

Perancangan Sistem Human Machine Interface (HMI) untuk Monitoring Daya Sinkronisasi Paralel Genset

Syaiful Rachman¹⁾, Muhammad Wahyu²⁾, Syarifudin³⁾, Zaiyan Ahyadi⁴⁾

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin

saifulrachman1@poliban.ac.id¹, m.wahyu@poliban@ac.id², sarif@poliban.ac.id³, z.ahyadi@poliban.ac.id⁴



Abstract

In this design, a monitoring system for Parallel Synchronization of Genset Electric Power Systems is developed, a system that can monitor information processes including current, voltage, cos phi, frequency, kVAr, kW, power factor, and automatic load termination processes on Parallel Synchronization Generator and Monitoring using an interface PLC to Human Machine Interface (HMI) displaying measured values. The HMI controller, PLC, and generator use the Modbus communication protocol to read registers 450009 to 4000021 from slave devices monitoring data results from data loggers recording the use of electrical load from the monitoring system results synchronization units have worked with two synchronous generators connected in parallel obtained when parallel connections synchronous generator achieves stability. in that case, the frequency and line voltage is 49.9 to 50 Hz 400 volts.

Keywords: HMI; Monitoring; Sinkronisasi paralel; Generators; PLC

Abstrak

Dalam perancangan ini dikembangkan sistem monitoring Sinkronisasi Paralel Sistem Tenaga Listrik Genset, sebuah sistem yang dapat memantau proses informasi meliputi arus, tegangan, cos phi, frekuensi, kVAr, kW, faktor daya, dan proses pemutusan beban otomatis pada Parallel Synchronization Generator and Monitoring menggunakan antarmuka PLC ke Human Machine Interface (HMI) yang menampilkan nilai pengukuran. Kontroler HMI, PLC, dan generator menggunakan komunikasi protokol Modbus untuk membaca register 450009 sampai 4000021 dari perangkat slave hasil monitoring data dari data logger merekam penggunaan beban listrik dari sistem monitoring hasil unit sinkronisasi telah bekerja dengan dua synchronous generator yang terhubung secara paralel diperoleh ketika koneksi paralel generator sinkron mencapai stabilitas. dalam hal itu, frekuensi dan saluran tegangan adalah 49,9 hingga 50 Hz 400 volt

Kata kunci: HMI; Monitoring; Sinkronisasi paralel; Generators; PLC

I. PENDAHULUAN

Genset umumnya digunakan sebagai sumber cadangan listrik. Ketika genset digunakan sebagai sumber utama untuk menggantikan sumber listrik PLN, genset harus dipastikan dalam kondisi baik. Jika genset mengalami masalah, sudah pasti akan hampir sistem kerja di pabrikan. Untuk menghadapi permasalahan tersebut diperlukan alat monitoring untuk memastikan generator bekerja dengan baik [1]. Sepanjang abad ke-20 dan hingga sekarang, industri bidang sistem tenaga berkembang pesat dan teknologi canggih. Kemudian industri sistem tenaga mulai menuntut peningkatan teknologi, dalam sistem pemantauan pada antarmuka manusia-mesin (HMI). Pemantauan sistem tenaga adalah bagian penting dari otomatisasi di industri. Operasi paralel generator akan diperkenalkan untuk mendapatkan kinerja terbaik dari sistem

pemantauan. Pertimbangan dalam kontrol beban dan pembagian beban juga penting untuk sistem paralel. Kontrol beban, ketika generator atau mesin diparalel, beban harus dibagi dan dikendalikan agar sistem tidak kelebihan beban. Overloading adalah sistem darurat yang akan menyebabkan penyimpangan tegangan dan frekuensi dan mungkin menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan. Selain itu, prioritas beban diperlukan dan beban dapat dikelompokkan ke dalam blok intro sesuai dengan ukuran penggerak utama. Kemudian sistem dapat mengontrol koneksi beban ke bus dalam urutan yang diprioritaskan. Misalnya, sistem harus memutuskan sambungan dalam urutan prioritas terbalik untuk memastikan kontinuitas daya maksimum ke beban prioritas tertinggi. Penting untuk mempertimbangkan cara untuk mencapai peralihan setelah menetapkan dasar untuk sambungan beban dan

pelepasan. Ada beberapa cara untuk mengalihkan beban seperti menggunakan sakelar kendali jarak jauh atau kontaktor untuk membuka dan menutup, dan melepas beban.

Distribusi beban tergantung pada karakteristik governor. Kecepatan tidak akan berubah antara keadaan tanpa beban ke keadaan beban penuh jika governor memiliki karakteristik isokron. Dalam operasi paralel generator, input mekanis penggerak utama ditingkatkan dalam satu generator dengan menyesuaikan regulator, fase tegangan induksi generator lebih maju dibandingkan dengan generator lain. Gaya sinkronisasi yang dihasilkan antara generator sebelum dan di belakang hasilnya menunjukkan bahwa beban pada generator sebelumnya meningkat dan beban pada generator lainnya berkurang. Oleh karena itu, merupakan aturan umum pembagian beban dalam operasi paralel beberapa generator. Kegagalan untuk membagi beban antar generator dapat mengakibatkan pemadaman total. Ini akan terjadi jika pembagian daya aktif dan reaktif gagal. Jika terjadi kegagalan pembagian beban, relai proteksi dapat membuat generator yang sehat tersandung alih-alih rusak. Pembagian beban harus sama antara dua atau lebih generator yang terhubung ke bus yang sama. Jika ada sedikit perbedaan tegangan antara dua atau lebih generator, generator dengan tegangan yang lebih besar mulai mensuplai generator dengan tegangan yang lebih kecil. Perbedaan tegangan pada bus menyebabkan arus reaktif yang tinggi karena impedansi bus bar yang rendah. Memiliki beberapa mesin yang berjalan secara paralel meningkatkan keandalan sistem tenaga, karena kegagalan mesin tidak mengakibatkan hilangnya daya secara total. Satu atau lebih mesin juga dapat dipertahankan selama tenaga dihasilkan karena tenaga masih disediakan oleh mesin lainnya. Dalam skenario terburuk, kegagalan dalam pembagian beban dapat menyebabkan pemadaman total (*black out*) [2].

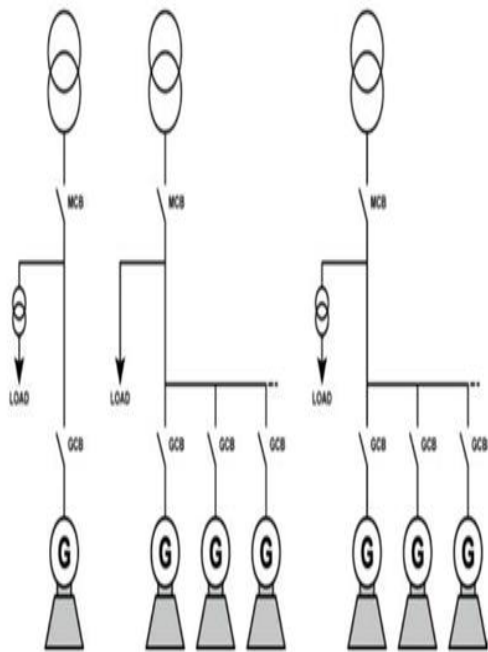
Unit sinkronisasi otomatis telah dikembangkan untuk koneksi paralel generator sinkron. Dua generator sinkron dihubungkan secara paralel secara otomatis dengan unit kontrol yang dikembangkan. Generator sinkron juga terhubung secara paralel dengan saluran. Data tegangan, frekuensi, urutan fasa, dan waktu sinkronisasi telah ditransfer ke mikrokontroler. Data ini dipantau dan dievaluasi oleh algoritma kontrol yang dikodekan ke dalam mikrokontroler. Operasi

paralel generator direalisasikan secara otomatis ketika semua kondisi koneksi paralel terjadi. Sistem tidak memerlukan alat ukur tambahan untuk memantau dan mengendalikan proses. Unit sinkronisasi otomatis yang dikembangkan cepat, hemat biaya, andal, dan presisi untuk digunakan dalam pemantauan, pengukuran, dan operasi paralel generator sinkron [3]. Selanjutnya penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem yang dapat memonitoring proses sistem tenaga secara keseluruhan dengan menggunakan PLC sebagai kontrol terprogram. Selain itu, penelitian eksperimental ini melakukan antarmuka *Human Machine Interface* (HMI) yang digunakan untuk memantau pemrosesan sistem tenaga untuk Parallel Synchronization Generator Set. Perancangan ini dapat memberikan manfaat yang signifikan karena proses sistem tenaga listrik dapat beroperasi secara otomatis, mengurangi kesalahan pencatatan data, dan memonitor sistem secara real time dan jarak jauh.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Metode Sinkronisasi Paralel Generator

Pada perancangan ini ada aspek yang perlu di pelajari dalam metode sinkronisasi paralel generator dengan sisitem kerja adalah sebagai berikut, yang diparalelkan bersama-sama dengan menutup pemutus sirkuit selama urutan start mesin. Kemudian setelah mencapai kecepatan tertentu regulator tegangan diaktifkan dan generator akan menghasilkan tegangan. Metode sinkronisasi run-up digunakan untuk memuat beberapa generator sinkron dalam waktu yang sangat singkat. Waktu ini ditentukan oleh waktu start mesin dan AVR on-eksitasi. Aplikasi lain untuk menggunakan sinkronisasi *run-up* adalah eksitasi transformator daya. Dalam beberapa kasus, arus terburu-buru dari transformator mungkin lebih dari satu generator dapat memasok ketika menutup generator ke transformator off. Menggunakan metode sinkronisasi *run-up* ini memungkinkan generator dan transformator untuk membangun tegangan secara bertahap melalui awal tanpa seketika. Sinkronisasi run-up dapat dijalankan dalam mode *generator circuit breaker* (GCB) dengan menghidupkan mesin, GCB akan ditutup. Sinkronisasi run-up dapat diterapkan ke aplikasi yang berbeda. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan beberapa contoh metode sinkronisasi [5][6].

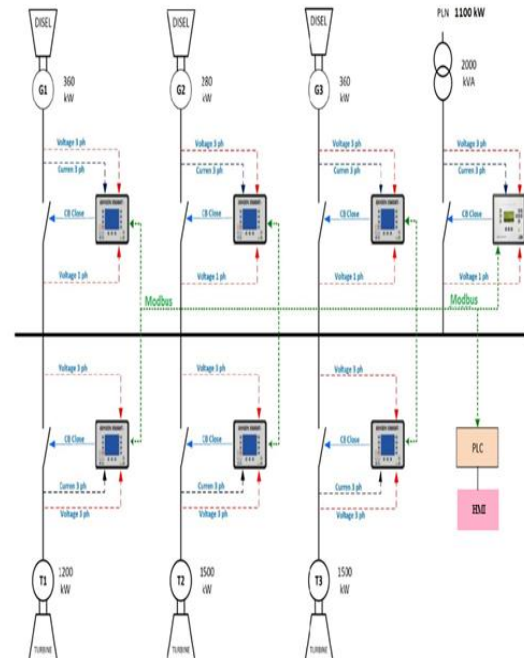


Gambar.1. Paralel sinkronisasi Generator

III. METODE PENELITIAN

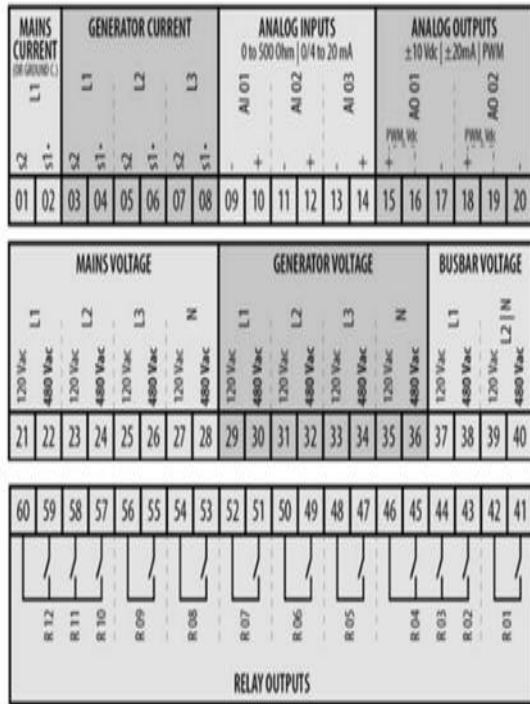
A. Perancangan Diagram Paralel Sinkronisasi Generator

Dalam penelitian ini dengan menggambarkan diagram kelistrikan pada Gambar 2 menunjukkan diagram blok dari sistem yang diusulkan dalam Sinkronisasi Paralel, generator tidak dapat mengubah catu daya secara otomatis ketika pasokan PLN terputus, oleh karena itu telah dibuat sistem sakelar otomatis. Secara umum fungsinya untuk menghubungkan beban dengan dua atau lebih catu daya terpisah (main supply & backup supply) untuk menjaga ketersediaan dan keandalan; memasok daya ke beban. Fungsinya untuk mentransfer daya ke beban secara otomatis dari pemasok utama (PLN) ke pasokan cadangan (Genset) ketika terjadi gangguan pada pasokan utama. Dengan demikian, genset menyala secara otomatis ketika catu daya dimatikan, yang juga dilengkapi dengan sistem pemantauan untuk sistem tenaga.



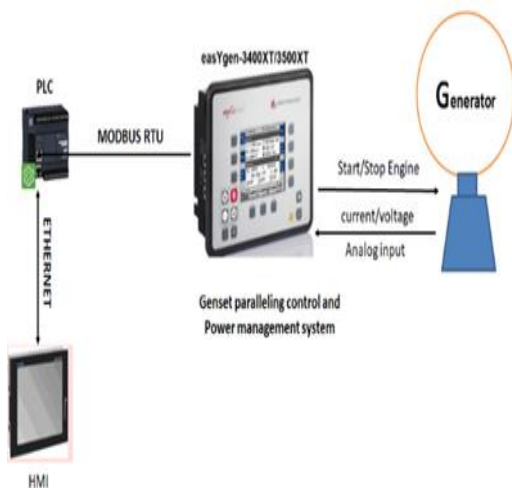
Gambar. 2. Diagram Single Line yang diusulkan dari Generator sinkronisasi paralel

Dalam perancangan ini, setiap sistem paralel terdiri dari tujuh pengontrol dan enam perangkat generator yang dikompilasi bersama. Kompleksitas instalasi akan meningkat jika generator telah diproduksi oleh vendor yang berbeda dan pengontrol didasarkan pada kombinasi teknologi digital. Fitur utama ini dibahas untuk mendapatkan beberapa hal yang terlibat dalam pengaturan sistem paralel seperti pengontrol generator, PLC dan HMI. Untuk merealisasikan pada Gambar 2, perlu untuk memilih komponen berikut, PLC untuk alamat I/O untuk keperluan sistem yang digunakan protokol komunikasi Modbus Serial dengan mengatur metode dan format komunikasi serial (RS-485) antara master dan slave. Jaringan Modbus terdiri dari Master dan beberapa Slave, Master berinisiatif untuk memulai komunikasi termasuk menulis data, membaca data, dan mengetahui status *slave*. *query master* juga dikenal sebagai *query*. *Slave* hanya pasif/menunggu dengan kata lain slave hanya merespon jika ada request/query dari Master. Di alamat I/O, statusnya mengacu pada Tabel I. Berikutnya Unit kontrol Seri “*The controller-3400/3500*” untuk aplikasi manajemen sistem engine generator dapat digunakan dalam aplikasi perancangan ini.[7].



Gambar 3. Input / Output controller of module-3400/3500 [12]

Diagram controller pada pengontrol "modul-3400/3500" yang ditunjukkan pada Gbr.3. gambar input dan output serta jalur arus dan tegangan yang akan dihubungkan ke generator. Arsitektur/topologi dari perancangan sistem dalam bentuk blok diagram yang digunakan adalah sebagai berikut, seperti terlihat pada Gambar 4. Unit kontrol menawarkan Input Analog (0/4-20 mA) untuk berbagai aplikasi dan standar pengukuran seperti arus, tegangan atau resistansi dan unit listrik dan generator dihubungkan dengan transformator CT untuk mengukur arus.



Gambar.4 Desain Sistem Topologi Protokol Komunikasi sekarang merupakan sarana yang paling umum tersedia untuk menghubungkan perangkat elektronik industri.

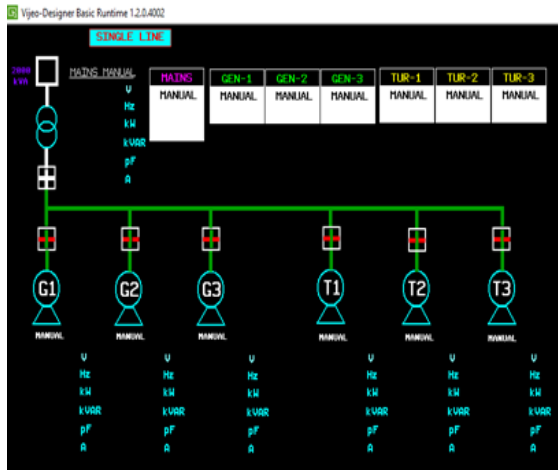
Pengontrol mendukung Modbus RTU. Node Master perlu melakukan polling pada node pengontrol slave. Modbus RTU juga bisa multi-drop, atau dengan kata lain, beberapa perangkat Slave bisa ada di satu jaringan Modbus RTU, dengan asumsi bahwa antarmuka serial adalah RS-485. Antarmuka RS-485 Modbus RTU Slave yang dapat dikonfigurasi untuk konektivitas PLC. Dimungkinkan juga untuk mengkonfigurasi unit, memvisualisasikan data terukur dan pesan alarm, serta mengontrol unit dari jarak jauh. Rentang pengalamatan Modbus untuk alamat konfigurasi, rentang dimulai pada 40001 dan berakhir pada 450000. Akses hanya satu parameter sistem dalam rentang alamat ini dan alamat Modbus dapat dihitung tergantung pada ID parameter[10][11]. Tag variabel *Human Machine Interface* (HMI) disusun berdasarkan kebutuhan data untuk dipantau menggunakan *Vijeo Designer basic 1.2* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, termasuk arus, tegangan, frekuensi, kVAR, dan kW.

Name	Data Type	Data Source	Scan Group	Device Address	Alarm Group	Logging Group
A_ arus	INT	External	ModbusEquip...	%MW1	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ1	REAL	External	ModbusEquip...	%MF1	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ2	REAL	External	ModbusEquip...	%MF2	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ3	REAL	External	ModbusEquip...	%MF3	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ4	REAL	External	ModbusEquip...	%MF4	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ5	REAL	External	ModbusEquip...	%MF5	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ6	REAL	External	ModbusEquip...	%MF6	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ7	REAL	External	ModbusEquip...	%MF7	AlarmGroup1	LoggingGroup01
HZ_frekuensi	REAL	External	ModbusEquip...	%MF0	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR	INT	External	ModbusEquip...	%MW9	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR1	INT	External	ModbusEquip...	%MW10	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR2	INT	External	ModbusEquip...	%MW11	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR3	INT	External	ModbusEquip...	%MW12	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR4	INT	External	ModbusEquip...	%MW13	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR5	INT	External	ModbusEquip...	%MW14	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR6	INT	External	ModbusEquip...	%MW15	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KVAR7	INT	External	ModbusEquip...	%MW16	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KW	INT	External	ModbusEquip...	%MW17	AlarmGroup1	LoggingGroup01
KW1	INT	External	ModbusEquip...	%MW18	AlarmGroup1	LoggingGroup01

Gambar 5. variable tags HMI

B. Perancangan Human Machine Interface (HMI)

Halaman utama layar HMI dibagi menjadi beberapa tab dengan fungsi spesifiknya. Tab-tab tersebut merupakan fungsi plant umum, Single Line Parallel dari sinkronisasi perangkat Generator ditunjukkan pada Gambar 6. *Human Machine Interface* (HMI) merupakan perangkat lunak antarmuka berupa *Graphical User Interface* berbasis komputer [8][9]. Software yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan *Vijeo Designer Basic 1.2*.



Gambar 6. Layout Dari Halaman HMI Single Line Paralel Sinkronisasi Generator

Tata letak desain HMI menampilkan data pada layar operator dan menyediakan data input, seperti Tegangan, Arus, Freq, Cos Phi, Faktor daya, kW, V, A, dan kVAR, yang dapat diinformasikan oleh HMI. seperti yang ditunjukkan pada Gambar.7.

PLN	GEN-1	GEN-2	GEN-3	TURB-1	TURB-2	TURB-3
Volt L1-L2				Volt L1-L2		
Volt L2-L3				Volt L2-L3		
Volt L3-L1				Volt L3-L1		
Volt L1-N				Volt L1-N		
Volt L2-N				Volt L2-N		
Volt L3-N				Volt L3-N		
Freq. (Hz)				Freq. (Hz)		
kW Total				kW Total		
kVAR Total				kVAR Total		
Cos 0 (PF)				Cos 0 (PF)		
Ampere L1				Ampere L1		
Ampere L2				Ampere L2		
Ampere L3				Ampere L3		

Gambar 7. layout dari Halaman HMI power meter

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Instalasi Panel Paralel sinkronisasi Generator dan Panel HMI (Human Machine Interface)

Hasil realisasi perancangan *Single Line* pada Gambar 2, sinkronisasi Paralel Generator telah terpasang pada panel di industri, sistem telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan hasil perancangan yang dibuat dan yang telah dirancang, seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Instalasi Panel Sinkronisasi Paralel Generator

maka hasil pembuatan layar HMI sudah di hasilkan seperti pada Gambar 9 telah dilakukan perencanaan awal pada layout sebelumnya. Secara keseluruhan HMI dalam proses pembacaan kemudian menutup atau membuka pemutus sirkuit generator sinkronisasi Paralel Generator dan HMI dapat bekerja dengan baik.



Gambar .9. Hasil Panel HMI Power Meter

Kemudian hasil nilai power meter yang diperoleh tegangan saluran pada Generator 1 sebesar 401 Volt, Frekwensi sebesar 50,04 Hz, dan faktor daya sebesar 0,855, sedangkan pada Generator 2 tegangan sebesar 401 Volt, Frekwensi dan faktor daya sebesar 50,04 Hz 0,917, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

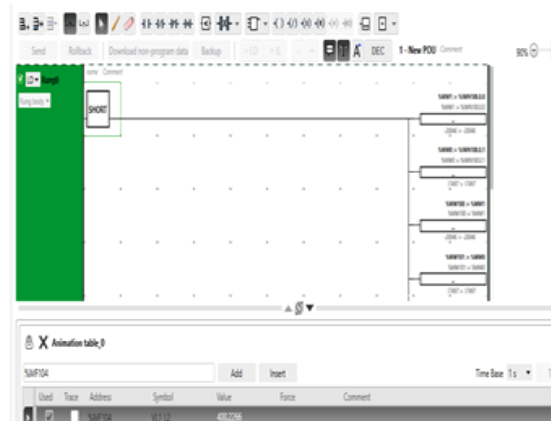


Gambar 10. Hasil Tampilan HMI power meter Modul pengontrol Modbus Slave membedakan antara data visualisasi dan data konfigurasi. Data yang berbeda dapat di akses melalui rentang alamat yang terpisah dan dapat dibaca melalui fungsi "Read Holding Register". Register Modbus berdasarkan data pengontrol yang terhubung ke protokol Modbus memperoleh kode alamat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Modbus register address

Address	Parameter ID	description	Unit
450009	144	Generator frequency	Hz
450010	246	Total generator power	kW
450011	247	Total generator reactive power	kVAR
450012	160	Generator power factor	pF
450013	248	Generator voltage L1-L2	V
450014	249	Generator voltage L2-L3	V
450015	250	Generator voltage L3-L1	V
450016	251	Generator voltage L1-N	V
450017	252	Generator voltage L2-N	V
450018	253	Generator voltage L3-N	V
450019	255	Generator current 1	A
450020	256	Generator current 2	A
450021	257	Generator current 3	A

Fungsi 03 (03hex) Read Holding Register membaca isi biner dari holding register pada slave. Pesan permintaan menentukan register awal dan jumlah register yang akan dibaca. Contoh permintaan untuk membaca (alamat 450009 hingga 4000021) dari perangkat slave[7][8]. Pada Gambar 11 berikut ini menunjukkan diagram tangga program PLC pada tegangan generator L1-L2, dengan alamat 4500013 dan parameter ID 248.



Gambar 11. Example PLC program ladder of value VL1-VL2

B. Hasil pengujian parallel sinkronisasi generator

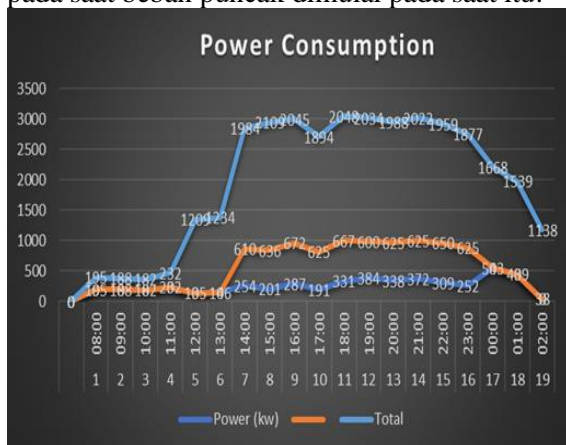
Data pengujian yang diperoleh dari sistem yang telah dibuat di Industri dimana tempat instalasi hasil perancangan yang telah di terapkan dapat dilihat pada Tabel 2, hasil unit sinkronisasi yang telah dilakukan untuk penyambungan parallel generator sinkron. Dua generator sinkron yang terhubung secara parallel diperoleh secara otomatis ketika koneksi parallel generator sinkron mencapai stabilitas. Berdasarkan data pada Gambar 7. menunjukkan bahwa frekuensi 49,9 hingga 50 Hz, dan tegangan 400 hingga 401 Volt AC.

Tabel 2. Pengujian Parallel Sinkronisasi Generator

No	Jam	Power (kW)			Total (kW)
		PLN	GEN 1	GEN 2	
1	08:00	195			195
2	09:00	188			188
3	10:00	182			182
4	11:00	232			232
5	12:00	135		1074	1209
6	13:00	146		1088	1234
7	14:00	254	610	1120	1984
8	15:00	201	636	1272	2109
9	16:00	287	672	1086	2045
10	17:00	191	625	1078	1894
11	18:00	331	667	1050	2048
12	19:00	384	600	1050	2034
13	20:00	338	625	1025	1988
14	21:00	372	625	1025	2022
15	22:00	309	650	1000	1959
16	23:00	252	625	1000	1877
17	00:00	543		1125	1668
18	01:00	439		1100	1539
19	02:00	38		1100	1138

Grafik hasil pengujian pemakaian listrik menggunakan beban distribusi mulai pukul

08.00 - 02.00 WITA, Ditunjukkan pada Gambar 12. Secara umum Panel Sinkron memiliki beberapa fungsi yaitu sebagai Cadangan Tenaga Listrik PLN. Sinkronisasi Panel akan berfungsi sebagai sumber listrik pengganti jika sumber listrik utama (PLN) bermasalah. Hal ini dapat terjadi pada pukul 02.00 WITA saat sumber PLN mengalami penurunan daya. Keuntungan menggunakan Sync Panel adalah efisiensi biaya. Contohnya jika terjadi kenaikan daya misalnya dari 800 kW menjadi 1000kW, maka hanya memiliki genset 500kW sebanyak 1 unit, tetapi hanya perlu menambah genset 500kW untuk kemudian disinkronkan dengan genset. Otomatis, biaya yang dikeluarkan juga lebih sedikit, sehingga terjadi efisiensi biaya. Keunggulan selanjutnya adalah irit bahan bakar. Jika beban fluktuatif cukup tinggi misalnya pada siang hari kebutuhan beban 500kVA, tetapi pada malam hari mendekati 900kVA, maka akan sangat menguntungkan menggunakan Synchronous Panel. Pada hasil uji lapangan ini, generator 1 dan generator 2 bekerja antara pukul 14.00 hingga 23.00 WITA. Hal ini disebabkan penggunaan listrik terutama pada saat beban puncak dimulai pada saat itu.



Gambar 12. Grafik Konsumsi Listrik

Sehingga dari hasil tersebut pelanggan PLN juga dihimbau untuk dapat mengurangi konsumsi listrik terutama pada saat beban puncak mulai pukul 17.00 - 22.00 WIB. Krisis tenaga listrik yang dialami PT. PLN disarankan hanya mengalihkan waktu pada siang hari agar pemakaiannya tidak terlalu berat. maka dapat menghemat listrik dapat meminimalisir terjadinya pemadaman listrik karena kekurangan daya.

V. KESIMPULAN

Dalam perancangan ini telah membahas studi desain sistem pemantauan atau monitoring pada

generator sinkron termasuk kontrol untuk mengatur frekuensi dan tegangan generator yang mana instrumentasi memungkinkan operator memantau pengukuran generator sinkron pada saat kritis untuk menentukan kapan harus menutup dan membuka pengaturan pada sistem. Proses sinkronisasi dapat dilakukan secara manual atau otomatis atau kombinasi keduanya. Sehingga memudahkan operator untuk memonitoring hasil nilai dari beberapa variabel power meter listrik meliputi Tegangan, Arus, Freq, Cos Phi, Faktor daya, kW, V, A, dan kVAR, manfaat yang diperoleh bagi operator dapat memperoleh data hasil variabel tersebut sebagai bahan analisa terhadap kinerja sistem pada sinkronisasi generator untuk memonitoring beban lebih atau terjadi kegagalan dalam sebuah sistem sinkronisasi generator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kontribusi UP3M Politeknik Negeri Banjarmasin dan kelompok teknik di PT. *Distributor Electrical Equipment, Inc.* untuk mengembangkan konsep Paralel sinkronisasi Generator menggunakan *Human Machine Interface (HMI)* dalam aplikasi di industry dan kami ucapkan terimakasih bagi penerbit jurnal ini atas kepercayaannya terhadap hasil riset yang telah kami lakukan.

REFERENSI

- [1] B S Hartono*, P M Bambang, B M Wahyu, and A Pudin (2019). Development of generator set operation monitoring system for performance analysis and periodic maintenance based on IoT technology. *ACHIEVE, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 830 (2020) 022085. doi:10.1088/1757-899X/830/2/022085.
- [2] Hansen, Jan Fredrik, and Alf Kåre Ådnanes. "Blackout Prevention & Recovery." In *Dynamic Positioning Conference*. 2009.
- [3] Thompson, Michael. (2012). Fundamentals and advancements in generator synchronizing systems. 2012 65th Annual Conference for Protective Relay Engineers. 203-214. 10.1109/CPRE.2012.6201234.

- [4] Bekiroglu, Erdal & Bayrak, Alper. (2009). Automatic synchronization unit for the parallel operation of synchronous generators.
- [5] Amin, Uzma & Ahmad, Ghulam & Zahoor, Sumbal & Durrani, Fariha. (2014). Implementation of Parallel Synchronization Method of Generators for Power & Cost Saving in the University of Gujrat. *Energy and Power Engineering*. 06. 317-332. 10.4236/epe.2014.610027.
- [6] R. A. Evans, "A Manual/Automatic Synchronization Circuit for a 37.5 MVA Steam-Turbine-Driven Generator," *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 26, Issue 6, pp. 1081–1085, Nov./Dec. 1990.
- [7] EasYgen-3000 Series , Genset Control Manual, 2014.
- [8] Urrea, Claudio & Morales, Claudio. (2019). Enhancing Modbus-RTU Communications for Smart Metering in Building Energy Management Systems. *Security and Communication Networks*. 2019. 1-8. 10.1155/2019/7010717.
- [9] Imran, Muhammad & Ullah, Mian & Ahmad, Salman & Arif, Zuha & Gull, Awais & Hassan, Abrar. (2021). Design And Implementation Of Prototype For Monitoring And Controlling Of Substation Using Plc And Hmi.
- [10] S, Patil & Shrushti, Chaudhari & A, Patil & S, Mansuri & Shaikh, R.. (2019). Universal Modbus RTU Datalogger. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 1227-1231. 10.32628/CSEIT1952319.
- [11] Yan, Yin & Zhang, Shi & Zhang, Yue & Zuo, Feng & Li, Fa. (2013). Design of Network Power Meter Based on Modbus TCP. *Applied Mechanics and Materials*. 325-326. 939-943. 10.4028/www.scientific.net/AMM.325-326.939.