

EVALUASI PEMASANGAN KAPASITOR BANK 3x300kVAR PADA FEEDER B3 DI PT.PLN ULP PAINAN

RINALDI¹, ARFITA YUANA DEWI², ERHANELI³, ANDI M NUR PUTRA⁴

Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang^{1,2,3,4}

¹rinaldiuser00@gmail.com, ²arfitarachman.itp@gmail.com, ³erhanelimarzuki@gmail.com,

⁴andimnurputra@gmail.com

Abstrack: Kapasitor bank membawa manfaat bagi pengoperasian sistem distribusi tenaga, dimana kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi, meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi jatuh tegangan. Penempatan bank kapasitor yang optimal diperlukan untuk mengatasi masalah drop tegangan yang terjadi baik pada saluran transmisi tegangan tinggi maupun saluran distribusi tegangan menengah. Kajian ini membahas tentang analisis optimasi penempatan kapasitor bank pada penyulang jaringan tegangan menengah 20 kV B3 ULP Painan. Untuk memperbaiki penurunan tegangan, dibuat posisi dan kapasitas optimal bank kapasitor cabang B3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi yang bertujuan untuk menemukan gambaran besar dengan sistem kecil atau sederhana. Dari hasil simulasi yang di dapat Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank pada feeder B3 section 5 dengan tegangan sebelum pemasangan 18,88 kV menjadi 19,39 kV, feeder B3 section 6 juga mengalami kenaikan tegangan 18,82 kV menjadi 19,32kV dan juga pada feeder B3 section 7 18,84 kV menjadi 19,35 kV. Jadi untuk kapasitas kapsitor dengan 3x300 kVar sudah dapat menaikkan tegangan pada feeder B3 section 5, section 6 dan section 7 dari simulasi ETAP 19.0.1.

Kata Kunci: Kapasitor Bank Tegangan, ETAP 19.0.1

A.Pendahuluan

sistem distribusi tenaga listrik ULP PT.PLN (Persero) di Kabupaten Pesisir Selatan. Distribusi Listrik Painan harus terus meningkatkan kualitas pelayanan distribusi listrik di kota Painan. Di sisi lain, karena luasnya jaringan distribusi yang membentang dari kota hingga perbukitan, dari kawasan industri hingga perkotaan dan kota-kota kecil, kondisi jaringan listrik di wilayah tersebut masih menjadi masalah besar. listrik di daerah tersebut. (Hidayat, Karnoto, dan Warsito 2018). PT.PLN (Persero) ULP Pressure Distributor Pesisir Selatan. Feeder B3 merupakan voltage drop feeder. Karena feeder B3 memiliki 89 titik beban berupa trafo distribusi. Dan feeder B3 ini merupakan feeder dengan saluran terpanjang ke-2 setelah penyulang painan yaitu 105,59 Kms. Karena faktor-faktor ini, penurunan tegangan pada bagian section 5 dari jalur suplai B3 adalah 18,88 kV.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk memperbaiki kondisi sistem akibat adanya jatuh tegangan adalah dengan menginjeksi daya reaktif yang bersifat kapasitif dengan memasang kapasitor bank. Dengan begitu pelayanan kepada konsumen tetap berkualitas dan memenuhi SPLN T6.001: 2013 (Hisyam dan Purwoharjono 2013). Penempatan kapasitor yang tepat pada penyulang distribusi primer akan meningkatkan kualitas tegangan Penyulang B3 ULP Painan.

Penelitian ini akan menganalisa aliran daya sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank, Dengan judul “Evaluasi Pemasangan Kapasitor Bank 3 x 300 kVAR Pada *Feeder* B3 Di PT. PLN (Persero) ULP Painan”. Sehingga akan didapat nilai profil tegangan pada *bus* yang mengalami jatuh tegangan sebelum dan setelah perbaikan tegangan.

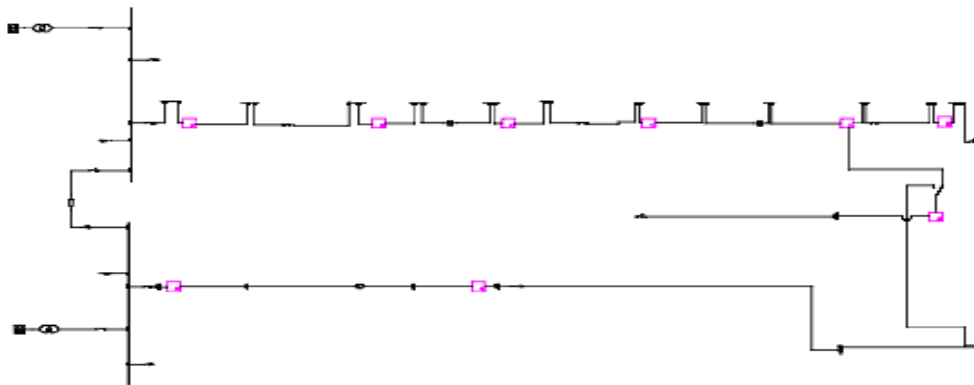
B.Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara survei langsung ke lapangan dan mengamati atau mengumpulkan data dari hasil simulasi untuk menganalisis dan mengevaluasi hasil pengujian secara berulang-ulang. Awal penelitian dilakukan dengan memulai input data dengan menggunakan software ETAP 19.0.1 yaitu data beban, data kapasitor, beban saluran, panjang saluran, jenis kawat, luas penampang dan impedansi saluran. Langkah selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya pada ETAP 19.0.1 yaitu tegangan bus, daya aktif daya reaktif, dan faktor

daya. Setelah simulasi selesai dan di dapatkan hasil yang sesuai maka penelitian selesai dan jika belum mendapatkan hasil yang baik maka dilakukan lagi penelitian, untuk metode penelitiannya.

C.Hasil dan Pembahasan

Simulasi dilakukan pada perangkat lunak ETAP 19.0.1 dengan metode load flow analysis. Proses simulasi dimulai dengan menggambarkan one-line diagram sistem kelistrikan pada ULP Painan seperti pada Gambar di lembar kerja ETAP. Setelah memasukkan parameter-parameter yang diperlukan maka simulasi dilanjutkan dengan mengalisa aliran daya di bus feeder B3. Proses simulasi di ETAP dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar simulasi ETAP

Berdasarkan informasi yang diperoleh di lapangan diketahui bahwa kapasitor yang dipasang pada feeder B3 terdapat pada F.B3 section 5 karena terjadinya penurunan tegangan dan faktor daya turun ($< 0,8$) yang menandakan daya reaktif sudah melebihi batas. Oleh sebab itu, dengan data profil beban di tiap-tiap penghantar maka simulasi dilakukan ETAP 19.0.1.

Perbaikan faktor daya. Penurunan faktor daya pada penghantar/saluran dapat menyebabkan beban akan menarik daya reaktif yang cukup tinggi sehingga daya nyata (VA) yang disalurkan menjadi besar. Pemasangan kapsitor seperti yang telah disimulasikan dapat menurunkan daya nyata yang diserap dari sumber. Penurunan ini merupakan selisih antara daya nyata terukur sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor. Besar penurunan daya nyata ini tergantung dari besar kompensasi kapasitor yang diberikan dan faktor daya awal beban sebelum pemasangan kapasitor. Kapasitor akan menyuplai daya reaktif yang dibutuhkan beban, sehingga mengurangi daya reaktif yang diperlukan dari sumber.

Tabel 1 Perbaikan faktor daya sesuai dengan SPLN 70

penghantar	Faktor daya	Faktor daya SPLN 70
F.B3 section 5	0,78	0,85
F.B3 section 6	0,78	0,85
F.B3 section 7	0,78	0,85

Perbaikan faktor daya yang terjadi pada penghantar F.B3 section 5, F.B3 section 6, F.B3 section 7 saat ingin pasang kapasitor bank maka kita harus memperbaiki faktor daya seperti terlihat pada Tabel 4.5 maka akan terjadi adanya suplai daya reaktif yang diberikan oleh kapasitor ke jaringan. Berdasarkan jurnal (Andi M. Nur Putra 2021) besarnya suplai daya reaktif yang diberikan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.25).

Penghantar F.B3 section 5. Perbaikan pada penghantar F.B3 section 5 yaitu peningkatan faktor daya dari 0,78 ke 0,85. Suplai daya reaktif oleh kapasitor pada penghantar ini adalah sebagai berikut.

$$\cos \varphi = 0,78$$

$$\varphi = 38,74$$

$$\tan \varphi_1 = 0,80$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$\varphi = 31,78$$

$$\tan \varphi_2 = 0,62$$

Faktor daya sesuai SPLN 70 adalah 0,85 sehingga $\tan \varphi_2 = 0,62$ maka daya yang disuplai oleh kapasitor adalah sebesar

$$Q_c = P.(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_c = 1441,4.(0,80-0,62)$$

$$Q_c = 259,452 \text{ kVar}$$

Jadi untuk perbaikan faktor daya di penghantar F.B3 section 5, besarnya daya yang disuplai oleh kapasitor adalah 259,452 kvar.

Penghantar F.B3 section 6. Perbaikan pada penghantar F.B3 section 6 yaitu peningkatan faktor daya dari 0,78 ke 0,85. Suplai daya reaktif oleh kapasitor pada penghantar ini adalah sebagai berikut.

$$\cos \varphi = 0,78$$

$$\varphi = 38,74$$

$$\tan \varphi_1 = 0,80$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$\varphi = 31,78$$

$$\tan \varphi_2 = 0,62$$

$$Q_c = P.(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_c = 610,4.(0,80-0,62)$$

$$Q_c = 116,48 \text{ kVar}$$

Jadi untuk perbaikan faktor daya di penghantar F.B3 section 6, besarnya yang disuplai oleh kapasitor adalah 116,48 kvar dan kapasitor yang dibutuhkan adalah $9,27 \times 10^{-7}$ Farad

Penghantar F.B3 section 7. Perbaikan pada penghantar F.B3 section 7 yaitu peningkatan faktor daya dari 0,78 ke 0,85. Suplai daya reaktif oleh kapasitor pada penghantar ini adalah sebagai berikut.

$$\cos \varphi = 0,78$$

$$\varphi = 38,74$$

$$\tan \varphi_1 = 0,80$$

$$\cos \varphi = 0,85$$

$$\varphi = 31,78$$

$$\tan \varphi_2 = 0,62$$

$$Q_c = P.(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_c = 600,7.(0,80-0,62)$$

$$Q_c = 108,12 \text{ kVar}$$

Jadi untuk perbaikan faktor daya di penghantar F.B3 section 7, besarnya yang disuplai oleh kapasitor adalah 108,12 kvar.

Dari perhitungan di atas dapat di lihat pada tabel di bawah ini data kapasitor bank pada tiap feeder

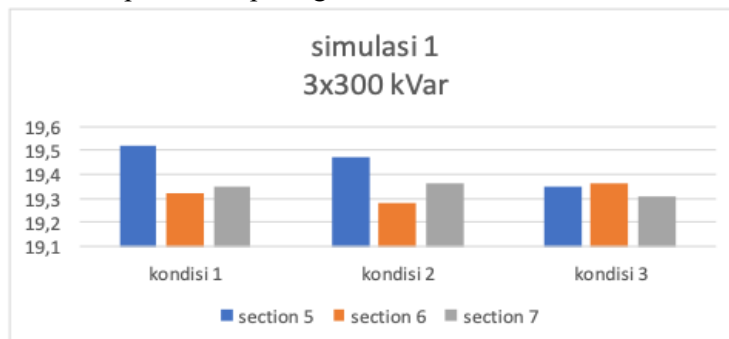
Tabel 2 Hasil perhitungan perbaikan faktor daya

penghantar	Faktor daya	Faktor daya SPLN 70	Qc (kVAR)
F.B3 section 5	0,78	0,85	259,452
F.B3 section 6	0,78	0,85	116,48
F.B3 section 7	0,78	0,85	108,12

Setelah di lakukan perhitungan dapat di lihat pada tabel 4.6 untuk memperbaiki faktor daya pada F.B3 section 5 membutuhkan kapasitor bank 259,452 kVAR, pada F.B3 section 6 membutuhkan kapasitor bank 116,48 kVAR dan untuk F.B3 section 7 membutuhkan kapasitor bank sebesar 108,12 kVAR. Setelah dilakukan perhitungan maka dilakukan lah simulasi menggunakan ETAP 19.0.1 untuk dapat mengetahui kenaikan teganga dan factor daya pada feeder B3.

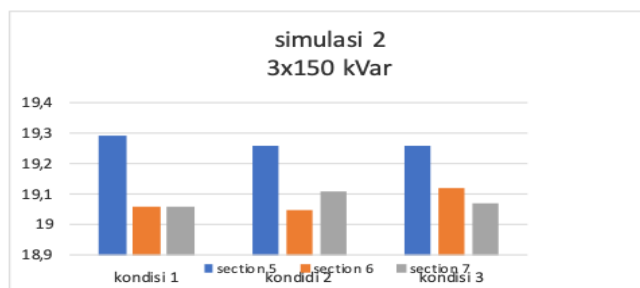
Jarak optimal penempatan pemasangan kapasitor bank. Pemasangan kapasitor bank hanya akan dilakukan apabila terdapat jatuh tegangan pada bus yang berada di luar level standar tegangan yang ada, dimana level standar tegangan yang digunakan. Optimasi pemasangan kapasitor (*optimal capacitor placement*) yang dilakukan pada ETAP. Pada sebelum melakukan simulasi, diantaranya adalah memasukkan batas tegangan atau *voltage constraint* dan kandidat bus. Pada tugas akhir ini, simulasi pemasangan kapasitor dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dengan bus kandidat yang berbeda, bus tersebut antara lain: 1) pada bus yang sudah terpasang kapasitor bank oleh ULP painan; 2) pada bus yang terjauh dari sumber; dan 3) pada bus yang memiliki beban terbesar atau tertinggi.

Kapasitas dan jarak optimal kapasitor bank ditentukan melalui perhitungan yang dilakukan berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan sebelumnya dengan mempertimbangkan jumlah daya keseluruhan pada sistem dan panjang total penyulang. Hal ini bertujuan untuk membandingkan hasil penempatan kapasitas kapasitor yang digunakan. Kondisi tegangan pada tiap – tiap penyulang setelah dilakukan penempatan optimal kapasitor bank untuk ketiga simulasi. Tiap simulasi diberikan jumlah kapasitor yang berbeda. Simulasi 1 memiliki 3 unit kapasitor bank dengan daya reaktif 300 kVAr, simulasi 2 memiliki 3 unit kapasitor bank dengan daya reaktif 150 kVAr, simulasi 3 memiliki 3 unit kapasitor bank dengan daya kVAr 100 kVAr. Setelah dilakukan penempatan kapasitor bank pada simulasi 1, simulasi 2, simulasi 3 maka mengetahui pengaruh dari kapasitor yang telah dipasang terhadap nilai tegangan pada jaringan distribusi 20 kV pada *Feeder B3* maka dapat dilihat untuk perbandingan antara 3 simulasi dengan nilai kapasitor bank yang berbeda dan pada kondisi yang sama. Untuk simulasi 1 dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3 Grafik karakteristik tegangan tegangan pada simulasi 1 pada kondisi 1, 2, 3 sesudah pemasangan kapasitor bank 3x300 kVar pada simulasi ETAP 19.0.1

Untuk simulasi 2 dapat di lihat pada gambar 4 di bawah ini:



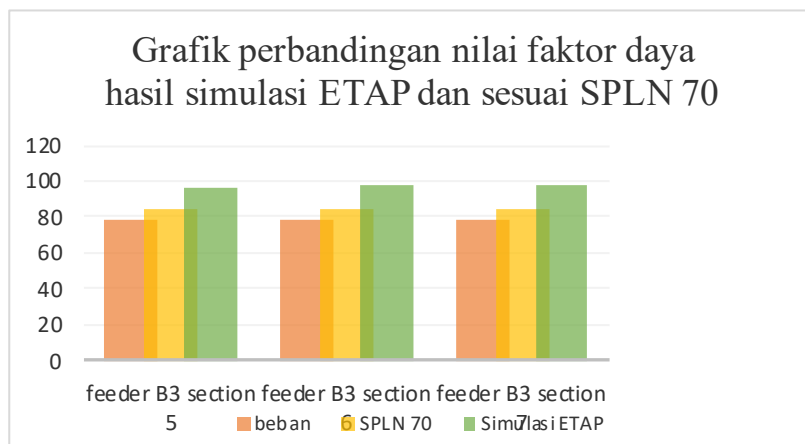
Gambar 4 Grafik karakteristik tegangan tegangan pada simulasi 2 pada kondisi 1, 2, 3 sesudah pemasangan kapasitor bank 3x150 kVar pada simulasi ETAP 19.0.1

Simulasi 3 dapat di lihat pada gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5 Grafik krakteristik tegangan tegangan pada simulasi 3 pada kondisi 1, 2, 3 sesudah pemasangan kapasitor bank 3x100 kVar pada simulasi ETAP 19.0.1

Dengan dipasangnya kapasitor pada *feeder* B3 section 5 secara nyata berdampak terhadap peningkatan tegangan dan perbaikan faktor daya pada penghantar yang terhubung langsung dengan *feeder* B3 section 6 dan *feeder* B3 section 7. Selain itu, Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan kerugian bagi PLN sebagai penyuplai energi listrik maupun konsumen pengguna listrik itu sendiri. Untuk itu dapat dilakukan perbandingan antara nilai perbaikan faktor daya dari hasil simulasi ETAP dengan $\cos \phi$ sesuai peraturan SPLN 70 dapat dilihat pada simulasi 1 pada kondisi 1 untuk perhitungan. Setelah dilakukan perhitungan perbaikan nilai factor daya ketentuan dari SPLN 70, maka dilakukan perbandingan dengan membandingkan hasil perbaikan pada simulasi ETAP dengan nilai faktorr daya sesuai ketentuan SPLN 70 seperti grafik yang dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Perbaikan Nilai Faktor Daya Hasil Dari Simulasi ETAP dan Sesuai SPLN 70

Dari grafik perbandingan nilai faktor daya dengan hasil simulasi dari ETAP 19.0.1 dan sesuai SPLN 70 pada gambar 4.10 diatas dapat dilihat bahwa pada penghantar *feeder* B3 di pasanganya kapasitor di *feeder* B3 section 5 dapat memperbaiki $\cos \phi$ yang rendah atau memperbaiki beban puncak menjadi beban normal diatas $\cos \phi$ yang di tetapkan sesuai dari SPLN 70 yakni dari 0,78 menjadi 0,96. Sementara pada *feeder* B3 section 6 perbaikannya belum mencapai SPLN 70 yakni dari 0,78 menjadi 0,98 sama halnya dengan *feeder* B3 section 7 yang belum mencapai SPLN 70 yakni dari 0,78 menjadi 0,97. Pada *feeder* B3 section 1, *feeder* B3 section 2, *feeder* B3 section 3, *feeder* B3 section 4, dilakukannya simulasi dalam keadaan normal bahkan sangat baik dari ketetapan SPLN yakni hampir mencapai 1. Maka dari pada itu dapat ambil kesimpulan bahwa sesuai dengan hasil simulasi pada ETAP dengan dipasangnya kapasitor bank pada *feeder* B3 dengan kapasitas 3 x 300 kVar seutuhnya dapat memperbaiki tegangan dan juga memperbaiki $\cos \phi$ yang terdapat pada *feeder* B3 section 5, section 6 dan section 7.

D. Penutup

Setelah dilakukan analisis di *feeder* B3 dengan adanya pemasangan kapasitor melalui simulasi perangkat lunak ETAP maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut: Simulasi dengan profil tegangan setelah pemasangan kapasitor bank paling baik adalah simulasi 1 pada kondisi 1. Maka kondisi ini dijadikan sebagai perbandingan Tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor bank. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank pada *feeder* B3 section 5 dengan tegangan sebelum pemasangan 18,88 kV menjadi 19,39 kV, *feeder* B3 section 6 juga mengalami kenaikan tegangan 18,82 kV menjadi 19,32 kV dan juga pada *feeder* B3 section 7 18,84 kV menjadi 19,35 kV. Dengan memasang kapasitor bank 3 x 300 kVar sudah dapat menaikkan tegangan pada *feeder* B3 section 5, section 6 dan section 7.

Daftar Pustaka

- Andi M. Nur Putra, Bella Sefia Putri. 2021. "Efektifitas Pemasangan Kapasitor Di Gardu Induk Terhadap Kualitas Daya Di Jaringan Transmisi." 10(1):8–13.
- Santosa, B., & Hariyadi, Y. (2018). PEMBUATAN ALAT LABORATORIUM TEKNIK DIGITAL DASAR UNTUK IMPLEMENTASI MATAKULIAH TEKNIK DIGITAL PADA PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT. *Menara Ilmu*, 12(11).Fajar. 2018. "Optimasi Jaringan Distribusi Pt. Semen Tonasa Sektor Tonasa V." *Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin*.
- Hidayat, Surya Nur, Karnoto Karnoto, and Agung Warsito. 2018. "Analisis Perbandingan Nilai Saiddi(System Average Interruption Durration Index) Dan Saifi (System Average Interruption Frequency Index) Pln Apj Purwokerto Tahun 2014, 2015 Dan 2016 Dengan Standar Spln 1985." *Transient* 7(1):8. doi: 10.14710/transient.7.1.8-12.
- Dani, Ahmad, and Muhammad Hasanuddin. 2018. "Perbaikan Faktor Daya Sebagai Kompensator Daya Reaktif" *Seminar Nasional Royal (SENAR)* 998(September):673–78.
- Frianto, B., Yulisman, Y., & Santosa, B. (2020). ALAT PENGUKUR TEGANGAN DAN ARUS MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA 2560 BERBASIS PESAN SINGKAT (SMS). *Ensiklopedia of Journal*, 3(1), 7-12.
- Taufik, Barlian, Apriani Yosi, Savitri Nina, Hurairah Muhammad, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah, Faktor Daya, and Segitiga Daya. 2020. "Analisa Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan." 4(2):391–96.
- Tharo, Zuraidah, Amanidarma Tarigan, Siti Anisah, and Kevin Tri Yuda. 2020. "Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Solusi Drop Tegangan Pada Jaringan 20 KV." 5:82–86.
- Maulana, T. Ahlul Arif, Rakhmad Syafutra Lubis, Devi Sara, Jurusan Teknik, Fakultas Teknik, and Universitas Syiah Kuala. 2019. "Analisis Jatuh Tegangan Jaringan Distribusi Primer 20 KV Pada Penyulang Ulee Kareng PT. PLN (Persero) Banda Aceh." *Seminar Nasional Dan Expo Teknik Elektro* 82–89.
- Kanda Dias Nurmahandy Subuh Isnur Haryudo, Widi Aribowo, Mahendra Widyardono. 2019. "Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata PT. PLN Ngagel Surabaya." 261–69.
- Hisyam, Aldino, and Purwoharjono. 2022. "Peningkatan Profil Tegangan Menggunakan Kapasitor Bank Pada Jaringan Teganagan Menengah 20 KV Penyulang Sei Deras." 8.