

## ANALISIS OPTIMASI KEANDALAN MELALUI LOOPING 3 IBT DI SUBSISTEM CILEGON MENUJU *ZERO BLACKOUT* PROVINSI BANTEN

Ujang Wiharja, Sapto Agung Nugroho

**Abstrak** - Salah satu terobosan dari aspirasi 2024 mengenai transformasi PLN adalah LEAN, di mana salah satu inisiatifnya merupakan optimasi *dispatch* Sistem Jawa Bali, yang sejalan dengan arahan GM UIP2B mengenai *zero blackout* subsistem. Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan terdapat banyak pelanggan potensial, jika terjadi gangguan busbar-1 berdampak pada *Spinning Reserve* (cadangan daya) yang dimiliki subsistem eksisting dan juga pada sisi keandalan (*reliability*) berkurang. Jika ini terjadi PLTU Labuan (560 MW) dan PLTGU Cilegon (660 MW) akan *islanding* yang menyebabkan *under* frekuensi dan *voltage collapse*. Setelah melalui beberapa pertimbangan baik dari segi efisiensi, keandalan ataupun ekonomi, di pilih solusi dengan looping 3 IBT Cilegon menjadi Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan. Sehingga potensi padam ketika terjadi gangguan busbar-1 pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan menjadi lebih kecil dengan prosentase dari 100% (Rp 1.480.817.500,-) menjadi 22,5% (Rp 333.581.230,-), sehingga mendukung terciptanya *Cost Efficiency*. Selain jumlah beban padam yang berkurang, kualitas tegangan pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan setelah konfigurasi mengalami kenaikan 1-2 kV.

Kata Kunci : *Zero Blackout, Optimasi Dispatch, Keandalan, Kualitas Tegangan, Cost Efficiency*

**Abstract** - One of the breakthroughs from the 2024 aspirations regarding PLN's transformation is LEAN, one of the initiatives is the optimization of the delivery of the Java-Bali System, which is in line with the GM UIP2B Directive regarding zero blackout subsystems. There is a lot of potential in the Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan subsystem, if a busbar-1 disturbance occurs it will affect the Spinning Power Reserve of the existing subsystem and also on the customer side (*reliability*) is reduced. If this happens PLTU Labuan (560 MW) and PLTGU Cilegon (660 MW) will *islanding* causing frequency and voltage disturbances. After going through several considerations, both in terms of efficiency and economy, choose a solution with looping 3 IBT Cilegon into Subsystem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan. So that the potential for outages when there is a busbar-1 disturbance in the Cilegon IBT.1,2&3-GU Subsystem Cilegon-Labuan becomes smaller with a percentage from 100% (Rp 1,480,817,500,-) to 22.5% (Rp 333,581,230,-), thus supporting the creation of *Cost Efficiency*. In addition to the reduced number of outages, the quality of the voltage on the Cilegon IBT.1,2&3-GU Subsystem Cilegon-Labuan after the configuration has increased by 1-2 kV.

*Keywords: Hand Sanitizer, Infrared sensor, Arduino Uno, automatic, Water Pump, GY-906 Sensor*

## I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya sistem tenaga listrik baik dari segi beban ataupun pembangkit, akan semakin kompleks masalah yang akan dihadapi salah satunya adalah masalah stabilitas. Di mana stabilitas sendiri menjadi salah satu faktor dalam upaya untuk menjaga keandalan dan juga kontinuitas dari suatu sistem kelistrikan. Apabila sisi keandalan dan kontinuitas dari sistem tidak terjaga dalam upaya untuk memenuhi permintaan daya pada sistem, ENS tidak dapat dihindarkan. Stabilitas sistem tenaga listrik berkaitan dengan gangguan besar secara tiba-tiba seperti gangguan pemutusan saluran secara tiba-tiba melalui Circuit Breaker (CB), hubung singkat, serta perubahan beban secara tiba-tiba.

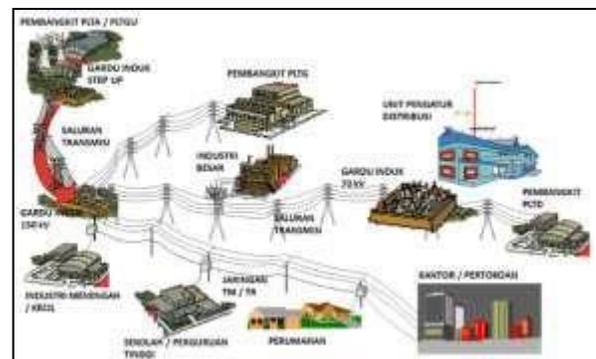
Didalam kondisi blackout subsistem merupakan kejadian ketidakstabilan subsistem yang terjadi di sistem ketenagalistrikan, hal ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola konfigurasi sistem yang tidak seimbang, tipe beban pada subsistem, dan karakteristik dari pembangkitan yang ada di subsistem tersebut. Dengan bertambahnya jumlah beban di subsistem eksisting hal itu akan berdampak pada keandalan operasi eksisting SS Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan, pola splitting subsistem berada di GI Cilegon Baru, antara SS Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan dan SS Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3, jika terjadi gangguan busbar berdampak pada Spinning

Reserve (cadangan daya) yang dimiliki subsistem eksisting dan juga pada sisi keandalan (reliability) berkurang.

## II. LANDASAN TEORI

### Definisi

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik ini dihubungkan satu sama lain mempunyai inter relasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Yang dimaksud dengan Sistem Tenaga Listrik di sini adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh Jaringan Transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi, Gambar 2.1 merupakan gambar dari *Sistem Tenaga Listrik* [8].



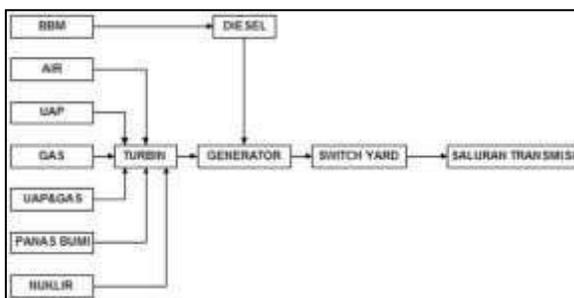
Gambar 2.1 *Sistem Tenaga Listrik* [8]

Tenaga listrik merupakan komoditi yang mempengaruhi hajat hidup orang banyak, oleh karenanya penyediaannya bagi masyarakat haruslah seekonomis mungkin dengan memperhatikan mutu dan

keandalan (sekuriti). Hal-hal yang menjadi ukuran mutu tenaga listrik adalah kontinuitas penyediaan tenaga listrik yang diukur dari gangguan dalam penyaluran dan penyediaan tenaga listrik, lalu deviasi nilai frekuensi penyimpangan besar nilai yang tidak sesuai menjadi salah satu ukuran mutu tenaga listrik, dan kestabilan tegangan [3].

### Pembangkit

Pembangkit adalah salah satu bagian utama struktur sistem tenaga listrik, pembangkit pada sistem tenaga listrik berperan untuk menghasilkan energi. Sumber energi utama pada pembangkit berasal dari sumber energi primer yang tersedia di alam, kemudian dikonversikan menjadi energi listrik [8].



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Pembangkit [8]

Dengan meninjau sumber energi primer yang digunakan, maka pembangkit tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu pembangkit listrik *thermis* dan pembangkit listrik *non thermis*. Pembangkit listrik *thermis* merubah energi panas menjadi energi listrik, panas yang digunakan bisa berasal dari panas bumi,

minyak, uap atau sumber panas lainnya. Selain itu pada pembangkit *thermis* biasanya penggerak mulanya atau sumber energi awalnya sesuai dengan tipe pembangkit yang digunakan. Sedangkan pada pembangkit *non thermis* penggerak mula untuk memutar turbin dapat disediakan oleh air. Sehingga jenis pembangkit *non thermis* tersebut biasanya disederhanakan sebutannya menjadi pembangkit tenaga air, dan lain sebagainya [8].

### Penyaluran

Tegangan pada generator besar biasanya berkisar antara 13,8 kV dan 24 kV, tetapi generator besar yang modern tegangannya bervariasi antara 18 dan 24 kV, tegangan dinaikkan ke tingkat yang dipakai untuk transmisi yaitu 20 kV, 70 kV dan 150 kV. Tegangan Ekstra Tinggi (*Extra High Voltage- UHV*) adalah 500 kV sampai 765 kV [8]. Saluran transmisi ada yang berupa saluran udara dan ada pula yang berupa kabel tanah. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang dipakai PLN adalah 20 kV, 12 kV dan 6 kV. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah 20 kV [7].

Gambar 2.3 Pompa air mini[3]

**Beban**

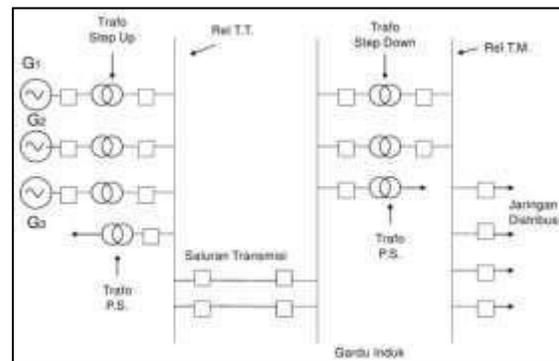
Unjuk kerja suatu beban dapat dilihat dengan memantau konsumsi daya listrik yang digunakan, selain itu performasi beban juga dapat dilihat dengan menggunakan keterkaitan tegangan dan arus. Hubungan arus dan tegangan yang mencerminkan perilaku beban umumnya disebut sebagai faktor daya, sehingga dengan mengamati perubahan faktor daya dapat diketahui karakteristik setiap beban yang ada. Selain menjelaskan relasi antara tegangan dan arus, faktor daya juga menggambarkan tingkat konsumsi daya yang di pakai oleh beban. Karena dengan mengamati faktor daya dapat diketahui penggunaan daya nyata dan daya reaktif, sehingga sifatnya juga terlihat pada tingkat konsumsi daya yang digunakan.

ika suatu beban dipandang dari segi karakteristik yang sangat ditentukan oleh faktor daya, maka terdapat tiga karakteristik beban yang sangat penting. Ketiga karakteristik tersebut adalah beban resistif, beban induktif dan beban kapasitif [8].



Gambar 2.4 Profil beban selama 24 Jam  
UP2B DKI Jakarta & Banten

**Operasi Sistem Tenaga Listrik**



Mengatur operasi sistem pembangkitan dan penyaluran se Jawa Bali secara rasional dan ekonomis dengan memperhatikan mutu dan keandalan, sehingga penggunaan tenaga listrik se Jawa Bali dapat mencapai daya guna dan hasil guna yang semaksimal mungkin, sesuai dengan SK Nomor 032/DIR/1981 tanggal 30 Maret 1981 dan SK Nomor 028/DIR/1987 tanggal 1 April 1987. Dari SK Direksi PLN tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat tiga tujuan operasi sistem, yaitu :

- a. Ekonomi : Optimasi pengoperasian tenaga listrik tanpa melanggar batasan keamanan dan mutu.
- b. Sekuriti : Kemampuan sistem untuk menghadapi kejadian yang tidak direncanakan, tanpa mengakibatkan pemadaman.
- c. Mutu : Kemampuan sistem untuk menjaga agar semua batasan operasi terpenuhi [1].



Gambar 2.5 Bagan Tujuan Operasi  
Sistem Tenaga Listrik [1]

Pengoperasian sistem tenaga listrik secara efisien tanpa melanggar batasan keamanan dan mutu, efisien dalam pengertian biaya operasi yang rendah, dan dititikberatkan pada biaya sistem pembangkitan, dalam hal ini adalah biaya bahan bakar, untuk memperoleh biaya bahan bakar yang efisien maka diawali dengan proses penyusunan strategi pembuatan ROT [1].

Kemampuan Sistem untuk menghadapi kejadian yang tidak direncanakan, tanpa mengakibatkan pemadaman. Grid Code dalam aturan operasi menyebutkan bahwa :

“Aturan Operasi ini menjelaskan tentang peraturan dan prosedur yang berlaku untuk menjamin agar keandalan dan efisiensi operasi Sistem Jawa-Madura-Bali dapat dipertahankan pada suatu tingkat tertentu”. Pada perhitungan kali ini akan dilakukan perbandingan kondisi antara sebelum dengan sesudah dilakukan konfigurasi. Berikut perhitungan yang dilakukan dalam mencari energi yang tidak tersalurkan akibat gangguan.

$$ENS (kWh) = \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam (h)}$$

dan juga,

$$ENS (Rp) = \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam (h)} \times \text{Biaya Operasi (Rp/kWh)}$$

Skema OLS, target yang menjadi tujuan adalah menghindari pemadaman yang meluas. Rekonfigurasi jaringan atau subsistem selalu direncanakan untuk mengatur aliran daya sebagai upaya mengoptimalkan keseimbangan antara pasokan dan beban, selain itu juga untuk mengatasi apabila *breaking capacity* PMT terpasang terlampaui, Bila terjadi

penyimpangan terhadap rencana yang dapat menimbulkan ancaman terhadap keandalan maka dispatcher akan selalu mengambil langkah pengamanan [1].

Kemampuan sistem untuk menjaga agar semua batasan operasi terpenuhi. Grid Code Sistem Jawa Madura Bali dalam aturan operasi

(OC 1.6) menyebutkan keadaan Operasi Sistem yang berhasil / memuaskan dalam keadaan baik apabila :

- a. Frekuensi dalam batas operasi normal ( $50 \pm 0,2$  Hz), penyimpangan dalam waktu singkat ( $50 \pm 0,5$  Hz), selama kondisi gangguan, boleh berada pada 47.5 Hz dan 52.0 Hz.
- b. Tegangan di Gardu Induk berada dalam batas yang ditetapkan dalam Aturan Penyambungan (CC 2.0). Batas-batas menjamin bahwa tegangan berada dalam kisaran yang ditetapkan sepanjang pengatur tegangan jaringan distribusi dan peralatan pemasok daya reaktif bekerja dengan baik. Operasi pada batas-batas tegangan ini diharapkan dapat membantu mencegah terjadinya *voltage collapse* dan masalah stabilitas dinamik sistem.
- c. Tingkat pembebanan jaringan transmisi dipertahankan dalam batas yang ditetapkan melalui studi analisis stabilitas *steady state* dan *transient* untuk semua gangguan yang potensial (*credible outage*).
- d. Tingkat pembebanan arus di semua peralatan jaringan transmisi dan gardu induk (transformator dan *switchgear*) dalam batas rating normal untuk semua *single contingency* gangguan peralatan.
- e. Konfigurasi Sistem sedemikian rupa

sehingga semua PMT di jaringan transmisi mampu memutus arus gangguan yang mungkin terjadi dan mengisolir peralatan yang terganggu [1].

### Definisi Defense Scheme

Defense Scheme adalah suatu skema proteksi yang digunakan untuk memproteksi sistem saat terjadi kondisi abnormal pada operasi sistem. Didalam rangka penyelamatan operasi sistem, harus memperhatikan kondisi pasokan (pembangkitan) dan kondisi pembebanan. Apabila terjadi ketidakseimbangan antara pasokan dan pembebanan, maka akan menimbulkan kondisi yang disebut abnormal operasi sistem. Kondisi abnormal operasi sistem yang dimaksud adalah sebagai berikut [2] :

- a. Apabila satu atau beberapa pembangkit yang trip akan menyebabkan pasokan ke sistem berkurang secara tiba-tiba, maka dapat menyebabkan frekuensi turun dan atau tegangan turun (pasokan daya lebih kecil dari beban).
- b. Apabila ada beban yang cukup besar keluar dari sistem secara tiba-tiba, maka dapat menyebabkan frekuensi naik dan atau tegangan naik. Pengguna dapat mengkonfigurasi keluaran digital menjadi modulasi lebar pulsa (PWM). Sebagai standar, PWM 10-bit dikonfigurasi untuk terus mentransmisikan suhu yang diukur dalam kisaran  $-20$  hingga  $120$  ° C, dengan resolusi keluaran  $0,14$  ° C.

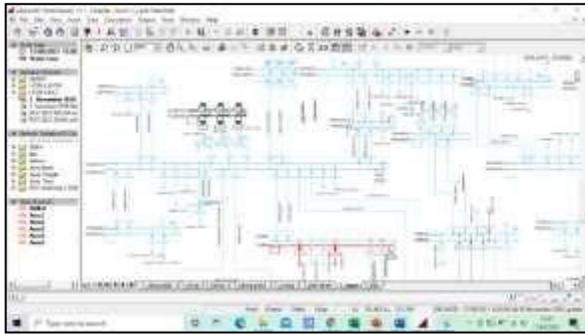
Tujuan penyelamatan operasi sistem adalah :

- a. Untuk meminimalkan dampak akibat gangguan.
- b. Mengatasi kondisi N-1 dan N-2

- yang tidak terpenuhi.
- c. Mengantisipasi kenaikan beban.

Simulasi dalam sistem tenaga listrik adalah imitasi atau tiruan dari proses dalam sistem ketenagalistrikan. Tujuan dari simulasi sistem ketenagalistrikan adalah untuk mempresentasikan sistem nyata atau untuk meniru kondisi riil pada sistem ketenagalistrikan, dalam bentuk simbol atau bilangan dengan menggunakan *tools* atau program komputer. Beberapa *tools* atau program yang biasa digunakan dalam simulasi sistem ketenagalistrikan adalah MATLAB, DIgSILENT dan ETAP, serta beberapa program komputer lain. Pada pembahasan ini, akan dijelaskan lebih mendalam tentang penggunaan DIgSILENT dalam sistem ketenagalistrikan. Penggunaan *software* ini lebih sering digunakan bukan saja mahasiswa, tetapi juga karyawan perusahaan, seperti PLN dan perusahaan-perusahaan listrik lainnya.

DIgSILENT merupakan akronim dari *Digital Simulation of Electrical Networks*. DIgSILENT adalah sebuah program komputer rekayasa untuk analisis transmisi, distribusi dan sistem tenaga listrik. *Software* ini telah dirancang sebagai paket perangkat lunak yang terintegrasi dan interaktif canggih didedikasikan untuk sistem tenaga listrik dan analisis *control* dalam rangka mencapai tujuan utama dan perencanaan dan operasi optimalisasi. (DIgSILENT *PowerFactory User Manual*, 2014).



Gambar 2.8 Tampilan DIGSILENT PowerFactory

DIGSILENT PowerFactory dapat melakukan penggambaran *single line* diagram secara grafis dan bisa digunakan untuk analisa diantaranya :

- a. Analisa Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)
- b. Analisa Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*)
- c. Optimal Power Flow
- d. Analisa Kestabilan Transien (*Transient Stability Analysis*)

Dalam mendukung pekerjaan yang ada, diperlukan sebuah simulasi dari sistem tenaga listrik secara *off line* diantaranya aplikasi DIGSILENT PowerFactory. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan aplikasi DIGSILENT PowerFactory adalah :

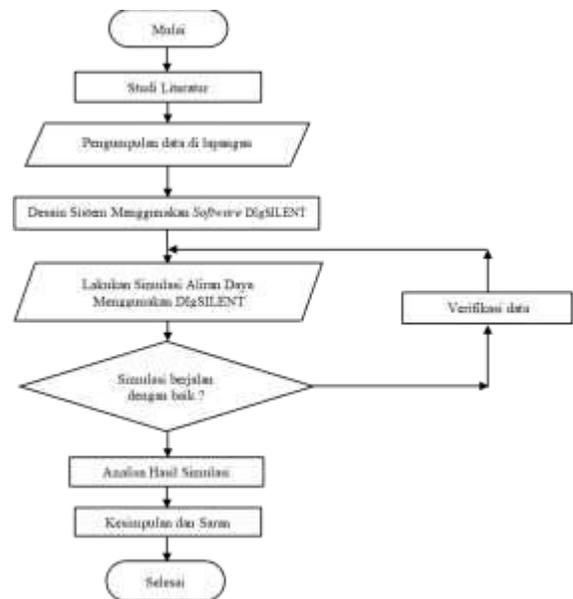
- a. *Single Line* Diagram, notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian.
- b. *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi ataupun

analisa.

- c. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC dan ANSI. Perbedaan antara standar IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensinya adalah 60 Hz.
- d. *Study Case*, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Prosedur Penelitian



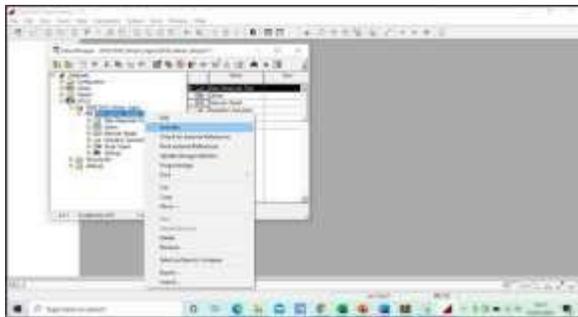
Gambar 3.1 Flowchart Prosedur Penelitian

### 3.2 Proses Pengambilan Data

Pengambilan data berdasarkan hasil rancangan dalam simulasi menggunakan aplikasi *DIgSILENT PowerFactory* yang diterapkan pada Subsistem Cilegon IBT.1&2- GU Cilegon-Labuan dan keberhasilan atau kegagalannya menjadi bahan evaluasi untuk meningkatkan kualitas dan keandalan dari Subsistem tersebut.

Sehingga dari hasil rancangan dan evaluasi dalam simulasi didapatkan data yang dapat disebut data primer.

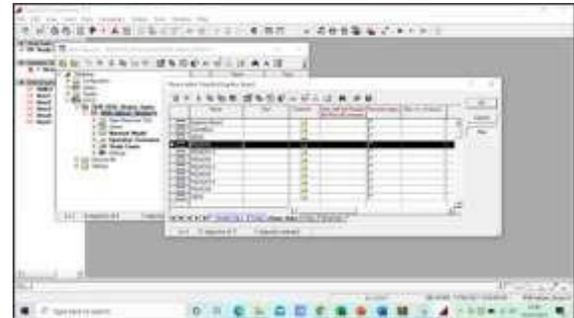
Pengolahan data merupakan proses perubahan data menjadi informasi dan pengetahuan. Data yang digunakan adalah data primer yang berupa gambar dari pihak PT.PLN (Persero) UP2B DKI Jakarta & Banten yaitu sebagai berikut.



Gambar 3.2 OLS IBT 500/150kV Cilegon Baru IBT.1&2 [5]

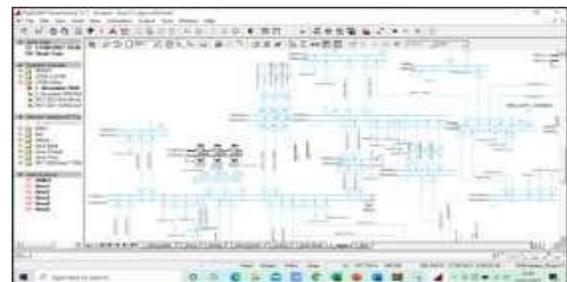
Gambar Subsistem Cilegon IBT.1&2- GU Cilegon-Labuan diatas akan dianalisa kelembar kerja menggunakan *software DIgSILENT PowerFactory* dengan langkah- langkah sebagai berikut :

- a. Buka program *software DIgSILENT PowerFactory*, kemudian akan menampilkan lembar kerja seperti pada gambar 3.3 berikut.



Gambar 3.3 Tampilan *software DIgSILENT PowerFactory*

- b. Selanjutnya pada lembar kerja klik *Icon Open Data Manager*, maka muncul kotak dialog seperti gambar 3.4 berikut.

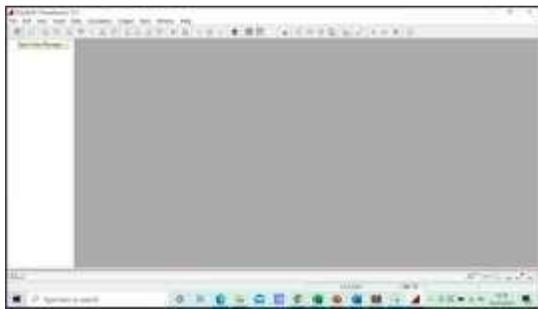


Gambar 3.4 *Icon Open Data Manager*

- c. Setelah itu pilih folder dan file yang tersedia untuk menampilkan *project* pada lembar kerja, klik *Activate* untuk mengaktifkan *project* sehingga bisa dianalisa dan diedit sesuai kebutuhan, ditunjukkan seperti pada gambar 3.5 berikut.

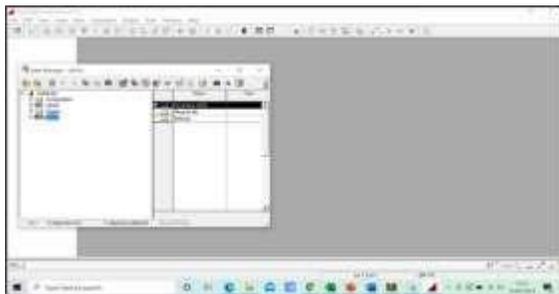
Gambar 3.5 Tampilan menu untuk membuka *project*

Setelah klik *activate*, maka muncul kotak dialog seperti pada gambar 3.6. Pilih “Region 1” untuk menampilkan sistem kelistrikan yang ada di wilayah kerja UP2B DKI Jakarta & Banten, kemudian klik Ok.



Gambar 3.6 Pemilihan Region/Area

d. Kemudian lembar kerja berupa *project* tampilan tiap subsistem Region 1 siap digunakan/disimulasikan sesuai kebutuhan, ditunjukkan seperti pada gambar 3.7 berikut.

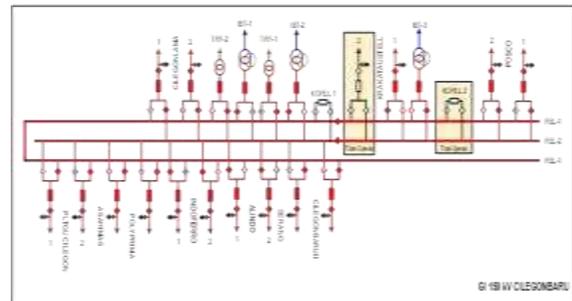


Gambar 3.7 Tampilan lembar kerja/*project*

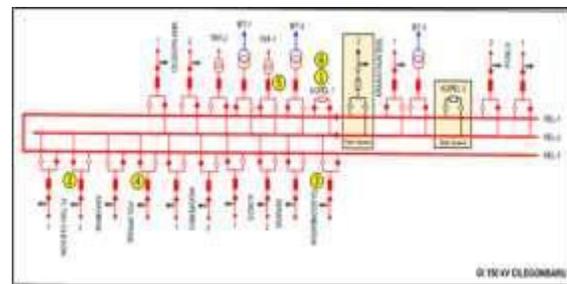
#### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini, untuk melaksanakan konfigurasi looping IBT 3 Cilegon berdasarkan pada kondisi *real time*. Proses konfigurasi dilaksanakan pada hari minggu, 30 Agustus 2020, di mana selama konfigurasi tidak berdampak padam pada beban konsumen. Dalam pelaksanaan konfigurasi, dibagi atas 2 tahap manuver konfigurasi, Tahap pertama memisahkan Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3, sehingga Cilegon IBT 3 berdiri sendiri, untuk tahap kedua, melakukan konfigurasi dengan looping sesaat di kopel GI Cilegon baru (looping dekan 3 IBT),

setelah looping dengan kopel, dilakukan konfigurasi.



Gambar 4.1 Konfigurasi sebelum looping 3 IBT Cilegon



Gambar 4.2 Konfigurasi setelah looping 3 IBT Cilegon

Dari hasil FGD, didapat informasi bahwa ada beberapa faktor yang mempengaruhi keandalan antara lain sebagai berikut :

1. *Man* :
  - a. Dispatcher (Pengalaman kerja, beban kerja, masa kerja, dan kompetensi)
  - b. Staf Operasi (Komunikasi efektif terhadap dispatcher, masa kerja dan kompetensi)

2. *Money* :

*Energi Not Served* (ENS) : dengan cepatnya waktu pemulihan secara kondisi akan berdampak makin kecilnya energi yang tidak tersalurkan. Dari penjelasan sebelumnya perbandingan efisiensi antara subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan dengan subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon- Labuan jika terjadi kontingensi gangguan N-2 IBT (busbar-1).

### 4.1 Konfigurasi Sebelum

Beban puncak Subsistem IBT Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan tercatat pada tanggal 28 Agustus 2020 pukul 15.00 WIB sebesar 1025 MW mendapatkan beberapa sumber pasokan daya yang ditunjukkan dalam tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Pasokan daya Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan

Dari gambar 4.3 diperlihatkan konfigurasi di Subsistem Cilegon IBT.1&2- GU Cilegon-Labuan memasok wilayah Banten dengan data Gardu Induk Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Daftar GI Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan

NO	Gardu Induk	NO	Gardu Induk
1	PLTGU Cilegon	13	Gorda (KTT)
2	Cilegon Baru II	14	Gunung Mulia Steel (KTT)
3	Asahimas (KTT)	15	Serang 70kV
4	Asahimas Baru (KTT)	16	Nikomas
5	Chandra Asri (KTT)	17	Krakatau Steel
6	Poly Prima	18	Kopo
7	Cikande	19	Menes Baru
8	Puncak Ardi Mulya	20	Rangkas Bitung Baru
9	Puncak Ardi Mulya II	21	Saketi
10	Serang	22	Malimping
11	Indah Kiat (KTT)	23	Labuan
12	Rangkas Bitung 70kV	24	Bunar 70 kV

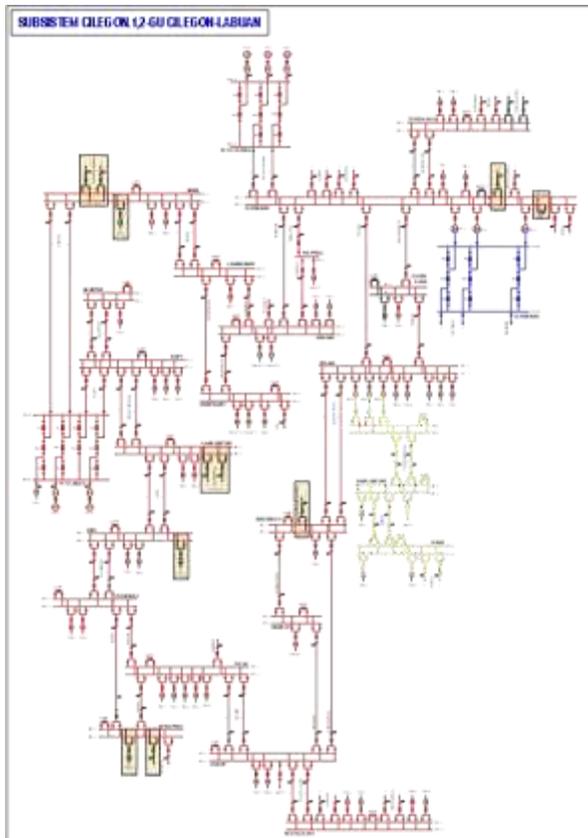
Berdasarkan data yang diperoleh pada saat kondisi sebelum konfigurasi pada Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon- Labuan, maka diperoleh data pembebanan dari tiap-tiap gardu induk yang diolah dengan menggunakan *software* simulasi DiGSILENT. Pada kondisi beban puncak subsistem dan kondisi normal seperti ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Daftar GI Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan

Beban (MW)	Mampu pasok		Cadangan
	KIT / IBT	M W	
1025	IBT 1 Cilegon	360	485 MW
	IBT 2 Cilegon	360	
	PLTGU Cilegon	230	
	PLTU Labuan	560	

Tabel 4.4 Tegangan GI di Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan

GARDU INDUK	LEVEL TEGANGAN (kV)	OUPUT TEGANGAN (kV)
Asahimas	150	149,30
Asahimas Baru	150	149,55
Balaraja Lama	150	144,18
Bunar	70	67,42
Candra Asri	150	149,29
Cikande	150	144,48
Cilegon Baru	150	150,91
Cilegon Baru II	150	148,00
Gorda	150	144,17
Gunung Mulia	150	145,71
Indah Kiat	150	145,28
Kopo	150	144,23
Malimping	150	147,65
Menes	150	150,09
Pltgu Cilegon	150	153,47
Pltu Labuan	150	150,27
Polyprima	150	149,52
Puncak Ardi Mulya	150	144,21
Puncak Ardi Mulya Baru	150	144,18
Rangkas Bitung	70	69,21
Rangkas Bitung	150	144,87
Saketi	150	147,76



Gambar 4.3 Tampilan Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan

Beban puncak Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3 tercatat pada tanggal 24 Agustus 2020 pukul 13.00 WIB

Berdasarkan data yang diperoleh pada saat kondisi sebelum konfigurasi pada Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3, maka diperoleh data pembebanan dari tiap-tiap gardu induk yang diolah dengan menggunakan *software* simulasi DIgSILENT. Pada kondisi beban puncak subsistem dan kondisi normal seperti ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Aliran Daya GI di Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3

sebesar 260 MW mendapatkan beberapa sumber pasokan daya yang ditunjukkan dalam tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Pasokan daya Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3

Beban (MW)	Mampu pasok		Cadangan
	KIT / IBT	MW	
260	IBT 1 Suralaya	200	500 MW
	IBT 2 Suralaya	200	
	IBT 3 Cilegon	360	

Dari gambar 4.5 diperlihatkan konfigurasi di Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3 memasok wilayah Banten dengan Data Gardu Induk tabel 4.6 berikut.

NO	Gardu Induk	NO	Gardu Induk
1	Cilegon Baru	7	Alindo (KTT)
2	Cilegon Lama	8	Posco (KTT)
3	Indoferro (KTT)	9	Suralaya
4	MCCI (KTT)	10	Suralaya Baru
5	Mitsui (KTT)	11	Prima Ethycolindo (KTT)
6	Peni (KTT)	12	Salira Indah (KTT)

NO	GARDU INDUK	TRAFO	DAYA (MW)	BEBAN (AMPERE)
1	Alindo	1	39	1170
2	Cilegon Lama	1	16	480
3	Cilegon Lama	2	50	1500
4	Indoferro	1	28	840
5	Mitsubishi	1	9	270
6	Mitsubishi	2	9	270
7	Mitsui	1	12	360
8	Mitsui	2	9	270
9	Prima Ethycolindo	1	2	60
10	Peni	1	15	450
11	Peni	2	15	450
12	Salira Indah	1	10	300
13	Salira Indah	2	22	660
14	Salira Indah	3	14	420
15	Salira Indah (KTT)	1	2	60
16	Salira Indah (KTT)	2	5	150

17	Suralaya	1	3	90
<b>TOTAL BEBAN</b>			<b>260</b>	<b>7800</b>

Tabel 4.8 Tegangan GI di Subsistem Suralaya IBT.1&2-Cilegon IBT.3

#### 4.2 Konfigurasi Sesudah

Beban puncak Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan tercatat pada tanggal 05 Oktober 2020 pukul 14.00 WIB sebesar 1180 MW. Tabel di bawah merupakan neraca daya dengan asumsi IBT Cilegon dalam konfigurasi satu subsistem. Pembangkit PLTU Labuan mampu memasok daya sebesar 560 MW. Namun PLTGU Cilegon pada kondisinya mampu pasok daya hanya sebesar 120 MW karena keterbatasan energi primer gas PHE.

Tabel 4.9 Neraca Daya Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan

Beban (MW)	Mampu pasok		Cadangan
	KIT / IBT	M W	
1180	IBT 1 Cilegon	360	580 MW
	IBT 2 Cilegon	360	
	IBT 3 Cilegon	360	
	PLTGU Cilegon	120	
	PLTU Labuan	560	

Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan memasok wilayah Banten dengan data Gardu Induk Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Daftar Gardu Induk Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon- Labuan

NO	Gardu Induk	NO	Gardu Induk
1	PLTGU Cilegon	15	Gorda (KTT)

2	Cilegon Baru II	16	Gunung Mulia Steel (KTT)
3	Asahimas (KTT)	17	Serang 70kV
4	Asahimas Baru (KTT)	18	Nikomax
5	Chandra Asri (KTT)	19	Krakatau Steel
6	Poly Prima	20	Kopo
7	Cikande	21	Menes Baru
8	Puncak Ardi Mulya	22	Rangkas Bitung Baru
9	Puncak Ardi Mulya II	23	Saketi
10	Serang	24	Malimping
11	Indah Kiat (KTT)	25	Alindo (KTT)
12	Rangkas Bitung 70kV	26	Posco (KTT)
13	Labuan	27	Indoferro (KTT)
14	Bunar 70 kV	28	Cilegon Baru

Berdasarkan data yang diperoleh pada saat kondisi setelah konfigurasi pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan, maka diperoleh data pembebanan dari tiap-tiap gardu induk yang diolah dengan menggunakan *software* simulasi DIGSILENT. Pada kondisi beban puncak subsistem dan kondisi normal seperti ditunjukkan pada tabel

IV.11 berikut :

Tabel 4.11 Aliran Daya GI di Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan

NO	GARDU INDUK	TRAFO	DAYA (MW)	BEBAN (AMPERE)
1	Alindo	1	32	960
2	Asahimas	1	22	660
3	Asahimas	2	20	600
4	Asahimas (KTT)	2	63	1890
5	Asahimas (KTT)	3	66	1980
6	Asahimas Baru	1	9	270
7	Balaraja	1	24	720
8	Balaraja	2	21	630
9	Balaraja	3	20	600
10	Balaraja	4	8	240
11	Bunar 70 kV	1	21	630
12	Cikande	1	32	960
13	Cikande	2	10	300
14	Cikande	3	16	480
15	Cilegon Baru	1	22	660
16	Cilegon Baru	2	40	1200
17	Chandra Asri	1	10	300

18	Chandra Asri (KTT)	1	16	480
19	Chandra Asri (KTT)	2	41	1230
20	Gunung Mulia Stell	1	14	420
21	Samator	1	11	330
22	Indah Kiat	1	18	540
23	Indoferro	1	34	1020
24	Kopo	1	39	1170
25	Kopo	2	38	1140
26	Cilegon Baru II	1	18	540
27	Krakatau Stell	3	49	1470
28	Menes	1	17	510
29	Menes	2	16	480
30	Malimping	1	8	240
31	Puncak Ardi Mulya Baru	1	10	300
32	Puncak Ardi Mulya Baru	2	21	630
33	Polyprima	1	3	90
34	Posco (KTT)	1	1	30
35	Posco (KTT)	2	1	30
36	Puncak Ardi Mulya	1	34	1020
37	Puncak Ardi Mulya	2	38	1140

### 4.3 Perhitungan Biaya

Pada perhitungan kali ini akan dilakukan perbandingan kondisi antara sebelum dengan sesudah dilakukan konfigurasi. Berikut perhitungan yang dilakukan dalam mencari jumlah energi yang tidak tersalurkan akibat gangguan :

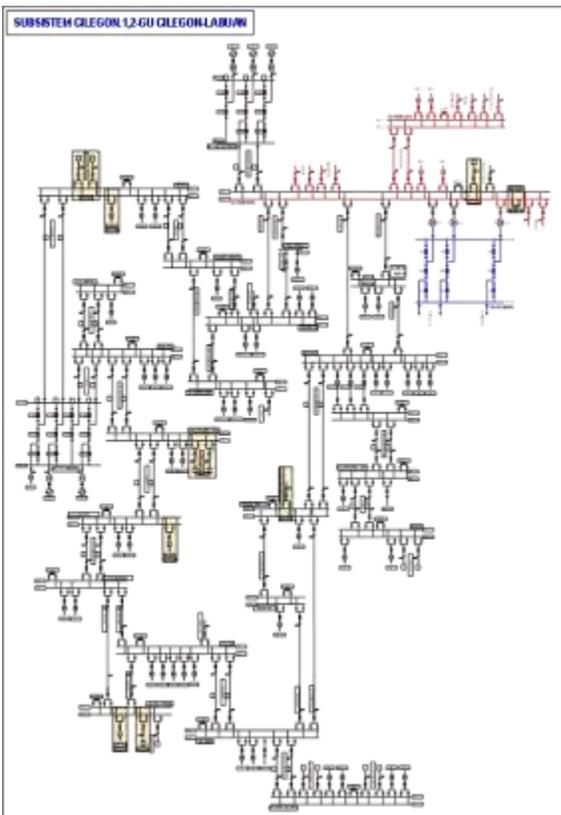
$$ENS (kWh) = \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam (h)}$$

$$ENS (Rp) = \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam (h)} \times \text{Biaya Operasi (Rp/kWh)}$$

Apabila dilihat efisiensinya sebelum dan setelah looping konfigurasi maka,

$$\text{Efficiency (\%)} = \frac{ENS (kWh) \text{ sebelum konfigurasi}}{ENS (kWh) \text{ setelah konfigurasi}} \times 100\%$$

#### 4.3.1 Kondisi sebelum Konfigurasi



Gambar 4.7 Gangguan Busbar-1 GI Cilegon Baru pada Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon-Labuan

Kondisi sebelum konfigurasi yaitu kondisi semula Subsistem Cilegon IBT.1&2- GU Cilegon-Labuan ketika belum looping dengan Cilegon IBT.3. Dengan kondisi tersebut, apabila terjadi gangguan parsial subsistem maka asumsi kerugian energi yang tidak tersalurkan (ENS) yaitu sebagai berikut.

➤ Ketika terjadi gangguan Busbar-1  
 $ENS (kWh) = \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam}^*$   
 (h)

$$= 1.025.000 \text{ kW} \times 1 \text{ Jam}$$

$$= 1.025.000 \text{ kWh}$$

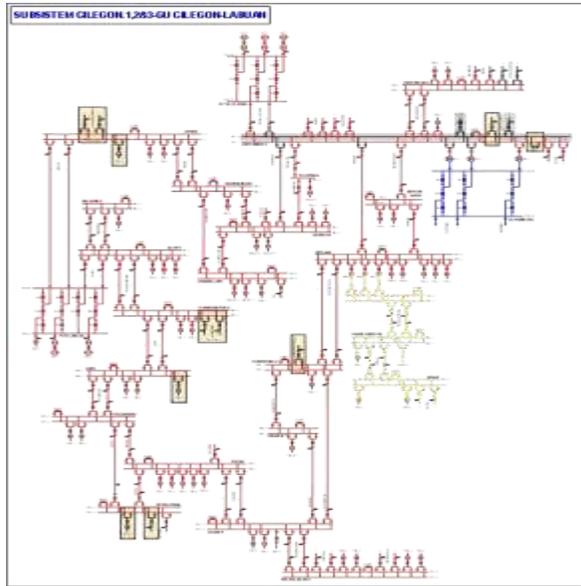
$$ENS (Rp) = \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam (h)} \times \text{Biaya Operasi}^{**} (Rp/kWh)$$

$$= 1.025.000 \text{ kW} \times 1 \text{ Jam} \times 1.444,7$$

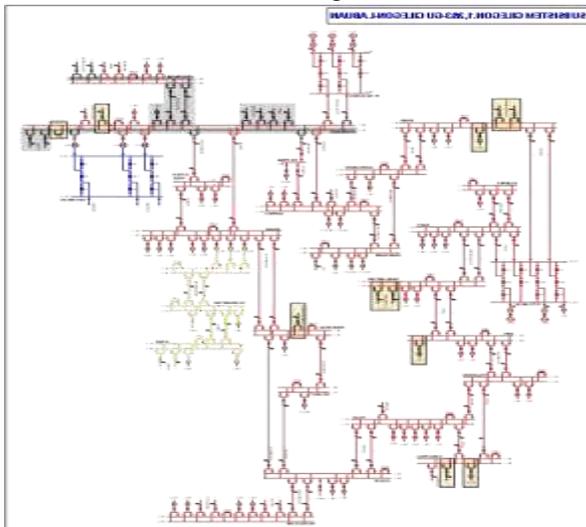
$$= \text{Rp } 1.480.817.500,-$$

Dalam kondisi gangguan busbar-1 skema OLS akan bekerja dengan baik apabila kondisi masing-masing Pembangkit yaitu PLTU Labuan dan PLTGU Cilegon dalam kondisi normal, artinya tidak mengalami kendala mesin atau peralatan, bahan bakar, serta tidak dalam perbaikan sehingga keluar dari sistem. Untuk kondisi saat ini, tidak ideal apabila gangguan busbar-1 terjadi, karena PLTGU Cilegon mempunyai kendala keterbatasan penyediaan bahan bakar berupa gas PHE (Penyuplai dari Pertamina Hulu Energi). Sehingga mengurangi daya mampu pasoknya serta dikhawatirkan *island operation* tidak berhasil dan subsistem mengalami padam total.

Kondisi setelah Konfigurasi



Gambar 4.8 Gangguan Busbar-1 GI Cilegon Baru pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan



Gambar 4.9 Gangguan Busbar-2 GI Cilegon Baru pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan

Kondisi setelah konfigurasi yaitu kondisi Subsistem Cilegon IBT.1&2-GU Cilegon- Labuan ketika sudah looping dengan Cilegon IBT 3. Sehingga apabila terjadi gangguan parsial subsistem maka

asumsi kerugian energi yang tidak tersalurkan (ENS) yaitu sebagai berikut.

- Ketika terjadi gangguan Busbar-1 (Padam Trafo-1 : 22,2 MW & KSTEL : 48,7 MW & OLS Tahap 1 : 160 MW)

$$\begin{aligned} \text{ENS (kWh)} &= (\text{Beban Padam (kW)} + \text{OLS Tahap 1 (kW)}) \times 1 \text{ Jam}^* (\text{h}) \\ &= ((70.900 \text{ kW} + 160.000 \text{ kW}) \times 1 \text{ Jam}) \\ &= 230.900 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ENS (Rp)} &= \text{Beban Padam (kW)} \times 1 \text{ Jam (h)} \times \text{Biaya Operasi}^{**} (\text{Rp/kWh}) \\ &= 230.900 \text{ kW} \times 1 \text{ Jam} \times 1.444,7 \\ &= \text{Rp } 333.581.230,- \end{aligned}$$

Ketika terjadi gangguan busbar-1 maka berdasarkan hasil simulasi menggunakan DIGSILENT masih mampu mempertahankan kekuatan subsistem tersebut dengan rincian padam hanya pada GI Cilegon Baru Trafo-1 : 22,2 MW & Pelanggan Krakatau Steel : 48,7 MW dan OLS Tahap 1 : 160 MW. Dibandingkan sebelum konfigurasi yang mengakibatkan pada total sebesar 1025 MW, kondisi setelah konfigurasi ini hanya akan mengakibatkan padam kurang lebih sebesar 230,9 MW karena desain defence scheme yang terbaru sudah terpasang. Sehingga perbandingan sebelum looping sebesar 100% (Rp 1.480.817.500,-) menjadi 22,5% (Rp 333.581.230,-) setelah looping, sehingga mendukung terciptanya *Cost Efficiency*. Dalam hal perbandingan kualitas tegangan pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon- Labuan mengalami kenaikan 1-2 kV setelah dilakukannya konfigurasi. Yaitu dengan

cara membandingkan data rekapan beban perjam yang ada di grup WA (pada tanggal 24 Agustus 2020 dengan tanggal 31 Agustus 2020) serta menggunakan simulasi DIGSILENT, tegangan terendah ada di gardu induk Puncak Ardi Mulya (GI PUCAM) yang mengalami kenaikan setelah dilakukannya konfigurasi dari tegangan 142 kV menjadi 143 kV.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Dengan berhasilnya konfigurasi looping

3 IBT Cilegon menjadi Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan maka dapat terdapat beberapa manfaat yaitu :

1. Keandalan Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan terpenuhi, karena defense scheme (OLS) dengan desain terbaru ini sudah ada. Sehingga ketika terjadi gangguan pada busbar-1, Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan tidak akan menyebabkan padam total.
2. Kualitas tegangan GI pada Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan naik 1-2 kV.
3. Kerugian finansial akibat gangguan busbar-1 jauh lebih kecil dari sebelumnya Rp 1.480.817.500,- menjadi Rp 333.581.230,-.

### 5.2 Saran

Adapun saran untuk UP2B DKI Jakarta & Banten sebagai Area Pengatur Beban (APB) yang salah satu wilayah kerjanya mencakup Subsistem Cilegon IBT.1,2&3-GU Cilegon-Labuan yaitu :

1. Penggantian pelaratan pada bay instalasi yang sudah tua, seperti di GI Cilegon Baru

dan Cilegon Lama agar semua bay (PMT dan PMS Rel) bisa diremote.

2. Mengadakan pelatihan DTS kepada Dispatcher pada setiap semester (1 tahun selama 2 kali).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. PLN (Persero) UDIKLAT SEMARANG LIVE and Maintenance.2012. Pengenalan Operasi Sistem Tenaga Listrik.Semarang.
- [2] PT. PLN (Persero) UDIKLAT SEMARANG LIVE and Maintenance. 2012. Overview Defense Scheme.Semarang.
- [3] Marsudi, Djiteng. 2006. Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4] UU RI Nomor 20.2002. Tentang Ketenagalistrikan.Jakarta: Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- [5] Summary Defense Scheme UP2B Jakban 2020, September 2020.
- [6] Marwan. 2019. Simulasi Sistem Tenaga Listrik Menggunakan DIGSILENT. Yogyakarta: Andi.
- [7] Marsudi, Djiteng. 2016. Operasi Sistem Tenaga Listrik Edisi 3. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Afandi. 2010. Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis EDSA. Yogyakarta: Gava Media.