

Research Article

Perancangan Simulasi *Supervisory Control and Data Acquisition* pada Prototipe Sistem Listrik RedundantMuhammad Supono Kurniawan¹, Iwan Setiawan², Aris Triwiyatno²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
2. Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Abstract

The existence of electrical energy to human needs can not be separated, electrical energy is used by all humans on this planet from small scale region (household) to large-scale region such as industries. The electric energy quantity and quality demand of the electricity transmission system has been increasing over the time. Failure in the electricity transmission system can be fatal to the electrical components or operational loss in an industry. SCADA is proposed to accommodate these problems. It capables to monitor and control the disturbance on the electrical redundant system. The purpose of this final project is to simulate the SCADA on redundant power system to eliminate the failure of power transmission lines such as open-circuit failure, short circuit, and overload that can be controlled directly from the plant or through a computer interface. The Finite State Machine (FSM) and ladder diagram programming language are used to design the PLC system. There are hardware and software to support this final project, such as plant of redundant electrical systems, PLC CPM1A Omron, Laptop, CX One 9.0 software for programming the PLC and the CX Supervisor 3.0 to build the HMI. The result showed that the current sensors can be used to detect overload failure and simulate short circuit failure. Plant redundant electrical system can be monitored and controlled through the input-output of the plant, the interface on the computer, and World Wide Web. There is a relay on plant that can connect power lines to cutting power lines when the failure occurs. If an failure occurs in the form of open circuit, short circuit or overload the alarm and failure indicator will active.

Keyword : SCADA, PLC, open circuit, short circuit, overload**I. PENDAHULUAN****1.1 Latar Belakang**

Dewasa ini perkembangan dunia otomasi dan sistem kontrol jarak jauh pada sebuah plant, menimbulkan kebutuhan akan aplikasi SCADA. Adanya SCADA membuat pengontrolan dan monitoring mudah dilakukan, cukup melalui control room seorang operator dapat dengan mudah memantau peralatan yang berada pada plant yang jauh^[7].

Dari waktu ke waktu kebutuhan akan kuantitas energi listrik dan kualitas sistem transmisi listrik semakin mengalami peningkatan. Kegagalan dalam sistem transmisi listrik bisa berakibat fatal bagi kerusakan komponen listrik maupun kerugian operasional pada sebuah industri^[10]. Untuk mengakomodasi masalah tersebut dibangun sebuah sistem yang mampu memonitoring dan mengendalikan gangguan berupa SCADA pada sistem listrik redundant. Diharapkan dengan melibatkan aspek otomatisasi berupa sistem SCADA dapat meningkatkan aspek safety dan easy pada plant yang dikontrol

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mensimulasikan SCADA pada plant sistem listrik redundant yang dapat dikendalikan langsung dari plant maupun melalui interface komputer untuk menghindari gangguan jalur transmisi listrik seperti gangguan hubung buka, hubung singkat, dan overload

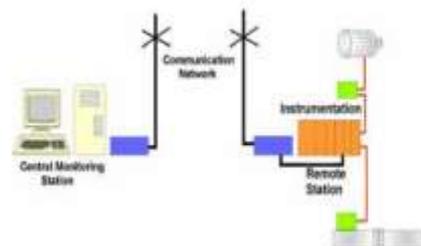
1.2 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Sistem redundant yang dibangun hanya meliputi plant sistem listrik dengan beberapa indikator berupa led, buzzer, motor kipas, dan push button.
2. Tidak membahas sistem kelistrikan secara umum dan tidak membahas aplikasi web yang telah ada.

II. DASAR TEORI**2.1 Pengenalan SCADA^[1]**

SCADA atau *Supervisory Control and Data Acquisition* adalah suatu sistem yang mengumpulkan data dan menganalisisnya secara *real time*. SCADA tidak sepenuhnya sebagai pengontrol tetapi fokusnya pada tingkat pengawasan dan pemantauan. Sistem SCADA merupakan kombinasi antara telemetri dan akuisisi data. Telemetri merupakan suatu teknik yang digunakan dalam pengiriman dan penerimaan informasi atau data melalui suatu medium. Sedangkan akuisisi data merupakan proses pengumpulan data. Informasi ini dipancarkan atau dikirim ke daerah tertentu melalui berbagai media komunikasi. Data yang dikirimkan tersebut dapat berupa data analog dan data digital yang berasal dari berbagai sensor. Gambar 1 menunjukkan sistem SCADA.

**Gambar 1** Gambaran sistem SCADA secara umum

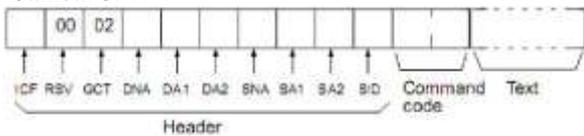
Jadi proses yang terjadi pada sistem SCADA ini adalah pengumpulan informasi berupa hasil pengukuran dan pengontrolan dari berbagai daerah dan hasilnya dapat ditampilkan pada layar sehingga operator dapat melihat hasilnya secara bersamaan dengan yang didapat di daerah asal (*real time data*).

2.2 Protokol Komunikasi

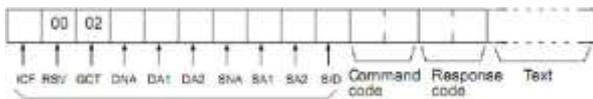
Protokol komunikasi dapat diibaratkan sebagai sebuah bahasa/aturan yang digunakan pada sebuah sistem sehingga sistem tersebut dapat melakukan komunikasi satu dengan yang lainnya. Pada sistem otomasi industri terdapat bermacam-macam protokol komunikasi.

2.2.1 FINS Protokol^[3]

FINS adalah salah satu protokol yang dimiliki oleh omron yang tidak dimiliki oleh merk PLC lain. FINS protokol ini dapat digunakan di berbagai media komunikasi yang terdapat pada PLC omron diantaranya adalah Serial, *Controler Link* serta *Ethernet*. Secara garis besar Protokol FINS terbagi dalam dua jenis seperti terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



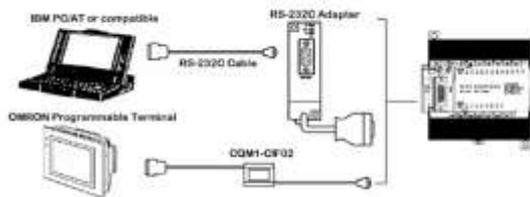
Gambar 2 Command Data Structure FINS



Gambar 3 Response Data Structure FINS

2.2.2 Host Link Communications (HLC)^{[3][11]}

Host Link communications merupakan jenis protokol komunikasi, di mana PC mengirimkan tanggapan terhadap perintah yang dikeluarkan dari komputer dan dapat digunakan untuk membaca dan menulis data pada PC dan mengontrol beberapa operasi PC. HLC tidak memerlukan program untuk komunikasi dengan komputer. *Host Link Communication* dapat langsung digunakan melalui port peripheral atau port RS-232 PLC CPM seperti pada Gambar 4.



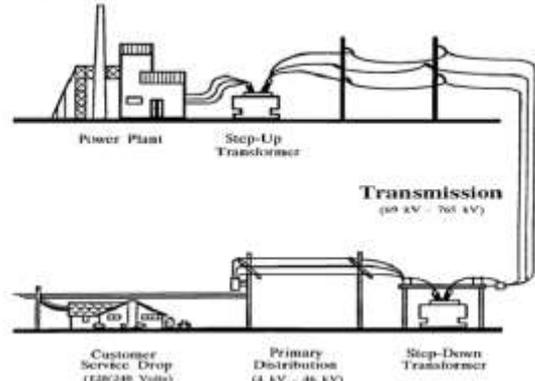
Gambar 4 Host Link dengan media komunikasi RS-232

2.3 Sistem Tenaga Listrik^[10]

Listrik yang sampai ke konsumen, melalui proses yang kompleks. Mulai dari pembangkitan, transmisi, distribusi hingga sampai ke beban pelanggan. Sistem penyaluran listrik tidak hanya bagaimana mengirim listrik dari pembangkit menuju beban, tetapi dengan adanya *redundant* tentu akan menambah kualitas sistem tenaga listrik. Misalnya terjadi *maintenance* pada salah satu bagian jalur transmisi maka jalur listrik akan didistribusikan melalui jalur lain.

Pada umumnya penyaluran tenaga listrik dari pusat

pembangkit hingga sampai pada konsumen melalui beberapa urutan seperti Gambar 5.



Gambar 5 Diagram sistem tenaga listrik

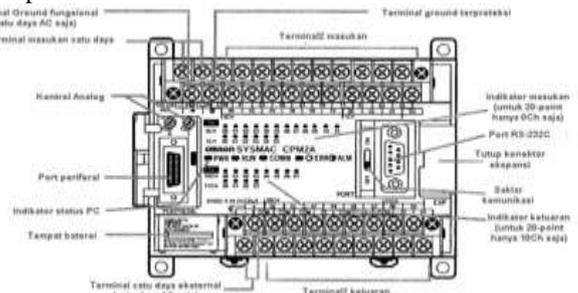
2.4 Human Machine Interface (HMI)^[5]

HMI merupakan perangkat lunak antar muka berupa *Graphical User Interface* berbasis komputer yang menjadi penghubung antara operator dengan mesin atau peralatan yang dikendalikan serta bertindak pada level *supervisory*. Secara umum HMI memiliki fungsi-fungsi seperti berikut:

- *Setting*
- *Monitoring*
- *Take action*
- *Data Logging & Storage*
- *Alarm history dan summary*
- *Trending*

2.5 PLC Omron CPM1A^[11]

Tiap-tiap PLC pada dasarnya merupakan sebuah mikrokontroler (CPU-nya PLC bisa berupa mikrokontroler maupun mikroprosesor) yang dilengkapi dengan periferil yang berupa masukan digital, keluaran digital atau relay. Perangkat lunak programnya menggunakan apa yang dinamakan sebagai diagram tangga atau *ladder diagram*. PLC Omron CPM1A dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 PLC Omron CPM1A

Selain adanya indikator keluaran dan masukan, terlihat juga adanya 4 macam lampu indikator, yaitu:

Tabel 1 Arti lampu indikator PLC CPM1A

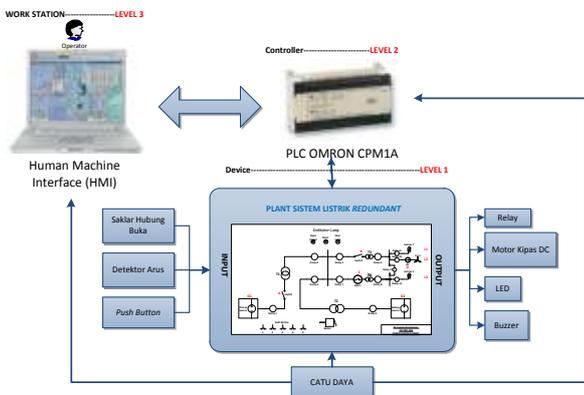
Indikator	Status	Keterangan
PWR (hijau)	ON	Catu daya disalurkan ke PLC
	OFF	Catu daya tidak disalurkan ke PLC
RUN (hijau)	ON	PLC dalam kondisi mode kerja RUN atau MONITOR
	OFF	PLC dalam kondisi mode PROGRAM atau munculnya kesalahan yang fatal.
COMM (kuning)	Kedip	Data sedang dikirim melalui port periferal.
	OFF	Tidak ada proses pengiriman data melalui port periferal.
ERR/ALM (merah)	ON	Muncul suatu kesalahan fatal (operasi PLC berhenti).
	Kedip	Muncul Suatu kesalahan tak-fatal (operasi berlanjut).
	OFF	Operasi berjalan dengan normal.

Selain 4 lampu indikator, juga biasa ditemukan adanya fasilitas untuk melakukan hubungan komunikasi dengan komputer, melalui RS-232C atau yang lebih dikenal dengan port serial.

III. PERANCANGAN SISI TRANSMITTER GIGABIT WLAN

3.1 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Perancangan perangkat keras SCADA pada sistem listrik *redundant* ini terdiri dari PLC CPM1A 40CDR, laptop, *relay*, *push button*, kipas, led, *buzzer*, rangkaian pendeteksi *overload* dan hubung singkat. PLC CPM1A sebagai unit kontrol pengendali *plant*, laptop sebagai piranti *human machine interface* (HMI), *relay* untuk menyambung atau memutuskan jalur listrik, *push button* sebagai input masukan, kipas sebagai beban, led sebagai indikator *ouput relay*, dan *buzzer* sebagai indikator alarm. Secara umum perancangan perangkat keras sistem ditunjukkan pada gambar 7.



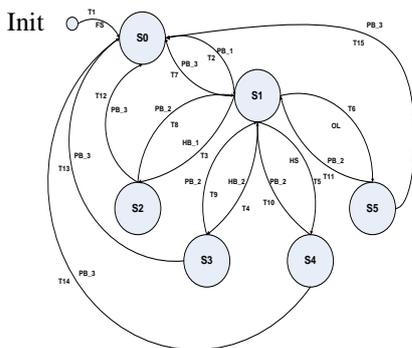
Gambar 7 Rancangan hardware plant simulasi SCADA

3.2 Perancangan perangkat Lunak (Software)

Pada Penelitian ini, untuk perancangan perangkat lunak digunakan diagram *ladder* dengan software CX-Programmer versi 9.0. Pada bagian pemrograman digunakan diagram *ladder* karena kemudahan, kesederhanaan, dan diagram *ladder* merupakan bahasa pemrograman yang mendukung PLC CPM1A. Selain perintah-perintah dalam diagram *ladder*, dapat pula kita lihat instruksi-instruksi program dalam bentuk *mnemonic*. Tampilan *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan software CX Supervisor versi 3.0.

3.2.1 Perancangan Diagram State

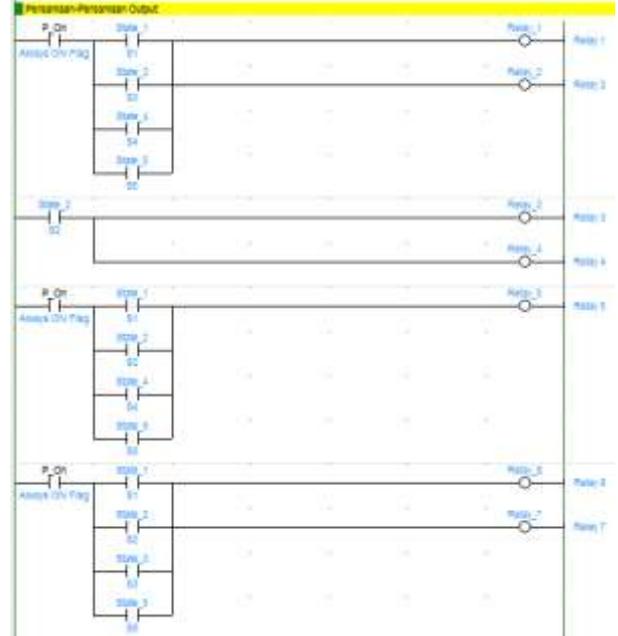
Perancangan diagram *ladder* pada Penelitian ini menggunakan pendekatan dengan diagram *state*.



Gambar 8 Diagram state plant sistem listrik redundant.

Dari gambar *state* di atas dapat ditransformasikan menjadi persamaan-persamaan *state*, kemudian dari

persamaan tersebut direalisasikan dalam diagram *ladder* seperti Gambar 9.



Gambar 9 Realisasi diagram ladder dari persamaan state.

3.2.2 Pembuatan Halaman Pada HMI

Gambar dan animasi dibuat dengan mengambil beberapa *library* yang telah disediakan oleh CX-Supervisor kemudian kita tinggal memasukkan data atau membuat algoritma program. Gambar 10 menunjukkan tampilan program.



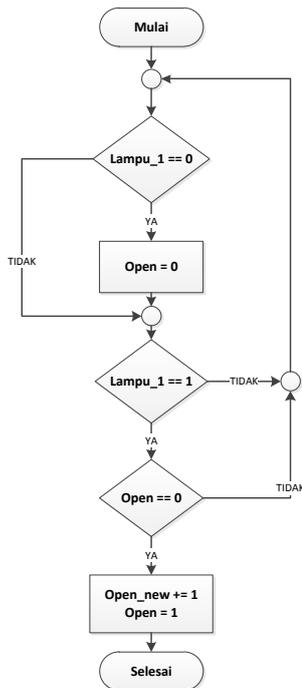
Gambar 10 Tampilan software CX-Supervisor 3.0

Pada Penelitian ini dibuat akses *security* dan *chart* yang menampilkan jumlah gangguan. Rutin program *security* adalah sebagai berikut:

```

Login()
`script tombol login
IF $SecurityLevel < 1 THEN
Message( "Maaf Anda Tidak Berwenang
Mengakses Halaman Lain")
ENDIF
`script untuk halaman yang aksesnya
dibatasi
Logout(TRUE)
`script tombol logout
    
```

Flow chart dari *chart* gangguan yang akan dibuat seperti Gambar 11.



Gambar 11 Contoh flow chart program untuk gangguan open circuit

IV. ANALISIS dan PENGUJIAN SISTEM

4.1 Pengujian Sensor Arus

Hasil pengukuran detektor hubung singkat dan overload masing-masing dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2 Hasil pengukuran sensor arus pada rangkaian detektor hubung singkat

Masukan			Keluaran	
Vout sensor	I Pengukuran	I Perhitungan	Vout Komparator	Status PLC
3,32	0,135 (mA)	0,138 (mA)	0	OFF
3,88	0,140 (mA)	0,141 (mA)	0	OFF
4,62	0,193 (mA)	0,196 (mA)	0	OFF
6,00	0,25 (mA)	0,25 (mA)	20,5	ON
7,54	0,31 (mA)	0,314 (mA)	20,7	ON

Tabel 3 Hasil pengukuran sensor arus pada rangkaian detektor overload

Masukan			Keluaran	
Vout sensor	I Pengukuran	I Perhitungan	Vout Komparator	Status PLC
0,95	0,92 (A)	0,95 (A)	0	OFF
0,96	0,91 (A)	0,96 (A)	0	OFF
0,95	0,91 (A)	0,95 (A)	0	OFF
1,48	1,39 (A)	1,48 (A)	14,2	ON
1,47	1,38 (A)	1,47 (A)	14,5	ON

4.2 Pengujian Program PLC CPM1A

Pengujian dilakukan dengan memonitor indikator PLC dan diagram ladder pada software CX-Programmer V9.0. Hasil pengujian dibagi menjadi 6 bagian sesuai dengan perancangan state yang dibuat.

4.2.1 Pengujian 1

Pengujian pertama dilakukan saat pertama kali sistem dihidupkan, dan PLC disetting pada mode run. Pada diagram ladder tidak menunjukkan adanya koil dan kontaktor yang aktif, hal ini menunjukkan sistem belum masuk pada algoritma program. Kemudian setelah tombol PB_0 ditekan,

koil state_0 pada alamat AR1.08 aktif. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah masuk pada state_0 dimana semua input maupun output masih belum aktif.

4.2.2 Pengujian 2

Pengujian kedua dilakukan dengan menekan tombol PB_1, sistem yang sebelumnya ada pada state_0 akan berpindah menuju state_1.

Pada PLC indikator relay_1, relay_2, relay_5, relay_6, relay_7, relay_8, relay_9, relay_10, relay_11, dan relay_12 hidup, sementara itu lampu indikator kerusakan plant dan alarm mati. Hasil pengujian ini sesuai dengan algoritma program pada state_1 dimana sistem pada keadaan normal.

4.2.3 Pengujian 3

Pengujian ketiga dilakukan dengan menekan saklar HB_1 yang merupakan input gangguan hubung singkat pertama.

Pada diagram ladder state_2 akan aktif, hal ini berarti terjadi gangguan 1 berupa hubung buka. Jalur transmisi listrik yang sebelumnya melewati jalur normal akan berubah melewati jalur opsional kedua yaitu relay_1 dan relay_2 terputus. Kemudian relay_3 dan relay_4 aktif, diikuti oleh indikator lampu hubung buka dan alarm menyala.

4.2.4 Pengujian 4

Pengujian keempat dilakukan dengan memberi gangguan kedua, yaitu dengan cara menekan saklar HB_2 yang berfungsi sebagai input hubung buka pada titik kedua. Sistem yang semula pada keadaan normal akan beralih ke state_3, jalur sistem tenaga listrik akan beralih melalui relay-relay yang aktif.

Pada saat sistem berada pada state_3 relay_1, relay_2, relay_7, relay_8, relay_9, relay_10, relay_11, dan relay_12 akan aktif. Pada saat bersamaan alarm dari buzzer akan berbunyi dan lampu indikator open circuit akan menyala.

4.2.5 Pengujian 5

Pengujian kelima dilakukan untuk menguji perilaku sistem apabila terjadi gangguan berupa hubung singkat. Pengaturan untuk menghidupkan atau mematikan indikasi hubung singkat ini adalah dengan mengatur nilai tahanan melalui potensiometer.

Pada saat sistem merespon terjadi gangguan hubung buka maka, sistem akan masuk pada state_4. Dimana relay_1, relay_2, relay_5, relay_6, relay_9, relay_10, relay_11, dan relay_12 akan aktif. Kemudian indikator lampu hubung singkat menyala berkedip-kedip dan buzzer berbunyi secara periodik setiap 1 detik, hal ini menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi memiliki level peringatan tinggi.

4.2.6 Pengujian 6

Pengujian keenam ini dilakukan untuk menguji sistem apabila diberi gangguan overload, gangguan overload dideteksi dari rangkaian sensor arus yang dipasang seri terhadap beban motor DC.

Besar arus akan stabil selama motor DC berputar secara normal, apabila putaran motor DC dihambat atau dihentikan maka arus yang melewatinya akan meningkat sehingga indikator overload akan aktif. Gangguan overload ini memicu sistem beralih menuju state_6, dimana relay_1, relay_2, relay_5, relay_6, relay_7, relay_8, relay_9,

relay_11, dan relay_12 aktif. Kemudian sebagai peringatan adanya gangguan *overload* maka lampu indikator *overload* akan menyala berkedip-kedip dalam rentang waktu 1 detik, dan *buzzer* berbunyi dan mati setiap rentang waktu 1 detik.

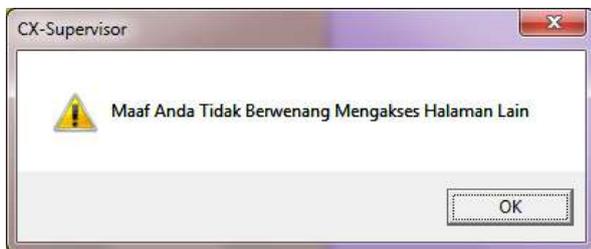
4.3 Pengujian Program CX-Supervisor

Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan komputer dengan PLC dan *plant* sistem tenaga listrik *redundant*. Untuk melakukan pendeteksian oleh HMI, program diatur agar membaca semua alamat masukan dan keluaran pada PLC setiap 0.05 detik. Hasil pengujian program didapatkan bahwa keadaan logika masukan dan keluaran sama dengan tampilan status masukan dan keluaran yang terjadi pada PLC. Gambar 12 menunjukkan tampilan program HMI.



Gambar 12 Tampilan halaman utama HMI SCADA

Saat menekan tombol untuk masuk ke halaman lain, tetapi *login* bukan sebagai otoritas yang diijinkan maka muncul tampilan seperti Gambar 13.



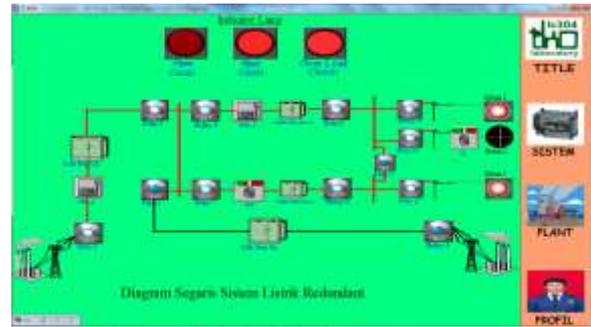
Gambar 13 Tampilan program *security*

Pada saat kita menekan tombol “SISTEM” maka tampilan HMI akan beralih ke halaman “SISTEM”, seperti pada Gambar 14.



Gambar 14 Tampilan halaman “SISTEM”

Pada halaman “SISTEM” terdapat fungsi *data logging* yang akan memudahkan operator untuk melihat *history* gangguannya. Pada saat kita menekan tombol “PLANT” maka tampilan HMI akan beralih ke halaman “PLANT”, seperti pada Gambar 15.



Gambar 15 Tampilan halaman “PLANT”

4.4 Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan dan menjalankan alat berupa *plant* sistem listrik *redundant* dengan PLC dan program HMI. Pengujian keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem telah sesuai dengan perancangan serta menganalisa kelebihan dan kelemahan sistem yang telah dibuat. Kemudian sistem diuji dengan 3 cara yaitu:

4.4.1 Pengendalian melalui *plant*

Pada cara ini operator dapat memberikan masukan ke PLC dengan cara menekan tombol *push button* dan saklar dari *plant*. Memberikan gangguan hubung singkat dengan memutar potensio dan memberikan gangguan dengan menghentikan putaran motor untuk memberikan gangguan *overload*. Kemudian PLC akan menjalankan proses yang dikehendaki, indikator status menunjukkan keadaan masukan dan keluaran PLC dan animasi pada *CX-Supervisor* sesuai dengan proses yang sedang berlangsung sampai keseluruhan proses selesai.

4.4.2 Pengendalian melalui HMI *CX-Supervisor*

Pada cara ini operator dapat memberikan masukan ke PLC dengan cara memilih tombol-tombol yang ada pada tampilan HMI, setelah itu barulah proses dapat berjalan. Indikator status sesuai dengan masukan dan keluaran PLC dan animasi yang terjadi juga sama dengan proses yang berlangsung.

4.4.3 Pengendalian melalui *CX-Supervisor’s Standard Web Pages*

Dengan cara ini operator dapat memberikan masukan ke PLC dengan cara mengubah nilai *point* pada tampilan *web*. Kemudian PLC akan menjalankan proses yang dikehendaki, indikator status menunjukkan keadaan masukan dan keluaran PLC dan animasi pada *CX-Supervisor* sesuai dengan proses yang sedang berlangsung. Pada pengujian *IP address* yang digunakan adalah:

- LAN : <http://10.31.17.5:4140>
- PC : <http://127.0.0.1:4140>

Gambar 17 menunjukkan tampilan *CX-Supervisor’s Standard Web Pages*.

Varian	Value	Unit	Access
Alfa	False	0.00	Read/Write
YBL_1	False	0.00	Read/Write
YBL_2	False	0.00	Read/Write
YBL	False	0.00	Read/Write
LUMBU_1	False	0.00	Read/Write
LUMBU_2	False	0.00	Read/Write
LUMBU_3	False	0.00	Read/Write
IS	False	0.00	Read/Write
PI_1	False	0.00	Read/Write
PI_2	False	0.00	Read/Write
PI_3	False	0.00	Read/Write
PI_4	False	0.00	Read/Write
PI_5	False	0.00	Read/Write
PI_6	True	0.00	Read/Write
PI_7	True	0.00	Read/Write

Gambar 17 Tampilan CX-Supervisor's Standard Web Pages

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan pada *plant* sistem listrik *redundant*, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Plant* sistem listrik *redundant* dapat dilihat dan dikendalikan melalui *input-output* pada *plant* secara langsung, *interface* pada komputer, dan melalui WEB.
2. Pada program PLC terdapat 6 *state* yang menggambarkan kondisi sistem sesungguhnya, yaitu sistem *off*, sistem normal, sistem saat gangguan hubung buka 1, sistem saat gangguan hubung buka 2, sistem saat hubung singkat, dan sistem saat gangguan *overload*.
3. Program HMI yang dibuat memiliki fungsi antara lain: *monitoring* (mengawasi kondisi *plant*), *take action* (mengendalikan proses pada *plant*), *data logging and storage*, *alarm*, *trending* (menampilkan grafik secara *real time* dan historis).
4. *Security levels* dibuat menjadi 2 tingkat yaitu level supervisor yang dapat mengakses semua fasilitas pada HMI dan level operator yang tidak dapat menghidupkan, mematikan, dan merubah *state* sistem pada HMI.
5. Pada pengujian sensor arus untuk mendeteksi gangguan hubung singkat, saat kondisi normal V_{out} sensor arus yang kurang dari tegangan referensi *input* PLC *off*. Sedangkan saat terjadi gangguan besar V_{out} sensor arus lebih dari tegangan referensi sehingga *input* PLC *on*.
6. Pada pengujian sensor arus untuk mendeteksi gangguan *overload*, saat kondisi normal V_{out} sensor arus sebesar $\pm 0,95$ V dengan besar arus $\pm 0,92$ A sehingga status *input* PLC *off*. Sedangkan saat terjadi gangguan besar V_{out} sensor arus $\pm 1,47$ V dengan besar arus $\pm 1,38$ A sehingga status *input* PLC *on*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut ada beberapa saran yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. PLC yang digunakan sebaiknya menggunakan seri yang lebih baik, seperti *CS-series* atau *CJ-series* yang memiliki jumlah *input-output* lebih banyak dan mendukung berbagai bahasa pemrograman.
2. Sebaiknya dibuat panel pendeteksi kerusakan (*Failure Detection Panel*) yang akan mendeteksi kerusakan komponen-komponen keluaran pada *plant* sehingga *CX-Supervisor* dapat mendeteksi adanya kerusakan pada alat..

Daftar Pustaka

- [1] Arifian, *Evaluasi Kesuksesan Proyek Percobaan SCADA Recloser Di Tim Power Generation & Transmission PT Chevron Pacific Indonesia*, Thesis S-2, Institut Teknologi Bandung, 2009.
- [2] Bailey, D. and W. Edwin, "Practical SCADA for Industry", Great Britain: Elsevier, 2003.
- [3] Imam K., Taufiqurrahman, Tjatur W., dan Tjatur R., "Perancangan Komunikasi Data Terintegrasi Pada Programmable Logic Controller Via Controller Link Network Dan Ethernet Device", Industrial Electronic Seminar, PENS-ITS, 2011.
- [4] Setiawan, Iwan, *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
- [5] Suryawati, Endang dan Sustika, Rika, "Perangkat Lunak HMI Untuk Sistem Supervisory Control Pada Pilot Plant Biodiesel", INKOM Vol. IV No. 1 Mei 2010.
- [6] Swamardika Alit, "Simulasi Kontrol Lampu Lalu Lintas Sistem Detektor Dengan Menggunakan Sistem PLC Untuk Persimpangan Jalan Waribang-WR. Supratman Denpasar", Teknologi Elektro Vol.4 No.2 Juli - Desember 2005.
- [7] Wijayanto, Eddy, *Aplikasi SCADA Sistem Pada Parkir Mobil Otomatis Dengan Menggunakan Labview*, Skripsi S-1, Universitas Kristen Petra, 2009.
- [8] Zhao, Yixin and Liu, Feng, "The Implementation of dual-redundant control system", Southwest China Normal University, China, 2003.
- [9] -----, *CX-Supervisor User manual*, <http://www.omron.com>, Juli, 2011.
- [10] -----, *Electric Transmission Lines*, <http://psc.wi.gov>, September, 2011.
- [11] -----, *Micro Programmable Controller CPM1A*, <http://www.omron.com>