

Implementasi *Over Load Shedding* (OLS) Pada *Interbus Transformator* (IBT) #3 31.5 Mva Dan IBT #5 31.5 MVA Di GI Tello 150/66 kV Untuk Menjaga Keandalan Suplai Ke GI Borongloe, GI Daya Dan GI Mandai

Sarma Thaha¹⁾, Annisa Adiyanti²⁾, Usman³⁾, Ahmad Rizal Sultan⁴⁾.

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

email: sarmathaha@poliupg.ac.id¹⁾, anniza.ninis6@gmail.com²⁾, usman.ose@poliupg.ac.id³⁾,

rizal.sultan@poliupg.ac.id⁴⁾



Abstract

Interbus transformer (IBT) is transformer that transfer power in different voltage level. Tello Substation has two IBT that change voltage level from 150 kV to 66 kV. In order to maintain the reliability operation of Tello substation, both IBT must be not allowed to overload. Overload condition could occur if one of the transformers is fault, the normal transformer will be overload. If an overload condition occurs, the two IBTs may not operate simultaneously. Due to this condition, it is necessary to prevent the occurrence of overload condition by applying overload shedding (OLS). This OLS application can prevent overload on the transformer if one of the transformers out of service due to fault condition. The OLS relay will work when the load on the IBT has reached its setting, by releasing the load on the 66 kV system line according to the OLS scheme as a precautionary step before all transformers trip. This research uses a case study on the Makassar Subsystem, which is one of the Sulbagsel System's electrical systems. The results showed that the amount of load that needed to be removed when implementing the OLS scheme at IBT #3 and IBT #5 31.5 MVA GI Tello was 16.86 MW. The OLS and OCR schemes are coordinated with the OLS setting current at each IBT GI Tello is 302.5 A, while the setting current for OCR at each IBT GI Tello is 330 and time multiple setting (tms) is 1.96.

Keywords: *Over load Shedding (OLS), Interbus Transformer (IBT), Overload.*

Abstrak

Interbus Transformer (IBT) adalah transformer yang berfungsi untuk menyalurkan listrik dari tegangan 275 kV ke tegangan 150 kV ataupun dari 150 kV ke 66 kV. Apabila terjadi gangguan beban lebih pada IBT akan mengakibatkan penurunan keandalan ataupun kerusakan pada IBT, kondisi ini dapat diatasi dengan penerapan skema pelepasan beban secara otomatis (*Over Load Shedding*). Penerapan strategi OLS bertujuan untuk menghindari pemadaman yang meluas pada subsistem. Relay OLS akan bekerja ketika beban pada IBT telah mencapai settingnya, dengan cara melepaskan beban pada saluran sistem 66 kV sesuai dengan skema OLS sebagai langkah pencegahan sebelum trafo tersebut mengalami trip total. Penelitian ini menggunakan studi kasus pada Subsistem Makassar yang merupakan salah satu sistem kelistrikan Sistem Sulbagsel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya beban yang perlu dilepas pada saat penerapan skema OLS pada IBT #3 dan IBT #5 31.5 MVA GI Tello adalah 16.86 MW. Skema OLS dan OCR dikoordinasikan dengan arus setting OLS pada masing – masing IBT GI Tello adalah 302.5 A, sedangkan arus setting untuk OCR pada masing – masing IBT GI Tello adalah 330 A dengan tms 1.96.

Kata Kunci : *Over load Shedding (OLS), Interbus Transformer (IBT), Overload.*

I. PENDAHULUAN

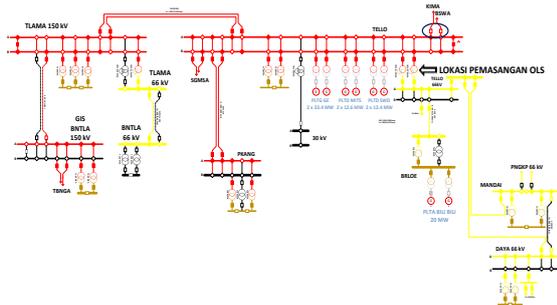
Sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi tiga syarat, yaitu: Keandalan, Kualitas dan Ekonomis. Sistem harus mampu memberi pasokan listrik secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan jaringan ketenagalistrikan yang berlaku. Begitu juga dengan kelistrikan Sistem Sulbagsel saat ini mengatur sistem interkoneksi yang memasok empat provinsi, yakni Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, dan

Sulawesi Tengah yang saat ini sangat menjadi perhatian dengan pertumbuhan beban yang cukup signifikan maka diperlukan skema pertahanan (*defence scheme*) yang baik untuk mitigasi dalam mempertahankan keandalan sistem. Sistem Sulbagsel saat ini mempunyai beberapa *Interbus Transformator* (IBT) yang menghubungkan sistem melalui jaringan 275 kV, 150 kV dan 66 kV.

Salah satu contoh kasus di GI Tello yang memiliki 2 IBT, yaitu IBT #3 dan IBT #5 dengan kapasitas masing-masing IBT 31.5

MVA. Pada tanggal 2 April 2021 terjadi gangguan disaluran transmisi Tello 66 kV – Borongloe yang mengakibatkan trip pada saluran transmisi tersebut. Dampak dari tripnya saluran transmisi Tello 66 kV – Borongloe menyebabkan trip pada IBT #5 di GI Tello, sehingga jika IBT #5 trip maka IBT #3 akan mengalami *overload* karena mengambil alih semua beban pada IBT #5. Selanjutnya IBT #3 akan trip juga karena mengalami *overload*, sehingga menyebabkan banyaknya beban 20 kV tidak terlayani.

Mengantisipasi peristiwa ini, maka dibuatkanlah kajian dengan judul Implementasi *Over Load Shedding* (OLS) Pada *Interbus Transformator* (IBT) #3 31.5 MVA dan IBT #5 31.5 MVA di GI Tello 150/66 kV untuk Menjaga Keandalan Suplai ke GI Borongloe, GI Daya dan GI Mandai. Dengan melakukan pelepasan atau pengurangan beban sebagian secara otomatis, dengan pemasangan OLS pada salah satu IBT yang ada di GI Tello seperti pada Gambar 1 dan membuat beberapa skenario untuk melihat bagaimana kondisi IBT, saat terjadi nya gangguan tanpa pemasangan OLS dan untuk melihat kondisi IBT pada saat terpasangnya OLS dengan melakukan simulasi menggunakan aplikasi DIgSILENT PowerFactory 15.1.



Gambar 1. Konfigurasi Normal Subsistem Makassar

II. KAJIAN LITERATUR

A. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik secara umum terdiri dari 3 bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi, dalam literature sering ditambahkan *substation* (Gardu Induk). Pusat pembangkit listrik memproduksi tenaga listrik dengan membangkitkan tenaga listrik kemudian dinaikkan tegangannya terlebih dahulu oleh *transformer* penaik tegangan/*step up transformer*) disalurkan melalui saluran transmisi, setelah itu tenaga listrik sampai di GI

untuk diturunkan tegangannya oleh *transformer* penurun tegangan (*step down transformer*) menjadi tegangan menengah yang disebut tegangan distribusi primer, tegangan distribusi primer di Indonesia adalah 20 kV, 12 kV dan 6 kV tetapi kebanyakan yang digunakan sekarang 20 kV (Hermawan, 2017:19).

B. Interbus Transformer (IBT)

Interbus Transformer (IBT) adalah *transformer* yang berfungsi untuk menyalurkan listrik dari tegangan 275 kV ke tegangan 150 kV ataupun dari 150 kV ke 66 kV. Apabila terjadi gangguan pada salah satu atau lebih, IBT akan mengakibatkan penurunan keandalan ataupun kerusakan pada IBT yang akan berbahaya terhadap sistem 150 kV. Maka dari itu IBT perlu dilengkapi dengan sistem proteksi untuk menghindari kerusakan yang disebabkan oleh gangguan internal maupun eksternal IBT tersebut, sehingga dampak gangguan tidak menyebar luas ke bagian lain di dalam sistem tenaga listrik (Nur, 2016: 8).

Dalam menentukan batas pengoperasian IBT dapat dilakukan dengan menentukan daya maksimum dari setiap IBT pada kondisi normal.

$$P_{max} = P_{IBT} \times \cos \varphi \times 80\% \quad (1)$$

C. Dampak Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih dapat mempengaruhi antara daya yang dibangkitkan dan permintaan beban sehingga menyebabkan beberapa hal yang dapat mengganggu kestabilan sistem, yaitu penurunan tegangan sistem (*under voltage*) merupakan fenomena jatuhnya tegangan yang berkelanjutan akibat adanya gangguan beban lebih (*overload*), sehingga mengakibatkan sistem kelistrikan mengalami pemadaman total (*blackout*) (Nurida dan Wrahatnolo, 2016:25).

D. Skema Proteksi (*Defence Scheme*)

Defence 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 (Wiharja dan Nugroho, 2021: 66).

E. *Over Load Shedding* (OLS)

Over Load Shedding merupakan salah satu peralatan *defence scheme* yang merupakan suatu bentuk tindakan pelepasan beban lebih yang terjadi secara otomatis maupun manual untuk pengamanan operasi dari unit-unit pembangkit untuk menghindari atau mencegah terjadinya padam total (*Black Out*).

Pada perencanaan pelepasan beban dapat ditentukan terlebih dahulu beban-beban yang akan dilepaskan, dimana dibagi dalam dua kategori, yaitu:

- 1) Beban Penting (*Essential Load*) Beban-beban yang memegang peranan dalam proses suatu produksi dimana bila terjadi suatu gangguan dapat merusak atau mengurangi mutu dan hasil produksi tersebut.
- 2) Beban yang kurang penting (*Non Essential Load*). Beban-beban yang tidak mempunyai pengaruh langsung terhadap proses pengolahan produksi (Pradnya dkk., 2017: 42).

F. Penerapan Skema *Over Load Shedding* (OLS)

Penentuan pola pelepasan beban lebih ini dimaksudkan untuk mengantisipasi untuk menghindari pemadaman yang meluas akibat terjadinya pembebanan lebih pada IBT atau saluran transmisi. Penerapan skema pelepasan beban dengan menggunakan OLS pada IBT merupakan pengaman agar tidak terjadi *overload* pada IBT yang beroperasi yaitu dengan melepas sebagian beban atau memadamkan sebagian beban konsumen sehingga pasokan daya yang melalui IBT dapat diturunkan hingga beban mencapai batas kemampuan IBT (Nurida dan Wrahatnolo, 2016:25).

Menentukan kouta pelepasan beban lebih (OLS) disetiap IBT yang masih beroperasi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$P_{ols} = P_{ol} - P_{max} \quad (2)$$

III. METODE PENELITIAN

Pada tahap ini peneliti telah memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian yang mana kemudian data-data ini akan dilakukan simulasi dan pembuatan skema OLS pada IBT sebagai berikut:

- 1) Melakukan studi pustaka melalui literatur yang telah dikumpulkan, wawancara, dan observasi secara langsung untuk mengenal objek yang akan diteliti.

- 2) Mengumpulkan data-data yang diperlukan pada penelitian ini:

- a. Data *name plate* IBT GI Tello
- b. Data daya pasok pembangkit
- c. Data beban distribusi pada Subsistem
- d. Data penghantar pada Subsistem Makassar.

- 3) Dalam menentukan batas pengoperasian dapat dilakukan dengan menghitung daya aktif maksimum dari IBT dengan menggunakan persamaan 1.

- 4) Membuat *case* pada *software* DIgSILENT PowerFactory 15.1 untuk studi aliran daya yang berdasarkan pada data beban puncak rencana operasi bulan November. *Case* yang dibuat merupakan kondisi normal (tidak ada gangguan) dan IBT dioperasikan secara normal.

- 5) Melakukan simulasi pelepasan beban IBT menggunakan *software* DIgSILENT PowerFactory 15.1 dengan studi aliran daya menggunakan metode Newton Raphson untuk melihat kemungkinan *overload* pada IBT dengan cara perhitungan iterasi. Dengan membuat beberapa kondisi sebagai berikut:

- a. IBT #3 Tello Trip
- b. IBT #5 Tello Trip

- 6) Setelah itu menghitung kuota pelepasan beban lebih (OLS) yang dapat dihitung berdasarkan batas pengoperasian dari IBT tersebut menggunakan persamaan 2.

- 7) Melakukan simulasi skenario trip dan penerapan skema OLS untuk mengetahui gambaran kejadian yang sesungguhnya. Dengan simulasi ini dapat diketahui besarnya pembebanan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan skema OLS pada IBT harus memperhatikan teknis dan non teknis. Untuk pertimbangan teknis yaitu melihat spesifikasi pada IBT dan setting koordinasi rele OLS dengan OCR pada IBT tersebut. Pertimbangan nonteknis yaitu memilih beban yang akan menjadi target OLS yakni konsumen yang *non vital* untuk di jadikan target pemadaman.

A. Penentuan Batasan Operasional IBT 31.5 MVA 150/66 kV Pada GI Tello

Tujuan dari perhitungan untuk mengetahui batasan operasioanal maksimum masing - masing IBT dan mengetahui indikator IBT tersebut. Indikatornya adalah *transformator*

tersebut masih mengalami *overload* atau tidak jika menerapkan skema OLS.

Berikut perhitungan pembebanan batas operasional IBT dengan kapasitas pembebanan (%) transformator 80% untuk mitigasi keandalan dan menjaga *lifetime* peralatan berdasarkan persamaan 1.

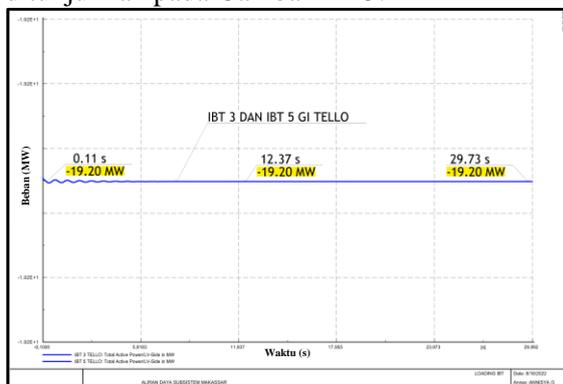
$$P_{max} = P_{IBT} \times \text{Cos } \varphi \times 80\%$$

$$P_{max} = 31.5 \times 0.9 \times 0.8$$

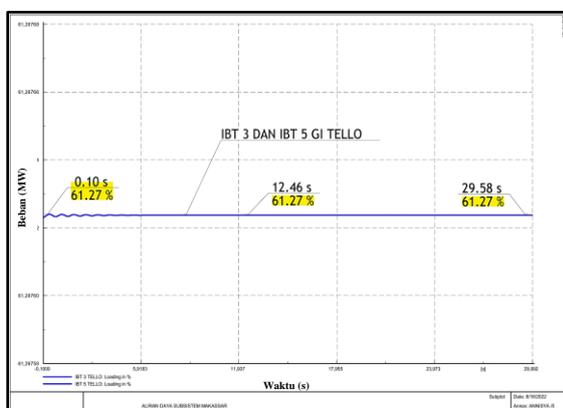
$$P_{max} = 22.68 \text{ MW}$$

B. Subsistem Makassar Kondisi Normal

Pada skenario ini dilakukan simulasi pembebanan pada masing - masing IBT GI Tello dalam kondisi normal tanpa adanya gangguan. Didapatkan hasil pembebanan pada masing – masing IBT GI Tello dapat ditunjukkan pada Gambar 2 – 3.



Gambar 2 Kurva Pembebanan (MW) IBT GI Tello Kondisi Normal



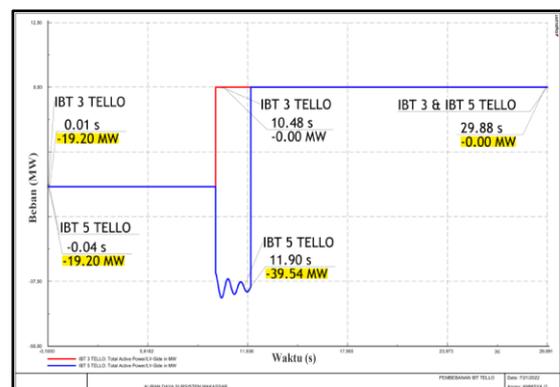
Gambar 3 Kurva Pembebanan (MW) IBT GI Tello Kondisi Normal

Dari Gambar 2 – 3 merupakan hasil simulasi berupa kurva pembebanan pada masing – masing IBT GI Tello pada saat kondisi normal. Pembebanan IBT dapat dilihat

pada detik 0 – 30, didapatkan pembebanan masing – masing IBT yaitu 19.2 MW (61.27%) pada saat kondisi normal Subsistem Makassar.

C. Subsistem Makassar Ketika Trip Pada Salah Satu IBT GI Tello Sebelum Implementasi OLS

Pada tahap ini akan dilakukan simulasi menggunakan aplikasi DigSILENT Power Factory 15.1 dengan skenario trip pada salah satu IBT 31.5 MVA GI Tello yang diasumsikan IBT #3 trip karena terjadi gangguan. Beban dari IBT yang mengalami gangguan yaitu IBT #3 akan dialihkan ke-IBT #5 GI Tello yang masih beroperasi. Akibat pengalihan beban menyebabkan IBT #5 *overload* sehingga trip pada kedua IBT GI Tello. Setelah melakukan run simulation Saat IBT #3 GI Tello Trip didapatkan Kurva Pembebanan masing - masing IBT pada Gambar 4 – 5:



Gambar 4 Kurva Pembebanan (MW) IBT GI Tello Setelah IBT #3 GI Tello Trip Sebelum Implementasi OLS.



Gambar 5 Kurva Kemampuan Pembebanan Peralatan (%) IBT GI Tello Setelah IBT #3 GI Tello Trip Sebelum Implementasi OLS

Dari Gambar 4 - 5 merupakan hasil simulasi berupa kurva pembebanan pada masing – masing IBT GI Tello pada saat IBT #3 GI Tello trip. Perubahan pembebanan IBT dapat dilihat pada detik 0 – 30, dapat dilihat IBT

#5 merespon pada saat IBT #3 trip dengan naiknya pembebanan IBT #5 dari 19.2 MW (61.27%) saat kondisi normal menjadi 39.54 MW (129.31%) saat terjadi gangguan. Karena beban IBT #5 sudah melebihi batas operasionalnya maka akan mengalami *overload*, dan jika dibiarkan IBT #5 akan trip yang menyusul IBT #3 trip. Sehingga dampak dari tripnya kedua IBT GI Tello akan menyebabkan GI Borongloe, GI Mandai dan GI Daya akan mengalami pemadaman karena tidak mendapatkan suplai.

Setelah menganalisa kurva pembebanan IBT 31.5 MVA GI Tello, hal yang perlu dilakukan agar IBT tidak mengalami *overload* pada salah satu IBT yang masih beroperasi adalah melakukan penerapan Skema OLS untuk pelepasan beban pada Subsistem Makassar. Penerapan Skema OLS ini akan mengembalikan salah satu IBT yang masih beroperasi ke dalam kondisi normal atau layak kerja, sehingga sistem tidak mengalami pemadaman yang meluas.

D. Skema OLS IBT #3 dan IBT #5 31.5 MVA GI Tello

Besarnya beban yang harus dilepas saat skema OLS IBT #3 dan IBT #5 GI Tello ditentukan melalui skenario trip salah satu IBT yang ada di GI Tello. Sehingga untuk menentukan besarnya beban yang harus dilepas (P_{ols}) pada skema OLS IBT #3 31.5 MVA dan IBT #5 31.5 MVA GI Tello dapat dihitung menggunakan persamaan 2.

$$P_{ols} = P_{ol} - P_{max}$$

$$P_{ols} = 39.54 - 22.68$$

$$P_{ols} = 16.86 \text{ MW}$$

Skema penentuan target pelepasan beban pada Subsistem Makassar yaitu diasumsikan melepas penyulang atau beban non vital dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 1 Target Penyulang Pelepasan Beban Skema OLS IBT #3 GI Tello

PENYULANG	BEBAN (MW)
P_UJUNG	3.65
PANDANG_TD 2	1.03
P_MAROS_TD 2	
P_PALISI_TD 1	3.79
P_GOLF_TD 1	5.15
P_PALANGGA_TD 1	1.87
P_KAMPILI_TD 1	1.24

E. Setting Relai OCR dan Relai OLS

1) Setting OCR

Setting OCR yang digunakan adalah setting relay awal dari PT PLN (Persero), yakni dengan ketentuan berikut:

Arus Setting (Iset) OCR

Iset IBT #3 GI Tello = 330 A, tms = 1.96

Iset IBT #5 GI Tello = 330 A, tms = 1.96

2) Setting OLS

Overload shedding adalah *over current relay* yang menggunakan karakteristik *definite time*. Setting OLS untuk Subsistem Makassar sebagai berikut:

a. Arus Setting (Iset) OLS IBT

1. Iset IBT #3 GI Tello = 1.1 x Inom

Iset IBT #3 GI Tello = 1.1 x 275 A

Iset IBT #3 GI Tello = 302.5 A

2. Iset IBT #5 GI Tello = 1.1 x Inom

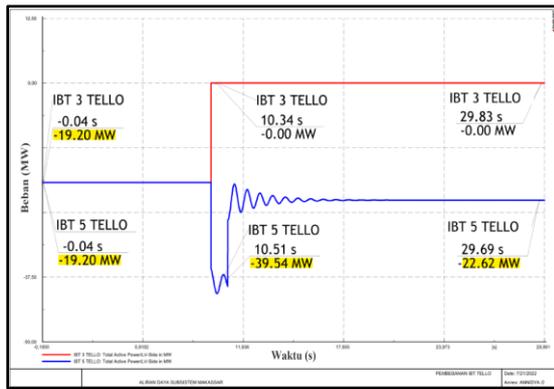
Iset IBT #5 GI Tello = 1.1 x 275 A

Iset IBT #5 GI Tello = 302.5 A

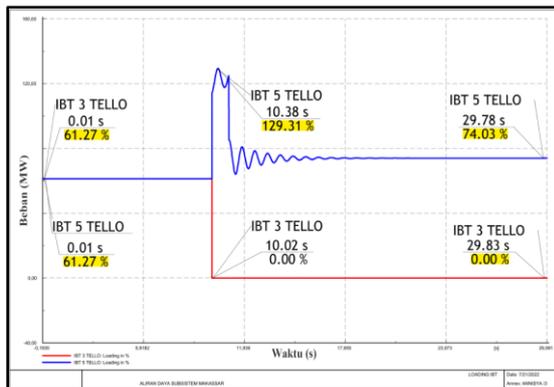
b. Time Delay (td) = 1s

F. Subsistem Makassar Ketika Trip Pada Salah Satu IBT GI Tello Setelah Implementasi OLS

Setelah pengimplementasian skema OLS pada IBT #3 dan IBT #5 GI Tello selanjutnya pada tahap ini akan dilakukan simulasi setelah penerapan skema OLS pada masing – masing IBT GI Tello menggunakan aplikasi DIgSILENT Power Factory 15.1 dengan skenario trip pada salah satu IBT 31.5 MVA GI Tello yang diasumsikan IBT #3 trip karena terjadi gangguan. Dari Tabel 4.4 dapat dilihat IBT #5 GI Tello beroperasi melebihi batas operasionalnya setelah IBT #3 trip. Berdasarkan perhitungan yang telah di buat besarnya beban yang harus dilepas (P_{ols}) pada skema OLS IBT #5 adalah 16.86 MW dan untuk skema penentuan target pelepasan beban pada Subsistem Makassar dapat dilihat pada Tabel 4.5. Setelah melakukan run simulation sesuai dengan skenario penerapan OLS pada IBT setelah implementasi didapatkan Kurva Pembebanan masing – masing IBT GI Tello pada Gambar 6 – 7.



Gambar 6 Kurva Pembebanan (MW) IBT #3 GI Tello Setelah IBT #3 GI Tello Trip Setelah Implementasi OLS



Gambar 7 Kurva Kemampuan Pembebanan Peralatan (%) IBT #3 GI Tello Setelah IBT #3 GI Tello Trip Setelah Implementasi OLS

Dari Gambar 6 – 7 merupakan hasil simulasi berupa kurva pembebanan pada masing – masing IBT GI Tello pada saat IBT #3 trip. Perubahan pembebanan IBT dapat dilihat pada detik 0 – 30, dapat dilihat IBT #5 merespon pada saat IBT #3 trip dengan naiknya pembebanan IBT #5 dari 19.2 MW (61.27%) saat kondisi normal naik menjadi 39.54 MW (129.31%) saat terjadi gangguan, namun setelah implementasi skema OLS pembebanan pada IBT yang masih beroperasi yaitu IBT #5 tidak lagi melebihi batas operasional dari IBT. Pembebanan IBT setelah implementasi OLS steady state dengan beban 22.62 MW (74.03%). Karena prinsip kerja dari skema OLS ini adalah melepas beban sebagian untuk menjaga agar IBT yang masih beroperasi tidak trip/overload sehingga IBT #5 masih mampu melakukan transfer energi ke penyulang GI Borongloe, GI Daya, GI Mandai yang bukan

merupakan target trip skema OLS yang telah di buat.

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian mengenai perancangan skema OLS dan implementasi sistem proteksi menggunakan relai OLS di Subsistem Makassar pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jika salah satu IBT GI Tello (IBT #3 atau IBT #5) mengalami gangguan /trip maka IBT yang tidak mengalami gangguan akan *overload* dan menyebabkan kedua IBT GI Tello trip sehingga tidak dapat melayani bebannya.
2. Dengan implementasi skema OLS pada IBT GI Tello dapat mencegah kedua IBT GI Tello trip, sehingga jika terjadi trip pada salah satu IBT GI Tello tidak akan terjadi pelepasan beban secara keseluruhan dari kedua IBT GI Tello.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Seluruh pihak yang telah ikut andil dalam berbagai aspek selama masa penyusunan penelitian ini.

REFERENSI

[1] Hermawan, A. (2013). *Analisis Terhadap Performance Sistem Tenaga Listrik Memakai Metode Aliran Daya*. Jurnal ELTEK, XI (01): 17-28.

[2] Nurida dan Tri Wrahatnolo. (2016). *Analisis Pengaruh Gangguan Beban Lebih Pada Interbus Transformer (IBT) Terhadap Kinerja Over Load Shedding (OLS) Di Subsistem Krian-Gresik*. Jurnal Teknik Elektro, V (03): 23-29.

[3] Wiharja dan Spto Agung Nugroho. (2021). *Analisis Optimasi Keandalan Melalui Looping 3 IBT Disubsistem Cilegon Menuju Zero Blackout Provinsi Banten*. Jurnal Ilmiah Elektrokrisna, IX (3): 61-76.

- [4] Pradnya, I.G.D.Arjana, W.A.Wijaya. (2017). *Studi Analisis Dampak Pemasangan Over Load Shedding Terhadap Pembebanan Pada Saluran Transmisi 150 kV Di Bali*. Teknologi Elektro, XVI (1): 41-48.
- [5] Gonen, T. (2009). *Electric Power Transmission System Engineering Analysis and Design, 2nd*, CRC Press.
- [6] Usman Usman, Indra Indra, Muhammad Thahir, Sofyan Sofyan, Ahmad Rosyid Idris, Sarma Thaha (2022). *Penentuan Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Malili dengan Metode Section Technique dan FMEA*, Protek.
- [7] Thaha, Sarma, Ahmad Rosyid Idris, and Nurjannah Nurjannah. "Analisis Pelepasan Beban (Load Shedding) Menggunakan Under Frequency Relay (UFR) Pada Gardu Induk Panakkukang." Prosiding Seminar Nasional NCIET. Vol. 2. No. 1. 2021.
- [8] Waode Sitti Aisah, Marwan Marwan, Sarma Thaha, (2020), *Studi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi 20 Kilovolt Terhadap Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Toddopuli PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Unit Layanan Pelanggan Panakukkang Makassar*, SNTEI 2020.