
SIMULASI MEDIA PEMBELAJARAN SCADA MONITORING KENDALI JARINGAN SPINDEL DISTRIBUSI 20 KV

**Syaiful Rachman¹⁾, Sarifudin²⁾, Ivan Maududy³⁾,
Sunu Hasta Wibowo⁴⁾, Bambang Suriansyah⁵⁾**

Saifulrachman1@poliban.ac.id¹⁾, sarif@poliban.ac.id²⁾,
ivan.maududy@poliban.ac.id³⁾, hasta@poliban.ac.id⁴⁾,
bambangsyah@poliban.ac.id⁵⁾

1, 2, 3, 4, 5) Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Banjarmasin

Abstrak

Sistem distribusi tenaga listrik meliputi semua jaringan tegangan menengah 20kV dan semua jaringan tegangan rendah 220/380 V hingga meter-meter pelanggan. Distribusi tenaga listrik dilakukan dengan menarik kawat-kawat distribusi baik pengantar udara maupun pengantar di bawah tanah dari mulai gardu induk hingga ke pusat-pusat beban. Sistem pengaturan tersebut berkembang mulai dari sistem pengaturan konvensional dimana tiap-tiap sub-sistem (seperti gardu induk) memerlukan operator, disusul kemudian dengan sistem pengaturan berbasis komputer agar sistem konvensional tersebut dapat dipantau dan diawasi secara terpusat dari jarak jauh. Pada sistem penyulang terjadi suatu gangguan pada jaringan dimana gangguan tersebut pada jaringan Gardu Distribusi yang mengakibatkan padam. Dengan mengimplementasikan sistem SCADA, APD (Area Pengatur Distribusi) dapat melakukan manuver dari pusat kontrol dan tanpa harus datang ke Gardu Distribusi untuk menghidupkan kembali listrik yang padam. Saat terjadi gangguan tersebut, Dengan mengimplementasikan sistem SCADA pengendalian listrik khususnya jaringan distribusi 20 KV dapat dilakukan dari jarak jauh dan dengan waktu yang singkat dan dapat menjadi media pembelajaran tentang simulasi sistem distribusi untuk mahasiswa jurusan Teknik Elektro.

Kata Kunci : *Distribusi, Media Pembelajaran, Monitoring, SCADA*

1. PENDAHULUAN

Energi Listrik adalah salah satu energi yang sangat penting bagi manusia, karena Tenaga Listrik merupakan kebutuhan yang utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Penyediaan Tenaga Listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan Tenaga Listrik. Pada suatu sistem Tenaga Listrik dibutuhkan suatu sistem pengamanan yang handal yang mampu mendeteksi gangguan dan kesalahan yang terjadi pada sistem tersebut. Hal tersebut

diperlukan agar suplai Energi Listrik dapat dipertahankan dengan baik. Agar sistem yang dimiliki mampu menjaga pelayanan suplai tenaga listrik dengan baik, maka sistem pengamanan harus memenuhi syarat: reliable, selektif, sensitif, memiliki waktu operasi yang cepat, ekonomis dan sederhana.

Penerapan sistem SCADA pada kelistrikan, merupakan sistem pengendalian yang berkerja secara real time, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh sehingga mampu dijadikan solusi dari permasalahan yang terjadi dalam sistem ketenaga listrik, agar penanganan terhadap gangguan dapat

dilakukan dengan cepat. Sistem distribusi tenaga listrik meliputi semua jaringan tegangan menengah 20kV dan semua jaringan tegangan rendah 220/380 V hingga meter-meter pelanggan.

Distribusi tenaga listrik dilakukan dengan menarik kawat-kawat distribusi baik pengantar udara maupun pengantar di bawah tanah dari mulai gardu induk hingga kepusat-pusat beban. Sistem pengaturan tersebut berkembang mulai dari sistem pengaturan konvensional dimana tiap-tiap sub-sistem (seperti gardu induk) memerlukan operator, disusul kemudian dengan sistem pengaturan berbasis komputer agar sistem konvensional tersebut dapat dipantau dan diawasi secara terpusat dari jarak jauh [1].

Pada sistem penyulang terjadi suatu gangguan pada jaringan dimana gangguan tersebut pada jaringan Gardu Distribusi yang mengakibatkan padam. Dengan mengimplementasikan sistem SCADA, APD (Area Pengatur Distribusi) dapat melakukan manuver dari pusat kontrol dan tanpa harus datang ke Gardu Distribusi untuk menghidupkan kembali listrik yang padam. Saat terjadi gangguan tersebut, perlu adanya sistem pengendalian menggunakan SCADA yang diimplementasikan pada layar computer. Dalam penelitian ini menggunakan sistem Spindle merupakan salah satu struktur untuk meningkatkan keandalan dengan membuat semua penyulang yang keluar dari Gardu Induk menuju kesatu titik pertemuan sehingga membentuk suatu lingkaran yang terbuka, pada titik pertemuan tersebut yang disebut titik refleksi.

Titik refleksi ini dalam praktek merupakan Gardu-Hubung (GH) atau switching substation. Sehingga dalam penelitian ini akan mendesain untuk menampilkan secara visual posisi terjadi kerusakan ataupun untuk mengendalikan jalur distribusi listrik tersebut ke dalam aplikasi SCADA. Untuk menunjang pada penelitian ini, didiskripsikan dalam bentuk tabel hasil penelitian terdahulu tentang mengimplementasikan sistem

SCADA, yang telah dilakukan meliputi beberapa penelitian dari jurnal pada tahun 2014 menurut Didik Aribowo dkk menjelaskan Sistem SCADA pada jaringan listrik memerlukan Remote Terminal Unit (RTU) yang dipasang pada Pusat Pembangkit listrik dan GI.

RTU merupakan unit pengawas langsung dan juga merupakan unit pelaksana operasi dari pusat kontrol (Master Station) sehingga dengan adanya RTU ini memungkinkan Master Station mengumpulkan data dan melaksanakan kontrol. Sistem SCADA pada PT. Krakatau Daya Listrik memiliki beberapa macam RTU. RTU disusun oleh: modul CPU & Memory, modul Digital Input, modul Digital Output, modul Analog Input, modul Analog Output, modul Watchdog, dan modul Power Supply [1].

Kemudian pada tahun 2016 menurut Heru Susanto dkk dengan judul “Analisa Penerapan Sistem SCADA Pada Pengendalian Jaringan Ringan Tegangan Menengah 20 kV PT. PLN Area Payakumbuh” menjelaskan Dengan mengimplementasikan sistem SCADA, PT.PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang bisa mendapatkan penghematan waktu lamanya padam yang cukup besar yaitu mulai dari 1,9% sampai 95,53%, dan juga dapat menekan frekuensi terjadinya padam [2].

Sehingga dari tujuan penelitian ini mendesain media pembelajaran Sistem SCADA yang diterapkan dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik di rancang untuk memantau aktifitas peralatan pada Gardu Induk (GI) atau Gardu Hubung (GH) dan pengendalian operasi, sehingga manfaat dari penelitian ini kondisi jaringan Tenaga Listrik dapat dimonitor secara real time. Selain itu manfaatnya fungsi tersebut dengan menggunakan Sistem SCADA juga berfungsi melakukan perintah *remote control*. Dengan sistem SCADA maka *Dispatcher* mendapatkan data dengan cepat setiap saat (*real time*) bila diperlukan, dan SCADA dengan cepat memberikan peringatan pada

Dispatcher bila terjadi gangguan pada Sistem, sehingga gangguan dapat dengan mudah dan cepat diatasi atau dinormalkan.

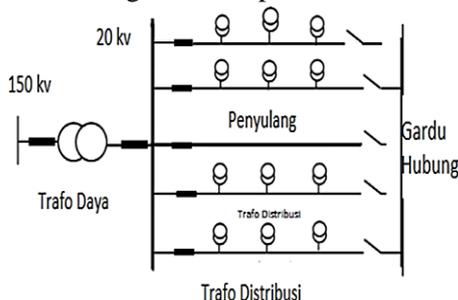
2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan ini adalah Langkah-langkah yang dilakukan untuk perolehan tujuan penelitian, meliputi :

- 1) Studi literatur,
- 2) Desain Visual SCADA Distribusi Pola Spindel,
- 3) Pembuatan Program,
- 4) Pengintegrasian Sistem,
- 5) Pengujian Sistem,
- 6) Analisis hasil pengujian, dan
- 7) Kesimpulan.

2.1 Studi Literatur

Jaringan Distribusi Pola *Spindel* adalah jaringan yang merupakan pengembangan dari pola radial dan *loop* terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju suatu tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara gardu Induk (GI) dan selanjutnya GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut *express feeder*. Sistem gardu distribusi ini terdapat disepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri, saluran kerja yang masuk ke gardu dihubungkan oleh sakelar pemisah, sedangkan saluran yang keluar dari gardu dihubungkan oleh sebuah sakelar beban. Jadi sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara radial dan dalam keadaan darurat bekerja secara loop melalui saluran cadangan dan GH. Jaringan dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Saluran Distribusi Pola Spindel

Dalam Sistem Tenaga Listrik, gangguan didefinisikan sebagai terjadinya suatu kerusakan dalam penyaluran daya listrik yang menyebabkan aliran arus listrik lebih besar dari aliran arus yang seharusnya. Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem distribusi saluran 20 kV, dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan daun/pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca dan lain-lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi.

Penyebab Gangguan Gangguan pada sistem tenaga listrik biasanya diakibatkan oleh kegagalan isolasi diantara penghantar fasa atau antara penghantar fasa dengan tanah. Kegagalan isolasi dapat menghasilkan beberapa efek pada sistem diantaranya menghasilkan arus yang cukup besar, atau dapat mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor fasa atau antara penghantar fasa dan tanah. Pengendalian Penanganan Gangguan Pada sistem distribusi terdapat masalah utama yaitu bagaimana mengatasi gangguan dengan cepat karena gangguan yang terbanyak dalam Sistem Tenaga Listrik terdapat dalam sistem distribusi. Jika terjadi ketidak normalan pada Sistem Tenaga Listrik, maka secara otomatis sistem SCADA akan memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (circuit breaker) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari sistem yang normal.

Sistem SCADA juga berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguannya sehingga memudahkan evaluasi pada saat terjadi gangguan. Sistem SCADA yang diterapkan dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik di rancang untuk memantau aktifitas peralatan pada Gardu Induk atau Gardu Hubung dan pengendalian operasi, sehingga

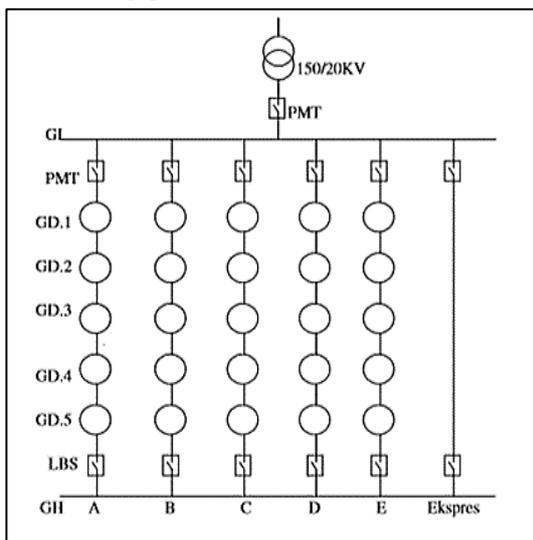
kondisi jaringan Tenaga Listrik dapat dimonitor secara real time. Selain fungsi tersebut dengan Sistem SCADA juga berfungsi melakukan perintah remote control.

Dengan sistem SCADA, maka *Dispatcher* mendapatkan data dengan cepat setiap saat (*realtime*) bila diperlukan, disamping itu SCADA dengan cepat memberikan peringatan pada *Dispatcher* bila terjadi gangguan pada Sistem, sehingga gangguan dapat dengan mudah dan cepat diatasi atau dinormalkan. Fungsi kendali pengawasan mengacu pada operasi peralatan dari jarak jauh, seperti *switching circuit breaker*, pengiriman sinyal balik untuk menunjukkan atau mengindikasikan kalau operasi yang diinginkan telah berjalan efektif.

2.2 Desain Visual SCADA Distribusi

Pola Spindel

Desain visual Scada distribusi pola spindle merujuk pada Jalur distribusi rancangan pada Gambar 2 [5].



Gambar 2. Jalur distribusi pola spindle

Dari gambar tersebut akan diimplementasikan kedalam bentuk visual menggunakan software *Citect Studio 2016* dalam penelitian ini [4].

2.3 Pembuatan Program

Pembuatan program sebagai master terminal unit menggunakan *Programmable logic controller* kemudian di koneksikan dengan software aplikasi SCADA [3].

2.4 Pengintegrasian Sistem dan Pengujian Sistem

Setelah pembuatan program berhasil akan dilanjutkan dengan pengabungan sistem PLC dan SCADA. Cara pengujian akan pada penyulang C terjadi suatu gangguan pada jaringan dimana gangguan tersebut terjadi pada jaringan Gardu Distribusi C sehingga Gardu Distribusi D dan Gardu Distribusi E padam akan diuji sistem dan selanjutnya akan dibuat Tabel. kemudian hasil dari penelitian ini akan dapat disimpulkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

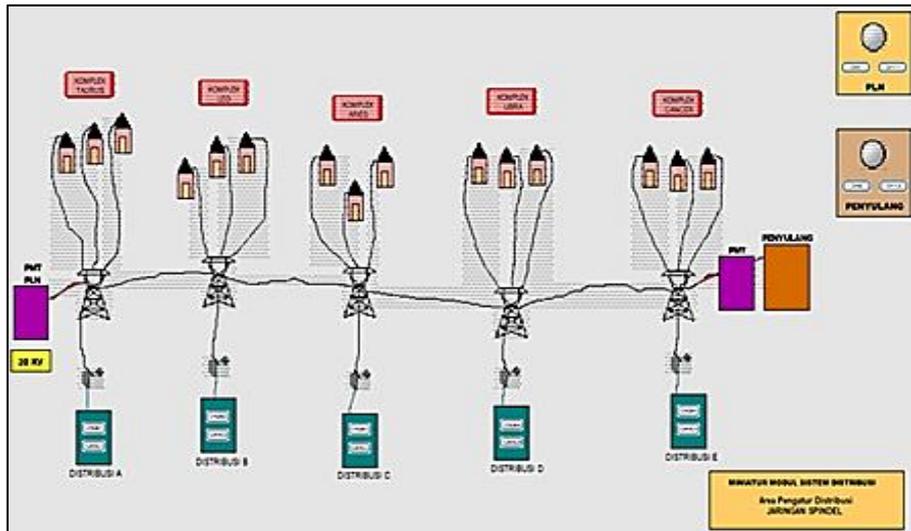
3.1 Hasil

Hasil desain miniature yang telah dibuat dan dikerjakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain miniature Distribusi Pola Spindel

Sistem *Spindle* merupakan salah satu struktur untuk meningkatkan keandalan dengan membuat semua penyulang yang keluar dari Gardu Induk menuju kesatu titik pertemuan sehingga membentuk suatu lingkaran yang terbuka, pada titik pertemuan tersebut yang disebut titik refleksi.



Gambar 4. Hasil desain distribusi pola spindle menggunakan *software citect studio 2016*

Titik refleksi ini dalam praktek merupakan Gardu-Hubung (GH) atau *switching substation*. Struktur *spindle* ini selalu disediakan penyulang cadangan khusus yang lebih dikenal dengan sebutan penyulang ekspres. Penyulang ekspres ini tidak mencatu gardu-gardu distribusi, tetapi merupakan penyulang penghubung antara Gardu Induk dengan Gardu Hubung yang dimaksudkan untuk menjaga kelangsungan pemasokan tenaga listrik pada pelanggan-pelanggan, bila terjadi gangguan pada suatu penyulang yang memasok gardu-gardu distribusi.

Luas penampang kabel dari setiap penyulang, baik yang mencatu gardu gardu distribusi maupun penyulang ekspres sama besarnya. Bila ditinjau dari sudut jaringan sistem pengendalian tenaga listrik maka remote terminal unit dapat berfungsi Sebagai node atau terminal jaringan remote biasa. Disini pusat-pusat pengendalian berhubungan langsung dengan RTU tersebut tanpa ada RTU perantara lain. Sistem hubungan ini efisien bila jarak antara gardu-gardu saling berjauhan letaknya, atau hampir sama jarak pusat pengendalian ke masing-masing gardu [6].

Efisiensi pemanfaatan jalur komunikasi diperoleh dengan perancangan yang tepat dengan mempertimbangkan juga letak geografis gardu-gardu dan pusat pengendalian. adapun hasil sistem SCADA

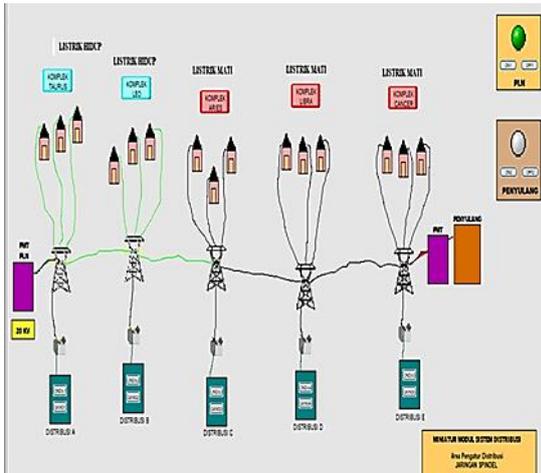
ditunjukkan pada Gambar 4. yang mana diskripsi gambar adalah sebagai berikut distribusi A untuk ke Komplek perumahan Taurus, distribusi B untuk ke Komplek perumahan Leo, distribusi C untuk ke Komplek perumahan Aries, distribusi D untuk ke Komplek perumahan Libra, distribusi E untuk ke Komplek perumahan Cancer.

3.2 Pembahasan

Pada Gambar 5, pada saat terjadi suatu gangguan pada jaringan dimana gangguan tersebut terjadi pada jaringan Gardu Distribusi C sehingga Distribusi D dan Distribusi E padam. Dengan mengimplementasikan sistem SCADA, APD (Area Pengatur Distribusi) dapat melakukan manuver dari pusat kontrol dan tanpa harus datang ke Distribusi D dan Distribusi E untuk menghidupkan kembali listrik yang padam. Saat terjadi gangguan tersebut. Lalu dispatcher melakukan manuver dengan membuka LBS (*Load Break Switch*) yang terdapat pada Distribusi C dan Distribusi D dengan cara mengklik pada layar komputer.

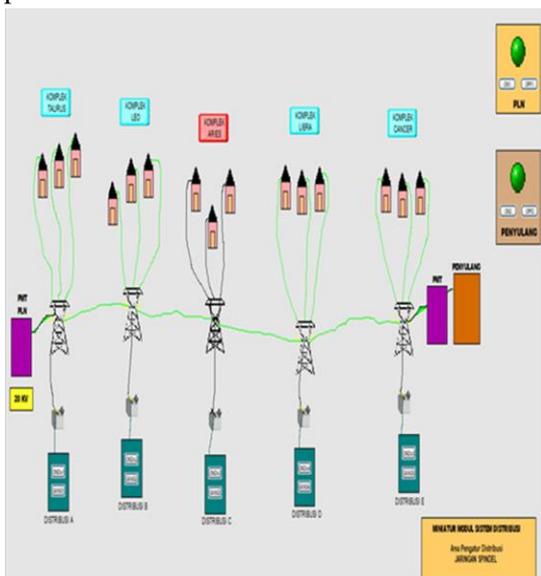
Lalu komputer langsung mengirimkan sinyal ke RTU melalui media komunikasi, setelah itu RTU menerima sinyal untuk membuka LBS, maka RTU menyalakan motor yang ada didalam kubikel untuk membuka LBS. Setelah LBS terbuka, RTU kembali mengirimkan sinyal status bahwa LBS telah

terbuka ke komputer melalui media komunikasi, maka pada layar komputer terbacalah status LBS open atau LBS terbuka.



Gambar 5. Hasil Simulasi Distribusi C diberi Gangguan kerusakan sisitem

Dengan cara yang sama, *dispatcher* menutup LBS pada GH sehingga Distribusi D dan Distribusi E mendapat pasokan listrik dari Gardu Induk melalui penyulang ekspress. Dengan implementasi sistem SCADA ini APD dapat menghidupkan kembali listrik yang padam karna gangguan, tanpa harus menunggu gangguan tersebut selesai diperbaiki pada Distribusi C. Hasil gambar setelah mendapat pasokan listrik dari Gardu Induk melalui penyulang ekspress ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Simulasi Distribusi D dan E diberi pasokan melalui penyulang ekspress

Dari hasil simulasi dapat dibuatkan Tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Percobaan Tidak Ada Gangguan Pada Sistem Distribusi Spindel

No	Dist.	Gangguan	Akibat Gangguan	Penyulang	Ket.
1	A	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Taurus Listrik Hidup
2	B	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Leo Listrik Hidup
3	C	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Aries Listrik Hidup
4	D	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Libra Listrik Hidup
5	E	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Cancer Listrik Hidup

Tabel 2. Percobaan Pemberian Gangguan Pada Sistem Distribusi Spindel

No	Dist.	Gangguan	Akibat Gangguan	Penyulang	Ket.
1	A	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Taurus Listrik Hidup
2	B	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	OFF	Komplek Leo Listrik Hidup
3	C	Terjadi Gangguan	Listrik Padam	OFF	Komplek Aries Listrik Padam
4	D	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Padam	OFF	Komplek Libra Listrik Padam
5	E	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Padam	OFF	Komplek Cancer Listrik Padam

Tabel 3. Percobaan Pemberian Listrik Cadangan Dari Penyulang

No	Dist.	Gangguan	Akibat Gangguan	Penyulang	Ket.
1	A	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	ON	Komplek Taurus Listrik Hidup
2	B	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Hidup	ON	Komplek Leo Listrik Hidup
3	C	Terjadi Gangguan	Listrik Padam	ON	Komplek Aries Listrik Padam
4	D	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Padam	ON	Komplek Libra Listrik Hidup
5	E	Tidak Terjadi Gangguan	Listrik Padam	ON	Komplek Cancer Listrik Hidup

Sehingga terjadi suatu gangguan pada jaringan dimana gangguan tersebut terjadi pada jaringan Gardu Distribusi C arah bawah (setelah distribusi C) sehingga distribusi D dan distribusi E listrik padam. Dengan mengimplementasikan sistem SCADA, APD (Area Pengatur Distribusi) dapat melakukan manuver dari pusat kontrol dan tanpa harus datang ke distribusi D dan distribusi E untuk menghidupkan kembali listrik yang padam saat terjadi gangguan tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dengan mengimplementasikan sistem SCADA pengendalian listrik khususnya jaringan distribusi 20 KV dapat dilakukan dari jarak jauh dan dengan waktu yang singkat.
- Hasil desain media pembelajaran Sistem SCADA yang diterapkan dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik di rancang untuk memantau aktifitas peralatan pada Gardu

Induk(GI) atau Gardu Hubung(GH) dan pengendalian operasi, sehingga manfaat dari penelitian ini kondisi jaringan Tenaga Listrik dapat dimonitor secara real time.

- Dapat menjadi media pembelajaran tentang simulasi sistem distribusi untuk mahasiswa jurusan Teknik Elektro.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Heru Susanto, Noverly Lysbetti, Analisa Penerapan Sistem SCADA Pada Pengendalian Jaringan Tegangan Menengah 20 kV PT. PLN Area Payakumbuh Jom FTEKNIK Volume 3 No.2 Oktober 2016
- [2] Didik Aribowo , M.Otong , Radiyanto Remote Terminal Unit (RTU) SCADA Pada Jaringan Tegangan Menengah 30 KV SETRUM – Volume 3, No. 2, Desember 2014 ISSN : 2301-465
- [3] Datasheet Modicon M221 Logic Controller Programming Guide, 2014
- [4] Datasheet Citect Studio Guide, 2014
- [5] SPLN 72:1987. Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR).
- [6] Standar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik disusun oleh : Kelompok Kerja Standar Kontruksi Jaringan Disribusi Tenaga Listrik dan Pusat Peneliti an Sains dan Teknologi Universitas Indonesia. PT PLN (Persero) Tahun 2010.