

Prototype Development of Load Shedding Automatic Systems for 3 Phase Generator Set Application

Handoko Rusiana Iskandar, Use Priatna

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI)
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531
e-mail : handoko.rusiana@lecture.ujani.ac.id

Abstract

The generators as a source of backup electrical energy helps to overcome the electricity supply from PT. PLN (Persero). Disturbance occurs due to unbalanced between generator and load causing the system frequency dropped dramatically. It is necessary to manually disconnect the load. From the background above it is necessary to design a system of load shedding by using PLC and systems based on SCADA depends on the load priority scale vital, essential, support, optional. Analog inputs are used for frequency readout using the amount of voltage of 1V to present frekuensi 45 Hz and 10V for the present frequency of 55 Hz. Sistem automation is used to maintain a fixed frequency to the normal value of between 48.5 Hz to 51 Hz and generator load disconnection in the order termination of vital, essential, support and optional scales. The SCADA system simplifies the monitoring and operation of the generator load disconnection system.

Keywords : *automatic load shedding, frequency, generator set, HMI, PLC, SCADA*

Abstrak

Penggunaan *Generator Set* (Genset) sebagai sumber energi listrik cadangan membantu mengatasi suplai listrik dari PT. PLN (Persero). Gangguan terjadi akibat tidak seimbangnya antara Genset dengan beban menyebabkan frekuensi sistem turun drastis. Hal tersebut diperlukan pemutus beban secara manual. Dari latar belakang di atas maka perlu dirancanglah suatu sistem prototipe pemutusan beban dengan menggunakan *Programmable Logic Controller* dan sistem berbasis SCADA bergantung pada skala prioritas beban vital, essential, support, optional. *Input* analog digunakan untuk pembacaan frekuensi dengan menggunakan besaran tegangan 1V untuk mempresentasikan frekuensi 45 Hz dan 10V untuk mempresentasikan frekuensi 55 Hz. Sistem otomatisasi digunakan untuk menjaga frekuensi tetap pada nilai normal antara 48,5 Hz sampai dengan 51 Hz dan pemutusan beban Genset sesuai urutan pemutusan beban skala prioritas *vital, essential, support* dan *optional*. Sistem SCADA mempermudah sistem pemantauan dan pengoprasian pemutusan beban Genset.

Kata kunci : frekuensi, *generator set*, HMI, pemutus beban otomatis, PLC, SCADA

I. PENDAHULUAN

Listrik memiliki peran yang sangat penting bagi kehidupan, bahkan untuk beberapa keperluan ketersediaan listrik tidak boleh terputus sama sekali, misalnya pada sektor industri. Di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk, padamnya listrik akan mengakibatkan kerugian yang besar dikarenakan produk yang sedang dibuat atau diolah mengalami kegagalan produksi. Untuk mengatasi kemungkinan terputusnya suplai listrik, perusahaan menggunakan *generator set* (Genset) sebagai cadangan sumber tenaga listrik untuk mensuplai listrik pada proses produksinya.

Genset bekerja secara otomatis pada saat sumber energi listrik utama dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) padam. Gangguan yang biasanya

terjadi pada Genset di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk disebabkan karena tidak seimbangnya antara daya yang dihasilkan oleh Genset dengan beban yang mengonsumsi daya Genset tersebut, hal ini dapat menyebabkan frekuensi sistem turun dengan cepat [1]. Penurunan frekuensi sistem bila tidak segera dikembalikan seperti semula dapat mengakibatkan sistem padam total [2].

Langkah dalam menghindari hal tersebut perlu dilakukan suatu tindakan teknis yaitu berupa pemutusan sebagian beban yang biasanya dilakukan secara manual dengan mematikan *Circuit Breaker* (CB) dengan cepat, namun mematikan CB secara manual memiliki kendala dikarenakan jarak antara plant beban dan Genset berjauhan, serta sekala prioritas penggunaan listrik yang tidak boleh dalam kondisi padam.

Latar belakang tersebut perlu adanya sistem pemutus beban (*load shedding*) yang dapat diatur secara otomatis, berdasarkan standar ANSI IEEE C37.106-2003 (Primanda, 1998) [3]. Beban-bekan yang ditanggung Genset-Genset yang masih bekerja akan berkurang dan frekuensi akan dapat kembali ke keadaan normal [4][5]. Pengoperasian *load shedding* secara otomatis dapat dilakukan oleh sebuah PLC dan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dengan tampilan *Human Machine Interface* (HMI) Pemilihan beban yang akan dilepas tergantung pada tingkat prioritas beban.

Tingkat prioritas beban dapat diklasifikasikan yaitu prioritas *Vital*, *Essential*, *Support* dan *Operational* [2][6]. Dengan pengklasifikasian beban tersebut diharapkan beban yang memiliki prioritas paling tinggi (*vital*) dapat tetap dilayani apabila terjadi gangguan pada Genset. Makalah ini akan menjelaskan rancang bangun prototipe pemutusan beban otomatis Genset 3 fasa sistem mini SCADA berbasis PLC yang dilakukan di PT. Ultrajaya Milk Industry, Tbk.

II. METODE

Untuk memecahkan permasalahan yang menyebabkan Genset mengalami trip karena tidak seimbangnya antara daya Genset dengan daya beban[8], sehingga beban vital dengan sekala prioritas yang paling tinggi tidak mendapatkan aliran listrik, perancangan sistem yang diusulkan dalam penelitian ini menggunakan PLC dan SCADA, agar sistem pemutusan beban secara otomatis.

A. Data sistem eksisting

Berikut ini adalah data-data yang diperoleh dari Genset dan beban puncak yang di ambil rata-rata dari beban yang ada di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk.

TABEL 1. DATA EKSISTING BEBAN

GENSET	POWER				
	EXISTING (MVA)	LOAD (MW)			
		VIT.	ESSE.	SUPP.	OPER.
1	1	TR 1; 0,325	TR 2; 0,475	TR 3; 0,0335	TR 4; 0,377
2	1	TR 5; 0,416	TR 6; 0,323	TR 7; 0,424	TR 8; 0,338
3	1				
4	1				
		0,741	0,798	0,759	0,715
TOTAL	4	3,013			

Data beban dalam tabel 1 adalah data beban puncak, sebesar 3,013 MW, yang dilayani oleh Genset G1,G2,G3,G4 yang bekerja secara paralel dengan total daya sebesar 4 MVA, sehingga pembangkit tersebut telah dibebani sebesar :

$$\frac{3,013 \text{ MW}}{4 \text{ MVA} \times 0,8} \times 100 \% = 94,15 \% \quad (1)$$

Sedangkan beban yang ditanggung oleh tiap-tiap Genset (PSO) adalah sebagai berikut :

$$G1 = \frac{1 \text{ MVA} \times 0,8}{4 \text{ MVA} \times 0,8} \times 3,013 \text{ MW} = 0,753 \text{ MW} \quad (2)$$

Diasumsikan 1 Genset dengan daya sebesar 0,8 MW mengalami gangguan, sistem kehilangan daya sebesar 1 MVA atau 0,8 MW (PSOT) maka Genset yang masih beroperasi harus memikul beban keseluruhan, ini akan mengakibatkan penurunan frekuensi yang sangat cepat. Perhitungan perubahan frekuensi dengan mode drop. Dengan setting 4,8 % dari frekuensi dasar 50 Hz [2][9]. Perubahan sistem juga dipengaruhi oleh inersia dari mesin diesel [2][7][9] untuk mencari inersia mesin atau inersia paralel (H sistem), harus diperhitungkan inersia tiap mesin G 1,

$$H1 = 5,48 \times 10^{-9} \frac{j(RPM)^2}{MVA_{rating}} = 5,45 \times 10^{-9} \frac{280(1.500)^2}{1} = 3,45 \text{ detik} \quad (3)$$

Dengan menggunakan cara yang sama didapat hasil G2 ; H2 = 3,45 detik, G3 ; H3 = 3,45 detik G4 ; H4 = 3,45 detik, sehingga inersia paralel :

$$H_{sistem} = \frac{(H_1 \times MVA_1) + (H_2 \times MVA_2) + (H_3 \times MVA_3) + (H_4 \times MVA_4)}{MVA_1 + MVA_2 + MVA_3 + MVA_4}$$

$$H_{sistem} = \frac{(3,45 \times 1) + (3,45 \times 1) + (3,45 \times 1) + (3,45 \times 1)}{4}$$

$$H_{sistem} = 3,45 \text{ detik} \quad (4)$$

Sedangkan laju perubahan frekuensi adalah sebagai berikut

$$\frac{df}{dt} = - \frac{f_0}{2H} \times \frac{P_{so}}{P_{GOT} - P_{SOT}}$$

$$\frac{df}{dt} = - \frac{50}{2 \times 3,45} \times \frac{3,20 - 3,013}{3,20 - 0,8}$$

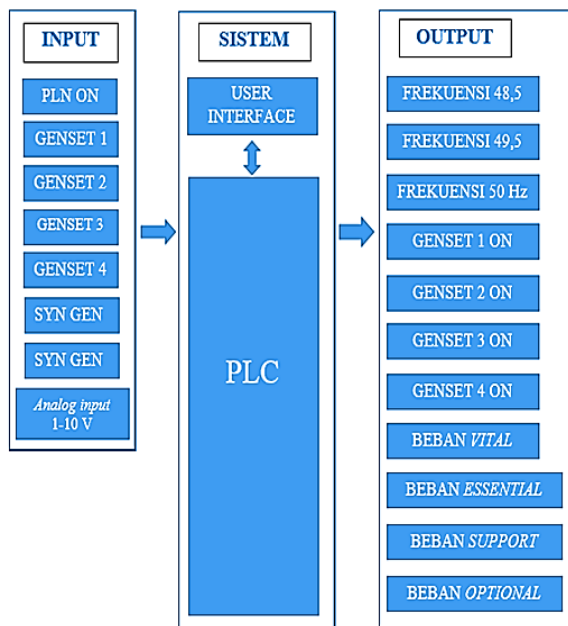
$$\frac{df}{dt} = -0,56 \text{ Hz/detik} \quad (5)$$

Dari uraian analisa fungsi dari pemutusan beban Genset 3 fasa otomatis sistem SCADA berbasis PLC di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk maka selanjutnya dapat dibuat sebuah implementasi rancangan yang meliputi pemilihan komponen-komponen penyusun.

Setelah itu langkah yang diambil kemudian adalah rancang bangun meliputi rancang bangun perangkat keras (*Hardware*) dan rancang bangun perangkat lunak (*Software*).

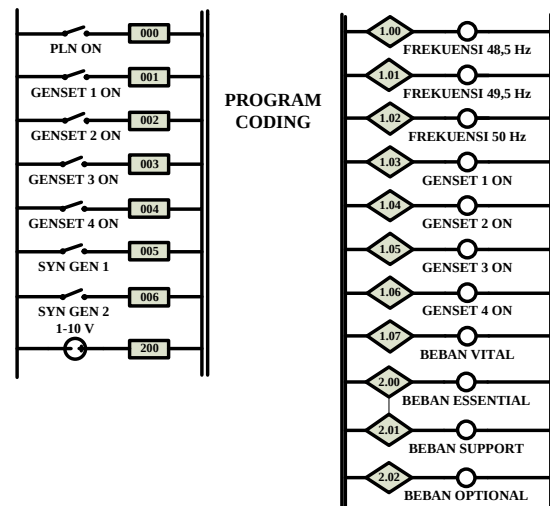
B. Rancang bangun perangkat keras

Setelah mengetahui tentang Plant dan variable yang akan dikendalikan dalam Prototipe sistem pemutusan beban Genset 3 fasa sistem mini SCADA berbasis PLC, maka hal selanjutnya adalah menjabarkan tentang konsep rancangan *Hardware* dari jenis masukan yang ada, bentuk pengolahan dan kendali, serta bentuk keluaran kendali. Gambar 1 menunjukkan Blok diagram konsep rancangan yang diusulkan untuk memenuhi kebutuhan sistem yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram blok perancangan.

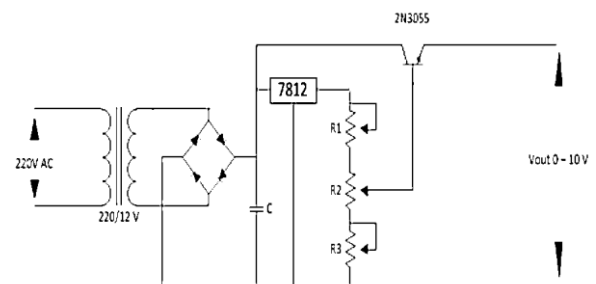
Program dimulai dengan perancangan sistem perangkat keras input dan output merupakan bagian penting dari perancangan sistem atau project [10][11]. Mendokumentasikan perancangan sistem akan mempermudah dalam pekerjaan selanjutnya. Tahapan selanjutnya perancangan sistem perangkat keras Gambar 2 menunjukkan program coding perencanaan serta alamat *input* dan *output* perangkat keras yang digunakan dalam tugas penelitian ini.



Gambar 2. Program coding I/O PLC.

C. Analog input 0-10 V

Regulator tegangan DC ini diasumsikan sebagai hasil pembacaan dari converter frekuensi ke tegangan yang di pasang pada bus 20.00 Volt [12]. Rentang tegangan DC adalah 0 – 10 Volt ini identik dengan frekuensi 45 – 55 Hz, cara kerja dari regulator ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 3 berikut,

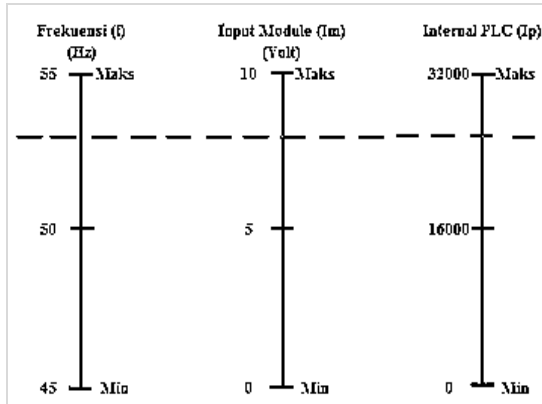


Gambar 3. Rangkaian sensor tegangan.

Sumber tegangan AC arus bolak-balik 220 Volt diturunkan tegangannya oleh transformator menjadi 12 Volt, tegangan transformator sekunder di searakan melalui jembatan dioda dan filter dengan kapasitor C 4700 μ F, sebagai (+) tegangan DC arus searah 12 Volt disambungkan ke kaki nomor 1 IC LM7812 sebagai input, IC ini berfungsi sebagai regulator tegangan, kaki nomor 2 disambungkan ke *Ground* dan kaki nomor 3 sebagai output (+) dari IC LM7812[13], dari output IC LM7812 disambungkan ke basis (B) melalui tahanan R1 trimpot 5 k Ω yang berfungsi untuk menahan batas tegangan atas, R2 potensio 10 k Ω berfungsi sebagai tegangan input transistor 2N3055, dan tahanan R3 trimpot untuk

menahan batas tegangan bawah, sedangkan emitor (E) dari 2N3055 sebagai output (+), tegangan output ini bisa diatur range-nya 0-10 Volt, dengan mengatur R2[14].

Untuk menghitung nilai konversi dari frekuensi menjadi tegangan input modul dan ke internal pada PLC ini ditunjukkan dalam Gambar 4 berikut ini,

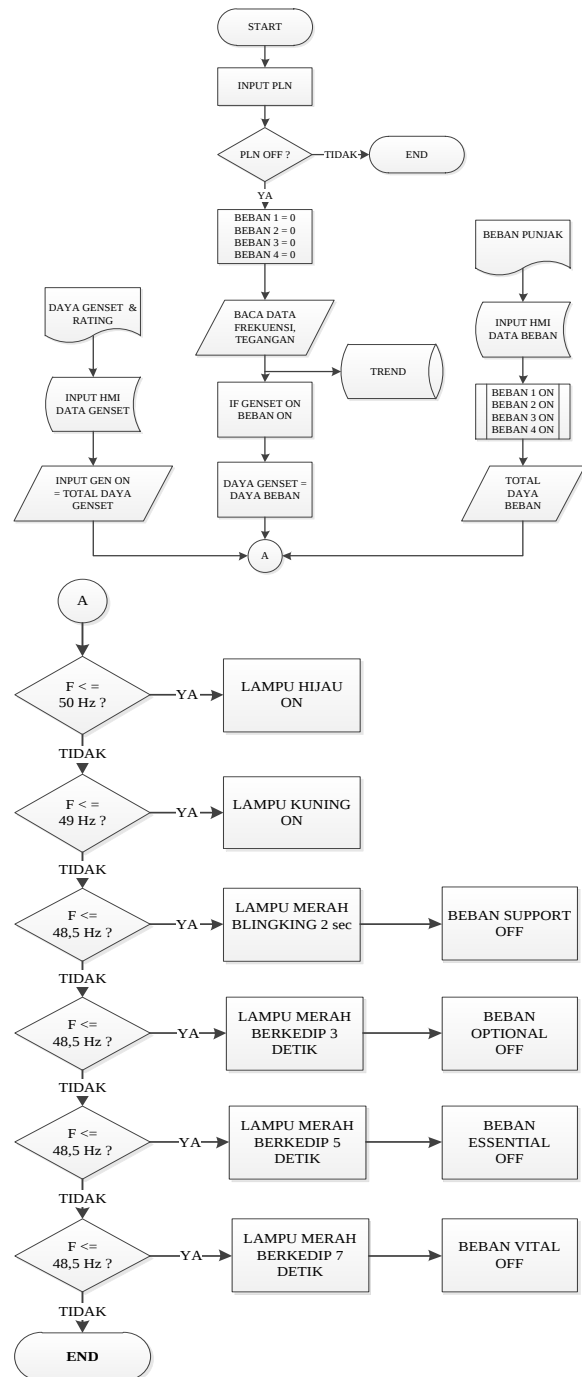


Gambar 4. Nilai konversi input modul

D. Flowchart perancangan sistem

Gambar 5 menunjukkan program pemutusan Genset otomatis beban kerja apabila sumber energi listrik utama dari PLN padam, maka beban 1 sampai dengan 4 dimatikan, setelah sistem otomatis Genset bekerja data sumber energi cadangan dari Genset ditampilkan berdasarkan Genset yang nyala, daya Genset total adalah penjumlahan dari Genset 1 sampai dengan 4 begitu pula dengan daya beban 1 sampai dengan 4 dijumlahkan sesuai dengan beban yang dinyalakan oleh sistem yang merupakan hasil perbandingan total daya Genset di bandingkan dengan total daya beban frekuensi (F) sama dengan 50 Hz lampu hijau menyala, apabila $F \leq 49,5$ lampu kuning menyala, $F \leq 48,5$ selama 2 detik lampu merah menyala dan beban Support dimatikan apabila $F = 50$ Hz lampu hijau menyala, berikutnya apabila $F \leq 48,5$ selama 3 detik beban *optional* dimatikan apabila $F = 50$ Hz lampu hijau menyala, apabila $F \leq 48,5$ selama 5 detik beban *essential* dimatikan dan apabila $F = 50$ Hz lampu hijau menyala, apabila $F \leq 48,5$ Hz selama 7 detik semua beban dimatikan dan selesai.

Program pemutusan Genset otomatis beban kerja apabila sumber energi listrik utama dari PLN padam, maka beban 1 sampai dengan 4 dimatikan, setelah sistem otomatis Genset bekerja data sumber energi cadangan dari Genset ditampilkan berdasarkan Genset yang menyala.



Gambar 5. Flowchart perancangan sistem.

Daya Genset total adalah penjumlahan dari Genset 1 sampai dengan 4 begitu pula dengan daya beban 1 sampai dengan 4 dijumlahkan sesuai dengan beban yang dinyalakan oleh sistem yang merupakan hasil perbandingan total daya Genset di bandingkan dengan total daya beban frekuensi (F) sama dengan 50 Hz lampu hijau menyala, apabila $F \leq 49,5$ lampu kuning menyala, $F \leq 48,5$ selama 2 detik lampu merah menyala dan beban Support dimatikan apabila $F = 50$ Hz lampu hijau menyala, berikutnya apabila

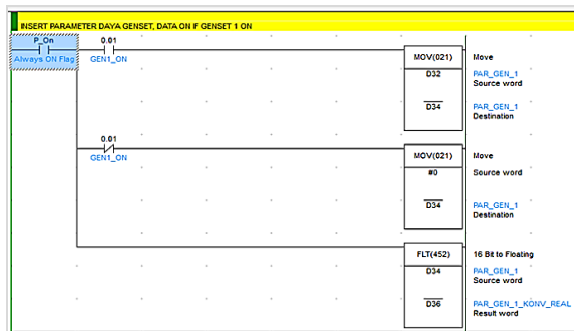
Prototype Development of Load Shedding Automatic Systems (Handoko Rusiana Iskandar, Use Priatna : 9 - 16)

$F \leq 48,5$ selama 3 detik beban optional dimatikan apabila $F = 50$ Hz lampu hijau menjala, apabila $F \leq 48,5$ selama 5 detik beban essential dimatikan dan apabila $F = 50$ Hz lampu hijau menyala, apabila $F \leq 48,5$ Hz selama 7 detik semua beban dimatikan dan selesai.

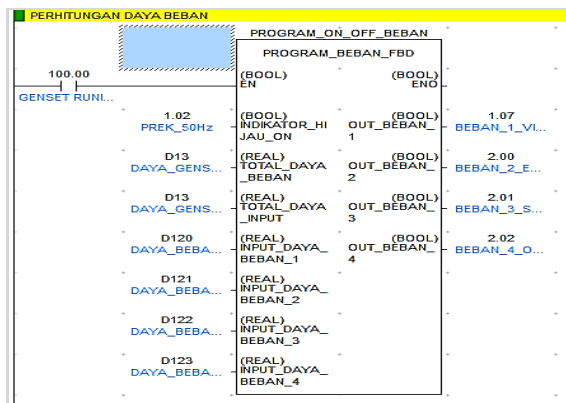
E. Perancangan software [15,16]

Sistem pembuatan program yang digunakan adalah kombinasi antara *leadder diagram*, *sructure text* dan *function Block*. *Sructure text* dan *function Block* digunakan untuk aplikasi perhitungan daya Genset dan daya beban, sedangkan *ladder diagram* digunakan untuk konfigurasi dengan HMI SCADA.

Untuk membuat *Ladder diagram* sistem selengkapnya seperti pada Gambar 6 sampai dengan 8 berikut :



Gambar 6. Ladder Diagram.

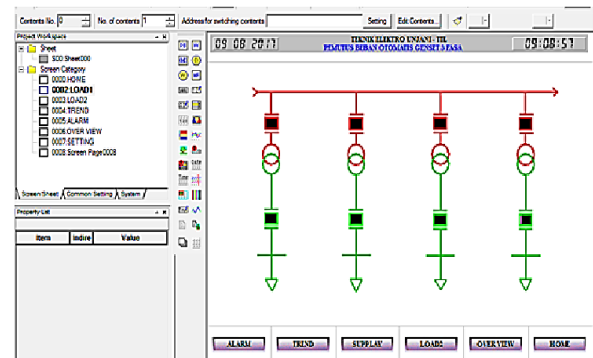


Gambar 7. Function block program PLC.

Name	Data Type	AT	Initial Value	Retained	Comment
EN	BOOL		FALSE		Controls execution of the Function Block.
DAYA_GENSET_1	REAL		0,0		
DAYA_GENSET_2	REAL		0,0		
DAYA_GENSET_3	REAL		0,0		
Internals					
Inputs					
Outputs					
In Out					
Externals					
1. DAYA_GENSET_TOTAL = (DAYA_GENSET_1+DAYA_GENSET_2+DAYA_GENSET_3+DAYA_GENSET_4);					
2. DAYA_GEN_1 = (DAYA_GENSET_1+DAYA_GENSET_2);					
3. DAYA_GEN_2 = (DAYA_GENSET_3+DAYA_GENSET_4);					

Gambar 8. Structure text program.

Software Cx-Designer untuk tampilan HMI memasukan data pengaturan Genset dan beban dapat dirancang ditunjukkan dalam Gambar 9. Fungsi utama yang harus ada dalam perangkat keras pemutusan beban otomatis Genset 3 fasa sistem SCADA berbasis PLC di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk, ini adalah yang pertama adalah sistem berjalan secara otomatis pada saat sumber energi listrik dari PLN padam, yang kedua pemutusan beban otomatis Genset.



Gambar 9. Program antarmuka pada komputer.

Tahap ketiga fasa sistem SCADA berbasis PLC di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk yang dapat berjalan secara otomatis, berdasarkan jumlah Genset yang nyala dan berdasarkan penurunan frekuensi Genset. Langkah selanjutnya Daya antara Genset yang sedang bekerja dibandingkan dengan daya beban sebelum beban di masukan untuk menghindari *trip* Genset pada saat beban dimasukan, kemudian pengaturan pemutusan beban dengan skala prioritas yang terendah mulai dari *optional*, *support*, *essential*, *vital*, dengan menggunakan relay, selanjutnya frekuensi yang dapat dimonitoring secara *real time* hingga tahap terakhir Indikator dan tampilan HMI yang memudahkan pengontrolan.

Sedangkan fungsi utama yang harus ada dalam *software* pada pemutusan beban Genset 3 fasa secara otomatis sistem SCADA berbasis PLC di PT Ultrajaya Milk Industry Tbk ini adalah *User Interface* yang dibuat menggunakan *software* Cx-Designer.

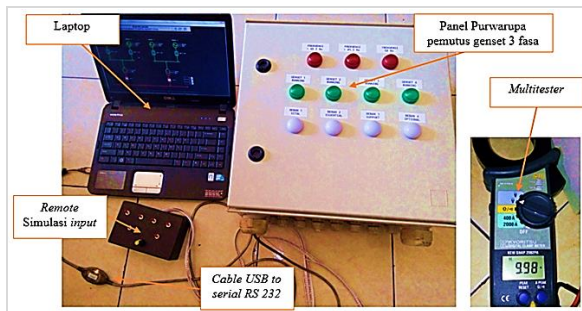
III. HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan perancangan sistem, yang selanjutnya dilakukan adalah melakukan pengujian dari prototipe yang di buat. Pengujian tersebut memiliki tujuan untuk mengetahui cara kerja alat yang dibuat dengan mengacu pada karakteristik teoritis dan spesifikasi yang diinginkan sesuai dengan rangkaian yang

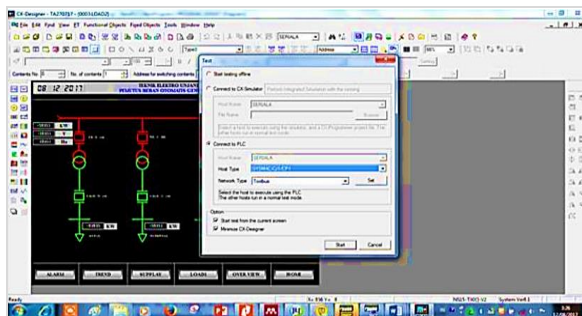
dirancang, melakukan analisa terhadap hasil pengujian dan mengetahui kondisi operasi dari setiap rangkaian dan alat yang dirancang.

A. Pengujian perangkat keras

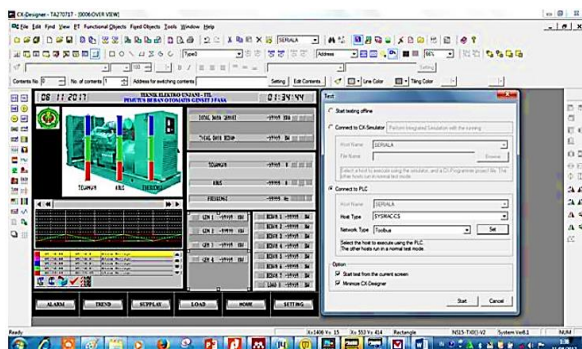
Pengujian ini dilakukan untuk dapat menguji fungsi dari *hardware* secara keseluruhan. Pengujian perangkat keras ini meliputi pengujian digital input, analog input, digital output, komunikasi antara PLC dan PC menggunakan RS-232 Adapter serta pengujian hasil *Hardware programming* PLC dan HMI. *Hardware* yang di gunakan seperti ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Pengujian dan kalibrasi sistem perangkat keras.



Gambar 11. Pengujian antarmuka dan koneksi dengan perangkat PLC.



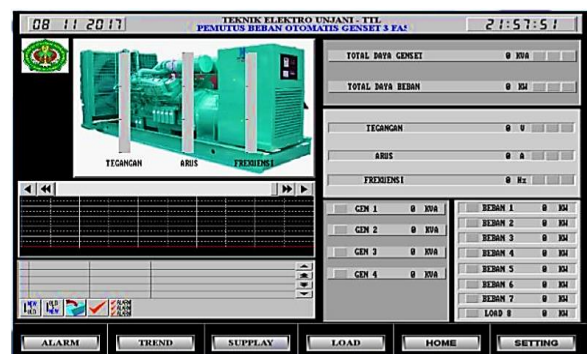
Gambar 12. Program Cx-Designer koneksi dengan perangkat PLC.

Gambar 11 menunjukkan Pengujian komunikasi antara PLC dan HMI dilakukan untuk menguji komunikasi antara PLC dengan HMI

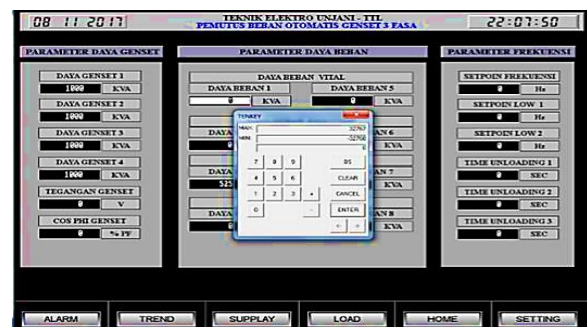
menggunakan *cable USB to Serial RS-232 adapter*. Pengujian ini dilakukan dengan cara *test conection to PLC*.

B. Pengujian perangkat lunak

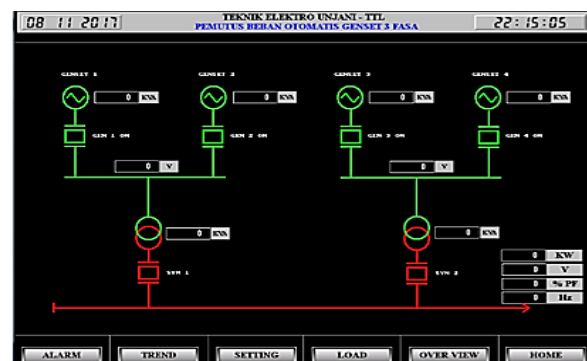
Gambar 12 pengujian perangkat lunak dilakukan untuk memastikan bahwa *software* dapat diprogram dan digunakan tanpa adanya *error* yang dapat mengganggu jalannya sistem secara keseluruhan. Setelah semua selesai dilakukan pemanggilan program PLC pada HMI yang telah dirancang dengan cara menyambungkan *cable USB to serial RS 232* dan memanggil program PLC yang telah dibuat.



Gambar 13. Layar sistem overview.



Gambar 14. Layar sistem setting



Gambar 15. Layar HMI.

Layar HMI *home* layar pertama yang menampilkan identitas dari rancangan miniatur

SCADA seperti lambang universitas unjani, judul rancangan, *software* yang digunakan, foto, dan menu untuk menuju ke layar lainnya seperti *overview*, *supply*, *load*, *tend*, *setting* dan alarm. Gambar 13 menunjukkan layar HMI *overview* merupakan ringkasan dari semua layer yang ada yang berisikan tampilan *trand*, *alarm*, *parameter* Genset, *parameter* beban, dan tombol untuk menuju layar-layar berikutnya. Gambar 14 menunjukkan layar HMI *setting* yang berfungsi untuk memasukkan data dari beberapa parameter daya Genset, daya beban, $\cos \phi$, frekuensi dan *delay time*.

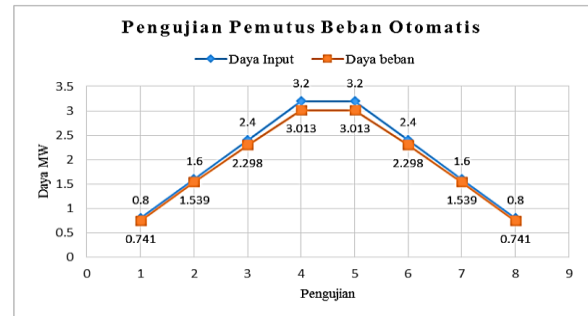
Gambar 15 menunjukkan layar HMI *display* merupakan layar HMI yang menampilkan gambar *diagram plant* dari Genset dan trafo penaik tegangan di mana Genset merupakan tegangan rendah 400 Volt digambarkan dengan warna hijau dan setelah dinaikan oleh transformator tegangan menjadi 20 kV dan digambarkan dengan garis berwarna merah dan daya dari masing – masing Genset.

C. Analisa sistem

Parameter daya Genset, parameter daya beban dan parameter frekuensi diisi sesuai dengan data yang di dapatkan pada layar HMI *setting*. Pada simulasi pemutusan beban Genset 3 fasa sistem mini SCADA berbasis PLC bekerja pada saat sumber energi listrik yang di pasok dari PLN padam, sistem memutuskan semua beban, Genset yang bekerja dibaca sebagai *input*, data Genset di baca sesuai dengan Genset yang nyala dan di bandingkan dengan data beban, daya Genset $\geq$ daya beban. Beban vital yang memiliki skala prioritas paling tinggi yang pertama kali mendapatkan pasokan energi listrik dari Genset berikutnya beban *essential*, *support* dan yang terakhir beban *optional*. Hasil uji coba selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 16 untuk pengujian secara manual dan Gambar 17 untuk pengujian sistem secara otomatis.



Gambar 16. Grafik pengujian manual



Gambar 17. Grafik pengujian otomatis

IV. KESIMPULAN

Dari hasil uji prototipe pemutusan beban genset 3 fasa otomatis dapat diambil kesimpulan bahwa *Input* analog digunakan untuk pembacaan frekuensi dengan menggunakan besaran tegangan 1V untuk mempresentasikan frekuensi 45 Hz dan 10V untuk mempresentasikan frekuensi 55 Hz. Sistem otomatisasi digunakan untuk menjaga frekuensi tetap pada nilai normal antara 48,5 Hz sampai dengan 51 Hz dan pemutusan beban genset sesuai urutan pemutusan beban skala prioritas *vital*, *essential*, *support* dan *optional*. Sistem SCADA mempermudah sistem pemantauan dan pengoprasian pemutusan beban genset.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterimakasih pada tim peneliti, serta pada PT. Ultrajaya Milk Industry, tbk. Yang telah memberikan kesempatan untuk mengambil penelitian di Perusahaan tersebut dan Laboratorium Teknik Elektro atas fasilitas selama pengujian dan pengukuran berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rajan, V. Rao, and G. V. N. Kumar, "Influence of Static VAR Compensator for Undervoltage Load Shedding to Avoid Voltage Instability," *Int. J. Appl. ...*, vol. 3, no. 2, pp. 124–129, 2014.
- [2] A. Nawawi, "Sistem Load Shedding Pada Generator," *Pusdiklatmigas.Com*, vol. 5, no. 2, 2014.
- [3] T. Rubianto, "Studi Load Shedding pada Sistem Kelistrikan Pengeboran Minyak Lepas Pantai Kasus di Perusahaan X," vol. 1, no. 2, pp. 119–130, 2013.
- [4] P. Systems, R. Committee, I. Power, and E. Society, "IEEE Std C37.117TM-2007, IEEE Guide for the Application of Protective Relays Used for Abnormal Frequency Load Shedding and Restoration," no. August, 2007.
- [5] I. Electrotechnical Commission, "International Standard," 2002.
- [6] W. Group, M. Electric, and P. Quality, "IEEE Standard 1159 Recommended Practice for

- Monitoring Electric Power Quality A Status Update Working Group for Monitoring Electric Power Quality What Do Power Quality Monitors Do,” *Power Qual.*, vol. 22, pp. 1–14, 2008.
- [7] S. PROS_R Septiyani D.S, I Sudiharto, “Pemutusan Beban Otomatis (Automatic Load Shedding,” ISSN 2087-0922, 2014.
- [8] W. Li, P. Du, S. Member, N. Lu, and S. Member, “Design of a New Primary Frequency Control Market for Hosting Frequency Response Reserve Offers from both Generators and Loads,” vol. 3053, no. c, 2017.
- [9] D. Marsudi, “Operasi Sistem Tenaga Listrik,” in *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Pert., D. Marsudi, Ed. Yogyakarta: GRAHA ILMU, 2006, p. 576
- [10] C. Powell, “An Adaptive Under Frequency Load Shedding Scheme for a Small Island Power System,” pp. 0–4, 2016.
- [11] E. Wright, *Practical SCADA for Industry*. 2003.
- [12] P. PLN, “Perencanaan dan pembangunan sistem scada,” 2009.
- [13] C. Gordon, R. Deon, and W. Edwin, “Practical Modern SCADA Protocols: DNP3, 60870.5 and Related Systems,” *Zhurnal Eksp. i Teor. Fiz.*, p. 548, 2004.
- [14] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, Fourth Edi. 2006.
- [16] “<https://www.google.com/search?q=cj1m+cpu+12&client=>” 2017.
- [15] A. Blog, “PLC Omron CJ1M Series: Koneksi Serial ke Komputer.” p. 1, 2009.
- [16] H. Werd Beecher, “Global Automation A Special Note To Our Customers,” pp. 1–76.