

Rancang Bangun Protipe Perangkat Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik Menggunakan PLC Berbasis LabVIEW

Sofian Yahya, Sarjono Wahyu Jadmiko, Dedi Nono Suharno

Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia
sofianyahya@polban.ac.id, sarjnpdml@yahoo.com, dedinsp3d@yahoo.co.id

Abstrak

Untuk proses monitoring besaran listrik dari suatu pembangkit tenaga listrik diperlukan suatu perangkat antar muka elektronik. Perangkat ini merupakan bagian dari sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). SCADA pada umumnya terdiri dari *Master Terminal Unit* (MTU) yang memonitor dan mengendalikan dari jarak jauh, MTU mengendalikan *Remote Terminal Unit* (RTU) secara otomatis. Data yang ada di MTU kemudian direpresentasikan dengan *Human Machine Interfaces* (HMI). Tulisan ini menyajikan rancang bangun protipe monitoring dan pengukuran besaran listrik dari sebuah generator sinkron menggunakan PLC berbasis LabVIEW. Protipe alat monitoring dan pengukuran ini terdiri dari Power Meter SPM-8, *Serial Communication Unit* (SCU) 41-V1, PLC Omron tipe CJ2M, dan perangkat lunak LabVIEW. Akuisisi data dari Power Meter dilakukan melalui SCU yang di program oleh perangkat lunak CX-Protocol (*protocol Modbus*), sedangkan eksekusi *sequence read/write* data dari power meter dilakukan oleh instruksi PMCR yang diprogram dengan perangkat lunak CX-programmer. Untuk menampilkan besaran listrik yang terukur digunakan LabVIEW, data diakses dari memori data PLC. Tujuan dari penelitian merancang protipe alat yang mampu memonitor dan mengukur besaran listrik secara realtime dengan LabVIEW dengan *error* $\pm 5\%$ dari nilai yang terukur di Power Meter. Berdasarkan hasil pengujian *error* pengukuran rata-rata di LabVIEW lebih tinggi 1,24%, sehingga alat yang dibuat sudah sesuai dengan spesifikasi yang ingin dicapai.

Kata kunci : Generator Sinkron, LabVIEW, Power Meter, Programmable Logic Controller, Protocol Modbus

Abstract

An electronic interface is required to monitor as well as to measure electric parameters in a power generator. This hardware is part of SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) system. SCADA generally consists of Master Terminal Unit (MTU) used to monitor and control remotely and Remote Terminal Unit (RTU) controlled by MTU. Data in MTU is represented by Human Machine Interfaces (HMI). This paper presents prototype design to monitor and to measure electric parameters in a synchronized power generator by means of LabVIEW based PLC. This monitoring and measuring device prototype comprises Power Meter SPM-8, Serial Communication Unit (SCU) 41-V1, PLC Omron tipe CJ2M, and LabVIEW software. Data acquisition from Power Meter is performed via SCU programmed by CX- Protocol (protocol Modbus), while sequence read/write data executed from power meter by PMCR instruction programmed by CX-programmer. LabVIEW is used to display measured electric parameters, data is accessed from PLC data memory. The purposes of this research is to be able to monitor and to measure electric parameters real time using LabVIEW with $\pm 5\%$ error from the measured value in Power Meter. Based on error evaluation, average measurement in LabVIEW is 1.24% higher. This concludes that the device made meets the specification to achieve.

Keywords : Synchronous Generator, LabVIEW, Power Meter, Programmable Logic Controller, Protocol Modbus

I. PENDAHULUAN

Generator atau sumber pembangkit yang tergabung dalam suatu microgrid yang secara terintegrasi untuk mensuplai daya ke jaringan distribusi harus dilengkapi dengan *power*

electronic interfaces (PEIs) dan kendali yang dibutuhkan untuk menjaga fleksibilitas sistem dan menjaga kualitas daya dan output dari energi. Fleksibilitas kendali memungkinkan microgrid dapat menjaga pasokan daya sesuai kebutuhan energi pada kawasan [1].

Untuk proses monitoring dan pengendalian dari microgrid diperlukan suatu perangkat antar muka elektronik, perangkat yang biasa digunakan untuk monitoring dan pengendalian ini adalah SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). SCADA adalah sistem pengawasan dan pengendalian, dengan cara melakukan pengumpulan dan analisa data secara *real time* [2].

SCADA terdiri dari perangkat keras input/output (I/O), pengendali, jaringan, komunikasi, database dan perangkat lunak. SCADA pada umumnya terdiri dari *Master Terminal Unit* (MTU) yang memonitor dan mengendalikan dari jarak jauh. MTU mengendalikan *Remote Terminal Unit* (RTU) secara otomatis, pada umumnya RTU berupa *Programmable Logic Controllers (PLCs)* [1][3].

Data yang ada di MTU kemudian direpresentasikan dengan *Human Machine Interfaces* (HMI). HMI merupakan representasi secara grafis dari sistem yang terdiri dari konfigurasi sistem, *alarms*, pengumpulan data, dan *trend logging capabilities*. HMI berupa perangkat lunak yang di *install* pada komputer pada lokasi MTU sehingga dapat memonitor dan mengendalikan proses pada plant secara remote [4][5].

Tulisan ini menyajikan rancang bangun protipe monitoring dan pengukuran besaran listrik dari sebuah generator sinkron menggunakan PLC berbasis LabVIEW. Protipe alat monitoring dan pengukuran ini terdiri dari Power Meter SPM-8, *Serial Communication Unit (SCU)* 41-V1, PLC Omron tipe CJ2M, dan perangkat lunak LabVIEW. Akuisisi data dari Power Meter dilakukan melalui SCU yang di program oleh perangkat lunak CX-Protocol (protocol Modbus), sedangkan eksekusi *sequence read/write* data dari power meter dilakukan oleh instruksi PMCR yang di program dengan perangkat lunak CX-programmer. Untuk menampilkan besaran listrik yang terukur digunakan LabVIEW, data diakses dari memori data PLC.

II. METODE PENELITIAN

Blok diagram dari monitoring dan pengukuran besaran listrik generator sinkron menggunakan PLC berbasis LabVIEW diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Diagram Monitoring & Pengukuran

Generator yang akan dimonitor dan diukur mempunyai spesifikasi sebagai berikut 1,0 kW, 220 Volt/3,5 A/Y, 127 V/6,1 A/ Δ , 1500 rpm. Besaran listrik yang dibangkitkan oleh generator antara lain tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan energi diukur dengan *Power Meter* (PM) tipe SPM-8 Shihlin dengan primary port RS-485 Modbus, yang mempunyai akurasi 0,5%.

Selanjutnya data yang terukur oleh PM diakuisisi melalui *Serial Communication Unit (SCU)* tipe CJ1W-SCU41, comm. Interface yang dimiliki SCU adalah 1 RS-232C port and 1 RS-422A/485 port, pada penelitian ini yang digunakan adalah komunikasi dengan RS485 yang atau Port 1 SCU. *Setting* dan pemrograman SCU menggunakan program CX-Protocol yang terintegrasi pada perangkat lunak CX-One dari Omron.

Urutan eksekusi *read/write data* yang telah diprogram pada SCU dilakukan atas perintah dari program PMCR yang ada pada CX-Programmer dengan menggunakan PLC Omron tipe CJ2M-CPU31. Untuk menampilkan hasil monitoring dan pengukuran dari besaran listrik generator sinkron digunakan perangkat lunak LabVIEW *Evaluation versi 2011*.

2.1 Perancangan Sistem Akuisisi Data

Langkah perancangan sistem akuisisi data untuk pengukuran dan monitoring besaran listrik generator sinkron yang akan ditampilkan dengan perangkat lunak LabVIEW diperlihatkan pada Gambar 2 diagram alir perancangan sistem akuisisi data.

2.2 Rangkaian Pengujian Karakteristik Generator

Untuk mengetahui karakteristik generator sinkron dilakukan pengujian dengan rangkaian seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian berbeban dengan menggunakan power meter SPM-8.

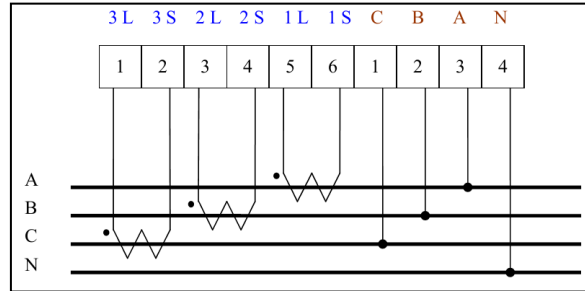
Generator sinkron yang akan diuji karakteristiknya diputar oleh Motor DC yang berfungsi sebagai penggerak mula (*Prime Mover*), dengan spesifikasi DC Motor Terco, 2 kW, 220 VDC, 1400 rpm.

2.3 Rangkaian Pengujian Power Meter SPM-8

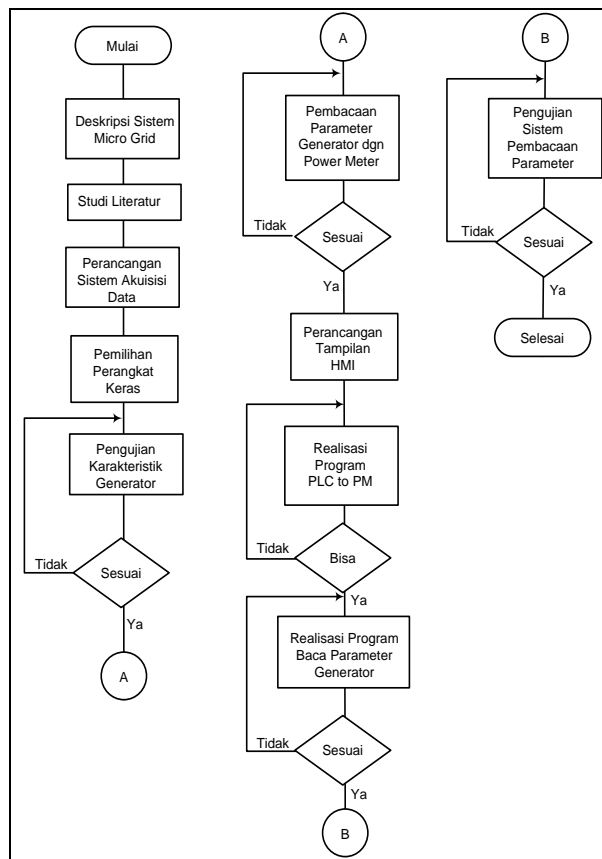
Untuk meyakinkan bahwa Power Meter yang akan digunakan bisa berfungsi dengan baik dan bisa berkomunikasi dengan PC yang akan digunakan sebagai perangkat untuk menampilkan hasil pengukuran dengan HMI/LabVIEW maka

dibuat rangkaian seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

Perangkat lunak yang digunakan untuk pengujian Power Meter Shihlin SPM-8, merupakan produk dari Shihlin sendiri seperti diperlihatkan pada Gambar 5. Program ini beroperasi dengan menggunakan perangkat lunak Visual Basic (VB), sehingga sebelum dioperasikan perangkat lunak VB harus di install terlebih dahulu. Komunikasi dengan PC melalui port USB menggunakan converter RS485 to USB.



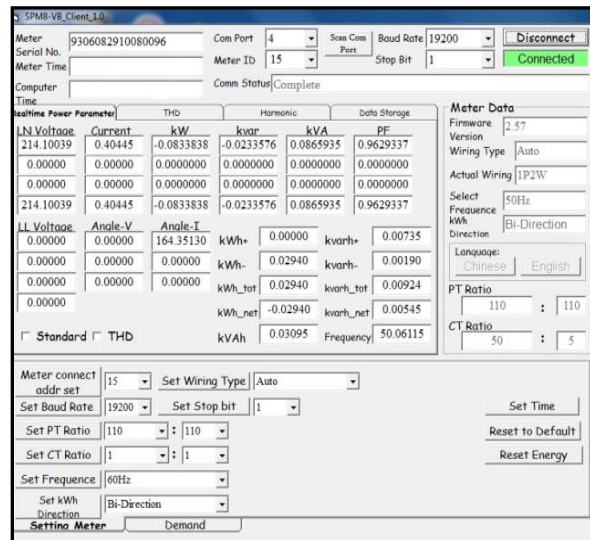
Gambar 4 Diagram Pengawatan untuk Pengujian Meter



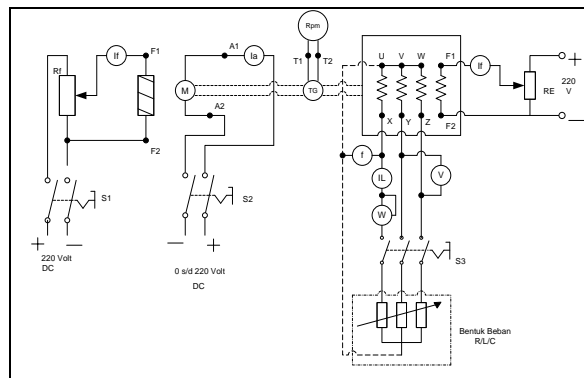
Gambar 2 Diagram Alir Perancangan Sistem Akuisisi Data

2.4 Perancangan Tampilan HMI dengan LabVIEW

Tampilan Human Machine Interface terdiri dari beberapa layer yaitu: Home, Overview, PLTMH 1, PLTMH 2, Load Shedding, Energy Management Systems, Alarm, Event, dan Exit.

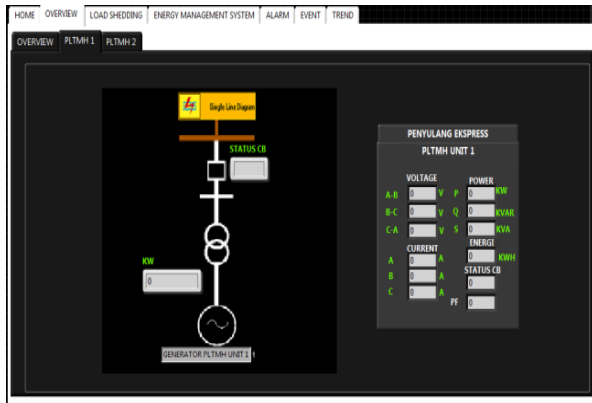


Gambar 5 Tampilan Perangkat Lunak Power Meter SPM-8



Gambar 3 Rangkaian Pengujian Generator Sinkron

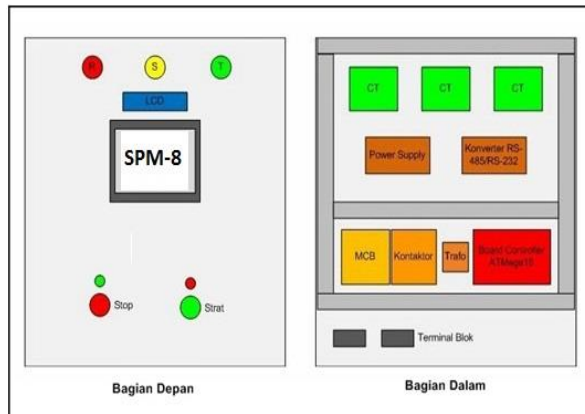
Perangkat lunak HMI yang dirancang dibuat lebih lengkap dari rencana kebutuhan untuk pengukuran dan penelitian yang akan dilaksanakan saat ini, hal ini dilakukan untuk persiapan penelitian selanjutnya. Pada penelitian saat ini yang akan ditampilkan hanya hasil pengukuran pada PLTMH 1 yang disimulasikan oleh generator sinkron Terco. Bentuk tampilan HMI dengan LabVIEW untuk layer PLTMH 1 diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan layer PLTMH 1

2.5 Perancangan dan Implementasi Panel Kontrol

Untuk meletakkan Power Meter, PLC, MCB, dan peralatan lainnya, maka dirancang panel kontrol seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Realisasi panel kontrol bagian dalam, untuk meletakkan peralatan berupa PLC, MCB, kontaktor, dan trafo arus diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 7 Rancangan Panel Kontrol



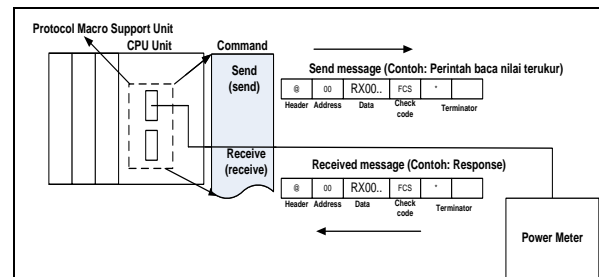
Gambar 8 Panel Kontrol Bagian Dalam

2.6 Perancangan Program CX-Protocol dan CX Programmer

2.6.1 Perancangan Program CX-Protocol

Protocol terdiri dari urutan komunikasi (*sequence*), yang tidak tergantung pada proses untuk perangkat eksternal. Setiap *sequence* terdiri dari beberapa *steps*, setiap *steps* terdiri dari perintah *Send*, *Receive*, atau *Send & Receive*, *send/receive messages*, menunjukkan cabang atau hasil akhir dari proses [6][7]. *Sequence* untuk membaca nilai besaran listrik yang dikirimkan ke Power Meter, *message* yang dikirimkan (string untuk perintah baca berisi *header*, *address*, *check code*, dan *terminator*), dan *message* yang diterima (string untuk response berisi *header*, *address*, *check code*, dan *terminator*), seperti diperlihatkan pada Gambar 9.

Untuk komunikasi antara SCU dengan Power Meter SPM-8 digunakan *protocol modbus* dengan cara menghubungkan output RS485 meter SPM-8 ke Port 1 SCU, *protocol modbus* merupakan *protocol* komunikasi dua arah yang paling umum digunakan sebagai media penghubung dengan perangkat industri atau media elektronik lainnya dengan komputer.



Gambar 9 Contoh Perintah Send/Receive dari PMSU

Untuk dapat berkomunikasi melalui protokol modbus maka *master* harus mengirimkan permintaan terhadap *slave* dengan format *frame* sebagai berikut:

Address	Function Code	Register	Length	CRC
---------	---------------	----------	--------	-----

Gambar 10 Format Request dari Master

Pesan respon dari *slave* ke *master* memiliki sedikit perbedaan dengan permintaan. Untuk pesan Modbus dari *slave* memiliki *frame* yang menyesuaikan jumlah data yang dikirimkan dimana setiap 1 data menggunakan 2 *byte* data. Berikut ini adalah format *frame* respon dari *slave*.

Address	Function Code	2*Panjang Data	Data-1	Data-n	CRC
---------	---------------	----------------	--------	--------	-----

Gambar 11 Format Respon dari Slave

Berikut ini adalah contoh permintaan dari SCU ke Power Meter dengan address 01, untuk mengambil *holding register* dalam register 40001 – 40004.

01	03	00	00	00	04	CRC
----	----	----	----	----	----	-----

Gambar 12 Contoh Request dari Master

Penjelasan:

- [01] : Alamat slave
- [03] : Function code (*read holding register*)
- [00][00]: Register 40001 adalah register pertama maka dimulai dari 0
- [00][04] : Empat data yang akan di request 40001– 40004
- [CRC] : Hasil CRC

Setelah permintaan dikirimkan, maka Power Meter akan meresponnya misalkan register 40001 bernilai 7, 40002 bernilai 6, 40003 bernilai 5, dan 40004 bernilai 4. maka respon slave adalah:

01	03	08	00	07	00	06	00	05	00	04	CRC
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Gambar 13 Respon dari slave

Penjelasan:

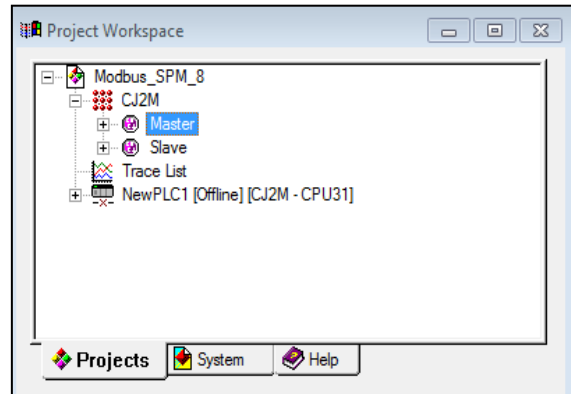
- [01] : Alamat slave
- [03] : Function code (*read holding register*)
- [08] : 2 x jumlah data (2 x 4)
- [00][07]: Nilai data di register pertama yang di request
- [00][06]: Nilai data di register kedua yang di request
- [00][05]: Nilai data di register ketiga yang di request
- [00][04]: Nilai data di register keempat yang di request
- [CRC] : Hasil CRC

2.7 Perancangan Program CX-Programmer

Instruksi utama pada perangkat lunak *CX-Programmer* yang digunakan untuk mengeksekusi *sequence read/write* yang telah dibuat dengan program CX-Protocol adalah instruksi PMCR [8]. Sebelum mengeksekusi

instruksi PMCR dengan PLC CJ2M-CPU31, mode komunikasi untuk port komunikasi yang akan digunakan harus diset ke *protocol macro*.

Gambar 15 adalah contoh instruksi @PMCR(260) yang diset pada Port 01 dengan Node 10 (C1= 0110), untuk mengeksekusi *sequence* “0000” (C2= 0000), dengan memori data pertama yang dikirim “1000” (S= D1000), dan memori data pertama yang diterima “2000” (D=D2000).



Gambar 14 Interface Master dan Slaves

Gambar 14 memperlihatkan *interfaces Master* dan *slaves* yang dibuat pada CX-Protocol.

	@PMCR(260)
C1	#0110
C2	#0000
S	DM1000
D	DM2000

Gambar 15 Contoh Instruksi PMCR(260)

Program pembacaan besaran listrik yang diprogram dan dibaca dengan CX-Programmer dibagi atas empat kelompok dengan mengacu pada Tabel Modbus Register SPM-8 Shihlin.

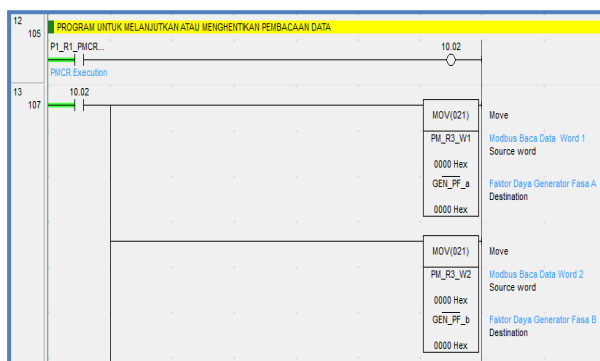
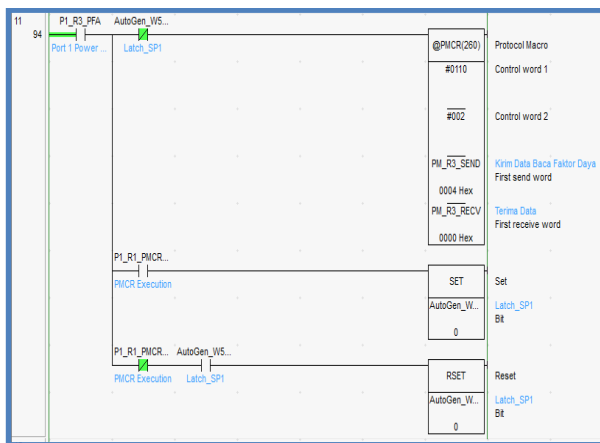
- Kelompok 1: Holding Register, untuk pembacaan Realtime Data Voltage, Curent, Frequency (Float)
- Kelompok 2: Holding Register, untuk pembacaan Realtime Data Power Result (Float)
- Kelompok 3: Holding Register, untuk pembacaan Realtime Data Power Factor
- Kelompok 4: Holding Register, untuk pembacaan Realtime Data Energy (Float)

Berdasarkan pengelompokan pengambilan data seperti dijelaskan diatas, maka dialokasikan

memori data yang diperlukan berdasarkan jumlah data yang akan diambil dengan mengacu pada tabel datasheet meter. Tabel 1 memperlihatkan contoh tabel memori data untuk pembacaan faktor daya. Selanjutnya dilakukan pemrograman PMCR dengan *ladder diagram* seperti diperlihatkan pada Gambar 16.

TABEL 1
CONTOH MEMORI DATA PEMBACAAN FAKTOR DAYA

Nama	Type Data	Alamat	Keterangan
PM_R3_SEND	CHANNEL	D3000	Kirim Data Baca Faktor Daya
PM_R3_NODE	CHANNEL	D3001	Jumlah Word yg akan dibaca
PM_R3_DATA	CHANNEL	D3002	Alamat Awal Address Data
PM_R3_WORDS	CHANNEL	D3003	Jml Keseluruhan yg akan dibaca
PM_R3_RECV	CHANNEL	D3098	Terima Data
PM_R3_W1	CHANNEL	D3100	Modbus Baca Data Word 1
PM_R3_W2	CHANNEL	D3102	Modbus Baca Data Word 2



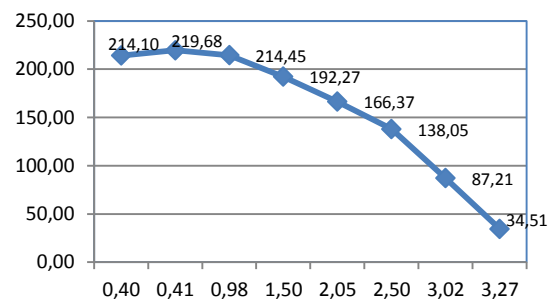
Gambar 16 Ladder Diagram Instruksi PMCR untuk Membaca Faktor Daya Power Meter SPM-8

Program bertujuan mengeksekusi *sequence* “#002” pada SCU yang telah diprogram dengan CX-Protocol untuk membaca Faktor Daya generator yang terukur oleh SPM-8.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Generator Sinkron

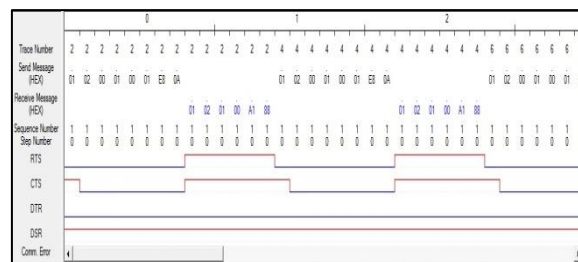
Gambar 17 memperlihatkan grafik hasil pengujian generator sinkron dengan beban resistif $V_L=f(I_L)$. Dari hasil pengujian terlihat tegangan V_L saat beban $I_L = 0,41$ A adalah 214,10 Volt, dan menjadi $V_L=34,51$ Volt saat $I_L= 3,27$ A. Saat pengujian putaran penggerak mula dan arus medan (I_f) tidak dilakukan pengaturan.



Gambar 17 Grafik $V_L=f(I_L)$ dari Generator Sinkron

3.2 Pengujian Komunikasi CX-Protocol

Untuk memastikan bahwa komunikasi dari PLC & SCU ke Power Meter telah bisa dilakukan, maka dilakukan pengujian dengan menggunakan fasilitas *tracing* yang ada pada perangkat lunak CX-Protocol. Pengujian dilakukan dengan *sequence* = 1, *step* = 0, *send messages* = 01 02 00 01 00 01 E8 0A dan responnya atau *receive messages* = 01 02 01 00 A1 88. Gambar 18 memperlihatkan hasil tracing tersebut.



Gambar 18 Hasil Tracing Program CX-Protocol

3.3 Pengujian Program PLC untuk Pembacaan SPM-8

Sebelum menampilkan hasil pengukuran besaran-besaran listrik dari generator dengan perangkat lunak LabVIEW, maka terlebih dahulu dilakukan pengujian program PLC untuk pembacaan nilai yang terukur oleh SPM-8. Nilai yang terukur/terbaca pada memori data PLC

adalah nilai desimal, bukan nilai *real* seperti yang ditampilkan pada display power meter SPM-8.

Tabel 2 memperlihatkan contoh hasil monitoring perubahan nilai arus pada memori data PLC dan nilai yang terukur pada power meter SPM-8, saat generator dibebani secara bertahap dengan menggunakan beban resistif.

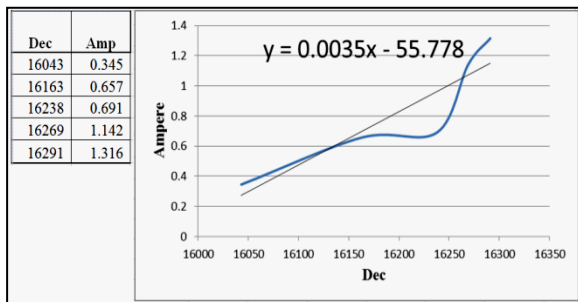
Berdasarkan hasil pengukuran seperti contoh pada Tabel 2, maka dibuat persamaan untuk mengkonversi hasil pengukuran dari nilai desimal yang terbaca di memori data ke dalam bentuk nilai *real* untuk ditampilkan di HMI/ LabVIEW sesuai dengan nilai yang terukur di power meter SPM-8. Persamaan untuk mengkonversi ditentukan berdasarkan grafik hasil data pengukuran (Gambar 19) dan dibuat untuk masing-masing besaran listrik yang akan diukur seperti diperlihatkan pada Tabel 3.

TABEL 2 CONTOH HASIL PENGUKURAN ARUS GENERATOR DENGAN PLC DAN SPM-8

NO	GEN_KW_tot		GEN_I_a		GEN_I_b		GEN_I_c	
	Dec	Watt	Dec	Amp	Dec	Amp	Dec	Amp
1	15220	3.5	15682	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000
2	15845	118.2	16043	0.345	16015	0.287	16029	0.312
3	15967	236.2	16163	0.657	16148	0.598	16156	0.632
4	16033	340.9	16238	0.691	16222	0.897	16232	0.940
5	16060	398.6	16269	1.142	16261	1.073	16266	1.112
6	16086	450.3	16291	1.316	16283	1.245	16288	1.283

Ket :

GEN_KW_tot = Daya output total generator (W)
 GEN_I_a, GEN_I_b, dan GEN_I_c = Arus jala-jala



Gambar 19 Contoh Penentuan Persamaan untuk Konversi Arus Jala-jala Generator

3.4 Pengujian Hasil Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik Generator dengan LabVIEW

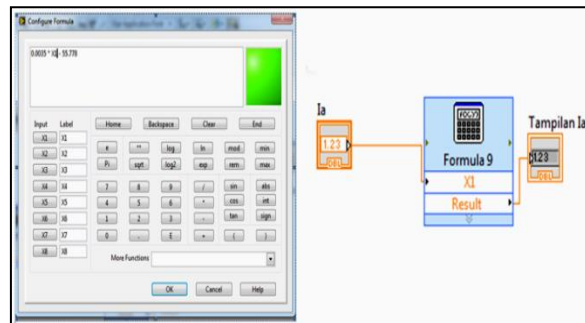
Sebelum melakukan pengujian untuk melihat hasil pengukuran dan monitoring besaran listrik yang terukur dengan LabVIEW, maka terlebih dahulu harus dilakukan pemrograman LabVIEW berdasarkan persamaan seperti ditunjukkan pada Tabel 3, sehingga yang ditampilkan di LabVIEW adalah nilai sama seperti yang terukur di power meter SPM-8.

TABEL 3 PERSAMAAN UNTUK MENGKONVERSI NILAI DESIMAL KE NILAI REAL

No	Parameter Besaran Listrik	Persamaan
1	Gen_VLL_ab (Volt)	$y = 0.8475 * X1 - 14393$
2	Gen_VLL_bc (Volt)	$y = 0.8475 * X1 - 15618$
3	Gen_VLL_ca (Volt)	$y = 0.8475 * X1 - 15062$
4	Gen_Ia (Amp)	$y = 0.0035 * X1 - 55.778$
5	Gen_Ib (Amp)	$y = 0.0035 * X1 - 55.741$
6	Gen_Ic (Amp)	$y = 0.0036 * X1 - 55.368$
7	Gen_KW_tot (Watt)	$y = 1.3596 * X1 - 21443$
8	Gen_KVA_tot (VA)	$y = 1.3967 * X1 - 22034$
9	Gen_KVAR_tot (VAR)	$y = 0.2014 * X1 - 9709$
10	Gen_KWH_tot (Wh)	$y = 0.1 * X1 - 1643.1$
11	Gen_Freq (Hz)	$y = 0.152 * X1 - 2529.4$
12	Gen_PF_avg	$y = 0.0017 * X1 - 82.338$

Variabel y adalah nilai parameter dari tampilan LabVIEW dan X1 adalah nilai decimal dari PLC.

Gambar 20 memperlihatkan contoh pemrograman persamaan di LabVIEW untuk nilai arus jala-jala.



Gambar 20 Pemrograman Persamaan untuk Pengukuran Arus pada HMI/LabVIEW

Untuk mengetahui tingkat akurasi hasil pengukuran dengan LabVIEW dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan menggunakan power meter SPM-8, dilakukan dengan cara membebani generator secara bertahap dengan beban resistif, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Dari hasil perhitungan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan Power Meter dengan LabVIEW, rata-rata *error* hasil pengukuran dengan LabVIEW lebih tinggi 1,24% dari nilai yang terukur dengan menggunakan power meter SPM-8.

TABEL 4 HASIL PENGUKURAN DENGAN PM DAN LABVIEW

NO	GEN_VLL_ab (Volt)		GEN_VLL_bc (Volt)		GEN_VLL_ca (Volt)		GEN_I_a (Amp)	
	PM	Lab View	PM	Lab View	PM	Lab View	PM	Lab View
1	236.1	234.00	238.2	234.61	238.0	235.54	0.36	0.37
2	230.2	229.77	232.3	227.27	231.3	231.11	0.68	0.73
3	222.8	222.99	223.8	219.92	223.6	224.02	0.99	1.00
4	218.0	218.75	219.0	215.33	217.7	219.59	1.17	1.20
5	213.2	215.36	214.5	211.66	214.1	215.15	1.35	1.38

NO	GEN_I_b (Amp)		GEN_I_c (Amp)		GEN_KW_tot (Watt)		GEN_KVA_tot (VA)	
	PM	Lab View	PM	Lab View	PM	Lab View	PM	Lab View
1	0.30	0.31	0.33	0.33	131.6	136.09	134.1	146.99
2	0.62	0.63	0.65	0.67	256.2	258.4	259.7	260.18
3	0.93	0.95	0.96	0.97	369.2	373.54	372.5	389.80
4	1.11	1.12	1.14	1.21	428.4	434.32	432.5	441.70
5	1.28	1.28	1.14	1.20	486.1	473.75	490.5	483.60

NO	GEN_KVAR_tot (VAR)		GEN_KWH_tot (Wh)		GEN_Freq (Hz)		GEN_PF_av	
	PM	Lab View	PM	Lab View	PM	Lab View	PM	Lab View
1	27.70	29.70	3.4	3.6	53.90	51.86	0.98	0.98
2	40.10	42.79	3.4	3.5	52.67	51.26	0.99	0.99
3	50.34	51.25	3.4	3.5	51.78	50.65	0.99	1.09
4	55.76	55.48	3.4	3.5	51.28	50.34	0.99	1.00
5	60.90	59.91	3.3	3.4	50.75	50.04	0.99	1.00

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian “*Protipe Perangkat Pengukuran dan Monitoring Besaran Listrik Menggunakan PLC Berbasis LabVIEW*” untuk mengukur besaran listrik generator telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan, *error* pengukuran di LabVIEW 1,24% lebih tinggi dibandingkan dengan yang terukur oleh power meter SPM-8. Nilai *error* sebesar 1,24% masih dibawah dari spesifikasi rancangan sebesar $\pm 5\%$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, *pertama* kami sampaikan kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI yang telah membiayai penelitian pada tahun anggaran 2013, *kedua* kepada saudara Agis Arif Pujiyono dan Dicky Budi Raharja, mahasiswa Program Studi Teknik Listrik yang telah membantu pengujian di Laboratorium Pengendalian Daya dan Mesin Listrik (PDML)-Teknik Elektro Polban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Chowdhury, S.P. Chowdhury and P. Crossley, “*Microgrids and Active Distribution Networks*”, The Institution of Engineering and Technology, Michael Faraday House, Six Hills Way, Stevenage, Herts, SG1 2AY, 2009, United Kingdom.
- [2] Pandjaitan Bonar, “*Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis SCADA*”, Prenhallindo, 1999, Jakarta.
- [3] Rikiya Abe, Hisao Taoka, and David McQuilkin, “Digital Grid: Communicative Electrical Grids of the Future”, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2011, Vol. 2, No. 2.
- [4] Naregalkar Akshay, K. Uday Sravanth, Rahul Varanasi, and J. Ankitha Reddy, “Real Time Automated Control of Industrial Processes with PLC-LABVIEW Communication”, *International Journal for Research in Science & Advanced Technologies*, 2012, Issue-1, Volume-1 ,035-038.
- [5] Tadej Tasner, Darko Lovrec, Francisek Tasner, Jorg Edler, “Comparasion of LabVIEW and MATLAB for Scientific Research”, *International Journal of Engineering*, Tome X, Fascicule, 2012, ISSN 1584-2673.
- [6] Omron, “*Protocol Macro Modbus for CS1/CJ1 series*”, 2002.
- [7] Omron, “*Sysmac CX-Protocol Ver. 1.9 Oparation Manual*”, 2010, Cat. No. W344-E1-12.
- [8] Omron, “*Instructions Reference Manual*”, 2002, Cat. No. W340-E3-3.