

Perancangan Miniatur *Reliability* Sistem Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Menggunakan Sistem SCADA

Imbang Satrio Pakerti

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jember
imbangsp9@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan perindustrian di Indonesia yang semakin pesat dari waktu ke waktu menyebabkan kebutuhan akan energi listrik ikut meningkat sehingga sejalan dengan itu keandalan pasokan energi listrik dari PT. PLN (persero) selaku penyedia energi listrik yang ada di Indonesia juga harus terus meningkat. Salah satu ciri suatu sistem dapat dikatakan handal adalah Jaringan Listrik tidak pernah padam atau ketika memang terjadi padam haruslah cepat dalam proses *recovery* dan terlokalisir untuk daerah padamnya. Sehingga berdasarkan hal tersebut diperlukan penerapan sistem SCADA pada Jaringan Distribusi 20 kV agar sistem dapat dipantau, dikendalikan, dikonfigurasi dan dicatat sistem kerjanya secara real time dengan menggunakan remote / jarak jauh yang mana pada pengujian ini menggunakan jaringan internet kartu gsm berbasis IP Address. Berdasarkan pengujian pada miniatur Jaringan Distribusi 20 kV yang telah dilakukan salah satu faktor yang sangat menunjang terhadap sistem SCADA adalah provider penyedia layanan internet karena koneksi internet sangat berpengaruh terhadap tingkat kecepatan operasi dan ketepatan informasi yang disajikan. Sedangkan dalam hal pengujian tingkat error data yang disajikan adalah antara 0,1% s/d -0,48 %, maka alat penelitian dapat dinyatakan layak untuk digunakan karena menurut standarisasi dari PLN sendiri untuk tingkat error suatu peralatan adalah antara +5% dan -10%.

Kata kunci : Keandalan, SCADA, IP Address, Jaringan Distribusi 20 kV.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan perindustrian di Indonesia yang semakin pesat dari waktu ke waktu menyebabkan kebutuhan akan energi listrik ikut meningkat. Peningkatan jumlah kebutuhan energi listrik yang dibutuhkan harus sejalan dengan keandalan pasokan energi listrik dari PT. PLN (Persero) selaku penyedia energi listrik yang ada di Indonesia. Untuk itu diperlukan sistem distribusi tenaga listrik dengan keandalan yang tinggi, keandalan pada sistem distribusi yang dimaksud adalah ukuran tingkat ketersediaan pasokan listrik dan seberapa sering sistem mengalami pemadaman serta berapa lama pemadaman terjadi (berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi pemadaman yang terjadi) dan kualitas energi listrik yang dihasilkan dalam hal ini tingkat kestabilan frekuensi dan tegangan.

Dalam penyaluran tenaga listrik, untuk mendapatkan keandalan yang tinggi, penerapan sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) pada jaringan distribusi tenaga listrik sangatlah diperlukan, dimana kelebihan dari sistem SCADA yang diterapkan pada jaringan distribusi jika dibandingkan dengan sistem yang telah ada sebelumnya (konvensional) sangat berpengaruh signifikan terhadap efisiensi dari sistem pendistribusian tenaga listrik, adapun kelebihan dari sistem SCADA yaitu

dapat memantau, mengendalikan, mengkonfigurasi dan mencatat kerja sistem secara *real time* (setiap saat),

Pada skripsi ini akan dibuat suatu perancangan mini scada yang mana sistem SCADA tersebut terdiri dari *Master Station* (MS), *Remote Terminal Unit* (RTU) dan Saluran Komunikasi antar *Master Station* dan RTU. Selain itu sistem SCADA pada jaringan listrik memerlukan *Remote Terminal Unit* (RTU) sebagai unit pelaksana operasi dari pusat kontrol (*Master Station*) yang nantinya akan dipasang pada LBS (*Load Break Switch*) jenis motorized maupun *Recloser* (Proteksi Jaringan Tegangan Menengah) sehingga dengan adanya RTU ini memungkinkan *Master Station* mengumpulkan data dan melaksanakan kontrol pada peralatan yang telah dipasang RTU tersebut. Sedangkan sebagai saluran komunikasi antar *Master Station* dan RTU menggunakan jaringan internet dengan pertimbangan kami mencoba untuk membangun suatu sistem SCADA yang lebih ekonomis.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam Perancangan Miniatur *Reliability* Sistem Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv menggunakan Sistem Scada ini adalah untuk membangun suatu sistem Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv yang dapat dipantau, dikendalikan, dikonfigurasi dan dicatat kerja sistemnya secara *real time*

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian proposal tugas akhir ini antara lain yaitu :

1. Menggunakan miniatur 2 penyulang dengan rincian terpasang 1 LBS (NC) manual pada masing – masing penyulang dan 1 LBS *motorized* (NO) sebagai perangkat uji coba penerapan mini SCADA pada sistim 20 kV.
2. Menggunakan Perangkat RTU sebagai pusat pengolahan data dan Modem internet GSM sebagai pusat pengiriman data.
3. Menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic* pada HMI.
4. Data yang diolah meliputi tegangan dan frekuensi.

1.4. Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang dibahas pada proposal tugas akhir ini antara lain yaitu :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem mini scada pada Jaringan Distribusi 20 kV
2. Bagaimana sistem kerja miniatur mini scada pada Jaringan Distribusi 20 kV

1.5. Sistematika Penulisan

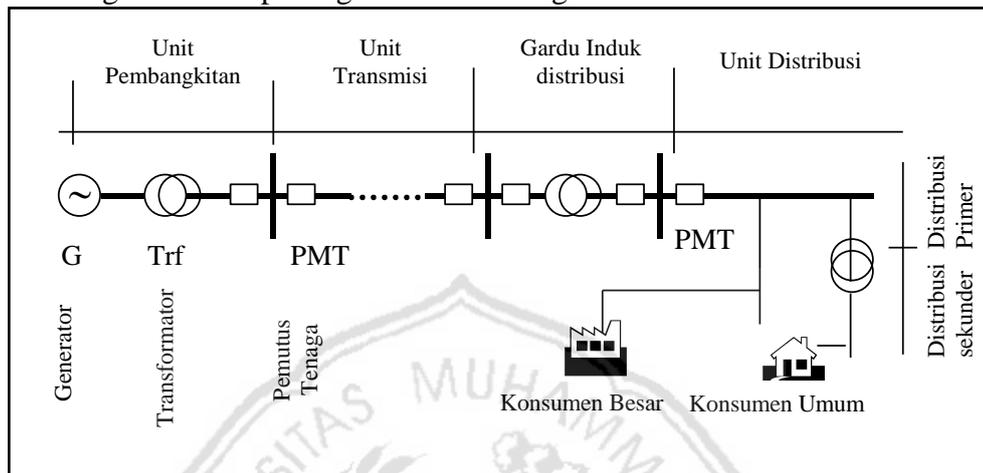
Di dalam penulisan Laporan Akhir ini, sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- 1) Dalam Bab I membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dari laporan akhir, batasan masalah, metodologi dan penjelesan istilah.
- 2) Dalam Bab II membahas tentang landasan teori untuk menunjang permasalahan yang akan dibahas.
- 3) Dalam Bab III membahas tentang perancangan dan pembuatan miniatur mini scada berbasis arduino pada jaringan tegangan menengah 20 kv dengan menggunakan jaringan internet.
- 4) Dalam Bab IV membahas tentang pengujian dan analisis alat yang telah dirancang dan dibuat sesuai pada Bab III.
- 5) Dalam Bab V berisi kesimpulan dan saran dari alat yang telah dibuat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik dikatakan sebagai kumpulan/gabungan yang terdiri dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang saling berhubungan dan merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem. Dengan menggunakan Blok diagram sistem tenaga listrik dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Tenaga Listrik

2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Dilihat dari tegangannya sistim distribusi pada saat ini dapat dibedakan dalam 2 macam yaitu

- a. Distribusi Primer, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV/ 11,6 kV
- b. Distribusi Sekunder, sering disebut Sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380 / 220 volt.

2.3. Konfigurasi Sistem Distribusi

Secara umum konfigurasi suatu jaringan distribusi tenaga listrik hanya mempunyai 3 konsep konfigurasi, yaitu :

1. Jaringan Radial
2. Jaringan Bentuk Tertutup (*Loop*)
3. Konfigurasi Spindel (*Spindle Configuration*)

2.4. Pengaman Sistem Distribusi

Sistem proteksi tidak bisa menghilangkan datangnya gangguan, namun dengan adanya sistem proteksi yang bekerja dengan baik maka beberapa kerugian dan kemungkinan timbulnya bahaya atau kerusakan dapat dihindarkan.

2.5. SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah sistem yang dapat memonitor dan mengontrol suatu peralatan atau sistem dari jarak jauh secara *real time*. SCADA berfungsi mulai dari pengambilan data pada Gardu Induk atau Gardu Distribusi, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi. Secara umum fungsi dari sistem SCADA adalah :

- Penyampaian data
- Proses kegiatan dan monitoring
- Fungsi kontrol
- Perhitungan dan pelaporan.

Tujuan digunakannya sistem SCADA adalah :

- Mempercepat proses pemulihan suplai tenaga listrik bagi konsumen yang mengalami gangguan.
- Memperkecil kWh padam akibat gangguan atau pemadaman
- Memantau performa jaringan untuk menyusun perbaikan atau pengembangan sistem jaringan 20 kV.
- Mengusahakan optimasi pembebanan jaringan 20 kV.

Seluruh fungsi sistem SCADA yang telah dijelaskan, dapat dikelompokkan menjadi tiga :

a. *Telemetry*

Adalah proses pengambilan besaran ukur tenaga listrik yang ada di Gardu atau Gardu Distribusi yang dapat dimonitor di *Control Center*.

b. *Telesignaling*

Status dari peralatan tenaga listrik, sinyal alarm dan sinyal lainnya yang ditampilkan disebut status indikasi. Status indikasi terhubung ke modul digital input dari RTU. Status indikasi dikirim ke pusat pengatur beban atau *Control Center* bila terjadi perubahan status dari peralatan.

c. *Telecontrol*

Fungsi kontrol sistem tenaga listrik terbagi menjadi 4 bagian, yaitu kontrol individu, kontrol perintah untuk pengaturan peralatan, pola kontrol otomatis dan pola kontrol berurutan.

2.6. **Arduino Uno**

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

2.7. **Visual Basic dan Bahasa Basic 6.**

Pada awalnya BASIC (*Beginner's Allpurpose Symbolic Instruction Code*) adalah bahasa pemrograman yang merupakan awal dari bahasa pemrograman tingkat tinggi sesudahnya, yang berbasis DOS (*Diskette Operating Sistem*). BASIC memiliki struktur bahasa yang sulit dan memiliki tampilan yang tidak menarik, dengan kemajuan teknologi maka diperlukan suatu aplikasi pemrograman yang bukan hanya cepat tapi juga menarik dan user *friendly* atau mudah digunakan. Maka *Microsoft* mengembangkan *Visual Basic* sebagai salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi berdasarkan dari bahasa pemrograman BASIC.

Secara umum Visual Basic 6.0 memiliki kelebihan-kelebihan dan keunggulan antara lain, sebagai berikut:

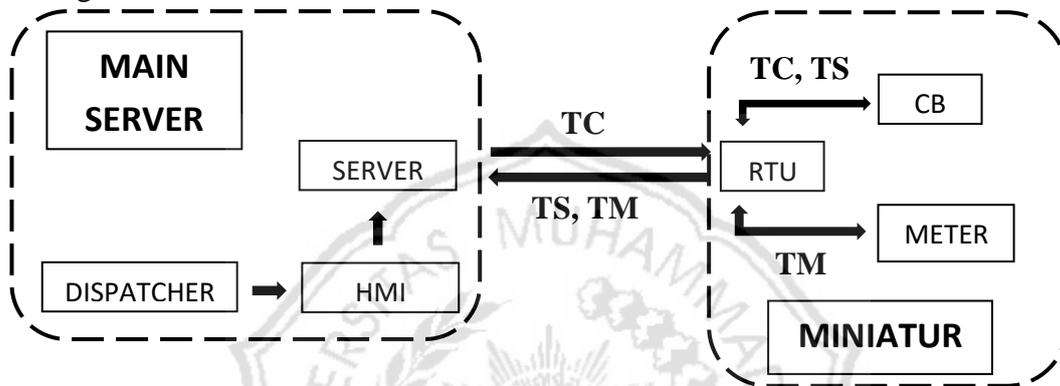
1. Merupakan sebuah *platform* pemrograman yang berbasis objek sehingga mudah digunakan.

2. Memiliki *compiler* yang handal dan cepat sehingga menghasilkan program dengan *bugs* yang minimal.
3. Memiliki *wizard* yang memudahkan user untuk membuat program-program tertentu dengan cepat.
4. Kemampuan Active X dan fasilitas jaringan dan internet.
5. Sarana akses data yang lebih cepat dan *support* dengan lebih banyak *plugin*.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1. Cara Kerja Sistem

Secara keseluruhan cara kerja dari sistem ini dapat digambarkan melalui blok diagram dibawah ini :



Gambar 2. Blok Diagram Cara Kerja Sistem

Keterangan :

- TC = Tele Control
- TM = Tele Metering
- TS = Tele Signal

Sistem ini merupakan aplikasi dari SCADA sederhana yang menggunakan satu set perangkat RTU untuk memantau, mengendalikan, mengkonfigurasi dan mencatat kerja sistem dari miniatur Jaringan Distribusi 20 kV secara *real time*. Dalam diagram tersebut digambarkan RTU dapat dikontrol dengan komputer dengan menggunakan HMI SCADA, HMI SCADA ini dibuat dengan bahasa pemrograman *Visual Basic 6.0*

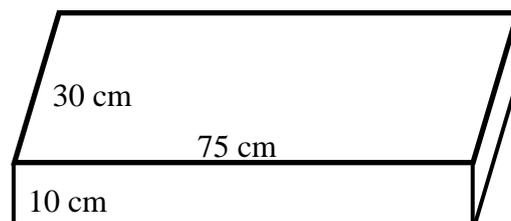
3.2. Perancangan Miniatur Jaringan Distribusi 20 kV

Pada perancangan ini akan dibuat sebuah miniatur Jaringan Distribusi 20 kV dengan menggunakan bahan triplek (kayu).

Desain miniatur Jaringan Distribusi 20 kV:

1) Alas;

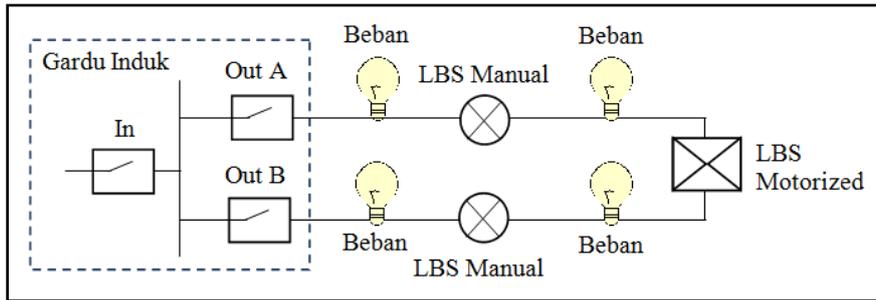
Alas berbahan triplek pada miniatur ini di desain seperti berikut dengan ketebalan 1 cm



Gambar 3. Desain Alas Miniatur Jaringan Distribusi 20 Kv

2) Miniatur Jaringan Distribusi 20 kV

Pada miniatur Jaringan Distribusi 20 kV ini di desain seperti berikut;



Gambar 4. Desain Miniatur Jaringan Distribusi 20 kV

Gambar di atas dapat diketahui bahwa pada miniatur Jaringan Distribusi 20 kV terdapat 1 *incoming* dan 2 *outgoing* (penyulang) yang terdiri dari ;

a) *Incoming*

Pada bagian ini digunakan MCB 2A

b) *Outgoing A*

Pada bagian ini digunakan 2 bh lampu (5W di *section I* & 5W di *section II*) sebagai beban di masing – masing *section* dan 1 bh saklar seri sebagai pemisah *section*

c) *Outgoing B*

Pada bagian ini digunakan 2 bh lampu (5W di *section I* & 5W di *section II*) sebagai beban di masing – masing *section* dan 1 bh saklar seri sebagai pemisah *section*

d) *LBS Motorized*

Pada bagian ini digunakan seperangkat RTU yang beroperasi sebagai *Normally Open* (NO) yang nantinya akan dipantau, dikendalikan, dan dicatat kerja sistemnya secara *real time*.



Gambar 5. Realisasi miniatur Jaringan Distribusi 20 kV

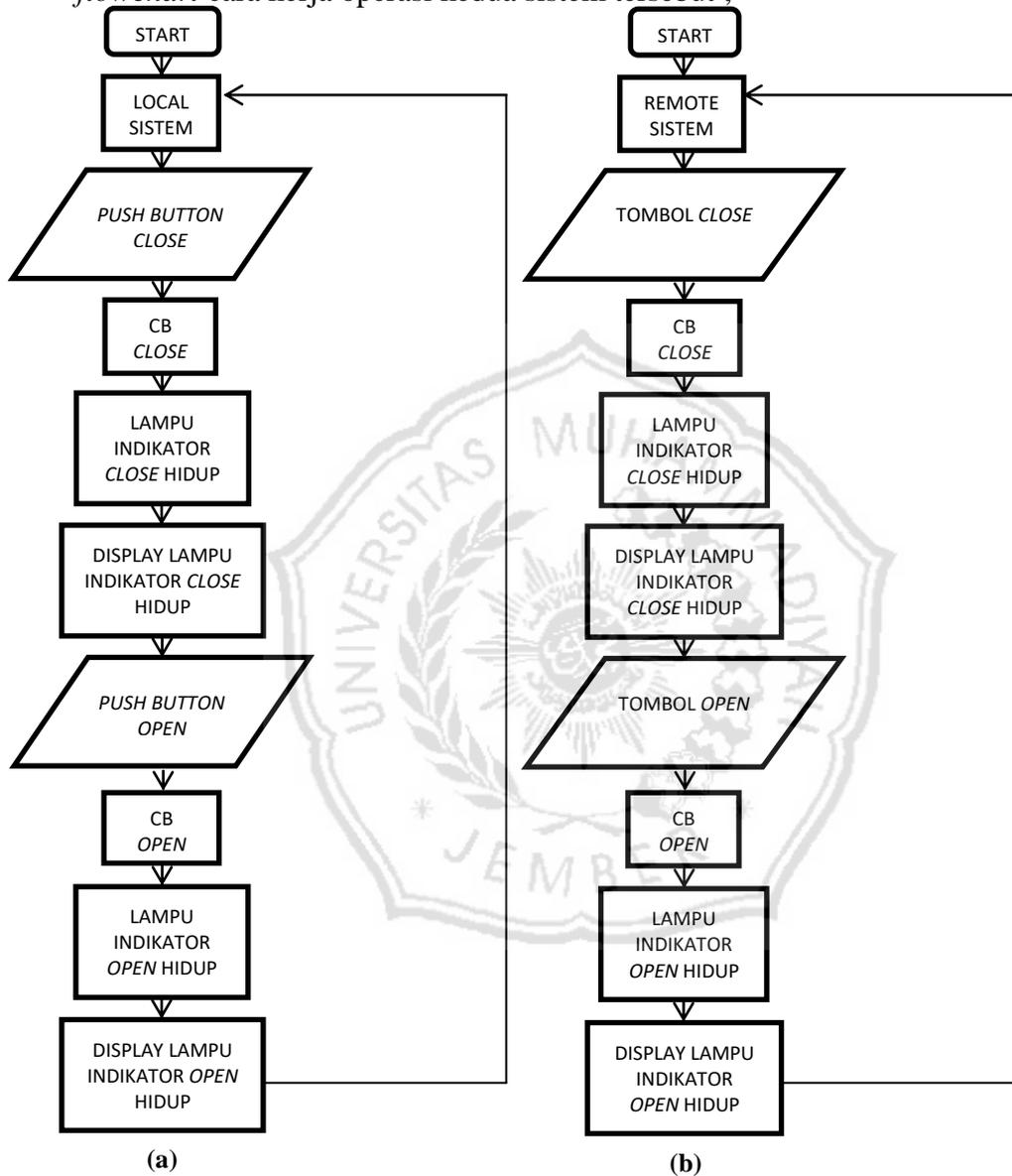
3.3. Perancangan *Software* RTU

Perancangan perangkat lunak / *software* merupakan tahap yang dilakukan ketika perancangan hardware pada RTU telah selesai. Berikut adalah bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan RTU adalah Mikrokontroler Arduino Uno, Modul IO, Ethernet shield, RS485 shield, Kabel usb, dan Kabel ethernet

Sedangkan *software* yang digunakan pada perancangan RTU ini adalah Arduino IDE dan Modscan sebagai *software* untuk uji coba RTU setelah selesai dirancang.

3.4. Perancangan *Software HMI*

Human Machine Interface (HMI) merupakan bagian yang ada dalam sistem SCADA. HMI menampilkan gambar animasi sistem pada Jaringan Distribusi 20 kV yang terdiri dari unit - unit peralatan jaringan yang akan diawasi dan dikontrol dari jarak jauh dengan menggunakan *computer*. Pada pembuatan *software HMI SCADA* disini menggunakan *Microsoft Visual Basic*. Dalam sistem miniatur mini SCADA yang akan di rancang nanti terdapat dua mode yaitu *local* dan *remote*. Berikut adalah *flowchart* cara kerja operasi kedua sistem tersebut ;



Gambar 6. (a) *Flowchart Local System* ; (b) *Flowchart Remote System*

BAB IV PENGUJIAN SISTEM

4.1. Pengujian Mode *Local*

Pada mode ini dilakukan pengujian dengan menekan tombol *push button* yang ada pada miniatur Jaringan Distribusi 20 kV, lalu diuji berapa lama waktu yang dibutuhkan hingga lampu pada HMI SCADA pada komputer menyala. Deskripsi kerja

pada mode *local* ini yaitu ketika tombol *push button close* pada miniatur Jaringan Distribusi 20 kV ditekan maka lampu *display close* pada HMI SCADA dan lampu indikator pada miniatur akan menjadi merah. Begitu juga ketika *push button* ditekan *open* maka bersamaan dengan lampu *display close* pada HMI SCADA yang sebelumnya akan berubah menjadi indikator *open* atau dari warna merah menjadi hijau. Untuk mengetahui durasi waktu tersebut digunakan *stopwatch* sebagai alat ukurnya. Berikut adalah hasil dari pengujiannya,

Tabel 1. Data Pengujian Mode Local

PENGUJIAN	Open ke Close (detik)	Close ke Open (detik)
1	4,27	5,23
2	6,41	5,01
3	6,94	5,45
4	4,4	5,8
5	6,68	7,46
6	5,21	6,5
7	6,02	7,1
8	6,2	7,23
9	5,8	7,5
10	4,55	6
RATA - RATA	5,648	6,328

Dari data pengujian di atas dapat diketahui bahwa terdapat durasi ketika melakukan pengujian operasi secara lokal dengan kata lain HMI memerlukan waktu untuk memproses data yang telah dikirimkan oleh RTU pada miniatur. Pada operasi *open* ke *close* sendiri memerlukan waktu dengan rata – rata 5,648 detik, begitu juga dengan operasi *close* ke *open* memerlukan waktu rata – rata yang hampir sama yaitu 6,328 detik. Dari sini dapat diurai akar permasalahan bahwa adanya durasi tersebut dikarenakan adanya kendala terhadap proses transfer data. Sehingga dapat disimpulkan bahwa salah satu faktor yang sangat menunjang terhadap tingkat ketepatan informasi pada sistem SCADA ini adalah signal pada jaringan internet yang digunakan, baik dari sisi RTU maupun dari sisi *server* HMI semakin baik sinyal maka semakin akurat pula data yang diproses.

4.2. Pengujian Mode Remote

Pada mode ini dilakukan pengujian dengan menekan tombol *open - close* yang ada di HMI SCADA, lalu diuji berapa lama waktu yang diperlukan sampai RTU pada LBS Motorized di miniatur *Jaringan Distribusi 20 kV* beroperasi sesuai perintah dari HMI. Deskripsi dari mode *remote* ini yaitu ketika tombol *open* pada HMI SCADA ditekan maka LBS Motorized di miniatur *Jaringan Distribusi 20 kV* akan beroperasi secara *open*, begitu juga sebaliknya ketika tombol *close* pada HMI SCADA ditekan maka LBS Motorized di miniatur *Jaringan Distribusi 20 kV* akan beroperasi secara *close*. Sama halnya dengan saat pengujian model *local* untuk mengetahui durasi waktu tersebut digunakan *stopwatch* sebagai alat ukurnya. Berikut adalah hasil dari pengujiannya.

Tabel 2. Data Pengujian Mode Remote

PENGUJIAN	Open ke Close (detik)	Close ke Open (detik)
1	4,21	6,31
2	5,7	6,87

3	6,96	4,01
4	5,93	5,63
5	2,96	5,74
6	5,4	7,8
7	5,68	7,46
8	5,21	6,5
9	6,02	7,1
10	4,2	5,23
RATA - RATA	5,227	6,265

Dari data pengujian di atas dapat diketahui juga bahwa terdapat durasi ketika melakukan pengujian operasi secara *remote* dengan kata lain RTU memerlukan waktu untuk memproses data yang telah dikirimkan oleh HMI. Pada operasi *open* ke *close* sendiri memerlukan waktu dengan rata – rata 5,227 detik, begitu juga dengan operasi *close* ke *open* memerlukan waktu rata – rata yang hampir lama yaitu 6,265 detik. Dari sini dapat diurai akar permasalahan yang sama dengan ketika mode lokal bahwa adanya durasi tersebut dikarenakan adanya kendala terhadap proses transfer data. Sehingga dapat disimpulkan bahwa salah satu faktor yang sangat menunjang terhadap tingkat ketepatan informasi pada sistem SCADA ini adalah signal pada jaringan internet yang digunakan, baik dari sisi RTU maupun dari sisi *server* HMI semakin baik sinyal maka semakin akurat pula data yang diproses.

4.3. Penghitungan *Error* Tegangan

Penghitungan *error* tegangan bertujuan untuk mengukur seberapa besar selisih tegangan antara yang terukur dengan menggunakan alat ukur dengan yang terukur pada *display* RTU maupun yang ditampilkan pada HMI. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran tegangan pada LBS Motorized dengan 3 kali uji coba pada kondisi yang berbeda. Dengan menggunakan rumus penghitungan *error* sebagai berikut ;

$$\text{Prosentase error} = \frac{V_{display} - V_{ukur}}{V_{ukur}} \times 100$$

Maka berdasarkan rumus di atas diperoleh data penghitungan sebagai berikut ;

$$\text{Prosentase error} = \frac{225,32 - 226,4}{226,4} \times 100 = -0,48 \%$$

Dengan menggunakan simulasi penghitungan menggunakan Ms. Excel berdasarkan contoh penghitungan di atas maka diperoleh data penghitungan sebagai berikut ;

Tabel 3. Tabel Pengukuran Tegangan pada LBS Motorized saat Posisi *Close* (Manuver Peny. A Ke Peny. B) – Kondisi 1

NO	Jam	Tegangan (V)		<i>Error</i>
		<i>Display</i>	Ukur	
1	23.10	225,32	226,4	-0,48%
2	23.11	226,83	227,9	-0,47%
3	23.13	226,17	226,9	-0,32%
4	23.16	227,03	227,9	-0,38%
5	23.18	226,72	227,6	-0,39%
6	23.20	226,42	227,7	-0,56%
7	23.22	225,43	226,8	-0,60%
8	23.25	227,27	228,2	-0,41%
9	23.27	225,63	226,8	-0,52%
10	23.30	227,82	228,9	-0,47%

Tabel 4. Tabel Pengukuran Tegangan pada LBS Motorized saat Posisi *Open* – Kondisi 2

NO	Jam	Tegangan (V)		Error
		Display	Ukur	
1	23.32	226,21	226,7	-0,22%
2	23.34	226,7	227,2	-0,22%
3	23.35	227,26	227,9	-0,28%
4	23.38	226,89	227,8	-0,40%
5	23.40	225,45	226,2	-0,33%
6	23.42	227,31	228	-0,30%
7	23.45	225,3	226,1	-0,35%
8	23.48	228,36	229,2	-0,37%
9	23.50	225,49	226,7	-0,53%
10	23.52	226,55	227,5	-0,42%

Tabel 5. Tabel Pengukuran Tegangan pada LBS Motorized saat Posisi *Close* (Manuver Peny. B ke Peny. A) – Kondisi 3

NO	Jam	Tegangan (V)		Error
		Display	Ukur	
1	23.53	227,08	227,77	-0,30%
2	23.54	227,02	226,8	0,10%
3	23.55	226,28	227,1	-0,36%
4	23.59	226,58	227,1	-0,23%
5	00.01	226,78	227,5	-0,32%
6	00.03	228,18	229,07	-0,39%
7	00.05	225,62	225,7	-0,04%
8	00.07	227,38	228,4	-0,45%
9	00.09	225,18	226	-0,36%
10	00.12	227,88	228,8	-0,40%

Dari data pengujian yang ditampilkan oleh ketiga tabel pengujian tersebut dapat dilihat bahwa tingkat *error* dari ketiga pengujian antara 0,1% s/d -0,6 % maka alat penelitian dapat dinyatakan layak untuk digunakan karena menurut standar dari PLN sendiri untuk tingkat *error* suatu peralatan adalah antara +5% dan -10%

4.4. Penghitungan *Error* Frekuensi

Penghitungan *error* frekuensi bertujuan untuk mengukur seberapa besar selisih frekuensi antara yang terukur dengan menggunakan alat ukur dengan yang terukur pada *display* RTU maupun yang ditampilkan pada HMI. Pada pengujian ini dilakukan pengukuran frekuensi pada LBS Motorized dengan 3 kali uji coba pada kondisi yang berbeda. Dengan menggunakan rumus penghitungan *error* sebagai berikut ;

$$\text{Prosentase error} = \frac{F_{\text{display}} - F_{\text{ukur}}}{F_{\text{ukur}}} \times 100$$

Maka berdasarkan rumus di atas diperoleh data penghitungan sebagai berikut ;

$$\text{Prosentase error} = \frac{49,97 - 49,94}{49,94} \times 100 = 0,05\%$$

Dengan menggunakan simulasi penghitungan menggunakan Ms. Excel berdasarkan contoh penghitungan di atas maka diperoleh data penghitungan sebagai berikut ;

Tabel 6. Tabel Pengukuran Frekuensi pada LBS Motorized saat Posisi *Open* – Kondisi 1

NO	Jam	Frekuensi (Hz)		Error
		Display	Ukur	
1	21.44	49,97	49,94	0,05%
2	21.46	50,03	50,01	0,04%
3	21.48	50,08	50,05	0,05%
4	21.49	50,12	50,08	0,08%
5	21.50	49,97	49,97	-0,01%
6	21.50	50,02	50,01	0,02%
7	21.52	50,03	50,05	-0,04%
8	21.53	50,01	50	0,02%
9	21.54	49,98	49,94	0,08%
10	21.55	50,06	50,04	0,04%

Tabel 7. Tabel Pengukuran Frekuensi pada LBS Motorized saat Posisi *Close* (Manuver Peny. A Ke Peny. B) – Kondisi 2

NO	Jam	Frekuensi (Hz)		Error
		Display	Ukur	
1	21.59	50,08	50,05	0,06%
2	22.01	50,15	50,14	0,02%
3	22.03	50,23	50,19	0,08%
4	22.05	50,14	50,11	0,06%
5	22.07	49,97	49,94	0,05%
6	22.09	50,18	50,13	0,10%
7	22.12	49,99	49,95	0,08%
8	22.16	50,06	50,04	0,04%
9	22.18	50,03	50,01	0,04%
10	22.20	50,05	50,02	0,06%

Tabel 8. Tabel pengukuran frekuensi pada LBS Motorized saat posisi *Close* (manuver Peny. B ke Peny. A) – Kondisi 3

NO	Jam	Frekuensi (Hz)		Error
		Display	Ukur	
1	23.32	50,03	50,01	0,04%
2	23.34	50,03	50,01	0,04%
3	23.35	50	49,98	0,04%
4	23.38	49,99	49,98	0,02%
5	23.40	50,17	50,18	-0,02%
6	23.42	50,11	50,08	0,06%
7	23.45	49,9	49,91	-0,02%
8	23.48	50,1	50,06	0,08%
9	23.50	49,79	49,8	-0,02%
10	23.52	49,94	49,97	-0,05%

Dari data pengujian yang ditampilkan oleh ketiga tabel pengujian tersebut dapat dilihat bahwa tingkat *error* dari ketiga pengujian adalah antara 0,1% s/d -0,05 %, maka alat penelitian dapat dinyatakan layak untuk digunakan karena menurut standarisasi dari PLN sendiri untuk tingkat *error* suatu peralatan adalah antara +5% dan -10%

4.5. Penghitungan Realibility Alat

Ada 3 jenis pengujian yang akan diuji sebagai indikator tingkat realibitias alat ini yaitu durasi waktu operasi, pengukuran tegangan, dan pengukuran frekuensi. Pada ketiga pengujian tersebut akan digunakan teknik pengujian *Cronbach Alpha* untuk mengetahui tiangkat reabilitas dari alat ini.

Secara umum rumus dari teknik *Cronbach Alpha* adalah sebagai berikut ;

$$r_{11} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_t^2}{\sigma_t^2} \right)$$

Keterangan :

r_{11} = reabilitas yang dicari

n = jumlah item yang diuji

$\sum \sigma_t^2$ = jumlah varians skor tiap – tiap item

σ_t^2 = varians total

Maka berdasarkan rumus diatas dan mengacu data penghitungan pada tabel 1 diperoleh contoh penghitungan sebagai berikut ;

$$r_{11} = \left(\frac{10}{10-1} \right) \left(1 - \frac{8,277}{23,120} \right) = 0,713$$

Berdasarkan contoh penghitungan di atas dengan menggunakan simulasi penghitungan menggunakan Ms. Excel maka diperoleh data penghitungan sebagai berikut ;

Tabel 9. Uji Realibilitas Alpha Mode Operasi Local

ITEM YG DIUJI	No Item										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Open ke Close (s)	4,27	6,41	6,94	4,4	6,68	5,21	6,02	6,2	5,8	4,55	56,48
Close ke Open (s)	5,23	5,01	5,45	5,8	7,46	6,5	7,1	7,23	7,5	6	63,28

Varian Item	0,461	0,980	1,110	0,980	0,304	0,832	0,583	0,530	1,445	1,051	
Jumlah Var Item	8,277										
Jumlah Var total	23,120										
Reliabilitas	0,713										

Tabel 10. Uji Realibilitas Alpha Mode Operasi Remote

ITEM YG DIUJI	No Item										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Open ke Close (s)	4,21	5,7	6,96	5,93	2,96	5,4	5,68	5,21	6,02	4,2	52,27
Close ke Open (s)	6,31	6,87	4,01	5,63	5,74	7,8	7,46	6,5	7,1	5,23	62,65

Varian Item	2,205	0,684	4,351	0,045	3,864	2,880	1,584	0,832	0,583	0,530	
Jumlah Var Item	17,560										
Jumlah Var total	53,872										
Reliabilitas	0,749										

Tabel 11. Uji Realibilitas Alpha Pengukuran Tegangan

ITEM YG DIUJI	No Item										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kondisi 1	-0,48%	-0,47%	-0,32%	-0,38%	-0,39%	-0,56%	-0,60%	-0,41%	-0,52%	-0,47%	-0,046
Kondisi 2	-0,22%	-0,22%	-0,28%	-0,40%	-0,33%	-0,30%	-0,35%	-0,37%	-0,53%	-0,42%	-0,034
Kondisi 3	-0,30%	0,10%	-0,36%	-0,23%	-0,32%	-0,39%	-0,04%	-0,45%	-0,36%	-0,40%	-0,027

Varian Item	0,0000018	0,00000816	0,00000016	0,00000086	0,00000014	0,00000175	0,00000812	0,00000016	,00000088	0,00000013	
Jumlah Var Item	0,0000221										
Jumlah Var total	0,0000882										
Reliabilitas	0,832										

Tabel 12. Uji Realibilitas Alpha Pengukuran Frekuensi

ITEM YG DIUJI	No Item										Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kondisi 1	0,05%	0,04%	0,05%	0,08%	-0,01%	0,02%	-0,04%	0,02%	0,08%	0,04%	0,0033
Kondisi 2	0,06%	0,02%	0,08%	0,06%	0,05%	0,10%	0,08%	0,04%	0,04%	0,06%	0,0059
Kondisi 3	0,04%	0,04%	0,04%	0,02%	-0,02%	0,06%	-0,02%	0,08%	-0,02%	-0,05%	0,0017

Varian Item	0,00000001	0,00000001	0,00000004	0,00000009	0,00000015	0,00000016	0,00000041	0,00000009	0,00000025	0,00000036	
Jumlah Var Item	0,00000159										
Jumlah Var total	0,00000455										
Reliabilitas	0,724										

Dari data pengujian yang ditampilkan oleh keempat tabel pengujian tersebut dapat dilihat bahwa tingkat reabilitas dari keempat pengujian adalah 0.713, 0.749, 0.832, dan 0.724 maka alat penelitian dapat dinyatakan memiliki **Reabilitas Tinggi** dan layak untuk sesuai dengan kategori koefisien reliabilitas (Guilford, 1956: 145) sebagaimana berikut:

- $0,80 < r_{11} < 1,00$ reliabilitas sangat tinggi
- $0,60 < r_{11} < 0,80$ reliabilitas tinggi
- $0,40 < r_{11} < 0,60$ reliabilitas sedang
- $0,20 < r_{11} < 0,40$ reliabilitas rendah.
- $-1,00 < r_{11} < 0,20$ reliabilitas sangat rendah (tidak reliable).

BAB V PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka telah berhasil dibuat sebuah alat dengan judul Perancangan Miniatur Reliability Sistem Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Menggunakan Sistem SCADA. Maka dari itu kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan penerapan Sistem SCADA pada Miniatur Jaringan Tegangan Menengah 20 kV yangmana salah satu komponen utamanya RTU dipasang pada LBS

Motorized dengan kondisi *Normally Open* (NO) diketahui dapat meningkatkan kehandalan dalam sistem jaringan tersebut karena proses kontrol sistem dan akusisi data dapat dilakukan secara jarak jauh (*remote*) sehingga lebih cepat dan real time dengan menggunakan jaringan internet berbasis IP.

2. Berdasarkan kerja Sistem SCADA yang telah diuji, dapat diketahui 2 variabel pengujian untuk mengetahui kelayakan dari penerapan sistem ini pada Miniatur Jaringan Tegangan Menengah 20 kV yang pertama terkait tingkat error dari metering yang bernilai antara 0,1% s/d -0,48 %, yang mana sesuai menurut standarisasi dari PLN yaitu terkait tingkat error suatu peralatan adalah antara +5% dan -10%, selain itu yang kedua terkait tingkat reabilitas dari penerapan sistem ini memiliki koefisien nilai 0.713, 0.749, 0.832, dan 0.724 sehingga menurut kategori koefisien reliabilitas untuk nilai 0,60 s/d 0,80 adalah Reliabilitas Tinggi.

4.2. Saran

Saran yang diusulkan untuk pengembangan sistem ini agar tercapai sistem yang jauh lebih baik adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan simcard dengan tipe IP Statis pada modem yang terpasang pada RTU sangatlah dianjurkan agar lebih mempermudah dalam hal proses sinkronisasi antara server HMI dengan RTU,
2. Sistem monitoring bisa ditambah dengan sistem penyimpanan data hasil ukur, untuk mempermudah pengambilan data.
3. RTU pada LBS Motorized dapat dimodif dengan penambahan fitur pembacaan event arus gangguan dan arah gangguannya sehingga dapat mempercepat ketika penormalan saat adaya suatu gangguan listrik di sistem.

DAFTAR PUSTAKA

Jasa Pendidikan Dan Pelatihan Unit Diklat Semarang, *Pengenalan Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, PT. PLN (Persero), Semarang, 2007.

Pusat Pendidikan Dan Pelatihan, *Konsep Dasar Jaringan Distribusi*, PT. PLN (Persero), Jakarta

Indra Kanedi, Jauhari, Ayu Wulandari, 2013, Tata Kelola Perpustakaan Menggunakan Bahasa Pemrograman Visual Basic 6.0, Universitas Dehasen Bengkulu, Bengkulu.

Boylestad, Robert. L ;Nashelky, Louis.(2001). *Electronic Devices And Circuit Theory*. Newjersey : *Prentice Hall Inc*.

Pusat Pendidikan Dan Pelatihan, *Sistem Scada Di Distribution Control Center (DCC)*, PT. PLN (Persero), Jakarta

<http://www.statistikian.com/2012/10/uji-reliabilitas-instrumen.html>

<http://www.laporanpraktikum.com/2018/01/uji-validitas-dan-reliabilitas.html>

<http://www.ishaqmadeamin.com/2013/06/varians-skor-total.html>