will be stopped when the robot's state is changed to the first state, and so on. Both of flowcharts are realized in microcontroller programming using C/C++ language and downloaded to DFRduino Romeo v1.0 module. These flowcharts are depicted in Figure 7 and Figure 8.

Table 1. FSM algorithm design

Finite State Machine (FSM) Algorithm		
State	**Event**	**Action**
Robot moving forward	011111	Rpwm < Lpwm
	001111	
	100111	
	110011	Rpwm = Lpwm
	111001	Rpwm > Lpwm
	111100	
	111110	
Robot turn conditions	100000	Rdir = LOW Ldir = HIGH (Turn right)
	110000	
	111000	
	000111	Rdir = HIGH Ldir = LOW (Turn left)
	000011	
	000001	
	000000	Stop

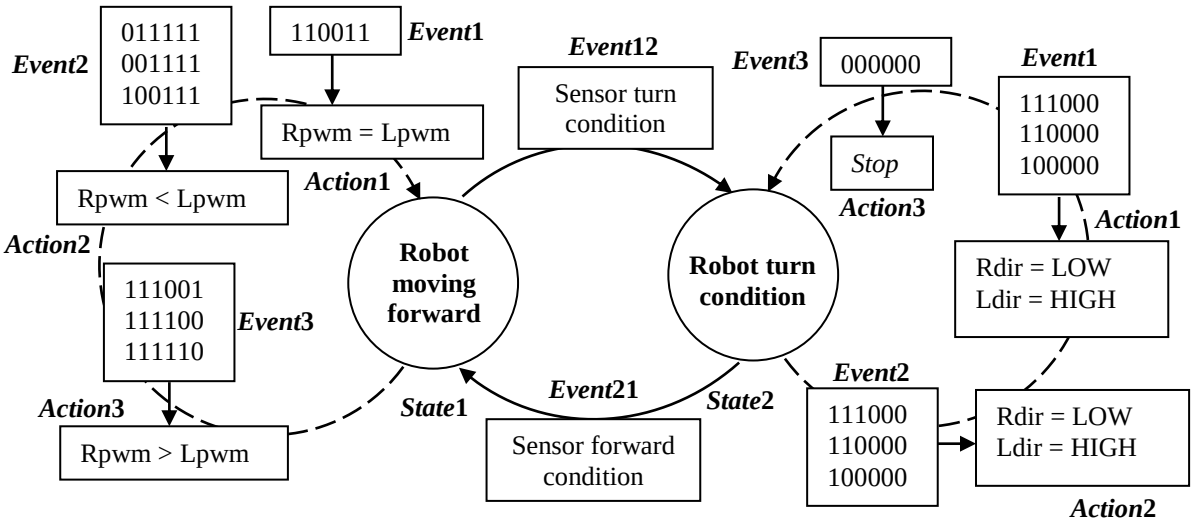


Figure 6. FSM diagram of line follower robot

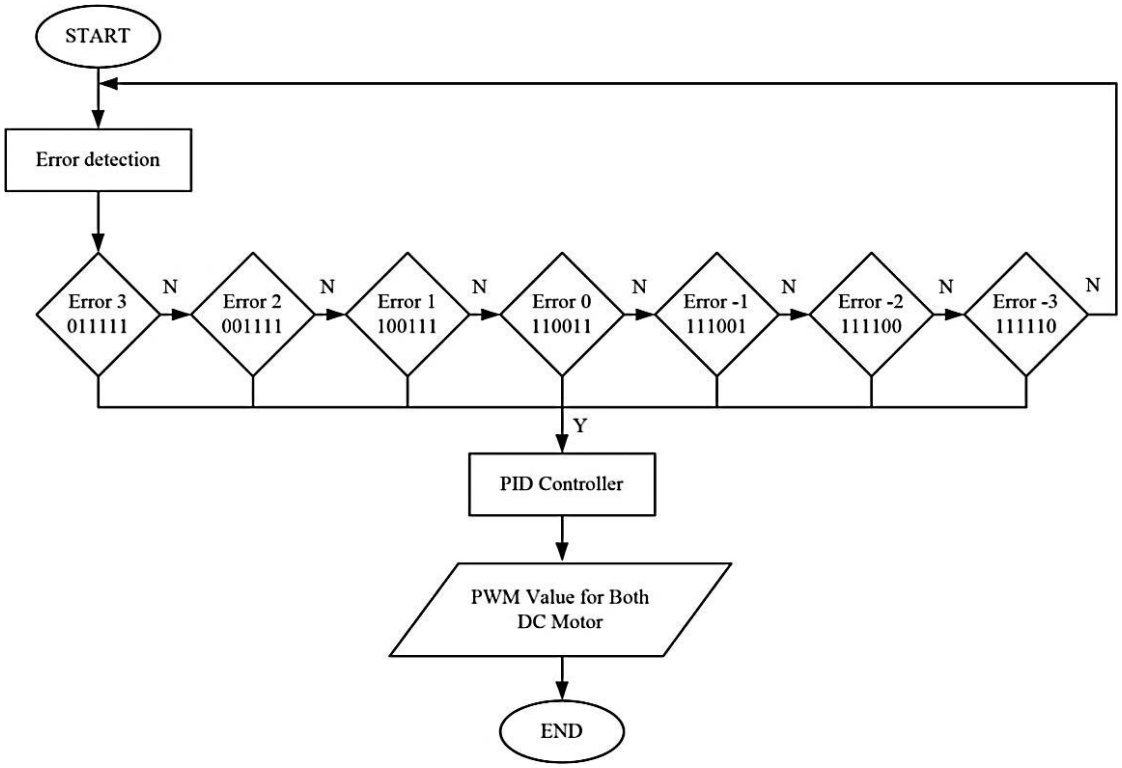


Figure 7. Flowchart of the first state

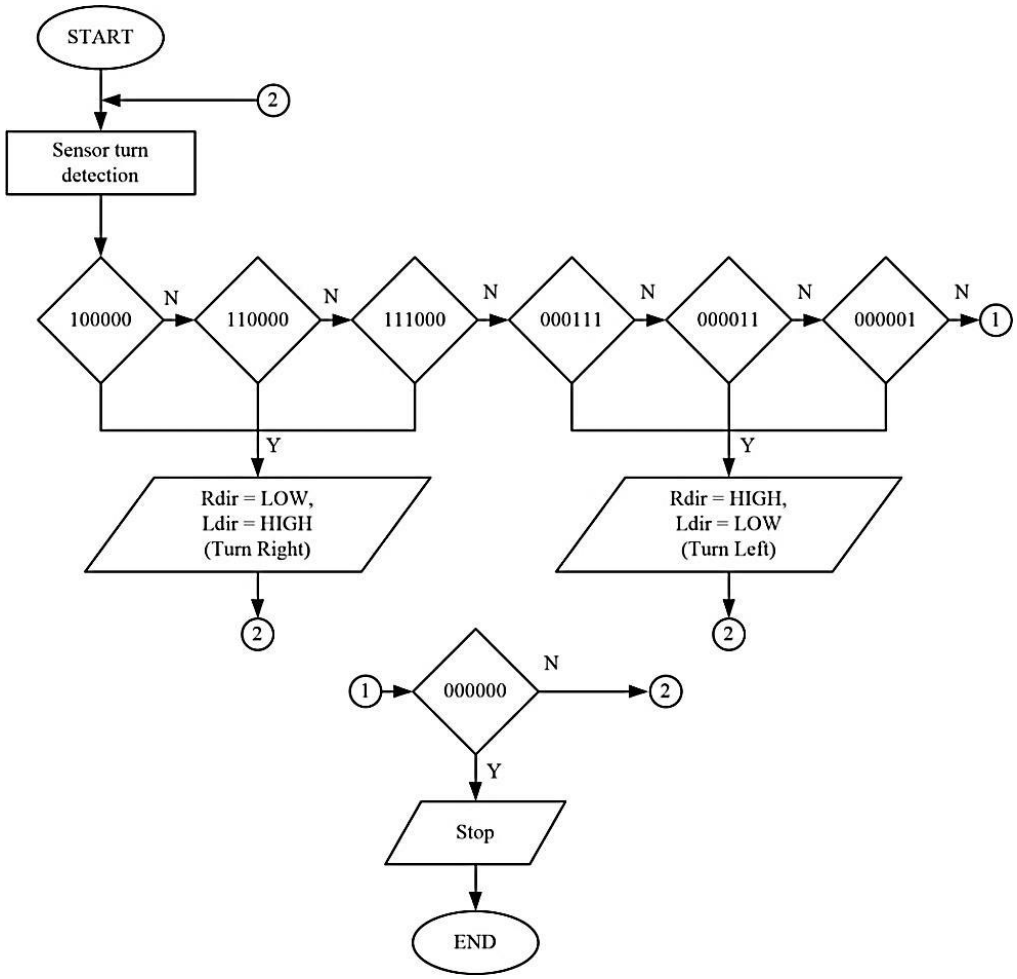


Figure 8. Flowchart of the second state

Table 2. Open-loop Ziegler-Nichols settings [6]

Controller	*Kp*	*Ti*	*Td*
P	$\frac{T_I}{KT_D}$	-	-
PI	$\frac{0.9T_I}{KT_D}$	$3.3T_D$	-
PID	$\frac{1.2T_I}{KT_D}$	$2T_D$	$0.5T_D$

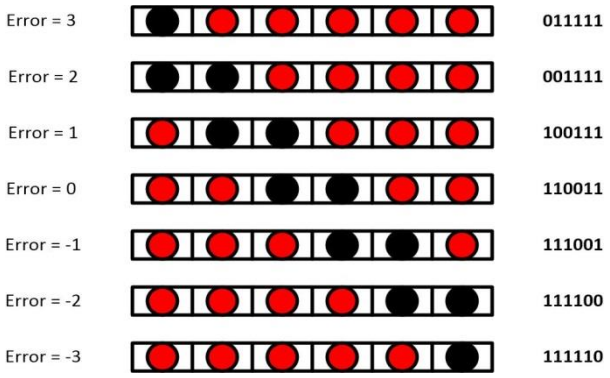


Figure 9. Ideal possibility sensor conditions in first state

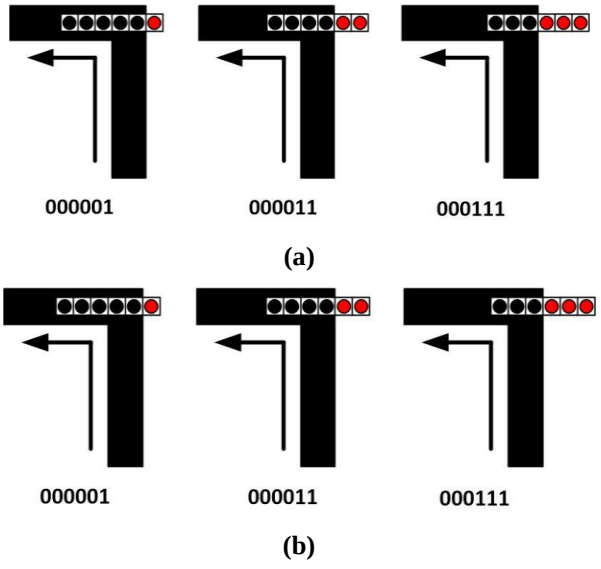


Figure 10. Ideal possibility sensor conditions in second state: (a) turn left (b) turn right

Sensor conditions that possible to happen in both first state and second state are illustrated in Figure 9 and Figure 10. However, this condition is ideal assumption due to simplicity in term of design the controller.

IV. IMPLEMENTATION

This section gives system implementation, testing results, and its analysis. Hardware implementation of this robot is shown in Figure 11.

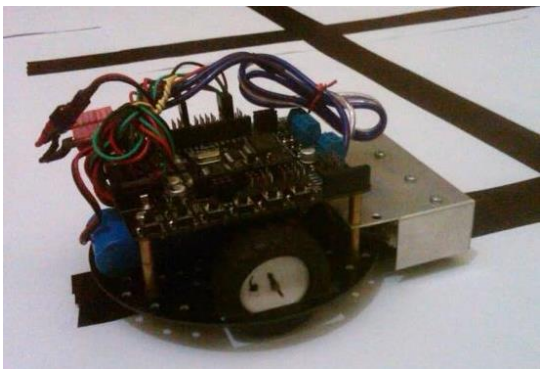


Figure 11. Line follower robot hardware

Table 3. PWM testing result

Experiment number	Bit PWM (0-255), DC	Driver output voltage (V)	
		Left motor	Right motor
1	0, 0%	0	0
2	64, 25%	2.6	2.7
3	127, 50%	5.4	5.5
4	192, 75%	7.8	7.9
5	255, 100%	10.7	10.8

There are two terms of system testing, first is PWM testing and second is FSM based on PID algorithm testing. PWM testing is done to make sure the robot's speed can be controlled, while algorithm testing is conducted to know the robot response when it doing a task.

A. PWM Testing

Testing of PWM is done using output voltage measurement from DC motor driver. Various duty cycles are given in form of 8-bit digital data (0-255) in microcontroller to generate PWM signal. Voltage measurement is placed in driver output with battery voltage nominal input 11.1V. Testing result is presented in Table 3.

From above PWM test result obtained that the amount of PWM duty cycle value is impact to the amount of output voltage from DC motor driver. The higher PWM duty cycle value the more high voltage given to DC motor. However, there is drop voltage in measurement. Maximum duty cycle doesn't generate maximum voltage. It is due to transistor semiconductor component inside DC motor driver.

B. Simulation Result

PID constants are determined firstly based on Ziegler-Nichols method. The constants on Ziegler-

Nichols method are K, T_I, and T_D. In this study, the gain constant is determined by $K = 3$ referring to maximum error of first state also based on open-loop model that depicted in Figure 12. This model obtained from experimental open-loop response that given to the robot using maximum error as an initial condition. From the test result obtained that the robot can track line trajectory by 4 seconds. Simulation of this response is then conducted using MATLAB/Simulink for designing the PID controller. Based on this response, to control this robot, integral and derivative action times are determined based on Table 2 with $T_I = 2\,s$ and $T_D = 0.5\,s$. Thus, there obtained $K_p = 1.6$, $K_i = 3$, and $K_d = 0.75$. Simulation result shows that the PID controller is eliminate the error faster than the open-loop response system (Figure 13). Robot can reach the line trajectory by 1.65 second although there is produce an overshoot.

C. Hardware Implementation

After PID controller simulation has been done, PID-based FSM algorithm hardware testing is conducted. This testing is overall system testing and main section of this study. Firstly, FSM algorithm is realized in microcontroller programming according to system flowchart. In the first state, PID controller is placed. PID constant obtained is then implemented in microcontroller in accordance with (4). In the second state, the testing is employed in turn condition (right and left). PID controller response from the first state is observed in this state. Results of algorithm testing of both states first and second with error as the initial conditions are depicted in Figure 14 and Figure 15 below.

Overall algorithm testing result shows that FSM algorithm can work well according to system design. PID controller that implemented in first state is also effectively reducing robot error measurement. In the first state, robot can be moving forward on line trajectory as well. Error which given as initial condition is set to be zero by this controller. When robot in the second state, it shows that robot can track the turn line nicely. However, there is overshoot response when robot in this state. It is due to delay effect from sensor data transfer.

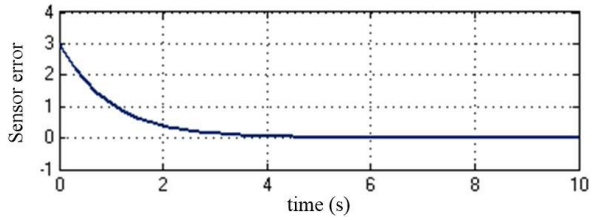


Figure 12. Open-loop system response

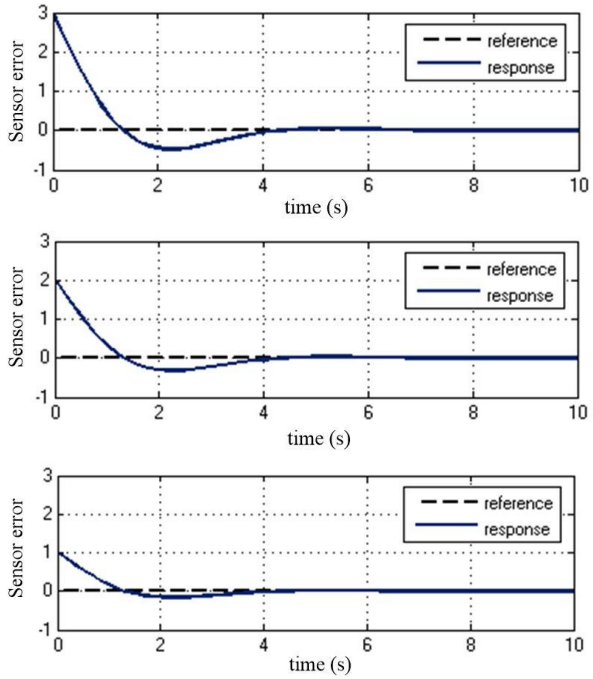


Figure 13. Closed-loop system response by error 3 (top), error 2 (middle), and error 1 (bottom)

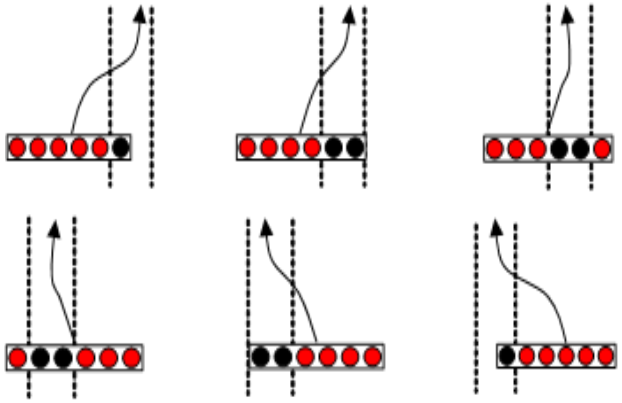


Figure 14. First state responses: Rpwm < Lpwm (top), Rpwm > Lpwm (bottom)

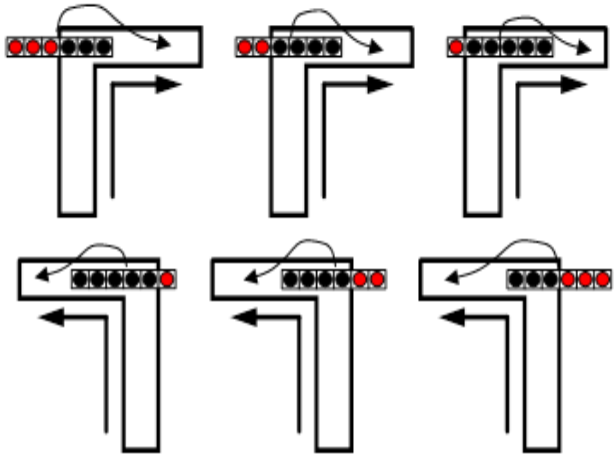


Figure 15. Second state responses: turn right (top), turn left (bottom)

V. CONCLUDING REMARKS

PID-based FSM algorithm is successfully designed and implemented on line follower robot. FSM is designed in two main states, named first state and second state. First state is robot moving forward, while second state is robot's turn condition. PID controller is designed and implemented in the first state on FSM algorithm to control robot movement. The test result shows that by combining both PID controller and FSM algorithm, it can be reach line follower robot response as well. These algorithms also can be used as based algorithm for this robot due to simplicity in terms of design and implementation.

REFERENCES

[1] Schwartz, Scott, "Self-Adjusting Finite State Machines: an approach to Real-Time Autonomous Behavior in Robots", Computer Science Honors Theses, Paper 9, 2005

[2] Konig, Lukas, *et al*, "Decentralized Evolution of Robotic Behavior Using Finite State Machines", *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, 2009

[3] Levin, Ilya, et al, "Robot Control Teaching with a State Machine-based Design Method", *Int. Journal Engineering Education (IJEE)*, Vol. 20, No. 2, pp. 1-10, 2004

[4] Nath, A.S. *et al*, "Implementation of PID Control to Reduce Wobbling in a Line Following Robot", *International Journal of Research in Engineering and Technology (IJRET)*, Vol. 02, Issue 10, 2013

[5] Setiawan, I., "Design of Software Embedded System based on FSM", 2006

[6] Ibrahim, Dogan, *Microcontroller Based Applied Digital Control*, Departement of Computer Engineering, Near East University Cyprus, Willey, 2006

[7] Datasheet DFRduino RoMeo User Manual

Studi Analisis Gording Baja pada Pembangunan Gedung Auto2000 Kabupaten Sukabumi

Hari Wibowo[1], Deni Firmansyah[2], Dewi Ayu Sofia[3]
[1,2,3]*Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Sukabumi*
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
dedit.bowohari@gmail.com

Abstrak

Gording merupakan salah satu bagian kontruksi vital untuk menopang rangka atap. Dalam perencanaan konstruksi atap, beban yang bekerja pada atap tersebut perlu dianalisis. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis perhitungan pembebanan pada gording baja profil *Light Lip Channel* (LLC). Gedung yang digunakan sebagai objek penelitian adalah Gedung Auto2000 yang berlokasi di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Metode analisis yang digunakan yaitu distribusi momen. Hasil analisis gording dengan profil LLC 150 x 65 x 20 x 3,2 menunjukan bahwa diperoleh nilai lendutan sebesar 838,27 kg/cm² dan perhitungan tekuk sebesar 166,44 kg/cm². Kedua nilai ini dapat dikatakan aman karena nilainya lebih kecil dari tegangan ijin sebesar 1600 kg/cm².

Kata kunci: gording, baja, *Light Lip Channel* (LLC), distribusi momen

Abstract

Gording is one of the vital parts of the construction that is intended as a cantilever roof truss. For the planning of construction of the roof, the load acting on the roof need to be analyzed. The aim of this study is to analyze the calculation of loading on steel purlins profile Light Lip Channel (LLC). The building that used as an object of research is Auto2000 building located in Sukabumi, West Java. The analytical method used is the moment distribution. The results of the analysis of LLC profile purlins with 150 x 65 x 20 x 3.2 shows that the values obtained deflection of 838.27 kg / cm² and calculation of bend of 166.44 kg / cm². Both of these values can be said to be safe because the value is smaller than allowable stress of 1600 kg / cm².

***Keywords*:** *gording, steel, Light Lip Channel (LLC), moment distribution*

I. PENDAHULUAN

Gedung Auto2000 di Kabupaten Sukabumi merupakan gedung yang didesain dengan menggunakan konsep struktur konstruksi baja, khususnya pada bagian atapnya. Gedung ini memiliki bentuk atap tipe *gable frame* dimana terdapat beberapa batang baja yang saling memperkuat satu sama lain. Batang baja tersebut terdiri dari: batang tarik, batang tekan, dan batang kombinasi beban lentur-aksial. Gording yang digunakan pada gedung tersebut menggunakan baja profil *Light Lip Channel* (LLC).

Pada struktur atap, gording merupakan salah satu kontruksi vital yang diperuntukan untuk menopang rangka atap dimana asumsi beban yang bekerja perlu dianalisis. Gording dari baja dapat dihubungkan dengan *tracstang* untuk memperkuat dan mencegah dari terjadinya pergerakan. *Tracstang* merupakan batang besi polos dengan kedua ujungnya memiliki ulir dan baut yang dipasang pada jarak antar gording ke gording yang berfungsi sebagai pengatur jarak antar gording dalam artian posisi *tracstang* mudah digeser (diperpanjang/diperpendek) sesuai dengan perencanaan. Posisi *trackstang* diletakkan sedemikian rupa sehingga mengurangi momen maksimal yang terjadi pada gording. Oleh karena itu, pada makalah ini akan dibahas proses analisis gording baja pada Gedung Auto2000 di Kabupaten Sukabumi.

II. LANDASAN TEORI

A. Baja

Baja merupakan salah satu bahan bangunan yang unsur utamanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) sebagai unsur paduan. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2% sampai 2,1%. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan

Diterima: 10 Agustus 2016; Direvisi: 28 September 2016; Disetujui: 30 September 2016

© Politeknik Sukabumi

tariknya (*tensile strength*). Beberapa jenis baja kontruksi sekarang ada yang tahan terhadap korosi seperti plat bordes, pipa, dan *stainless steel*. Baja seperti ini dapat melakukan oksidasi untuk membentuk lapisan penahan yang padat yang dapat menghalangi oksidasi lebih lanjut. Dengan demikian, pemakaian baja jenis ini menjadi lebih murah karena tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang terus menerus seperti halnya pada baja biasa yang memerlukan pengecatan kembali untuk mencegah munculnya karat [1].

Bentuk elemen baja sangat dipengaruhi oleh proses yang digunakan untuk membentuk baja tersebut. Ada dua macam bentuk profil baja yang didasarkan cara pembuatannya, antara lain: *hot rolled shape* dan *cold formed shape* [1]. *Hot rolled shape* dibentuk dengan cara blok-blok baja yang panas diproses melalui rol-rol dalam pabrik. Jenis baja ini mengandung *residual stress*, jadi sebelum batang dibebani pun bentuk ini sudah ada *residual stress* yang berasal dari pabrik. *Cold formed shape* dibentuk dari pelat-pelat yang sudah jadi, menjadi profil baja dalam temperatur atmosfir (dalam suhu ruangan dingin). Tebal pelat yang dibentuk menjadi profil ini kurang dari 3/16 inch. Profil jenis ini ringan dan sering disebut sebagai *light gage cold form steel.*

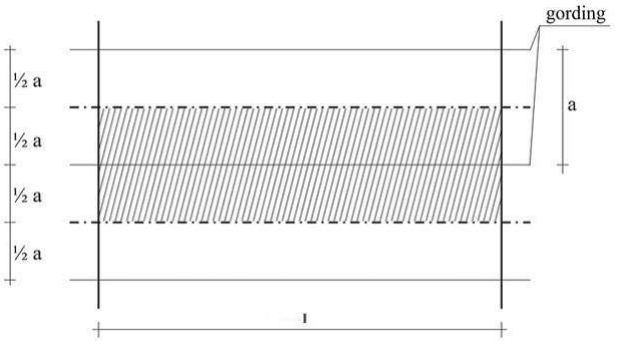
B. Perhitungan Dimensi Gording

Gording merupakan bagian dari atap yang diletakan diatas beberapa kuda-kuda dengan tugas menahan beban atap dan perkayuannya. Terdapat tiga jenis beban yang dapat dianalisis dalam perhitungan dimensi gording, diantaranya: beban mati, beban hidup, dan beban angin. Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu gedung/bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, finishing, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang terpisahkan dari gedung/bangunan tersebut.

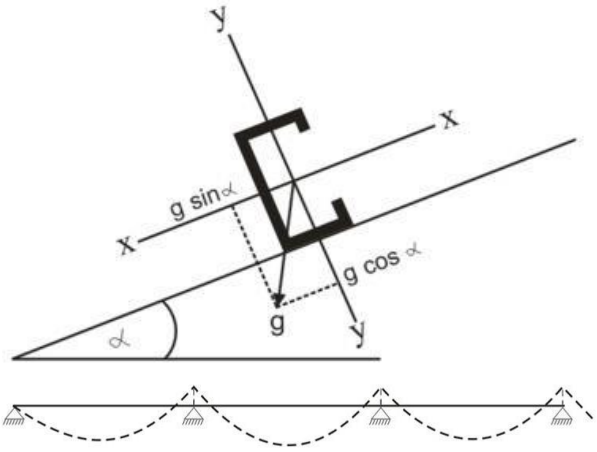
Luas bidang penutup atap yang dipikul oleh gording tersaji pada Gambar 1, dimana a adalah jarak gording dan I adalah jarak kuda-kuda. Berat gording sendiri diperoleh dengan menaksir terlebih dahulu dimensi gording (Gambar 2). Biasanya gording menggunakan profil "I", "[", dan "C". Setelah ditaksir dimensi gording, dari tabel profil diperoleh berat per meter gording. Besarnya beban mati (g) yang diterima adalah sebagai berikut:

$$g = g_1 + g_2 \qquad (1)$$

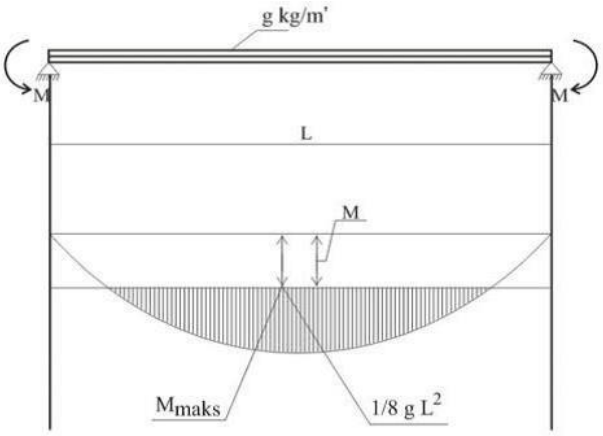
dimana g_1 adalah berat sendiri penutup atap dan g_2 adalah berat sendiri gording. Gording diletakan diatas beberapa kuda-kuda sehingga berbentuk



Gambar 1. Luas bidang penutup atap yang dipikul gording



Gambar 2. Gaya yang bekerja pada gording



Gambar 3. Momen akibat beban mati

balok menerus diatas beberapa tumpuan (*continous beam*). Untuk memudahkan perhitungan dapat dianggap sebagai balok diatas dua tumpuan statis tertentu (*simple beam*) dengan mereduksi momen lentur. Momen maksimum dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$M_{maks} = \frac{1}{8} gL^2 - M \qquad (1)$$

dengan

$$M = 20\% \left(\frac{1}{8} gL^2\right) \qquad (2)$$

dimana M_{maks} adalah momen maksimum, M adalah momen, g adalah beban mati, dan L adalah panjang kuda-kuda (Gambar 3).

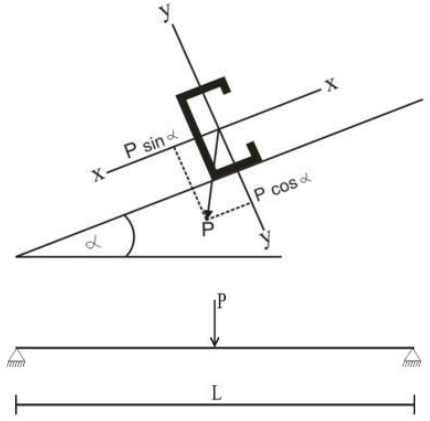
Beban hidup (Gambar 4) adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam massa layannya dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Beban hidup (P) yang bekerja di tengah-tengah bentang gording sebesar 100 kg. Besarnya momen maksimum pada beban hidup dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$M_{maks} = 80\% \left(\frac{1}{4} PL\right) \quad (3)$$

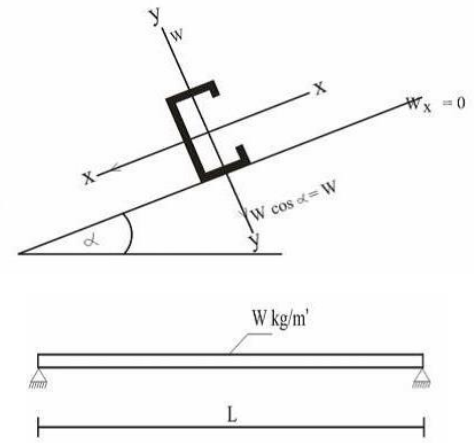
Beban angin adalah beban yang bekerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat tergantung dari lokasi dan ketinggian struktur. Pada makalah ini, beban angin dianggap bekerja tegak lurus di bidang atap seperti pada Gambar 5. Nilai momen maksimum pada beban angin dapat diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$M_{maks} = 80\% \left(\frac{1}{8} WL\right) \quad (4)$$

dimana W adalah koefisien angin dikali tekanan angin dikali jarak gording.



Gambar 4. Gaya yang bekerja pada beban hidup



Gambar 5. Gaya yang bekerja pada beban angin

Terdapat dua jenis kombinasi pembebanan, yaitu: beban mati + beban hidup dan beban mati + beban hidup + beban angin. Besarnya momen yang diterima oleh kedua jenis pembebanan tersebut pada bidang x memenuhi persamaan (5), sedangkan pada bidang y, besarnya momen yang diterima untuk kedua jenis pembebanan berturut-turut memenuhi persamaan (6) dan (7).

$$M_{x_{total}} = M_{x_1} + M_{x_2} \quad (5)$$

$$M_{y_{total}} = M_{y_1} + M_{y_2} \quad (6)$$

$$M_{y_{total}} = M_{y_1} + M_{y_2} + M_{y_3} \quad (7)$$

dimana $M_{x_{total}}$ dan $M_{y_{total}}$ berturut-turut adalah momen total yang diterima pada sumbu x dan y, M_{x_1} dan M_{x_2} adalah beban mati dan beban hidup/berguna pada sumbu x, serta M_{y_1}, M_{y_2}, dan M_{y_3} berturut-turut adalah beban mati, beban hidup/berguna, dan beban angin pada sumbu y.

Kontrol tegangan pada gording untuk kedua kombinasi pembebanan dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{M_{x_{total}}}{W_y} + \frac{M_{y_{total}}}{W_x} \leq \bar{\sigma} \quad (8)$$

dimana σ adalah nilai tegangan dan $\bar{\sigma}$ adalah tegangan ijinnya. Jika $\sigma > \bar{\sigma}$, maka dimensi gording harus diperbesar.

Kontrol lendutan juga dapat dianalisis berdasarkan tiga kondisi pembebanan pada sumbu x dan y, yaitu: akibat beban mati, beban hidup/berguna, dan beban angin. Nilai kontrol lendutan untuk ketiga kondisi pembebanan tersebut berturut-turut dapat dihitung menggunakan persamaan (9)-(14) berikut:

- akibat beban mati

$$f_{x_1} = \frac{5 q_x L^4}{384 E I_y} \quad (9)$$

$$f_{y_1} = \frac{5 q_x L^4}{384 E I_x} \quad (10)$$

- akibat beban hidup/berguna

$$f_{x_2} = \frac{P_y L^3}{48 E I_y} \quad (11)$$

$$f_{y_2} = \frac{P_y L^3}{48 E I_x} \quad (12)$$

- akibat beban angin

$$f_{x_3} = 0 \quad (13)$$

$$f_{y_3} = \frac{5 W_y L^4}{384 E I_x} \quad (14)$$

dimana E adalah modulus elastisitas yang dapat diperoleh dari tabel profil baja. Dari persamaan (9)-(14), maka lendutan total dapat diperoleh sebagai berikut:

$$f_{x_{total}} = f_{x_1} + f_{x_2} \leq \bar{f} \quad (15)$$

$$f_{y_{total}} = f_{y_1} + f_{y_2} + f_{y_3} \leq \bar{f} \quad (16)$$

$$f_i = \sqrt{{f_x}^2 + {f_y}^2} \leq \bar{f} \quad (17)$$

dimana $\bar{f}$ adalah lendutan ijin dan f_i adalah resultan lendutan. Jika $f > \bar{f}$, maka dimensi gording diperbesar.

C. Metode Distribusi Momen

Analisis struktur dengan metode distribusi momen pertama kali diperkenalkan oleh Hardy Cross pada tahun 1933 [2]. Metode distribusi momen juga dikenal sebagai metode *cross*. Metode ini merupakan salah satu metode yang dipakai untuk analisis struktur balok menerus dan portal statis tak tentu. Metode distribusi momen didasarkan pada anggapan sebagai berikut ini:

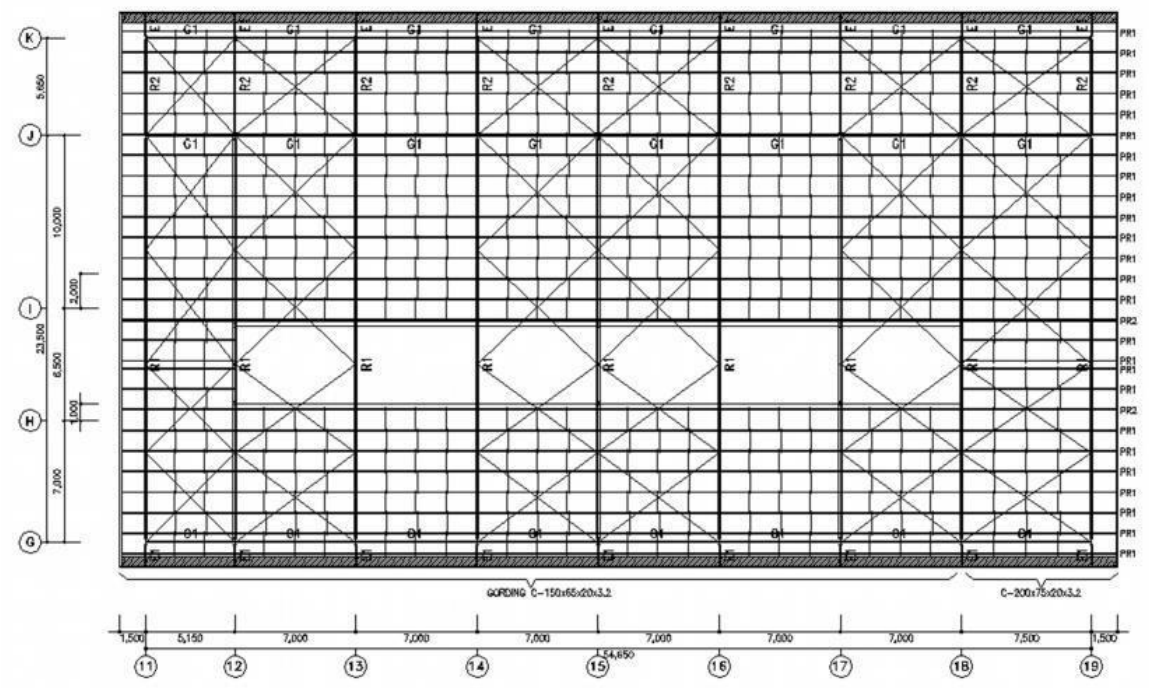
- Perubahan bentuk akibat gaya normal dan gaya geser diabaikan, sehingga panjang batang-batangnya tidak berubah.
- Semua titik simpul (buhul) dianggap kaku sempuma.

Dalam proses analisis, metode ini melakukan distribusi momen dan induksi (*carry over*) terhadap momen primer (*fixed end moment*) sebanyak beberapa putaran (iterasi) guna mendapatkan keseimbangan di setiap titik simpul. Hal ini dilakukan karena momen-momen primer yang bekerja di setiap tumpuan maupun simpul suatu struktur tidak sama besarnya, sehingga simpul tidak seimbang. Untuk mendapatkan keseimbangan simpul melakukan perputaran, momen-momen primer di tiap simpul melakukan distribusi (pembagian) sampai jumlah momen primer di masing-masing simpul sama dengan nol. Proses distribusi dan induksi secara manual dapat dilakukan sebanyak empat putaran, dan dianggap semua simpul sudah seimbang atau mendekati nol.

III. METODE PENELITIAN

A. Objek Kajian

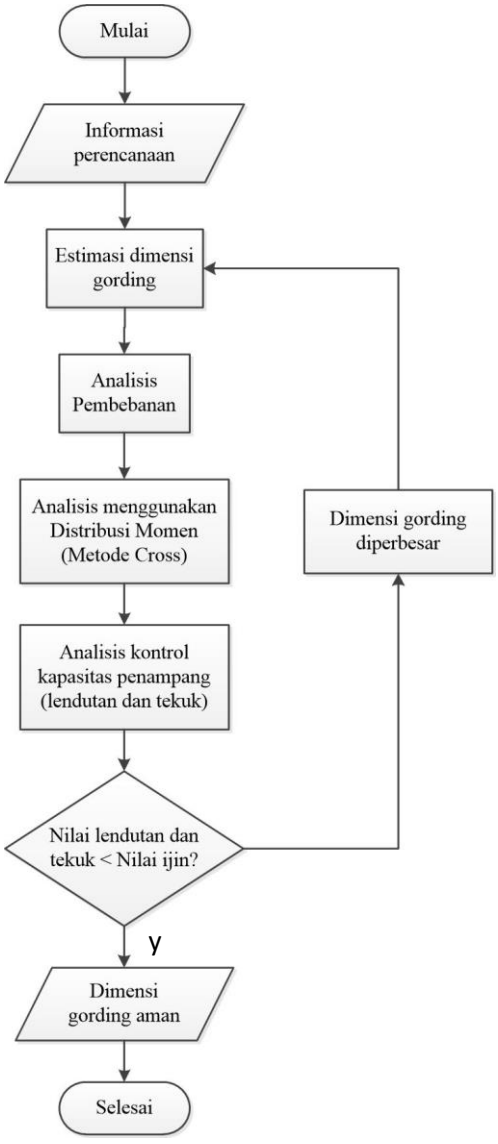
Dalam penelitian ini, yang digunakan sebagai objek kajian adalah struktur atap. Ada beberapa struktur yang perlu dibahas di dalam perencanaan atap namun pada makalah ini kami mengambil salah satu objek kajian yang akan dibahas yaitu pekerjaan pemasangan gording dengan profil baja tipe LLC pada pembangunan Auto 2000 di Jalan Raya Palasari KM 8 Sukaraja Kabupaten Sukabumi. Perhitungan gaya-gaya dalam yang bekerja pada gording di analisis sesuai dengan acuan standar yang ada. Denah perencanaan atap yang diperoleh dari pelaksana pekerjaan yaitu PT. Arsitek Arupa Datu tersaji pada Gambar 6 dan data teknisnya tersaji pada Tabel 1.



Gambar 6. Denah perencanaan atap

Tabel 1. Data teknis perencanaan atap

Data teknis	Keterangan
Panjang bentang	23,50 m
Panjang bangunan	54,65 m
Jarak antar tumpuan	7 m
Kemiringan atap	7°
Jarak antar gording	1,20 m
Mutu baja	37
Jenis penutup	*Zincalume*
Jenis profil	LLC 150 x 65 x 20 x 3,2



Gambar 7. Alur analisis dimensi gording

B. Langkah Analisis

Pada bagian ini akan diuraikan langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis dimensi gording. Alur dari proses analisis data tersaji pada Gambar 7.

C. Analisis Metode Distribusi Momen dan Kontrol Kapasitas Penampang

Untuk melakukan analisis dimensi gording menggunakan metode distribusi momen, perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- perhitungan momen primer

$$M = \frac{1}{12} qL^2 \quad (18)$$

dimana M adalah momen, q adalah beban, dan L adalah panjang bentang.

- perhitungan angka kekakuan (tumpuan jepit-sendi)

$$K = \frac{3EI}{L} \quad (19)$$

dimana K adalah angka kekakuan, E adalah modulus elastisitas, dan I adalah momen inersia.

- perhitungan faktor distribusi momen

$$\mu = \frac{\mu_{BA} + \mu_{BC}}{2} \quad (20)$$

dimana μ adalah faktor distribusi momen, μ_{BA} dan μ_{BC} berturut-turut adalah distribusi momen dari titik B ke A dan dari titik B ke C. Nilai ini selanjutnya dibuat dalam tabel distribusi momen

- perhitungan *free body*

$$R_{AB} = \frac{1}{2} qL + \frac{M_{AB} - M_{BA}}{L} \quad (21)$$

$$R_{BA} = \frac{1}{2} qL - \frac{M_{AB} - M_{BA}}{L} \quad (22)$$

dimana R_{AB} dan R_{BA} berturut-turut adalah reaksi di titik A ke B dan sebaliknya.

- perhitungan momen maksimal, gaya lintang, dan gaya normal

$$R_{maks} = R_{AB} X - qX\left(\frac{1}{2} X\right) - M_{AB} \quad (23)$$

$$D_X = R_{AB} - qX \quad (24)$$

$$N = M_{AB} = R_{AB} \quad (25)$$

dimana R_{maks} adalah momen maksimal dan X adalah panjang ruas horizontal.

Analisis kontrol kapasitas penampang dilakukan terhadap lendutan dan tekuk. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- terhadap lendutan

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{M}{W} \quad (26)$$

dimana σ adalah nilai tegangan, P adalah berat terpusat, F adalah penampang, M adalah momen, dan W adalah berat. Jika nilai σ lebih besar dari nilai ijin ($\bar{\sigma}$), maka dimensi gording diperbesar.

- terhadap tekuk

$$\sigma = \frac{\omega N}{F} + \frac{M}{nW - W} \quad (27)$$

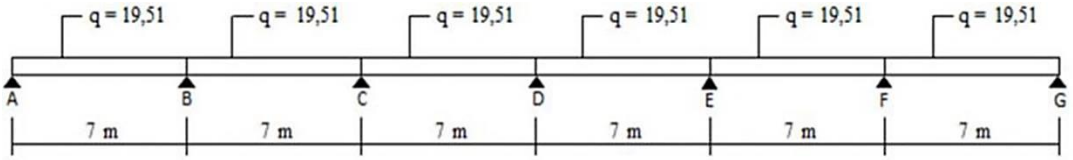
$$\lambda_x = \frac{L}{I_x} \quad (28)$$

dimana ω adalah faktor tekuk, λ_x adalah angka kelangsingan, dan n adalah faktor keamanan.

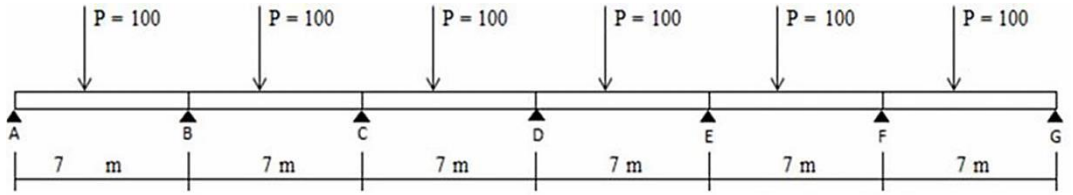
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan data hasil analisis dimensi gording sesuai alur yang dirancang. Profil gording yang digunakan adalah tipe LLC 150 x 65 x 20 x 3,2 dengan spesifikasi: A = 150 mm; B = 65 mm; C = 20 mm; t = 3,2 mm; I_X = 332 cm^4; I_Y = 53,8 cm^4; i_X = 5,89 cm; i_Y = 2,37 cm; Z_X = 44,3 cm^3; Z_Y = 12,2 cm^3; W = 7,51 kg/m; F = 9,57 kg/m^2; C_X = 0 cm; dan C_Y = 2,11 cm. Analisis distribusi momen dilakukan terhadap tiga jenis pembebanan, yaitu: beban mati, beban hidup, dan beban angin. Selain ketiga jenis pembebanan tersebut, pada makalah ini juga dianalisis beban yang diakibatkan oleh hujan.

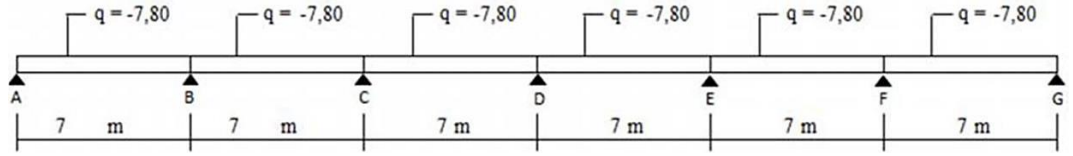
Beban air hujan menurut PPIUG [4] diambil sebesar $(40 - 0{,}8\alpha)$, dimana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya lebih besar dari 50°. Besarnya beban akibat air hujan dapat diperoleh sebesar $(40 - 0{,}8\alpha)l$, dimana l adalah jarak antar gording.



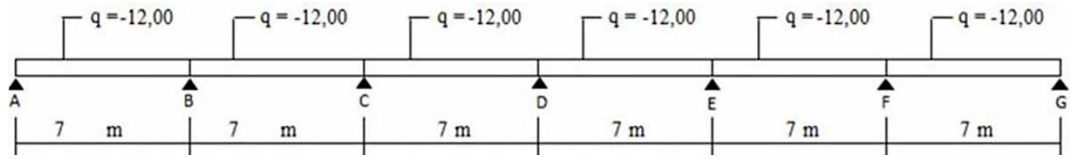
Gambar 8. Pemodelan struktur akibat beban mati



Gambar 9. Pemodelan struktur akibat beban hidup

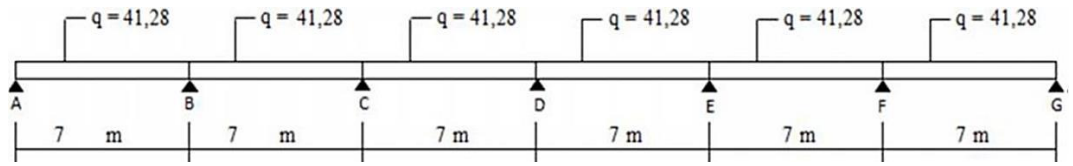


(a)



(b)

Gambar 10. Pemodelan struktur akibat beban angin: (a) angin tekan, (b) angin hisap



Gambar 11. Pemodelan struktur akibat beban hujan

Tabel 2. Hasil analisis distribusi momen akibat beban mati

Ruas	Momen primer (Kg.m)	Angka kekakuan	Faktor distribusi momen	*Free body*		
				Momen maksimal (Kg.m)	Gaya lintang (Kg.m)	Gaya Normal (Kg.m)
AB	± 79,66	298.800.000	A = 1 (jepit)	81,44	-27,8 (x = 0); -144,1 (x = 7)	-8,33
BC	± 79,66	298.800.000	B = 0,5	180,80	69,30 (x = 0); -47,75 (x = 7)	88,81
CD	± 79,66	298.800.000	C = 0,5	106,74	43,27 (x = 0); -73,78 (x = 7)	62,78
DE	± 79,66	298.800.000	D = 0,5	123,18	50,43 (x = 0); -66,81 (x = 7)	69,76
EF	± 79,66	298.800.000	E = 0,5	118,53	48,38 (x = 0); -68,68 (x = 7)	67,89
FG	± 79,66	298.800.000	F = 0,5	119,76	48,88 (x = 0); -68,17 (x = 7)	68,39
-	-	-	G = 0 (sendi)	-	-	-

Tabel 3. Hasil analisis distribusi momen akibat beban hujan

Ruas	Momen primer (Kg.m)	Angka kekakuan	Faktor distribusi momen	*Free body*		
				Momen maksimal (Kg.m)	Gaya lintang (Kg.m)	Gaya Normal (Kg.m)
AB	± 168,56	298.800.000	A = 1 (jepit)	172,32	-58,90 (x = 0); -306,58 (x = 7)	-17,62
BC	± 168,56	298.800.000	B = 0,5	382,55	146,63 (x = 0); -101,04 (x = 7)	187,92
CD	± 168,56	298.800.000	C = 0,5	225,85	91,46 (x = 0); -156,11 (x = 7)	132,84
DE	± 168,56	298.800.000	D = 0,5	260,63	106,32 (x = 0); -141,36 (x = 7)	147,60
EF	± 168,56	298.800.000	E = 0,5	250,79	102,36 (x = 0); -145,31 (x = 7)	143,64
FG	± 168,56	298.800.000	F = 0,5	253,40	103,43 (x = 0); -144,25 (x = 7)	144,71
-	-	-	G = 0 (sendi)	-	-	-

Tabel 4. Hasil analisis distribusi momen akibat beban angin

Ruas	Momen primer (Kg.m)	Angka kekakuan	Faktor distribusi momen	*Free body*		
				Momen maksimal (Kg.m)	Gaya lintang (Kg.m)	Gaya Normal (Kg.m)
AB	± 31,85	298.800.000	A = 1 (jepit)	-32,56	11,13 (x = 0); -57,93 (x = 7)	3,33
BC	± 31,85	298.800.000	B = 0,5	-72,28	-27,70 (x = 0); -19,09 (x = 7)	-33,50
CD	± 31,85	298.800.000	C = 0,5	-42,67	-17,30 (x = 0); 29,50 (x = 7)	-25,10
DE	± 31,85	298.800.000	D = 0,5	-49,24	-20,08 (x = 0); 26,71 (x = 7)	-27,89
EF	± 31,85	298.800.000	E = 0,5	-47,38	-19,34 (x = 0); 27,45 (x = 7)	-27,14
FG	± 31,85	298.800.000	F = 0,5	-47,88	-19,54 (x = 0); 27,25 (x = 7)	-27,34
-	-	-	G = 0 (sendi)	-	-	-

Tabel 5. Hasil analisis distribusi momen akibat beban angin hisap

Ruas	Momen primer (Kg.m)	Angka kekakuan	Faktor distribusi momen	*Free body*		
				Momen maksimal (Kg.m)	Gaya lintang (Kg.m)	Gaya Normal (Kg.m)
AB	± 49	298.800.000	A = 1 (jepit)	-50,09	17,12 (x = 0); 89,12 (x = 7)	5,12
BC	± 49	298.800.000	B = 0,5	-111,20	-42,62 (x = 0); 29,37 (x = 7)	-54,62
CD	± 49	298.800.000	C = 0,5	-65,65	-26,61 (x = 0); 45,38 (x = 7)	-38,61
DE	± 49	298.800.000	D = 0,5	-75,76	-30,90 (x = 0); 41,09 (x = 7)	-42,90
EF	± 49	298.800.000	E = 0,5	-72,90	-29,75 (x = 0); 42,24 (x = 7)	-41,75
FG	± 49	298.800.000	F = 0,5	-73,66	-30,06 (x = 0); 41,93 (x = 7)	-42,06
-	-	-	G = 0 (sendi)	-	-	-

Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan momen maksimal

Momen	Beban Mati	Beban Hujan	Beban Angin		Total
			Tekan	Hisap	
(Batang)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)
AB	81,443	172,321	-32,561	-50,093	271,297
BC	180,805	382,554	-72,285	-111,208	602,282
CD	106,743	225,851	-42,675	-65,654	355,573
DE	123,180	260,630	-49,247	-75,765	410,328
EF	118,531	250,793	-47,388	-72,905	394,840
FG	119,764	253,401	-47,881	-73,663	398,948

Tabel 7. Rekapitulasi perhitungan momen putar

Momen Putar	Beban Mati	Beban Hujan	Beban Angin		Total
			Tekan	Hisap	
(Batang)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)
AB	-8,330	-17,626	3,330	5,124	-27,749
BA	144,900	306,586	-57,930	-89,124	482,679
BC	88,814	187,916	-35,507	-54,627	295,850
CB	47,756	101,044	-19,093	-29,373	159,080
CD	62,785	132,843	-25,101	-38,617	209,144
DC	73,785	156,117	-29,499	-45,383	245,786
DE	69,759	147,599	-27,889	-42,907	232,375
ED	66,811	141,361	-26,711	-41,093	222,555
EF	67,890	143,643	-27,142	-41,757	226,148
FE	68,680	145,317	-27,458	-42,243	228,782
FG	68,394	144,711	-27,344	-42,067	227,829
GF	68,176	144,249	-27,256	-41,933	227,101

Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan gaya lintang

Gaya Lintang	Beban Mati	Beban Hujan	Beban Angin		Total
			Tekan	Hisap	
(Batang)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
AB	-144,900	-306,586	57,930	89,124	-482,679
BC	-47,756	-101,044	19,093	29,373	-159,080
CD	-73,785	-156,117	29,499	45,383	-245,786
DE	-66,811	-141,361	26,711	41,093	-222,555
EF	-68,680	-145,317	27,458	42,243	-228,782
FG	-68,176	-144,249	27,256	41,933	-227,101

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan gaya normal

Gaya Normal	Beban Mati	Beban Hujan	Beban Angin		Total
			Tekan	Hisap	
(Batang)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)	(Kg.m)
AB	-8,330	-17,626	3,330	5,124	-27,749
BC	88,814	187,916	-35,507	-54,627	295,850
CD	62,785	132,843	-25,101	-38,617	209,144
DE	69,759	147,599	-27,889	-42,907	232,375
EF	67,890	143,643	-27,142	-41,757	226,148
FG	68,394	144,711	-27,344	-42,067	227,829

Gambar 8-Gambar 11 diatas merupakan pemodelan dari struktur akibat beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan. Setelah dilakukan perhitungan pembebananan, selanjutnya dilakukan analisis dimensi gording dengan menggunakan metode distribusi momen. Hasil analisis tersebut untuk keempat jenis pembebanan tersaji pada Tabel 2-Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan momen maksimal, momen putar, gaya lintang, dan gaya normal juga tersaji pada Tabel 7-Tabel 9. Dari hasil analisis pembebanan tersebut, selanjutnya dilakukan analisis kontrol kapasitas penampang. Hasil perhitungan menunjukan nilai tegangan terhadap lendutan sebesar 838,27 Kg/cm^2 dimana lebih kecil dari tegangan ijin 1600 Kg/cm^2, sedangkan besarnya tegangan terhadap tekuk diperoleh sebesar 166,44 Kg/cm^2 dimana lebih kecil dari tegangan ijin 1600 Kg/cm^2. Dengan demikian profil LLC pada gording baja tersebut dapat dikatakan cukup aman.

V. KESIMPULAN

Studi analisis gording baja profil LLC pada pembangunan gedung Auto2000 di Kabupaten Sukabumi telah dibahas pada makalah ini. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode distribusi momen. Dari hasil perhitungan pembebanan, yaitu beban mati, beban hidup, beban angin (tekan dan hisap), serta beban hujan, maka profil LLC tersebut dapat dikatakan cukup aman dengan nilai tegangan terhadap lendutan sebesar 838,27 Kg/cm^2 dimana lebih kecil dari tegangan ijin 1600 Kg/cm^2, dan besarnya tegangan terhadap tekuk diperoleh sebesar 166,44 Kg/cm^2 dimana lebih kecil dari tegangan ijin 1600 Kg/cm^2.

REFERENSI

[1] Oentoeng, *Konstruksi Baja*, Yogyakarta: Andi, 1999

[2] Rene A, Brude K, Atanu M, *Perencanaan Konstruksi Baja untuk Insinyur 1*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2000

[3] Agus S, *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD*, Jakarta: Erlangga, 2008

[4] Departemen PU, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG)*, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983

[5] Departemen PU, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*, Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 2002

Kajian Pengelolaan Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Perguruan Tinggi: Studi Kasus Universitas Negeri Jakarta

Irika Widiasanti[1], R. Eka Murti Nugraha[2]
[1,2]Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur, Indonesia
irika@unj.ac.id

Abstrak

Pemeliharaan dan perawatan bertujuan agar bangunan dapat beroperasi dengan baik sehingga pengguna merasa nyaman, yang selanjutnya akan membantu dalam meningkatkan pendapatan pengelola bangunan. Dalam melaksanakan pemeliharaan dan perawatan gedung, banyak hal yang harus dilakukan agar gedung tersebut tetap mempunyai nilai investasi yang tinggi. Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang tepat mengenai perawatan gedung yang telah dilakukan di lingkungan UNJ. Sementara itu, secara khusus penelitian bertujuan untuk dapat melihat sejauh mana pelaksanaan dan pengelolaan perawatan dan pemeliharaan gedung. Metode yang digunakan adalah survey. Teknik ini digunakan untuk mengukur pengelolaan perawatan gedung yang dilakukan di lingkungan FT UNJ. Populasi penelitian adalah para pengambil keputusan di lingkungan FT UNJ dengan sampel para ketua Jurusan dan ketua Program Studi sebagai pihak yang paling mengetahui kondisi bangunan dan dana yang tersedia untuk pemeliharaan dan perawatan gedung. Teknik analisis data menggunakan teknik deskriptif membandingkan sederhana dan uji Analisis Varian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelaksanaan pengelolaan pemeliharaan dan perawatan gedung di FT UNJ, telah dilakukan dengan baik. Hal ini terlihat juga dari sebagian besar responden yang berpendapat bahwa pelaksanaan tersebut telah dilakukan dengan baik.

Kata kunci: pemeliharaan gedung, perawatan gedung

Abstract

Handling and maintenance of the buildings aim to operate properly so that users feel comfortable, which will further help in increasing revenue building managers. In carrying out the maintenance and upkeep of buildings, many things must be done so that the building still has a high investment value. In general, this study aimed to get an exact picture of the building maintenance that has been done in the Universitas Negeri Jakarta. Meanwhile, specifically this research aim to see the extent implementation and management of the handling and maintenance of the building. The method used was survey. This technique is used to measure the management of building maintenance is done in FT UNJ. The study population was the decision makers in FT UNJ with the chairman and the chairman of the Department of Studies Program as the most know the condition of the building and the funds available for maintenance and upkeep of the building. The data was analysed using simple descriptive techniques to compare and test Variant Analysis. The results show that the implementation of maintenance management and maintenance of buildings in the FT UNJ has done well. This is evident also from the majority of respondents found that implementation has been done well.

Keywords: *Handling and maintenance of the building*

I. PENDAHULUAN

Mengelola gedung perkantoran, mal, atau apartemen tidaklah mudah. Bahkan, dibutuhkan pengetahuan yang cukup mendalam mengenai seluk beluk pengelolaan gedung bertingkat tersebut. Termasuk di dalamnya pemeliharaan gedung. Pada dasarnya pemeliharaan gedung gedung meliputi 1) masa pemeliharaan; 2) biaya pemeliharaan; 3) prioritas pemeliharaan; dan 4) korelasi antara masa pemeliharaan, biaya, dan prioritas [1]. Tanpa adanya kegiatan pemeliharaan dan perawatan bangunan, fungsi suatu bangunan akan mengalami penurunan seiring berjalanya waktu [2]. Program pemeliharaan dan perawatan bertujuan agar bangunan dapat beroperasi dengan baik sehingga

Diterima: 10 November 2016; Direvisi: 15 November 2016; Disetujui: 2 Desember 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

pengguna merasa nyaman, yang selanjutnya akan membantu dalam meningkatkan pendapatan pengelola bangunan [3].

Bagi suatu perguruan tinggi, gedung merupakan salah satu sarana yang sangat penting dan dapat dikatakan merupakan jantung perguruan tinggi tersebut dalam melakukan aktivitas proses pembelajaran. Sebuah gedung pendidikan selain menjadi sarana dalam proses pembelajaran, keberadaan gedung juga menjadi daya tarik tertentu dan nilai jual bagi perguruan tinggi tersebut. Apalagi jika gedung yang dimiliki mempunyai gaya artistik yang indah, modern dan terawat. Sehingga membuat kesan merasa enak dan nyaman untuk belajar atau bekerja di perguruan tinggi tersebut.

Penelitian ini merupakan studi kasus pada Universitas Negeri Jakarta (UNJ), yang memiliki lebih dari sepuluh buah gedung berlantai lebih dari empat yang usianya sudah melampaui umur ekonomisnya yaitu rata-rata lebih dari 40 tahun. Hal inipun jika melihat historisnya, beberapa gedung tidak diperuntukkan sebagai ruang kuliah tetapi sebagai gedung laboratorium dan bengkel yang memerlukan spesifikasi khusus, sehingga memerlukan perawatan ekstra.

Dalam melaksanakan perawatan gedung, banyak hal yang harus dilakukan agar gedung tersebut tetap mempunyai nilai investasi yang tinggi. Berdasarkan masalah yang dipaparkan pada latar belakang, dapat diidentifikasikan beberapa masalah yang berhubungan dengan keadaan gedung di UNJ, diantaranya: (1) bagaimana pengalokasi pembiayaan untuk pemeliharaan fasilitas yang ada pada gedung di UNJ?; (2) bagaimana sistem inventarisasi tingkat kerusakan utilitas utama dan pendukungnya?; (3) bagaimana pelaksanaan kebersihan di lingkungan gedung UNJ?; (4) Bagaimanakah penjadwalan perbaikan dan pemeliharaan gedung apakah sesuai dengan prioritas?; (5) bagaimana prosedur perawatan gedung UNJ; (6) bagaimana tingkat pengetahuan untuk standar perawatan gedung bagi para pengambil keputusan di lingkungan Fakultas Teknik UNJ?.

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut: bagaimana tingkat pengetahuan untuk standar perawatan gedung bagi para pengambil keputusan di lingkungan Fakultas Teknik UNJ?. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberi masukan dalam upaya mengembangkan kemampuan perawatan dan pemeliharaan gedung sehingga dapat membantu pengambil keputusan dalam pengalokasian pembiayaan untuk pemeliharaan dan perawatan gedung. Pelaksanaan perawatan dan pemeliharaan gedung yang terarah, dapat membuat rasa nyaman di lingkungan masing-masing.

II. STUDI PUSTAKA

Banyak orang yang beranggapan bahwa *maintenance* adalah suatu tindakan perbaikan pada suatu peralatan atau benda jika benda tersebut mengalami kerusakan. Oleh karenanya masih banyak orang yang mengatakan bahwa bagian teknik adalah bagian "*repair and maintenance*". Padahal anggapan tersebut kurang tepat.

Ada tiga macam cara dalam *maintenance* (perawatan), yaitu:

1) Breakdown Maintenance: pada cara ini peralatan dibiarkan berjalan secara terus menerus sampai peralatan tersebut rusak. Dengan kata lain peralatan tersebut tidak dapat digunakan karena rusak.

2) Preventive Maintenance: pada cara ini dilakukan inspeksi berkala terhadap peralatan yang ada.

3) Predictive Maintenance: cara ini melaksanakan pemeriksaan keadaan peralatan dengan menggunakan alat tertentu secara berkala. Jika terdapat tanda-tanda tidak baik, baru diadakan perbaikan.

Pada umumnya cara kedua adalah sistem yang sering dipilih. Hal ini disebabkan karena cara pertama seharusnya tidak boleh terjadi. Sedangkan cara ketiga biasanya memerlukan biaya yang lebih tinggi. Tidak ada satu gedungpun yang betul-betul sama dalam ukuran, umur, jenis peralatan dan lain-lainnya. Tetapi hal ini tidaklah berarti bahwa tidak ada sistem yang dapat mengatur serta mengelola dalam hal merawat gedung.

Prinsip dan tujuan dasar yang ingin diterapkan dalam sistem ini adalah untuk mengurangi kerusakan sedini mungkin dan memperpanjang umurnya dengan memeriksa secara teratur. Seluruh peralatan yang terpasang pada gedung, termasuk gedung itu sendiri, umumnya telah dirancang agar dapat bertahan selama mungkin. Tujuan ini dapat tercapai jika cara perawatannya dilakukan dengan baik dan mengikuti petunjuk dan aturan yang telah ditetapkan.

Pemeliharaan dan perawatan merupakan dua hal yang berbeda. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung [4]: (1) Pemeliharaan bangunan gedung adalah kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarananya agar bangunan gedung selalu laik fungsi; (2) Perawatan bangunan gedung adalah kegiatan memperbaiki

dan/atau mengganti bagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan/atau prasarana dan sarana agar bangunan gedung tetap laik fungsi.

Seiring dengan berjalannya waktu, terjadi banyak perubahan fisik pada bangunan gedung yang sudah jadi. Oleh karena itu, perlu adanya perhatian yang lebih terhadap bangunan tersebut. Hal ini dapat diwujudkan dengan dilakukannya kegiatan pemeliharaan bangunan gedung. Namun seringkali kegiatan pemeliharaan ini hanya dilakukan bila terdapat masalah pada bangunan tersebut saja [5]. Terbatasnya dana merupakan salah satu penyebab dimana kegiatan pemeliharaan ini seringkali dilupakan.

Pada umumnya pemeliharaan gedung dibagi menjadi tiga jenis yaitu pemeliharaan ringan, sedang, berat. Pemeliharaan berat umumnya dilakukan setelah usia pakai bangunan mencapai ± 20 tahun, oleh karena itu pemeliharaan penting dilakukan secara periodik melalui mekanisme pemeliharaan yang terintegrasi [6].

Secara umum, tugas-tugas yang dilakukan dalam perawatan gedung adalah [7]:

1. Memelihara seluruh fasilitas yang ada di dalam gedung berikut peralatan yang ada agar para pengguna dan pemilik gedung merasa nyaman tinggal di dalamnya.
2. Menjaga nilai asset gedung atas nama pemilik.
3. Merubah atau memodifikasi peralatan dan keadaan gedung jika diperlukan.
4. Memasang peralatan baru jika diperlukan.
5. Menyediakan sarana utilities dan penyalurannya.
6. Menjaga kebersihan dan keselamatan kerja baik di dalam maupun di luar gedung.

Lingkup pemeliharaan bangunan gedung (Permen PU Nomor 24 Tahun 2008), adalah: Arsitektural, Struktural, Mekanikal, Elektrikal, Tata Ruang Luar, Tata Grha (*housekeeping*).

Kualitas pelayanan pemeliharaan adalah kemampuan organisasi untuk memenuhi atau mengatasi harapan penlanggan atau pengguna yang diterjemahkan sebagai keinginan dan kehendak pelanggan [8].

III. METODOLOGI

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang tepat mengenai perawatan gedung yang telah dilakukan di lingkungan UNJ. Sementara itu secara khusus penelitian bertujuan untuk dapat melihat sejauh mana pelaksanaan dan pengelolaan perawatan dan pemeliharaan gedung di Fakultas Teknik.

Tabel 1. Kisi-kisi Kuesioner

No.	Pernyataan
1	Divisi pemeliharaan gedung
2	Bidang kebersihan
3	Jasa perusahaan lain
4	*Person* khusus untuk perawatan
5	Perencanaan waktu perawatan
6	Anggaran perawatan
7	Jadwal perawatan
8	*Job description*
9	Petugas untuk tiap jenis pekerjaan
10	Pelatihan petugas
11	Gambar kerja
12	Monitoring
13	Ketersediaan bahan dan alat
14	Kepemilikan peralatan
15	Pencatatan pelaksanaan
16	Riwayat pemeliharaan dalam periode tertentu
17	Anggaran periodik
18	Pelaksanaan hanya pada saat diperlukan
19	Pengadaan material
20	Koordinasi pekerjaan

Metode yang digunakan adalah survey. Teknik ini digunakan untuk mengukur pengelolaan perawatan gedung yang dilakukan di lingkungan FT UNJ. Sampel penelitian adalah para ketua Jurusan dan ketua Program Studi sebagai pihak yang paling mengetahui kondisi bangunan dan dana yang tersedia untuk pemeliharaan dan perawatan gedung. Populasi penelitian tersebut berjumlah 18 orang dengan Sampel yang terkumpul berjumlah 16 orang. Selain observasi lapangan digunakan pula instrumen yang berbentuk kuesioner. Instrumen yang berbentuk kuesioner (berisi pernyataan-pernyataan) digunakan pada variabel pelaksanaan dan pengelolaan perawatan gedung. Kisi-kisi instrumen dapat dilihat pada Tabel 1. Observasi dilakukan guna melengkapi data-data yang mungkin tidak tertangkap oleh kuesioner yang berupa wawancara maupun dokumentasi. Instrumen yang berbentuk kuesioner diberikan kepada sampel. Penggunaan instrumen dilihat pula validitas dan reliabitasnya. Teknik analisis data menggunakan teknik deskriptif membandingkan sederhana dan uji Analisis Varian. Rumus varian adalah [9]:

$$S^2 = \sum \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{df} \quad (1)$$

Keterangan:
S^2 = varian sampel
Y_i = nilai $Y_1, Y_2 \ldots Y_i$
$\bar{Y}$ = rata-rata Y
df = derajat bebas (n – 1)
n = jumlah sampel

Tabel 2. Kategori penilaian

Skor	Kategori
Skor ≥ M + 1,5SD	Sangat baik
M ≤ skor < M + 1,5 SD	Baik
M -1,5SD ≤ skor < M	Cukup
Skor < M - 1,5SD	Kurang

Adapun variabel yang diteliti adalah sebagai berikut: (1) pelaksanaan perawatan gedung; (2) pengelolaan perawatan gedung. Berdasarkan data yang diperoleh dibandingkan variabel-variabel tersebut dari masing-masing jurusan sehingga terlihat sejauh mana penerapan perawatan gedung di FT UNJ.

Data yang diperoleh dideskripsikan dengan mentabulasikan menurut masing-masing variabel dengan menggunakan bantuan program SPSS, sehingga didapat harga rerata (M), median (Me), modus (Mo), dan simpangan baku (SD). Untuk mendeskripsikan atau mengetahui penerapan pelaksanaan, pengelolaan perawatan gedung, digunakan skor rerata sebagai norma perbandingan dengan empat kategori. Pembagian empat kategori menurut [10] tersaji pada Tabel 2.

Persyaratan analisis dilakukan untuk memenuhi apakah data yang dikumpulkan memenuhi syarat untuk dianalisis dengan statistik yang digunakan. Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji beda. Dalam penggunaan teknik tersebut, data harus memenuhi persyaratan homogen. Analisis ini untuk mengetahui apakah data yang dikumpulkan berasal dari populasi yang homogen. Dengan bantuan program SPSS dengan uji levene, didapat variabel mana yang termasuk homogen dengan ketentuan signifikansinya p > 0,05.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik Perawatan Gedung bukanlah pendekatan sistem sederhana yang hanya terdiri dari jadwal pekerjaan, jadwal inspeksi dan lain-lain, tetapi mengandung suatu pola pikir atau konsep tertentu. Konsep tersebut hanya dapat diadaptasikan dan dilaksanakan dengan baik melalui perencanaan dan pengelolaan yang baik dan terpadu. Masalah keterpaduan penting untuk diperhatikan mengingat setiap pemilik atau pemakai gedung, yang bernaung dalam suatu organisasi, pada umumnya cenderung mengejar tujuan dan mutunya masing-masing. Agar upaya itu efektif, maka perawatan gedung membutuhkan suatu sistem yang dapat menghubungkan dan mengintegrasikan secara terpadu berbagai subsistem yang ada dalam organisasi itu.

Berdasarkan hal tersebut, maka dapat diduga bahwa pelaksanaan dan pengelolaan perawatan gedung yang baik dan efektif, menghasilkan kondisi serta keadaan lingkungan pada gedung tersebut menjadi nyaman dan indah dilihat. Selain itu juga dapat mencerminkan karakteristik dari organisasi yang mengelola gedung tersebut.

Menurut SK Gubernur DKI Jakarta Nomor 1503 tahun 1997, syarat-syarat gedung yang harus dirawat atau dipelihara sesuai dengan adalah bangunan gedung 4 lantai ke atas, bangunan gedung sekolah, bangunan rumah sakit, bangunan pergudangan dan industri, bangunan hotel, bangunan komersial, pusat hiburan, gedung pertemuan, bangunan olah raga dan rekreasi, pasar, dan bangunan lain yang besar dan luas. UNJ sebagai salah satu institusi pendidikan di Jakarta, tentunya harus mengikuti aturan tersebut.

Pelaksanaan Pengelolaan, Pemeliharaan dan Perawatan Gedung di lingkungan FT UNJ adalah sebagai berikut: berdasarkan angket yang dilakukan peneliti diperoleh data dengan rentangan skor tertinggi 15 dan terendah 2. Skor tertinggi yang mungkin dicapai 20 dan terendah 0. Sementara itu, harga mean (M) diperoleh sebesar 10,12, median (Me) sebesar 11, standar deviasi 3,57, dan varians 12,78. Variabel dalam proses perawatan gedung dapat dikategorikan menjadi empat bagian yaitu sangat baik, baik, cukup, dan kurang. Atas dasar nilai rerata dan besarnya standar deviasi, kategori sangat baik, baik, cukup, dan kurang harus mencakup nilai yang sesuai dengan syarat kategori. Kategori sangat baik mencakup skor tertinggi sampai dengan rerata ditambah dengan 1,5 standar deviasi, yang besarnya 20 sampai dengan 15. Berdasarkan data yang terkumpul, kategori sangat baik diperoleh 12,50% dari 16 responden. Kategori baik mencakup skor rerata ditambah 1,5 standar deviasi sampai dengan rerata, yang besarnya 15 sampai dengan 10. Berdasarkan data yang terkumpul, data yang termasuk kategori baik diperoleh 50,00% dari 16 responden. Kategori cukup mencakup skor rerata sampai dengan rerata dikurangi 1,5 standard deviasi, yang besarnya sampai dengan 5. Data yang termasuk kategori cukup diperoleh 31,25% dari 16 responden. Kategori kurang mencakup skor rerata dikurangi 1,5 standard deviasi sampai dengan nilai terkecil, yang besarnya 5 sampai dengan 0. Berdasarkan data yang terkumpul, data yang termasuk kategori cukup diperoleh 6,25% dari 16 responden. Dari uraian tersebut dapat dibuat tabel sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Data Pengelolaan Pemeliharaan dan Perawatan Gedung

No.	Kategori	Frekuensi	%
1	Sangat Baik	2	12,50
2	Baik	8	50,00
3	Cukup	5	31,25
4	Kurang	1	6,25
Total		16	100,00

Persentasi kategori data pelaksanaan pengelolaan pemeliharaan dan perawatan gedung menunjukkan bahwa pelaksanaan tersebut baik karena mencapai 50,00% jika dibandingkan dengan kategori lain. Ini membuktikan bahwa FT UNJ telah melaksanakan pengelolaan pemeliharaan dan perawatan gedung dengan baik.

Dengan dilakukannya kegiatan pemeliharaan secara berkala akan mengurangi risiko pengeluaran biaya akibat kerusakan gedung di kemudian hari. Gedung yang dipelihara dengan baik dan benar juga akan meningkatkan mutu dari lingkungan hidup, baik di dalam maupun di luar gedung, dengan kata lain pemeliharaan gedung yang baik akan memberikan perasaan nyaman, aman, tenang dan bersih kepada masing-masing individu sehingga dapat meningkatkan produktivitas kerja [5].

V. KESIMPULAN

Berdasarkan deskripsi pelaksanaan pengelolaan pemeliharaan dan perawatan gedung di FT UNJ, dapat dijelaskan bahwa pelaksanaan perawatan gedung tersebut telah dilakukan dengan baik. Hal ini terlihat juga dari sebagian besar responden yang berpendapat bahwa pelaksanaan tersebut telah dilakukan dengan baik.

REFERENSI

[1] Hajji, A. P. I. F., and A. N. G. G. A. Suharsono. "A Study on the Characteristics of Building Maintenance on Public Universities in Malang City" *Applied Mechanics & Materials 845*, 2016

[2] Arafat, Mohammad Fathan. "Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Fakultas Teknik Universitas Jember", Universitas Jember, 2016

[3] F. Faisal, "Peranan Biaya Pemeliharaan dan Perbaikan Dalam Meningkatkan Pendapatan Operasional Rumah Sakit AL ISLAM Bandung", Universitas Widyatama, 2008

[4] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung, 2008

[5] Mahfud, "Manajemen Pemeliharaan Bangunan Gedung Sekolah (Studi Kasus Gedung SLTA di Balikpapan)", *Jurnal Sains Terapan*, Vol. 1, No. 1, pp. 7-18, 2015

[6] Usman, Kristianto, Restita Winandi, "Kajian Manajeman Pemeliharaan Gedung (*Building Maintenance*) di Universitas Lampung", *Jurnal Rekayasa*, Vol. 13, No. 2, pp. 157-166, 2009

[7] Soedarto, "Teknik Pemeliharaan Gedung", 1998

[8] A. A. Rahman and R. Alinda, "Servqual dalam Penelitian Kualitatif Servis sistem Maklumat", University Technologi Malaysia, 2008

[9] Sugiyono, *Metode Penelitian Bisnis*, Alfabeta: Bandung, 2002

[10] Saifudin, Azwar. *Sikap manusia teori dan pengukurannya*, Pustaka Pelajar: Yogyakarta, 2007

Analisis Karakteristik Perangkat Keras Pengubah Frekuensi ke Tegangan untuk Pengukuran Kecepatan MASTS

Arif Sumardiono
Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 45
Jl. Perjuangan No. 17 Cirebon, Indonesia
arif_elektro@yahoo.com

Abstrak

Makalah ini menjelaskan proses analisis karakteristik perangkat keras pengubah frekuensi ke tegangan pada Motor Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS) untuk proses pengukuran kecepatan motor tersebut. Sensor yang digunakan pada MASTS adalah sensor *hall* dengan input perubahan medan magnet dan output frekuensi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kelayakan perangkat keras tersebut jika digunakan untuk mengukur kecepatan MASTS. Kriteria pengujian yang digunakan yaitu sensistifitas, akurasi, kepresisian dan histerisis. Hasil pengujian menunjukan dengan input frekuensi dari AF Generator sebagai sumber ideal didapatkan sensitifitas 0,0096 V/Hz, akurasi 99,8%, kepresisian 99,81 %, dan histeresis dengan galat 0,02%, sedangkan hasil pengukuran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS didapatkan sensitifitas 0,0095 V/Hz, akurasi 99,6%, kepresisian 99,6%, dan histeresis dengan galat 0,4%.

Kata kunci: MASTS, sensor *hall*, frekuensi, tegangan, kecepatan

Abstract

This paper describes the analytical process of characteristics a frequency to voltage hardware converter on Brushless Direct Current Motor (BLDC) for motor's speed measurement. The sensor used on this motor is hall sensor with the input is magnetic field changes and the output is a frequency. This study aims to test the feasibility of this hardware to be used for speed measurement. Sensors characteristics that tested are sensitivity, accuracy, precision and hysteresis. The test results shows that, the input frequency from AF Generator as an ideal frequency obtained sensitivity by 0.0096 V/Hz, accuracy 99.8%, precision 99.81%, and hysteresis with error by 0.02%, while the measurement results with input from hall sensor obtained sensitivity by 0.0095 V/Hz, accuracy 99.6%, precision 99.6% and hysteresis with error by 0.4%.

Keywords: *BLDC, hall sensor, frequency, voltage, speed*

I. PENDAHULUAN

Motor Arus Searah Tanpa Sikat (MASTS) merupakan salah satu jenis motor listrik yang menggunakan metode komutasi untuk mengerakannya. Sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan MASTS salah satunya adalah sensor *hall*. Cara kerja dari sensor yaitu mendeteksi perubahan medan magnet ketika MASTS bergerak. Tanpa adanya sistem sensor yang baik maka tidak akan diketahui berapa kecepatan putaran MASTS sebenarnya. Motor magnet tanpa sikat dari eksitasinya dapat dioperasikan dalam tiga kondisi, yaitu sebagai motor AC sinkron dan motor *stepper*. Motor magnet permanen tiga fasa dapat dikondisikan sebagai MASTS. Pengoperasian sebagai motor MASTS diperlukan saat motor berada saat kecepatan menengah yang sering berubah-ubah. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan perangkat keras pengubah frekuensi ke tegangan pada MASTS dan melakukan analisis karakteristik perangkat keras tersebut.

Sistem sensor yang digunakan dalam mengukur kecepatan MASTS sangat berpengaruh terhadap penggunaan motor MASTS. Tanpa adanya sistem sensor kecepatan tidak dapat diketahui berapa kecepatan putaran motor yang digunakan. Perangkat keras pengubah frekuensi ke tegangan (*F to V*) digunakan untuk pembacaan sensor *hall* pada motor MASTS. Penggunaan *F to V* pada penelitian ini dimaksudkan untuk menguji coba apakah menggunakan *F to V* dapat meningkatkan serta mempermudah pengukuran kecepatan MASTS.

Diterima: 26 Agustus 2016; Direvisi: November 2016; Disetujui: Desember 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

II. PERANGKAT KERAS

A. *MASTS*

MASTS sangat populer digunakan di dunia indutri, automotif (Gambar 1). MASTS lebih handal dan dapat digunakan dalam kondisi lingkungan terburuk dibandingkan dengan motor yang menggunakan sikat. Kontrol pada MASTS dikategorikan menjadi tiga jenis yaitu: beban konstan, beban variasi, dan aplikasi *positioning* [1].

MASTS menggunakan bahan semikonduktor untuk merubah maupun membalik arah putaran untuk menggerakan motor, serta tingkat kebisingan motor jenis ini rendah karena putarannya halus. MASTS memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akibat tidak digunakannya sikat [2]. Jika dibandingkan dengan motor induksi, MASTS memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor terbuat dari magnet permanen [3].

Untuk mendapatkan torsi dan kecepatan yang konstan, diperlukan tiga buah sensor *hall*. Pada sensor *hall*, *timing* komutasi ditentukan dengan cara mendeteksi medan magnet rotor dengan menggunakan tiga buah sensor *hall* untuk mendapatkan enam kombinasi *timing* yang berbeda [4]. Beberapa keuntungan MASTS dibandingkan dengan motor DC biasa, adalah:

1. Lebih tahan lama, karena tidak memerlukan perawatan terhadap sikatnya
2. Memiliki tingkat efisiensi yang tinggi
3. Torsi awal yang tinggi
4. Kecepatan yang tinggi, tergantung pada kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh arus yang dibangkitkan dari kendali penggeraknya

Walaupun MASTS memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan motor DC biasa, pengendalian MASTS lebih rumit untuk mengatur kecepatan dan torsi motor.



Gambar 1. MASTS dilengkapi dengan roda

B. *Sensor Hall*

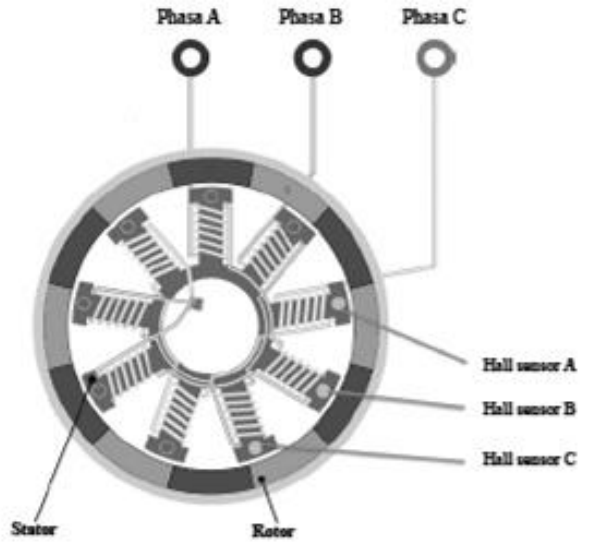
Untuk estimasi posisi rotor, motor ini dilengkapi dengan tiga sensor *hall* yang ditempatkan setiap 120° [5]. Dengan sensor ini ada enam komutasi yang mungkin berbeda (Gambar 2). Penelitian ini mengunakan komutasi dua fasa seperti Tabel 1.

C. *Arduino Uno*

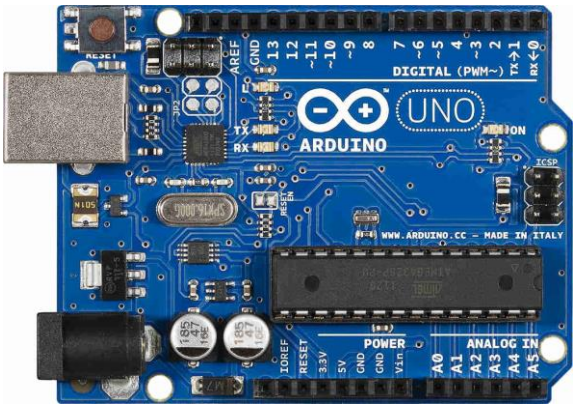
Arduino adalah sebuah *platform* elektronika *open source* yang memiliki fleksibilitas, serta mudah dalam menggunakan perangkat keras dan perangkat lunaknya. Arduino Uno (Gambar 3) merupakan papan mikrokontroler yang menggunakan Atmega328 sebagai jenis mikrokontrolernya. Arduino Uno memiliki 14 pin *digital input* dan *output*, 6 pin *input analog*, 16 MHz *ceramic resonator*, sebuah koneksi *Universal Serial Bus* (USB), sebuah *Power Jack*, sebuah *ICSP header*, dan tombol *reset*. Semua ini diperlukan utuk mendukung mikrokontroler, agar dengan mudah dapat terhubung ke sebuah komputer dengan kabel USB atau tegangan DC dengan menggunakan adapter atau baterai untuk menjalankannya.

Tabel 1. Komutasi pensaklaran 2 fasa

Hall Sensor	Fasa terminal			kombinasi (2 fasa)
	K	B	H	
100	+	NC	-	010010
101	NC	+	-	000110
001	-	+	NC	100100
011	-	NC	+	100001
010	NC	-	+	001001
110	+	NC	+	011000



Gambar 2. Ilustrasi kontruksi MASTS dengan sensor *hall*

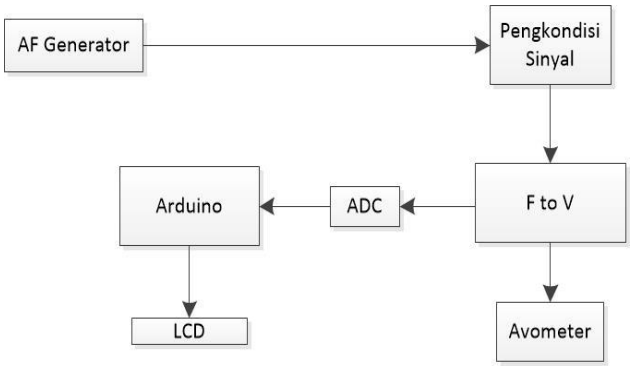


Gambar 3. Papan Arduino Uno

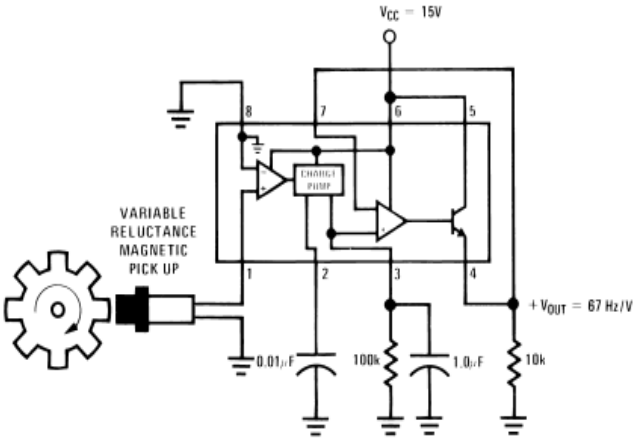
III. PERANCANGAN SISTEM

Pada paper ini, dilakukan penelitian hanya pada pengujian frekuensi ke tegangan untuk pembacaan kecepatan motor MASTS dengan input frekuensi dari MASTS dan keluaran dalam bentuk tegangan serta nilai ADC. Pengujian dilakukan dengan dua percobaan pada perangkat keras pengubah frekuensi ke tegangan, yaitu percobaan pertama menggunakan input frekuensi dari *Analog Function Generator* (AFG) seperti Gambar 4 dan percobaan kedua menggunakan input frekuensi keluaran dari sensor *hall* MASTS seperti Gambar 6.

Sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan yaitu sensor *hall* dengan keluaran frekuensi berbentuk gelombang pulsa. Untuk mendapatkan data kecepatan motor MASTS, maka keluaran frekuensi pulsa dari sensor hall dikonversi ke tegangan 0-5V. Konversi frekuensi ke tegangan dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian

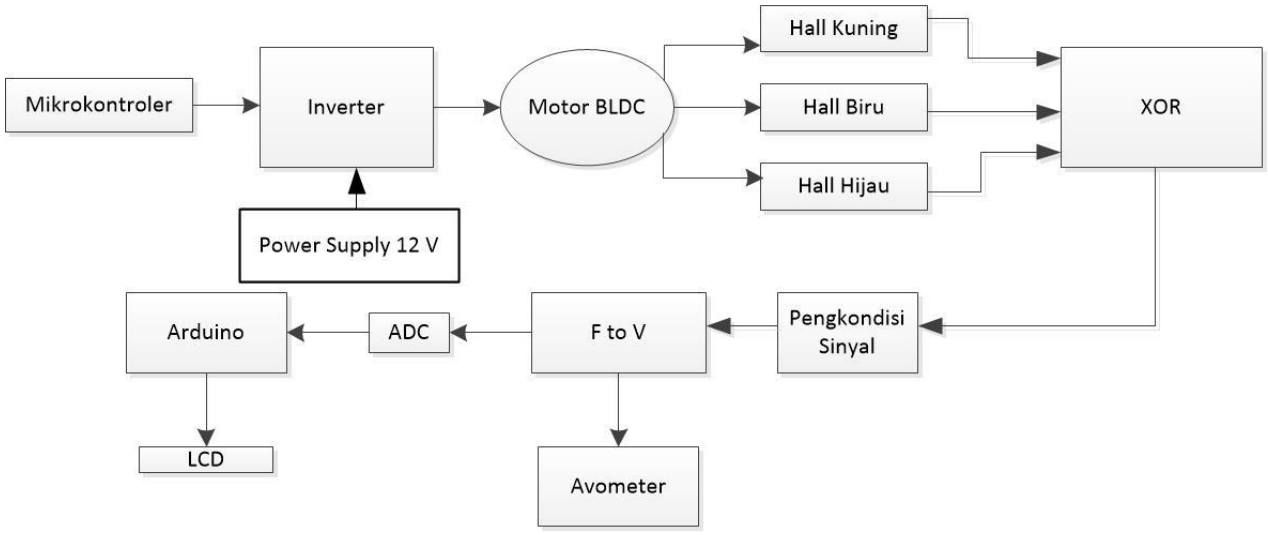


Gambar 4. Sistem pembacaan pengubah frekuensi ke tegangan menggunakan input frekuensi dari AFG

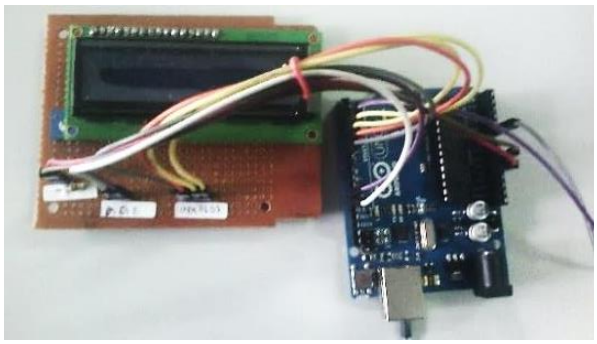


Gambar 5. Rangkaian konverter frekuensi ke tegangan (LM2907 *datasheet*)

konverter frekuensi ke tegangan. Pada perancangan ini, rangkaian frekuensi ke tegangan yang digunakan adalah IC LM2907 dengan skematik rangkaian seperti Gambar 5.



Gambar 5. Sistem pembacaan pengubah frekuensi ke tegangan menggunakan input frekuensi keluaran dari sensor *hall* MASTS



Gambar 7. Diplay pengukuran LCD JD16

Frekuensi input dikonversi menjadi tegangan DC. Kemudian dalam setengah siklus dari frekuensi input, perubahan muatan terhadap waktu pada kapasitor sama dengan:

$$\Delta Q = C\ x\ \frac{V_{cc}}{2} \qquad (1)$$

dimana ΔQ adalah perubahan muatan, C adalah kapasitansi, dan V_{cc} adalah tegangan catu daya. Seperti diketahui bahwa besarnya arus yang dikeluarkan kapasitor dalam satuan waktu adalah:

$$I_c = \frac{\Delta Q}{T} \qquad (2)$$

dimana I_c adalah arus kapasitor dan T adalah waktu. Berdasarkan kedua persamaan tersebut, maka diperoleh:

$$I_c = C\ x\ \frac{V_{cc}}{2}\ x\ (2f_{in}) = C\ x\ V_{cc}\ x\ f_{in} \qquad (3)$$

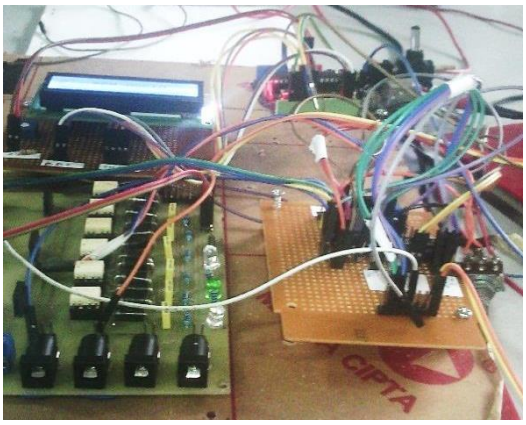
sehingga jika I_c dirubah menjadi tegangan keluaran (V_{out}) maka diperoleh:

$$V_{out} = V_{cc}\ x\ f_{in}\ x\ C\ x\ R \qquad (4)$$

dimana:

V_{out} = tegangan keluaran yang dihasilkan (V)
V_{cc} = tegangan catu daya IC LM2907 (V)
f_{in} = frekuensi input (Hz)
C = nilai kapasitor pada kaki 2 (Farad)
R = nilai resistor pada kaki 3 (Ohm)

Agar diperoleh keluaran tegangan 0-5V maka harus ditentukan terlebih dahulu nilai R dan C. Pada perancangan ini terlebih dahulu ditentukan *range* frekuensi kerja dari MASTS. *Range* frekuensi diperoleh dengan cara mengukur frekuensi maksimum dan minimum. Nilai R dihitung menggunakan rumus (4) dengan V_{out} dan V_{cc} sebesar 5V, f_{in} maksimum 520 Hz, dan C dengan nilai 0,01µF. Berdasarkan (4), maka digunakan resistor dengan nilai 49 kΩ. Pada perancangan ini juga digunakan sebuah LCD JD16 sebagai *display* pengukuran kecepatan MASTS (Gambar 7 dan Gambar 8).



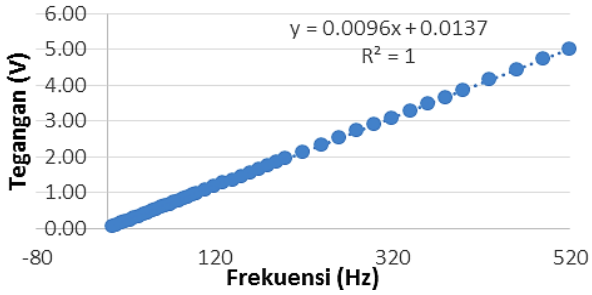
Gambar 8. *Driver* motor dan perangkat keras F to V

Pada mikrokontroler, tegangan yang masuk dikonversi terlebih dahulu menjadi data digital. Pin analog input Arduino Uno dapat menerima nilai hingga 10 bit sehingga dapat mengkonversi data analog 5V menjadi data digital 1023. Artinya nilai 0 mempresentasikan tegangan 0 Volt dan nilai 1023 mempresentasikan tegangan 5 Volt.

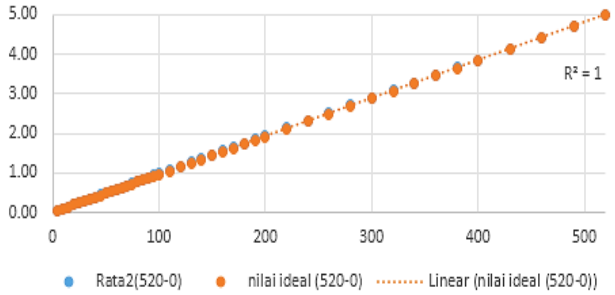
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Input Frekuensi dari AFG

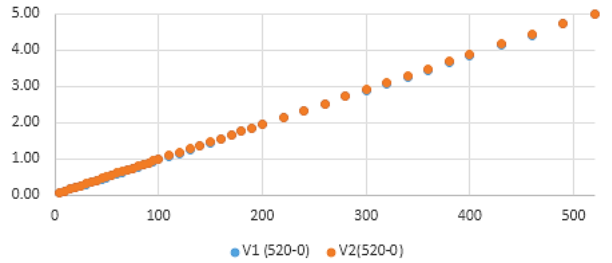
Pengujian pertama pengubah frekuensi ke tegangan yaitu menggunakan frekuensi input dari AFG. Pada pengukuran ini diuji karakteristik pengukurannya yaitu dalam bentuk sensitifitas, akurasi, kepresisian dan histeresis. Hasil pengukuran tersaji pada Gambar 9-Gambar 12.



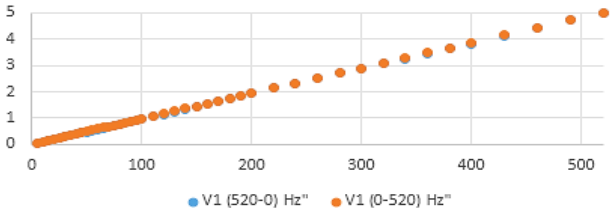
Gambar 9. Sensitifitas tegangan keluaran dengan input frekuensi dari AFG



Gambar 10. Akurasi tegangan keluaran dengan input frekuensi dari AFG



Gambar 11. Kepresisian tegangan keluaran dengan input frekuensi dari AFG



Gambar 12. Histerisis tegangan keluaran dengan input frekuensi dari AFG

Fungsi transfer dari grafik pada Gambar 9 menunjukan bahwa sistem ini mengkonversi setiap perubahan frekuensi 1 Hz menjadi perubahan tegangan sebesar 0,0096 V. Jadi sensitifitas pembacaan pengubah frekuensi ke tegangan dengan inout frekuensi AFG adalah 0,0096 V/Hz dan kegelincirannya adalah 0,0137 V.

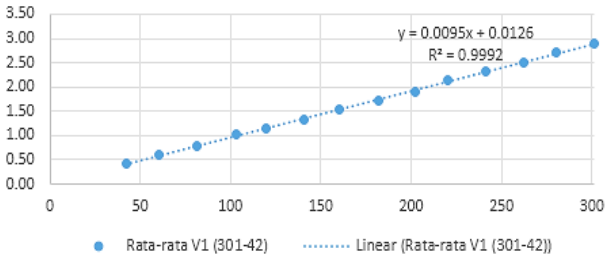
Dapat dilihat juga pada Gambar 10 grafik rata-rata hasil pengukuran mendekati grafik rata-rata pengukuran ideal dengan rata-rata *error* 0,01, sehingga akurasi dapat dikatakan sangat tinggi yaitu 99,8 %.

Hasil pengukuran kepresisian yang dilihat dari Gambar 11 menunjukan bahwa pengukuran pertama (V1) dan pengukuran kedua (V2) terlihat mendekati sama. Dari pengukuran kepresisian tersebut didapatkan rata-rata *error* 0,013 V (0,26 %) atau tingkat kepresisiannya 99,81%.

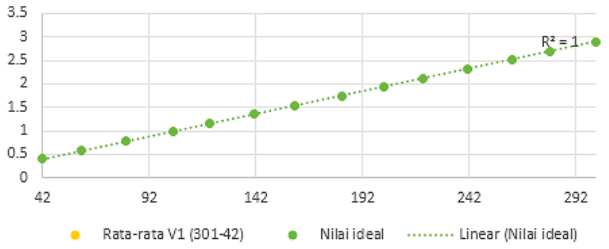
Histerisis tegangan berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat baik pengukuran dari frekuensi tinggi ke rendah maupun dari frekuensi rendah ke tinggi didapatkan hasil yang mendekati sama. Nilai galat rata-rata yang didapat yaitu sebesar 0,01V (0,2%).

B. Input Frekuensi dari Sensor Hall MASTS

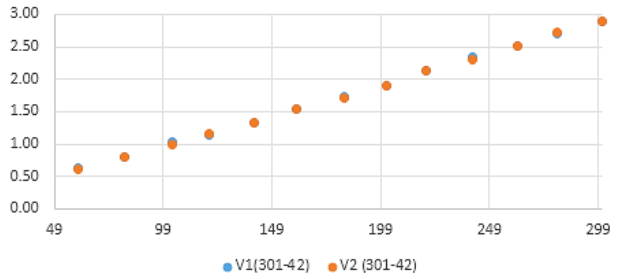
Pengujian kedua pada pengubah frekuensi ke tegangan yaitu menggunakan frekuensi input dari keluaran sensor *hall* MASTS. Sama halnya dengan pengujian dengan input frekuensi dari AFG, pada pengujian ini juga dilakukan terhadap karakteristik sensitifitas, akurasi, kepresisian dan histeresis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 13-Gambar 16.



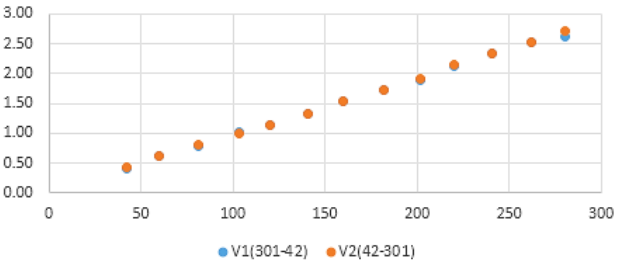
Gambar 13. Sensitifitas tegangan keluaran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS



Gambar 14. Akurasi tegangan keluaran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS



Gambar 15. Kepresisian tegangan keluaran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS



Gambar 16. Histerisis tegangan keluaran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS

Fungsi transfer pada Gambar 13 menginformasikan bahwa perangkat ini mengkonversi setiap perubahan frekuensi 1 Hz menjadi perubahan tegangan sebesar 0,0095V. Jadi sensitifitasnya adalah 0,0095 V/Hz dan kegelincirannya adalah 0,0137.

Dapat dilihat pada Gambar 14 grafik rata-rata hasil pengukuran mendekati grafik rata-rata pengukuran ideal dengan rata-rata error 0,02 (0,4%), sehingga akurasi dapat dikatakan sangat tinggi yaitu 99,6 %.

Hasil pengukuran kepresisian yang dilihat dari Gambar 15 bahwa pengukuran pertama (V1) dan pengukuran kedua (V2) terlihat mendekati sama. Dari pengukuran kepresisian tegangan didapatkan rata-rata *error* 0,02 (0,4%) atau tingkat kepresisiannya 99,6 %.

Dalam Gambar 16 diatas dapat dilihat baik pengukuran dari frekuensi tinggi ke rendah maupun dari frekuensi rendah ke tinggi didapatkan hasil yang mendekati sama dan grafik terlihat naik berurut dari frekuensi rendah ke tinggi. Nilai galat rata-rata yang didapat yaitu sebesar 0,02 (0,4 %).

V. KESIMPULAN

Perangkat keras pengubah frekuensi ke tegangan telah berhasil diimplementasikan pada MASTS. Pengujian perangkat tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik sensitifitas, akurasi, kepresisian dan histerisis. Hasil pengujian menunjukan dengan input frekuensi dari AF Generator sebagai sumber ideal didapatkan sensitifitas 0,0096 V/Hz, akurasi 99,8%, kepresisian 99,81%, dan histeresis dengan galat 0,02%, sedangkan hasil pengukuran dengan input frekuensi dari sensor *hall* MASTS didapatkan sensitifitas 0,0095 V/Hz, akurasi 99,6%, kepresisian 99,6%, dan histeresis dengan galat 0,4%. Hasil analisis menunjukan bahwa tidak terdapat perbedaan karakteristik yang signifikan antara input dari AFG sebagai pembangkit frekuensi ideal dan dari sensor *hall* MASTS. Dengan karakteristik tersebut, perangkat ini dapat dijadikan sebagai konverter frekuensi ke tegangan pada MASTS yang dapat membantu mempermudah pengukuran kecepatan MASTS.

REFERENSI

[1] R. Hosen, K. Salim, "Design Implementation and Testing of a Three Phase BLDC Motor Controller", *International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE)*, vol. 1, pp. 192-196, 2013

[2] S. Tsotoulidis and A. Safacas, "Side-effects of Hall Sensors Misplacement", *International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, pp. 1825-1830, 2014

[3] Suhendi, "Perancangan dan Implementasi Rangkaian Catu Daya Motor Arus Searah Tanpa Sikat dengan Kombinasi Pensaklaran", Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung, 2012

[4] A. Tashakori and M. Ektesabi, "A Simple Fault Tolerant Control System for Hall Effect Sensor Failure of BLDC Motor", *8th IEEE International Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, pp. 1011-1016, 2013

[5] T. Dewanto, "Perancangan dan Impelementasi Sistem Kendali Kecepatan Motor Arus Searah tanpa Sikat dengan Pengaturan Dutycyle Pensaklaran Menggunakan Pengendali PI", Tesis Magister, Institut Teknologi Bandung, 2012

Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor

Ika Kholilah[1], Adnan Rafi Al Tahtawi[2]
[1,2]*Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi*
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
ika_kholilah@ymail.com

Abstrak

Sistem keamanan sepeda motor diperlukan untuk mengatasi peningkatan pencurian sepeda motor. Saat ini, solusi yang biasa dilakukan oleh pemilik sepeda motor hanya dengan memakai kunci ganda saja dimana pencuri sudah sangat menguasainya. Untuk itu diperlukan suatu sistem keamanan yang lebih baik. Dalam makalah ini, akan dipaparkan suatu sistem keamanan sepeda motor berbasis Arduino-Android. Sistem kemanan ini berbasis relai dan akan dikendalikan melalui *smartphone* dengan sistem operasi Android v4.4 (KitKat). Sistem komunikasi dirancang dengan menggunakan modul *bluetooth* HC-06 yang dapat diintegrasikan dengan papan mikrokontroler Arduino Uno. Detail perancangan sistem dijelaskan pada makalah ini. Hasil pengujian menunjukan jarak maksimal komunikasi *bluetooth* antara pengendali (*smartphone*) dengan sistem pada sepeda motor yaitu 10 m.

Kata kunci: sistem keamanan, Arduino, Android, *bluetooth*, sepeda motor

Abstract

Motorcycle security system is required to overcome the increases of motorcycle criminality. Today, the usual solution that have done by the owner of vehicle is only by using a double lock system which where the thief is already very know. Thus, we need a better security system. *In this paper, a motorcycle security system based on Arduino-Android will be presented. This system based on relai and will be controlled by smartphone with Android v4.4 (KitKat) operating system. System communication is designed by using HC-06 bluetooth module that can be integrated with Arduino Uno microcontroller board. Detailed system design will be elaborated in this paper. The test result shows that the maximal distance of bluetooth communication between hardware system on vehicle and smartphone is 10 m.*

Keywords: *security system, Arduino, Android, bluetooth, motorcycle*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan tindak kriminalitas, khususnya pencurian kendaraan bermotor baik roda dua maupun roda empat sekarang ini, bukanlah hal yang mengherankan apabila semakin hari manusia menginginkan suatu sistem keamanan sepeda motor yang modern dan efektif. Di sisi lain, seiring dengan perkembangan teknologi, *handphone* merupakan salah satu teknologi dimana hampir setiap elemen masyarakat memilikinya. Dengan kondisi seperti dijelaskan diatas, maka teknologi *handphone* khususnya *smartphone* dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan, salah satunya untuk sistem keamanan sepeda motor.

Saat ini, penelitian terkait sistem keamanan sepeda motor berbasis *smartphone* mulai bermunculan. Perancangan sistem keamanan sepeda motor berbasis sms dengan menggunakan modem *Wavecom fastrack* M1306B telah dilakukan oleh [1]. Pada [2] juga telah dirancang sistem keamanan sepeda motor berbasis SMS/MMS pada telepon selular. Selain itu, mikrokontroler AT89C51 juga telah dimanfaatkan untuk sistem keamanan ini dengan bantuan sensor ultrasonik [3]. Terakhir, sistem keamanan sepeda motor telah dirancang berbasis Android dan menggunakan *bluetooth* [4]. Pada makalah ini, sistem yang dirancang hampir sama seperti [4], tetapi memiliki beberapa perbedaan, diantaranya: jenis mikrokontroler yang digunakan, algoritma pensaklaran, dan penggunaan relai. Selain itu, implementasi sistem dilakukan pada sepeda motor sebenarnya.

Makalah ini terdiri dari lima bagian. Bagian pertama berisi latar belakang beserta kajian terhadap penelitian-penelitian terkait. Bagian dua

Diterima: 27 Juli 2016; Direvisi: November 2016; Disetujui: Desember 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

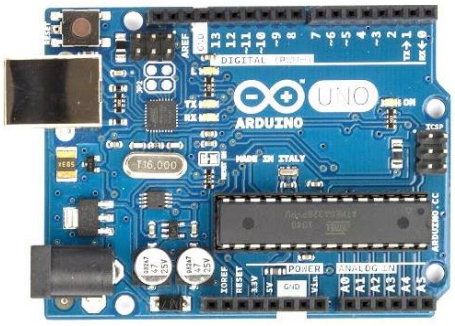
menjelaskan perangkat keras yang digunakan pada sistem yang dirancang. Bagian tiga menjelaskan tentang perancangan sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Bagian empat berisi pengujian dari sistem yang dirancang. Terakhir, bagian lima memberikan kesimpulan dari makalah ini.

II. PERANGKAT KERAS

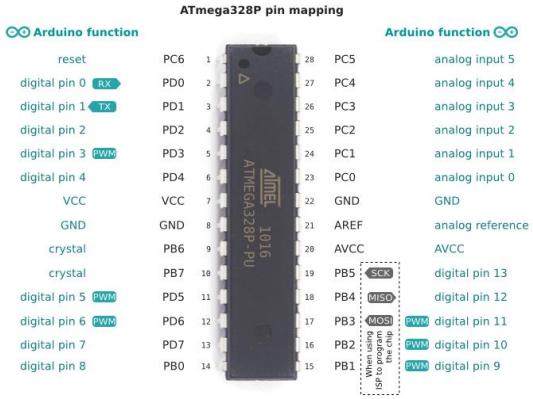
A. *Arduino*

Arduino adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan ATMEL. Arduino sendiri terbagi menjadi beberapa jenis, diantaranya Arduino Uno, Arduino Duemilanove, Arduino Mega, Arduino Nano, Arduino Romeo, dll. Penggunaan jenis Arduino tersebut tentunya disesuaikan dengan kebutuhan dan masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan.

Pada sistem ini, jenis Arduino yang digunakan adalah Arduino Uno (Gambar 1). Jenis ini merupakan jenis Arduino yang sederhanadan cocok digunakan untuk sistem yang akan dirancang. Selain itu, Arduino Uno lebih mudah didapatkan di pasaran karena selain memiliki spesifikasi yang cukup lengkap, harganya pun relatif terjangkau.



Gambar 1. Modul Arduino Uno



Gambar 2. *Pin mapping* Arduino Uno [5]

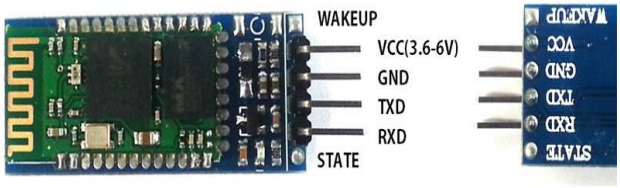
Kelebihan lainnya yaitu adanya *pin mapping* yang mempermudah pengguna untuk melakukan pemrograman (Gambar 2). Spesifikasi Arduino Uno diantaranya: mikrokontroler ATMega 328; ADC 10 bit; PWM (6 *channels*) 8 bit; 14 pin digital I/O; 6 pin analog *input*; memori *flash* 32 kB; *static* RAM 2 kB; *clock speed* 16 MHz; tegangan input 7-12 V.

B. *Modul Bluetooth*

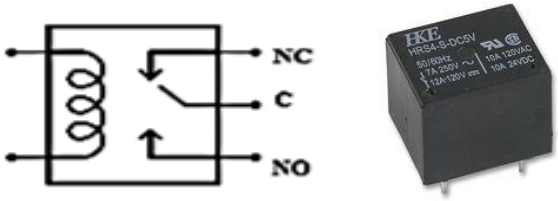
Bluetooth merupakan perangkat yang digunakan untuk menghubungkan satu perangkat dengan perangkat lainnya tanpa menggunakan media kabel, misalnya *smartphone* dengan *smartphone* ataupun dengan perangkat lain yang terpasang *bluetooth.* Pada sistem ini, *bluetooth* digunakan sebagai media komunikasi antara *smartphone* sebagai pengirim dengan sistem pada mikrokontroler sebagai penerima. Modul *bluetooth* yang digunakan sebagai penerima adalah tipe HC-06 (Gambar 3) dengan empat pin diantaranya: Vcc (3,6-6 V), Gnd, Tx, dan Rx. Modul ini dapat langsung diintegrasikan dengan modul Arduino Uno melalui pin yang tersedia.

C. *Relai*

Relai adalah saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (kontak saklar). Relai yang digunakan pada sistem ini yaitu relai tipe SPDT (*Single Pole Double Throw*) dengan lima pin, diantaranya: kutub positif dan negatif pada *coil*, *normally close* (NC), *common* (C), dan *normally open* (NO). Prinsip kerja dari relai tipe ini yaitu kontaktor akan berpindah dari pin NC ke pin NO ketika *coil* mendapat tegangan. Gambar relai tipe SPDT tersaji pada Gambar 4.



Gambar 3. Modul *bluetooth* HC-06



Gambar 4. Relai SPDT: rangkaian (kiri), fisik (kanan)

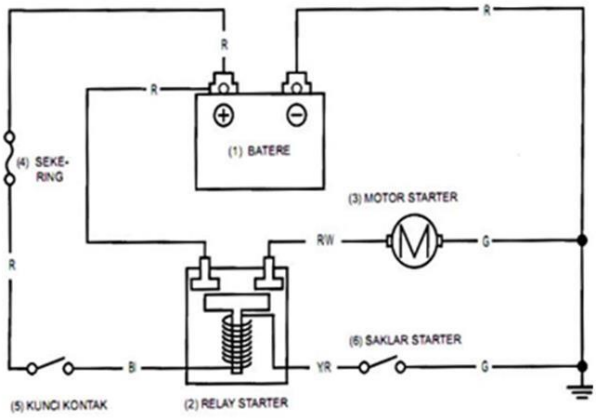
D. Sistem Starter Sepeda Motor

Sistem *starter* berfungsi memberikan tenaga putaran bagi mesin untuk memulai siklus kerjanya. Secara umum, skema *starter* pada sepeda motor dapat dilihat pada Gambar 5. Saat kunci kontak posisi ON, tetapi tombol *starter* tidak ditekan (posisi OFF), arus dari sumber tegangan (baterai) belum mengalir ke sistem *starter* sehingga sistem *starter* belum bekerja. Apabila tombol *starter* ditekan (posisi ON) pada saat kunci kontak ON, maka sistem *starter* akan mulai bekerja dan arus akan mengalir dari baterai ke kumparan relai. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya kemagnetan pada kumparan relai sehingga menghubungkan arus dari baterai menuju ke motor *starter*. Motor *starter* akan mengubah arus listrik dari baterai menjadi tenaga gerak putar, kemudian akan memutarkan poros tuas mesin untuk menghidupkan mesin.

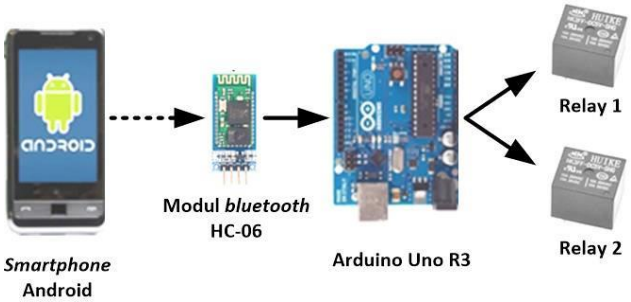
III. PERANCANGAN

A. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan pada sistem ini diantaranya: mikrokontroler ATMega 328 (terintegrasi pada modul Arduino Uno R3), modul *bluetooth* HC-06, dan relai SPDT. Untuk lebih jelasnya, diagram blok perangkat keras sistem disajikan pada Gambar 6.



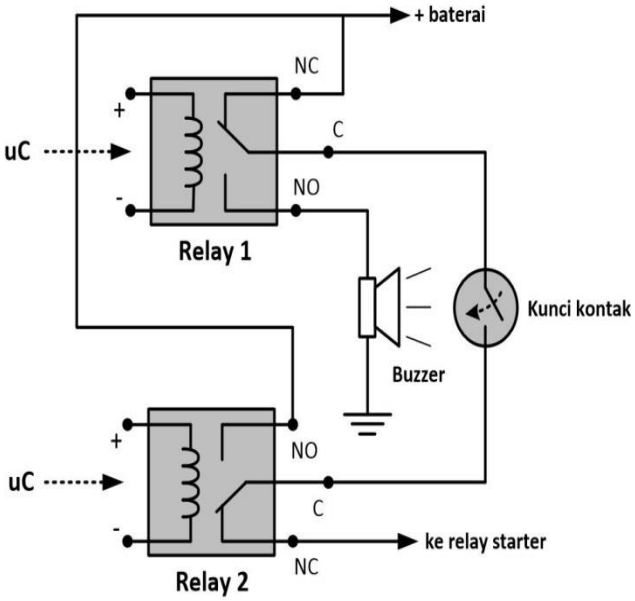
Gambar 5. Sistem *starter* sepeda motor [6]



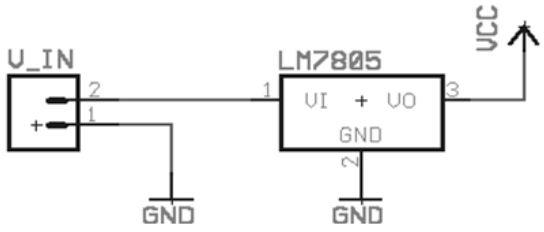
Gambar 6. Konfigurasi perangkat keras

Garis terputus pada blok diagram diatas menunjukan komunikasi *wireless bluetooth*, sedangkan garis penuh merupakan komunikasi dengan kabel (*wiring)*. Modul *bluetooth*, Arduino dan relai merupakan perangkat yang akan dipasang dan diintegrasikan dengan sistem kunci pada sepeda motor. *Smartphone* berfungsi sebagai pengirim perintah dari pengguna ke sistem. Modul *bluetooth* berfungsi sebagai penerima sinyal yang dikirim oleh pengguna. Arduino berfungsi sebagai pengolah sinyal tersebut yang selanjutnya akan dikirimkan ke dua unit relai. Relai 1 berfungsi sebagai saklar untuk mengaktifkan kunci kontak, sedangkan relai 2 untuk mengaktifkan alarm. Relai 1 ditempatkan diantara baterai dan relai *starter* pada sistem *starter* sepeda motor. Dengan demikian, jika relai 1 dalam kondisi OFF, mesin motor tidak dapat bekerja walaupun kunci kontak dalam posisi ON dan saklar *starter* ditekan. Relai 2 dihubungkan dengan *buzzer* sebagai alarm peringatan. *Buzzer* akan menyala ketika kondisi diatas terjadi. Gambar 7 menunjukan skema pensaklaran yang dirancang untuk sistem ini. Terdapat dua unit relai yang dikontrol oleh mikrokontroler. Kedua unit relai ini dioperasikan menggunakan algoritma pensaklaran.

Sistem keamanan sepeda motor ini memerlukan catu daya agar dapat bekerja secara optimal dengan tegangan sebesar 5 V. Adapun sumber tegangan tersebut dapat diperoleh dari baterai pada sepeda motor yang memiliki tegangan 12 V. Untuk mendapatkan tegangan 5 V secara konstan, maka digunakan IC LM7805 sebagai regulator tegangan 5 V. Rangkaian catu daya yang dirancang tersaji pada Gambar 8.



Gambar 7. Skema pensaklaran



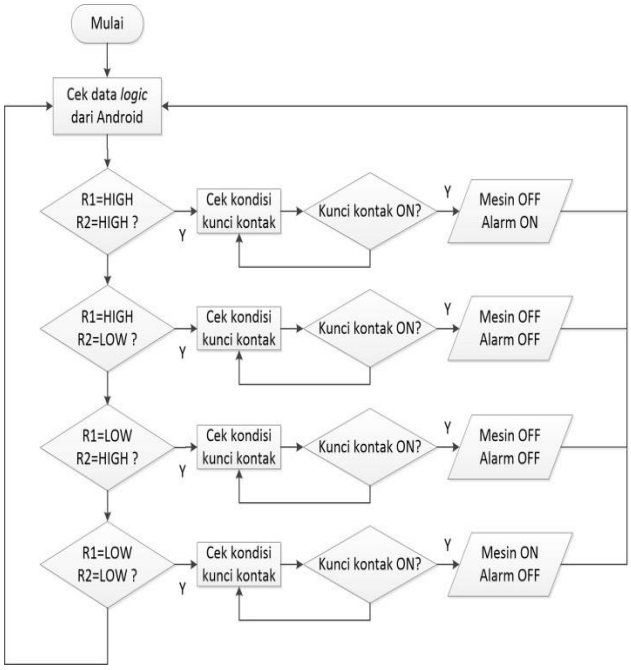
Gambar 8. Rangkaian catu daya

B. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang terdiri dari dua bagian, yaitu pada Arduino dan Android. Perancangan perangkat lunak pada Arduino bertujuan untuk merancang algoritma pensaklaran, sedangkan pada Android bertujuan untuk merancang algoritma pengendalian sistem dari *smartphone*. Aplikasi Android sebagai pengendalinya dibuat dengan menggunakan *App Inventor* (Gambar 9). Perangkat lunak ini adalah sebuah *tool* untuk membuat aplikasi Android berbasis *visual block programming*. Adapun diagram alir dari algoritma pensaklaran yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Tampilan *App Inventor*



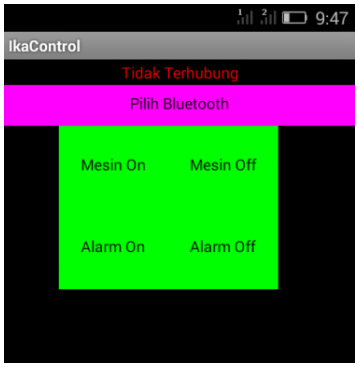
Gambar 10. Diagram alir pensaklaran

Skenario cara kerja sistem berdasarkan diagram alir diatas adalah:

1. Kondisi setelah menggunakan sepeda motor
   - Matikan kunci kontak dan pasang kunci ganda
   - Buka aplikasi Android dan hubungkan melalui *bluetooth.*
   - Tekan tombol ‘Mesin OFF’ dan ‘Alarm ON’ (mengirim *logic* ‘HIGH’ untuk kedua relai) untuk mematikan mesin dan mengaktifkan alarm.
2. Kondisi ketika akan menggunakan sepeda motor
   - Buka aplikasi Android dan hubungkan dengan sistem melalui *bluetooth.*
   - Tekan tombol ‘Mesin ON’ dan ‘Alarm OFF’ (mengirim *logic* ‘LOW’ untuk kedua relai) untuk mengaktifkan mesin dan mematikan alarm .
   - Kontakan kunci motor dan stater.
   - Gunakan motor

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah sistem dirancang, baik *hardware* maupun *software*, selanjutnya dilakukan implementasi pada sepeda motor. Perangkat lunak yang telah dirancang pada Android tersaji pada Gambar 11. Perangkat keras dipasang pada rangkaian *starter* sesuai dengan skema yang dirancang (Gambar 12). Kemudian dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian keseluruhan ini, dilakukan dengan dua cara, yaitu pengujian pada rangkaian simulasi dan pengujian yang dilakukan pada sepeda motor. Simulasi dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai skema yang dirancang, sehingga ketika diimplementasikan pada sepeda motor, resiko kegagalan dapat dikurangi. Simulasi ini dirancang dengan cara mengganti koneksi yang terhubung ke mesin menggunakan sebuah indikator LED. Selain itu, digunakan pula rangkaian kunci kontak motor yang terpisah.



Gambar 11. Tampilan aplikasi pada Android



Gambar 12. Implementasi sistem

Pengujian pada sepeda motor sebenarnya dilakukan setelah hasil simulasi dipastikan sesuai dengan skema yang dirancang. Pada tahap ini, dilakukan pengecekan terhadap skema pensaklaran dan jarak antara *smartphone* dengan sistem. Data dari hasil pengujian ini tersaji pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian diatas diketahui bahwa sistem pensaklaran bekerja sesuai perancangan (Tabel 1). Artinya, sistem keamanan ini aktif ketika tombol 'Mesin OFF' dan 'Alarm ON' ditekan. Ketika sistem akan dinonaktifkan maka caranya adalah dengan menekan tombol 'Mesin ON' dan 'Alarm OFF'. Jika ditekan kondisi kedua tombol lain akan menyebabkan mesin dan alarm tidak aktif. Selain itu, jarak komunikasi *bluetooth* maksimal adalah 10 m (Tabel 2). Artinya, sistem tidak akan dapat dikendalikan melalui *smartphone* jika jarak antara *smartphone* dengan sepeda motor lebih besar dari 10 m. Hal ini terjadi karena keterbatasan spesifikasi modul *bluetooth* yang digunakan.

Tabel 1. Hasil pengujian pensaklaran

Tombol	Reaksi sistem	Keterangan
Mesin ON	Relai 1 OFF	Sesuai
Mesin OFF	Relai 1 ON	Sesuai
Alarm ON	Relai 2 ON	Sesuai
Alarm OFF	Relai 2 OFF	Sesuai

Tabel 2. Hasil pengujian *bluetooth*

Pengujian Ke	Jarak (m)	Keterangan
1	2	Terhubung
2	4	Terhubung
3	6	Terhubung
4	8	Terhubung
5	10	Terhubung
6	11	Tidak terhubung
7	12	Tidak terhubung

V. KESIMPULAN

Sistem keamanan sepeda motor berbasis Arduino-Android telah dirancang dan diimplementasikan. Sistem ini dapat dikendalikan melalui *smartphone* Android. Sistem bekerja dengan menggunakan skema pensaklaran melalui dua unit relai yang dapat diaktifkan melalui mikrokontroler. Hasil pengujian menunjukan bahwa sistem mampu bekerja sesuai skema yang dirancang dengan jarak maksimal komunikasi antara *smartphone* dan sepeda motor melalui media *bluetooth* adalah ± 10 m. Oleh karena itu, dengan digunakannya sistem ini, tingkat keamanan kendaraan dapat ditingkatkan.

REFERENSI

[1] Bagenda, D. N., Prasetya, Indra. "Prototype Sistem Keamanan dan Pengendalian Sepeda Motor Berbasis Mokrokontroller ATmega8535". *Jurnal LPKIA*, Vol.1 No.1, pp. 1-6, September 2014

[2] Saleh, Robby, dkk. "Sistem Keamanan Motor Menggunakan Telephone Seluler Berbasis Komunikasi Dua Arah". *CommIT*, Vol. 1 No. 1, pp. 1-9, Mei 2007

[3] Kurniawan, M. T. "Rancang Bangun Sistem Pengaman Sepeda Motor Anti Maling". *Prosiding SENTIA*, pp. E-102-E-107, Politeknik Negri Malang, 2009

[4] Lingga Hartadi, Dani Sasmoko. "Sistem Keamanan Kendaraan Suzuki Smash Menggunakan ATmega 8 dengan Sensor Bluetooth Hc-06 Berbasis Android". *ELKOM Jurnal Elektronika dan Komputer*, Vol.8 No.1, pp. 7-18, April 2015

[5] www.arduino.cc

[6] https://aldrik.wordpress.com/2009/09/04/sistem-starter-elektrik-sepeda-motor

Perancangan *Enterprise Architecture* Berbasis *Service* Menggunakan *Zachman Framework*: Studi Kasus PDAM Kota Sukabumi

Samirah Rahayu[1], Ana Hadiana[2,3]
[1]*Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi*
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
[2]*Program Magister Sistem Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer LIKMI*
Jl. Ir. H. Juanda No. 96 Bandung, Indonesia
[3]*Pusat Penelitian Informatika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*
Komplek LIPI, Jl. Cisitu No. 21/154D Bandung, Indonesia
samirah@polteksmi.ac.id

Abstrak

Sebagai perusahaan, PDAM bertanggung jawab memberikan pelayanan yang baik kepada pelanggan. Proses pelayanan pelanggan mencakup registrasi pelanggan, pencatatan angka meter, pengaduan pelanggan, pengajuan perubahan pelanggan, pembayaran rekening, monitoring jaringan pipa, pemeliharaan meter air sampai monitoring penerimaan dan tunggakan. Karena pertukaran data melibatkan bagian-bagian yang ada, maka perlu dibangun suatu *integrator services* yang mengintegrasikan semua aplikasi dan data. Untuk realisasi pengembangan *Customer Services Information System* dalam skala *enterprise*, maka terlebih dahulu harus dirancang *Enterprise Architecture* berdasarkan proses bisnis yang dimiliki PDAM terkait. Penelitian ini menggunakan kerangka kerja Zachman sebagai acuan perancangan karena memiliki berbagai perspektif, yaitu: *planner*, *owner*, *designer*, *builder*, *implementer* dan *worker*. Penelitian ini menghasilkan model *Customer Services Information System* yang terdiri dari *front-office system* dan *back-office system*.

Kata kunci: *Customer Services Information System, enterprise, architecture enterprise, services*, kerangka kerja Zachman

Abstract

As a company, PDAM is responsible for providing good service to customers. Customer service process include customer registration, registration number meter, customer complaints, customer change request, account payments, monitoring of pipelines, maintenance of water meters, until monitor receipts and arrears. Due to the data exchange involves these processes, it is necessary to build a services integrator that integrates all applications and data. For the realization of the development of Customer Services Information System in the enterprise scale, the first must be designed Enterprise Architecture based on business processes that owned by PDAM. This study uses the Zachman framework as a reference design because it has a variety of perspectives, namely: planner, owner, designer, builder, implementer, and worker. This research results is a model Customer Services Information System that consists of a front-office system and back-office system.

Keywords: *Customer Services Information System, enterprise, enterprise architecture, services, Zachman framework*

I. PENDAHULUAN

Pelanggan merupakan salah satu sumber utama bagi PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi. Pembangunan dan pengembangan suatu sistem yang handal, mudah diakses dan cepat sangat diperlukan demi menjaga kualitas pelayanan terhadap pelanggan terus berjalan. Dalam prosedur pelayanan tidak semua bagian dalam organisasi terlibat, namun hanya sebagian saja. Secara garis besar, fungsi bisnis yang terjadi dalam kegiatan pelayanan dapat dibagi menjadi beberapa unit, yaitu unit distribusi dan unit pelayanan, dimana unit pelayanan terbagi menjadi dua sub unit yaitu sub

Diterima: 21 November 2016; Direvisi: 25 November 2016; Disetujui: Desember 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

unit pelayanan pelanggan dan pembacaan meter air, serta sub unit rekening dan penagihan. Proses yang terlibat dalam sistem pelayanan pelanggan tersebut adalah pemasangan sambungan baru, pembuatan rekening air, mutasi data pelanggan, penutupan sambungan, serta pelayanan langsung yang terdiri dari pelayanan air limbah dan penjualan langsung air bersih. Proses pelayanan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Penerapan sistem informasi yang sesuai dengan kebutuhan organisasi hanya mampu dijawab dengan memperhatikan faktor integrasi didalam perencanaannya. Tujuan integrasi yang sebenarnya adalah untuk mengurangi kesenjangan yang terjadi dalam proses pengembangan sistem. Untuk menurunkan kesenjangan tersebut, maka diperlukan sebuah paradigma dalam merencanakan, merancang dan mengelola sistem informasi. Paradigma tersebut adalah *enterprise architecture* yang merupakan sebuah pendekatan logis, komprehensif dan holistik untuk merancang dan mengimplementasikan sistem komponen sistem secara bersamaan.

Enterprise Architecture (EA) merupakan deskripsi dari misi *stakeholder* yang didalamnya termasuk informasi, fungsionalitas/kegunaan, lokasi organisasi dan parameter kinerja. EA menggambarkan rencana untuk mengembangkan sebuah sistem atau sekumpulan sistem [1].

Untuk dapat memaksimalkan peran EA, diperlukan sebuah *framework* yang memiliki model simbolis untuk menspesifikasikan berbagai fase EA. Dari sebuah model simbolis diinterprestasikan menjadi model semantik, model ini mengekspresikan makna dari masing-masing simbol pada sebuah model. Untuk dapat mengerti antara model semantik dengan arsitektur, maka harus dipahami tujuan dari *modeling* yaitu untuk memprediksi realitas dari keadaan yang sebenarnya. Pemilihan kerangka kerja Zachman karena adanya kebutuhan terhadap arsitektur bisnis, arsitektur informasi, arsitektur aplikasi dan arsitektur teknologi yang hanya dibahas perbagian oleh kerangka kerja lain. Selain itu kerangka kerja Zachman dapat menyediakan struktur dasar organisasi yang mendukung akses, integrasi, interpretasi, pengembangan, pengelolaan, dan perubahan perangkat arsitektural dari sistem informasi organisasi.

II. LANDASAN TEORI

A. *Enterprise Architecture (EA)*

Arsitektur lazimnya biasa dihubungkan dengan pekerjaan merancang bangunan. Pengertian arsitektur tidak terbatas akan rancangan bangunan. Arsitektur (*architecture*) adalah cara dimana sebuah sistem yang terdiri dari *network*, *hardware*, dan *software* distrukturkan. Arsitektur pada dasarnya menceritakan bagaimana bentuk konstruksi sebuah sistem, bagaimana setiap komponen sistem disusun, dan bagaimana semua aturan dan *interface* (penghubung sistem) digunakan untuk mengitegrasikan seluruh komponen yang ada tersebut. Arsitektur juga mendefinisikan fungsi, deskripsi dari format data dan prosedur yang digunakan komunikasi diantara setiap *node* dan *workstation* (Gambar 3).

Berikut ini adalah beberapa definisi atau pemahaman mengenai arsitektur:

1. Arsitektur merupakan komponen-komponen sebuah sistem yang terdiri dari jaringan, perangkat keras dan lunak yang distrukturkan [2].
2. Rancangan untuk segala tipe struktur, baik fisik maupun konsekstual, nyata maupun tidak [3].

Dari pengertian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa arsitektur pada dasarnya mengambarkan bentuk kostruksi sistem yang diwujudkan dalam sebuah model (*blue print*) yang dilihat dari beberapa sudut pandang.

B. *EA Framework*

Framework bisa diartikan sebagai sejumlah pemikiran, konsep, ide, atau asumsi yang digunakan untuk mengorganisasi proses pemikiran tentang sesuatu atau situasi. Kerangka kerja ini juga dapat dianggap sebagai dasar berpikir untuk mengelompokkan dan mengorganisasikan representasi sebuah perusahaan yang penting bagi manajemen perusahaan dan pengembangan sistem selanjutnya.

Menggunakan sebuah *framework* untuk mengembangkan EA maka, perlu diperhatikan kriteria-kriteria apa saja yang dipenuhi oleh *framework* tersebut. Adapun beberapa kriteria yang dijadikan sebagai pertimbangan dalam memilih *framework*, yaitu:

1. *Taxonomy completeness*, mengacu pada seberapa baik sebuah *framework* mengklasifikasikan arsitektur aplikasi.
2. *Process completeness*, mengacu pada bagaimana sebuah *framework* memberikan panduan dalam bentuk proses (langkah demi langkah) untuk menciptakan suatu EA.
3. *Practice guidance*, mengacu pada seberapa banyak sebuah *framework* membantu *mindset* pengguna (*easy using*) didalam organisasi untuk memahami pengembangan EA.
4. *Maturity model*, mengacu pada seberapa banyak sebuah *framework* memberikan panduan dalam

memberi penilaian atau evaluasi terhadap organisasi yang menggunakan EA.

5. *Governance guidance*, mengacu pada sejauh mana sebuah *framework* membantu memberikan pemahaman serta membuat model tata kelola yang efektif untuk EA.
6. *Partioning guidance*, mengacu pada seberapa baik sebuah *framework* akan membimbing partisi otonomi yang efektif pada perusahaan sehingga menjadi sebuah pendekatan penting untuk mengelola kompleksitas.
7. *Vendor neutrality*, mengacu pada seberapa besar kemungkinan EA untuk bergantung pada sebuah organisasi konsultasi khusus ketika menggunakan *framework* tersebut.
8. *Information availability*, mengacu pada seberapa besar sebuah *framework* dalam menghasilkan kuantitas dan kualitas informasi.
9. *Time is value*, megacu pada seberapa lama sebuah *framework* memerlukan waktu yang digunakan untuk membangun solusi yang memberikan nilai bisnis.

Berbagai macam paradigma dan metode bisa digunakan dalam perancangan EA, diantaranya adalah *Zachman Framework*, TOGAF, DoDAF dan TEAF. Sebelum masuk ke dalam pemilihan kerangka kerja tersebut ada beberapa tabel perbandingan antar kerangka kerja *Enterprise Architecture* berdasarkan [4] yang ditunjukkan pada Tabel 1-Tabel 3.

Tabel 1. Perbandingan *framework* berdasarkan sudut pandang

Framework	***Planner***	***Owner***	***Designer***	***Builder***	***Subcontractor***	***User***
Zachman	*Scope*	*Business Model*	*System Model*	*Technology Model*	*Detailed Representations*	*Functioning System*
DoDAF	*All View*	*Operational View*	*System View*	*Technical View*		
FEAF	*Objective Scope Planner's View*	*Enterprise Model Owner's View*	*Information System Model Designer's View*	*Technology Model Builder's View*	*Detailed Specifications Subcontractor's View*	
TEAF	*Planner*	*Owner*	*Designer*	*Builder*		
TOGAF		*Business Architecture View*	*Technical Architecture Views*			

Tabel 2. Perbandingan *framework* berdasarkan abstraksi

Framework	***What***	***How***	***Where***	***Who***	***When***	***Why***
Zachman	*Data*	*Function*	*Network*	*People*	*Time*	*Motivation*
DoDAF		*Decision Making Guidance*		*IT Resource Guidance*		
FEAF	*Data(mission) Logical Model*	*Function/ traceab ility functional effectiveness*	*Physical connectivity plus availab ility of off-the-self solution*	*Organizational relationship*		
TEAF	*Information view*	*Functional view*	*Infrastructure view*	*Organizational view*		
TOGAF						

Tabel 3. Perbandingan *framework* berdasarkan fase siklus hidup pengembangan perangkat lunak

Framework	*Planning*	*Analysis*	*Design*	*Implementation*	*Maintenance*
Zachman	*Yes*	*Yes*	*Yes*	*Yes*	*No*
TOGAF		*Principles that support decision making across enterprise; proide guidance of IT resources; support architecture principles for design and implementaion*			
DoDAF	*Yes*	*Yes*	*Yes*	*Describes final products*	*No*
TEAF	*Yes*	*Owner's Analysis*	*Yes*	*Yes*	*No*

Tabel 4. Zachman *framework*

	DATA What	FUNCTION How	NETWORK Where	PEOPLE Who	TIME When	MOTIVATION Why
Objective/Scope (Contextual) Role: Planner	List of thing important In the Business	List of Business Processes	List of Business Locations	List of important Organizations	List of Events	List of Business Goal and Strategies
Business Model (Conceptual) Role: Owner	Conceptual Data/Object Model	Business Process Model	Business Logistics System	Work Flow Model	Master Schedule	Business Plan
System Model (Logical) Role: Designer	Logical Data Model	System Architecture Model	Distributed Systems Architecture	Human Interface Architecture	Processing Structure	Business Rule Model
Technology Model (Physical) Role: Builder	Physical Data/ Class Model	Technology Design Model	Technology Architecture	Presentation Architecture	Control Structure	Rule Design
Detail Representation (Out of Context) Role: Programmer	Data Definition	Program	Network Architecture	Security Architecture	Timing Definition	Rule Specification
Functioning Enterprise Role: User	Usable Data	Working Function	Usable Network	Functioning Organization	Implemented Schedule	Working Strategy

Dari perbandingan sisi *views* atau *perspectives*, *abstraction* dan *SDLC Phases* terlihat bahwa *Zachman Framework* memiliki *perspective* yang paling komprehensif dibandingkan dengan *DoDAF*, *FEAF*, *TEAF*, dan *TOGAF*. *Zachman Framework* unggul di sisi ini karena dari awal *Zachman Framework* sudah menekankan kepada *taxonomi* secara rinci yang dipetakan kepada semua *stakeholder* yang ada. Selain itu *Zachman Framework* mampu menklasifikasikan *framework* dalam klasifikasi yang komprehensif dengan pertanyaan 5W+1H (*what*, *who*, *where*, *when*, *why*, dan *how*).

C. Zachman Framework

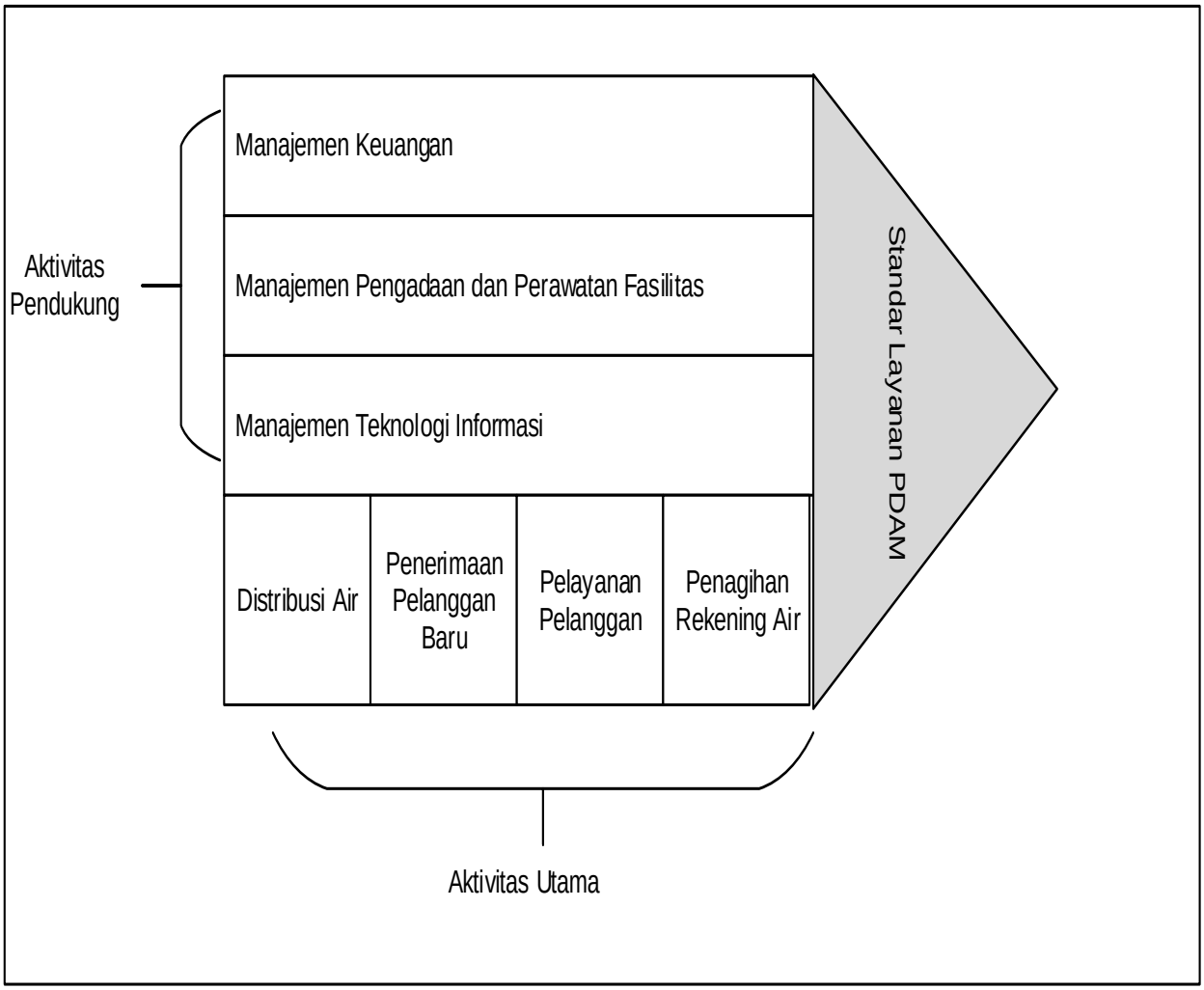
Zachman Framework dibuat oleh John Zachman yang dimuat dalam tulisan IBM *Systems Journal*. *Framework* bisa diartikan sebagai sejumlah pemikiran, konsep, ide, atau asumsi yang digunakan untuk mengorganisasikan proses pemikiran tentang sesuatu atau situasi. Tabel 4 menunjukan baris dan kolom yang terdapat pada *Zachman Framework.*

III. HASIL PERANCANGAN

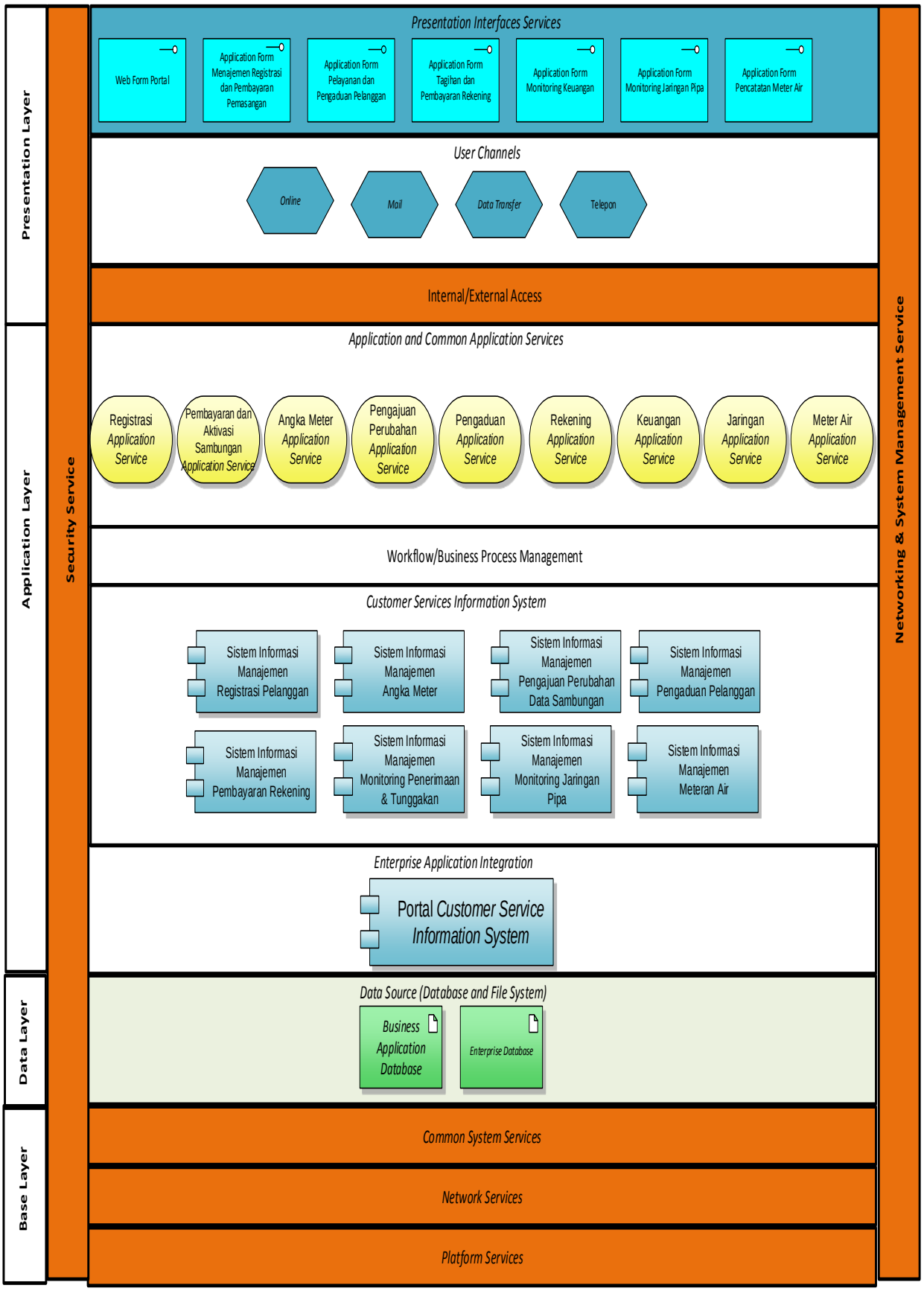
Pengidentifikasian proses bisnis dari *Customer Service Information System* ini dimaksudkan untuk mengetahui proses-proses apa yang sudah ada dan belum ada di lingkungan PDAM Tirta Bumi Wibawa dalam kaitannya dengan pelayanan pelanggan ini. Karena tujuan penelitian ini berkaitan dengan perancangan *Enterprise Architecture* untuk mengimplementasikan Sistem Informasi Pelayanan Pelanggan, maka proses bisnis dari *Customer Service Information Information System* ini harus dapat diidentifikasikan.

Baris 4 kolom 2 (R4-C2) dari *Zachman Framework* menjelaskan fungsi yang terkait dengan solusi bisnis yang memiliki tanggung jawab bagi penerapan teknologi di belakang sistem [5]. Di bagian ini bisa digambarkan dengan *platform server model* atau dengan *technology architecture*. Baris 4 Kolom 3 (R4-C3) dari *Zachman Framework* membahas tentang sistem *network*. Bagian ini merupakan sudut pandang dari *lead developer* yang memiliki tanggung jawab dalam menangkap detail dari sistem *network* yang akan dijelaskan pada arsitektur sistem dengan istilah *hardware* dan *software* [5].

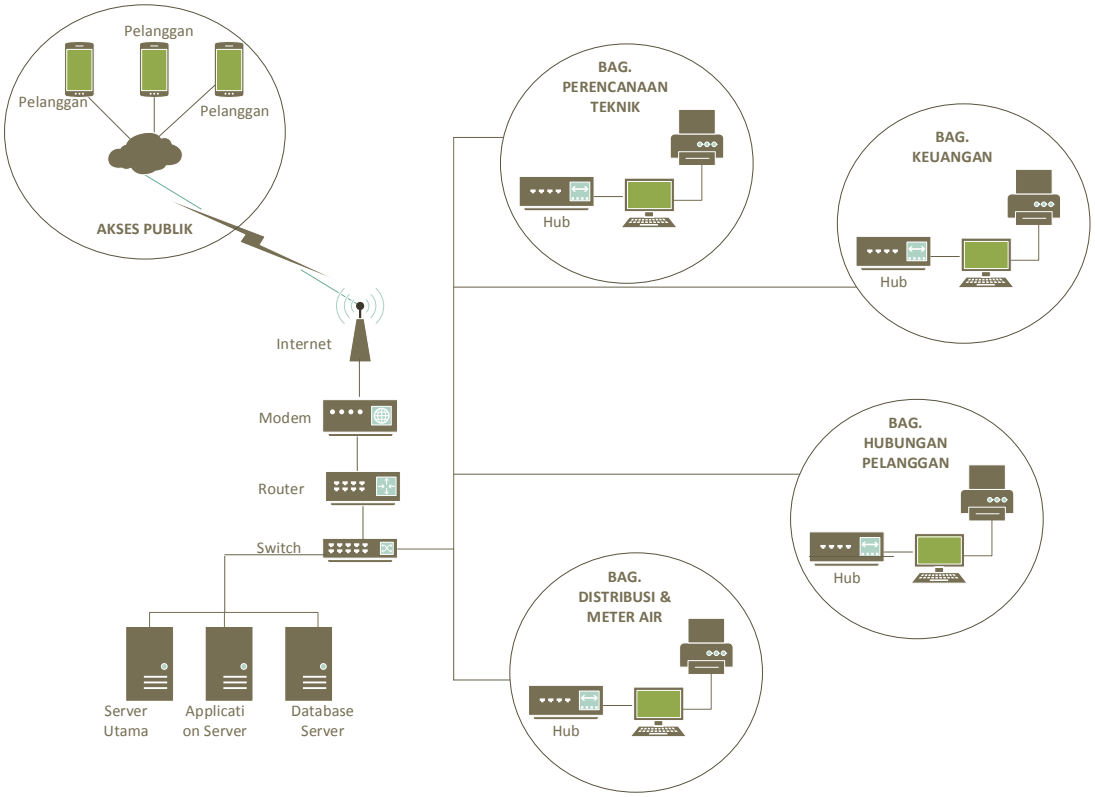
Model hasil *Customer Service Information System* yakni *front-office system* dan *back-office system* (Gambar 4). *Front-office system* merupakan aplikasi yang berinteraksi langsung dengan entitas eksternal yang dalam penelitian ini adalah pelanggan. Portal *Customer Service Information System* ini menyediakan informasi yang diperoleh dari hasil pengolahan data *back-office system*. *Back-office system* terdiri dari aplikasi bisnis yang dimiliki oleh masing masing bagian.



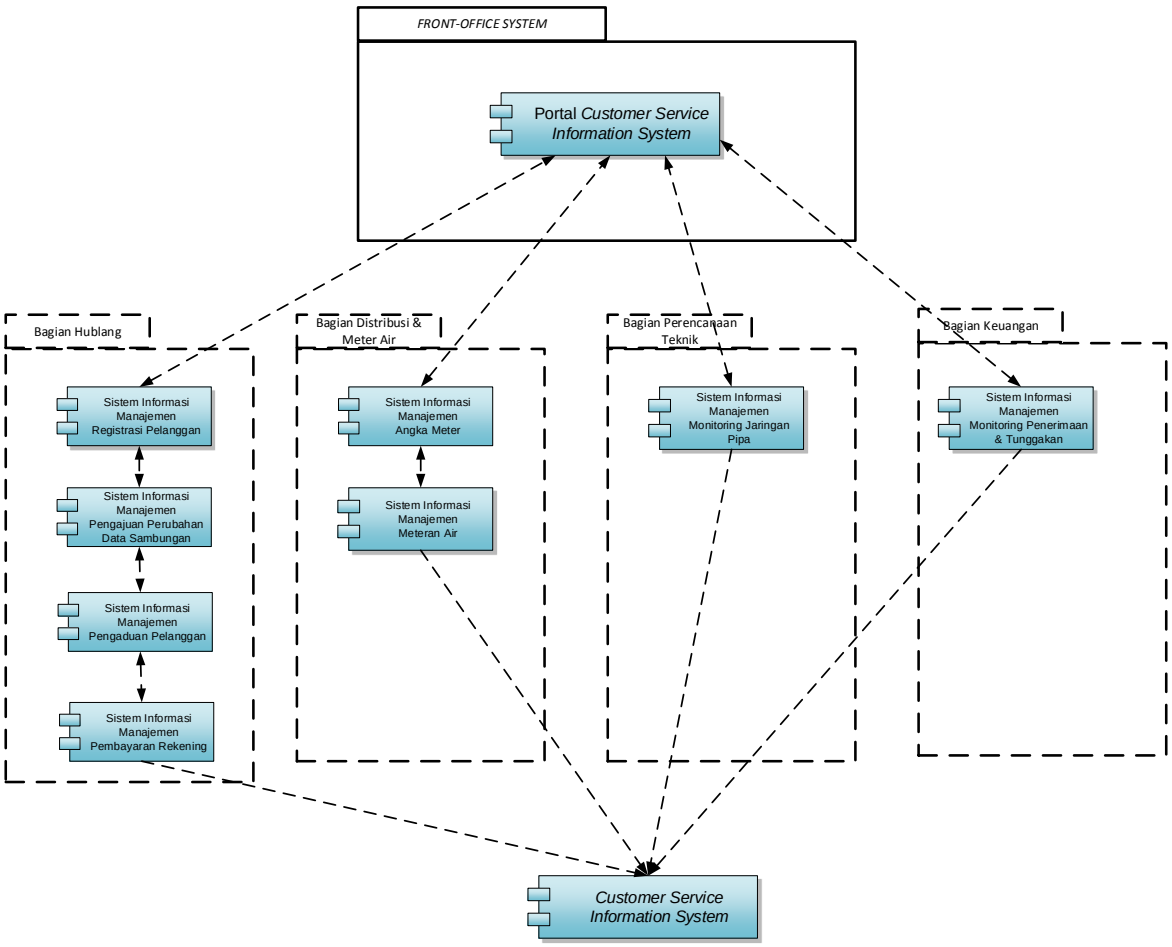
Gambar 1. *Value Chain* Proses Pelayanan Pelanggan PDAM Kota Sukabumi



Gambar 2. *Platform service*



Gambar 3. *Network node*



Gambar 4. Pemodelan *Customer Service Information System*

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian di PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi berkaitan dengan perancangan *Enterprise Architecture* untuk mendukung *Customer Service Information System*, maka kesimpulan dari hasil penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Customer Service Information System* telah sesuai dengan proses bisnis dan kebutuhan PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi. Hal ini didasarkan pada hasil perancangan *enterprise architecture* yang telah mengidentifikasi *front-office system* dan *back-office system* sebagai aplikasi-aplikasi yang mendukung proses bisnis di bagian pelayanan pelanggan PDAM Tirta Bumi Wibawa Kota Sukabumi. Adapun proses bisnis yang ada pada perancangan *enterprise architecture* adalah proses bisnis penerimaan pelanggan baru, proses bisnis pelayanan pelanggan, proses bisnis penagihan rekening air, proses bisnis pelayanan pengaduan, proses bisnis distribusi air dan proses bisnis meter air. Sedangkan aplikasi yang dihasilkan adalah Portal *Customer Service Information System*, Manajemen Registrasi Pelanggan, Manajemen Pengajuan Perubahan Data Sambungan, Manajemen Pengaduan Pelanggan, Manajemen Pembayaran Rekening, Manajemen Angka Meter, Manajemen Mete Air, Manajemen Monitoring Jaringan Pipa dan Manajemen Monitoring Penerimaan dan Tunggakan.
2. Hasil perancangan *Enterprise Architecture* telah dimodelkan dengan dukungan layanan-layanan (*services*) yang terdiri dari *application service* (*Registrasi Application Service,* Pembayaran dan Aktivasi *Application Service*, Angka Meter *Application Service*, Pengajuan Perubahan *Application Service*, Pengaduan *Application Service*, Rekening *Application Service*, Keuangan *Application Service*, Jaringan Pipa *Application Serice* dan Angka Meter *Application Service*) dan *data service* (*Registrasi Data Service*, Pembayaran dan Aktivasi *Data Service*, Angka Meter *Data Service*, Pengajuan Perubahan *Data Service*, Pengaduan *Application Service*, Rekening *Data Service*, Keuangan *Data Service*, Jaringan Pipa *Data Serice* dan Angka Meter *Data Service*).

REFERENSI

[1] Osvalds, Gundars, *Definition of Enterprise Architecture: Centric Models for the System Engineers*, TASC Inc., 2001

[2] Electronic Industry Association, 2008

[3] O'Rourke, C., Fishman, N., Selkow, W., *Enterprise Architecture using Zachman Framework*, Thomson Learning, 2003

[4] Urbaczewski, Lise, "A Comparison of Enterprise architecture Framework", *Paper of Issues in Information System*, Vol. 7, No. 2, 2006

[5] Hay, David C., "Zachman Framework: An Introduction", The Data Administration Newsletter, pp. 1-5, 1997

Rancang Bangun Saklar Lampu Otomatis dan *Monitoring* Suhu Rumah Menggunakan VB. Net dan Arduino

Trisiani Dewi Hendrawati[1], Indra Lesmana[2]
[1,2]*Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi*
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
trisianid@gmail.com

Abstrak

Teknologi yang saat ini sedang populer adalah teknologi *smart home* atau rumah pintar. *Smart home system* adalah sebuah sistem yang memberikan segala kenyamanan, keselamatan, keamanan, dan penghematan energy yang berlangsung secara otomatis dan terprogram melalui komputer pada sebuah gedung atau rumah tinggal. Salah satu aplikasi *smart home* yang dapat dirancang adalah saklar lampu otomatis dan *monitoring* suhu. Pada makalah ini, sistem ini dirancang dengan menggunakan modul mikrokontroler Arduino Uno dan VB. Net sebagai perangkat antarmuka. Berdasarkan pengujian alat tersebut antarmuka VB. Net yang dirancang dapat terkoneksi dengan *hardware* dan bekerja dengan baik.

Kata kunci: *smart home,* saklar lampu, suhu, Arduino, VB. Net

Abstract

The popular technology currently is smart home technology or smart house. Smart home system is a system that will provide the comfort, safety, security, and energy saving which is automatic and programmed through a computer on a building or a house. One of smart home appliances that can be designed is automatic lamp switches and temperature monitoring system. In this paper, this system is designed using Arduino Uno microcontroller board and VB. Net as an interface device. Based on test result, VB. Net interface that designed can be connected with hardware of the system as well.

Keywords: *smart home, lamp switch, temperature, Arduino, VB. Net*

I. PENDAHULUAN

Teknologi masa kini berkembang sangat pesat. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya inovasi-inovasi yang telah dibuat di dunia ini. Teknologi yang saat ini sedang populer adalah teknologi *smart home* atau rumah pintar. *Smart home system* adalah sebuah sistem berbantuan komputer yang akan memberikan segala kenyamanan, keselamatan, keamanan dan penghematan energi, yang berlangsung secara otomatis dan terprogram melalui komputer, pada gedung atau rumah tinggal. Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah yang relevan dengan judul yang ada yaitu: bagaimana cara membuat saklar lampu dan monitoring suhu rumah menggunakan VB. Net dan Arduino?; bagaimana hasil pengujian dari saklar lampu dan monitoring suhu rumah menggunakan VB. Net dan Arduino?

Beberapa penelitian terkait sebelumnya telah dilakukan. Aplikasi Android dirancang untuk mengendalikan lampu berbasis mikrokontroler ATMega 328 [1]. Otomasi lampu dan sistem pendingin ruangan menggunakan sensor LDR dan LM35 juga telah dirancang oleh [2]. Terakhir pada [3], aplikasi *desktop* Visual Basic telah dirancang untuk mengendalikan lampu lalu lintas.

II. PERANGKAT KERAS DAN LUNAK

A. Arduino Uno

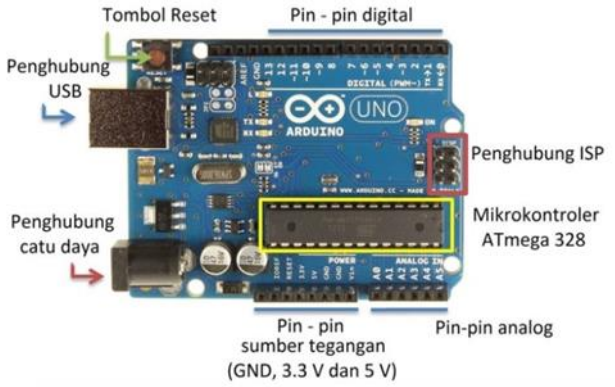
Arduino Uno (Gambar 1) adalah sebuah modul mikrokontroler yang menggunakan mikrokontroler ATMega328 sebagai perangkat utamanya. Arduino Uno saat ini banyak digunakan untuk aplikasi-

Diterima: 22 November 2016; Direvisi: 25 November 2016; Disetujui: Desember 2016
JTERA, Vol. 1, No. 1, Desember 2016

© Politeknik Sukabumi

Tabel 1. Spesifikasi modul mikrokontroler Arduino Uno [4]

Spesifikasi	Keterangan
Chip mikrokontroler	ATMega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan input	7V - 12V
Tegangan input (*limit, via jack* DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
Analog input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3,3V	50 mA
Memori *flash*	32 KB, 0,5 KB telah digunakan untuk *bootloader*
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock speed	16 MHz
Dimensi	68,6 mm x 53,4 mm
Berat	25 gr



Gambar 1. Arduino Uno

aplikasi komputer elektronika baik yang sederhana maupun yang lebih kompleks. Modul ini dapat diprogram langsung melalui *Personal Computer* (PC) dengan menggunakan *compiler* yang dapat diperoleh secara *open source.* Bahasa pemrograman yang digunakannya adalah C/C++ yang telah dimodifikasi. Spesifikasi Arduino Uno dapat dilihat pada Tabel 1.

B. LDR (Light Dependent Resistor)

Resistor peka cahaya (LDR) merupakan sensor yang bekerja dengan memanfaatkan bahan semikonduktor yang karakteristik listriknya berubah-ubah sesuai dengan cahaya yang diterima. Sensor ini akan memiliki resistansi yang sangat besar jika berada dalam ruang yang gelap, sedangkan ketika mendapatkan cahaya sensor ini akan memiliki resistansi yang sangat kecil.

C. Sensor Suhu LM35

LM35 adalah salah satu jenis sensor suhu yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain. Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35:

1. Memiliki sensitifitas suhu 10 mV/ºC.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5ºC pada suhu 25 ºC.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 ºC sampai +150 ºC.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30V.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 ºC pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar ± ¼ ºC.

D. Relai

Relai adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetis. Jika sebuah penghantar dialiri oleh arus listrik, maka di sekitar penghantar tersebut timbul medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik tersebut selanjutnya diinduksikan ke logam *ferromagnetis*.

E. VB. Net

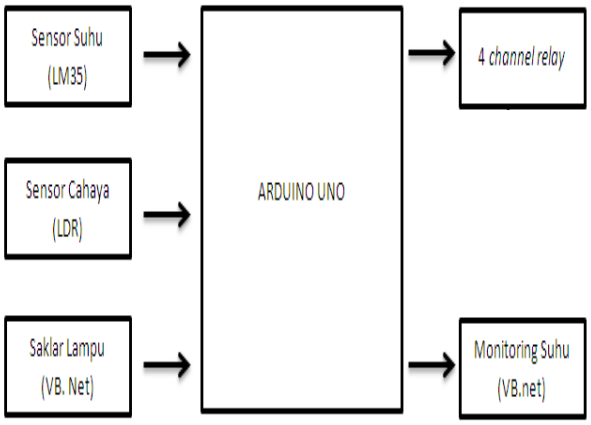
Microsoft Visual Basic NET adalah sebuah alat untuk mengembangkan dan membangun aplikasi yang bergerak di atas sistem NET Framework, dengan menggunakan bahasa BASIC.

III. PERANCANGAN

Perangkat keras untuk menyalakan lampu dan *monitoring* suhu ini terbagi menjadi empat subsistem, diantaranya:

1. Subsistem pengendali menggunakan Arduino Uno yang didalamnya sudah terintegrasi mikrokontroller ATMega 328.
2. Sensor suhu (LM35) untuk mengukur temperatur dalam ruangan.
3. Sensor cahaya (LDR) untuk mengukur intensitas cahaya di luar.
4. Subsistem *driver* relai berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan lampu rumah.

Blok diagram dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Blok diagram sistem

Perangkat lunak untuk membuat aplikasi sistem ini adalah VB. Net. Perancangan pada aplikasi VB. NET terbagi menjadi dua, yaitu aplikasi pengendali relai dan aplikasi *monitoring* suhu. Adapun perancangan pembuatan kedua aplikasi ini adalah:

Tabel 2. Aplikasi pengendali relai

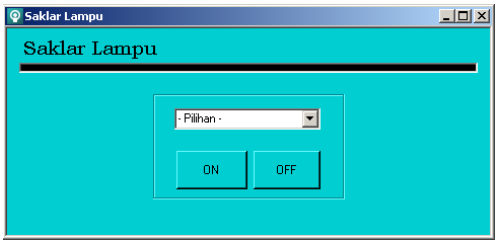
Tools	**Keterangan**	***Name***
Button	2 Unit	*Button1, Button2*
Combobox	1 Unit	*Combobox1*
Timer	1 Unit	*Timer1*
Serialport	1 Unit	*Serialport1*

Tabel 3. Aplikasi *monitoring* suhu

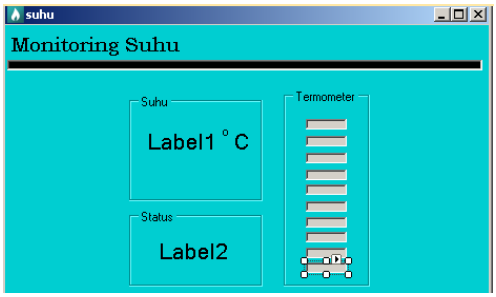
Tool	**Keterangan**	***Name***
Label	2 Unit	*Label1,Label2*
Textbox	10 Unit	*Textbox1* s/d *Textbox10*
Timer	1 Unit	*Timer1*
Serialport	1 Unit	*Serialport1*

Tabel 4. Status *monitoring* suhu

Range	**Status**
Suhu <= 19 ^{o}C	Dingin
20 ^{o}C-39 ^{o}C	Sedang
Suhu >= 40 ^{o}C	Bahaya



Gambar 3. Tampilan aplikasi pengendali relai



Gambar 4. Tampilan aplikasi *monitoring* suhu

Berikut penjelasan bagian-bagian dari aplikasi pengendali relai (Tabel 1):

1. *Combobox* digunakan sebagai bagian untuk memilih lampu atau relai yang akan dikendalikan.
2. *Button ON* berfungsi untuk menyalakan lampu.
3. *Button OFF* berfungsi untuk mematikan lampu.

Sedangkan penjelasan bagian-bagian dari aplikasi *monitoring* suhu (Tabel 2) adalah sebagai berikut:

1. *Label1* berfungsi untuk menampilkan suhu ruangan yang didapat dari mikrokontroler.
2. *Label2* berfungsi untuk menampilkan status suhu.
3. *Textbox1* s/d *Textbox10* berfungsi untuk menampilkan suhu dalam bentuk *bargraph*.

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan tampilan aplikasi untuk pengendali relai dan *monitoring* suhu rumah pada VB. Net. Aplikasi ini kemudian dihubungkan dengan perangkat keras. Untuk *monitoring* suhu rumah, kategori suhu dirancang sesuai dengan Tabel 4. Nilai ini diambil berdasarkan perkiraan kondisi suhu sehari-hari.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Pengujian seluruh sistem dilakukan dalam tiga tahap. Tahap pertama dilakukan untuk menguji saklar lampu yang telah dibuat menggunakan VB. Net. Tahap kedua dilakukan pengujian saklar lampu berdasarkan intensitas cahaya menggunakan LDR. Tahap ketiga dilakukan untuk meguji *monitoring* suhu ruangan menggunakan VB. Net. Ketiga tahap pengujian ini dilakukan di dalam ruangan.

Tabel 5. Pengujian saklar lampu menggunakan VB. Net

Pengujian Ke	*Combobox*	Tombol	*Output*	Reaksi Sistem	Keterangan
1	Kamar	ON	1	Relai 1 ON	Sesuai
2	Kamar	OFF	2	Relai 1 OFF	Sesuai
3	Tengah	ON	3	Relai 2 ON	Sesuai
4	Tengah	OFF	4	Relai 2 OFF	Sesuai
5	Semua	ON	5	Relai 1 dan 2 ON	Sesuai
6	Semua	OFF	6	Relai 1 dan 2 OFF	Sesuai

Tabel 6. Pengujian saklar lampu menggunakan LDR

Pengujian Ke	Intensitas Cahaya	Reaksi Sistem	Keterangan
1	<=10	Relay 3 ON	Sesuai
2	>10	Relay 3 OFF	Sesuai

Tabel 7. Pengujian saklar lampu menggunakan LDR

No.	Suhu		*Error*		Tegangan LM35 (mV)
	Termometer (^oC)	LM 35 (^oC)	(^oC)	(%)	
1	30	30,30	0,3	1	303,03
2	30	30,79	0,79	2,63	303,03
3	30	30,30	0,3	1	303,03
4	30	29,81	0,19	-0,63	303,03
5	30	30,30	0,3	1	303,03
6	30	30,30	0,3	1	303,03
7	30	30,79	0,79	2,63	298,14
8	30	30,30	0,3	1	303,03
9	30	29,81	0,19	-0,63	307,92
10	30	30,30	0,3	1	303,03
Rata-rata			**0,3**	**1**	**303,03**

Tabel 5 menunjukan data hasil pengujian saklar lampu menggunakan VB. Net. Berdasarkan hasil pengujian terlihat bahwa aplikasi VB. Net yang dirancang mampu mengendalikan saklar lampu melalui relai dengan baik. Pengujian saklar lampu menggunakan sensor LDR dapat dilihat pada Tabel 6. Relai yang dirancang mampu mengendalikan lapmu ruangan sesua dengan intensitas cahaya yang diterima LDR. Pengujian sensor suhu LM35 dilakukan menggunakan Termometer konvensional sebagai pembanding. Berdasarkan Tabel 7, terlihat pengukuran suhu dengan LM35 dan Termometer konvensional tidak terlalu jauh berbeda dengan kesalahan (*error*) terendah adalah 0,63% atau 0,19 ^oC berada pada percobaan ke 4 dan ke 6 dan kesalahan tertinggi adalah 2,63% atau 0,79 ^oC pada percobaan ke 2 dan ke 7. Ini membuktikan LM35 bekerja dengan baik untuk mengukur suhu ruangan dengan memiliki rata rata kesalahan 0,3 ^oC.atau 1 %. Tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5-Gambar 7.

B. Analisis dan Pembahasan

Perancangan dan implementasi saklar lampu dan *monitoring* suhu rumah menggunakan VB. Net dan Arduino ini berjalan sesuai dengan fungsinya.

Berdasarkan hasil pengujian di atas diketahui bahwa suhu di dalam ruangan berkisar antara 24-27 ^{o}C dengan status sedang atau rata-rata suhu ruangan tersebut 26,29 ^{o}C. Dan untuk pengujian saklarnya berjalan sesuai dengan *output* yang dihasilkan.

Kelebihan alat ini yaitu mampu mengurangi penggunaan saklar lampu yang dipasang di rumah atau ruangan agar rumah atau ruangan tersebut tidak sesak dipenuhi oleh saklar lampu yang masih konvensional dan meminimalisir kecelakaan yang dilakukan oleh anak kecil karena memainkan saklar konvensional tersebut. Kelebihan lainnya adalah alat ini bisa me*monitoring* suhu rumah sehingga kita bisa melihat suhu ruangan rumah kita.

Kekurangan alat ini adalah sering terjadi *bug* atau kesalahan pada aplikasinya secara tiba-tiba dan belum dibuat sistem keamanan pada sisi aplikasinya sehingga semua orang bisa mengendalikan atau mengakses alat ini.

IV. KESIMPULAN

Saklar lampu dan *monitoring* suhu rumah dapat dirancang dengan menggunakan Arduino, relai, sensor suhu LM35, sensor LDR, dan VB. Net sebagai aplikasi pengendali. Hasil pengujian menunjukan bahwa sistem ini mampu bekerja sebagaimana fungsinya dengan baik. Berdasarkan hasil pengujian di atas diketahui bahwa suhu di dalam ruangan berkisar antara 24-27 ^{o}C dengan status sedang atau rata-rata suhu ruangan tersebut 26,29 ^{o}C. Dan untuk pengujian saklarnya berjalan sesuai dengan *output* yang dihasilkan.

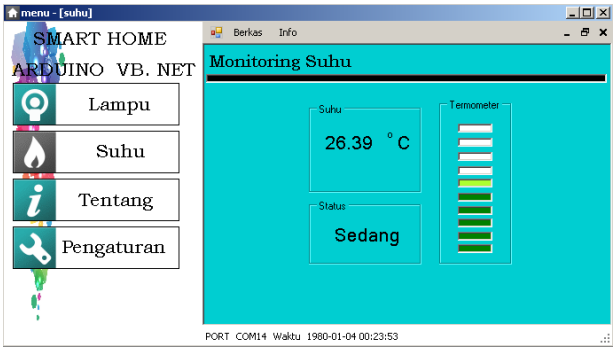
REFERENSI

[1] Andik G., Priadhana E. K., ”Aplikasi Android Pengendali Lampu Rumah Berbasis Mikrokontroller ATMEGA328” *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 2015

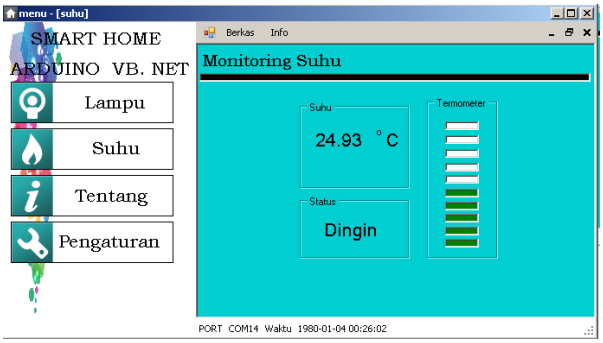
[2] Syukron Ma’mun, ”Rancang Bangun Sistem Otomasi Lampu dan Pendingin Ruangan” Skripsi Sarjana, Universitas Indonesia, 2010

[3] Nur Adi Firawan,”Pengendalian Lampu Lalu Lintas Berbasis Komputer Program Visual Basic” Tugas Akhir Diploma 3, Universitas Negeri Semarang, 2006

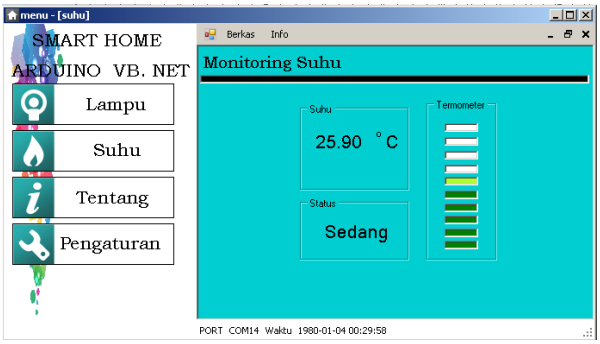
[4] www.arduino.cc



Gambar 5. Percobaan 1



Gambar 6. Percobaan 2



Gambar 7. Percobaan 3

Template Makalah JTERA

Penulis Pertama[1], Penulis Kedua[2], Penulis Ketiga[3]

[1,3]*Afiliasi Penulis Pertama dan Ketiga*
Alamat Afiliasi, Negara
[2]*Afiliasi penulis kedua*
Alamat Afiliasi, Negara
emailkorespondensi@email.ac.id

Abstrak

Dokumen ini merupakan format panduan bagi penulis untuk menulis makalah yang siap dipublikasikan dalam JTERA. Para penulis harus mengikuti petunjuk yang diberikan dalam panduan ini. Anda dapat menggunakan dokumen ini baik sebagai petunjuk penulisan dan sebagai *template* dimana Anda dapat mengetik teks Anda sendiri. Tuliskan Abstrak ini dalam Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia dengan maksimal 200 kata.

Kata kunci: tidak lebih dari 5 kata kunci

Abstract

This document gives formatting instructions for authors preparing papers for publication in JTERA. The authors must follow the instructions given in the document for the papers to be published. You can use this document as both an instruction set and as a template into which you can type your own text. Please write the Abstract in English and Bahasa Indonesia with maximum 200 words.

Keywords: *include at least 5 keywords or phrases*

I. PENDAHULUAN

Dokumen ini adalah *template*. Sebuah salinan elektronik yang dapat diunduh dari situs web JTERA. Untuk pertanyaan atas panduan ini, silakan hubungi panitia publikasi jurnal seperti yang ditunjukkan pada *website*. Makalah yang telah dipublikasikan tersedia dan dapat dilihat dalam situs *website* JTERA.

II. FORMAT HALAMAN

Cara paling mudah untuk memenuhi persyaratan format penulisan adalah dengan menggunakan dokumen ini sebagai *template*. Kemudian ketikkan teks Anda ke dalamnya. Jumlah halaman makalah tidak lebih dari 10 halaman.

Ukuran kertas harus sesuai dengan ukuran halaman A4, yaitu lebar 210 mm dan panjang 297 mm. Batas margin ditetapkan sebagai berikut:

- Atas = 20 mm
- Bawah = 25 mm
- Kiri = Kanan = 20 mm

Artikel penulisan harus dalam format dua kolom dengan ruang 7 mm antara kolom.

III. *STYLE* HALAMAN

Paragraf harus teratur. Semua paragraf harus rata, yaitu sama-sama rata kiri dan dan rata kanan.

A. Huruf-huruf Dokumen

Seluruh dokumen harus dalam Times New Roman *font*. Jenis *font* lain dapat digunakan jika diperlukan untuk tujuan khusus. Fitur ukuran *font* dapat dilihat pada Tabel I.

B. Judul dan Penulis

Judul harus dalam *font* biasa berukuran 24 pt. Nama penulis, afiliasi, dan alamat afiliasi harus dalam font biasa berukuran 10 pt Italic. Alamat email korespondensi harus dalam font Courier New/Regular berukuran 10 pt.

Tabel 1. Ukuran *font* makalah

Ukuran Font	Tampilan (dalam Time New Roman)		
	Biasa (Reguler)	**Tebal (Bold)**	**Miring (Italic)**
10	Isi Abstrak, isi tabel, referensi	Ket. Tabel, Ket. Gambar	Isi *Abstract*
11	Isi	heading level 2	heading level 2 heading level 3, afiliasi penulis, alamat afiliasi, istilah Bahasa Inggris
12	-	Nama penulis, heading Abstrak heading *Abstract*	heading *Abstract*,
13	-	Heading level 1	-
24	Judul	-	Judul dalam Bahasa Inggris

Judul dan pengarang harus dalam format kolom tunggal dan harus rata tengah. Setiap awal kata dalam judul harus huruf besar, kecuali untuk kata-kata pendek seperti, "sebuah", "dan", "di", "oleh", "untuk", 'dari", 'pada", 'atau", dan sejenisnya. Penulisan penulis tidak boleh menunjukkan nama jabatan (misalnya Dosen Pembimbing), gelar akademik (misalnya Dr) atau keanggotaan dari setiap organisasi profesional (misalnya Senior Member IEEE).

Setiap afiliasi harus dimasukkan, seperti: nama institusi, nama organisasi, nama perusahaan. Nama afiliasi diakhiri dengan alamat, termasuk nama negara. Tuliskan satu saja alamat email salah satu penulis sebagai email korespondensi.

C. Bagian Heading

Sebaiknya tidak lebih dari tiga tingkat untuk *heading*. Setiap awal kata dalam suatu *heading* harus berhuruf kapital, kecuali untuk kata-kata pendek seperti yang tercantum dalam bagian III-B.

1) Heading Level-1: Heading level-1 harus dalam *Small Caps* dengan ukuran 13 pt, terletak di tengah-tengah dan menggunakan penomoran angka Romawi huruf besar. Sebagai contoh, lihat *heading* "III. *STYLE* HALAMAN" dari dokumen ini. *Heading* level-1 yang tidak boleh menggunakan penomoran adalah "UCAPAN TERIMA KASIH" dan "REFERENSI".

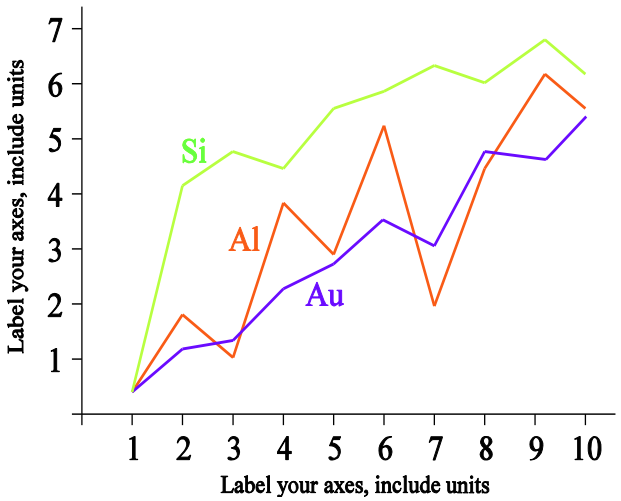
2) Heading Level-2: Heading level-2 harus miring (italic) dan tebal (bold) dengan ukuran 11 pt, merapat ke kiri dan dinomori menggunakan abjad huruf besar. Sebagai contoh, lihat *heading* "*C. Bagian Heading*" di atas.

3) Heading Level-3: Heading level-3 harus diberi spasi, miring, dan dinomori dengan angka diikuti dengan tanda kurung kanan. *Heading* level 3 harus diakhiri dengan titik dua. Heading level-3 berukuran 11 pt. Isi dari bagian level-3 bersambung mengikuti judul *heading* dengan paragraf yang sama. Sebagai contoh, bagian ini diawali dengan *heading* level-3.

D. Grafik dan Tabel

Grafik dan tabel harus terletak di tengah (*centered*). Grafik dan tabel yang besar dapat direntangkan pada kedua kolom.

Grafik diperbolehkan berwarna. Gambar tidak boleh menggunakan pola titik-titik karena ada kemungkinan tidak dapat dicetak sesuai aslinya. Gunakan pewarnaan padat yang kontras baik untuk tampilan di layar komputer, maupun untuk hasil cetak yang berwarna hitam putih, seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh grafik garis menggunakan warna yang kontras baik di layar komputer, maupun dalam hasil cetak hitam-putih

Gambar 2 menunjukkan contoh sebuah gambar dengan resolusi rendah yang kurang sesuai ketentuan, sedangkan Gambar 3 menunjukkan contoh dari sebuah gambar dengan resolusi yang memadai. Periksa bahwa resolusi gambar cukup untuk mengungkapkan rincian penting pada gambar.

Harap periksa semua gambar dalam makalah Anda, baik di layar, maupun hasil versi cetak.

Ketika memeriksa gambar versi cetak, pastikan bahwa:

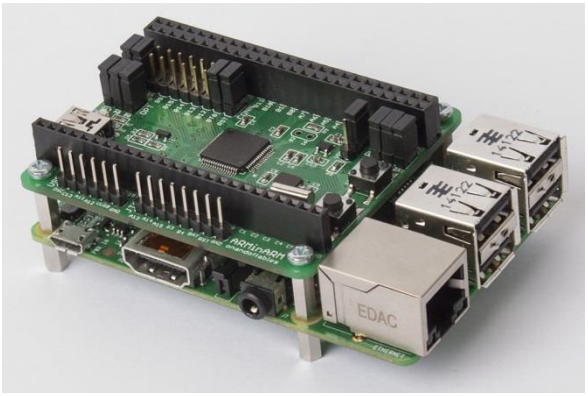
- warna mempunyai kontras yang cukup,
- gambar cukup jelas,
- semua label pada gambar dapat dibaca.

E. Keterangan Gambar

Gambar diberi nomor dengan menggunakan angka. Keterangan gambar harus dalam font tebal (bold) ukuran 10 pt. Keterangan gambar harus diletakkan di tengah (*centered*). Keterangan gambar dengan nomor gambar harus ditempatkan setelah gambar terkait, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Contoh gambar dengan resolusi kurang



Gambar 3. Contoh gambar dengan resolusi cukup

F. Keterangan Tabel

Tabel diberi nomor menggunakan angka. Keterangan tabel di tengah (*centered*) dan dalam font tebal (*bold*) berukuran 10 pt. Setiap awal kata dalam keterangan tabel menggunakan huruf kapital, kecuali untuk kata-kata pendek seperti yang tercantum pada bagian III-B. Keterangan angka tabel ditempatkan sebelum tabel terkait, seperti yang ditunjukkan pada Tabel I.

G. Nomor Halaman, Header, dan Footer

Nomor halaman, *header* dan *footer* tidak perlu dicantumkan penulis.

H. Links dan Bookmarks

Semua *hypertext link* dan bagian *bookmark* akan dihapus. Jika makalah perlu merujuk ke alamat email atau URL di artikel, alamat atau URL lengkap harus diketik dengan font biasa.

I. Penulisan Persamaan

Persamaan secara berurutan diikuti dengan penomoran angka dalam tanda kurung dengan margin rata kanan, seperti dalam (1). Gunakan *equation editor* untuk membuat persamaan. Beri spasi *tab* dan tulis nomor persamaan dalam tanda kurung. Untuk membuat persamaan Anda lebih rapat, gunakan tanda garis miring, fungsi pangkat, atau pangkat yang tepat. Gunakan tanda kurung untuk menghindari kerancuan dalam pemberian angka pecahan. Jelaskan persamaan saat berada dalam bagian dari kalimat, seperti berikut:

$$\sum F = ma \qquad (1)$$

Pastikan bahwa simbol-simbol di dalam persamaan telah didefinisikan sebelum persamaan atau langsung mengikuti setelah persamaan muncul. Simbol diketik dengan huruf miring. F mengacu pada gaya, tetapi F merupakan satuan Farad. Mengacu pada (1), bukan Pers. (1) atau persamaan (1), kecuali pada awal kalimat: “Persamaan (1) merupakan …”.

J. Referensi

Judul pada bagian *heading* referensi tidak boleh bernomor. Semua *item* referensi berukuran font 10 pt. Silakan gunakan gaya tulisan miring dan biasa untuk membedakan berbagai perbedaan dasar seperti yang ditunjukkan pada bagian Referensi. Penomoran *item* referensi diketik berurutan dalam tanda kurung siku (misalnya [1]).

Ketika Anda mengacu pada item referensi, silakan menggunakan nomor referensi saja, misalnya [2]. Jangan menggunakan ”Ref. [3]” atau ”Referensi [3]”, kecuali pada awal kalimat, misalnya ”Referensi [3] menunjukkan bahwa ...”. Dalam penggunaan beberapa referensi masing-masing nomor diketik dengan kurung terpisah (misalnya [2], [3], [4]-[6]). Beberapa contoh item referensi dengan kategori yang berbeda ditampilkan pada bagian Referensi yang meliputi:

- contoh buku pada [1]
- contoh seri buku dalam [2]
- contoh artikel jurnal di [3]
- contoh paper seminar di [4]
- contoh paten dalam [5]
- contoh website di [6]
- contoh dari suatu halaman web di [7]
- contoh manual databook dalam [8]
- contoh datasheet dalam [9]

- contoh tesis master di [10]
- contoh laporan teknis dalam [11]
- contoh standar dalam [12]

IV. KESIMPULAN

Template ini adalah versi pertama JTERA. Sebagian besar petunjuk format di dokumen ini disadur dari *template* untuk artikel IEEE.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini berisi ucapan terima kasih terhadap pihak yang berkontribusi terhadap penelitian (jika ada). Judul untuk ucapan terima kasih dan referensi tidak diberi nomor.

REFERENSI

[1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998

[2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61

[3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT", *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999

[4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109

[5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997

[6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: http://www.ieee.org/

[7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/

[8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996

[9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland

[10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999

[11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999

[12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997

Sekretariat:
POLITEKNIK SUKABUMI
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi 43132
Jawa Barat, Indonesia
Telp/Fax: (0266) 215417
E-mail: jtera@polteksmi.ac.id
Website: http://jtera.polteksmi.ac.id