

# PERANCANGAN SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA) MENGGUNAKAN SOFTWARE CX-SUPERVISOR 3.1 PADA SIMULASI SISTEM LISTRIK REDUNDANT BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OMRON CP1E NA-20-DRA

Almuhtarom, Priyo Sasmoko  
Program Studi Diploma III Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## ABSTRACT

*Almuhtarom, Priyo Sasmoko, in this paper explain that the existence of electrical energy for human needs can not be separated, the electrical energy used by all humans on this planet of small-scale (household) to large-scale industry. Demand the amount of electrical energy and the quality of the electricity transmission system has increased over time. Disruptions in electricity transmission system could be fatal for the electrical components or the operating loss in an industry. SCADA is proposed to accommodate this problem. SCADA is able to monitor and control the disturbances in electrical systems redundant. The purpose of this final project is to simulate a SCADA system to eliminate redundant electric power transmission network failures such as open-circuit, short circuit, and overload that can be controlled directly from the plant or via an interface on the computer. Ladder diagram programming languages used to design the PLC system. Hardware and software to support this thesis, such as plant redundant electrical systems, Omron PLC CP1E NA-20-DRA, Laptop, CX One 9.3 software for programming the PLC and the CX Supervisor 3.1 for building HMI. The test results indicate that the current sensor can be used to detect if an interruption occurs in the form of overload and short circuit simulate disturbances. Plant redundant electrical system can be monitored and controlled through input-output of the plant, computer interface, and the World Wide Web. There is a relay on a plant that can connect to the electricity grid cut power lines when an interruption occurs. If an interruption occurs in the form of an open circuit, short circuit or overload, alarm and disturbance indicators will be active.*

*Keywords: SCADA, PLC, open circuit, short circuit, overload.*

## PENDAHULUAN

### 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. 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.

Untuk mengakomodasi masalah tersebut dibangun sebuah sistem yang mampu memonitoring dan mengendalikan gangguan berupa *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) pada sistem listrik redundant berbasis Programmable Logic Controller (PLC). Diharapkan dengan melibatkan aspek otomatisasi berupa sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dapat meningkatkan aspek safety dan easy pada plant yang dikontrol.

### Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mensimulasikan SCADA pada plant sistem listrik *redundant* yang dapat dikendalikan langsung dari plant maupun melalui interface komputer dari

gangguan yang terjadi pada jalur transmisi listrik seperti gangguan hubung buka, hubung singkat, dan *overload*.

### Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah sebagai berikut:

- *Software CX-Supervisor 3.1* digunakan sebagai perancangan perangkat lunak untuk interface di komputer.
- *Microsoft Office Access* sebagai *database* untuk menyimpan data dari proses akuisisi terhadap *plant* sistem listrik *redundant*.
- Komunikasi serial hanya menggunakan kabel USB (*Universal Serial Bus*) Peripheral 2.0.
- *CX-Programmer* digunakan untuk membuat diagram *ladder* PLC.

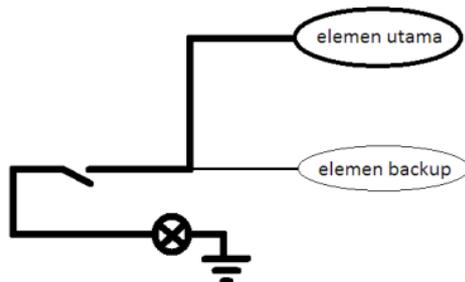
## DASAR TEORI

### Sistem Listrik Redundant

Sistem Listrik Redundant adalah kemampuan suatu sistem untuk tetap berfungsi dengan normal walaupun terdapat elemen yang tidak berfungsi. Hal ini biasanya dicapai dengan memiliki komponen backup yang berfungsi sama dengan elemen sistem. Redundant system dapat juga dibuat secara modular yaitu dalam sebuah sistem terdapat beberapa elemen dengan fungsi yang sama yang berguna sebagai

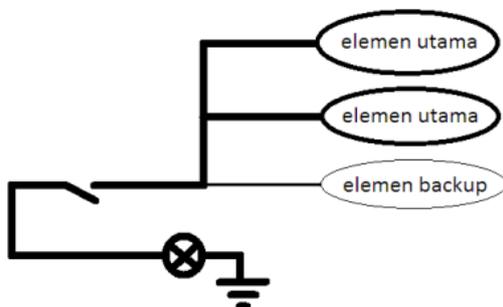
modul backup. Adapun beberapa konsep redundant system, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Redundant 1+1  
 Pada arsitektur redundant 1+1 berarti setiap elemen memiliki masing-masing satu elemen backup. Pada arsitektur ini, jika terjadi kegagalan (*failure*) pada satu elemen atau lebih, maka sistem secara keseluruhan masih dapat berfungsi seperti keadaan sebelumnya (tidak terjadi *failure*). *Redundant* seperti ini sering disebut dengan *active-standby*.



Gambar 1. Arsitektur Redundant 1+1

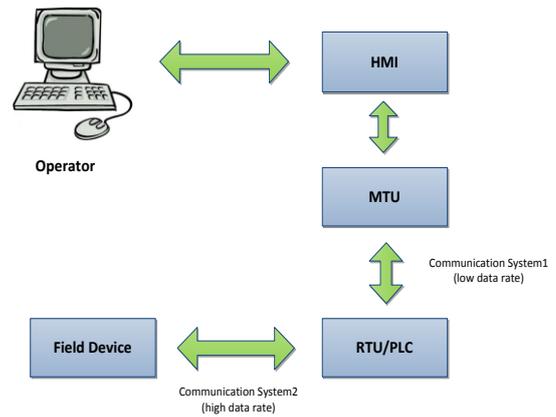
- Redundant N+1  
 Pada arsitektur redundant N+1 berarti sekumpulan elemen yang berfungsi sama untuk melayani beban pada saat bersamaan, memiliki sebuah elemen backup. Arsitektur ini didesain untuk tetap tidak terpengaruh oleh kegagalan pada satu elemen dan memiliki harga (cost) yang efektif karena tidak memiliki banyak elemen backup.



Gambar 2 Arsitektur Redundant N+1

### Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)

*Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)* adalah Sistem kendali industri berbasis komputer yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian dan akuisisi data terhadap sebuah plant. Dalam terminologi kontrol, *supervisory control* sering mengacu pada kontrol yang tidak langsung, namun lebih pada fungsi koordinasi pengawasan. Dengan kata lain, pengendali utama tetap dipegang oleh PLC (atau pengendali lainnya) sedang kontrol pada SCADA hanya bersifat koordinatif dan sekunder.



Gambar 3 Arsitektur sistem SCADA umum

SCADA merupakan sistem yang terdiri dari banyak komponen penyusun. Dalam aplikasinya, Subsistem penyusun SCADA terdiri dari:

- Operator  
 Operator (manusia) mengawasi sistem SCADA dan melakukan fungsi *supervisory control* untuk operasi plant jarak jauh.
- *Human Machine Interface (HMI)*  
 HMI menampilkan data pada operator dan menyediakan input kontrol bagi operator dalam berbagai bentuk, termasuk grafik, skematik, dan lain sebagainya. HMI merupakan sebuah *software* pada computer berbasis grafis yang berfungsi untuk mempermudah pengawasan (*Supervisory*) kepada sang operator. HMI mengubah data-data dan angka kedalam animasi, grafik/trend, dan bentuk yang mudah diterjemahkan oleh sang operator.
- *Master Terminal Unit (MTU)*  
 MTU merupakan unit master pada arsitektur master/slave. MTU berfungsi menampilkan data pada operator melalui HMI, mengumpulkan data dari tempat yang jauh, dan mengirimkan sinyal kontrol ke plant yang berjauhan. Kecepatan pengiriman data dari MTU dan plant jarak jauh relatif rendah dan metode kontrol umumnya open loop karena kemungkinan terjadinya waktu tunda dan *flow interruption*.
- *Communication System*  
 Sistem komunikasi antara MTU-RTU ataupun antara RTU-field device diantaranya berupa:
  - USB 2.0 (USB to Peripheral)
  - RS 232
  - *Private Network (LAN/RS-485)*
  - *Switched Telephone Network*
  - *Internet*
  - *Wireless Communication System*
    - *Wireless LAN*
    - *GSM Network*
    - *Radio modems*
- *Remote Terminal Unit (RTU)*  
 RTU merupakan unit *slave* pada arsitektur *master/slave*. RTU mengirimkan sinyal kontrol pada peralatan yang dikendalikan, mengambil

data dari peralatan tersebut, dan mengirimkan data tersebut ke MTU. Kecepatan pengiriman data antara RTU dan alat yang dikontrol relatif tinggi dan kode kontrol yang digunakan umumnya *close loop*. Sebuah RTU mungkin saja digantikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC).

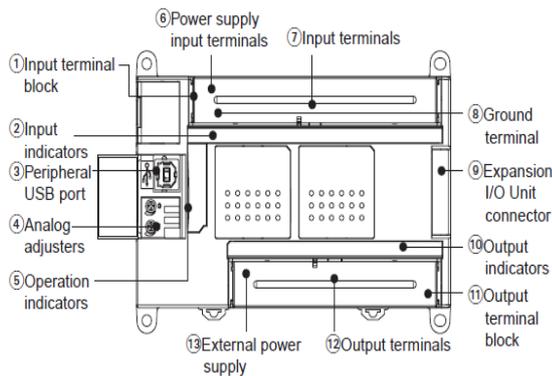
Beberapa kelebihan PLC dibanding RTU adalah:

- Solusi yang ekonomis
- Serbaguna dan fleksibel
- Mudah dalam perancangan dan instalasi
- Kontrol yang canggih
- Berukuran kecil secara fisik
- *Field device*  
Merupakan plant di lapangan yang terdiri objek yang memiliki berbagai sensor dan aktuator. Nilai sensor dan aktuator inilah yang umumnya diawasi dan dikendalikan supaya objek/*plant* berjalan sesuai dengan keinginan yang dikehendaki oleh pengguna.

**PLC OMRON CP1E NA20DR-A**

Berdasarkan standar NEMA (*National Electrical Manufactures Association*) ICS3-1978 part ICS3-304 definisi PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah sebagai berikut : PLC adalah suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital, memiliki memori yang dapat diprogram, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus seperti *logic, sequencing, timing, counting* dan *arithmetic* untuk mengontrol berbagai jenis mesin atau proses melalui modul *input/output analog* atau *digital*.

PLC yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah PLC OMRON jenis CP1E NADR-A dan diprogram dengan CX-Programmer 9.4. Gambar 4 merupakan bagian-bagian komponen dari CP1E NA20DR-A.



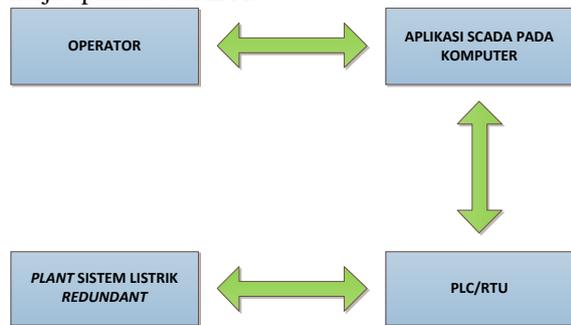
Gambar 4. Komponen-komponen PLC CP1E NA20DR-A

Dari bagian-bagian komponen PLC CP1E NA20DR-A terdapat fasilitas untuk melakukan hubungan komunikasi dengan komputer melalui port USB (*Universal Serial Bus Peripheral*).

**PERANCANGAN APLIKASI**

**Blok Diagram Alur Kerja Aplikasi SCADA**

Perancangan atau pembuatan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) menggunakan *CX-Supervisor 3.1* ini dibuat menjadi sebuah aplikasi yang akan berguna sebagai *user interface* antara pengguna dengan komputer. Nantinya aplikasi ini akan digunakan untuk memonitoring kondisi dari suatu simulasi *plant* sistem listrik *redundant* berbasis PLC CP1E NA20DR-A. Gambar 5 adalah blog diagram alur kerja aplikasi SCADA.

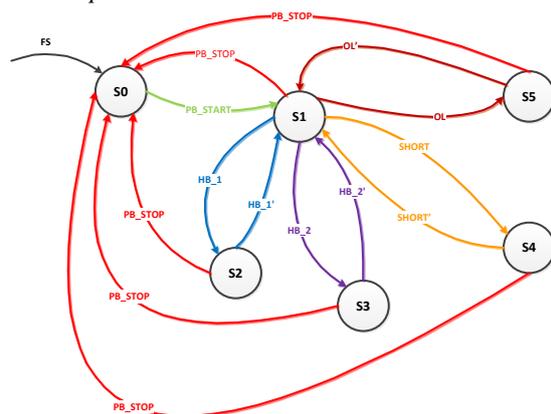


Gambar 5 Diagram alur kerja aplikasi SCADA

Dari gambar diagram alur kerja aplikasi SCADA diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi SCADA ini dapat menerima masukan (*input*) dari operator (dengan cara menekan (klik) pada tombol *input* yang ada pada aplikasi SCADA) ataupun masukan (*input*) dari plant sistem listrik redundant apabila terjadi gangguan.

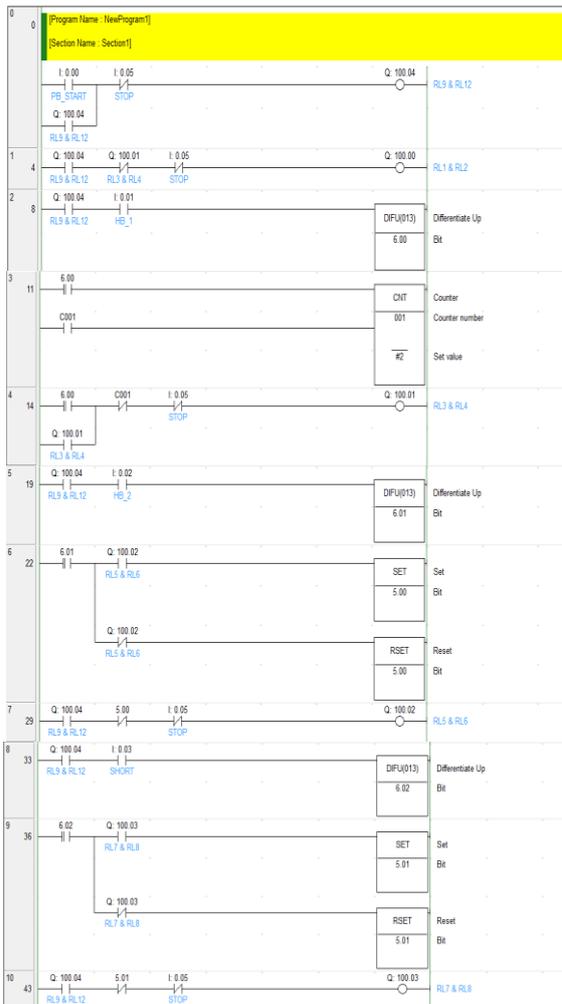
**Perancangan Diagram State Sistem SCADA**

Perancangan diagram *ladder* pada Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan pendekatan dengan diagram *state*. Hal ini dimaksudkan agar lebih mudah dalam mendesain *ladder diagram* pada PLC. Gambar 6 merupakan tampilan Diagram *state* simulasi *plant* sistem listrik *redundant*.



Gambar 6 Diagram *state* plant sistem listrik *redundant*

Berdasarkan diagram *state* diatas dapat direalisasikan kedalam diagram *ladder* seperti yang ada pada gambar 7.



Gambar 7 Realisasi diagram ladder dari persamaan state

## PEMBUATAN APLIKASI

### Halaman Utama (Home Page)

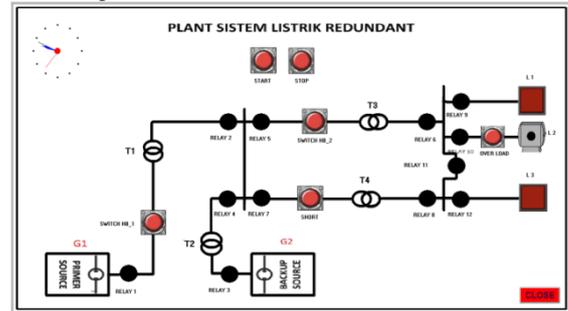
Halaman utama adalah halaman yang akan muncul ketika aplikasi SCADA dijalankan (runtime). Pada halaman utama terdiri dari halaman **MENU** dan halaman **HOME**. Aplikasi SCADA ini dirancang menggunakan software *CX-Supervisor* 3.1. gambar 8 menunjukkan tampilan *Home Page* Aplikasi.



Gambar 8 Home Page Aplikasi

### Halaman Plant

Halaman *Plant* digunakan untuk memonitoring dan mengendalikan *plant* sistem listrik *redundant*. Berikut ini adalah tampilan halaman *plant*.



Gambar 9 Halaman Plant

### Halaman About

Halaman *About* berisi informasi pembuat aplikasi dan waktu pembuatan aplikasi.



Gambar 10 Halaman About

### Pembuatan Database

Pembuatan *database* ini menggunakan *Microsoft Office Access*, Terdapat dua buah tabel dalam *database* yang dibuat. Yaitu tabel *LOGIN* dan *PLANT*. Masing-masing di dalam tabel terdapat kolom-kolom. Berikut merupakan kolom yang terdapat pada masing-masing *database*:

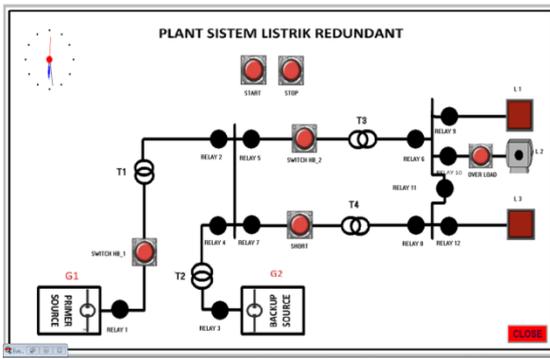
- Tabel *LOGIN*  
Terdapat kolom *ID*, *Date*, *Time*, *User* dan *Security\_Level*.
- Tabel *PLANT*  
Terdapat kolom *NO*, *DATE*, *TIME*, *START*, *STOP*, *HB\_1*, *HB\_2*, *SHORT\_CIRCUIT*, *OVERLOAD*, *RL1\_DAN\_RL2*, *RL3\_DAN\_RL4*, *RL5\_DAN\_RL6*, *RL7\_DAN\_RL8*, *RL9\_DAN\_RL12*, *RL10*, DAN *RL11*.

### PENGUJIAN APLIKASI

Pengujian dilakukan melalui komputer maupun melalui *plant* sistem listrik *redundant*.

#### Pengujian pada State nol (S0)

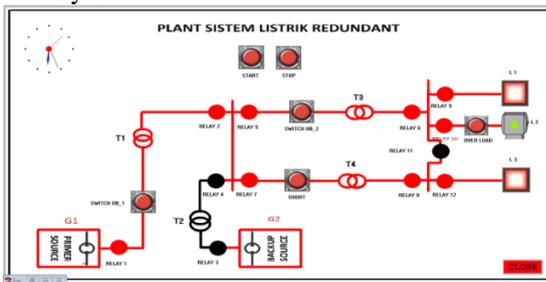
*State nol (S0)* merepresentasikan kondisi saat sistem mati, yakni tidak ada relay dan lampu indikator yang hidup (*ON*). Dengan demikian Beban tidak mendapatkan suplai energi listrik. Gambar 11 merupakan saat kondisi pada *State nol (S0)*.



Gambar 11 Halaman Plant saat kondisi State nol (S0)

### Pengujian pada State satu (S1)

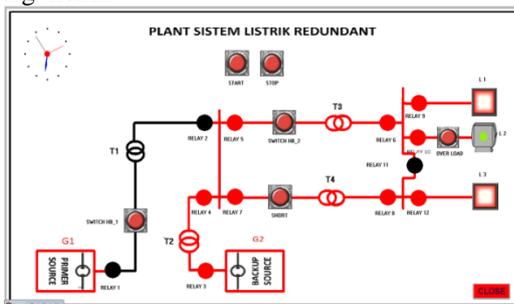
Dari state nol (S0) akan berpindah ke state satu (S1) bila ditekan tombol PB\_Start yang ada di SCADA maupun yang ada di Plant. State satu (S1) merepresentasikan kondisi saat sistem hidup dengan kondisi normal, yakni tidak ada lampu indikator yang hidup (ON). Adapun untuk relay yang hidup adalah relay 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 12. Dengan demikian, beban L1, L2 dan L3 mendapatkan suplai energi listrik. Berikut tampilan pada halaman Plantnya.



Gambar 12 Halaman Plant saat kondisi State satu (S1)

### Pengujian pada State dua (S2)

Dari state satu (S1) akan berpindah ke state dua (S2) bila ditekan tombol hubung buka 1 (HB\_1) yang ada di SCADA maupun yang ada di Plant. State dua (S2) menyatakan kondisi saat sistem hidup dengan adanya gangguan pada hubung buka 1, dan tidak ada lampu indikator yang hidup, hanya Buzzer yang ON. Adapun untuk relay yang hidup adalah relay 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 12. Dengan demikian, beban L1, L2 dan L3 mendapatkan suplai energi listrik.

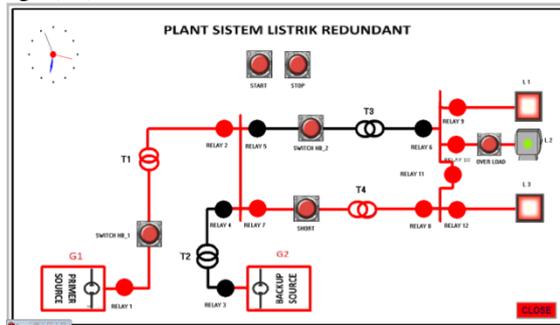


Gambar 13 Halaman Plant saat kondisi State dua (S2)

Ketika tombol hubung buka 1 (HB\_1) ditekan kembali maka dari state dua (S2) akan kembali ke state satu (S1).

### Pengujian pada State tiga (S3)

Dari state satu (S1) akan berpindah ke state tiga (S3) bila ditekan tombol hubung buka 2 (HB\_2) yang ada di SCADA maupun yang ada di Plant. State tiga (S3) menyatakan kondisi saat sistem hidup dengan adanya gangguan pada hubung buka 2, dan pada lampu indikator HB\_2 dan Buzzer akan hidup (ON). Adapun untuk relay yang hidup adalah relay 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12. Dengan demikian, beban L1, L2 dan L3 mendapatkan suplai energi listrik. Gambar 14 merupakan saat kondisi state berada pada State tiga (S3).

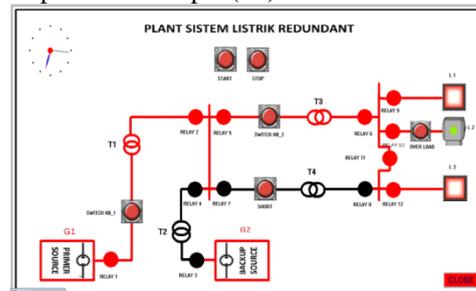


Gambar 14 Halaman Plant saat kondisi State tiga (S3)

Ketika tombol hubung buka 2 (HB\_2) ditekan kembali maka dari state dua (S3) akan kembali ke state satu (S1).

### Pengujian pada State empat (S4)

Dari state satu (S1) akan berpindah ke state empat (S4) dengan mengatur nilai tahanan potensiometer sebagai gangguan Short-circuit pada plant atau menekan tombol Short-circuit pada SCADA. State empat (S4) mempresentasikan kondisi saat sistem hidup dengan adanya gangguan pada Short-circuit. pada saat gangguan seperti ini maka lampu indikator Short-circuit dan Buzzer akan hidup (ON). Adapun untuk relay yang hidup adalah relay 1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, dan 12. Dengan demikian, beban L1, L2 dan L3 mendapatkan suplai energi listrik. Gambar 15 merupakan saat kondisi state berada pada State empat (S4).

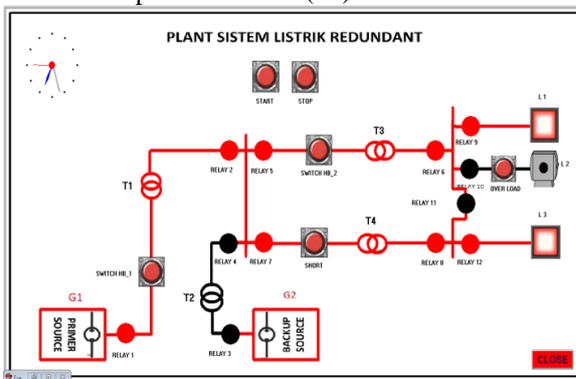


Gambar 15 Halaman Plant saat kondisi State empat (S4)

Ketika tombol *short\_circuit* ditekan kembali maka dari *state* empat (S4) akan kembali ke *state* satu (S1).

### Pengujian pada *State* lima (S5)

Dari *state* satu (S1) akan berpindah ke *state* lima (S5) dengan mengatur nilai tahanan potensiometer sebagai gangguan Overload (OL) pada *plant* atau menekan tombol Overload pada SCADA. *State* lima (S5) mempresentasikan kondisi saat sistem hidup dengan adanya gangguan pada Overload (OL). dan pada lampu indikator Overload (OL) dan Buzzer akan hidup (ON). Adapun untuk relay yang hidup adalah relay 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, dan 12. Dengan demikian, beban L1 dan L3 saja yang mendapatkan suplai energi listrik. Gambar 16 berikut merupakan tampilan halaman *plant* pada saat *state* berada pada *state* lima (S5).



Gambar 16 Halaman *Plant* saat kondisi *State* empat (S4)

### Pengujian Database Microsoft Office Access

Setelah melakukan pengujian masing-masing *state* pada halaman *plant*. Selanjutnya melakukan pengujian *database* dengan cara membuka *file* Microsoft Office Access yang ada di *folder* *database*. Gambar 17 merupakan tampilan *database* Tabel LOGIN dan gambar 18 merupakan tampilan *database* Tabel PLANT.

ID	Date	Time	User	Security_Level	Click to Add
1	01/07/2014	6:06:54			
2	01/07/2014	6:07:17	AL	Supervisor	
3	01/07/2014	6:47:58		None	
* (New)					

Gambar 17 Tampilan *database* Tabel LOGIN

NO	DATE	TIME	START	STOP	HB_1	HB_2	SHORT_CIRCUIT	OVERLOAD	RL1_DAN_RL2	RL3_DAN_RL4
1	01/07/2014	6:06:54	0	0	0	0	0	0	0	0
2	01/07/2014	6:07:23	-1	0	0	0	0	0	-1	0
3	01/07/2014	6:10:51	0	0	-1	0	0	0	0	-1
4	01/07/2014	6:16:49	0	0	0	0	0	0	0	-1
5	01/07/2014	6:16:50	0	0	-1	0	0	0	-1	0
6	01/07/2014	6:16:53	0	0	0	-1	0	0	-1	0
7	01/07/2014	6:33:09	0	0	0	0	0	0	-1	0
8	01/07/2014	6:33:10	0	0	0	-1	0	0	-1	0
9	01/07/2014	6:33:14	0	0	0	0	-1	0	-1	0
10	01/07/2014	6:45:18	0	0	0	0	0	0	-1	0
11	01/07/2014	6:45:20	0	0	0	0	-1	0	-1	0
12	01/07/2014	6:45:24	0	0	0	0	0	-1	-1	0
* (New)										

Gambar 18 Tampilan *database* Tabel PLANT

Didalam tabel *PLANT* saat kondisi hidup (*ON*) *database* akan menampilkan angka (-1) dan ketika dalam kondisi mati (*OFF*) *database* akan menampilkan angka (0).

## PENUTUP

### Kesimpulan

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

- *Plant* sistem listrik redundan dapat dilihat dan dikendalikan melalui input-output pada *plant* secara langsung maupun dikendalikan melalui SCADA (*interface*) pada komputer.
- Pada program PLC terdapat 6 *state* yang menggambarkan kondisi sistem sesungguhnya, yaitu sistem off (S0), sistem normal (S1), sistem saat gangguan hubung buka 1 (S2), sistem saat gangguan hubung buka 2 (S3), sistem saat *Short\_circuit* (S4), dan sistem saat gangguan overload (S5).
- Aplikasi SCADA yang dibuat memiliki fungsi antara lain: *monitoring* (mengawasi kondisi *plant*), *take action* (mengendalikan proses pada *plant*) dan menampilkan *database*.
- Halaman *Login* (*Security*) digunakan untuk melindungi sistem dari tangan-tangan yang tidak bertanggung jawab. Ketika User belum melakukan *Login* dan akan mengakses halaman *Plant* pada SCADA maka akan muncul peringatan untuk *login* terlebih dahulu.

### Saran

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

- PLC yang digunakan sebaiknya menggunakan PLC yang memiliki jumlah input-output lebih banyak.
- Untuk lebih memperpanjang jarak komunikasi, dapat digunakan komunikasi lewat internet atau modem.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Kurniawan, dkk. 2012. **Perancangan Simulasi Supervisory Control and Data Acquisition pada Prototipe Sistem Listrik Redundant.** *TRANSMISI*, 14(1), 7-12.
2. Saputra, Yudha Ariyanto Dwi. 2014. **Implementasi Human Machine Interface (HMI) Menggunakan Visual Basic 6.0 Pada Monitoring Traffic Light Jarak Jauh Menggunakan Modul KYL 1020U Berbasis Mikrokontroler Atmega 16,** Semarang: Universitas Diponegoro.
3. Wicaksono, Handy. 2012. **SCADA Software dengan Wonderware InTouch.** Yogyakarta: Graha Ilmu.
4. Widyaningrum, Widi. 2012. **Aplikasi Programmable Logic Controller (PLC)**

- Omron CPM1A-10CDR Pada Sistem Pemanas Mesin Penggiling Biji Kopi Otomatis**, Semarang: Universitas Diponegoro.
5. -----, **CX-Supervisor User manual**, <http://www.omron.com>, Juli, 2011.
  6. -----, **OMRON introduces CP1E Micro Programmable Controllers**, <http://www.ia.omron.com/information/2009/apr/01/007/>, April, 2009.