



POLITEKNIK NEGERI BALI

*matrix*X

JURNAL MANAJEMEN TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA



Editors

Editor-in-chief :

I Gusti Ngurah Agung Dwijaya Saputra, PhD (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

Editorial Boards :

Erfan Rohadi, PhD (Teknik Informatika, Politeknik Negeri Malang).

Dr. I Ketut Swardika, ST, MSi (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

Dr. Anak Agung Ngurah Gde Saptaka (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD (Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali).

Ir. I Wayan Wiraga, MT (Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali).

I Nyoman Kusuma Wardana, ST, MSc (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

Ni Wayan Wisswani, ST, MT (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

Language Editors :

Gusti Nyoman Ayu Sukerti, SS, MHum (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

Ni Nyoman Yuliantini, SPd, MPd (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali).

Reviewers

Dr. Isdawimah (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta).

Dr. Henry B. H. Sitorus (Teknik Elektro, Universitas Lampung).

Dr. Eng. Cahya Rahmad (Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang).

Dr. Mohammad Noor Hidayat (Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang).

I Putu Edy Suardiyana Putra, PhD (PT Bangun Inovasi Teknologi (BIT House)).

I Dewa Made Cipta Santosa, PhD (Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya Jurnal Matrix Volume 9, Nomor 2, Tahun 2019. Adapun artikel ilmiah yang dipublikasikan pada edisi ini ditulis oleh peneliti dari Politeknik Negeri Bali, Politeknik Negeri Jakarta, Universitas Lampung, Politeknik Negeri Indramayu dan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Di bidang manajemen teknologi ditampilkan artikel ilmiah mengenai Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA, Pengisian Muatan Baterai Automated Guided Vehicle (AGV) Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560, Alat Identifikasi Jenis Daging dengan Pengolahan Citra Digital Menggunakan Python 2.7 dan OpenCV Berbasis Raspberry Pi 3 serta artikel ilmiah mengenai Identifikasi Model Parametrik Sistem Suhu dan Kelembaban Udara Greenhouse Secara Eksperimental. Di bidang manajemen informatika ditampilkan artikel ilmiah mengenai Tinjauan Literatur Sistematis: Pengaruh Penggunaan Framework Khusus dalam Proses Pengembangan dan Pembuatan Web serta artikel ilmiah mengenai Penjadwalan Perkuliahan dengan Metode Metaheuristic Ant Colony Optimization Studi Kasus Politeknik Negeri Bali.

Akhir kata, kami menyampaikan terima kasih kepada para reviewer dari Politeknik Negeri Jakarta, Universitas Lampung, Malang, Politeknik Negeri Malang, Politeknik Negeri Bali dan PT Bangun Inovasi Teknologi (BIT House) atas usaha dan kerja keras dalam melakukan kajian dan penyempurnaan terhadap artikel-artikel pada edisi ini. Besar harapan kami agar karya dari para penulis pada edisi ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti di bidang manajemen teknologi dan informasi.

Politeknik Negeri Bali, 31 Juli 2019

Editor-in-chief Jurnal Matrix

I Gusti Ngurah Agung Dwijaya Saputra, PhD

ISSN: 2580-5630



DOAJ
DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

Google
Scholar



sinta
Science and Technology Index

Crossref

Daftar Isi

Ni Wayan Rasmini, I Ketut Ta, I Nyoman Mudiana, I Ketut Parti Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA	41-46
Riandini, Muhammad Angga Aji Bagus Pangestu, Ghaisani Yasmin Pengisian Muatan Baterai Automated Guided Vehicle (AGV) Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560	47-53
Sri Ratna Sulistiyanti, F.X. Arinto Setyawan, Kris Sivam, Sri Purwiyanti Alat Identifikasi Jenis Daging dengan Pengolahan Citra Digital Menggunakan Python 2.7 dan OpenCV Berbasis Raspberry Pi 3	54-60
Karsid, Rofan Aziz Identifikasi Model Parametrik Sistem Suhu dan Kelembaban Udara Greenhouse Secara Eksperimental	61-67
Addien Haniefardy, Muhsin Bayu Aji Fadhillah, Siti Rochimah Tinjauan Literatur Sistematis: Pengaruh Penggunaan Framework Khusus dalam Proses Pengembangan dan Pembuatan Web	68-73
Komang Ayu Triana Indah, Putu Gede Sukarata Penjadwalan Perkuliahan dengan Metode Metaheuristic Ant Colony Optimization Studi Kasus Politeknik Negeri Bali	74-82

Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) PLN - Genset 3 Phasa 10 kVA

Ni Wayan Rasmini[✉], I Ketut Ta, I Nyoman Mudiana, I Ketut Parti

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

[✉]rasmini64@gmail.com

Abstrak: Berbagai tempat tertentu seperti pusat perdagangan, perhotelan, perbankan, rumah sakit maupun industri memerlukan energi listrik secara kontinyu dan handal dalam menjalankan fungsi maupun produksinya. Untuk itu digunakan *generator set* (genset) sebagai sumber energi listrik cadangan untuk mendukung sumber energi listrik utama dari PLN. Sebagai kontrol kapan genset mengambil alih suplai tenaga listrik ke beban ataupun sebaliknya, digunakan sebuah sistem atau alat yang disebut *automatic transfer switch* (ATS). Rangkaian ATS yang dibuat di sini berbasis *magnetic contactor* sebagai komponen utama dan *magnetic relay* sebagai komponen kontrol. Sesuai dengan namanya, ATS ini dapat bekerja secara otomatis menghidupkan genset saat PLN padam serta langsung menyuplai beban dan mematikan genset saat PLN hidup kembali serta mengembalikan suplai beban ke sumber listrik PLN. Saat PLN padam, maka akan terjadi pemutusan pasokan energi listrik ke beban selama 3 (tiga) detik (selama proses *starting genset*), demikian juga saat PLN hidup kembali, maka akan terjadi pemadaman selama 3 (tiga) detik (selama proses pengembalian pasokan energi listrik dari genset ke PLN).

Kata kunci: *automatic transfer switch, genset, suplai PLN.*

Abstract: *In certain places such as the center of trade, hospitality, banking, hospitals and industry require electrical energy in a continuous and reliable in carrying out the function and production. Therefore generator set (genset) is used as the source of electrical energy backup to support the main electrical energy from PLN. As a control when the generator takes over supply of electrical power to the load or vice versa, a system or tool called automatic transfer switch (ATS) is used. ATS that is made here based on magnetic contactor as main component and magnetic relay as control component. In accordance with the name, ATS is able to work automatically to turn on the genset when PLN power goes out as well as directly to supply the load and to turn off the genset when PLN comes back online and restore the supply of the load to PLN. When outages occurs, then the electrical energy supply to the load will be terminated for three seconds (during the process of starting the genset), thus also when the PLN comes back online, then the outage occurs for three seconds (during the return process of electrical energy supply from genset to PLN).*

Keywords: *automatic transfer switch, PLN supply, genset.*

I. PENDAHULUAN

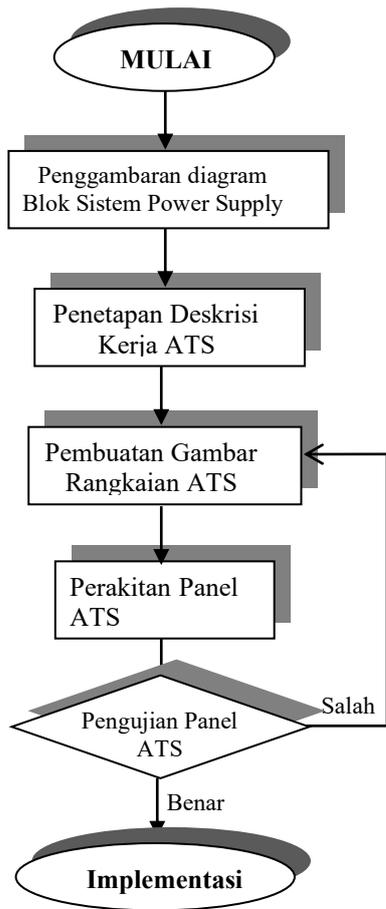
Kehidupan manusia moderen dewasa ini sudah sangat tergantung dengan energi listrik. Hampir semua kebutuhan manusia hanya dapat dicapai pemenuhannya melalui sebuah kinerja yang didukung oleh keberadaan energi listrik. Untuk beberapa aplikasi tertentu, keberadaan energi listrik saja tidak cukup, namun diperlukan juga keberadaannya secara terus menerus (*continuous*). Meskipun kini kondisi listrik negeri kita telah berkembang menjadi lebih baik, pasokan energi listrik oleh perusahaan listrik nasional dalam hal ini PLN, yang diandalkan sebagai sumber energi listrik utama sampai saat ini belumlah dapat diandalkan sisi kontinuitasnya, terutama untuk beberapa aplikasi yang memerlukan pasokan listrik terus-menerus tanpa terputus. Di berbagai tempat tertentu seperti pusat perdagangan, perhotelan, perbankan, rumah sakit maupun industri pariwisata di Bali memerlukan energi listrik secara kontinu dan handal dalam menjalankan fungsi maupun produksinya. Perkembangan teknologi di berbagai bidang juga telah memungkinkan untuk mengatasi keadaan tersebut, yaitu dengan menggunakan tenaga listrik cadangan. Secara umum digunakan berupa

generator set (genset). Jika pasokan tenaga listrik dari PLN padam, maka genset akan mengambil alih suplai tenaga listrik ke beban. Agar genset dapat mengambil alih suplai tenaga listrik ke beban saat sumber energi listrik dari PLN padam dan mengembalikannya saat PLN hidup kembali, maka diperlukan alat yang dapat mentransfer tenaga listrik tersebut secara otomatis [1].

Dari latar belakang tersebut penulis merancang dan membuat alat pentransfer tenaga listrik yang selanjutnya disebut "*automatic transfer switch* (ATS)". ATS yang dirancang adalah untuk Genset Perkins Stamford 3 (tiga) phase 10 kVA yang menggunakan *dinamo starter* atau *electric starter* untuk penggerak awal dari mesin.

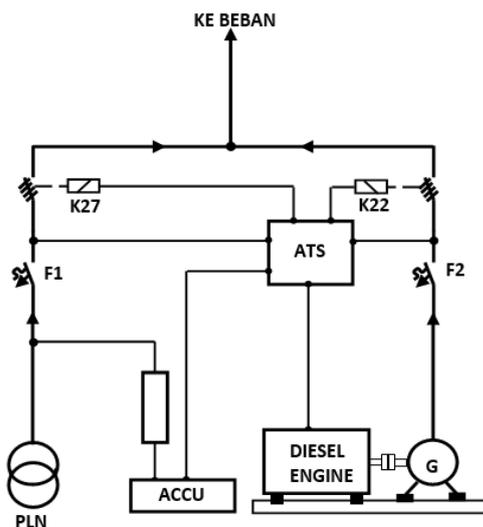
II. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan mempelajari referensi dari buku-buku, situs-situs *web*, *catalog* atau *datasheet* komponen seperti mencari teori-teori komponen penyusun sistem ATS di antaranya *magnetic contactor*, *time delay relay*, *selector switch* dan teori tentang genset. Selanjutnya dilakukan perancangan sistem sesuai diagram alir berikut pada Gambar 1.



Gambar 1. Digram alir metode perencanaan.

Penetapan tahapan dalam perencanaan sistem ATS ini diawali dengan penggambaran diagram balok sistem *power supply* seperti Gambar 2.



Gambar 2. Diagram balok sistem *power supply*.

Keterangan

F1 : MCB daya PLN

F2 : MCB daya Genset

K27 : Kontaktor Utama daya PLN

K22 : Kontaktor Utama Genset

Kegunaan ATS adalah sebagai pemberi perintah untuk *start* dan *stop* genset jika PLN padam dan PLN menyala kembali. Hal ini dimungkinkan karena adanya sensor dari *incoming* PLN dan *incoming* Genset (dapat dilihat Gambar 2). Rangkaian dibuat dapat bekerja dalam 3 (tiga) posisi yaitu posisi Otomatis, Genset dan Repair.

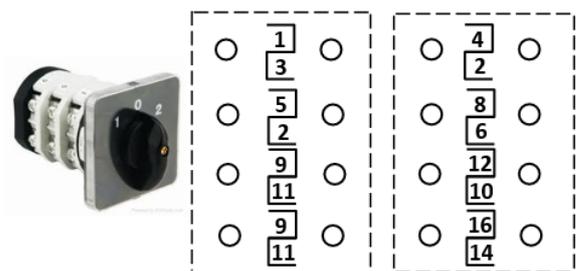
Posisi “Otomatis” dalam keadaan normal, PLN *on*, K27 *on*, beban mendapat suplai dari PLN. Jika PLN *off*, K27 *off*, Genset secara otomatis *start*, K22 *on*, beban mendapat suplai dari Genset. Jika PLN *on* kembali, maka ditunggu beberapa saat agar K22 *off*, K27 *on*, beban disupply oleh PLN kembali.

Posisi “Genset” ini untuk proses pemeliharaan. Jika selector switch di posisi “Genset”, maka sumber PLN diputus, genset *start*, kemudian beban disuplai oleh genset, walaupun PLN hidup. Untuk mengembalikan suplai PLN, maka *selector switch* dikembalikan ke posisi “Otomatis”.

Posisi “Repair” ini digunakan untuk keperluan proses perbaikan pada genset, apabila genset mengalami kerusakan atau gangguan yang memerlukan pembongkaran pada mesin diesel atau generator. Beban hanya disuplai oleh PLN. Jika PLN padam, maka genset tak bisa hidup.

Ada beberapa komponen yang dipakai pada rangkaian ATS ini, yakni *selector switch* (saklar pilih), *magnetic contactor* dan *time delay relay*.

Selector switch merupakan saklar yang digunakan untuk memilih posisi kerja rangkaian kontrol [2]. Gambar 3 menunjukkan bentuk fisik *selector switch* beserta terminal kontakannya.



Posisi Selektor

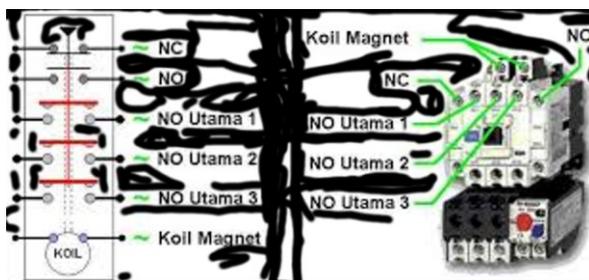
Kontak NO /Terminal	1 (AUTO)	0 (REPAIR)	2 (GENSET)
1 - 2			X
3 - 4	X		
5 - 6			X
7 - 8	X		
9 - 10			X
11 - 12	X		

Gambar 3. *Selector switch*.

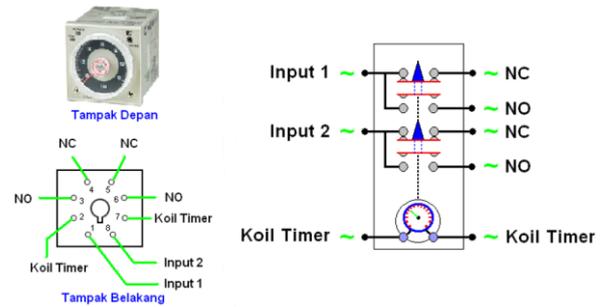
Selector switch ini menyediakan beberapa posisi, kondisi *on* dan kondisi *off*, ada dua, tiga, empat bahkan lebih pilihan posisi, dengan berbagai tipe geser maupun putar. *Selector switch* biasanya dipasang pada panel kontrol untuk memilih jenis operasi yang berbeda, dengan rangkaian yang berbeda pula. *Selector switch* memiliki beberapa kontak dan setiap kontak dihubungkan oleh kabel menuju rangkaian yang berbeda.

Magnetic contactor adalah alat yang dioperasikan dengan listrik yang secara mekanis mengontrol penghubungan rangkaian listrik. *Magnetic contactor* adalah bagian yang penting dari banyak sistem kontrol, bermanfaat untuk kontrol jarak jauh dan pengontrolan alat tegangan dan arus tinggi dengan sinyal kontrol tegangan dan arus rendah. Di dalam sebuah *magnetic contactor* terdapat *coil* (gulungan) yang dapat menjadi magnet saat *coil* tersebut diberi tegangan, kemudian magnet dari *coil* tersebut akan menarik kutub saklar (*contact point*) yang ada pada *magnetic contactor* tersebut, dan akan menggerakkan kutub yang sebelumnya dalam keadaan tidak terhubung (terputus) menjadi terhubung, dan sebaliknya kutub yang sebelumnya terhubung menjadi terputus. Gambar 4 menunjukkan suatu *magnetic contactor*.

Time delay relay (TDR) atau disebut juga *relay timer* atau *relay penunda batas waktu*, yang banyak digunakan dalam instalasi listrik terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. TDR dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan MC (*magnetic contactor*), MCB, dan lain-lain. TDR adalah *relay* yang reaksi kontakannya tertunda. Ada dua jenis yaitu *on delay relay* dan *off delay relay*. *On delay relay* yaitu *relay* yang reaksi kontakannya tertunda saat *on*. Sedangkan *off delay relay* adalah *relay* yang reaksi kontakannya tertunda saat *off*. Pada Gambar 5 ditunjukkan suatu *Time delay relay*.



Gambar 4. *Magnetic contactor* [3].



Gambar 5. *Time delay relay* jenis *on delay* [3].

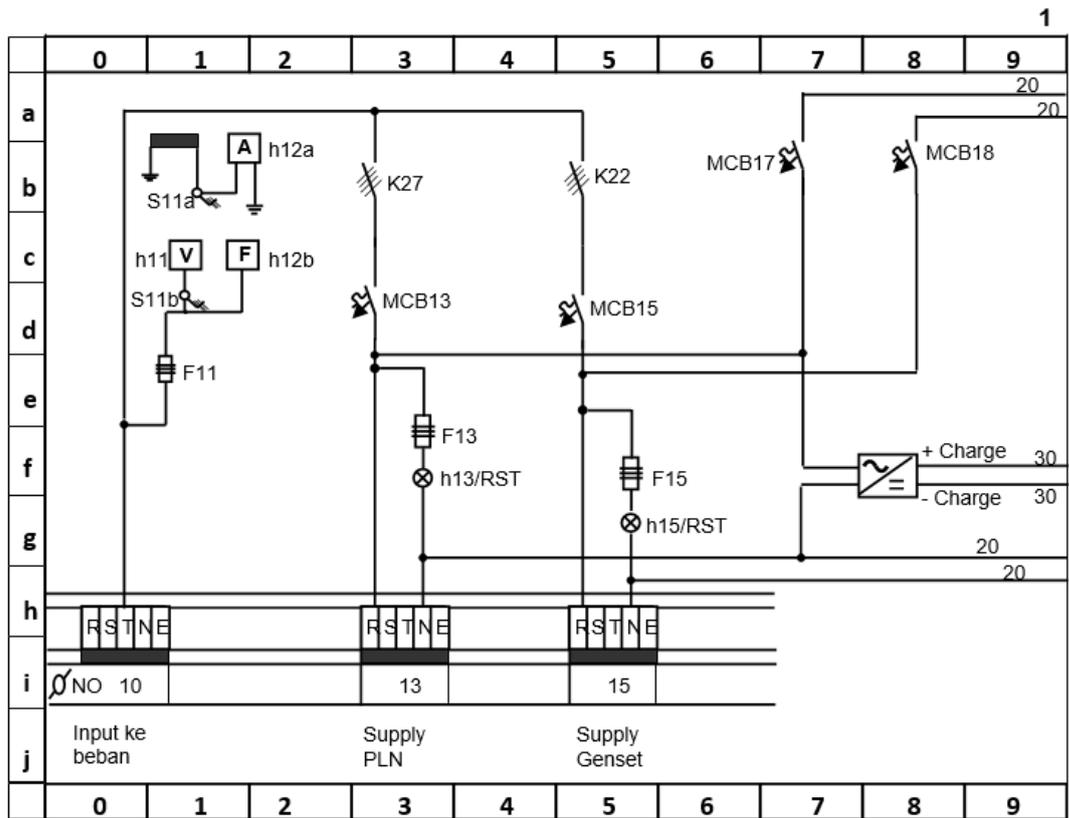
Diesel engine generator sets adalah sebuah bentuk pembangkit listrik di mana sebagai penggerak utamanya (*prime mover*) adalah mesin diesel dan dihubungkan (*couple*) dengan generator listrik dalam satu dudukan (*base frame*) yang kokoh dan terinstal dengan baik sehingga dapat dioperasikan dengan baik [4]. Sebagai suatu unit pembangkit listrik yang berpengerak mesin diesel mempunyai bagian bagian dan sistem yang saling berkaitan erat. Seperti telah dijelaskan di muka, bahwa fungsi dari ATS adalah sebagai pemberi perintah untuk *start* dan *stop genset* jika PLN *off* dan PLN *on* kembali [5-8]. Oleh karena itu untuk merancang rangkaian kontrol ATS, prinsip kerja dari genset terutama sistem *start* dan *stop* harus dipahami terlebih dahulu. Genset ini menggunakan *dinamo starter* untuk penggerak awal dari mesin, melalui mekanisme roda gigi dan *pinion dinamo starter* yang menggerakkan *flywheel*. Dari awal putaran di poros ini akan menghasilkan kompresi mengabutkan bahan bakar. Setelah terjadi pembakaran dan menghasilkan gerakan berputar sendiri, *dinamo* akan lepas dari gigi *flywheel*. *Dinamo starter* ini didesain untuk bekerja hanya sesaat pada saat *start*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

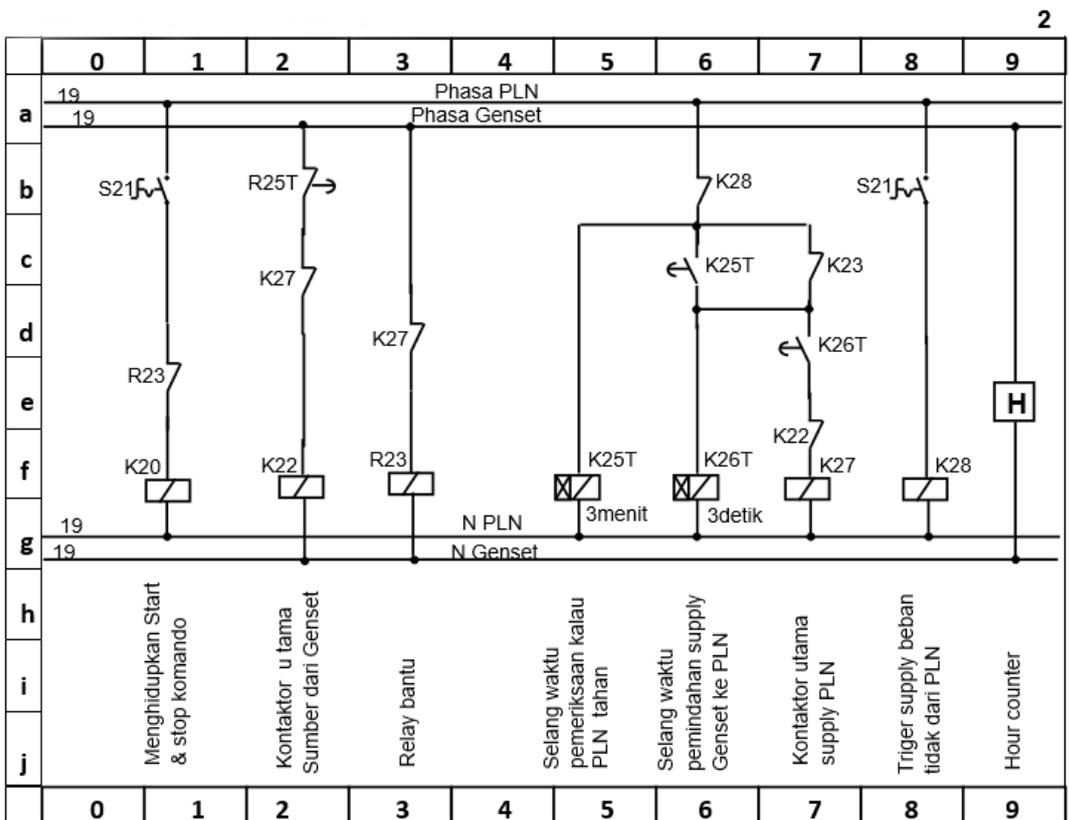
Dari deskripsi kerja ATS yang telah ditetapkan, dapat digambarkan diagram kontrol ATS tersebut seperti Gambar 5. Pemilihan komponen penyusun rangkaian ATS harus disesuaikan dengan kapasitas Genset. Dengan demikian untuk MCB13 dan MCB15 dipilih yang mempunyai rating arus 16 Ampere, dengan perhitungan sesuai Persamaan (1).

$$I_L = \frac{10000}{380 \sqrt{3}} = 14.95 \text{ A} \quad (1)$$

Untuk *magnetic contactor* K22 dan K27, kontak utamanya minimal harus mempunyai kemampuan atau *rating* arus minimal 16 Ampere. Komponen di atas disebut sebagai komponen daya atau utama. Untuk komponen kontrol mulai dari MCB 17 dan MCB 18 serta *relay* yang lainnya cukup mempunyai *rating* arus 6 Ampere.

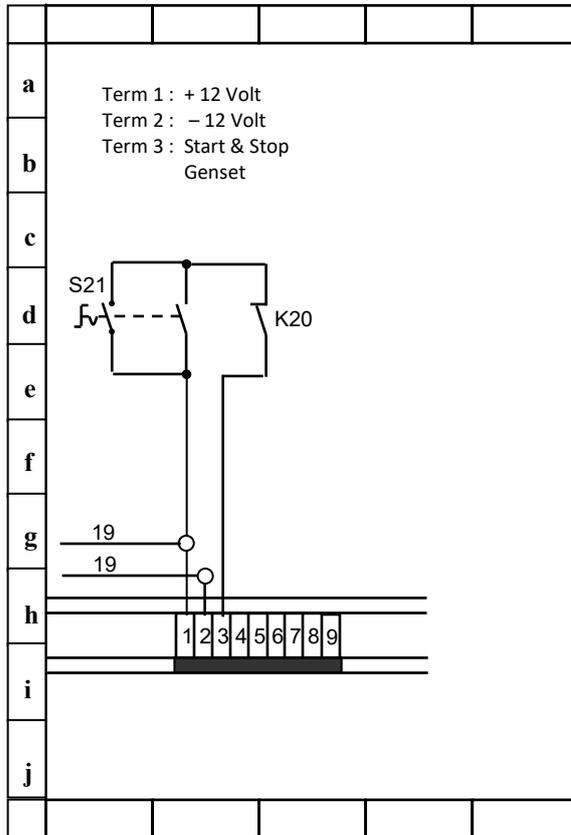


Gambar 5. Diagram kontrol ATS.



Gambar 5. Diagram kontrol ATS lanjutan.

3



Gambar 5. Diagram kontrol ATS lanjutan.

Setelah komponen dipilih, maka dilanjutkan dengan perakitan komponen ATS pada panel sesuai dengan Gambar 6.

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan kesesuaian kerja alat hasil rancangan dengan deskripsi kerja rangkaian yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan tegangan (sumber) PLN pada terminal suplai PLN dan tegangan (sumber) Genset pada terminal suplai Genset serta melakukan penyambungan terminal 1,2,3 panel ATS dengan terminal batry dan start stop Genset. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar diagram fungsi Gambar 7.

Saat kondisi *selector switch* S21 pada posisi Otomatis (AUTO), dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa situasi awal beban disuplai dari PLN, dengan PLN *on*, K27 Utama PLN, K20, K25T, dan K26T *on*. Saat PLN padam, maka K27 Utama PLN, K20, K25T dan K26T *off*, beban terputus sesaat, genset langsung *start*, K22 Utama GS *on*, lalu beban disuplai dari Genset.

Saat beban disuplai dari Genset, kemudian PLN *on*, K25T langsung *on*, 3 menit kemudian K26T *on*, K22 Utama GS *off*, beban terputus, 3 detik setelah K22 *off* lalu K27 utama PLN *on*, beban disuplai PLN yang diikuti K20 *off* dan Genset *off*.



Gambar 6. Panel ATS.

DIAGRAM KERJA / DIAGRAM FUNGSI ATS (S21 POSISI AUTO)			
		3 menit	3 detik
BEBAN			
PLN			
GENSET			
K27 UTAMA PLN			
K22 UTAMA GS			
START GENSET			
STOP GENSET			
K20			
K25T			
K26T			
	SITUASI AAWAL: BEBAN DISUPPLY DARI PLN	SITUASI AKHIR: BEBAN DISUPPLY DARI GENSET	SITUASI AWAL: BEBAN DISUPPLY DARI GENSET
			PEMERIKSAAN KALAU PLN TAHAN
			SELANG WAKTU PEMINDAHAN BEBAN DARI GENSET KE PLN
			SITUASI AKHIR: BEBAN DISUPPLY DARI PLN

Gambar 7. Diagram fungsi hasil pengujian ATS.

IV. KESIMPULAN

Automatic Trasfer Switch (ATS) ini secara otomatis dapat menghidupkan genset saat sumber listrik PLN padam serta mengambil alih suplai atau pasokan listrik ke beban dan mematikan genset saat PLN hidup kembali serta mengembalikan suplai atau pasokan listrik ke beban kepada sumber PLN. Saat PLN padam akan terjadi pemutusan pasokan energi listrik ke beban selama 3 (tiga) detik (selama proses *starting* genset), demikian juga saat PLN hidup kembali akan terjadi pemadaman selama 3 (tiga) detik (selama proses pengembalian pasokan energi dari genset ke PLN).

Kontaktor utama yang berfungsi sebagai switch utama sumber PLN adalah K27, sedangkan K22 sebagai switch utama Genset. Kedua komponen ini sistem kerjanya secara *interlock* (jika PLN *on* dan K27 *on*, maka K22 *off* dan jika Genset *on* dan K22 *on*, maka K27 *off*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada editor dan reviewer Jurnal Matrix atas publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. W. Rasmini, "Panel automatic transfer switch (ATS) – automatic main failure (AMF) di perumahan direksi BTDC," *Logic*, vol. 13, no. 1, 2013.

- [2] K. Hidayat, Y. Ridal and Arzul, *Perancangan ATS (automatic transfer switch) satu fasa dengan batasan daya pelanggan maksimum 4400 VA*. Bung Hatta University, 2017.
- [3] Alfith, "Optimalisasi ATS (automatic transfer switch) pada genset 2800 watt berbasis TDR," *Prosiding Seminar Nasional PIMIMD-4*, 2017.
- [4] Raswi Joio, *Teori – Dasar – Genset – Generator*.
- [5] S. Suhana, *Rangkaian kontrol panel genset*. Bandung: ITB, 2002.
- [6] P. A. Sutrimo, A. Gunawan and A. Khabzli, "Back up power pada sistem ATS (automatic transfer switch)," *Jurnal Aksara Elementer*, vol. 2, no. 4, 2015.
- [7] E. Susanto, "Automatic transfer switch (suatu tinjauan)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, 2013.
- [8] S. Supriono and S. D. Panjaitan, "Manajemen Daya Listrik dengan Sistem Automatic Transfer and Synchronization Switch berbasis PLC," *JNTETI*, vol. 4, no. 3, 2015.

Pengisian Muatan Baterai Automated Guided Vehicle (AGV) Otomatis Berbasis Arduino Mega 2560

Riandini[✉], Muhammad Angga Aji Bagus Pangestu, Ghaisani Yasmin

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

[✉]riandini@elektro.pnj.ac.id

Abstrak: Baterai sebagai sumber tenaga utama AGV memiliki kapasitas muatan listrik terbatas sehingga perlu diisi ulang. Alat pengisi muatan baterai AGV konvensional memerlukan bantuan operator untuk melakukan pengisian sehingga kurang efektif dan efisien. Alat tersebut juga tidak memiliki sistem pengirim status pengisian muatan. Operator AGV umumnya melakukan pemantauan pada beberapa charging station yang sedang beroperasi di lokasi yang berbeda. Kelalaian operator dalam melakukan pemantauan dapat berakibat buruk pada kinerja AGV. Oleh karena itu, dibuat alat pengisi muatan baterai AGV otomatis menggunakan Arduino Mega 2560 yang dilengkapi sistem pewaktu dan sistem pengiriman status pengisian, agar dapat melakukan pengisian sesuai waktu yang dibutuhkan dan dapat ditindaklanjuti bila terjadi kegagalan atau kesalahan pada pengisian muatan baterai. Waktu pengisian dapat diatur melalui HMI. Status pengisian dikirim melalui SMS ke handphone operator menggunakan Modul GSM SIM900.

Kata kunci: AGV, Arduino Mega, baterai SMS, modul GSM SIM900.

Abstract: A battery as a main power of AGV provides limited electricity that need to be recharged. Conventional AGV battery charger is less effective and less efficient because it needs human to be operated. It also does not have a charging notification system. Usually, an AGV operator monitor some charging stations which has been operated at different areas. An operator's carelessness when monitoring can cause a bad effect of AGV's performance. Therefore, we made automatic AGV's battery charger using Arduino Mega 2560 with timing and charging notification system in order to charge the AGV's battery based on time and reporting if there is something wrong on charging process. The charging time can be set by operator through HMI. The charging status sent by SMS using SIM900 GSM module.

Keywords: AGV, Arduino Mega, battery, SMS, SIM900 GSM Module.

I. PENDAHULUAN

Automated guided vehicle (AGV), kendaraan yang berfungsi untuk mendistribusikan barang atau material dari suatu tempat ke tempat lain secara otomatis, berperan penting di industri. AGV dapat meminimalisir *human error* sehingga dapat memaksimalkan produksi. Sumber tenaga utama AGV adalah baterai karena *portable* dan berukuran relatif kecil. Kelemahannya, baterai memiliki kapasitas muatan listrik terbatas sehingga perlu pengisian ulang. Pengisian muatan baterai (*charger*) AGV biasanya bekerja dengan operasi manual. Hal ini kurang efektif karena kelalaian operator saat memutuskan kontak dari *charger* AGV dapat berakibat *overcharged* pada baterai. *Overcharged* yang berakibat *overheat* pada saat melakukan pengisian ulang, dapat memperpendek umur baterai bahkan menyebabkan baterai meledak. Selain itu, *charger* AGV manual tidak dapat memutuskan listrik (arus dan tegangan) secara otomatis dan tidak dilengkapi dengan sistem notifikasi status pengisian.

Penelitian ini bertujuan menghasilkan luaran inovasi berupa alat pengisi baterai otomatis (*Auto Charger*) AGV yang dilengkapi indikator pengisian, dan sistem pengiriman status pengisian muatan baterai.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Sistem AGV terdiri dari *charging station* sebagai tempat pemberhentian AGV yang akan melakukan pengisian ulang muatan baterai dan *charger* baterai. Prinsipnya, pengisian ulang daya baterai dilakukan dengan cara merubah arus listrik AC (*Alternating Current*) PLN menjadi arus DC (*Direct Current*) [1]. Pada *charging station* terdapat *limit switch* sebagai pendeteksi kedatangan AGV, karena sensor ini akan aktif dan memberikan perubahan elektrik saat kontak yang terdapat didalamnya dapat tekanan dari suatu benda fisik [2], [3].

Informasi pada AGV berupa durasi pengisian muatan baterai diinputkan oleh operator melalui *keypad*, sebagai *interface* antara mesin dan manusia [4]. Kemudian data input dikirim dan diproses mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai pewaktu. Output Arduino Mega 2560, dihubungkan ke *relay* yang digunakan untuk mengalirkan atau memutuskan arus listrik ke *charger* [5]. Durasi pengisian awal diatur berdasarkan nilai yang tersimpan di EEPROM, dimana hal ini dapat diubah-ubah oleh operator melalui *keypad* saat mode sistem *standby* dan info tersebut tertampil di *Liquid Crystal Display* (LCD) [6], [7].

Selanjutnya untuk sistem pengiriman status, status pengisian muatan baterai AGV diterima oleh

handphone operator, informasi pengisian ditampilkan pada LCD dan lampu indikator. Status pengisian muatan baterai dikirim secara nirkabel menggunakan fasilitas *Short Message Service (SMS)* pada modul GSM SIM900. Modul tersebut beroperasi pada frekuensi 900MHz via jaringan seluler, dimana fleksibel atau kompatibel dengan kartu SIM operator telepon seluler Indonesia [8]. Komunikasi antara Arduino Mega dengan modul GSM SIM900 melalui *pin serial* 19, 18 (Rx, Tx). Kecepatan aliran data (*baudrate*) yang dikonfigurasi yaitu 9600 – 115200 bit per second (bps) melalui protokol komunikasi standar modem AT Command [9]. Modul diaktifkan untuk mengirim pesan singkat berupa status hasil deteksi sensor arus, sensor tegangan, dan *limit switch*, pada sistem pengisian muatan baterai.

Sensor arus yang digunakan bekerja dengan prinsip IC Hall Effect, sedangkan sensor tegangannya menggunakan rangkaian dengan prinsip mengkonversi tegangan yang besar ke tegangan yang sesuai dengan tegangan mikrokontroler (0-5V) [10].

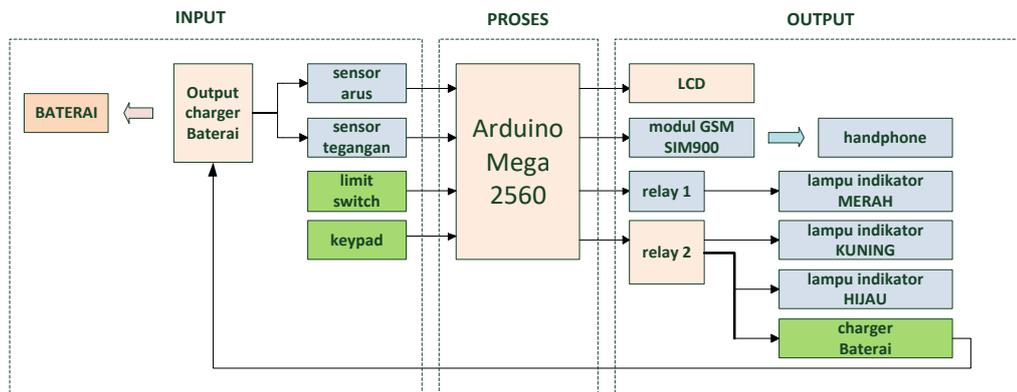
Alat pengisi baterai otomatis (*Auto Charger*) AGV dilengkapi indikator pengisian berupa pilot lamp dengan panjang gelombang 380-780 nanometer yang diterima manusia sebagai warna [11] dan sistem pengiriman status pengisian muatan baterai. Terdapat tiga buah lampu sebagai indikator pengisian yang

memiliki arti yaitu hijau (*standby*), kuning (*charging*), dan merah (*fail* atau *error*).

Secara umum diagram balok pada Gambar 1 menjelaskan rancang bangun dari keseluruhan sistem pengisian muatan baterai AGV otomatis. Bentuk dan tampilan dari alat baik tampak atas maupun depan dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan *flowchart* sistem tampak pada Gambar 3 dan 4.

B. Pengujian Sistem

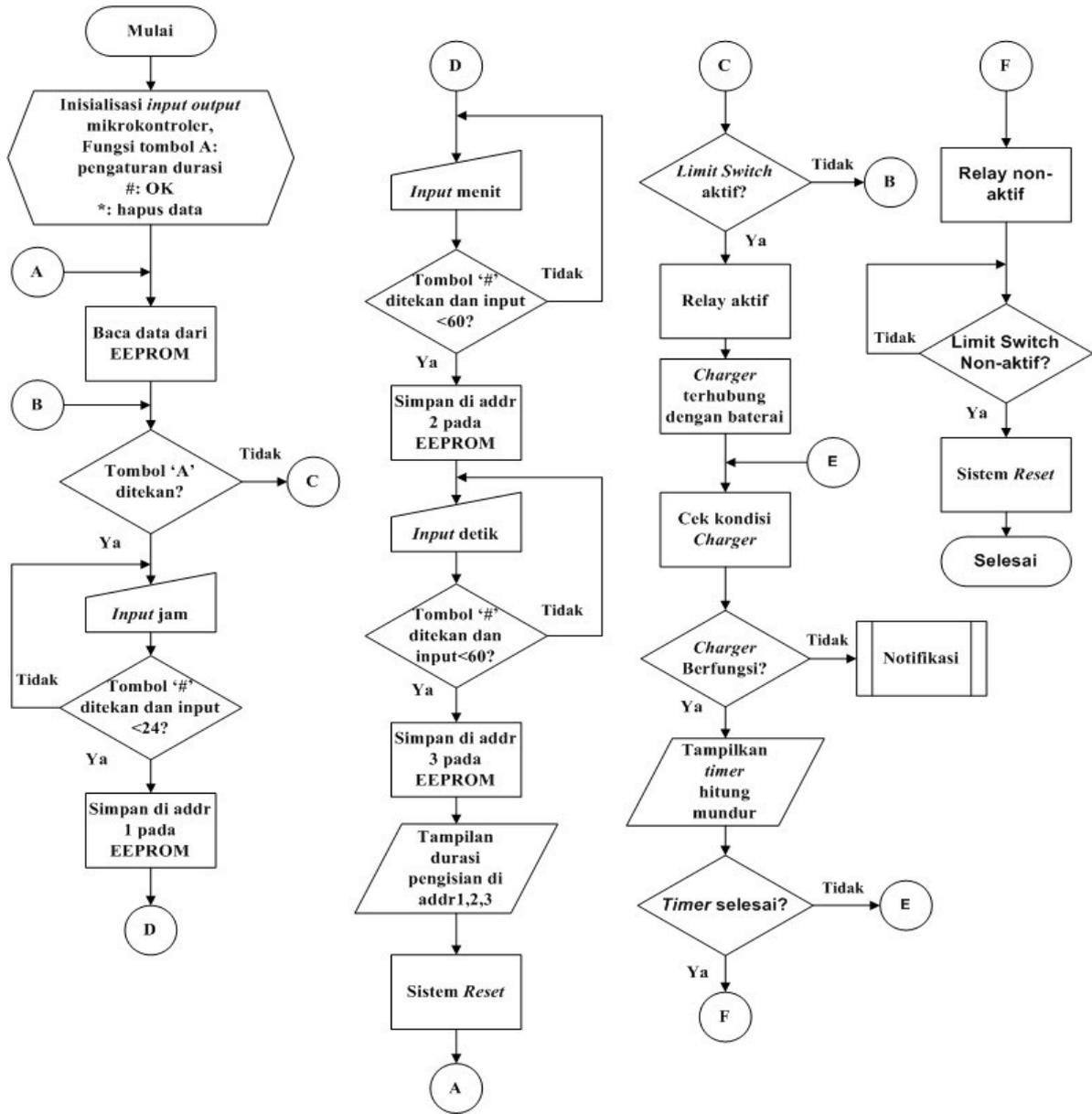
Uji Sistem Pewaktu dilakukan dengan cara memastikan apakah durasi pengisian yang diinput melalui *keypad* tersimpan di memori EEPROM dan tertampil pada LCD. Sedangkan uji sistem pengiriman status dilakukan dengan dua tahapan. Pertama, dilakukan uji pengisian muatan baterai AGV dengan baterai tipe *lead acid*. Baterai tipe *lead acid* merupakan komponen yang dapat menghasilkan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi elemen primernya [12]. Spesifikasi baterai yang dipakai VRLA 12V dengan kapasitas 3,5Ah dan *charger* baterai 13,8V, 2A. Status pengisian muatan berupa “*start*”, “*finish*”, “*fail*”, “*error*” dikirimkan ke *handphone operator*. Berikutnya pada tahap kedua, memastikan tampilan hasil deteksi sensor arus dan sensor tegangan pada LCD serta lampu indikator menyala sesuai dengan pengaturan.



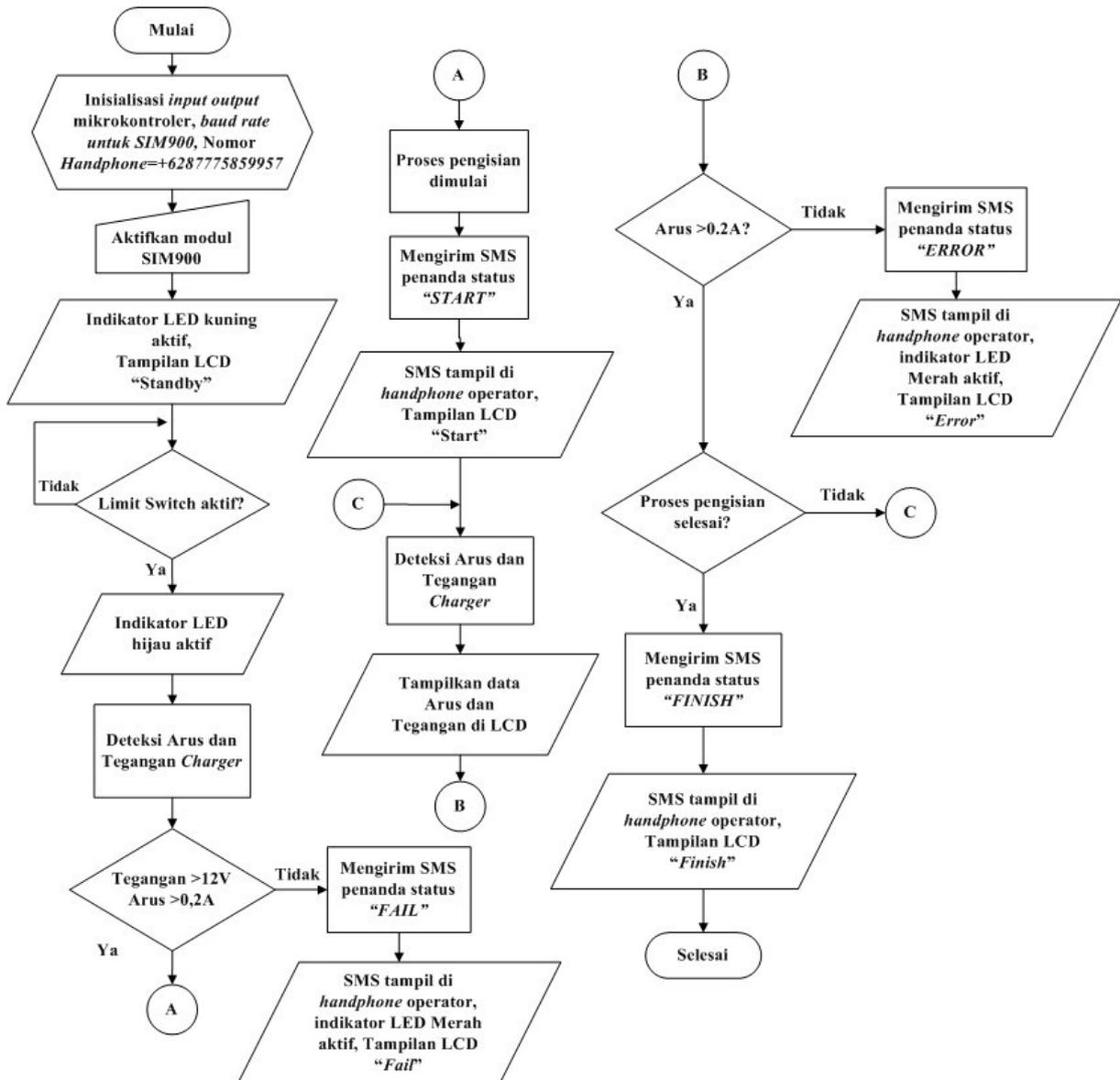
Gambar 1. Diagram balok sistem.



Gambar 2. Bentuk dan tampilan alat.



Gambar 3. Flowchart sistem pewaktu.



Gambar 4. Flowchart sistem pengiriman status pengisian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menginput nilai berupa jam, menit, dan detik yang bervariasi sebagai durasi pengisian kemudian nilai yang diinput melalui keypad dibandingkan dengan data yang tersimpan di alamat EEPROM dan tertampil pada LCD (Gambar 5). Alamat EEPROM yang digunakan berjumlah 3 alamat yaitu addr 1, addr 2, dan addr 3. Masing-masing alamat dapat menyimpan data maksimal berukuran 8 bit (0-255). Addr 1 menampung data hasil input pewaktu berupa jam, addr 2 menampung data menit, dan addr 3 menampung data detik. nilai yang dapat diinput maksimal adalah 23 untuk jam dan 59 untuk menit dan detik. Jika data yang diinput melebihi aturan seperti percobaan pada (Gambar 6), maka pada LCD akan tertampil peringatan "Forbidden!!" yang menandakan

nilai input melebihi batas yang diperbolehkan dan operator diminta untuk menginput ulang durasi hingga nilai sesuai.



Gambar 5. Data Tersimpan di EEPROM.

Pengujian alat dilakukan dengan membandingkan kesesuaian informasi dan status pengisian muatan baterai AGV yang tertampil, dengan *case program*. Data yang tampil pada LCD, status yang dikirim ke *handphone*, dan nyala lampu indikator, yaitu berupa kondisi mode sistem *standby*, *start*, *finish*, *fail*, dan *error*.

Pengujian mode *standby* bertujuan untuk memantau kesesuaian parameter yang dipantau, dengan *case* pada mode sistem “*standby*”. Pengujian dilakukan selama 5 menit dan data diambil setiap 1 menit. Informasi pengisian dan status “*standby*” yang ditampilkan pada display (LCD) dan lampu indikator sebagai indikator keberhasilan deteksi sensor dan *limit switch* dengan program mode sistem *standby* (Gambar 7).

Pengujian mode *start* bertujuan untuk memantau kesesuaian parameter yang dipantau dengan *case mode* sistem “*start*”. Pengujian ini disimulasikan bahwa AGV menuju *charging station*. Ketika AGV mencapai *charging station*, maka terjadi kontak

dengan *limit switch*. Informasi pengisian dan status “*start*” yang ditampilkan pada display (LCD), lampu indikator, dan SMS sebagai indikator keberhasilan deteksi sensor dan *limit switch* dengan program mode sistem “*start*” (Gambar 8).

Pengujian pada kondisi sistem *finish* bertujuan untuk memantau kesesuaian parameter dengan *case program mode* sistem “*finish*”. Simulasi dilakukan ketika pengisian selesai dan AGV meninggalkan *charging station* yang menandakan pengisian muatan baterai selesai dan *limit switch* tidak kontak dengan AGV. Pengujian dilakukan setelah 5 menit pengisian muatan baterai AGV dengan tegangan awal baterai AGV yaitu 13V. Informasi pengisian dan status “*finish*” yang ditampilkan pada *display* (LCD), lampu indikator yang sama dengan mode “*standby*”, dan SMS sebagai indikator keberhasilan deteksi sensor dan *limit switch* dengan program mode sistem “*finish*” (Gambar 9).



Gambar 6. Input data melebihi aturan sistem pewaktu.



Gambar 7. Tampilan LCD dan indikator pada mode “*standby*”.



Gambar 8. Tampilan mode “*start*” pada LCD, lampu indikator, dan SMS.



Gambar 9. Tampilan mode “*finish*” pada LCD, lampu indikator, dan SMS.

Pengujian pada kondisi “fail” bertujuan memantau ada atau tidaknya kegagalan pada sistem saat akan melakukan pengisian muatan baterai AGV dan memeriksa kesesuaian parameter yang dipantau dengan *case* pada *program mode* sistem “fail”. Kondisi “fail” disimulasikan dengan memutus Kontak Saklar uji yang terhubung ke salah satu jalur (*Line* atau *Netral*) pada charger baterai AGV, sehingga tidak ada tegangan dan arus yang mengalir ke *charger*. Informasi pengisian dan status “fail” yang ditampilkan pada display (LCD), lampu indikator “start” dan “error” menyala bersamaan dan SMS sebagai indikator keberhasilan deteksi sensor dan *limit switch* dengan program mode sistem “fail” (Gambar 10).



Gambar 10. Tampilan mode “fail” pada LCD, lampu indikator, dan SMS.



Gambar 11. Tampilan mode “error” pada LCD, lampu indikator, dan SMS.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, pengaturan durasi pengisian sesuai dengan yang diinput melalui keypad. Data durasi pengisian berupa jam, menit, dan detik tersimpan pada masing-masing alamat EEPROM. Terdapat hubungan antara parameter pengisian yaitu output *charger* baterai dengan mode sistem seperti mode *standby*, *start*, *finish*, *fail* dan *error*. Status pengisian muatan baterai ditampilkan pada LCD dan *handphone*. Indikator LED aktif sesuai mode sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih untuk DIPA Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendanai sehingga terealisasinya Pengisi Muatan Baterai AGV Otomatis melalui Riset Grant Dosen Mahasiswa (RGDM).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Imron, “Rancangan produk charger handphone portable dengan metode quality function deployment (QFD),” *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [2] A. Adriansyah and O. Hidyatama, “Rancang

Pengujian pada kondisi “error” bertujuan untuk memantau apakah pada saat terjadi kegagalan sistem saat proses pengisian, parameter yang dipantau sesuai dengan *case* pada mode sistem “error”. Kondisi *error* disimulasikan dengan memutus kontak saklar yang terhubung ke *charger* baterai AGV pada saat pengisian sedang berlangsung, sehingga tidak ada tegangan dan arus yang mengalir ke *charger*. Informasi pengisian dan status “error” yang ditampilkan pada *display* (LCD), lampu indikator yang sama dengan kejadian mode “fail” dan SMS sebagai indikator keberhasilan deteksi sensor dan *limit switch* dengan program mode sistem “error” (Gambar 11).

- bangun prototipe elevator menggunakan microcontroller Arduino Atmega 328P”, *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 4, no. 3, 2013.
- [3] Syahid, A. Bayu P., A. Dwi C., N. Bina P. and E. Oscar, “Rancang bangun kendali palang parkir mobil menggunakan smart card berbasis PLC,” *Jurnal Teknik Elektro Terapan*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [4] D. D. Hutagalung, “Sistem monitoring dan keamanan pintu berbasis SMS menggunakan Arduino Uno,” *Jurnal Teknologi Informasi ESIT*, vol. XII, no. 01, April, 2018.
- [5] P. Bunga, M. Pakiding and S. Silimang, “Perancangan sistem pengendalian beban dari jarak jauh menggunakan smart relay,” *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 5, 2015.
- [6] E. Nasrullah, A. Trisanto and L. Utami, “Rancang bangun sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor suhu LM35 berbasis mikrokontroler ATmega 8535,” *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 3, no 3, 2011.

- [7] I. Dinata and W. Sunanda, "Implementasi wireless monitoring energi listrik berbasis web database," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, 2015.
- [8] W. Broto, "Deteksi disaster recovery plan pada sistem komunikasi seluler menggunakan VSAT FDMA berbasis Ku-Band," *Prosiding Seminar Nasional Fisika (EJournal) SNF*, Vol. 5, 2016.
- [9] B. Pravallika and C. Rajagopal, "Healthcare Services for accident identification using GPS and GSM system", *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences (RJPBCS)*, vol. 7, 2016.
- [10] R. A. Sadewo, E. Kurniawan, and K. B. Adam, "Perancangan dan implementasi pengisian baterai lead acid menggunakan solar cell dengan menggunakan metode three steps charging", *E-Proceeding of Engineering*, vol. 4, no. 1, 2017.
- [11] M. Kiftiyah, Santoso and Munsyi, "Robot pendeteksi warna", *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 1, no. 2, 2015.
- [12] M. K. Achriansyah, N. A. Windarko, and Suryono, "Battery charger otomatis berbasis mikrokontroler untuk lead acid battery," *Jurnal Elektro PENS*, vol.1, no.1, 2012.

Alat Identifikasi Jenis Daging dengan Pengolahan Citra Digital Menggunakan Python 2.7 dan OpenCV Berbasis Raspberry Pi 3

Sri Ratna Sulistiyanti[✉], F.X. Arinto Setyawan, Kris Sivam, Sri Purwiyanti

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

[✉]sr_sulistiyanti@eng.unila.ac.id

Abstrak: Proses identifikasi jenis daging di masyarakat umum masih dilakukan dengan cara manual. Penelitian ini dapat mengidentifikasi jenis daging secara otomatis dengan teknologi pengolahan citra digital. Proses pengolahan citra daging dilakukan pada mikrokomputer Raspberry Pi 3 menggunakan perangkat lunak Python 2.7 dan didukung dengan *library* OpenCV, sedangkan untuk pengambilan citra dengan menggunakan Raspberry Pi Camera Module V2. Proses identifikasi jenis daging menggunakan nilai presentase komponen warna RGB dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD. Hasil penelitian ini memperoleh nilai presentase komponen warna *Red* (R) untuk daging babi 42,35 – 44,12 persen, daging celeng 45,21 – 48,87 persen, daging sapi 44,03% – 45,76 persen, daging kambing 45,08 – 46,60 persen. Nilai komponen warna *Green* (G) untuk daging babi 28,43 – 29,13 persen, daging celeng 24,71 – 26,54 persen, daging sapi 26,34 – 27,15 persen, daging kambing 27,05 – 27,75 persen. Nilai persentase komponen warna *Blue* (B) untuk daging babi 27,41 – 28,55 persen, daging celeng 26,39 – 28,27 persen, daging sapi 27,86 – 28,87 persen, daging kambing 26,31 – 27,21 persen.

Kata kunci: Daging, OpenCV, Python 2.7, Raspberry Pi 3.

Abstract: *The process of type identifying of consumed meat in the community is still conducted manually. This research can identify the type of meat automatically with digital image processing technology. Image processing of meat is carried out on Raspberry Pi 3 microcomputers using Python 2.7 software and supported by OpenCV library, while for image captured using Raspberry Pi Camera Module V2. The meat type identification process used the percentage value of RGB color components and the results will be displayed on the LCD. The results of this study obtained a percentage value of the Red (R) color components for pork 42.35 - 44.12 percent, wild boar meat 45.21 - 48.87 percent, beef 44.03 - 45.76 percent, and goat meat 45.08 - 46.60 percent. Green (G) color component percentage value for pork 28.43 - 29.13 percent, wild boar meat 24.71 - 26.54 percent, beef 26.34 - 27.15 percent, and goat meat 27.05 - 27.75 percent. Blue (B) color component percentage value for pork 27.41 - 28.55 percent, wild boar meat 26.39 - 28.27 percent, beef 27.86 - 28.87 percent; and goat meat 26.31% - 27.21 percent.*

Keywords: Meat, OpenCV, Python 2.7, Raspberry Pi 3.

I. PENDAHULUAN

Permintaan masyarakat pada daging konsumsi seperti daging sapi dan daging kambing seperti saat hari raya Idul Fitri sangat tinggi. Pada saat seperti itu banyak muncul kasus-kasus pencampuran daging di pasaran, seperti pencampuran daging sapi dengan daging babi atau daging celeng. Namun, proses identifikasi jenis-jenis daging masih dilakukan secara manual di masyarakat. Untuk membedakan ciri-ciri daging menurut jenisnya masih dilakukan dengan cara mengamati warna, tekstur kekenyalan, tekstur serat, dan juga bau atau aromanya. Salah satu bidang teknologi yang sedang berkembang pesat saat ini yaitu perkembangan teknologi dalam bidang pengolahan citra digital. Dengan dipadukannya teknologi pengolahan citra dan teknologi otomatis, maka dapat dibuat alat yang dapat mengidentifikasi jenis-jenis daging secara otomatis, sehingga memudahkan pekerjaan manusia dan juga meminimalisir kesalahan identifikasi jenis daging oleh manusia. Pada perancangannya alat yang akan dibuat menggunakan mikrokomputer Raspberry Pi 3 dan juga Raspberry Pi

Camera Module V2. Dengan menggunakan perangkat lunak Python 2.7 dan *library* OpenCV untuk proses pengolahan citra. Dengan metode ekstraksi fitur warna RGB (*Red, Green, Blue*) pada citra daging, dapat dilakukan identifikasi jenisnya dengan membandingkannya dengan nilai RGB sampel beberapa jenis daging yang telah ada pada memori Raspberry Pi.

A. Daging

Daging merupakan salah satu bahan dari hasil produksi peternakan yang dikonsumsi untuk memenuhi kebutuhan gizi seperti protein, hal ini karena dalam daging mengandung protein yang juga terdapat asam amino esensial yang lengkap di dalamnya. Daging adalah seluruh bagian dari ternak yang sudah dipotong dari tubuh ternak kecuali tulang, kuku, bulu, dan bagian tanduknya [1].

B. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik dalam mengolah citra, dimana citra yang dimaksud adalah gambar diam (foto) atau gambar yang bergerak (seperti video yang direkam dengan *webcam*) [2]. Sedangkan arti digital di sini yaitu pengolahan citra/gambar dilakukan menggunakan komputer secara digital. RGB merupakan singkatan dari *Red-Green-Blue*, merupakan tiga warna dasar (*primary colors*) yang secara umum dijadikan acuan warna lainnya. Dari basis RGB, kita dapat mengkonversi warna menjadi kode-kode angka yang membuat warna tersebut akan tampil universal. Komputer sudah mengemas informasi warna menjadi model warna yang sama sehingga membuat pengolahan warna RGB dapat dilakukan dengan mudah.

C. Python

Python adalah satu dari bahasa pemrograman tingkat tinggi yang bersifat interpreter, interaktif, *object-oriented* dan dapat beroperasi di hampir semua *platform* seperti keluarga Linux, Windows, Mac, dan *platform* lainnya. Python adalah salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mudah dipelajari karena sintaks yang jelas dan elegan, yang dikombinasikan dengan penggunaan modul-modul yang mempunyai struktur data tingkat tinggi, efisien, dan siap langsung digunakan [3]. *Source code* aplikasi dalam bahasa pemrograman Python biasanya akan dikompilasi menjadi format perantara yang dikenal sebagai *bytecode* yang selanjutnya akan dieksekusi.

D. OpenCV

OpenCV merupakan singkatan dari *Open Computer Vision*, merupakan sebuah library gratis yang diperuntukkan untuk melakukan image processing yang dikembangkan oleh Intel Corporation. Tujuannya adalah agar komputer mempunyai kemampuan yang mirip dengan cara pengolahan visual pada manusia [4]. Modul pustaka OpenCV ini dibangun dengan sangat kuat dan fleksibel untuk menyelesaikan sebagian besar masalah computer vision yang solusinya memang sudah tersedia, seperti memotong citra (*cropping*), meningkatkan kualitas citra dengan memodifikasi kecerahan, ketajaman, kontras, mendeteksi bentuk, segmentasi citra, mendeteksi objek yang bergerak, mengenali objek, dan lain-lain [5].

E. Raspberry Pi 3

Raspberry Pi adalah sebuah mikrokomputer atau *Single Board Computer* (SBC) berukuran sebesar kartu kredit, yang dikenal dengan sebutan RasPi yang dikembangkan oleh yayasan Raspberry Pi di Inggris (UK). Raspberry Pi mampu membuat dokumen, mengolah data dengan *spreadsheet*, bermain *game*, mendengar musik dan tentu saja *coding* seperti layaknya komputer *desktop* [6].

II. METODE PENELITIAN

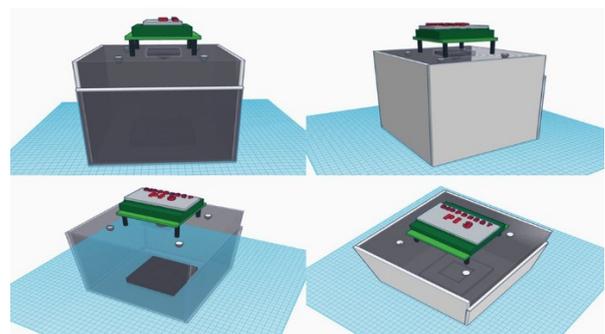
Pada metode penelitian ini dirancang alat untuk mengidentifikasi jenis daging menggunakan Python 2.7 dan OpenCV dengan menggunakan pengolahan citra digital berbasis Raspberry Pi 3 dan dilakukan pengujian pada daging sapi, daging kambing, daging babi, dan daging celeng.

A. Spesifikasi Alat

Alat dari penelitian ini memiliki beberapa spesifikasi. Pengolah data yang digunakan adalah board mikrokomputer Raspberry Pi 3 Model B. Raspberry Pi Camera Module V2 dengan resolusi 8 MP untuk mengambil gambar daging. Osoyoo 3.5" LCD Touchscreen untuk memberikan perintah pengambilan gambar dan untuk menampilkan hasil identifikasi dari pengolahan citra. Micro SD 16 GB digunakan sebagai penyimpanan internal dari Raspberry Pi 3. LED Lamp 1W Cool White digunakan untuk pencahayaan saat melakukan pengambilan gambar daging. Alat ini menggunakan catu daya listrik PLN yang diubah menjadi DC 5V/3A menggunakan adaptor atau menggunakan *powerbank*.

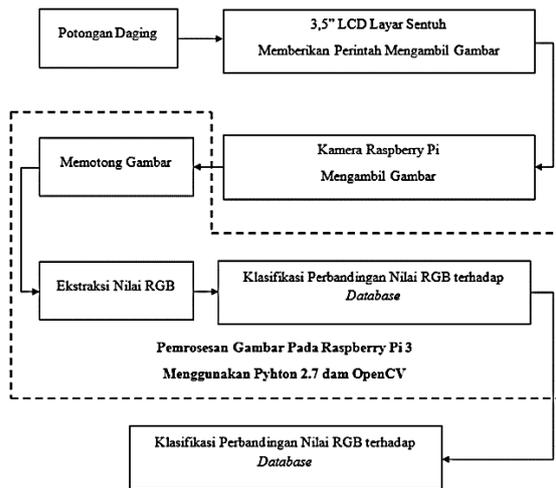
B. Perancangan Alat dan Sistem

Pada tahap perancangan alat dan sistem ini dilakukan rancangan alat dan sistem secara keseluruhan sehingga alat identifikasi daging dapat sesuai dengan yang diinginkan. Pada Gambar 1 terdapat dua bagian yaitu perangkat keras pengolah data dan juga photobox tempat pengambilan gambar daging. Perangkat pengolah data ini terdiri dari Raspberry Pi 3, Raspberry Pi Camera Module V2, dan juga LCD Touchscreen.



Gambar 1. Desain model perancangan perangkat keras.

Dari diagram balok pada Gambar 2 terlihat bahwa gambar masukan diperoleh saat Pi Camera mengambil gambar objek daging setelah mendapat perintah dari LCD Touchscreen, selanjutnya pada gambar dilakukan proses pengolahan citra pada Raspberry Pi 3 menggunakan pemrograman Python 2.7 dan OpenCV, dan hasilnya berupa hasil identifikasi dari gambar masukan objek daging yang ditampilkan oleh LCD.



Gambar 2. Diagram blok sistem.

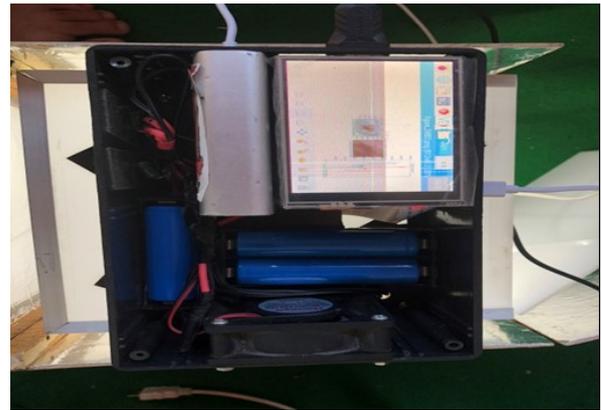
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras alat identifikasi jenis daging berbasis Raspberry Pi 3 ini telah diimplementasikan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Semua subsistem dirangkai menjadi satu sistem yang dapat berfungsi sesuai dengan apa yang dirancang. Gambar 3 (a) menampilkan alat identifikasi jenis daging dengan *photobox* tampak depan. Gambar 3 (b) menampilkan alat identifikasi jenis daging tampak atas, dan Gambar 3 (a) juga menampilkan *photobox* untuk mengambil gambar daging untuk diidentifikasi.



(a)



(b)

Gambar 3. Alat identifikasi jenis daging.

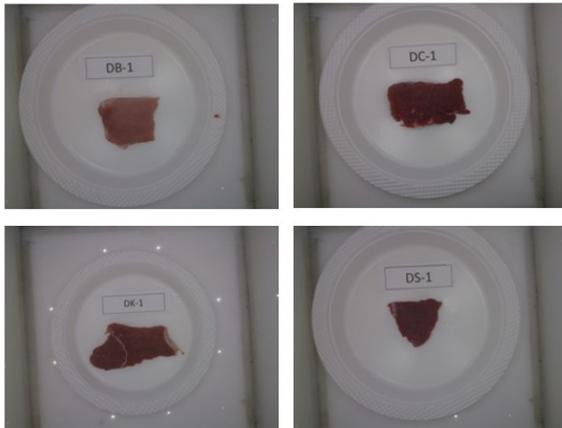
B. Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan alat identifikasi jenis daging menggunakan Raspberry Pi 3 yang di dalamnya sudah terpasang sistem operasi Raspbian Jessie, yaitu sistem operasi khusus raspberry pi yang berbasis Linux. Proses pengolahan citra untuk mengidentifikasi jenis daging pada alat ini menggunakan program Python 2.7 dan juga OpenCV. Proses pengolahan citra yang dilakukan untuk mengidentifikasi jenis daging ini yaitu proses cropping, proses ekstraksi nilai komponen RGB, dan proses pengambilan keputusan yang diperoleh dengan membandingkan perbandingan persentase nilai rata-rata komponen warna RGB dengan data pembanding.

C. Penentuan Parameter Nilai Persentase RGB

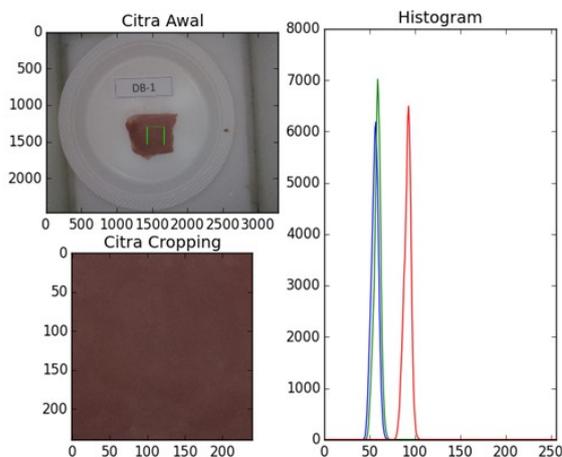
Parameter nilai persentase RGB dari setiap jenis daging, yaitu daging babi, daging celeng, daging sapi, dan daging kambing diperlukan untuk dapat membedakan jenis-jenis daging tersebut.

Pengambilan citra daging dilakukan di Laboratorium Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Kamera yang digunakan adalah Raspberry Picamera Module V2 dengan resolusi 8MP dengan posisi kamera berjarak 20 cm dengan objek daging. Posisi kamera berjarak 20 cm diatur agar hasil citra daging cukup jelas (tidak *blur*) dan konsisten untuk semua pengambilan citra daging tersebut. Pengambilan citra daging dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing jenis daging. Gambar 4 menunjukkan hasil pengambilan citra daging.



Gambar 4. Hasil pengambilan citra daging.

Setelah diperoleh citra sampel daging, proses selanjutnya adalah proses pengolahan citra untuk mendapatkan nilai komponen warna RGB dari setiap citra tersebut. Proses untuk mendapatkan nilai komponen RGB ini terdiri dari 2 langkah, yaitu proses *cropping* citra dan proses ekstraksi nilai rata-rata komponen RGB citra. Proses *cropping* citra dilakukan untuk mendapatkan area objek yang bersih dari *background* memperoleh nilai rata-rata komponen warna RGB-nya. Proses *cropping* ini dilakukan dengan menggunakan cursor untuk menentukan area untuk di-*cropping* yang berbentuk segi empat pada citra daging. Setelah proses *cropping* citra selesai dilakukan, proses selanjutnya adalah menentukan nilai rata-rata komponen warna RGB dari citra hasil *cropping* tersebut. Proses ini dilakukan dengan cara mengesktraksi nilai komponen warna R, G, dan B dari setiap piksel pada citra hasil *cropping*, kemudian dihitung nilai rata-rata setiap komponen citra *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) untuk semua piksel. Gambar 5 menunjukkan hasil pengolahan citra daging.



Gambar 5. Hasil pengolahan citra daging

Untuk dapat menghitung persentase komponen warna RGB, dilakukan proses ekstraksi nilai rata-rata dari masing komponen warna tersebut untuk setiap data

sampel dari citra masing-masing jenis daging. Nilai pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 merupakan nilai rata-rata dari komponen warna *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) dari semua piksel citra masing-masing daging yang telah melalui proses *cropping*.

Tabel 1. Nilai komponen warna *red* (R).

No.	Data Percobaan	Nilai Komponen Warna <i>Red</i> (R)			
		Babi	Celeng	Sapi	Kambing
1	D-1	91,78	61,62	61,10	68,11
2	D-2	98,29	58,85	54,90	67,30
3	D-3	90,10	53,64	63,80	77,59
4	D-4	98,57	53,46	68,41	70,16
5	D-5	99,28	55,56	69,82	71,17
6	D-6	100,26	55,94	61,01	77,49
7	D-7	96,33	54,33	66,85	79,35
8	D-8	95,77	56,49	56,79	71,73
9	D-9	97,87	53,01	60,95	70,29
10	D-10	95,46	54,42	66,93	69,70

Tabel 2. Nilai komponen warna *green* (G).

No.	Data Percobaan	Nilai Komponen Warna <i>Green</i> (G)			
		Babi	Celeng	Sapi	Kambing
1	D-1	58,61	31,15	37,04	40,29
2	D-2	67,88	32,89	35,25	39,62
3	D-3	57,42	30,22	38,06	48,31
4	D-4	66,62	29,49	40,77	41,47
5	D-5	68,67	25,57	40,16	41,14
6	D-6	68,19	29,37	35,99	44,43
7	D-7	61,51	30,63	38,51	49,64
8	D-8	65,08	31,91	34,38	42,84
9	D-9	64,92	31,32	36,70	42,37
10	D-10	63,52	31,42	38,25	42,52

Tabel 3. Nilai komponen warna *blue* (B).

No.	Data Percobaan	Nilai Komponen Warna <i>Blue</i> (B)			
		Babi	Celeng	Sapi	Kambing
1	D-1	55,97	33,42	39,40	39,52
2	D-2	65,73	34,63	37,84	38,43
3	D-3	54,74	31,93	40,50	48,08
4	D-4	64,45	31,53	42,30	40,60
5	D-5	67,21	27,56	43,14	40,02
6	D-6	66,96	30,79	38,07	43,04
7	D-7	59,93	33,19	40,51	47,81
8	D-8	64,51	34,06	36,44	41,53
9	D-9	63,64	33,36	38,58	41,77
10	D-10	61,57	33,67	40,93	41,62

Dari nilai rata-rata komponen warna tersebut akan dihitung nilai persentase komponen warna *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) dengan menggunakan Persamaan (1-3) dan ditampilkan pada Tabel 4-6.

$$\%R = \frac{\bar{R}}{\bar{R} + \bar{G} + \bar{B}} \tag{1}$$

$$\%G = \frac{\bar{G}}{\bar{R} + \bar{G} + \bar{B}} \tag{2}$$

$$\%B = \frac{\bar{B}}{\bar{R} + \bar{G} + \bar{B}} \tag{3}$$

dan juga Persamaan simpangan baku berikut.

$$S = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}} \tag{4}$$

Tabel 4. Nilai persentase komponen warna *red* (R).

No.	Data Percobaan	Nilai % Komponen Warna <i>Red</i> (R)			
		Babi	Celeng	Sapi	Kambing
1	D-1	44,48	48,83	44,42	46,05
2	D-2	42,38	46,57	42,89	46,30
3	D-3	44,55	46,33	44,82	44,60
4	D-4	42,92	46,70	45,16	46,09
5	D-5	42,22	51,12	45,60	46,72
6	D-6	42,59	48,18	45,17	46,98
7	D-7	44,23	45,98	45,83	44,88
8	D-8	42,50	46,13	44,50	45,95
9	D-9	43,22	45,04	44,74	45,52
10	D-10	43,28	45,53	45,81	45,31
Min		42,22	45,04	42,89	44,60
Max		44,55	51,12	45,83	46,98
Rata-rata		43,24	47,04	44,89	45,84
Simpangan Baku		0,89	1,83	0,87	0,76
Batas Bawah		42,35	45,21	44,03	45,08
Batas Atas		44,12	48,87	45,76	46,60

Tabel 5. Nilai persentase komponen warna *green* (G).

No.	Data Percobaan	Nilai % Komponen Warna <i>Green</i> (G)			
		Babi	Celeng	Sapi	Kambing
1	D-1	28,40	24,68	26,93	27,24
2	D-2	29,27	26,03	27,54	27,26
3	D-3	28,39	26,10	26,74	27,77
4	D-4	29,01	25,76	26,91	27,24
5	D-5	29,20	23,52	26,23	27,01
6	D-6	28,96	25,30	26,65	26,93
7	D-7	28,25	25,93	26,40	28,08
8	D-8	28,88	26,06	26,94	27,44
9	D-9	28,67	26,61	26,94	27,44
10	D-10	28,80	26,29	26,18	27,64
Min		28,25	23,52	26,18	26,93
Max		29,27	26,61	27,54	28,08
Rata-rata		28,78	25,63	26,75	27,40
Simpangan Baku		0,35	0,91	0,41	0,35
Batas Bawah		28,43	24,71	26,34	27,05
Batas Atas		29,13	26,54	27,15	27,75

Tabel 6. Nilai persentase komponen warna *blue* (B).

No.	Data Percobaan	Nilai % Komponen Warna <i>Blue</i> (B)			
		Babi	Celeng	Sapi	Kambing
1	D-1	27,12	26,48	28,65	26,72
2	D-2	28,34	27,40	29,56	26,44
3	D-3	27,06	27,57	28,45	27,64
4	D-4	28,07	27,54	27,92	26,67
5	D-5	28,58	25,36	28,18	26,27
6	D-6	28,45	26,52	28,19	26,09
7	D-7	27,52	28,09	27,77	27,04
8	D-8	28,62	27,81	28,56	26,61
9	D-9	28,11	28,34	28,32	27,05
10	D-10	27,92	28,18	28,02	27,06
Min		27,06	25,36	27,77	26,09
Max		28,62	28,34	29,56	27,64
Rata-rata		27,98	27,33	28,36	26,76
Simpangan Baku		0,57	0,94	0,51	0,45
Batas Bawah		27,41	26,39	27,86	26,31
Batas Atas		28,55	28,27	28,87	27,21

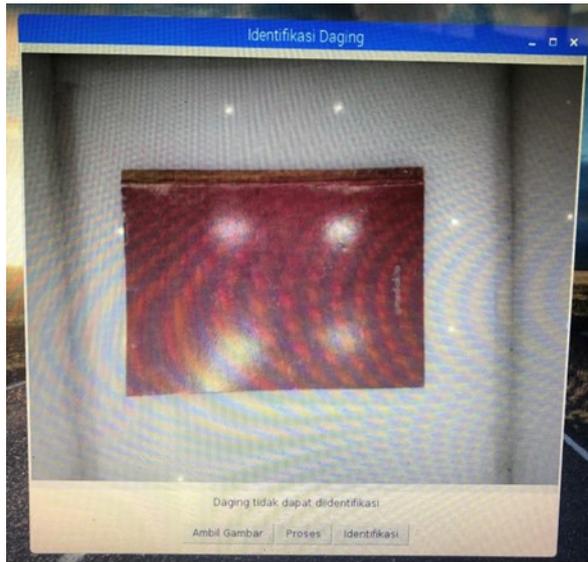
Nilai ambang batas atas dan bawah pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6 ini akan digunakan sebagai data pembandingan untuk proses identifikasi jenis-jenis daging. Nilai ambang batas atas dan bawah persentase komponen warna *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B) masing-masing daging tersebut adalah sebagai berikut. Nilai ambang persentase komponen warna *Red* (R) untuk daging babi adalah 42,35 – 44,12%, untuk daging celeng adalah 45,21 – 48,87%, untuk daging sapi adalah 44,03 – 45,76%, dan untuk daging kambing adalah 45,08 – 46,60%. Nilai ambang persentase komponen warna *Green* (G) untuk daging babi adalah 28,43 – 29,13%, untuk daging celeng adalah 24,71 – 26,54%, untuk daging Sapi adalah 26,34 – 27,15%, dan untuk daging Kambing adalah 27,05 – 27,75%. Nilai ambang persentase komponen warna *Blue* (B) untuk daging babi adalah 27,41 – 28,55%, untuk daging celeng adalah 26,39 – 28,27%, untuk daging sapi adalah 27,86 – 28,87%, dan untuk daging kambing adalah 26,31 – 27,21%.

D. Hasil Perancangan Graphical User Interface

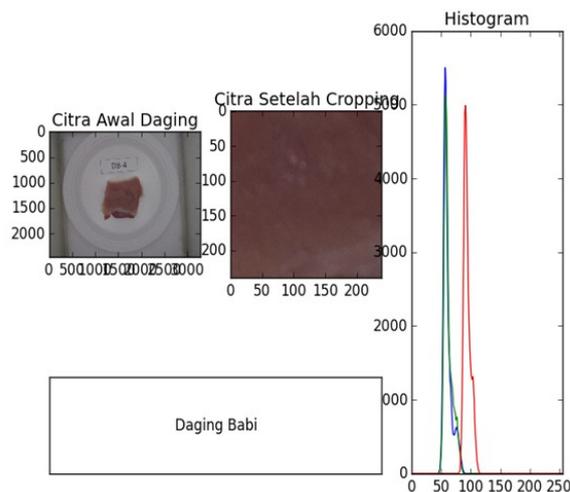
Graphical User Interface (GUI) merupakan tampilan antarmuka aplikasi untuk memudahkan pengguna dalam menggunakan alat ini. Gambar 6 merupakan hasil dari perancangan GUI untuk program identifikasi jenis daging. Gambar 6 menunjukkan tampilan GUI program identifikasi jenis daging.

E. Pengujian Sistem Aplikasi

Setelah parameter persentase jenis daging didapatkan dan GUI telah dibuat, dilakukan proses pengujian program untuk mengidentifikasi jenis daging. Selain tampilan pada GUI, hasil identifikasi juga berupa tampilan gambar yang berisi informasi hasil identifikasi jenis daging. Gambar 7 menunjukkan tampilan informasi citra hasil identifikasi.



Gambar 6. Tampilan GUI program identifikasi jenis daging.



Gambar 7. Tampilan informasi citra hasil identifikasi.

Pada pengujian sistem ini dilakukan pada setiap jenis daging, dimana setiap jenis daging menggunakan 10 citra data uji. Hasil pengujian proses identifikasi jenis daging telah dilakukan dengan sistem yang telah dibuat dan ditunjukkan pada Tabel 7-10. Dari tabel-tabel tersebut diperoleh persentase keberhasilan untuk pengujian identifikasi pada daging babi sebesar 90%, daging celeng sebesar 90%, daging sapi sebesar 80%, dan daging kambing sebesar 90%.

Tabel 7. Hasil pengujian daging babi.

Data Uji	Teridentifikasi		Keterangan
	Ya	Tidak	
DB-1	√		Daging Babi
DB-2	√		Daging Babi
DB-3	√		Daging Babi
DB-4	√		Daging Babi
DB-5	√		Daging Babi
DB-6	√		Daging Babi
DB-7	√		Daging Babi
DB-8		√	Tidak dapat diidentifikasi
DB-9	√		Daging Babi
DB-10	√		Daging Babi
Jumlah	9	1	

Tabel 8. Hasil pengujian daging celeng.

Data Uji	Teridentifikasi		Keterangan
	Ya	Tidak	
DC-1	√		Daging Celeng
DC-2		√	Tidak dapat diidentifikasi
DC-3	√		Daging Celeng
DC-4	√		Daging Celeng
DC-5	√		Daging Celeng
DC-6	√		Daging Celeng
DC-7	√		Daging Celeng
DC-8	√		Daging Celeng
DC-9	√		Daging Celeng
DC-10	√		Daging Celeng
Jumlah	9	1	

Tabel 9. Hasil pengujian daging sapi.

Data Uji	Teridentifikasi		Keterangan
	Ya	Tidak	
DS-1	√		Daging Sapi
DS-2	√		Daging Sapi
DS-3	√		Daging Sapi
DS-4		√	Daging Celeng
DS-5		√	Daging Celeng
DS-6	√		Daging Sapi
DS-7	√		Daging Sapi
DS-8	√		Daging Sapi
DS-9	√		Daging Sapi
DS-10	√		Daging Sapi
Jumlah	8	2	

Tabel 10. Hasil pengujian daging kambing.

Data Uji	Teridentifikasi		Keterangan
	Ya	Tidak	
DK-1	√		Daging Kambing
DK-2	√		Daging Kambing
DK-3	√		Daging Kambing
DK-4	√		Daging Kambing
DK-5	√		Daging Kambing
DK-6		√	Tidak dapat diidentifikasi
DK-7	√		Daging Kambing
DK-8	√		Daging Kambing
DK-9	√		Daging Kambing
DK-10	√		Daging Kambing
Jumlah	9	1	

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa telah terealisasi rancang bangun alat identifikasi jenis daging dengan penolahan citra digital berbasis Raspberry Pi 3 yang dapat bekerja secara otomatis untuk mengidentifikasi daging babi, daging celeng, daging sapi, dan daging kambing. Alat ini dapat mengidentifikasi jenis daging babi, daging celeng, dan daging kambing dengan tingkat keberhasilan 90%, sedangkan daging sapi dengan tingkat keberhasilan 80%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Lampung yang telah menyediakan fasilitas Laboratorium Teknik Elektro untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munarnis E, *Pengolahan daging*. Jakarta: CV. Yasaguna, 1982.
- [2] R. D. Kusumanto and A. N. Tompunu, "Pengolahan citra digital untuk mendeteksi obyek menggunakan pengolahan warna model normalisasi RGB," *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan*, 2011.
- [3] D. Rosmala and G. Dwipa L., "Pembangunan website content monitoring system menggunakan DiffliB Python," *Jurnal Informatika*, vol. 3, no. 3, 2012.
- [4] M. A. Putri, Hendrick, T. Erlina and Derisma, "Rancang bangun alat deteksi uang kertas palsu dengan metode template matching menggunakan Raspberry Pi," *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2015*, 2015.
- [5] S. Brahmabhatt, *Practical OpenCV*. New York: Apress, 2013.
- [6] M. A. Fuadin, *Rancang bangun sistem keamanan rumah berbasis minikomputer Raspberry Pi via Whatsapp Messenger menggunakan webcam dan sensor gerak*. Jakarta: Universitas Mercu Buana, 2015

Identifikasi Model Parametrik Sistem Suhu dan Kelembaban Udara Greenhouse Secara Eksperimental

Karsid[✉], Rofan Aziz

Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu

[✉]karsid@polindra.ac.id

Abstrak: Pemodelan sistem greenhouse dilakukan secara eksperimental, dimana data input dan output dijadikan dasar pemodelan. Data diambil menggunakan *datalogger* yang terbuat dari Arduino, 2 (dua) buah sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, modul *SD card reader*, modul *real time clock*, di mana data diambil dan disimpan oleh *datalogger* setiap 5 menit sekali selama 2 (dua) hari. Model yang diuji adalah model Autoregressive Exogenous (ARX), autoregressive-moving-average eXogenous (ARMAX), Output Error (OE) dan Box Jenkins (BJ). Dari hasil pengujian didapatkan untuk sistem temperature adalah pemodelan sistem dengan metode ARMAX4441, dimana mempunyai tingkat kepercayaan sebesar 41,06 persen dengan *loss fuction* sebesar 0,0662069 dan *final prediction error* (FPE) sebesar 0,0692983. Sedangkan untuk sistem kelembaban udara, model yang paling sesuai adalah ARMAX4441 dengan tingkat kepercayaan sebesar 58,77 persen, *loss fuction* sebesar 0,310379 dan FPE sebesar 0,324872.

Kata kunci: ARX, ARMAX, BJ model, OE, greenhouse.

Abstract: Greenhouse system modeling is done experimentally, where input and output data are used as a basis for modeling. Data was taken using a datalogger made from Arduino, 2 (two) temperature and humidity sensors DHT22, SD card reader module, real time clock module, where data was collected and stored by the datalogger every 5 minutes for 2 (two) days. The models tested were the Autoregressive eXogenous (ARX) model, eXogenous autoregressive-moving-average (ARMAX), Output Error (OE) and Box Jenkins (BJ). From the test results obtained for the temperature system is modeling the system with the ARMAX4441 method, which has a confidence level of 41.06% with a loss fuction of 0.0662069 and Final Prediction Error (FPE) of 0.0692983. Whereas for the air humidity system, the most suitable model is ARMAX4441 with a confidence level of 58.77%, loss fuction of 0.310379 and FPE of 0.324872.

Keywords: ARX, ARMAX, BJ model, OE, greenhouse.

I. PENDAHULUAN

Dunia pertanian di Indonesia dewasa ini telah mengalami perkembangan yang cukup signifikan dengan bidang pertanian menjadi salah satu penopang perekonomian nasional. Produk-produk hasil pertanian menjadi tumpuan kebutuhan baik di dalam negeri maupun luar negeri.

Bangunan *greenhouse* digunakan untuk melindungi tanaman dari efek lingkungan yang tidak dibutuhkan oleh tanaman, misalnya suhu udara yang tidak sesuai, kelembaban udara yang terlalu tinggi atau rendah.

Kecepatan angin yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan tanaman roboh, gangguan curah hujan yang tidak dibutuhkan oleh tanaman dan efek lainnya yang tidak dibutuhkan. Isolasi tanaman dengan menggunakan *greenhouse* pada awalnya dibuat dengan menggunakan kaca, namun karena biaya yang digunakan terlalu mahal, maka diganti dengan menggunakan plastik. *Greenhouse* merupakan metode budidaya pertanian dengan menggunakan bangunan rumah kaca dimana proses budidaya pertanian dilakukan pada bangunan yang sudah terkontrol intensitas sinar matahari, suhu udara, kelembaban udara, terisolasi dari lingkungan luar untuk

menghindari hal-hal yang mengganggu dalam proses budidaya pertanian.

Pengembangan teknologi *greenhouse* terus berkembang khususnya pada proses pengkondisian lingkungan *greenhouse* agar sesuai dengan jenis tanaman yang sedang dibudidayakan, beberapa variabel yang secara umum perlu dikontrol dalam *greenhouse* adalah sinar radiasi dari matahari, suhu dan kelembaban udara yang optimal, efek curah hujan dan gangguan hama penyakit. Proses kontrol tersebut sedapat mungkin dilakukan dengan biaya yang seminimal mungkin dan proses operasional yang murah, hal ini berpengaruh terhadap biaya produksi keseluruhan hasil pertanian sampai ke tahap harga jual produk. Efisiensi biaya dapat dilakukan dengan desain dan perancangan sistem kontrol yang tepat dan operasional energi listrik dapat ditekan seminimal mungkin. *Back propagation neural network* telah digunakan sebagai kontrol untuk mengatur kecepatan motor induksi [1], ketika model fisik didapatkan dari variable-variabel yang telah tersedia informasi, kemudian metode perancangan kendali *heuristic* atau penalaan terbukti mampu memberikan kriteria performansi sistem kendali yang baik [2]. Maka untuk mendapatkan kondisi lingkungan yang tepat bagi

tumbuhnya tanaman dengan biaya pengadaan dan operasional yang murah sebelum digunakan metode kontrol yang tepat, maka perlu diidentifikasi model suhu dan kelembaban udara untuk *greenhouse*.

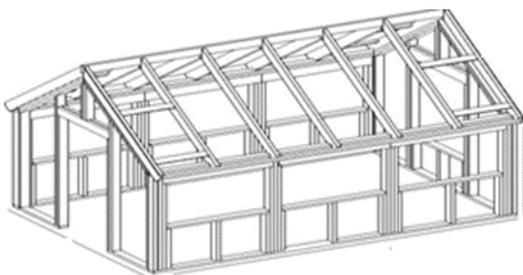
Pemodelan sistem dilakukan guna menentukan jenis kontrol yang tepat untuk diterapkan pada sistem tersebut. Penelitian tentang pemodelan sistem telah banyak dilakukan, di antaranya yaitu simulasi *switching control* berdasarkan model terprediksi [3], identifikasi sistem dinamik temperature *greenhouse* berdasarkan model neural network [4], pemodelan *greenhouse* menggunakan metode autoregressive, perbandingan pemodelan data dan model simulasi *greenhouse* pada era *big data* [5], identifikasi sistem *greenhouse* berdasarkan metode fuzzy [6], identifikasi sistem *photovoltaic greenhouse* telah juga dilakukan dengan berdasar pemodelan diskrit [7] dan pemodelan sistem *greenhouse* dengan metode particle swam optimization (PSO) and differential evolution [8]. Model jaringan petri sebagai salah satu jenis model kejadian diskrit, juga telah digunakan untuk memodelkan manajemen energi listrik [9].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap yaitu melakukan perancangan dan pembuatan *greenhouse*, Pembuatan *datalogger* suhu dan kelembaban udara, pemilihan struktur model suhu dan kelembaban udara, simulasi dalam program SIMULINK dan membandingkan hasil *realtime* pengambilan data dengan hasil simulasi.

A. Perancangan dan Pembuatan Greenhouse

Untuk konstruksi green house menggunakan baja ringan sebagai rangka dan penutup menggunakan plastik ultraviolet (UV). Adapun desain dari *greenhouse* adalah:



Gambar 1. Desain *greenhouse*.

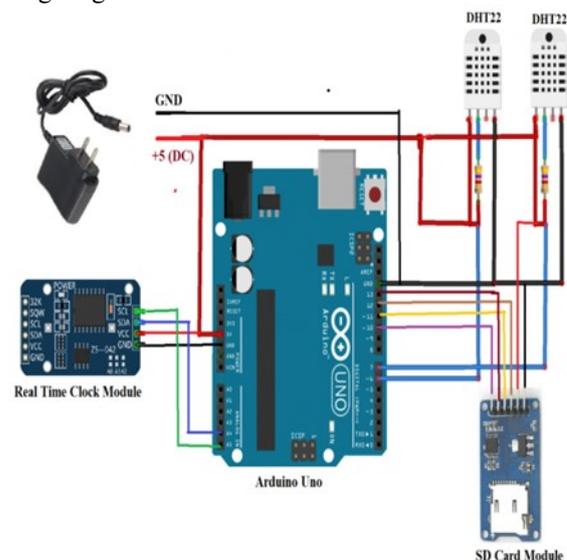
Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa ukuran *greenhouse* tersebut adalah $2\text{ m} \times 3\text{ m} \times 3\text{ m}$ dimana akan diambil data variabel suhu dan kelembaban udara menggunakan sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, dengan pemroses Arduino Uno. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa bangunan *greenhouse* terbuat dari rangka baja ringan dengan penutup plastik ultraviolet.



Gambar 2. Pembuatan *greenhouse*.

B. Datalogger Suhu dan Kelembaban Udara

Adapun pembacaan suhu dan kelembaban udara dapat dilihat pada Gambar 3. Pada gambar tersebut digunakan 2 (dua) buah sensor DHT22, dimana satu buah sensor diletakan di dalam ruang *greenhouse* dan yang satunya lagi dipasang di sisi luar. *Datalogger* dibuat menggunakan Arduino dengan *real time clock (RTC) module* sebagai pembaca waktu dan *SD card module* guna menyimpan informasi data suhu dan kelembaban udara baik di dalam ruang maupun lingkungan.



Gambar 3. *Datalogger* suhu dan kelembaban udara.

C. Pemilihan Model Suhu dan Kelembaban Udara

Adapun model yang akan dilakukan uji terhadap data eksperimental dari suhu dan kelembaban *greenhouse* adalah sebagai berikut:

1. Model ARX

ARX model adalah Autoregressive Exogenous, dimana hubungan input dan output didapatkan dari Persamaan (1)

$$\begin{aligned}
 y(t) + a_1 y(t-1) + \dots + a_n y(t-n_a) \\
 = b_1 u(t-n_k) \dots \\
 + b_{n_b} u(t-n_k-n_b \\
 + 1) + e(t)
 \end{aligned} \quad (1)$$

dengan $y(t)$ adalah output pada waktu t , n_a adalah orde sistem dimana menyatakan *poles* dari sistem, n_b juga orde sistem yang menyatakan jumlah dari *zero* ditambah 1, n_k adalah *dead time (delay)* pada sistem, $y(t-1) \dots y(t-n_a)$ adalah keluaran-keluaran berikutnya dari sistem, $u(t-n_k) \dots b_{n_b}u(-n_k-n_b+1)$ adalah masukan-masukan dari sistem, sedangkan $e(t)$ adalah nilai gangguan. Persamaan dari Model ARX dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A(z)y(t) = B(z)u(t - n_k) + e(t) \quad (2)$$

dengan z adalah operator *delay*, sedangkan:

$$A(z) = 1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_{n_a}z^{-n_a} \quad (3)$$

$$B(z) = b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{n_b}z^{-n_b} \quad (4)$$

2. Model ARMAX

Struktur dari model ARMAX dinyatakan Persamaan (5)

$$y(t) + a_1y(t-1) + \dots + a_{n_a}y(t-n_a) = b_1u(t-n_k) + \dots + b_{n_b}u(t-n_k-1) + e(t) + \dots + c_{n_c}e(t-n_c) + e(t) \quad (5)$$

dengan n_c adalah jumlah koefisien.

Persamaan differensial model ARMAX sesuai dengan Persamaan (6)

$$A(z)y(t) = B(z)u(t - n_k) + C(z)e(t) \quad (6)$$

dengan

$$A(z) = 1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_{n_a}z^{-n_a} \quad (7)$$

$$B(z) = b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{n_b}z^{-n_b+1} \quad (8)$$

$$C(z) = 1 + c_1z^{-1} + c_2z^{-2} + \dots + c_{n_c}z^{-n_c} \quad (9)$$

3. Model Output-Error (OE)

Struktur model OE dinyatakan dengan Persamaan (10)

$$y(t) = \frac{B(z)}{F(z)}u(t - n_k) + e(t) \quad (10)$$

dengan

$$B(z) = b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{n_b}z^{-n_b+1} \quad (11)$$

$$F(z) = 1 + f_1z^{-1} + f_2z^{-2} + \dots + f_{n_f}z^{-n_f} \quad (12)$$

4. Model Box-Jenkins (BJ)

Struktur model BJ dinyatakan dengan Persamaan (13)

$$y(t) = \frac{B(z)}{A(z)}u(t - n_k) + \frac{C(z)}{D(z)}e(t) \quad (13)$$

dengan

$$A(z) = 1 + a_1z^{-1} + a_2z^{-2} + \dots + a_{n_a}z^{-n_a} \quad (14)$$

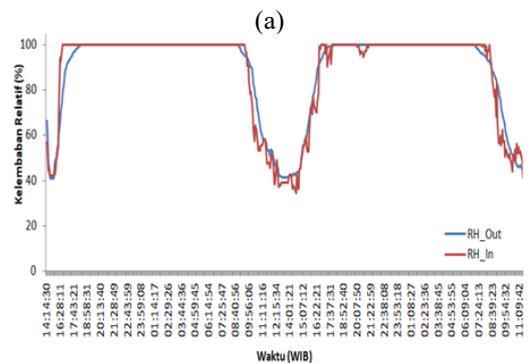
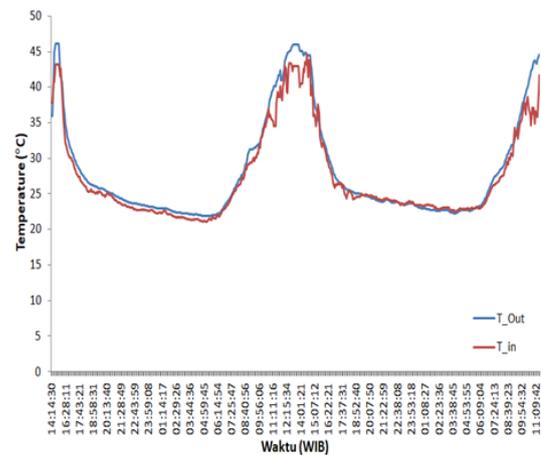
$$B(z) = b_1 + b_2z^{-1} + b_3z^{-2} + \dots + b_{n_b}z^{-n_b+1} \quad (15)$$

$$C(z) = 1 + c_1z^{-1} + c_2z^{-2} + \dots + c_{n_c}z^{-n_c} \quad (16)$$

$$D(z) = 1 + d_1z^{-1} + d_2z^{-2} + \dots + d_{n_d}z^{-n_d} \quad (17)$$

D. Pengambilan Data Suhu dan Kelembaban Udara

Sebelum dilakukan pemodelan secara eksperimental, dilakukan pengambilan data dimana data yang diambil adalah masukan dan keluaran dari sistem *greenhouse* yaitu suhu dan kelembaban udara, adapun hasil pengambilan data diplot menjadi grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Temperatur dalam dan luar *greenhouse*, (b) Kelembaban relatif dalam dan luar *greenhouse*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengambilan data, kemudian dilakukan pengujian dengan beberapa model, yaitu model ARX, ARMAX, OE dan BJ. Dari keempat model tersebut kemudian diidentifikasi model manakah yang paling sesuai.

A. Pengujian Model Temperatur Udara

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa model yang paling sesuai mewakili sistem adalah model BJ44441 artinya $n_a=4$, $n_b=4$, $n_c=4$, $n_d=4$ dan $n_k=1$, yaitu menghasilkan kesesuaian sebesar 85,26%, diikuti model OE441 sebesar 84,89%, BJ2221 sebesar 84,71%, OE221 sebesar 84,55%, ARX441 sebesar 58,53%, ARMAX4441 sebesar 41,06%, ARX221 sebesar 38,95% dan ARMAX 2221 sebesar 26,72%. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan analisis residual sistem dari beberapa model yang dibandingkan kemudian dilihat model yang berada di antara garis putus-putus dan mendekati titik sumbu nol. Jadi model system yang dipilih adalah model ARMAX441. Setelah dilakukan analisa *autocorrelation* residu dari output dari masukan dan keluaran sesuai dengan Gambar 7 dan Tabel 1, bahwa

model yang berada di antara garis lurus putus-putus adalah model ARMAX441. Jadi model temperature sistem yang paling sesuai dari beberapa model yang dibahas adalah model ARMAX441.

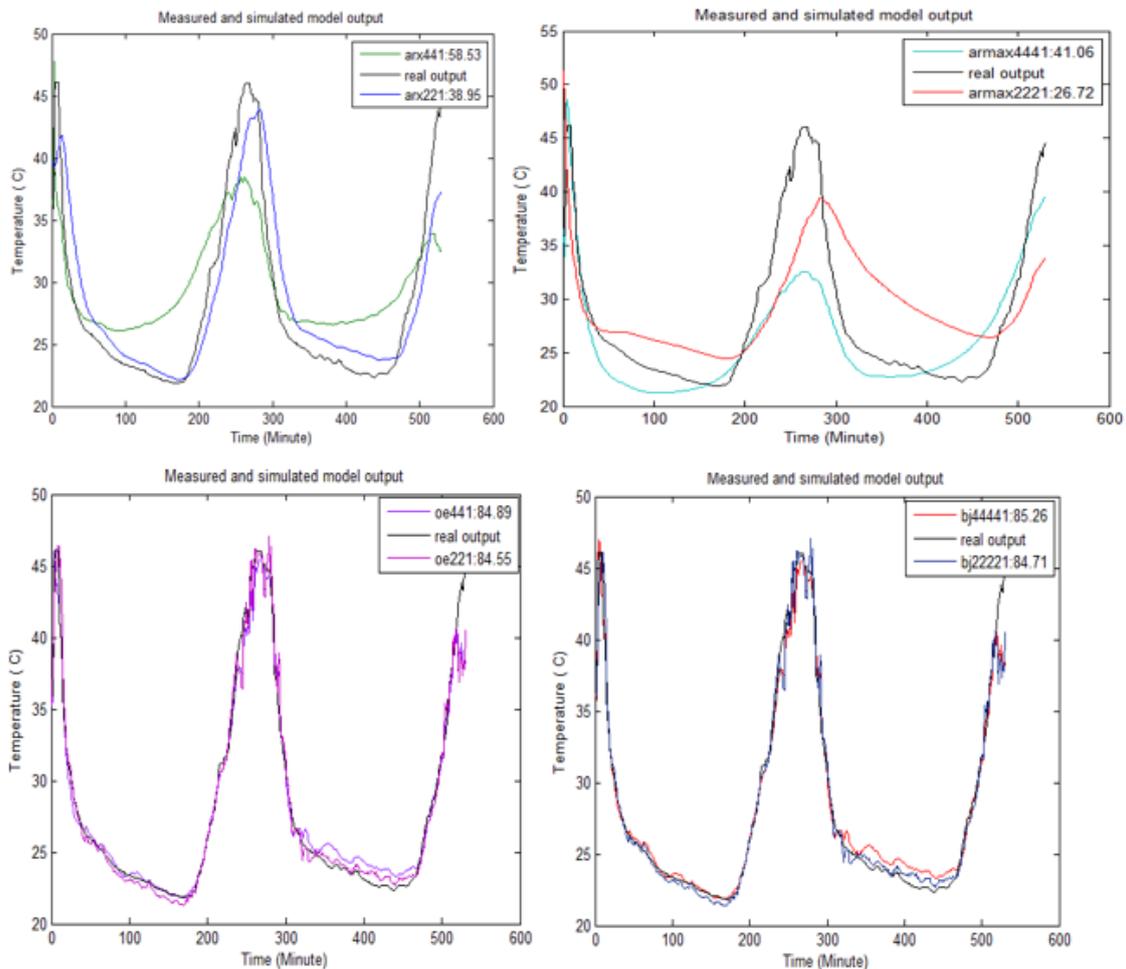
$$A(q)y(t) = B(q)u(t) + C(q)e(t) \quad (18)$$

dengan

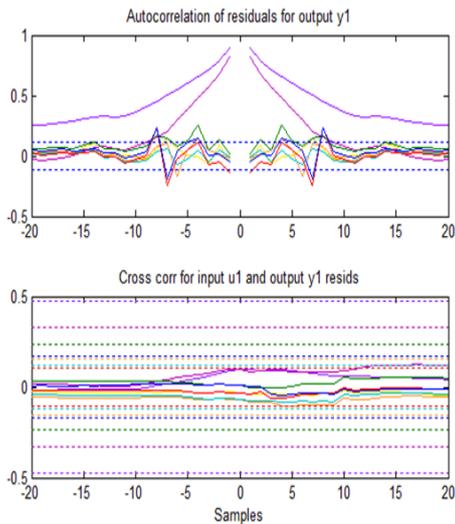
$$A(q) = 1 - (2.512)q^{-1} + (2.197)q^{-2} - (0.8203)q^{-3} + (0.1339)q^{-4} \quad (19)$$

$$B(q) = 0.3156q^{-1} - (0.03108)q^{-2} - (0.01701)q^{-3} + (0.01577)q^{-4} \quad (20)$$

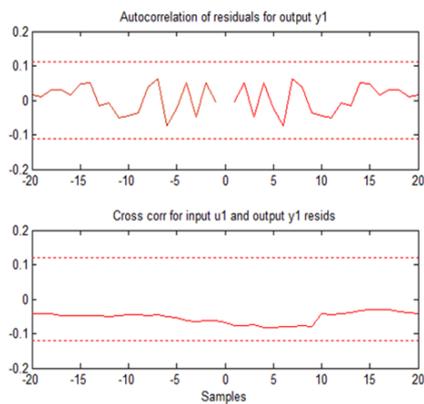
$$C(q) = 1 - (1.182)q^{-1} + (0.4032)q^{-2} + (0.002089)q^{-3} - (0.0401)q^{-4} \quad (21)$$



Gambar 5. Perbandingan model temperatur udara.



Gambar 6. Co-relation analysis residu model temperatur.



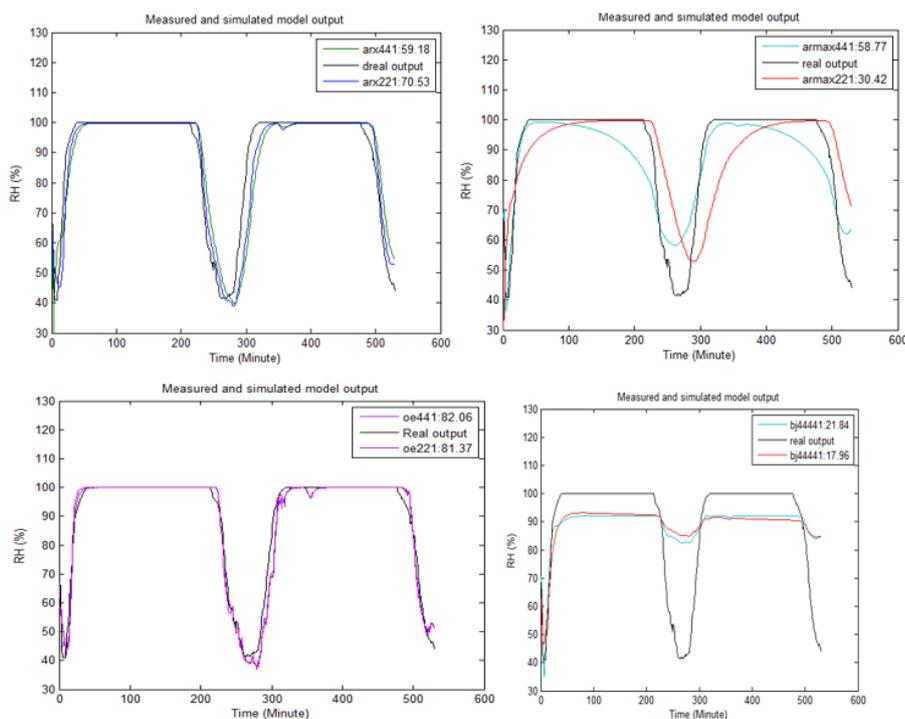
Gambar 7. Co-relation analysis model temperatur paling sesuai.

Tabel 1. Estimasi parameter model temperatur.

Model Temperature	Loss Fuction	FPE	Best Fit
ARX221	0,935167	0,94939	70,53%
ARX441	0,353098	0,363921	59,18%
ARMAX2221	0,877659	0,897835	30,42%
ARMAX4441	0,310379	0,324872	58,77%
OE221	26,2023	26,6047	81,37%
OE441	24,715	25,4873	82,06%
BJ2221	0,311836	0,321468	17,96%
BJ4441	0,233326	0,248082	21,84%

B. Pengujian Model Kelembaban Udara Greenhouse

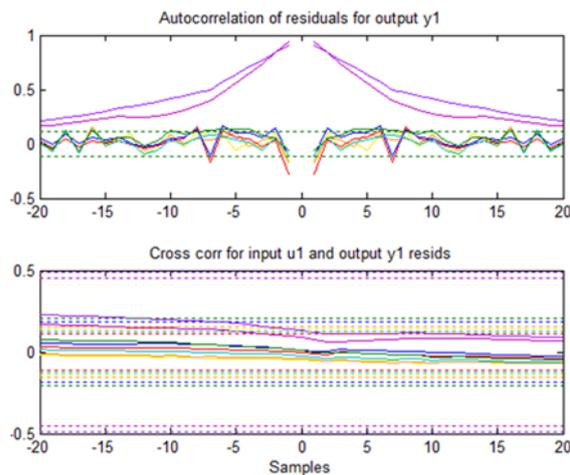
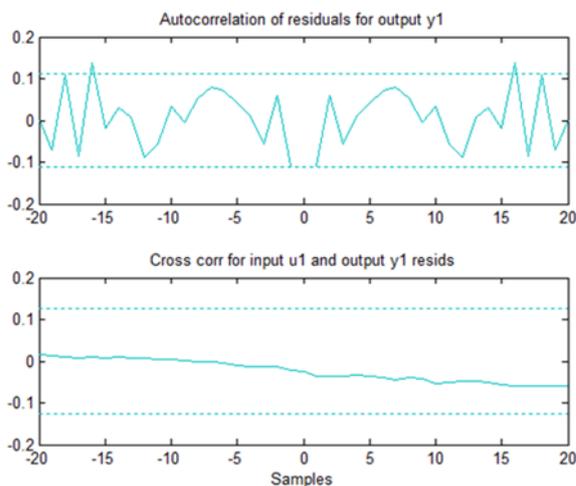
Adapun perbandingan model kelembaban udara dapat dilihat pada Gambar 8. Dimana keempat model tersebut dibandingkan guna mendapatkan model kelembaban relatif yang paling sesuai dengan kondisi nyata. Dari Gambar 8, model kelembaban relatif *greenhouse* dibandingkan guna mendapatkan model yang paling sesuai. bahwa model yang paling sesuai mewakili kelembaban udara adalah OE441 sebesar 82.06% lebih besar jika dibandingkan dengan model yang lainnya. Akan tetapi dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa *loss fuction* dan FPE paling besar. Dari analisis *autocorrelation* residu pada Gambar 9 dan 10 dari masukan dan keluaran sistem bahwa model yang berada di antara garis lurus putus-putus adalah model yang berada pada batas kepercayaan. Dapat dilihat bahwa model yang mempunyai kepercayaan yaitu model ARMAX441.



Gambar 8. Perbandingan model kelembaban udara relatif *greenhouse*.

Tabel 2. Estimasi parameter model temperatur.

Model Temperature	Loss Fuction	FPE	Best Fit
ARX221	0,935167	0,94939	70,53%
ARX441	0,353098	0,363921	59,18%
ARMAX2221	0,877659	0,897835	30,42%
ARMAX4441	0,310379	0,324872	58,77%
OE221	26,2023	26,6047	81,37%
OE441	24,715	25,4873	82,06%
BJ2221	0,311836	0,321468	17,96%
BJ4441	0,233326	0,248082	21,84%

**Gambar 9.** Co-relation analysis model kelembaban udara.**Gambar 10.** Co-relation analysis model kelembaban udara paling sesuai.

Dari analisis *autocorrelation* residu pada Gambar 9 dan 10 terhadap masukan dan keluaran sistem diketahui bahwa model yang berada di antara garis lurus putus-putus adalah model yang berada pada batas kepercayaan. Dapat dilihat bahwa model yang mempunyai kepercayaan yaitu model ARMAX441.

IV. KESIMPULAN

Sistem *greenhouse* merupakan sistem MIMO, dimana mempunyai 2 (dua) masukan dan 2 (dua) keluaran yaitu variabel suhu dan kelembaban udara. Pemodelan sistem *greenhouse* berguna untuk menentukan sistem secara matematis, yang menjadi dasar pertimbangan dalam memilih teknik kontrol. Model yang diuji adalah model eksperimental parametrik ARX, ARMAX, OE dan BJ, yang kemudian dipilih dari beberapa model tersebut yang paling sesuai dengan sistem nyata. Dari hasil pengujian didapatkan untuk sistem temperatur adalah pemodelan sistem dengan metode ARMAX4441 yang mempunyai tingkat kesesuaian sebesar 41,06% dengan *loss function* sebesar 0,0662069 dan *final prediction error* (FPE) sebesar 0,0692983. Sedangkan untuk sistem kelembaban udara model yang paling sesuai adalah ARMAX4441 dengan tingkat kesesuaian sebesar 58,77%, *loss function* sebesar 0,310379 dan FPE sebesar 0,324872.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Indramayu, Ketua Jurusan Teknik Pendingin dan Tata Udara yang telah memberikan dukungan. Demikian juga Kami ucapkan kepada Kemenristek Dikti yang telah memberikan dukungan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Djalal, K. Hutoro and A. Imran, "Kontrol kecepatan motor induksi menggunakan algoritma backpropagation neural network," *Elkomnika*, vol. 5, no. 2, pp. 138-148, 2017.
- [2] Waluyo, A. Fitriansyah and Syahrial, "Analisis penalaan kontrol pid pada simulasi kendali kecepatan putaran motor DC berbeban menggunakan metode Heuristik," *Elkomnika*, vol. 1, no. 2, pp. 79-92, 2013.
- [3] Z. Xu and J. Chen, "Switching control strategy for greenhouse temperature humidity system based on prediction modeling: A simulation study," *Journal of Engineering and Technological Sciences* vol. 49, no. 5, pp. 689-703, 2017.
- [4] H. U. Frausto, J. G. Pieters and J. M. Deltour, "Modelling greenhouse temperature by means of auto regressive models," *Biosystems Engineering* vol. 84, no. 2, pp. 147-157, 2013.
- [5] B. S. Kim, B. G. Kang, S. H. Choi and T. G. Kim, "Data modeling versus simulation modeling in the big data era: Case study of a greenhouse control system," *Sage* vol. 93, no. 7, pp. 579-594, 2017.
- [6] A. Trabelsi, F. Lafont, M. Kamound and G. Enea "Fuzzy identification of a greenhouse," *Science Direct*, vol. 7, no. 3, pp. 1092-1101, 2007.
- [7] C. Foued, M. Hfaied and H. Amira, "System identification of discrete model for photovoltaic greenhouse," *International Journal of Control*,

- Energy and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 6-11, 2015.
- [8] A. P. Gonzalez, O. B. Mendoza and J. L. Leon, "Modelling of a greenhouse prototype using pso and differential evolution algorithms based on a real time labview application," *Science Direct*, vol. 62, pp. 86-100, 2018.
- [9] A. Halim, "Pemodelan sistem ketenagalistrikan skala kecil terisolasi menggunakan jaring petri kontinu berwaktu," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp.384-391, 2016.

Tinjauan Literatur Sistematis: Pengaruh Penggunaan Framework Khusus dalam Proses Pengembangan dan Pembuatan Web

Addien Haniefardy[✉], Muhsin Bayu Aji Fadhillah, Siti Rochimah

Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

[✉]haniefardy12@mhs.if.its.ac.id

Abstrak: *Framework* merupakan sebuah kerangka kerja yang dibuat untuk memudahkan kinerja dalam pembangunan sebuah *web*. Dengan *framework*, sistem *web* yang dibangun akan menjadi lebih tersusun dan terstruktur rapi. Sekarang ini banyak *framework* yang dikembangkan dalam membangun sebuah *web*. Paper ini menyediakan sebuah tinjauan literatur sistematis dari berbagai penelitian yang telah membahas tentang pengaruh *framework* khusus dalam pengembangan dan pembuatan *web*. Penelitian ini menggunakan 2 (dua) *digital library*, yaitu Science Direct dan IEEE Xplore serta melakukan penyaringan untuk mendapatkan publikasi artikel ilmiah mulai 2010 sampai 2018 yang membahas tentang pengaruh penggunaan *framework* khusus terhadap pengembangan dan pembuatan *web*. Artikel ilmiah yang terpilih kemudian dianalisis sesuai dengan *research question* yang dibuat. Hasilnya, penelitian ini menggolongkan beberapa artikel berdasar area pengembangan dan peningkatan yang dihasilkan, dimana kebanyakan artikel berfokus pada pemberian rekomendasi dalam pengembangan *web* dengan pemilihan *framework* dan *framework* yang dipakai untuk proses *testing*.

Kata kunci: *Tinjauan literatur sistematis, framework, web.*

Abstract: *Framework is created to facilitate performance in the development of a web. Using framework, the web system built will become more structured and neatly. Now many frameworks are developed in building a web. This paper provides a systematic literature review of studies that have discussed the influence of frameworks specifically in web development and creation. This research uses 2 (two) digital libraries, Science Direct and IEEE Xplore and conducts a screening for publication of scientific articles from 2010 to 2018 which discussed the effect of using specific framework for web development. Selected scientific articles are then analyzed according to the research question. The result, this research classifies papers based on the area of development and improvement produced, where most papers focus on providing recommendations in web development with the selection of frameworks and the other used for the testing process.*

Keywords: *Systematic literature review, framework, web.*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin cepat disebabkan karena banyaknya kegiatan penelitian yang dilakukan. Kegiatan penelitian ini menghasilkan publikasi artikel penelitian yang jumlahnya tentu saja tidak sedikit. Mulai dari publikasi penelitian dalam bidang kesehatan, teknologi, otomotif, hingga rekayasa perangkat lunak. Peringkasan hasil penelitian menjadi sebuah hal yang perlu dilakukan untuk membantu mengetahui seberapa besar perkembangan penelitian yang dilakukan pada suatu bidang. Peringkasan sendiri dapat dibuat sebagai sebuah penelitian dengan model tinjauan literatur sistematis yang dapat disebut juga sebagai salah satu metode studi sekunder pada rekayasa perangkat lunak seperti dikutip dari Kitchenham *et al.* [1].

Tinjauan sistematis dilakukan dengan melakukan review pada laporan utama yang ada, mengulasnya secara mendalam dan menjelaskan metodologi serta membandingkan hasilnya. Metodologi tinjauan sistematis sendiri memiliki kelebihan dimana tinjauan yang dilakukan dapat terdefinisi dengan baik dan mengurangi bias, serta mengurangi konteks atau pembahasan yang lebih luas dapat memungkinkan

kesimpulan yang lebih umum mengutip dari Kitchenham *et al.* [1]. Kekurangannya adalah upaya yang cukup besar diperlukan dalam melakukan tinjauan sistematis. Dalam rekayasa perangkat lunak tinjauan sistematis telah berfokus pada studi kuantitatif dan empiris, tetapi banyak metode untuk mensintesis hasil penelitian kualitatif yang ada seperti mengutip dari Dixon-Woods *et al.* [2].

Proses pengembangan dan pembuatan *web* pun semakin dituntut peningkatannya dari segi kualitas dan kuantitas. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan *web* dapat seperti waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan pembuatan *web*, desain dan analisis dari sistem *web*, proses implementasi dan pengkodean dari *web*, hingga proses pengujian dan evaluasi yang dilakukan setelah pengerjaan *web* selesai.

Untuk membantu kinerja para *developer*, *framework* atau kerangka kerja juga dibutuhkan. *Framework* memiliki multifungsi yang bisa dimanfaatkan para *developer* untuk mempercepat proses pembuatan *web*, memudahkan pembacaan kode, hingga membantu dari proses perencanaan, pembuatan, pengujian hingga pemeliharaan. Beberapa *framework*

juga didesain khusus oleh pengembang untuk membantu melakukan tugas-tugas spesifik pada masa pengembangan *web*, misalnya *framework* yang khusus diciptakan untuk menguji hasil aplikasi berbasis *web* yang sudah dibuat oleh pengembang.

Pada penelitian ini dilakukan peninjauan sistematis pada *framework* khusus yang digunakan dalam mengembangkan dan membangun sebuah aplikasi berbasis *web*, menganalisis pengaruh penggunaan *framework* tersebut dan metodologi yang dipakai serta melakukan komparasi terhadap beberapa *framework* yang telah digunakan.

II. METODE PENELITIAN

Peneliti mengadopsi metodologi proses pemetaan sistematis yang dikembangkan oleh Petersen *et al.* [3]. Metodologi ini terbagi ke dalam 5 proses. Pertama, pendefinisian *research question* (RQ) yang bertujuan untuk menentukan tujuan (*goal*) dari pembuatan tinjauan literatur sistematis ini. Kedua, melakukan pencarian data artikel penelitian sesuai dengan query yang dibuat berdasarkan RQ yang telah ditentukan sebelumnya. Ketiga, melakukan seleksi artikel penelitian untuk menghasilkan artikel penelitian yang benar-benar relevan terhadap RQ yang telah ditentukan sebelumnya. Tahap ketiga ini dilakukan dengan seleksi berdasar judul penelitian. Keempat, ekstraksi *keyword* pada abstrak artikel penelitian untuk mendapatkan topik penelitian. Tahap keempat dilakukan dengan menyeleksi abstrak artikel ilmiah penelitian untuk menghasilkan kumpulan artikel ilmiah penelitian yang cakupan bahasannya semakin tertuju pada *research question* yang telah dibuat. Kelima, ekstraksi data keseluruhan pada artikel ilmiah penelitian untuk dianalisis lebih lanjut. Tahap terakhir dari seleksi ini dilakukan pada bagian konten artikel ilmiah penelitian.

A. Pendefinisian Research Question

Tujuan pembuatan studi pemetaan sistematis adalah memberi gambaran tentang area penelitian, mengidentifikasi kuantitas, jenis penelitian dan hasil yang tersedia di dalamnya. *Research question* (RQ) pun disusun untuk mencerminkan tujuan tersebut. RQ yang disusun dan digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

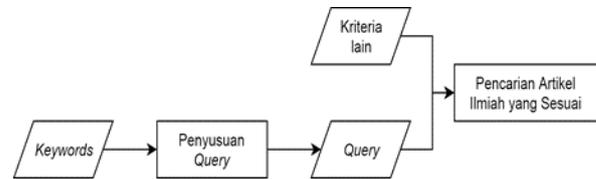
RQ 1. Berapa banyak artikel ilmiah yang membahas penggunaan *framework* khusus untuk pengembangan web mulai 1 Januari 2010 hingga 30 September 2018?
RQ 2. Area pengembangan *web* mana yang dapat ditingkatkan dengan menggunakan *framework* khusus untuk pembuatan *web*?

RQ 3. Area pengembangan *web* mana yang dapat ditingkatkan dengan menggunakan *framework* khusus untuk pembuatan *web*?

B. Pencarian Artikel Ilmiah yang Sesuai

Setelah melakukan pendefinisian *research question*, tahap selanjutnya, yaitu tahap pencarian artikel ilmiah yang sesuai. Sebelum dilakukan

pencarian artikel ilmiah yang sesuai, dilakukan penentuan terlebih dahulu batasan-batasan yang akan digunakan untuk melakukan penyaringan artikel ilmiah. Alur proses pencarian artikel ilmiah yang sesuai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur proses tahap pencarian artikel ilmiah.

Salah satu batasan yang digunakan untuk melakukan penyaringan data artikel ilmiah adalah *query* pencarian yang dihasilkan dari penggabungan *keyword* sebagai kata penting dari penelitian-penelitian yang akan dicari. Pada penelitian ini, *keyword* yang digunakan untuk menyaring data artikel ilmiah dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu kelompok A, kelompok B dan kelompok C. *Keyword* pada kelompok A mendeskripsikan fokus area penelitian, kelompok B mendeskripsikan *tools* yang digunakan, dan kelompok C mendeskripsikan dampak atau perubahan yang dihasilkan dari penelitian-penelitian yang ada. Daftar *keyword* yang akan disusun dan digunakan pada penyaringan artikel ilmiah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Keyword*

A	B	C
<i>Web Development</i>	<i>Framework</i>	<i>Improvement</i>
<i>Web Creation</i>	<i>Web Framework</i>	<i>Effect</i>
	<i>Specific Framework</i>	<i>Development</i>

Keyword yang telah ditentukan pada masing-masing kelompok kemudian disusun dan membentuk membentuk sebuah *query* pencarian yang akan digunakan untuk melakukan penyaringan data artikel ilmiah. Kombinasi yang dibentuk menggunakan 2 (dua) jenis kata penghubung (*relation*), yaitu OR dan AND. Kata penghubung OR digunakan untuk menghubungkan kata-kata yang berada pada satu kelompok. Hal ini dilakukan karena kata-kata yang berada pada satu kelompok memiliki makna kata yang hampir sama. Kata penghubung AND digunakan untuk menghubungkan antar kelompok kata. *Query* pencarian yang dihasilkan akan menjadi seperti berikut:

("web development" OR "web creation") AND ("framework" OR "web framework" OR "specific framework") AND ("improvement" OR "effect" OR "development")

Pencarian artikel ilmiah akan dilakukan pada 2 (dua) *digital library* termuka, yaitu Science Direct dan IEEE Xplore. Kedua *digital library* tersebut digunakan karena dapat digunakan dengan hak akses artikel ilmiah

yang tidak terbatas oleh penulis yang berasal dari institusi pendidikan. Penyaringan artikel ilmiah yang dilakukan akan menghasilkan daftar artikel ilmiah yang memiliki karakteristik yang sama sesuai dengan *query* yang telah disusun sebelumnya dan input filter yang digunakan pada masing-masing *digital library*. Karakteristik artikel ilmiah tersebut di antaranya:

1. Artikel ilmiah memiliki keterkaitan hubungan dengan pengembangan *framework* yang digunakan untuk mempermudah kinerja pembuatan situs *web*.
2. Artikel ilmiah dipublikasikan melalui jurnal atau conference yang terhubung dengan Science Direct dan IEEE Xplore.
3. Artikel ilmiah dipublikasikan pada rentan waktu antara 2010 sampai 2018.
4. Artikel ilmiah dipublikasikan dengan menggunakan bahasa Inggris.

Dengan menggunakan hasil penyusunan *keyword* berupa *query* dan batasan yang digunakan pada masing-masing filter pencarian *digital library*, dihasilkan 658 artikel ilmiah yang sesuai dimana 609 artikel ilmiah berasal dari Science Direct dan 49 artikel ilmiah berasal dari IEEE Xplore seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil seleksi artikel ilmiah.

Digital Library	Seleksi			
	Query	Judul	Asbtrak	Konten
Science Direct	609	59	14	6
IEEE Xplore	49	20	15	12
Total per Seleksi	658	79	29	18

C. Seleksi Artikel Ilmiah Berdasarkan Judul

Proses seleksi artikel ilmiah pertama setelah hasil seleksi query dilakukan dengan pembacaan judul dari artikel ilmiah hasil pencarian. Artikel ilmiah dengan judul yang relevan dengan pertanyaan penelitian akan disimpan. Seperti pada Tabel 2, dari hasil seleksi pertama, terdapat 79 judul artikel ilmiah dengan rincian 59 artikel ilmiah dari Science Direct dan 20 artikel ilmiah dari IEEE Xplore.

D. Seleksi Artikel Ilmiah Berdasarkan Abstrak

Proses seleksi artikel ilmiah kedua adalah pembacaan abstrak. Artikel ilmiah yang abstraknya kurang relevan dengan pertanyaan penelitian akan dibuang dari daftar. Hasil penyeleksian menunjukkan ada 29 artikel ilmiah dengan rincian 14 artikel ilmiah dari Science Direct dan 15 artikel ilmiah dari IEEE Xplore seperti pada Tabel 2.

E. Seleksi Artikel Ilmiah Berdasarkan Konten

Proses seleksi terakhir dari artikel ilmiah adalah pembacaan konten. Dari 29 artikel ilmiah hasil seleksi kedua, dilakukan pembacaan isi untuk mendapatkan

artikel ilmiah yang isinya relevan dengan pertanyaan penelitian. Hasil seleksi ketiga menghasilkan 18 artikel ilmiah dengan rincian 6 artikel ilmiah dari Science Direct dan 12 artikel ilmiah dari IEEE Xplore seperti dilaporkan pada Tabel 2.

F. Penilaian Kualitas Data Hasil Seleksi

Untuk mengetahui kualitas dari SLR yang dilakukan, perlu dilakukan penilaian kualitas atau *Study Quality Assessment* terhadap data artikel ilmiah hasil penyaringan. Terdapat empat pertanyaan yang digunakan untuk mengetahui kualitas data artikel ilmiah (*paper*), yaitu:

- P1. Apakah *framework* yang digunakan telah dideskripsikan dengan jelas?
- P2. Apa tipe publikasi dari artikel ilmiah tersebut?
- P3. Kapan artikel ilmiah tersebut dipublikasikan?
- P4. Berapa jumlah sitasi yang mengarah pada artikel ilmiah tersebut?
- P5. Dari mana artikel ilmiah tersebut didapatkan?

Pertanyaan nomor 1 digunakan untuk mengetahui apakah penyampaian informasi dari artikel ilmiah tentang *framework* yang digunakan sudah rinci atau belum. Semakin rinci informasi yang diberikan tentang *framework* yang digunakan, semakin baik kualitas dari artikel ilmiah tersebut. Pertanyaan nomor 2 bertujuan untuk mengetahui apakah artikel ilmiah dipublikasikan melalui jurnal atau konferensi. Pertanyaan nomor 3 bertujuan untuk mengetahui waktu publikasi dari artikel ilmiah. Artikel ilmiah yang dipublikasikan 1 tahun lalu tentunya lebih *up to date* daripada artikel ilmiah yang dipublikasikan 8 tahun lalu. Pertanyaan nomor 4 bertujuan untuk mengetahui seberapa sering artikel ilmiah tersebut dijadikan referensi (sitasi) oleh artikel ilmiah lain. Semakin banyak sitasi yang mengarah pada artikel ilmiah tersebut, semakin bagus kualitas yang dihasilkan. Pertanyaan nomor 5 bertujuan untuk mengetahui apakah artikel ilmiah tersebut dipublikasikan di Science Direct atau IEEE Xplore. Hasil dari penilaian kualitas data hasil seleksi bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian kualitas data hasil seleksi.

No	Paper	P1	P2	P3	P4	P5
1	[4]	Ya	J	2015	4	SD
2	[5]	Tidak	J	2017	0	SD
3	[6]	Ya	J	2017	4	SD
4	[7]	Ya	J	2015	18	SD
5	[8]	Ya	J	2018	1	SD
6	[9]	Ya	J	2013	12	SD
7	[10]	Ya	K	2014	1	IX
8	[11]	Tidak	K	2016	0	IX
9	[12]	Ya	K	2015	0	IX
10	[13]	Ya	K	2012	1	IX
11	[14]	Tidak	K	2013	0	IX
12	[15]	Ya	K	2015	2	IX
13	[16]	Ya	K	2016	3	IX
14	[17]	Ya	K	2010	5	IX
15	[18]	Tidak	K	2010	0	IX
16	[19]	Ya	K	2017	0	IX
17	[20]	Ya	K	2012	1	IX
18	[21]	Ya	K	2010	2	IX

Keterangan

J: Jurnal

K: Konferensi

SD: Science Direct

IX: IEEE Xplore

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, makalah hasil seleksi terakhir akan dianalisa kembali untuk menjawab *research questions* (RQ) yang telah dibuat sebelumnya.

A. RQ 1

Dari hasil seleksi makalah hingga tahap terakhir, ditemukan 18 makalah yang sesuai dalam membahas penggunaan *framework* khusus untuk pengembangan *web* sejak 1 Januari 2010 hingga 30 September 2018. Makalah-makalah yang sesuai dapat dilihat pada Tabel 3, dalam rentang waktu 8 tahun tidak di setiap tahun ada makalah yang sesuai dalam membahas topik penggunaan *framework* khusus untuk pengembangan *web*.

B. RQ 2

Dari analisis makalah hasil seleksi, penggunaan *framework* khusus diklaim dapat meningkatkan proses pengembangan *web* mencakup beberapa area yang dapat dilihat pada Tabel 4.

C. RQ 3

Seperti terlihat pada Tabel 4 *framework* untuk pengembangan *web* tergantung pada area mana yang coba ditingkatkan dengan penggunaan *framework* itu sendiri. Badirmali membuat *framework* yang dapat mendukung penggunaan beberapa bahasa pemrograman sekaligus [5]. Sementara Thamsen *et al.* membuat *framework* yang mendukung pengembangan secara kolaboratif [20]. Salas-Zárate *et al.*, Prokofyeva *et al.*, Wanniarachchi *et al.*, Ferris *et al.* dan Kulathunga *et al.* memberikan analisis, rekomendasi dan referensi bagi pengembang *web* dalam mengembangkan *web* [4], [6], [14], [16], [19].

Tabel 4. Area pengembangan *web* dan peningkatan hasil penggunaan *framework* khusus.

No	Paper	Area Pengembangan	Peningkatan Hasil Penggunaan <i>Framework</i>
1	[4], [6], [14], [16], [19]	Analisis dan komparasi beberapa <i>framework</i> yang masih berada dalam satu lingkungan untuk pengembangan <i>web</i>	Rekomendasi dan referensi <i>framework</i> bagi pengembang <i>web</i>
2	[10], [17], [18]	<i>Framework</i> dengan metode yang dikembangkan untuk memperpendek dan mempermudah proses SDLC	Proses SDLC dapat diperpendek sehingga waktu pengembangan bisa lebih cepat
3	[5], [20]	<i>Framework</i> mendukung pengembangan <i>web</i> dengan bahasa <i>multi-language</i> dan <i>collaborative work</i> oleh pengembang <i>web</i>	Pengembangan <i>web</i> dapat dilakukan secara kolaboratif, oleh beberapa pengembang dan dengan dukungan beberapa bahasa pemrograman
4	[11], [12]	<i>Framework</i> untuk melakukan proses <i>testing</i> pada hasil <i>web</i> yang dibuat	Percepatan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses <i>web testing</i>
5	[15], [21]	Pemudahan proses pengembangan dari pengkodean hingga pemeliharaan <i>web</i>	Proses pengembangan menjadi lebih nyaman, efisien dan terintegrasi
6	[8], [9]	<i>Framework</i> untuk meningkatkan fungsionalitas <i>web</i>	Pengurangan biaya dan kompleksitas, meningkatkan skalabilitas, usabilitas, dan kinerja dari <i>web</i> yang dihasilkan
7	[7]	<i>Framework</i> yang mendukung pengelolaan dan manajemen proyek	<i>Framework</i> dapat mengelola proyek berbasis <i>web</i> dengan lebih baik melalui estimasi dan manajemen proses berbasis nilai yang berkesinambungan
8	[13]	Penggunaan arsitektur yang dikembangkan untuk pengembangan aplikasi <i>web</i> yang lebih modular	Modul yang kohesif dan independen ketika aplikasi <i>web</i> diurai secara vertikal menjadi modul-modul

Dawei *et al.* dan Deyab *et al.* menggunakan *framework* khusus yang didesain untuk proses testing sehingga proses testing bisa memakan waktu yang lebih sedikit dan dapat terotomatisasi [11], [12]. *Framework* khusus dibuat oleh Mukhtar *et al.* untuk mempercepat pengiriman kode web yang kompleks dibanding metode tradisional [10]. Ada juga *framework* yang melakukan *generate* pola-pola proses secara otomatis dalam proses pengembangan *web* seperti yang dibuat Babanezhad *et al.* [17]. Sementara Liu *et al.* mengusulkan penggunaan *framework* khusus yang dapat memperpendek siklus SDLC, meningkatkan efisiensi pembangunan, serta stabilitas sistem dan pemeliharaan sistem [18]. Ye *et al.* menjadikan modul menjadi kohesif dan independen ketika aplikasi *web* diurai vertikal jadi beberapa modul [13]. Torrecilla-Salinas *et al.* mengusulkan *framework* yang digunakan untuk mengelola proyek dan manajemen proses berbasis nilai [7]. *Framework* usulan Agustin *et al.* mampu mengurangi biaya pengembangan dan kompleksitas, serta meningkatkan usability [9]. Li *et al.* mengusulkan *framework* yang meningkatkan skalabilitas dan efisiensi sebagai alat pengembang visualisasi berbasis *web* [8]. Alfat *et al.* membahas penyederhanaan proses pengembangan *web* dengan *framework* Laravel yang dipakai [15]. Integrasi 3 (tiga) *framework* dilakukan Wang *et al.* untuk pengembangan dan pemeliharaan *web* yang lebih praktis dan nyaman [21].

IV. KESIMPULAN

Jumlah artikel ilmiah yang membahas tentang penggunaan *framework* khusus dari jangka waktu mulai 1 Januari 2010 sampai 31 September 2018 sebanyak 18 makalah dimana dalam jangka waktu tersebut tidak setiap tahun ada makalah yang dibuat untuk membahas topik ini.

Penggunaan *framework* khusus diklaim dapat meningkatkan dan membantu proses pengembangan dan pembuatan *web*. Beberapa area yang coba untuk ditingkatkan efektifitasnya dengan penggunaan *framework* khusus seperti untuk membantu proses testing, lalu *framework* yang mendukung penggunaan beberapa bahasa, *framework* yang mendukung pengembangan secara kolaboratif dengan bahasa pemrograman tunggal, hingga komparasi dan analisis beberapa *framework* yang bekerja dalam satu lingkungan yang sama untuk kemudian memberi rekomendasi kepada pengembang.

Peningkatan yang didapatkan dari penggunaan *framework* khusus dalam pembuatan dan pengembangan *web* dapat dilihat dari area pengembangan mana yang coba ditingkatkan dan bagaimana hasil dari penggunaan *framework*. Ada *framework* yang didesain untuk mempermudah proses testing sehingga waktu yang diperlukan oleh proses testing lebih cepat. Beberapa *framework* dibuat untuk mempermudah proses pengkodean, dan macam *framework* lainnya mampu memberikan rekomendasi

bagi pengembang dalam membuat dan mengembangkan *web* sesuai panduan.

Cakupan penelitian *framework* khusus untuk pengembangan dan pembuatan *web* masih sangat luas, hal itu tak terlepas dari banyaknya area yang bisa disentuh dalam membuat *framework* khusus. Seperti pembahasan sebelumnya, area yang disentuh oleh penggunaan *framework* sangat beragam, mulai dari proses testing, proses desain, proses pengkodean, hingga *framework* yang bisa memberi rekomendasi kepada pengembang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas review, editing dan publikasi yang dilakukan oleh Jurnal Matrix, penulis menyampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kitchenham and S. Charters, *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*, 2007.
- [2] M. Dixon-Woods, S. Agarwal, D. Jones, B. Young and A. Sutton, "Synthesising qualitative and quantitative evidence: A review of possible methods," *J. Health Serv. Res. Policy*, vol. 10, no. 1, pp. 45–53, 2005.
- [3] K. Petersen, R. Feldt, S. Mujtaba and M. Mattsson, "Systematic mapping studies in software engineering," *EASE'08 Proc. 12th Int. Conf. Eval. Assess. Softw. Eng.*, pp. 68–77, 2008.
- [4] M. D. P. Salas-Zárate, G. Alor-Hernández, R. Valencia-García, L. Rodríguez-Mazahua, A. Rodríguez-González, and J. L. López Cuadrado, "Analyzing best practices on Web development frameworks: The lift approach," *Sci. Comput. Program.*, vol. 102, pp. 1–19, 2015.
- [5] N. Bandirmali, "mtCMF: A novel memory table based content management framework for automatic website generation," *Comput. Stand. Interfaces*, vol. 58, pp. 43–52, 2018.
- [6] N. Prokofyeva and V. Boltunova, "Analysis and Practical Application of PHP Frameworks in Development of Web Information Systems," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 104, no. December 2016, pp. 51–56, 2016.
- [7] C. J. Torrecilla-Salinas, J. Sedeño, M. J. Escalona and M. Mejías, "Estimating, planning and managing agile web development projects under a value-based perspective," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 61, pp. 124–144, 2015.
- [8] D. Li *et al.*, "ECharts: A declarative framework for rapid construction of web-based visualization," *Vis. Informatics*, vol. 2, no. 2, pp. 136–146, 2018.
- [9] J. L. Herrero Agustin and P. C. Del Barco, "A model-driven approach to develop high performance web applications," *J. Syst. Softw.*, vol. 86, no. 12, pp. 3013–3023, 2013.

- [10] M. A. O. Mukhtar, M. F. Bin Hassan, J. Bin Jaafar and L. A. Rahim, "WSDMDA: An enhanced model driven web engineering methodology," *Proc. - 4th IEEE Int. Conf. Control Syst. Comput. Eng. ICCSCE 2014*, no. November, pp. 484–489, 2014.
- [11] X. Dawei, J. Liqiu, X. Xinpeng and W. Yuhang, "Web application automatic testing solution," *Proc. - 2016 3rd Int. Conf. Inf. Sci. Control Eng. ICISCE 2016*, pp. 1183–1187, 2016.
- [12] H. H. Deyab and R. B. Atan, "Orchestration framework for automated Ajax-based web application testing," *2015 9th Malaysian Softw. Eng. Conf. MySEC 2015*, pp. 1–6, 2016.
- [13] W. Ye, R. Luo, S. Zhang, X. Liu and W. Hu, "BuOA: An achitecture style for modular web applications," *Proc. - Asia-Pacific Softw. Eng. Conf. APSEC*, vol. 1, pp. 802–807, 2012.
- [14] H. Wanniarachchi and D. Jayathilake, "A framework for building web sites that are friendly to visually impaired," *Int. Conf. Adv. ICT Emerg. Reg. ICTer 2012 - Conf. Proc.*, pp. 103–110, 2012.
- [15] L. Alfat, A. Triwiyatno and R. R. Isnanto, "Sentinel web: Implementation of Laravel framework in web based temperature and humidity monitoring system," *ICITACEE 2015 - 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. Green Technol. Strength. Inf. Technol. Electr. Comput. Eng. Implementation, Proc.*, pp. 46–51, 2016.
- [16] K. Ferris and S. Zhang, "A framework for selecting and optimizing color scheme in web design," *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 2016–March, pp. 532–541, 2016.
- [17] R. Babanezhad, Y. M. Bibalan, and R. Ramsin, "Process patterns for web engineering," *Proc. - Int. Comput. Softw. Appl. Conf.*, pp. 477–486, 2010.
- [18] Y. J. Liu and K. X. Li, "Design and implementation of the new Web application framework - Jemsf," *2010 Int. Conf. Apperceiving Comput. Intell. Anal. ICACIA 2010 - Proceeding*, vol. 611743, pp. 190–193, 2010.
- [19] K. S. D. A. Kulathunga *et al.*, "Open source SOA based middleware framework for classified based web development," *2017 Natl. Inf. Technol. Conf. NITC 2017*, vol. 2017–Septe, pp. 6–11, 2018.
- [20] L. Thamsen, A. Gulenko, M. Perscheid, R. Krahn, R. Hirschfeld and D. A. Thomas, "Orca: A single-language web framework for collaborative development," *Proc. - 10th Int. Conf. Creat. Connect. Collab. through Comput. C5 2012*, pp. 45–52, 2012.
- [21] H. T. Wang and B. X. Jia, "Research based on web development of spring integration framework," *Proc. - 2010 Int. Forum Inf. Technol. Appl. IFITA 2010*, vol. 2, pp. 325–328, 2010.

Penjadwalan Perkuliahan dengan Metode Metaheuristic Ant Colony Optimization

Studi Kasus Politeknik Negeri Bali

Komang Ayu Triana Indah[✉], Putu Gede Sukarata

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

[✉] triana_indah@pnb.ac.id

Abstrak: Masalah penjadwalan kuliah merupakan masalah yang sangat kompleks, dimana inti dari penjadwalan tersebut adalah bagaimana menjadwalkan beberapa komponen yang terdiri dari mahasiswa, dosen, ruang, waktu, dan matakuliah dengan memperhatikan sejumlah batasan dan syarat (*constraint*) tertentu. Tujuan yang ingin dicapai adalah menerapkan metode Metaheuristic Ant Colony Optimization (ACO) untuk optimalisasi sistem penjadwalan perkuliahan. Setiap langkah yang dilakukan oleh ACO menggunakan algoritma yang diadaptasi dari perilaku semut untuk menyelesaikan permasalahan kombinatorial. Sistem ini dibuat dengan menggunakan pemrograman Microsoft Visual Basic dengan memasukkan beberapa parameter yaitu Data Dosen, Mata Kuliah, Ruang, dan beberapa variabel dari masing-masing parameter yang kemudian diproses sehingga menghasilkan penjadwalan perkuliahan. Adapun hasil yang diperoleh dari implementasi ACO untuk memecahkan masalah penjadwalan kuliah di perguruan tinggi dilihat dari jumlah constrain yang terlanggar serta lamanya waktu yang diperlukan dari masing-masing iterasi pada tiap metode sampai mendapatkan jadwal kuliah sehingga memperoleh jadwal dengan tingkat kebenaran 89 persen yang merupakan perbandingan pelanggaran *constraint* terhadap jumlah keseluruhan *timeslot* yang digunakan untuk penjadwalan.

Kata kunci: algoritma ACO, metaheuristic, optimisasi.

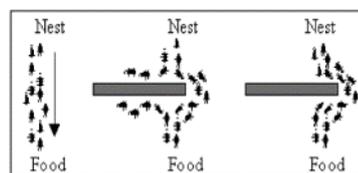
Abstract: Lecture scheduling problems are a very complex problem, where the core of the scheduling is how to schedule several components consisting of students, lecturers, space, time, and subject matter with due regard to certain constraints and constraints. The goal to be achieved is to apply the Ant Colony Optimization (ACO) Metaheuristic method to optimize the lecture scheduling system. Every step taken by ACO uses an algorithm adapted from ant behavior to solve combinatorial problems. This system is created using Microsoft Visual Basic programming by entering several parameters, namely Lecturer, Course, Room, and several variables from each parameter which are then processed to produce lecture scheduling. The results obtained from the ACO implementation to solve college scheduling problems are seen from the number of constrained constraints and the length of time required from each iteration in each method to get a class schedule so that they get a schedule with a 82 percent truth level which is a comparison of constraint violations to the total number of timeslot used for scheduling.

Keywords: ACO algorithm, metaheuristic, optimization.

I. PENDAHULUAN

Heuristik berasal dari kata Yunani “*heuriskein*” yang berarti seni untuk menemukan strategi dalam menyelesaikan persoalan sedangkan meta berarti metodologi tingkat tinggi atau lanjut [1]. Pada ilmu komputer, metode heuristik merupakan suatu teknik untuk penyelesaian permasalahan yang tidak menekankan pada pembuktian apakah solusi yang didapatkan adalah benar karena pembuktian apakah suatu solusi benar merupakan fokus dari metode penyelesaian analitik. Metode Heuristik merupakan suatu metode penyelesaian yang menggunakan konsep pendekatan [2]. ACO adalah sistem agen yang mensimulasikan tingkah laku natural dari kelompok semut (*ants*) yang mengandung mekanisme kerjasama dan adaptasi. Ide dasar dari proses ini dapat dilihat pada Gambar 1. Algoritma ini terinspirasi dari tingkah laku koloni semut dalam mencari makan. Di dunia nyata, semut (awalnya) berjalan secara acak, dan ketika menemukan makanan kembali ke koloni

mereka sambil meletakkan pheromone jejak. Semut-semut tersebut meninggalkan zat (*pheromone*) di jalan yang mereka lalui.



Gambar 1. Ants Menemukan Jalur Terpendek

Jika semut lain menemukan jalur tersebut, mereka tidak cenderung untuk menjaga bepergian secara acak, tapi malah mengikuti jejak, kembali dan menguatkannya jika pada akhirnya mereka menemukan makanan. Gagasan awalnya berasal dari mengamati makanan eksploitasi sumber daya di antara semut, di mana semut secara individual memiliki kemampuan kognitif terbatas secara kolektif mampu

menemukan jalur terpendek antara sumber makanan dan sarang. Semut pertama menemukan sumber makanan (F), melalui cara apapun (a), kemudian kembali ke sarang (N), meninggalkan jejak *pheromone* (b). Semut tanpa pandang bulu mengikuti empat kemungkinan, tapi penguatan landasan membuatnya lebih menarik sebagai rute terpendek [3].

Masalah penjadwalan secara umum adalah aktifitas penugasan yang berhubungan dengan sejumlah kendala, sejumlah kejadian yang dapat terjadi pada suatu periode waktu dan tempat/lokasi tertentu sehingga fungsi objektif sedekat mungkin terpenuhi. Masalah ini muncul di berbagai bidang kegiatan maupun instansi seperti rumah sakit, universitas, penerbangan, pabrik, dan lain-lain. Desain model masalah penjadwalan bervariasi sesuai dengan kebutuhan serta keadaan di lapangan [4].

Penyampaian informasi pada lembaga akademik merupakan hal yang sangat penting terutama informasi yang berkaitan dengan kegiatan perkuliahan. Salah satunya adalah informasi jadwal kuliah. Penjadwalan kuliah merupakan pekerjaan yang tidak mudah, dimana inti dari masalah ini adalah bagaimana menjadwalkan berbagai komponen yang terdiri dari mahasiswa, dosen, ruang, dan waktu dengan memperhatikan sejumlah batasan dan syarat tertentu.

Terdapat beberapa permasalahan dalam penjadwalan mata kuliah di antaranya:

1. Pada bagian Jurusan / Program Studi, yaitu bagaimana mengidentifikasi Mata Kuliah yang ditawarkan sesuai kurikulum pada semester yang akan dibuat penjadwalan.
2. Bagaimana menyusun jadwal perkuliahan bagi mahasiswa maupun dosen meliputi penentuan mata kuliah, waktu, dan tempat perkuliahan serta penentuan dosen pengampu setiap mata kuliah.
3. Bagaimana melakukan penjadwalan kuliah yang dilakukan oleh jurusan yang berisi nama hari dan jam kuliah, mata kuliah, ruangan dan nama dosen secara sistematis sehingga tidak terjadi bentrok.
4. Menentukan syarat minimal 16 kali tatap muka antara dosen dan mahasiswa selama satu mata kuliah dalam setiap semester, atau minimal 75% perkuliahan sebelum mengikuti ujian.
5. Bagaimana menentukan penjadwalan perkuliahan sehingga beban sks setiap dosen minimal 12 sks per semester.

Syarat-syarat dalam penjadwalan kuliah terbagi dalam dua kelompok sesuai dengan tingkat kewajiban syarat tersebut terpenuhi, yaitu *hard constraint* (harus terpenuhi) dan *soft constraint* (diupayakan untuk terpenuhi). Sebuah solusi hanya dapat dikatakan sah dan valid apabila dalam solusi tersebut sama sekali tidak ada *hard constraint* yang terlanggar. Berbeda dengan *hard constraint*, kendala yang termasuk dalam *soft constraint* adalah kendala yang tidak selalu dapat terpenuhi dalam proses pembentukan jadwal, akan

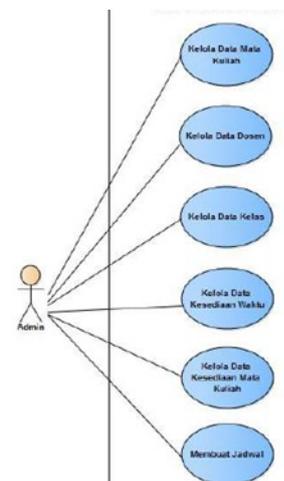
tetapi meskipun tidak harus terpenuhi, jadwal yang dihasilkan harus semaksimal mungkin berusaha memenuhi ketentuan *soft constraint* [5]. Masalah penjadwalan kuliah dapat diselesaikan dengan beberapa metode heuristik, seperti *tabu search*, *simulated annealing*, dan algoritma genetika [5]. Dalam penelitian ini, permasalahan penjadwalan kuliah akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) sehingga dengan digunakannya algoritma ini diharapkan akan diperoleh hasil penjadwalan yang lebih optimal. Pada penelitian ini dirancang sebuah aplikasi untuk mengatur jadwal kuliah secara otomatis agar menghasilkan keluaran berupa jadwal kuliah, jadwal ini masih memungkinkan untuk diubah secara manual sesuai dengan keinginan dari *user*. Untuk pembuatan aplikasi akan digunakan sebuah algoritma metaheuristic yaitu *Ant Colony* atau yang lebih dikenal dengan nama algoritma semut untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

II. METODE PENELITIAN

Pada perancangan awal ditentukan terlebih dahulu diagram suatu penjadwalan untuk memudahkan dalam penyusunan *flowchart* algoritma programnya, di antaranya:

A. Diagram Use Case

Diagram use case adalah sebuah diagram yang digunakan untuk menunjukkan tampilan grafis dari fungsionalitas yang diberikan oleh sistem dilihat dari sisi aktor, tujuan aktor, dan hal yang berkaitan dengan *use case* yang ada.



Gambar 2. Diagram *use case* perkuliahan [6].

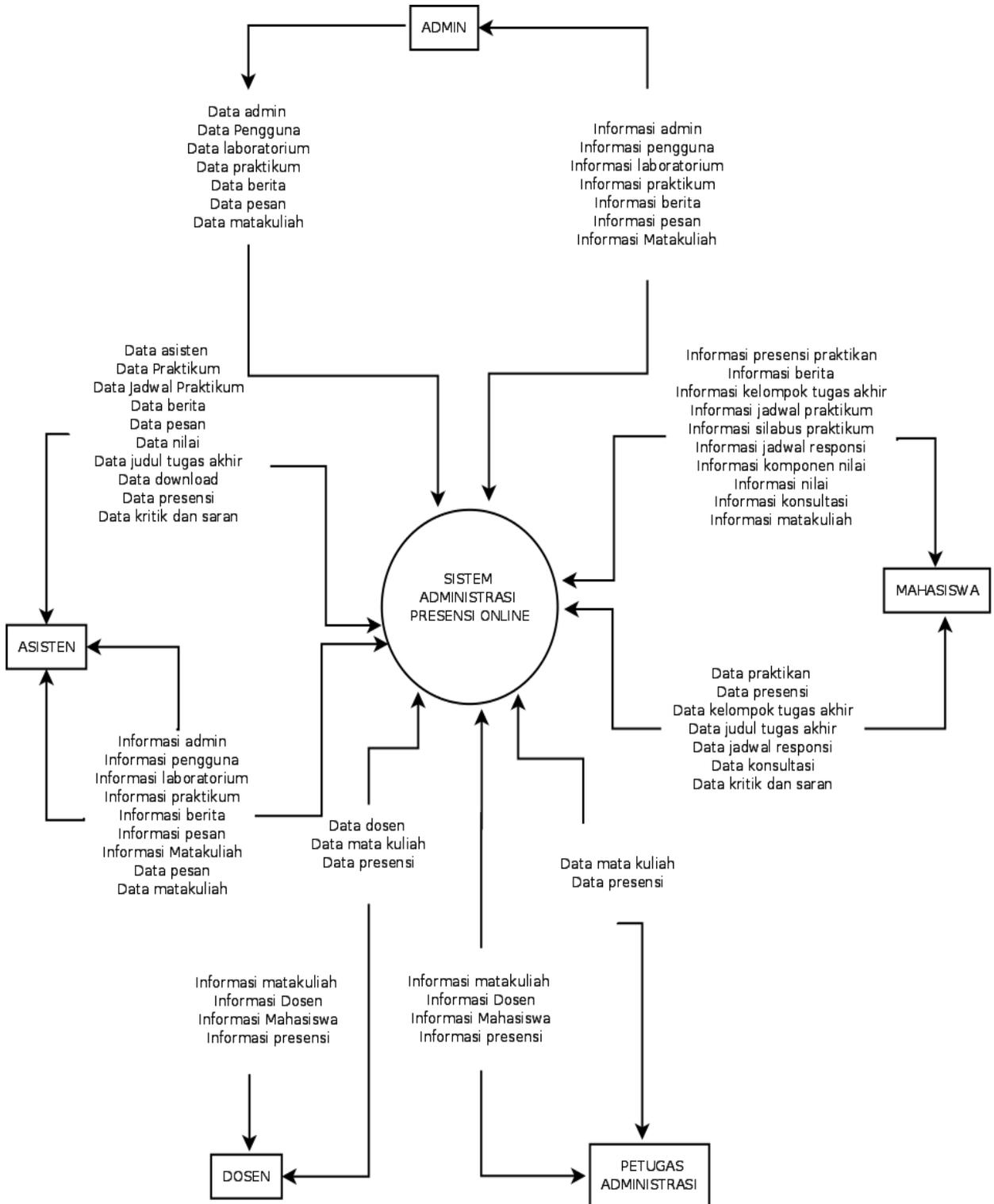
B. Diagram Aktivitas

Diagram aktivitas adalah sebuah teknik penjelasan diagram yang bebas menunjukkan aliran aktivitas dan kegiatan langkah demi langkah. Diagram pada Gambar 3 digunakan untuk menjelaskan aliran bisnis dan operasi sebuah komponen dari sistem [6].

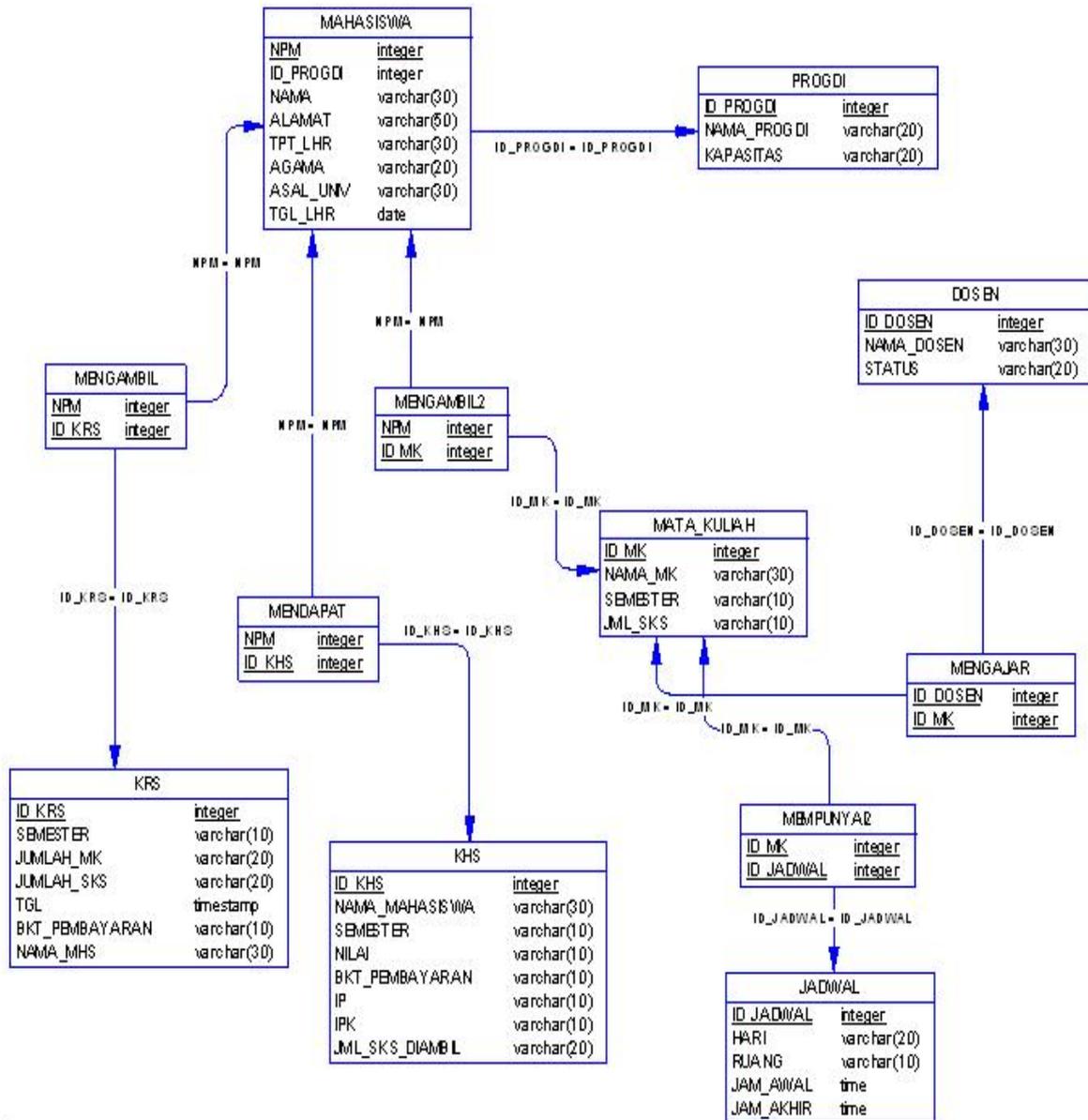
C. Diagram Struktural

Diagram pada Gambar 4 diwakilkan oleh diagram kelas yang merupakan sebuah tampilan statis

struktur program. Diagram kelas menggambarkan struktur dengan memperlihatkan kelas dari sistem, baik atribut maupun relasi dengan kelas lain.



Gambar 3. Diagram aktivitas administrasi perkuliahan [7].



Gambar 4. Diagram struktural dari proses administrasi perkuliahan [7].

D. Penjadwalan dengan Algoritma ACO

Algoritma ACO didasarkan pada ide-ide berikut: Masing-masing jalur (*path*) yang diikuti oleh semut diasosiasikan sebagai kandidat solusi. Ketika seekor semut melalui sebuah jalur, sejumlah dijatuhkan pada jalur sesuai dengan kualitas *term* (hubungan) kandidat solusi untuk “*target problem*”. Kaidah yang terbaik yang dibangun oleh seluruh semut dianggap sebagai kaidah yang dicari. Kaidah yang lain dibuang. Hal ini melengkapi sebuah iterasi dari sistem itu. Algoritma ini menggunakan konstruksi kaidah dan peningkatan pheromone. Misalkan *termijn* kondisi kaidah (*rule*) dalam format $A_i(t) = V_{ij}$, di mana A_i adalah atribut ke-*i* dan V_{ij} adalah nilai ke-*j* dari domain A_i . Probabilitas *term ij* terpilih untuk ditambahkan ke *current partial rule* diberikan oleh persamaan berikut [8].

$$P_{ij}(t) = \frac{\tau_{ij}(t) \cdot \eta_{ij}(t)}{\sum_i^a \sum_i^{b_i} \tau_{ij}(t) \cdot \eta_{ij}(t), \forall i \in I} \quad (1)$$

dengan

$\eta_{ij}(t)$ adalah nilai dari *problem-dependent heuristic function* untuk *termij*;

$\tau_{ij}(t)$ adalah jumlah *pheromone* yang tersedia saat itu (*at time t*) dalam posisi *i,j* dari *trail* yang diikuti oleh semut;

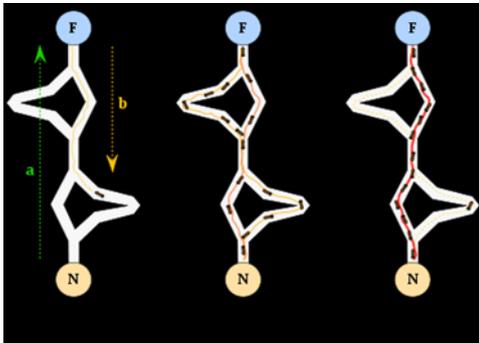
a adalah jumlah total atribut;

b_i adalah jumlah total nilai pada domain atribut *I*;

I adalah atribut yang belum digunakan oleh semut.

ACO itu sendiri terinspirasi oleh koloni-koloni semut dalam mencari makan. Semut-semut tersebut meninggalkan zat (*pheromone*) di jalan yang mereka lalui. Algoritma ACO ini merupakan algoritma pencarian berdasarkan probabilitistik, di mana

probabilistik yang digunakan merupakan probabilistik dengan bobot sehingga butir pencarian dengan bobot yang lebih besar akan berakibat memiliki kemungkinan terpilih yang lebih besar pula [9] dengan asumsi yang terlihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Perilaku nyata semut mencari makanan [4]

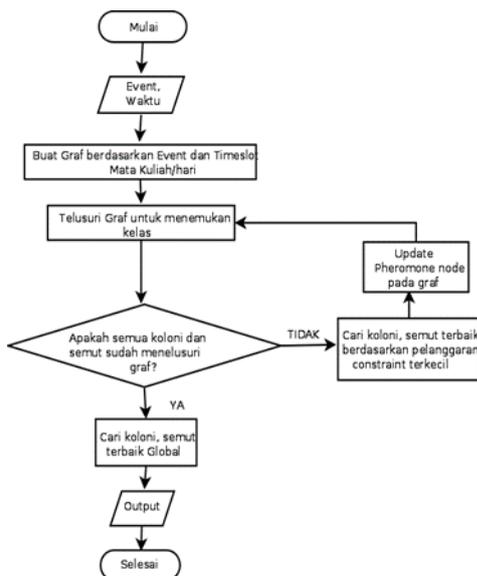
Dari Gambar 5, maka *pheromone* ACB > *pheromone* ADB.

Adapun algoritma umum ACO adalah sebagai berikut [9]:

```

Masukan data permasalahan
while not selesai do
    bangkitkan semut
    bangkitkan solusi
    update pheromone
    hancurkan semut
end while
keluarkan solusi
    
```

Diagram alir algoritma ACO dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir algoritma ACO [9].

Perhitungan menggunakan algoritma ACO yaitu dengan asumsi parameter yang digunakan pada penjadwalan ini adalah [8]:

1. Hari yang digunakan adalah lima hari dan masing-masing hari terdiri atas 15 *timeslot*, dimana 1 *timeslot* = 45 menit, sehingga total *timeslot* selama 1 minggu yaitu: $15 \times 5 = 75$ *timeslot*.
2. Mata kuliah yang dijadwalkan sebanyak 28 dan ruangan sebanyak 16 kelas.
3. *Node* diasumsikan ruangan kelas yang akan digunakan untuk menjadwalkan mata kuliah berdasarkan *timeslot* yang sudah ditentukan.
4. Pada penelusuran graf bertujuan untuk menentukan matakuliah yang sesuai dengan kelas agar tidak bentrok. Jumlah ruangan yang dipergunakan yaitu 16 kelas, jumlah hari perkuliahan yaitu 5 hari, dan *timeslot* sebanyak 75.
5. Hari yang digunakan untuk penjadwalan adalah Senin s/d Jumat dengan *timeslot*/hari = 15, satu *timeslot* = 45 menit, sehingga $45 \times 15 = 7$ jam 15 menit.

Diasumsikan penjadwalan disusun dari pukul 08.00 hingga pukul 15.15.

E. Data Masukan

Untuk proses masukan data, terdiri dari proses pemasukan data yang berupa data dosen, data mata kuliah, data ruang, dan data waktu kuliah dan ujian. Data dosen diisi oleh dosen dengan mengisi formulir data mengajar, sedangkan ruangnya ditentukan oleh Sekretariat Program. Data ini disimpan ke *database*. Proses pemasukan data matakuliah yang ditawarkan tiap semesternya, termasuk penentuan jumlah kelas per-matakuliah yang ditawarkan ini disesuaikan dengan kesanggupan dosen mengajar.

F. Data Keluaran

Data keluaran yang dihasilkan berupa laporan (*print out*) jadwal kuliah, yang berisi data mata kuliah perjurusan yang diadakan tiap semester. Laporan ini selanjutnya digunakan mahasiswa untuk *key-in* kuliah. Selain itu juga terdapat laporan (*print out*) jadwal dosen, merupakan laporan mengajar dosen yang diserahkan kepada dosen yang bersangkutan agar mengetahui jadwal mengajarnya.

G. Instrumen Penelitian

Instrumen yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu dengan metode ACO melalui program simulasi dengan Bahasa pemrograman yang akan digunakan dalam program simulasi yaitu Microsoft Visual Basic dengan metode algoritma ACO dan secara umum sebagai pencari solusi optimal menggunakan Komputer Intel Core i5-2270 processor untuk pemrosesan data.

H. Metode dan Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, menggunakan metode dan teknik pengumpulan literatur yang berhubungan dengan perencanaan dan analisa metode ACO, melakukan observasi terhadap objek penelitian di antaranya bidang administrasi pada Politeknik Negeri Bali, Jurusan Teknik Elektro, perancangan program simulasi berdasarkan aplikasi yang dilakukan dengan metode optimasinya serta metode pengujian dan analisa system untuk mengetahui unjuk kerja algoritma ACO.

I. Metode dan Teknik Analisis Data

Metode dan teknik analisis data dilakukan dengan pengujian sistem menggunakan program simulasi dengan bahasa pemrograman Microsoft Visual Basic. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui optimasi penjadwalan dengan metode ACO untuk membedakan efektivitas penggunaan dalam kasus penjadwalan perkuliahan. Pengujian ini dilakukan untuk mata kuliah semester ganjil dan semester genap yang ada di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali dalam perbandingan dengan waktu. Untuk kasus penjadwalan termasuk ke dalam kasus kompleks *metaheuristic* yang tidak mungkin dapat ditangani oleh algoritma standard biasa, dilakukan penujian algoritma. Penjadwalan memerlukan faktor *guessing* dalam penyelesaian masalahnya, kemudian masuk ke algoritma untuk perangkat lunak dan struktur data, algoritma semut memerlukan sebuah kondisi awal ketika pembangkitan solusi hingga proses *update pheromone*. Semua tipe data ini memerlukan *range* yang standard seperti pada program umumnya. Untuk itulah dipilih tipe data integer (di dalam Net dikenal sebagai Int32) dengan ukuran 4 bytes dengan *range* -2,147,483,648 .. 2,147,483,647, untuk tipe angka desimal akan dipilih *double* sebagai tipe datanya dengan ukuran 8 bytes untuk presisi data 2.79769313486232e30 sampai dengan 1.79769313486232e308 [10].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rancangan Form Menu Utama

Rancangan antarmuka menu utama pada Gambar 7 berfungsi sebagai form awal ketika menjalankan program.



Gambar 7. Antarmuka menu utama.

B. Rancangan Form Data Dosen

Rancangan antar muka informasi dosen pada Gambar 8 berfungsi untuk mengisi data dosen yang akan mengajar pada setiap semester.

Gambar 8. Antarmuka informasi data dosen.

C. Rancangan Form Data Matakuliah

Rancangan antar muka matakuliah Gambar 9 berfungsi untuk mengisi data matakuliah yang akan diajarkan pada setiap semester.

Gambar 9. Antarmuka informasi data ruangan.

D. Rancangan Form Data Matakuliah

Rancangan antar muka matakuliah seperti pada Gambar 10 berfungsi untuk mengisi data matakuliah yang akan diajarkan pada setiap semesternya.

Gambar 10. Antarmuka informasi data matakuliah.

E. Rancangan Form Data Pencocokan

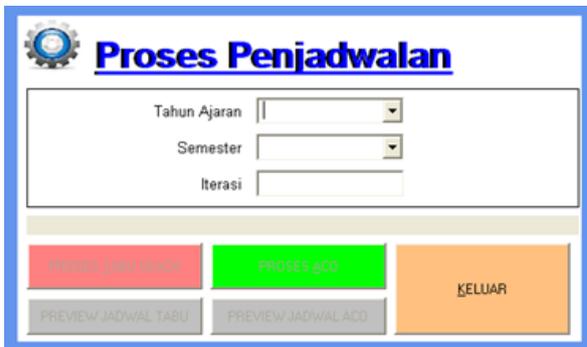
Rancangan antar muka pencocokan pada Gambar 11 berfungsi untuk mencocokkan data yang telah diinput sebelumnya.



Gambar 11. Antarmuka informasi data pencocokan.

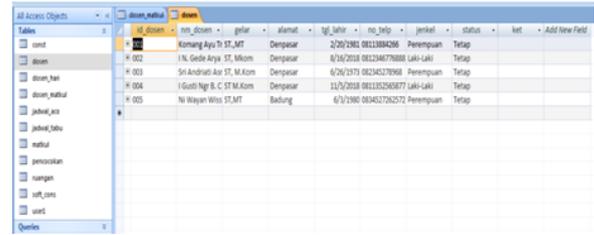
F. Rancangan Form Proses Penjadwalan

Rancangan antar muka pencocokan pada Gambar 12 berfungsi untuk menampilkan hasil penjadwalan kuliah yang telah dilakukan.



Gambar 12. Antarmuka proses penjadwalan.

Perangkat lunak (*software*) metode *ant colony optimization* pada penjadwalan kuliah diimplementasikan dengan Microsoft Visual Basic 6.0. Implementasi sistem merupakan tahap dimana sistem siap untuk dioperasikan pada keadaan yang sebenarnya, sehingga diketahui bahwa sistem yang dibuat telah dapat menghasilkan tujuan yang diinginkan. Sebelum program diterapkan dan diimplementasikan, maka program harus bebas dari kesalahan (*error free*). Gambar 13 merupakan hasil implementasi basis data dari sistem penjadwalan perkuliahan yang dibuat.



Gambar 13. Basis data dari implementasi program.

Pada Gambar 13 ditunjukkan terdapat 6 (enam) tabel yang saling berelasi. Tabel matakuliah (*kd_matakuliah*) berelasi *one to many* dengan tabel pencocokan (*kd_matakuliah*). Tabel ruangan (*id_ruangan*) berelasi *one to many* dengan tabel pencocokan (*id_ruangan*). Tabel dosen (*id_dosen*) berelasi *one to many* dengan tabel pencocokan (*id_dosen*). Tabel jadwal berelasi *one to one* dengan tabel pencocokan. Kesalahan program yang mungkin terjadi antara lain kesalahan penulisan bahasa, kesalahan sewaktu proses atau kesalahan logika. Setelah program bebas dari kesalahan, program diuji coba dengan memasukkan data untuk diolah.

Perhitungan dengan menggunakan algoritma ACO dengan asumsi parameter yang digunakan pada penjadwalan ini adalah sebagai berikut:

1. Hari yang digunakan adalah lima hari dan masing-masing hari terdiri atas 15 *timeslot*, dengan 1 *timeslot* = 45 menit, sehingga total *timeslot* selama 1 minggu yaitu: $15 \times 7 = 75$ *timeslot*.
2. Mata kuliah yang dijadwalkan sebanyak 28 dan ruangan sebanyak 16 kelas.
3. *Node* diasumsikan ruangan kelas yang akan digunakan untuk menjadwalkan mata kuliah berdasarkan *timeslot* yang sudah ditentukan dan diaplikasikan pada *node* graf sebagai berikut:

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	...	c16
e1	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e2	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e3	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e4	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e5	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e6	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e7	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e8	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e9	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e10	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e11	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e12	0	0	0	0	0	0	0	...	0
e13	0	0	0	0	0	0	0	...	0
...
T90	0	0	0	0	0	0	0	...	0

Gambar 14. Node untuk kelas = 16, timeslot = 75.

Penelusuran graf bertujuan untuk menentukan matakuliah yang sesuai dengan kelas agar tidak bentrok. Jumlah ruangan yang dipergunakan yaitu 16 kelas, jumlah hari perkuliahan yaitu 5 hari, dan *timeslot* 75. Dari hasil program aplikasi didapatkan seperti pada Gambar 15 dan 16 yang merupakan hasil proses penjadwalan dengan menggunakan metode ACO. Penjadwalan efektif pada semester genap yaitu 9 penjadwalan dibandingkan pada semester ganjil sejumlah 8 penjadwalan.

G. Analisis Nilai Constraint dan Durasi Waktu/Timeslot

Total keseluruhan *timeslot* berjumlah 2789, sehingga untuk memudahkan analisa digunakan 4 *timeslot* dari keseluruhan penjadwalan untuk perhitungan dari komponen mata kuliah, dosen pengampu, ruangan, durasi jam, *constraint* yang dilanggar (*hard* dan *soft constraint*) sehingga dapat menentukan persentase tingkat kebenaran penjadwalan, jumlah pelanggaran serta waktu penelusuran/proses penjadwalan [11]. Gambar 16 merupakan sampel atau potongan output program dari total 2789 *timeslot*.

Bahwa iterasi terbaik adalah iterasi dari koloni 3, Kelas DH-203, nilai pelanggaran *constraint* = 0, *timeslot* = 032, dengan *timeslot* terkecil diasumsikan durasi waktu yang diaplikasikan paling pendek. Hasil pelanggaran *constraint* terkecil tersebut cenderung diperoleh bukan pada iterasi pertama, karena prinsip dari ACO, update *pheromone* terjadi pada iterasi-iterasi besar sehingga *constraint* bisa terdeteksi tidak pada saat iterasi pertama.

Total pelanggaran *constraint* dari penjadwalan ACO yaitu 249, dan total *timeslot* yang digunakan dalam keseluruhan penjadwalan adalah 2786 [12].

Sistem perangkat lunak yang akan dibuat adalah sebuah perangkat lunak yang berisi banyak data input, perhitungan menggunakan ACO, peraturan yang ada, pola desain dan pemakaian pada lingkup kerjanya, dan fleksibilitas. Karena itu dibutuhkan sebuah bahasa pemrograman yang terstruktur, handal, praktis, mudah digunakan dan juga mendukung batasan sistem operasi secara umum. *Visual Basic* adalah salah satu bahasa pemrograman yang memiliki semua persyaratan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan perangkat lunak ini.

jadwal aco						
thn_ajaran	hari	kd_matakuliah	id_dosen	semester	kd_ruangan	
2011/2012	1	TE056123	011669	Genap	203	
2011/2012	2	TE055101	011669	Ganjil	101	
2011/2012	5	TE661899	011669	Genap	101	
2011/2012	3	TE 2211	048207	Genap	203	
2011/2012	4	TE 2212	048207	Genap	203	
2011/2012	1	TE053041	048207	Ganjil	204	
2011/2012	5	TE 6423	048207	Genap	201	
2011/2012	1	TE2209	055928	Genap	202	
2011/2012	3	TE 55203	058241	Ganjil	203	
2011/2012	1	TE 4232	058241	Genap	203	
2011/2012	5	TE057567	104298	Ganjil	201	
2011/2012	4	TE057326	104298	Ganjil	204	
2011/2012	2	TE 6609	104298	Genap	201	
2011/2012	2	TE6904	104298	Genap	204	
2011/2012	5	TE 2213	125699	Genap	203	
2011/2012	1	TE055023	130362	Ganjil	102	
2011/2012	2	TE056327	130482	Ganjil	205	
2011/2012	5	TE056329	130482	Genap	204	
2011/2012	3	TE6528	130789	Genap	201	
2011/2012	1	TE6510	130789	Genap	101	
2011/2012	5	TE053067	130803	Ganjil	101	
2011/2012	5	TE053987	130803	Ganjil	102	
2011/2012	2	TE 4231	130803	Genap	202	

Gambar 15. Hasil pemrograman.

penjadwalan aco											
thn_ajaran	hari	kd_matakuliah	nm_matakuliah	skid_dosen	nm_dosen	gelar	semester	kd_ruangan	jam_ke	con	Time slot
2017/2018	2	TE05300	Pengantar Sistem Informasi	2	257768	Sri Andrian	ST, MT	Ganjil 202	5	0	025
2017/2018	2	TE055641	Bahasa Pemrograman	2	163774	Eddy Indrayana	ST, MT	Ganjil 202	7	0	027
2017/2018	2	TE05100	(j) Aljabar Vektor Kompleks (A)	2	958235	Indah Ciptayana	SKom, MT	Ganjil 204	1	0	021
2017/2018	2	TE05531	Jaringan Komputer	2	132165	Made Ari Dwi Suta	ST, M.Sc., PhD.	Ganjil 203	7	2	227
2017/2018	2	TE055311	(vii)Komputasi Cerdas Pada Sistem Tenaga	2	958235	IB Putra Manuaba	SKom, MT	Ganjil 204	5	2	225
2017/2018	2	TE05101	Project Sistem Informasi	2	175619	Komang Arya Astawa	ST, MT	Ganjil 205	1	2	221
2017/2018	2	TE05652	Sistem Informasi Manajemen	2	130482	Wissawati	ST, MT	Ganjil 205	5	0	025
2017/2018	2	TE05742	Bahasa Inggris	2	297252	IGst Nym Sukerti	SSos, M.Hum	Ganjil 205	7	1	127
2017/2018	3	TE05584	Pemrograman Berbasis Web	3	163774	Budi Sentana	ST, MT	Ganjil 101	1	3	331
2017/2018	5	TE05795	(vii) Pemrograman Java dan Teknologi Bergerak	3	257772	Eddy Indrayana	ST, MT	Ganjil 102	1	3	351
2017/2018	5	TE05756	Pemrograman Dasar	2	104298	Indah Ciptayana	S.Kom, MT	Ganjil 201	3	0	053
2017/2018	3	TE055218	(v) Pemrograman Internet	2	257772	Manik Prihartini	ST, MT	Ganjil 101	5	1	135
2017/2018	3	TE05102	(j) Konsep Pemrograman Komputer (B)	3	257772	Candra Winerta	SKom, MKom	Ganjil 102	3	2	233
2017/2018	3	TE055401	Instalasi Komputer	2	236127	Ari Dwi Suta	ST, MT	Ganjil 102	7	2	237
2017/2018	3	TE055201	(v) Analisa Desain Sistem Informasi	2	132240	Ayu Harry	ST, MT	Ganjil 201	1	0	031
2017/2018	3	TE055314	Pancasila dan Kewarganegaraan	2	943101	Elina Rudiastari	SH, M.Hum	Ganjil 202	3	2	233
2017/2018	3	TE056406	(v) Jaringan Telekomunikasi	3	132135	Gede Sukarata	ST, M.Sc	Ganjil 201	5	2	235

Gambar 16. Hasil pemrograman.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian untuk menganalisa unjuk kerja metode *Ant Colony Optimization* dilihat dari jumlah *constrain* yang terlanggar serta lamanya waktu yang diperlukan dari masing-masing iterasi sampai mendapatkan jadwal kuliah, dimana hasilnya terdapat total pelanggaran *constrain* yaitu 249 dari 2786 *timeslot*, hasil ini dapat dilihat dari output program pada Gambar 16. Sedangkan pelanggaran *constrain* terkecil terdapat pada iterasi dari koloni 3, kelas DH—203, dengan pelanggaran *constrain*=0, pada *timeslot* 032, pelanggaran terkecil maksudnya tidak ada jadwal yang bentrok/*constrain* terlanggar dari komponen-komponen yang dijadwalkan melalui proses pencocokan pada program aplikasi.

Dari analisis unjuk kerja Metode ACO tersebut, yang diasumsikan untuk memperoleh jadwal dengan tingkat kebenaran kurang lebih sebesar 89%, diperoleh perbandingan total pelanggaran *constrain* terhadap jumlah *timeslot* yaitu 249 pelanggaran dari total 2789 *timeslot*. Selain itu pada ACO *variabel local solution* dilakukan secara probabilistik, sehingga sulit untuk memperoleh penjadwalan dengan tingkat kebenaran 100%.

Pada ACO, hasil yang baik cenderung diperoleh pada iterasi-iterasi besar, hal ini membuktikan bahwa *update* terhadap *pheromone* berpengaruh terhadap penelusuran semut dalam menghasilkan solusi dan proses ini dipengaruhi oleh jumlah komponen yang dijadwalkan. Semakin besar kasus, maka waktu yang diperlukan akan semakin lama pula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada semua pihak di Politeknik Negeri Bali atas segala dukungan dan kerjasamanya untuk dapat membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Berlianty and A. Miftahol, Teknik-teknik optimasi heuristik. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [2] M. Gendreau and J. Y. Potvin, Handbook of metaheuristics. New York: Springer Science+Business Media, 2010.
- [3] K. F. Doerner, D. Merkle and T. Stuzle, "Special issue on ant colony optimization", *Swarm Intelligent*, vol. 3, no. 1, 2009.
- [4] A. Jain, S. Jain and P. K. Chande, "Formulation of genetic algorithm to generate good quality course timetable," *International Journal of Innovation, Management and Technology*, vol. 1, no. 3 pp. 248-251, August 2010.
- [5] R. Arifudin, "Optimasi penjadwalan proyek dengan penyeimbangan biaya menggunakan kombinasi CPM dan algoritma genetika," *Jurnal Masyarakat Informatika*, vol. 2, no. 4, 2012.
- [6] A. Fernandez, E. Handoyo, and M. Somantri, *Production and operations management* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: PrenticeHall, 2011.
- [7] H. Babaei, J. Karimpour and A. Hadidi, "A survey of approaches for university course timetabling problem," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 86, pp. 43-59, 2015.
- [8] N. M. A. Al Salami, "Ant colony optimization algorithm," *UbiCC Journal*, vol. 4, no. 3, pp. 823-826, 2009.
- [9] I. Berlianty and A. Miftahol, "Ant colony optimization," *Computational Intelligence Magazine*, IEEE, vol.1, no. 4, pp. 28-39, 2010.
- [10] R. P. Badoni, D. K. Gupta, and P. Mishra, 2014. "A new hybrid algorithm for university course timetabling problem using events based on groupings of students," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 78, pp. 12-25, 2014.
- [11] P. H. Chen and H. H. Cheng, *IRT-based automated test assembly: A sampling and stratification perspective*. Texas: The University of Texas at Austin, August 2005.
- [12] K. Socha and M. Dorigo, "Ant colony for continuous domains," *European Journal of Operation Research*, vol. 186, issue 3, pp. 1155-1173, 2008.



POLITEKNIK NEGERI BALI



Redaksi Jurnal MATRIX
Gedung P3M, Politeknik Negeri Bali,
Bukit Jimbaran, PO BOX 1064 Tuban, Badung, Bali.
Phone: + 62 361 701981, Fax: +62 361 701128
e mail: p3mpoltekbali@pnb.ac.id
<http://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix>