

ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR BANK DI GI PAUH LIMO SEBAGAI AKIBAT KEGAGALAN OPERASI UNIT PEMBANGKIT

Lusi Novia Werdiani¹⁾, Edy Ervianto²⁾, Dian Yayan Sukma³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. H. R. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru 28293

Email: lusi.novia5463@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Pauh limo substation located in padang west Sumatra has one bank capacitor. This research of evaluate the effect of capacitor installation at the Pauh Limo substation when one of the generating units experiences a trip / disturbance. To find out how much influence the voltage correction due to the installation of capacitors to improve the voltage when the power unit operation fails which results in a voltage drop can be determined by making a simulation using ETAP 12.6.0 software. When a trip occurs in the Ombilin power plant, the voltage at each GI experiences a varying voltage drop. So that the voltage at GI LBALG has the highest voltage, namely 147.5 kV, and GI SHARU has a voltage of 146.5 kV. When the simulation results of the power flow are in normal conditions without the installation of capacitor banks at the PLIMO GI, the GI PIP substation has the highest voltage, namely 145.5 kV, Meanwhile, GI SHARU has a voltage of 144.1 kV which is the lowest voltage. The lowest voltage drop percentage is 4.09% in GI SHARU. Meanwhile, during normal conditions, with the installation of the INDRG GI capacitor, it has the highest voltage, namely 148.4 kV, and GI SHARU has the lowest voltage, namely 147.5 kV. The lowest percentage of voltage drop is 1.69%. Comparison of the GI voltage without capacitor installation under normal conditions and the ombilin trip GI LBALG generator operates in swing mode, so that the voltage at the LBALG GI will remain the same at the 147.5 kV level. Meanwhile, the GI voltage with the installation of the capacitor under normal conditions and the overall ombilin generator trip, the INDRG GI experienced the largest voltage drop, namely 147.3 with a voltage drop of 0.746775%.

Keywords: Transmission System, Substation, Capacitor Bank, Voltage Drop, Software ETAP 12.6.0.

I. PENDAHULUAN

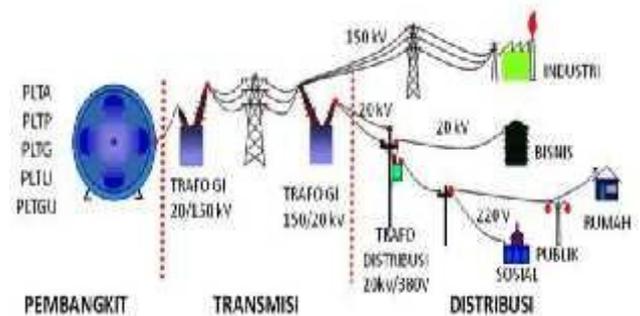
Adapun sistem penyaluran tenaga listrik mulai dari pembangkit, jaringan transmisi dan jaringan distribusi sampai pada sambungan konsumen memerlukan sistem pembangkit yang dapat menjaga keseimbangan antara kapasitas yang tersedia dengan kebutuhan beban. Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memiliki tegangan yang stabil dan tidak melebihi batas toleransi. Batas toleransi yang di perbolehkan untuk nilai suatu tegangan $\pm 5\%$ dari nilai nominalnya. Nilai tegangan yang konstan akan mengoptimalkan performa kerja dari peralatan listrik yang digunakan oleh konsumen. PLN sebagai penyedia listrik membatasi nilai minimal dari faktor daya yaitu sebesar 0,85.

Dimana kapasitor ini dapat memperbaiki jatuh tegangan ketika salah satu unit pembangkit atau penyalur (dalam keadaan trip) yang menyebabkan berkurangnya suplai daya ke gardu induk pauh limo, oleh karena itu disinilah andil kapasitor bank untuk menaikkan tegangan jatuh tersebut sehingga menghasilkan tegangan normal. Pemasangan kapasitor bank ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas tegangan dan kualitas daya (power quality). Agar parameter dari efektifitas penyaluran energi listrik tetap dalam keadaan stabil dengan menempatkan kapasitor bank untuk perbaikan tegangan, serta dapat mengurangi kegagalan operasi unit pembangkit, dapat diketahui dengan cara menggunakan metode newton rhapsod. Dengan menggunakan metode tersebut maka dapat diketahui sejauh mana pengaruh dan bagaimana peran kapasitor dalam mengoptimalkan tegangan, jika saat salah satu unit pembangkit mengalami trip (bermasalah), maka pasti akan berdampak pada jatuh tegangan. Tegangannya akan menjadi rendah atau turun sehingga untuk mengoptimalkan kembali tegangan maka akan dilakukan pemasangan kapasitor bank untuk menaikkan tegangan agar tegangan kembali normal sehingga dapat melayani kebutuhan konsumen listrik dalam penggunaan energi listrik.

Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi. Suatu sistem tenaga listrik yang dibahas disini adalah

sekumpulan pusat listrik seperti PLTA, PLTP, PLTG, PLTU dan PLTGU kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (step-up transformator) yang ada di pusat listrik. Selanjutnya sampailah saluran transmisi tersebut ke penurun tegangan (step-down transformator) menjadi tegangan menengah atau yang disebut juga dengan tegangan distribusi primer (Nursalam, 2013).



Gambar 1. Sistem Tenaga Listrik dari Pembangkit Hingga ke Pelanggan

Sistem Transmisi

Sistem transmisi berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban melalui saluran transmisi. Agar rugi-rugi energi listrik (losses) berkurang, maka energi listrik tersebut ditransmisikan dengan saluran transmisi tegangan tinggi (150 kV) maupun dengan tegangan ekstra tinggi (500 kV). Untuk itu sebelum ditransmisikan, tegangan listrik terlebih dahulu dinaikkan pada trafo penaik tegangan (step-up transformer). Saluran transmisi tegangan tinggi di PLN kebanyakan mempunyai tegangan 66kV, 150 kV dan 500kV (SUTET). Saluran transmisi ada yang berupa saluran udara dan ada yang berupa kabel tanah atau kabel laut. Misalnya yang menghubungkan pulau jawa dan madura serta

Gardu Induk

Gardu induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari TET (tegangan ekstra tinggi) 500 kV/ 150 kV, TT (tegangan tinggi) 150 kV/70 kV dan TM (tegangan menengah) 70 kV/ 20 kV yang terdiri dari beberapa peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari pembangkit ke jaringan transmisi yang

selanjutnya disalurkan ke jaringan distribusi primer, dan berfungsi sebagai penyalur daya dengan kapasitas KVA, MVA sesuai dengan tegangan operasinya. Gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai kemungkinan sangat besar mengalami bahaya yang disebabkan oleh timbulnya gangguan dari petir maupun arus lebih. Arus gangguan tersebut akan mengalir kebagian-bagian peralatan yang terbuat dari metal dan ke tanah sekitaran gardu induk.

Teori Dasar Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah peralatan elektrik untuk meningkatkan faktor daya, yang akan mempengaruhi besarnya arus (Ampere). Peningkatan faktor daya yang terjadi tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (dalam kVAR). Sehingga denda VAR anda bisa dikurangi. Pada kehidupan modern dimana salah satu cirinya adalah pemakaian energi listrik yang besar. Besarnya energi atau beban listrik yang dipakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Besarnya pemakaian energi listrik itu disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Dimana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi (AC) dan lampu TL, sedangkan beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif (Febi, 2016).

Daya reaktif itu merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam menggunakan energi listrik ternyata pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVAR). Penjumlahan

kedua daya itu akan menghasilkan daya nyata yang merupakan daya yang disuplai oleh PLN.

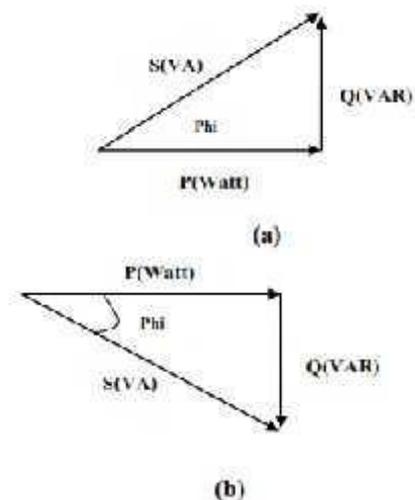
Jika nilai daya itu diperbesar yang biasanya dilakukan oleh pelanggan industri maka rugi-rugi daya menjadi besar sedang daya aktif (kW) dan tegangan yang sampai ke konsumen berkurang. Dengan demikian produksi pada industri itu akan menurun hal ini tentunya tidak boleh terjadi untuk itu suply daya dari PLN harus ditambah berarti penambahan biaya.

$$P = V \times I \quad (1)$$

Keterangan :

- P : daya (watt)
- V : tegangan (volt)
- I : arus

Maka dengan bertambah besarnya daya berarti terjadinya penurunan harga V naiknya harga I. Dengan demikian daya aktif, daya reaktif dan daya nyata merupakan suatu kesatuan yang kalau digambarkan seperti segitiga siku-siku pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Jaringan Distribusi Spindel (Rachma Melinda, 2017)

Tegangan Jatuh

Tegangan jatuh dapat di definisikan sebagai besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Tegangan jatuh berbanding lurus dengan impedansi saluran. Besarnya tegangan jatuh dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. PLN memberikan batasan tegangan minimum pada batas -10% dari tegangan nominal

dan tegangan maksimal tidak lebih dari +5% dari tegangan nominal.

Umumnya beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik bersifat resistif – induktif. Beban tersebut akan menyerap daya aktif dan daya reaktif yang dihasilkan oleh generator. Penyerapan daya reaktif yang diakibatkan oleh beban induktif akan menyebabkan timbulnya jatuh tegangan yang disuplai generator. Akibatnya nilai tegangan di sisi penerima akan berbeda dengan nilai tegangan di sisi pengirim persamaan tegangan jatuh dapat dilihat pada persamaan : (Feby, 2016).

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (2)$$

Keterangan:

V_s = tegangan disisi pengirim

V_r = tegangan disisi penerima

ΔV = tegangan jatuh

Program ETAP

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas kearanan fasilitas nuklir di Arnerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007).

ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis. Etap Power Station memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis.

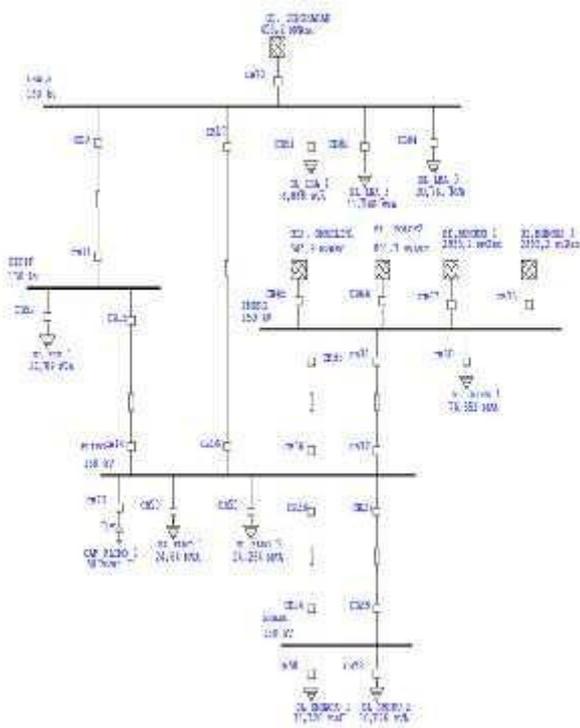
II. METODA PENELITIAN

Langkah – Langkah Penelitian



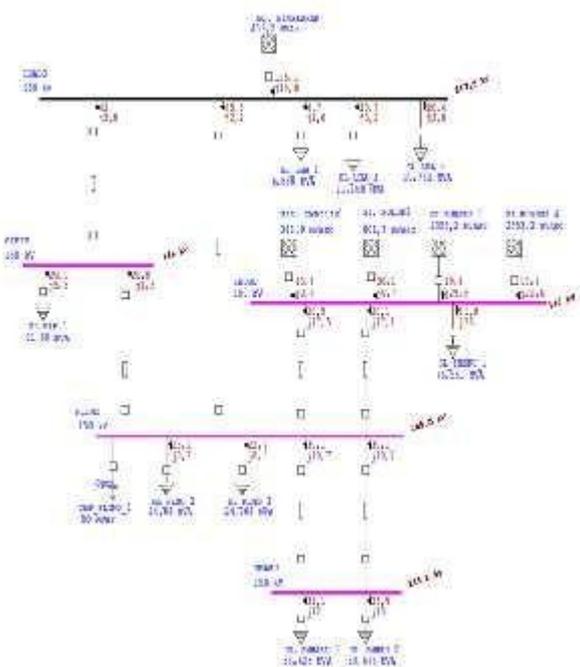
Gambar 3. Flowchart Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Hasil Pemodelan Sistem Transmisi Terinterkoneksi

Hasil Simulasi Tanpa Pemasangan Kapasitor bank pada saat kondisi normal

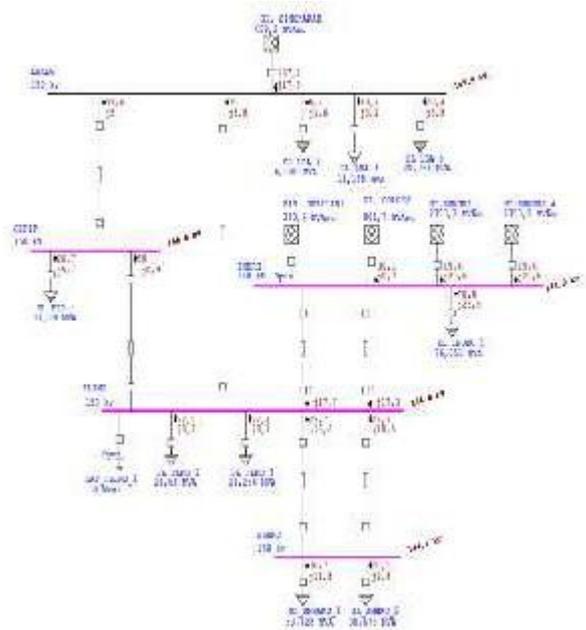


Gambar 5. Rangkaian Dalam Keadaan Normal Tanpa Pemasangan Kapasitor Setelah di Running

Tabel 1. Hasil simulasi aliran daya dalam kondisi normal, tanpa pemasangan kapasitor bank pada bus PLIMO

BUS	TEGANGAN SIMULASI ETAP (KV)	DROP TEGANGAN (%)
LBALG	147,5	1,69
GIPIP	146	2,74
INDRG	146	2,74
PLIMO	145,5	3,09
SHARU	145,1	3,38

Hasil Simulasi Tanpa Pemasangan Kapasitor bank pada saat kondisi satu pembangkit Trip

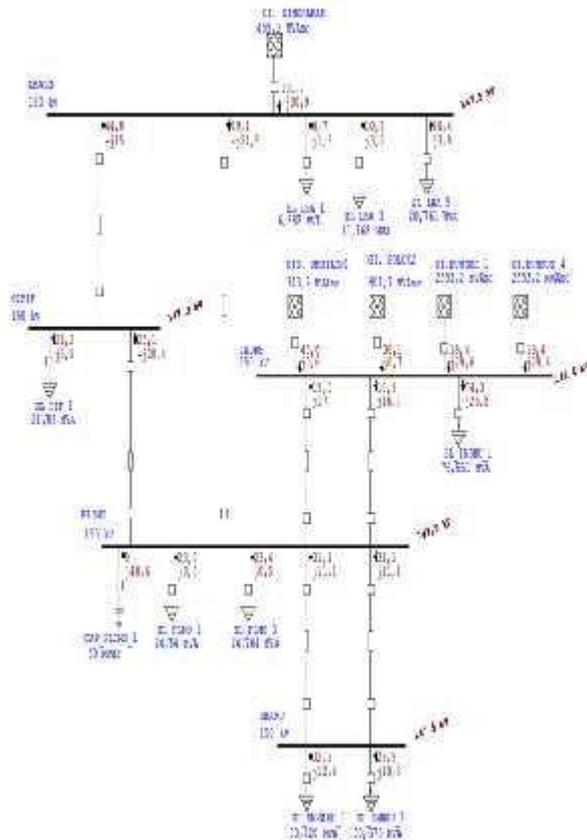


Gambar 6. Rangkaian dalam keadaan normal tanpa pemasangan kapasitor dengan satu pembangkit trip

Tabel 2. Hasil simulasi aliran daya dalam kondisi normal, tanpa pemasangan kapasitor bank pada bus PLIMO

BUS	TEGANGAN SIMULASI ETAP (KV)	DROP TEGANGAN (%)
LBALG	147,5	1,69
GIPIP	145,5	3,09
INDRG	144,9	3,52
PLIMO	144,6	3,73
SHARU	144,1	4,09

Hasil Simulasi Dengan Pemasangan Kapasitor bank pada saat kondisi normal

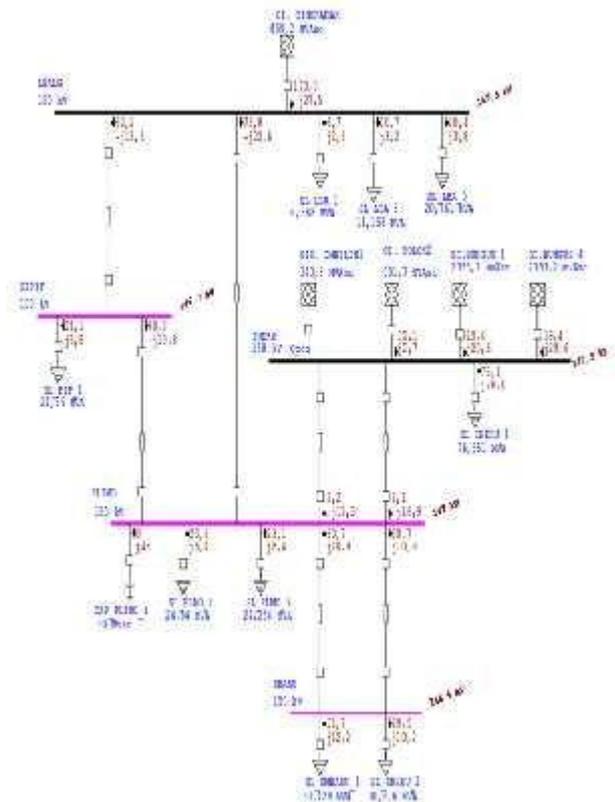


Gambar 7. Rangkaian dalam keadaan normal dengan pemasangan kapasitor

Tabel 3. Hasil simulasi aliran daya dalam kondisi normal, dengan pemasangan kapasitor bank pada bus PLIMO

BUS	TEGANGAN SIMULASI ETAP (KV)	DROP TEGANGAN (%)
LBALG	147,5	1,69
GIPIP	147,3	1,83
INDRG	148,4	1,08
PLIMO	147,9	1,42
SHARU	147,5	1,69

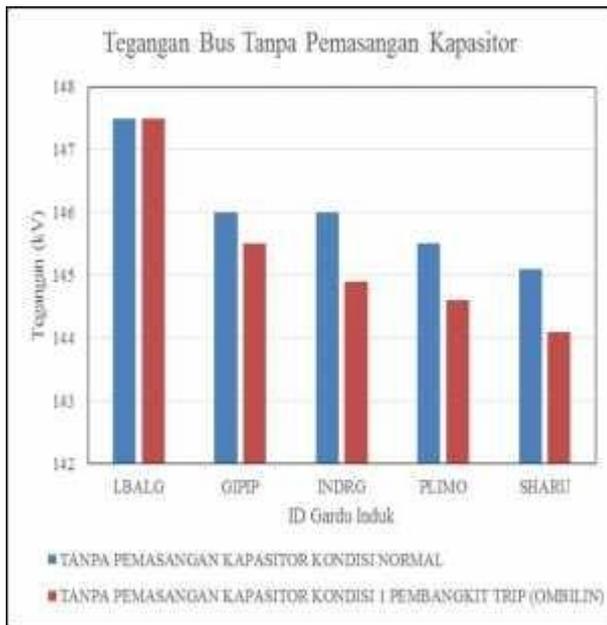
Hasil Simulasi dengan Pemasangan Kapasitor bank pada saat kondisi satu pembangkit Trip



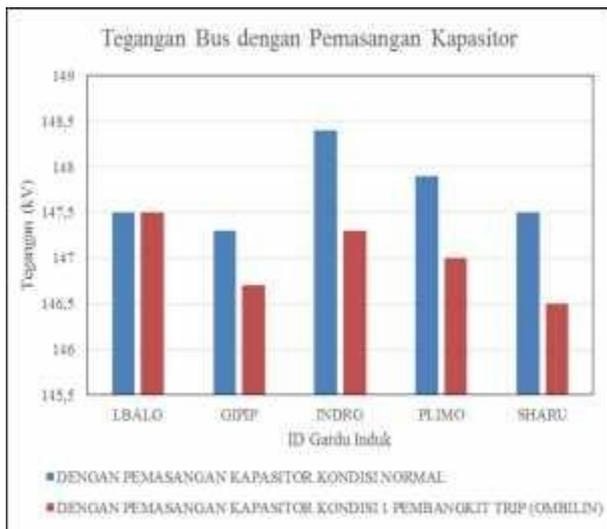
Gambar 8. Rangkaian dalam keadaan normal dengan pemasangan kapasitor dengan satu pembangkit trip

Tabel 4. Hasil simulasi aliran daya dalam kondisi normal, dengan pemasangan kapasitor bank pada bus PLIMO

BUS	TEGANGAN SIMULASI ETAP (KV)	DROP TEGANGAN (%)
LBALG	147,5	1,69
GIPIP	146,7	2,25
INDRG	147,3	1,83
PLIMO	147	2,04
SHARU	146,5	2,39



Gambar 9. Perbandingan tegangan GI tanpa pemasangan kapasitor dengan kondisi normal dan pembangkit Ombilin trip



Gambar 10. Perbandingan tegangan GI dengan pemasangan kapasitor dengan kondisi normal dan pembangkit Ombilin trip

IV. KESIMPULAN

Saat terjadi trip di pembangkit ombilin yang mengakibatkan tegangan pada setiap GI mengalami jatuh tegangan yang bervariasi. Sehingga tegangan pada GI LBALG memiliki tegangan tertinggi yaitu 147,5 kV, dan GI SHARU memiliki tegangan 146,5 kV.

Pada saat hasil simulasi aliran daya dalam kondisi normal tanpa pemasangan kapasitor bank

pada GI PLIMO gardu induk GI PIP memiliki tegangan tertinggi yaitu 145,5 kV, sedangkan GI SHARU memiliki tegangan 144,1 kV yang merupakan tegangan terendah. Persentase drop tegangan terendah yaitu 4,09% pada GI SHARU. Sedangkan pada saat kondisi normal dengan pemasangan kapasitor GI INDRG memiliki tegangan tertinggi yaitu 148,4 kV, dan GI SHARU memiliki tegangan terendah yaitu 147,5 kV. Persentase drop tegangan terendah yaitu 1,69%.

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan dalam penelitian ini adalah Dengan adanya kapasitor bank pada GI PLIMO kedepannya sudah tidak perlu dilakukan penambahan kapasitor lagi, karena kapasitor bank yang ada saat ini sudah mampu untuk menjaga tegangan agar tetap stabil saat kondisi terjadinya trip pada satu pembangkit.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk membahas pengaruh pemasangan kapasitor bank mengurangi kegagalan pembangkit saat beroperasi. Sehingga kedepannya penelitian yang dilakukan dapat lebih maksimal dalam proses maupun hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Rofii. 2018. "Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Dalam Upaya Perbaikan Faktor Daya" Jurnal. Jakarta: Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta .
- Dany,M..2016. "Studi Perbaikan Faktor Daya Berdasarkan Konfigurasi Pemasangan Kapasitor Bank Pada Sistem Pembangkitan Gas Panas Buang Indarung V PT. Semen Padang". Jurnal. Padang: Teknik Elektro, Universitas Andalas .
- Fachry Azharuddin Noor. 2017. "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya dan Daya Aktif Pada Bbean Listrik di Minimarket" Jurnal. Semarang: Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang .
- Fikri, M., dan Dwi Anggaini. 2018 "Metode Newton Rhapsod Untuk Analisis Aliran Daya , Jaringan Distribusi 12,66 kV". Jurnal : Sekolah Tinggi Teknik PLN .

Nursalam. 2013. "Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya". J. Chem. Inf. Model., vol 53,no,9,pp. 1689 – 1699.

Saputra Febi Anhil. 2016 "Analisa Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi- rugi Daya Pada Penyulang Sudirman, Gardu Induk Simpang Haru Menggunakan Capasior Bank dan Tap Changer," . Jurnal. Padang: Teknik Elektro, UNAND .