



OPTIMALISASI MANUEVER JARINGAN MENGGUNAKAN *SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION* (SCADA) DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEMDISTRIBUSI 20 KV DI PT PLN (Persero) UP3 BEKASI

Raihan Hilmy Annuru¹, Insani Abdi Bangsa.S.T.,M.Sc.²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang

Email: raihan.hilmy18055@student.unsika.ac.id, insani.abdibangsa@staff.unsika.ac.id

ABSTRACT

Electrical energy is one of the energies that has an important role in human life. In increasing demand for electrical energy, along with the increasing demand for electrical energy supply. Therefore, we need a system that maintains the value of reliability and efficiency, one of which is in the field of managing the electric power system network starting from generation, transmission to distribution. The priority is to obtain a safe management system, with good quality. PT PLN (Persero) in 2013 has implemented SCADA which is a major requirement to increase the value of reliability and operational efficiency in the distribution network of the electric power system. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) is a system that is applied for remote data retrieval in real time and remotely. From the results of this study, it was found that optimization of network maneuvers using SCADA resulted in lower ENS, unsold rupiah and SAIDI compared to local optimization of network maneuvers.

Keywords: *Electrical Energy, SCADA, Distribution Reliability, ENS, SAIDI*

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu energi yang memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Dalam meningkatnya pertumbuhan permintaan energi listrik, berdampak dengan meningkatnya pula kebutuhan akan pasokan energi listrik. Maka dari itu, dibutuhkannya sebuah sistem yang tetap menjaga nilai keandalan serta efisiensi salah satunya adalah pada bidang pengelolaan jaringan sistem tenaga listrik dimulai dari pembangkit, transmisi hingga distribusi. Hal yang menjadi keutamaan adalah untuk memperoleh pengelolaan sistem yang aman, dengan mutu yang baik. PT PLN (Persero) pada tahun 2013 telah menerapkan SCADA yang menjadi sebuah syarat utama untuk meningkatkan nilai keandalan serta efisiensi operasional pada jaringan distribusi sistem tenaga listrik. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) adalah sebuah sistem yang diterapkan untuk pengambilan data dari jarak jauh secara real time dan remote. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa, optimalisasi manuver jaringan dengan menggunakan SCADA menghasilkan ENS, rupiah tidak terjual dan SAIDI lebih kecil dibandingkan dengan optimalisasi manuver jaringan secara local.

Kata Kunci: *Energi Listrik, SCADA, Keandalan Distribusi, ENS, SAIDI*

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi yang memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, di mana hampir setiap pekerjaan ataupun kegiatan manusia membutuhkan energi listrik. Namun seiring dengan perkembangan teknologi dan zaman, permintaan akan kebutuhan energi listrik terus meningkat. Permintaan listrik selalu tumbuh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis energi lainnya. Pertumbuhan permintaan listrik, diproyeksikan mencapai 2.214 TWh (BaU), 1.918 TWh (PB), 1.626 TWh (RK) pada tahun 2050 atau naik hampir 9 kali lipat dari permintaan listrik tahun 2018 sebesar 254.6 TWh. Laju pertumbuhan permintaan listrik rata-rata pada ke tiga skenario sebesar 7% (BaU), 6,5% (PB) dan 6% (RK) per tahun selama periode 2018-2050 [1]

Dalam meningkatnya pertumbuhan permintaan energi listrik, berdampingan dengan meningkatnya pula kebutuhan akan pasokan energi listrik. Maka dari itu, dibutuhkannya sebuah sistem yang tetap menjaga nilai keandalan serta efisiensi salah satunya adalah pada bidang pengelolaan jaringan sistem tenaga listrik dimulai dari pembangkit, transmisi hingga distribusi. Hal yang menjadi keutamaan adalah untuk memperoleh pengelolaan sistem yang aman, dengan mutu yang baik. Sehingga akan tetap menjaga kestabilan pasokan listrik sampai ke konsumen [2]

Oleh karena itu, PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) (Persero) Unit Pelayanan Pelanggan (UP3) Bekasi Unit Induk Distribusi (UID) Jawa Barat pada tahun 2013 telah menerapkan sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) yang menjadi sebuah syarat utama untuk meningkatkan nilai keandalan serta efisiensi operasional pada jaringan distribusi sistem tenaga listrik. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) adalah sebuah sistem yang diterapkan untuk pengambilan data dari jarak jauh secara real time dan remote. SCADA merupakan fasilitas yang digunakan oleh dispatcher di pusat kontrol untuk mengendalikan distribusi tenaga listrik Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) [2]. Dalam penggunaan Sistem SCADA, memiliki peran penting untuk mempercepat recovery gangguan karena akan mempengaruhi indeks data kinerja System Average Interruption Frequency Index (SAIDI) di PT PLN (Persero) UP3 Bekasi. Berdasarkan ANSI/IEEE Std. 100-1992, Gangguan

didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau elemen yang tidak berkerja sebagaimana mestinya [3]

Dalam operasional pemeliharaan dan recovery gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik membutuhkan keakuratan data informasi, efisiensi waktu dan jarak serta ketepatan dalam mengambil eksekusi. Pada penerapan sistem SCADA, ketika terjadi gangguan di salah satu gardu pada penyulang lalu menyebabkan trip atau padam pada semua gardu (satu penyulang). Dispatcher akan bertugas untuk memberikan intruksi berdasarkan data serta informasi yang diperoleh dari sistem SCADA kepada petugas Yantek (Pelayanan Teknik) di lapangan. Tentunya melalui sistem SCADA, titik pengusutan gangguan yang terjadi dapat terdeteksi dari indikator gangguan yang terdapat pada Gardu. Setelah itu, Dispatcher akan mengeksekusi melalui sistem SCADA pada Penyulang yang mengalami trip dengan manuver tegangan dari penyulang backup sehingga penyulang tersebut dapat menyala kembali. Dari hal tersebut, petugas YANTEK tidak perlu menempuh jarak yang jauh antara Gardu yang terdampak gangguan dengan Gardu Hubung (Penyulang Backup) dan target penormalan (Recovery Time) dapat terwujud. [2]

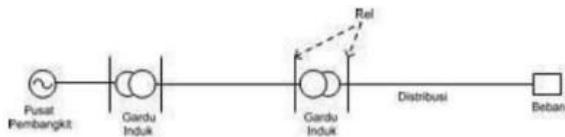
Maka berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini membahas tentang Optimalisasi Manuver Jaringan Menggunakan SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) Dalam Meningkatkan Keandalan Sistem Distribusi 20KV Di PT PLN (Persero) UP3 Bekasi UID Jawa Barat, dengan menjelaskan mengenai operasional recovery gangguan menggunakan sistem SCADA. Serta dalam mewujudkan sistem yang dapat meningkatkan nilai keandalan, efisiensi dan meminimalisir kerugian terhadap konsumen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik, sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang

langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam system tenaga listrik secara keseluruhan [2].



Gambar 2. 1 Alur Distribusi Sistem Tenaga Listrik
Sumber : PT. PLN (Persero)

2.2 Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Secara umum terdapat beberapa bagian dari sistem distribusi tenaga listrik sebagai berikut :

2.2.1. Gardu Induk

GI berguna untuk mengubah tegangan tinggi dari saluran transmisi ke tegangan menengah untuk sistem distribusi serta digunakan untuk proteksi dalam sistem tenaga listrik dan juga dijadikan tempat untuk mengatur energi dari sistem distribusi yang melewati feeder [3]. Adapun beberapa jenis dari Gardu induk mentransformasikan daya, yaitu :

1. Dari tegangan ekstra tinggi menjadi tegangan tinggi (500 Kv/150 Kv)
2. Dari tegangan tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah (150 Kv/70 Kv)
3. Dari tegangan tinggi menjadi tegangan menengah (150Kv/20Kv) Dan dengan frekuensi yang sama sebesar 50Hz untuk Indonesia.

2.2.2. Gardu Middle Point

Pada Gambar 3.6 merupakan konstruksi yang ada di dalam gardu distribusi. Yang diremote untuk dibuka adalah LBS sisi OUT. Sedangkan sisi IN tetap masuk dengan tujuan agar trafo tersebut tetap nyala. Yang dimaksud Middle Point adalah gardu yang berada di tengah jaringan. Tujuannya adalah memisahkan jaringan antara kiri dan kanan. Pada saat terjadi

gangguan, maka PMT di GI trip. Untuk mengurangi daerah padam, maka LBS di middle point di buka secara remote sehingga jaringan kiri dan kanan terpisah. Kemudian PMT GI dimasukkan. Setelah itu petugas akan menelusuri gardu2 antara middle point sampai GH.

Sistem SCADA diterapkan pada konfigurasi jaringan spindel, dimana dikenal gardu tengah distribusi atau Center Distribution Substation (CDS) adalah gardu yang merupakan titik tengah beban atau titik tengah penyulang distribusi yang akan dipantau dan bisa dioperasikan dari pusat kontrol. Sedangkan untuk gardu lainnya atau yang tidak berada di titik tengah penyulang disebut Distribution Substation (DS) [3]

2.2.3. Gardu Hubung

Gardu Hubung merupakan sebuah gardu ujung dalam sistem konfigurasi jaringan spindel. Dalam sebuah gardu hubung itu tidak memiliki trafo makanya nilai tegangan yang masuk sama seperti nilai tegangan yang keluar, dimana semua penyulang dalam konfigurasi jaringan spindel akan berakhir pada gardu hubung melalui LBS (Load Break Switch). Fungsi lain dari GH atau switching substation yaitu sebagai saran dalam melakukan manuver pengendalian beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik atau dapat ditunjukkan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat atau tidak di lengkapi RTU [4].

2.3 Definisi SCADA

SCADA merupakan akronim dari Supervisory Control And Data Acquisition, secara harfiah berarti pengawasan (Supervisory), pengendalian (Control), dan pengambilan data (Data Acquisition). Sistem SCADA merupakan sebuah sistem yang dapat mengawasi dan mengendalikan suatu peralatan dari jarak jauh secara real time dan terpusat [5].

2.4 Fungsi SCADA Pada Sistem Tenaga Listrik

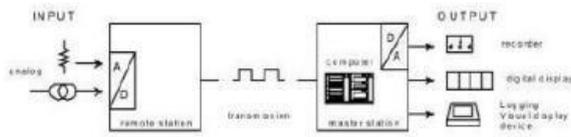
Berdasarkan SPLN S3.001-3:2012, fungsi SCADA pada sistem tenaga listrik terbagi menjadi 3, yaitu :

2.4.1. Telemetry,

Telemetry adalah proses pengambilan besaran terukur sistem tenaga listrik pada peralatan yang terintegrasi seperti Gardu atau Gardu Distribusi, serta hasil besaran terukur dapat ditampilkan di Master Station [6]. Berikut

ini ialah besaran-besaran terukur oleh telemetering, diantaranya:

- a. Daya aktif dan reaktif trafo 500/150 Kv dan 150/20 KV
- b. Daya aktif dan reaktif penyulang
- c. Tegangan (Volt) Fasa RST, tegangan rata-rata, tegangan unbalance
- d. Arus Beban (Ampere) Fasa RST, arus rata-rata, arus unbalance

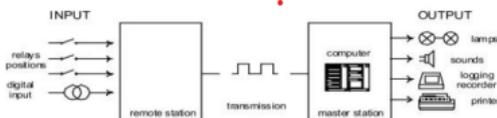


Gambar 2. 2 Proses Telemetering
Sumber : PT. PLN (Persero)

2.4.2. Telesignalling

Telesignalling merupakan proses pengumpulan informasi tentang kondisi atau status dari sebuah operasi, kemudian status yang terdeteksi akan ditampilkan di Master Station. Status dari peralatan tenaga listrik seperti sinyal alarm dan sinyal lainnya disebut dengan status indikasi [6]. Berikut ini adalah kondisi atau status indikasi yang terpantau oleh telesignalling, diantaranya :

- a. Status kontak terbuka dan tertutup pada Pemutus Tenaga (PMT) seperti Status Open-Close Circuit Breaker dan Earthing Switch.
- b. Status indikasi gangguan atau alarm pada peralatan tenaga listrik seperti Alarm Differensial, Over Current, Earth Fault dan lainnya.
- c. Posisi kendali jarak jauh serta perubahan tap transformator.



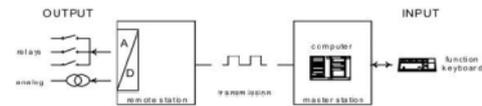
Gambar 2. 3 Proses Telesignalling
Sumber : PT. PLN (Persero)

2.4.3. Telecontrolling

Telecontrolling adalah proses pengendalian peralatan tenaga listrik yang terintegrasi atau remote pada gardu induk atau gardu hubung yang terletak jauh dari Master Station. Adapun Fungsi dari kontrol sistem tenaga listrik terbagi menjadi 4 bagian, yaitu kontrol individu, kontrol perintah untuk pengaturan peralatan, kontrol otomatis dan

kontrol berurutan [6]. Berikut ini ialah beberapa pengendalian peralatan tenaga listrik oleh telecontrolling, diantaranya

- a. Pada kontrol individu, yaitu sebuah perintah kontrol yang tereksekusi secara langsung. Seperti perintah untuk Open-Close Circuit Breaker dan Earthing Switch, Reset Indikasi Relay Gangguan, Kontrol Tap Changer Trafo pada Gardu Induk.
- b. Pada kontrol otomatis, yaitu sebuah perintah kontrol secara otomatis. Seperti perintah otomatis untuk Load Shedding (LFC) pada unit pembangkit.
- c. Pada kontrol berurutan, yaitu sebuah perintah kontrol secara otomatis dan berurutan. Seperti perintah apabila terjadi trip atau padam trafo tenaga, maka semua penyulang akan Open Circuit.



Gambar 2. 4 Proses Telecontrolling
Sumber : PT. PLN (Persero)

2.5 Bagian Utama SCADA

2.5.1. Master Station

Master Station merupakan kumpulan perangkat keras dan perangkat lunak yang ada di Control Center. Master Station berfungsi untuk mengumpulkan serta mengolah data yang diterima dari sistem tenaga listrik (Gardu Induk, Gardu Distribusi, Gardu Hubung) yang telah terintegrasi oleh RTU (Remote Terminal Unit) dan dimonitor oleh Dispatcher [7].

2.5.2. Media Komunikasi

Media Komunikasi merupakan sarana telekomunikasi data yang dapat menghubungkan atau mengirimkan data yang akurat dari Remote Terminal Unit (RTU) menuju Master Station. Pemilihan konfigurasi dan media telekomunikasi harus mempertimbangkan kondisi geografis, operasional, biaya, dan lebih memprioritaskan penggunaan jaringan privat di bawah kendali PT PLN (PERSERO) dengan alasan keamanan, yang diputuskan berdasarkan kajian KKO, KKF, dan manajemen resiko [6].

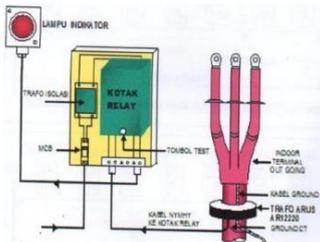
2.5.3. Remote Station

Pada suatu jaringan Remote terminal unit merupakan sebuah sistem jaringan komunikasi yang di pergunakan antara hubungan RTU dengan Field Device (IED) yang tersebar pada

beberapa Substation yang berlokasi PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi. Sistem dari Remote Terminal Unit (RTU) dapat berfungsi sebagai alat dalam membantu mengumpulkan data status dan pengukuran peralatan tenaga listrik, kemudian bisa mengirimkan data dan pengukuran tersebut ke tempat Master Station kemudian setelah diminta oleh Master station. Disamping itu sistem RTU juga berfungsi dalam melaksanakan perintah dari master station (remote control). RTU yang telah terpasang pada setiap Gardu Induk (GI) atau pusat pembangkit yang masuk dalam sistem jaringan tenaga listrik [8].

2.6 Ground Fault Detector

Ground Fault Detector (GFD) adalah alat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya arus lebih akibat gangguan hubung singkat antara fasa ketanah pada saluran kabel tegangan menengah (SKTM) 20 kV. GFD dipasang pada gardu-gardu distribusi dengan ketentuan boleh disetiap gardu maupun dipasang dengan batas antara dua gardu, atau dapat pula dipasang pada gardu yang memasok konsumen yang sangat penting khusus dan industri. GFD akan bekerja atau memberikan sinyal yaitu dengan cara lampu indikator menyala kedap-kedip bilamana GFD yang terpasang pada gardugardu distribusi dilewati oleh arus gangguan hubung singkat pada SKTM yang menuju gardu lainnya tidak dilewati oleh adanya arus gangguan maka GFD yang terpasang pada gardu tersebut tidak akan bekerja atau sinyal dari lampu indikator tetap padam [6]



Gambar 2. 5 Rangkaian GFD (Ground Fault Detector)
 Sumber : PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi

2.7 ENS (Energy Not Supplied)

ENS (Energy Not Supplied) adalah energi yang tak tersalurkan yang diakibatkan oleh pemadaman. Pemadaman itu sendiri dapat terjadi karena gangguan atau kerusakan, pemeliharaan maupun karena bencana alam [13]. Untuk menentukan jumlah energi yang tak

tersalurkan, dapat mengacu pada rumus berikut ini :-

$$ENS = \frac{V \times I \times \cos\phi \times t}{1000}$$

Keterangan :

V = Tegangan pada penyulang (Volt)

I = Arus (Ampere)

ti = Durasi pemadaman (Jam)

Cos φ = Faktor daya (1)

ENS = Energi tak tersalurkan (kWh)

Untuk mengetahui kehilangan pendapatan yang dialami PLN akibat terjadinya pemadaman adalah melalui rumus sebagai berikut :

$$\text{Rupiah tidak terjual} = \text{ENS} \times \text{Tarif Listrik PLN}$$

Keterangan :

ENS = Energi tak tersalurkan (kWh)

Tarif dasar listrik PLN = Rp 1.467,28

2.8 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari durasi lamanya pemadaman untuk setiap konsumen selama satu tahun. Indeks ini ditentukan dengan pembagian jumlah dari lamanya kegagalan secara terus menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah pelanggan yang dilayani selama tahun itu. Persamaan untuk SAIDI (System Average Interruption Duration Index) ini dapat dilihat pada persamaan dibawah ini

$$SAIDI = \frac{\text{Durasi Lama Padam dan Konsumen Padam}}{\text{jumlah Konsumen}} = \frac{UI Ni}{Nt}$$

Keterangan :

UI = Durasi lamanya pemadaman

Ni = Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

Nt = Jumlah total konsumen yang dilayani

III. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Observasi

Metode Observasi pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan dengan didampingi oleh pembimbing lapangan untuk memperoleh data yang tepat dan akurat.

3.2 Metode Wawancara

Metode Wawancara pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan wawancara secara langsung dengan pembimbing lapangan, petugas divisi jaringan, Supervisor divisi jaringan, anggota divisi dispatcher dan petugas pelayanan Teknik.

3.3 Metode Studi Literatur

Metode Studi Literatur pada penelitian ini dilakukan dengan cara mendapatkan data dan informasi yang diperoleh dari sumber, artikel, jurnal dari internet

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Jumlah Pelanggan Di ULP Prima

Tabel 4. 1 Data Pelanggan Setiap Penyulang Di ULP Prima

NO	Penyulang	Gardu Induk	Jumlah Gardu Pelanggan
1	Bengawan	GI Bekasi	5
2	Muara	GI Bekasi	1
3	Sunrise 1	GI Bekasi	1
4	Sunrise 2	GI Bekasi	
5	Sunrise 3	GI Bekasi	
6	Rani	GI Bekasi	
7	Tama	GI Bekasi	3
8	Bakri 1	GI Bekasi	1
9	Bakri 2	GI Bekasi	
10	Garmak 1	GI Bekasi	7
11	Garmak 2	GI Bekasi	9
12	Roda 1	GI Bekasi	1
13	Roda 2	GI Bekasi	
14	Makmur	GI Bekasi	2
15	Medan Satria	GI Bekasi	0
16	Rawa Pasung	GI Bekasi	4
17	Laut	GI Bekasi	1
18	Wilma	GI Bekasi	8
19	Groot	GI Bekasi II	2
20	Hulk	GI Bekasi II	2
21	Thor	GI Bekasi	13
22	Asoka	GI Poncol Baru	1
23	Edelwise	GI Poncol Baru	10
24	Matahari	GI Poncol Baru	10
25	Sakura	GI Poncol Baru	19
26	Bugenville	GI Poncol Baru	1
27	Dahlia	GI Poncol Baru	1
28	Kasturi	GI Poncol Baru	9
29	Tanjung	GI Poncol Baru	2
30	Kenanga	GI Poncol Baru	0
31	Aster	GI Poncol Baru	1
32	Amarilis	GI Poncol Baru	0
33	Anyelir	GI Poncol Baru	0
34	Camelia	GI Poncol Baru	0
35	Olive	GI Poncol Baru	6
36	Kamboja 1	GI Poncol Baru	1
37	Kamboja 2	GI Poncol Baru	1
38	Kaca Piring	GI Poncol Baru	2
39	Azel	GI Poncol Baru	0
40	Semanggi	GI Poncol Baru	5
41	Jepun	GI Poncol Baru	0
42	Vinca	GI Poncol Baru	1
43	Kaktus	GI Poncol Baru	7
44	Lantana	GI Poncol Baru	23
45	Peony	GI Poncol Baru	0
46	Grandala	GI Poncol Baru	0

47	Lunaria	GI Poncol Baru	2
48	Rimrose	GI Poncol Baru	1
49	Plumeria	GI Poncol Baru	0
50	Mizone	GI Harapan Indah	1
51	Espresso	GI Harapan Indah	1
52	Correto	GI Harapan Indah	0
53	Milk Tea	GI Harapan Indah	1
54	Smoothie	GI Harapan Indah	
55	Organik	GI Bantar Gebang	0
56	Kompos	GI Bantar Gebang	0
57	Kahuripan	GI Tambun	13
58	Suzuki	GI Tambun	6
59	Willis	GI Tambun	2
60	Ferrari	GI Tambun	19
61	Limosin	GI Tambun	12
62	Nissan	GI Tambun	17
63	Volvo	GI Tambun	1
64	Innova	GI Tambun	1
65	Rush	GI Tambun	15
66	Isuzu	GI Tambun	8
67	Garis	GI Tambun II	9
68	Blacu	GI Ganda Mekar	6
TOTAL			286

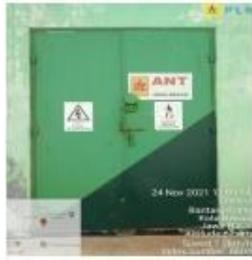
Data jumlah pelanggan setiap penyulang dapat dilihat pada tabel 4.1, dimana jumlah gardu pelanggan berjumlah 286 pelanggan.

4.2 Gardu ANT Di Penyulang Rawa Pasung

Gardu ANT merupakan gardu yang berkontruksi beton, di mana gardu ANT ialah salah satu aset gardu TM (Tegangan Menengah) 20KV yang menjadi tanggung jawab kerja oleh PT. PLN ULP Prima dibawah wewenang serta pengawasan dari PT. PLN UP3 Bekasi. Gardu tersebut berisikan beberapa komponen sistem distribusi tenaga listrik di dalamnya, yaitu :

1. Kubikel Incoming dari arah Gardu Induk Bekasi
2. Kubikel CBOG (Circuit Breaker Outgoing) menuju Gardu WSK
3. Indikator Gangguan GFD (Ground Fault Detector)
4. RTU (Remote Terminal Unit)

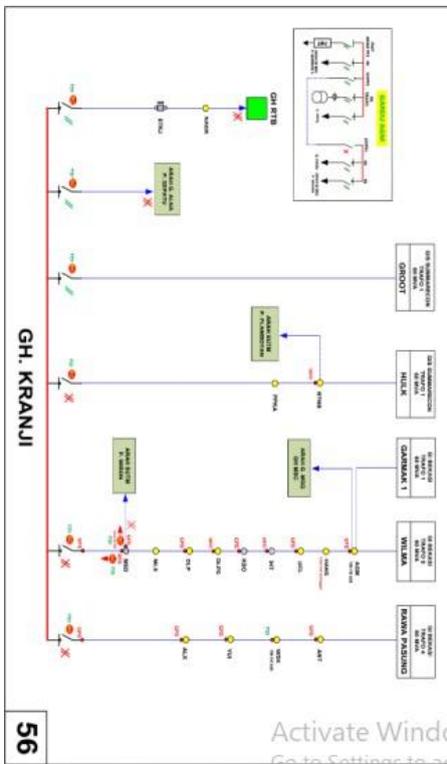
Gardu tersebut sudah terintegrasi oleh GFD (Ground Fault Detector) dan RTU (Remote Terminal Unit) sehingga dapat mempermudah serta mempercepat pekerjaan ketika akan dilakukan pembebasan tegangan saat pemeliharaan dan terjadi gangguan.



Gambar 4. 1 Gardu ANT Pada P. Rawa Pasung
Sumber : Dokumen Pribadi

4.3 Single Line Diagram Gardu ANT Pada Penyulang Rawa Pasung

SLD (*Single Line Diagram*) merupakan sebuah rangkaian instalasi sistem tenaga listrik yang di dalamnya memiliki beberapa komponen sistem tenaga listrik tiga fasa yang tersusun menjadi satu garis. SLD (*Single Line Diagram*) merupakan peta wilayah kerja yang berisikan gardu tegangan rendah, gardu tegangan menengah, indikator gangguan, sistem proteksi dan jaringan sistem distribusi tenaga listrik yang tersebar di bawah wilayah kerja PT. PLN UP3 Bekasi. SLD berfungsi untuk memudahkan petugas dalam melakukan manuver tegangan ketika hendak melakukan pemeliharaan maupun pemulihan ketika gangguan. SLD pada Gardu ANT tersebut menggunakan konfigurasi Sistem Spindel.



Gambar 4. 2 SLD Penyulang Rawa Pasung
Sumber : Dokumen Pribadi

4.4 Gangguan Pada Penyulang Rawa Pasung Tahun 2021

4.4.1. Data Gangguan Tanpa Menggunakan SCADA

Berikut ini merupakan data gangguan sebelum menggunakan SCADA pada Penyulang Rawa Pasung tahun 2021 ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan 4.3

Tabel 4. 2 Data Gangguan Sebelum Menggunakan Pada Penyulang Rawa

Penyulang	Tanggal	Waktu		Daya Aktif Gardu Induk	Tegangan Kerja	Jenis Jaringan	Relay Kerja	Gardu Padam
		Keluar	Masuk					
Rawa Pasung	05-Jan-21	20:10 WIB	22:15 WIB	60 MVA	20 KV	SKTM	Ground Fault Moment	4

Tabel 4. 3 Keterangan Gangguan Pada Penyulang Rawa Pasung

Arus Gangguan (A)				Beban		Faktor Penyebab Gangguan	Keterangan
IR	IS	IT	IN	I (A)	P (MW)		
85.5	1.021	93.75	957	95	3.287	Kabel / Joint / Crossing	Gangguan SKTM GI arah Gardu ANT

4.4.2. Data Gangguan Dengan Menggunakan SCADA

Berikut ini merupakan data gangguan sebelum menggunakan SCADA pada Penyulang Rawa Pasung tahun 2021 ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4. 4 Data Gangguan Pada Penyulang Rawa Pasung

Penyulang	Tanggal	Waktu		Daya Aktif Gardu Induk	Tegangan Kerja	Jenis Jaringan	Relay Kerja	Gardu Padam
		Keluar	Masuk					
Rawa Pasung	15-Aug-21	15:15 WIB	15:59 WIB	60 MVA	20 KV	SKTM	Ground Fault Fasa S	4

Tabel 4. 5 Keterangan Gangguan Pada Penyulang Rawa Pasung

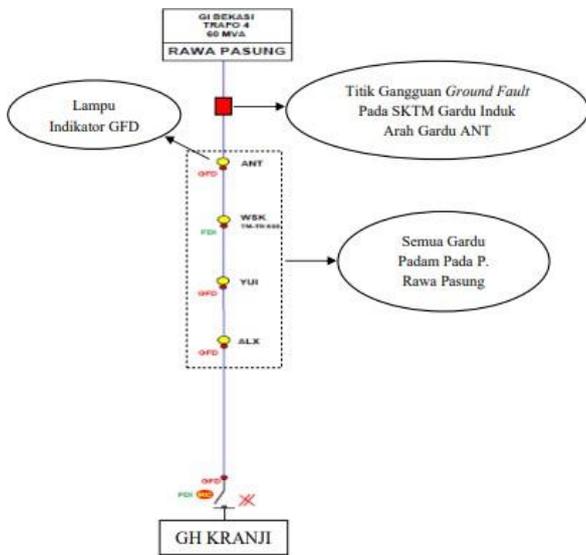
Arus Gangguan (A)				Beban		Faktor Penyebab Gangguan	Keterangan
IR	IS	IT	IN	I (A)	P (MW)		
2672	66	1827	1656	85	2941	Kabel / Joint / Crossing	Gangguan SKTM GI arah Gardu ANT

Berdasarkan pada Gambar 4.7 mengenai penjelasan gangguan yang terjadi pada P. Rawa Pasung, berikut ini adalah urutan peristiwa gangguan tersebut, di antaranya :

1. Arus gangguan Ground Fault melewati Kabel SKTM fasa S mengalir sebesar 85 A. Sehingga menyebabkan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah.
2. Lampu Indikator GFD (Ground Fault Detector) pada Gardu ANT padam,

menandakan bahwa CT (Current Transformer) tidak dialiri arus gangguan Ground Fault sehingga lampu indikator padam.

3. Sistem proteksi OPT (Outgoing Protection Tripping) pada Gardu Induk Bekasi mendeteksi adanya arus gangguan arah Gardu ANT, sehingga membebaskan tegangan pada P. Rawa Pasung.
4. Sehingga gardu-gardu pada P. Rawa Pasung Padam. Maka titik pengusutan gangguan berada pada Kabel SKTM dari Garu Induk arah Gardu ANT.

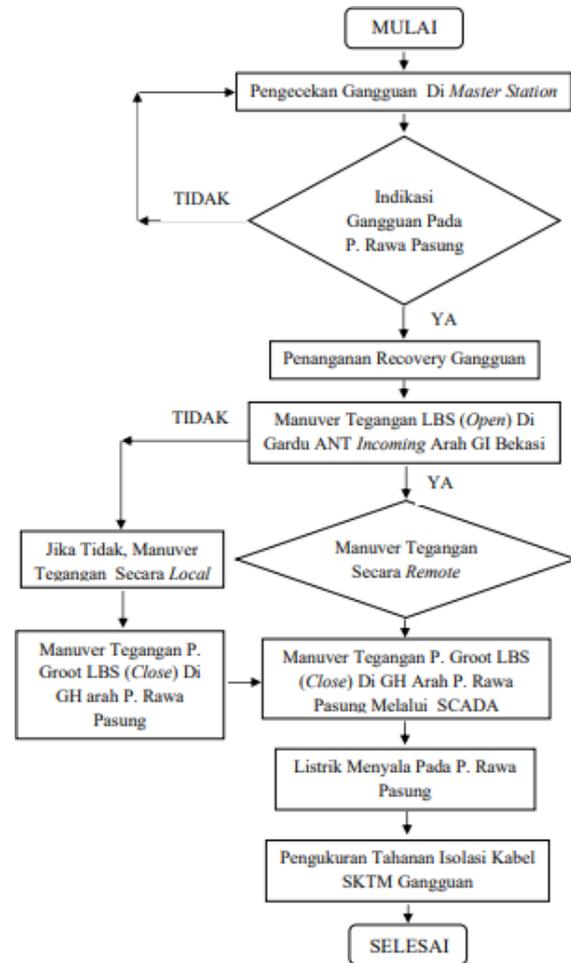


Gambar 4. 3 Kronologi Mengenai Gangguan Pada Penyulang Rawa Pasung
Sumber : Dokumen Pribadi

4.5 Penangan Gangguan Ground Fault Pada Penyulang Rawa Pasung

Ketika terjadi gangguan pada peralatan sistem distribusi tenaga listrik yang mengakibatkan listrik padam, akan mengakibatkan kerugian terhadap berbagai pihak serta akan mempengaruhi indeks kinerja PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi. Maka pemulihan atau recovery menjadi target yang utama, seminimal mungkin listrik harus dapat segera menyala tetapi tetap melaksanakan penanganan berdasarkan SPLN yang diberlakukan pada PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi. Pada dasarnya kondisi di lapangan dan fasilitas peralatan komunikasi data RTU (Remote Terminal Unit) pada setiap Gardu menjadi faktor utama ketika hendak menentukan penanganan saat terjadi gangguan. Pada Gambar

4.4 menunjukkan mengenai studi kasus penangan saat terjadi gangguan pada P. Rawa Pasung



Gambar 4. 4 Proses Penanganan Gangguan Pada P. Rawa Pasung
Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan penjelasan mengenai penanganan saat terjadi gangguan pada P. Rawa Pasung. Berikut ini adalah perbedaan selisih waktu saat penanganan secara Local dan Remote, yaitu :

Tabel 4. 6 Selisih Waktu Saat Penanganan Gangguan Pada P. Rawa Pasung

NO	Listrik Menyala	Waktu		Selisih Waktu	
		Local	Remote	Local	Remote
1	Gardu ALEX – Gardu YUI	20:10 –	15:15 –	85	37
		21:35	15:52		
		WIB	WIB		
2	Gardu YUI – Gardu ANT	21:35 –	15:52 –	40	7
		22:15	15:59		
		WIB	WIB		

4.6 Perhitungan ENS (Energy Not Supplied) Dan Rupiah Tidak Terjual Pada P. Rawa Pasung Saat Terjadi Gangguan

Pada pembahasan ini akan menghitung kerugian energi ketika lamanya padam pada saat terjadi gangguan. Adapun perhitungan kerugian energi tidak terjual pada P. Rawa Pasung saat terjadi gangguan berdasarkan dua jenis penanganan, di antaranya :

4.6.1. Penanganan Gangguan Pada P. Rawa Pasung Secara Local

Tabel 4. 7 Data Penanganan Gangguan Secara Local Pada P. Rawa

Durasi Padam	Gangguan	Arus
135 Menit	Ground Fault Momment	95 A

$$\begin{aligned} \text{kWh tidak terjual} &= \frac{V \times I \times \sqrt{3} \times \cos \Phi \times t}{1000} \\ &= \frac{20 \text{ KV} \times 95 \text{ A} \times \sqrt{3} \times 0.85 \times \frac{135}{60} \text{ jam}}{1000} \\ &= \frac{6.286,3875 \text{ Wh}}{1000} \\ &= 6.286 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Rupiah tidak terjual
 = kWh tidak terjual x Rp 1.114,75
 = 6.286 kWh x Rp 1.114,75
 = Rp 7.007.318,5

4.6.2. Penanganan Gangguan Pada P. Rawa Pasung Secara Remote

Tabel 4. 8 Data Penanganan Gangguan Secara Remote Pada P. Rawa

Durasi Padam	Gangguan	Arus
44 Menit	Ground Fault Fasa S	85 A

$$\begin{aligned} \text{kWh tidak terjual} &= \frac{V \times I \times \sqrt{3} \times \cos \Phi \times t}{1000} \\ &= \frac{20 \text{ KV} \times 85 \text{ A} \times \sqrt{3} \times 0.85 \times \frac{44}{60} \text{ jam}}{1000} \\ &= \frac{1.824,8905 \text{ Wh}}{1000} \\ &= 1.824 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Rupiah tidak terjual
 = kWh tidak terjual x Rp 1.114,75
 = 1.821 kWh x Rp 1.114,75
 = Rp 2.033.304

4.7 Perhitungan Data Kinerja SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Berikut ini adalah hasil uraian perhitungan dari nilai indeks keandalan SAIDI pada penyulang Rawa Pasung ULP Prima Bekasi tahun 2021, indeks keandalan SAIDI

menunjukkan durasi dari lamanya padam akibat gangguan yang terjadi pada setiap penyulangannya. Nilai SAIDI ini diperoleh dari data lama padam atau durasi padam dari penyulang yang mengalami pemadaman yang di ubah terlebih dahulu dari satuan waktu menit menjadi satuan waktu jam dan juga dari data total pelanggan yang dilayani oleh penyulang di ULP Prima Bekasi yang mengacu pada Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 59 : 1985. Cara menghitung SAIDI yaitu total durasi pemadaman dari konsumen dalam satu tahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani.

4.7.1. Data Kinerja SAIDI Pada Penanganan Gangguan Secara Local

U_i = 135 Menit = 2.25 Jam
 N_i = 4 Gardu Pelanggan P. Rawa Pasung
 N_t = 286 Total Pelanggan ULP Prima

$$\text{Saidi} = \frac{U_i \cdot N_i}{N_t}$$

$$= \frac{2.25 \times 4}{286}$$

$$= 0,03147$$

Maka penanganan gangguan melalui scada secara remote menghasilkan Nilai Indeks Keandalan SAIDI pada PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi berdasarkan Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 59 : 1985 = 0,03147 < 1.199

4.7.2. Data Kinerja SAIDI Pada Penanganan Gangguan Secara Remote

U_i = 44 Menit = 0.73 Jam
 N_i = 4 Gardu Pelanggan P. Rawa Pasung
 N_t = 286 Total Pelanggan ULP Prima

$$\text{Saidi} = \frac{U_i \cdot N_i}{N_t}$$

$$= \frac{0.73 \times 4}{286}$$

$$= 0,01021$$

Maka penanganan gangguan melalui scada secara remote menghasilkan Nilai Indeks Keandalan SAIDI pada PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi berdasarkan Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 59 : 1985 = 0,01021 < 1.199

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penerapan SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) bertujuan untuk melakukan telesignalling, telemetering, dan telecontrolling pada kegiatan pemeliharaan dan recovery gangguan pada sistem distribusi tenaga listrik di PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi.
2. Berdasarkan data gangguan pada Penyulang Rawa Pasung tahun 2021. Penanganan gangguan secara local di tanggal 05-01-2021 berhasil memulihkan pemadaman hingga listrik menyala di Gardu ALEX – YUI selama 85 Menit dan di Gardu YUI – ANT selama 40 Menit. Sedangkan penanganan gangguan secara remote di tanggal 12-08-2021 berhasil memulihkan pemadaman hingga listrik menyala di Gardu ALEX – YUI selama 37 Menit dan di Gardu YUI – ANT selama 7 Menit.
3. Pada saat gangguan pada Penyulang Rawa Pasung di tahun 2021, indikator lampu GFD (Ground Fault Detector) padam pada Gardu ANT. Hal tersebut menandakan, bahwa arus gangguan tidak melewati Gardu ANT sehingga titik penyusutan gangguan berada pada jalur SKTM dari Gardu Induk Bekasi arah Gardu ANT.
4. Berdasarkan hasil pembahasan gangguan pada Penyulang Rawa Pasung tahun 2021, penanganan gangguan secara local menghasilkan ENS (Energy Not Supplied) sebesar 6.286 kWh dan kerugian rupiah tidak terjual sebesar Rp 7.007.318,5. Sedangkan penanganan gangguan secara remote menghasilkan ENS (Energy Not Supplied) lebih kecil, yaitu sebesar 1.824 kWh dan kerugian rupiah tidak terjual sebesar Rp 2.033.304
5. Berdasarkan Standar Nilai Indeks Keandalan SPLN 59 : 1985, penanganan gangguan secara local pada gangguan Penyulang Rawa Pasung di tanggal 05-01-2021 menghasilkan nilai indeks keandalan SAIDI (System Average Interruption Duration Index), yaitu : $0,03147 < 1.199$. Sedangkan, penanganan gangguan secara remote pada gangguan Penyulang Rawa Pasung di tanggal 12-08-2021 menghasilkan nilai indeks keandalan SAIDI lebih kecil, yaitu : $0,01021 < 1.199$.

5.2. Saran

Setelah melaksanakan kegiatan kerja praktik di PT. PLN (Persero) UP3 Bekasi, ada beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan. Oleh karena itu, ada beberapa saran yang diajukan agar dapat menjadi revolusi atas evaluasi dari beberapa masalah yang telah terjadi. Di antaranya :

1. Penerapan beberapa komponen SCADA (System Control And Data Acquisition) berupa RTU (Remote Terminal Unit) di beberapa Gardu Middle Point pada setiap Penyulang. Agar proses pemeliharaan dan penanganan gangguan dapat dilakukan secara remote, sehingga dapat menekan angka kerugian bagi pihak konsumen dan PT. PLN (Persero) Bekasi.
2. Penerapan indikator gangguan GFD (Ground Fault Detector) dan FDI (Fault Detector Indicator) pada setiap penyulang. Agar dapat mempercepat proses penemuan titik pengusutan gangguan sehingga dapat cepat terisolir.
3. Kualitas sumber daya manusia pada bagian Dispatcher perlu diperhatikan. Karena peran petugas tersebut sangat vital bagi pelaksanaan operasi pemeliharaan dan penanganan gangguan. Apabila terjadi human error akan berdampak bagi kerugian beberapa pihak dan kerusakan pada komponen distribusi sistem tenaga listrik.
4. Perlunya dilakukan pemeliharaan preventif secara berkala pada sistem SCADA beserta komponennya. Agar mengantisipasi kerusakan pada beberapa komponen dan mencegah adanya gagal remote pada kegiatan operasi baik pemeliharaan dan penanganan gangguan.
5. Pergantian peralatan atau komponen distribusi sistem tenaga listrik dilakukan tepat pada waktunya agar mengantisipasi peralatan tersebut memasuki fase kegagalan akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. D. E. Nasional, “Publikasi Asset Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional,” September 2019. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/assets>. . [Diakses 2021].
- [2] M. Hosiana, “Upaya Penanganan Gagal Remote Control Pada Sistem Scada Di Gardu Middle Point PT PLN Unit Pelaksana Pengatur Distribusi (UP2D) Banten,” 2016.
- [3] M. Soleh, “Desain Sistem SCADA Untuk Peningkatan Pelayanan Pelanggan Dan Efisiensi Operasional Sistem Tenaga Listrik di APJ Cirebon,” *Jurnal Telekomunikasi Dan Komputer*, vol. 5, p. 26, 2014.
- [4] S. M. Santoso, “Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Menggunakan Indeks Keandalan SAIDI Dan SAIFI PLN ULP PRIMA BEKASI,” *Makalah Seminar Kerja Praktek*, vol. 12, 2016.
- [5] N. Wijayanti, “Analisis Keandalan Penyulang Sistem Distribusi 20KV PT PLN (Persero) APJ Klaten Rayon Boyolali,” 2018.
- [6] K. B. S. P. P. (Persero), *SPLN S7.001 Operasi Dan Pemeliharaan Sistem Scada*, Jakarta: PT. PLN (PERSERO), 2008.
- [7] N. Wijayanti, “Analisis Keandalan Penyulang Sistem Distribusi 20KV PT PLN (Persero) APJ Klaten Rayon Boyolali,” *Makalah Seminar Kerja Praktek*, 2018.
- [8] R. D. Akbar, “Penggunaan Ground Fault Detector Untuk Mengurangi KWH Tidak Terjual Pada SKTM 20 KV Penyulang Ombak Di PT. PLN UP3 Bandengan,” *Proyek Akhir*, 2020.