

# **STUDI PERENCANAAN PROTOTIPE SISTEM OTOMASI METERING GARDU INDUK MENGGUNAKAN KONSEP HUMAN MACHINE INTERFACE**

---

---

**Irwan Heryanto Eryk<sup>1</sup>, Slamet Nurhadi<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Teknik Listrik, Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>eryk@polinema.ac.id

## **Abstrak**

Penelitian ini mempelajari otomatisasi sistem pemantauan gardu induk terutama dalam peralatan meteran. Ini bertujuan untuk merencanakan dan mengimplementasikan desain gardu yang dipantau dengan program WinCC SIMATIC. Peralatannya adalah PLC, PM-710, SIMATIC WinCC, Movicon, relay, MCB, CT dan Transformers. Ini menggunakan 3 phase power supply yang terhubung ke beberapa beban Resistor (R), Induktor (L), dan Capacitor (C). PM-710 digunakan untuk mengukur data beban keluar yang terhubung dan disimpan ke Personal Computer (PC). Percobaan menggunakan beban bervariasi. Berdasarkan modul, gardu daya disimulasikan dengan WinCC dan data pengukuran pengukuran seperti daya nyata, daya semu dan faktor daya serta frekuensi oleh MOVICON yang ditampilkan di monitor PC.

**Kata-kata kunci:** SIMATIC WinCC, Movicon, Otomasi Gardu Induk

## **Abstract**

*This research is studying the automation of substation monitoring system especially in metering equipment. It was aimed to plan and implemented the substation design that monitored with SIMATIC WinCC program.*

*The equipments are PLC, PM-710, SIMATIC WinCC, Movicon, relay, MCB, CT and Transformers. It used 3 phase power supply connected to several load of Resistor (R), Inductor (L), and Capacitor (C). PM-710 was used to measure the outgoing load datas that connected and saved to Personal Computer (PC). The experiment were using the varied load.*

Base on the module, the power substation simulated with WinCC and the reading metering datas such as real power, apparent power and power factor also frequency by MOVICON that displayed in the PC monitor.

**Keywords:** SIMATIC WinCC, Movicon, Automated Substation.

## 1. PENDAHULUAN

Di Indonesia Gardu Induk PLN umumnya bersifat konvensional, sehingga memerlukan beberapa operator untuk memantau, mengontrol, dan mengoperasikan gardu induk tersebut. Oleh karena dioperasikan oleh operator, tingkat *human error* dan kecepatan serta keakuratan *monitoring* sulit untuk divalidasi dan waktu monitoring yang lebih lama dibanding dengan menggunakan sistem otomasi. Sistem ini memungkinkan monitoring dari jarak jauh, tanpa harus mendatangi objek monitoring secara manual. Peralatan electronic sebagai perangkat otomasi ini akan memperbaiki performa dari sistem monitoring secara manual. Untuk itu, perlu dibangun beberapa Gardu Induk Tanpa Operator (GITO).

GITO akan memberikan kemudahan dalam hal pengawasan, pengendalian, pengambilan data dan pengolahan data serta pengoperasian gardu induk maka digunakanlah sistem otomasi gardu induk tanpa operator (ABB, 2006). Sehingga semua operasional dari gardu induk tersebut diawasi dan dioperasikan dari Pusat Penyaluran dan Pengaturan Beban (P3B).

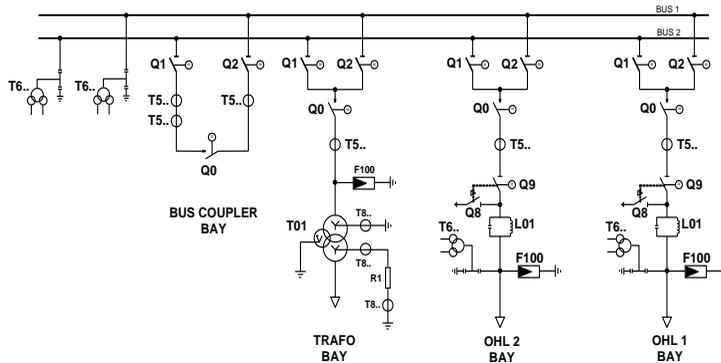
## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Single Line Diagram Gardu Induk

Di bagian *switchyard* yang merupakan tempat interkoneksi untuk keluar dan masuknya tegangan listrik 150 kV serta sumber untuk saluran ke distribusi dari penurunan tegangan 150/20 kV melalui transformator daya, di bagian *switchyard* ini terdiri dari 3 saluran, yaitu:

1. Bay OHL (*Over Head Line*) saluran tegangan udara.
2. Bay Coupler, sebagai penghubung dan pemilihan busbar 150 kV. Untuk Gardu Induk Tulung Agung terdiri dari dua busbar/*double bus* yaitu Busbar 1 dan Busbar 2.
3. Bay transformer, pada bay ini sumber tegangan dari busbar yang didapat dari beberapa saluran transmisi diturunkan dari

150 kV menjadi 20 kV untuk disalurkan ke jaringan distribusi.



**Gambar 1. Single line diagram minimum sistem gardu induk**

**KETERANGAN**

- Q1 : *Circuit breaker*
- Q1, Q2, Q9 : *Disconnecting Switch*
- Q8 : *Earthing Switch*
- F100 : *Lightning Arrester*
- T01 : *Power Transformer*
- T5 : *Current Transformer*
- T6 : *Voltage Transformer*
- T8 : *Neutral Current Transformer*
- L01 : *Line Trap*
- R1 : *Neutral Earth Resistor*
- OHL : *Over Head Line*

**2.2 Otomasi Gardu Induk**

Pada system otomasi Gardu Induk, peralatan proteksi, kontrol, dan pengukuran dapat berkomunikasi satu sama lain baik secara lokal maupun secara remote.

Peralatan utama tiap bay, yang ada pada switchyard yaitu *Lighting Aresters, Circuit Breakers, Current Transformers, Capacitor Voltage Transformers (CVT), Disconnecting Switches, Power Transformers* dikoneksikan menggunakan kabel menuju

*Marshalling Kiosk*, dimana berfungsi sebagai terminal menuju ke *Control Building*. Kemudian Output dari *Marshalling Kiosk* dikoneksikan ke panel.

Peralatan komunikasi sangatlah dibutuhkan dalam penyaluran data komunikasi, proteksi, maupun telemetering Gardu Induk. Fungsi masing - masing peralatan komunikasi berkaitan dan saling berhubungan satu sama lain.

Pemrosesan informasi (sinyal input) menghasilkan sinyal output yang selanjutnya digunakan untuk mengaktifkan aktuatur (peralatan output) yang dapat berupa motor listrik, kontaktor, katup selenoid, lampu, dan sebagainya. Dengan peralatan output, besaran listrik diubah kembali menjadi besaran fisik.

*Nation Electrical Manufacturers Association*” ( NEMA), memberikan suatu standar pengertian dari PLC, yaitu : Suatu peralatan listrik yang beroperasi digital dengan menggunakan “Programmable Memory” untuk penyimpanan instruksi-intruksi internal sebagai pengganti kerja dari peralatan-peralatan yang mempunyai ungsi-fungsi spesifik seperti : “Logis Sequence, timer, counter dan Aritmatics”, untuk mengontrol kerja mesin-mesin atau proses melalui modul input-output secara digital.

Untuk menyesuaikan dengan keadaan kerjanya, maka PLC dirancang untuk dapat beroperasi pada lingkungan industry yang berdebu dan tingkat polusi yang tinggi, dengan Fluktuasi temperature 0° - 60° C dan kelembaban relative antara 0% - 95%.

### **2.3 HMI (Human Machine Interface)**

*Human Machine Interface* (HMI) atau sering juga disebut dengan *Man Machine Interface* (MMI) adalah software yang digunakan untuk memonitor dan mengontrol mesin atau proses di suatu pabrik. Dalam dunia otomasi industri, HMI diinstal pada komputer desktop, sebelum menggunakannya harus membuat aplikasi (*project*) terlebih dahulu sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Aplikasi/*project* tersebut dapat berisi gambar-gambar yang akan ditampilkan, data-data yang akan dimonitor/dikontrol/di-*log*, alarm-alarm, *trending*, report dan sebagainya. *Project* ini dibuat dengan software HMI versi ‘development’, dan setelah selesai dapat dijalankan dengan software HMI versi ‘run time’ untuk pemakaian sehari-hari oleh

operator. Software HMI umumnya memiliki kemampuan sebagai berikut :

1. Menampilkan gambaran suatu mesin atau proses yang sedang berlangsung
2. Memonitor dan mengontrol data-data secara real time
3. Fungsi-fungsi Alarm, Trending, Logging Data
4. Dapat menerapkan sistem kode akses/password user

#### **2.4 Hubungan dengan SIMATIC WinCC**

SIMATIC WIN CC adalah sebuah software yang digunakan oleh seorang operator untuk bekerja dilingkungan dimana untuk memproses mesin atau sebuah *plant*. HMI ini menunjukkan hubungan antara seseorang dimana sebagai operator dan yang diproses yaitu mesin atau sebuah *plant*. Untuk mengontrolnya digunakan sebuah unit misalnya PLC. Oleh sebab itu, dibutuhkan hubungan antara operator dan Win CC flexible dan hubungan antara Win CC flexible dan pengontrol.

SIMATIC HMI dapat menggabungkan sistem satu sumber untuk seorang operator yang mengontrol pipa- pipa pada pabrik dan memonitoringnya lewat Win CC ini. Dengan SIMATIC HMI kita dapat memproses dan selalu menjaga mesin kita agar tetap bekerja. Sebagai contoh kecil penggunaan SIMATIC HMI yaitu sebuah panel kecil yang digunakan untuk mesin- mesin. SIMATIC HMI ini dapat digunakan untuk mengontrol dan memonitoring produksi sebuah *plant* yang menggambarkan tentang aliran dari sebuah *plant*.

WinCC fleksibel dapat dipakai sebagai modul untuk mendesain sebuah mesin, khususnya untuk monitoring. WinCC fleksibel digunakan untuk mendukung konfigurasi beberapa konsep otomasi yang berbeda. HMI dapat disambungkan melalui control lewat proses bus sistem. Beberapa HMI dapat disambungkan ke satu atau lebih control lewat proses bus (PROFIBUS atau Ethernet). Sistem HMI dapat disambungkan ke PC melalui Ethernet.

### **3. METODE**

Penelitian ini memerlukan peralatan sebagai berikut:

1. PLC

PLC yang digunakan adalah PLC jenis OMRON jenis SYSMAC CPM2A dengan I/O 20. Dengan Input 12 dan Output 8.

2. PM

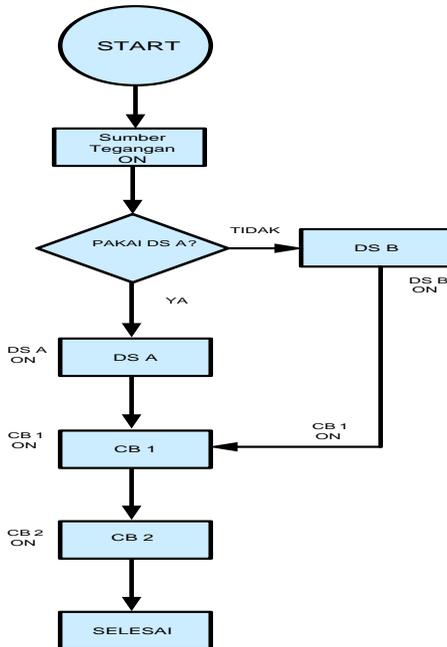
PM yang digunakan adalah PM 710 merk schneider. PM ini dapat mengukur kWh, frekuensi, arus, tegangan dan  $\cos \phi$

3. SIMATIC Win CC

4. Peralatan *Metering*

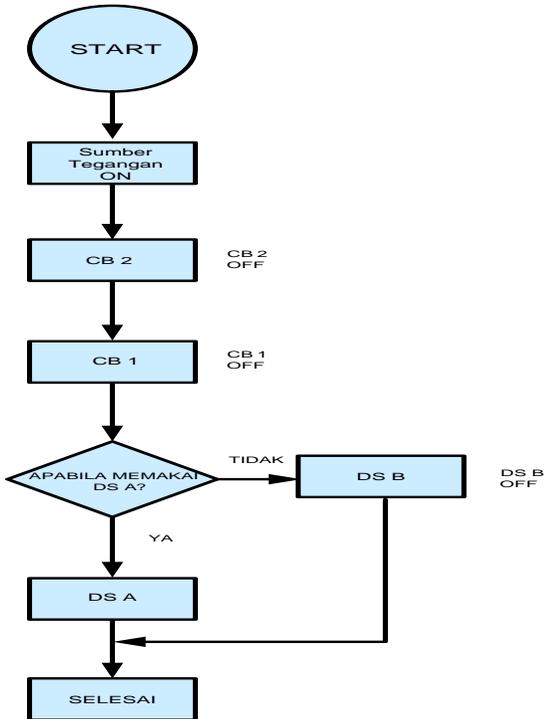
Untuk *metering* pada gardu induk terdapat: tegangan, arus, frekuensi,  $\cos \phi$  dan daya.

Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Flow Chart Penyambungan Jaringan

Sedangkan gambar 3 adalah urutan pelepasan jaringan.



Gambar 3. Flow chart pemutusan jaringan

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Modul Otomasi Gardu Induk

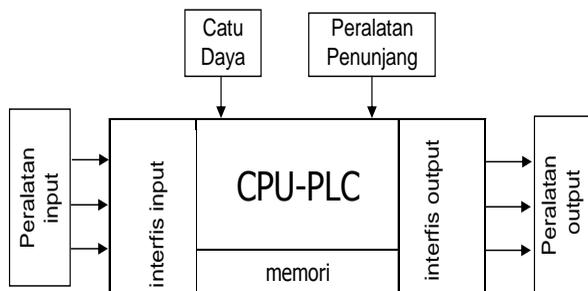
Modul otomasi ini dirancang dan diaplikasikan sebagai miniatur Gardu Induk. Hasil perencanaan ini dapat dilihat di Gambar 4



Gambar 4. Rangkaian modul otomasi gardu induk

#### 4.2 PLC ( Programmable Logic Controller)

PLC ini digunakan sebagai pengatur ON/OFF *Disconnecting Switch* maupun *Circuit Breaker* dengan input beberapa relay pengaman. *Ladder* yang digunakan adalah CX programmer. Fungsi *ladder* disini untuk mensetting PLC agar bisa digunakan untuk kontrol. Dari *Ladder* ini akan di transfer ke Win CC melalui pengaturan- pengaturan yang ada di program Win CC.



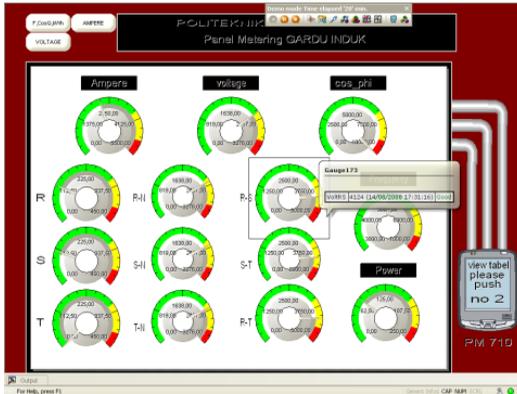
Gambar 5. Blok diagram CPU-PLC pada simulasi

#### 4.3 Simulasi Pengoperasian *Metering* Otomasi Gardu Induk

Dalam pembacaan *Metering* modul otomasi ini, menggunakan program MOVICON karena menggabungkan dengan Power Meter buatan schneider, disini dapat dilihat

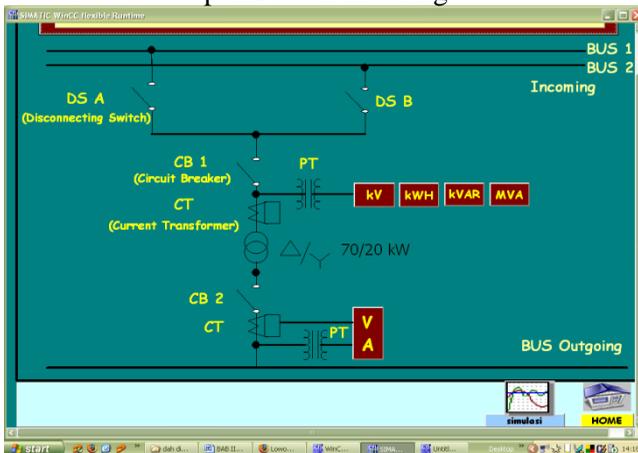
berbagai macam pengukuran diantaranya Tegangan (L-L atau L-N), Arus (R,S,T), Daya, *Power Factor* dan sebagainya.

Pada simulasi ini *metering* berdasarkan *single Line diagram* pada gambar 6 berikut ini



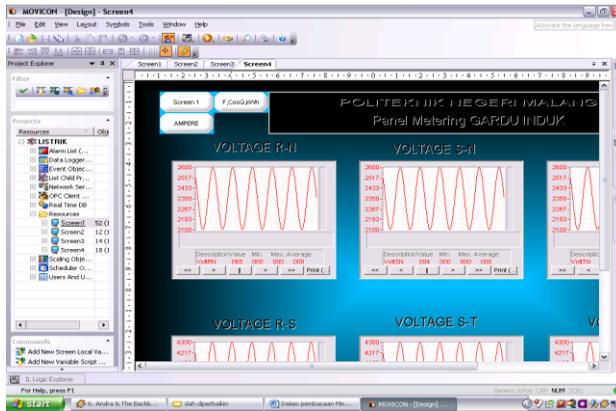
Gambar 6. Single line diagram simulasi

Dalam pembacaan metering ini terdapat dua macam pembaca metering yang pertama bisa dilihat dengan bentuk knot atau dengan bentuk grafik dimana keduanya digunakan untuk memudahkan dalam pembacaan metering.



Gambar 7. Layar / Screen Metering

Pada Layar Pertama ini Pembacaan matering menggunakan knot dimana pembacaan materingnya jadi satu. Ada Arus R, S dan T, Tegangan (L-L dan L-N), Cos Q, Frekuensi maupun daya. Setiap layarnya ada tiga tombol untuk mengetahui pembacaan *metering* yang diinginkan.



Gambar 8. Layar / screen matering yang sudah dijalankan mode knot

### 4.3 Pengujian Kinerja Alat

Modul otomasi Gardu Induk ini perlu diuji validitas dan kerjanya, sesuai dengan tujuan penelitian ini. Akurasi dan kepekaan alat berdasarkan spesifikasi teknis dari pabrikan. Pengujian ini untuk mengetahui komunikasi data antar komponen, sehingga data dari metering dan monitoring peralatan *switching* dapat terbaca di PC maupun *mimic board*.

Tabel 1. Variasi Beban Dengan Melihat Penunjukan Metering Kwh

Beban	Metering kWh dengan t masing-masing = 3 menit		
	Posisi Awal	Posisi Akhir	E
R (100 W)	0.113	0.185	0.072
L (0.96 H)	0.185	0.216	0.031
C (4 $\mu$ F)	0.216	0.224	0.008
R//L	0.356	0.463	0.107
L//C	0.323	0.356	0.033

R/C	0.463	0.549	0.086
R//L//C	0.224	0.323	0.099

**Tabel 2. Hasil Pembacaan Metering Dengan Variasi Beban**

Beban	U (volt)			I phasa (A)		
	R-S	S-T	R-T	R	S	T
R (100 W)	221	218	221	1,4	1,6	1,4
L (0.96 H)	213	218	218	1,5	2,1	2,1
C (4µF)	221	218	223	1,4	1,5	1,3
R// L	198	201	202	2,2	2,4	2,3
L//C	197	201	203	0,9	1,1	1,2
R//C	199	200	200	1,2	0,9	1,3
R//L//C	196	199	201	1,7	1,5	1,8

**Tabel 3. Hasil Pembacaan Metering Daya Dengan Variasi Beban**

Beban	frek (Hz)	pf	Daya		
			P	Q	S
R (100 W)	50.05	0.947	3.87	1.6	4.68
L (0.96 H)	50	0.275	0.458	1.502	1.728
C (4µF)	50	0.167	0.471	1.547	1.774
R// L	49.88	0.697	4.20	1.78	5.09
L//C	50.07	0.374	4.34	1.92	5.28
R//C	50.03	0.748	4.27	1.83	5.17
R//L//C	50.02	0.837	4.11	1.71	4.97

Berdasarkan Tabel 2 sampai dengan 3 dapat dilihat bahwa alat sudah dapat berfungsi dengan normal, karena pembacaan di Metering sama dengan pembacaan yang tertera di layar PC. Demikian juga untuk *switching* ON / OFF sudah dapat berjalan normal

## 5. PENUTUP

Dari pembahasan perencanaan yang telah dibuat maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Dengan menggunakan Otomasi Gardu Induk, pengoperasian CB dan DS dapat dilakukan secara *Remote* (melalui PC) dan Lokal (melalui panel modul).
- 2) Desain Modul Otomasi Gardu Induk:
  - a. Untuk *Switching* Menggunakan PLC dengan monitoring Simatic WinCC.
  - b. Untuk *Metering* menggunakan PM710 dengan monitoring MOVICON.
- 3) Melihat dari data yang telah didapatkan terlihat perbedaan pembacaan kWh pada modul *metering* dengan nilai perbandingan antara posisi awal dan akhir untuk variasi beban dengan nilai total konsumsi energy (E).
- 4) Dengan variasi beban seri ataupun paralel nilai tegangannya terdapat selisih, antara R-S, S-T dan R-T. Sebagai contoh untuk beban R (100 W) nilai R-S adalah 221, R-T adalah 218 dan R-T adalah 221 dengan satuan volt.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] ABB, 2006, *Substation Monitoring System*, ABB Publisher
- [2] Anonym. 2000. Field Test Procedure For protective Relays, vol. 3 – 8. Facilities Engineering Branch Denver Office Denver, Colorado
- [3] Bonggas, L. Tobing, 2003, *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*, Gramedia-Jakarta.
- [4] Hewitson, LG, Brown, M and Balakrishnan, M. 2004. *Practical Power System Protection*. Elsevier. Netherlands.
- [5] Horowitz, SH and Phadke, AG. 2008. *Power System Relaying* (third edition). John Wiley & Sons Ltd, UK
- [6] IEEE. 1998. *IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, USA.
- [7] John McDonald, “Substation automation – IED integration and availability of information”, *IEEE Power and Energy magazine*, March/April 2003
- [8] Kezunovic, M, Luo, Zhang, N, and H. Song. 2008. *Testing*

- and Evaluating New Software Solutions for Automated Analysis of Protective Relay Operations. Department of Electrical and Computer Engineering, Texas A&M niversity.
- [9] Kezunovic,M, Luo, Zhang,N, and H. Song. 2008. Testing and Evaluating New Software Solutions for Automated Analysis of Protective Relay Operations. Department of Electrical and Computer Engineering, Texas A&M niversity.
- [10] Y.Wu, June 2005, “Automatic simulation of IED measurements for substation data integration studies” – IEEE PES General Meeting,, San Francisco, USA