

Simulasi Perbaikan Drop Tegangan Dengan Menambahkan *Capacitor Bank* Pada Transformator 20 kV Menggunakan Software ETAP 19.0.1

Arya Duta¹, Wisnu Candra², Muhamad Sandy³, Hafidz Akhmad⁴

¹²³⁴Teknik Elektro Universitas Mulawarman, Samarinda Kalimantan Timur

Email : wisnucandra03@gmail.com

Submitted : 9 Juni 2022

Accept : 26 April 2024

Abstrak

Aliran Daya adalah operasi hitung untuk mencari nilai arus, tegangan, daya aktif dan daya reaktif dalam suatu sistem tenaga listrik pada kondisi operasi normal. ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) adalah perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menghitung aliran daya pada sistem tenaga listrik. Penelitian ini dilakukan dengan penambahan *Capasitor Bank* yang dilakukan dengan menggunakan Model Sistem Tenaga Listrik. Bus dengan melampirkan Flowchart satu baris, Data Generator, Data Transformer, Kabel Data, Bus Data, Beban Data dan Data komponen pendukung lainnya. Proses yang dilakukan dalam studi aliran daya ini diawali dengan pengumpulan data, pembuatan *Single Line Diagram* menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1, kemudian penambahan kapasitor yang dibutuhkan, dan analisa dalam berbagai aspek. Penelitian Analisis Aliran Daya ini menambahkan *Capasitor Bank* pada Trafo 20 kV

Kata Kunci: Aliran Daya, Listrik, Capasitor Bank, Data, Tegangan

Abstract

Power flow is a arithmetic operation to find the value of current, voltage, active power and reactive power in an electric power system under normal operating conditions. ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*) is software that can be used to calculate power flow in electric power systems. This research was conducted with the addition of a *Capacitor Bank* which was carried out using the Electric Power System Model. Bus by attaching a one-line Flowchart, Data Generator, Data Transformer, Data Cable, Data Bus, Data Load and Data of other supporting components. The process carried out in this power flow study begins with data collection, making *Single Line Diagram* using the ETAP 19.0.1 application, then adding the required capacitors, and analyzing in various aspects. This Power Flow Analysis Research adds a *Capacitor Bank* to a 20 kV

Keywords: Power Flow, Eletric, Capasitor Bank, Data, Voltage

1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah suatu kebutuhan yang sangat mendasar dalam mendukung kelangsungan hidup manusia. Sejalan dengan perkembangan zaman, kebutuhan akan energi listrik semakin hari semakin bertambah sesuai dengan populasi manusia yang semakin bertambah dengan berbagai aktivitasnya. Peningkatan terhadap ketersediaan energi listrik haruslah terus berjalan dimulai dengan peningkatan kapasitas dari sumber energi listrik, kontinuitas, peningkatan infrastruktur kelistrikan, peningkatan kualitas energi listrik yang dihasilkan

agar pada masa yang akan datang tidak terjadi krisis energi [1]

Hal-hal yang harus diperhitungkan dan dirancang secara matang berkaitan dengan listrik perlu dilakukan yaitu, analisis daya, studi hubung singkat, rating peralatan, relay pengaman, pembagian beban, metode pemeliharaan, rugi-rugi tegangan, rugi-rugi daya yang dapat terjadi serta factor-faktor keselamatan instalasi yang dipasang.

Kebutuhan terhadap listrik yang terus mengalami peningkatan berakibat pada desain konfigurasi awal pada sistem tenaga listrik yang sudah dirancang dengan baik dan dapat melayani beban sesuai dengan kebutuhan, menjadi tidak sesuai

lagi dengan keadaan pembebanan yang terjadi sekarang. Untuk itu diperlukan analisis aliran daya yang berguna untuk dapat mengetahui kondisi secara keseluruhan dari sistem tenaga listrik.

Perkembangan teknologi yang semakin pesat sangat membantu untuk mempercepat dan mempermudah pekerjaan dalam membuat dan melakukan suatu perhitungan dalam menentukan hal-hal yang dibutuhkan sehingga mampu meminimalisir waktu kerja menjadi lebih efisien. Salah satu contoh nyata dari kebermanfaatan teknologi adalah berupa *software* atau perangkat lunak yang digunakan dalam merancang dan memperhitungkan sistem ketenagalistrikan seperti ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*)

Perangkat lunak ETAP merupakan alat pendukung pada suatu perancangan dan perbaikan suatu sistem tenaga listrik secara komputerisasi yang dapat memudahkan para perancang sistem tenaga listrik. Dengan aplikasi ini seseorang dapat mengetahui dan menentukan bagaimana perencanaan dan perhitungan yang sudah dibuat sebelumnya, apakah sudah baik dan dapat diterapkan atau belum. Sehingga pada saat perencanaan sistem tenaga listrik tersebut diterapkan pada suatu jaringan listrik atau pada gedung yang akan dibangun, kesalahan bahkan kegagalan sistem dapat diminimalisir dan dihindari karena telah dilakukan simulasi pada perangkat lunak ETAP sebelumnya.

Selain digunakan dalam melakukan perencanaan, perangkat lunak ETAP dapat juga digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap jaringan listrik atau instalasi listrik yang telah ada untuk dapat mendeteksi kesalahan maupun kegagalan yang terjadi dan juga penambahan beban yang ada pada jaringan listrik tersebut. Perhitungan yang kurang tepat terhadap sistem ketenagalistrikan dan pembebanan yang terus mengalami peningkatan dapat mengakibatkan terjadinya masalah yang sebenarnya mampu dilakukan perbaikan dengan cara penambahan *Capasitor Bank* dan penggantian komponen peralatan listrik agar rating yang didapat lebih sesuai. Sehingga masalah yang terjadi dapat diperbaiki dan jaringan atau instalasi listrik tersebut menjadi lebih aman dan andal lagi[2]

2. Dasar Teori

Dalam analisis aliran daya, ketika menganalisis suatu rangkaian listrik, catu daya umumnya dinyatakan sebagai suatu sumber tegangan yang ideal atau suatu sumber arus yang ideal, dan beban dinyatakan sebagai impedansi. Sumber tegangan yang ideal memberikan tegangan tertentu kepada rangkaian, terlepas dari arus yang dibutuhkan untuk rangkaian. Pada sumber arus yang ideal menyediakan

sejumlah arus ke rangkaian, terlepas dari tegangan yang dibutuhkan untuk rangkaian linier, ada pula hubungan linier antara tegangan, arus, dan impedansi. Misalnya, analisis menggunakan metode tegangan simpul yang menghasilkan persamaan linier. Dalam sistem energi, situasi lain dapat dilihat, sumber adalah sumber arus yang hanya dapat beroperasi dengan batas daya dan tegangan tertentu. Beban, di sisi lain, dinyatakan sebagai jumlah daya yang dibutuhkan pada tegangan yang ditentukan sama. Kebutuhan daya dapat dipenuhi selama beban tidak melebihi batas daya yang dapat disediakan oleh catu daya. Rangkaian tetap merupakan rangkaian linier, tetapi hubungan daya antara catu daya dan beban ternyata tidak linier. Oleh karena itu, jika ingin menurunkan persamaan rangkaian dengan sebagai parameter, akan mendapatkan persamaan rangkaian nonlinier. Diperlukan metode khusus untuk menyelesaikan persamaan nonlinier ini. [1]

Masalah kelistrikan yang sering dirasakan oleh masyarakat adalah masalah drop tegangan. Penurunan tegangan merupakan peristiwa yang dimana distribusi terjadi arus yang memiliki drop tegangan. Karena adanya beberapa poin, atau jumlah tegangan yang tidak sama dengan tegangan yang diterima. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung jatuh tegangan, salah satunya adalah metode aliran daya, metode ini dapat diartikan sebagai perhitungan daya aktif dan reaktif yang mengalir ke setiap saluran melalui garis tegangan, besaran dan sudut fasa tegangan setiap bus dari suatu sistem dengan pembangkitan serta kondisi beban yang tertentu yang dianggap konstan (*steady state*). [2]

Daya adalah energi yang dibutuhkan untuk melakukan suatu pekerjaan atau usaha. Daya jaringan listrik memiliki satuan listrik yaitu adalah watt, yang merupakan perkalian dari tegangan (Volt) dan arus (Ampere). Oleh karena itu, energi listrik dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

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

Keterangan :

P = daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan penghantar, besar arus setiap fasa. Akibatnya, pada grid nilai tegangan pada sisi penerima berbeda dengan nilai tegangan. Di sisi pemancar, jatuh tegangan pada saluran transmisi adalah perbedaan tegangan pada sisi transmisi. Nilai tegangan pada sisi pengirim dan tegangan pada sisi penerima. Jika ada

perbedaan nilai jika tegangan melebihi standar yang ditentukan, kualitas distribusi akan menurun. Diantara masalah tegangan saluran transmisi dengan kondisi operasi direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan pada setiap titik dalam saluran harus selalu diperhitungkan. Penerunan tegangan maksimum pada beban penuh, yang dibolehkan dibeberapa titik pada jaringan distribusi adalah :

- SUTM = 5 % dari tegangan kerja bagi sistem radial
- SKTM = 2 % dari tegangan kerja pada sistem spindel dan gugus.
- Trafo distribusi = 3 % dari tegangan kerja
- Saluran tegangan rendah = 4 % dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban.
- Sambungan rumah = 1 % dari tegangan nominal

Sehingga drop tegangan dapat dituliskan dengan persamaan berikut :

$$\Delta V = I (R \cos \phi + X \sin \phi) \quad (2)$$

$$V_{drop} = \frac{V_{pangkal} - V_{ujung}}{V_{pangkal}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

I = Arus beban (Ampere)

R = Tahanan kabel (Ohm)

X = Reaktansi kabel (Ohm)

Faktor daya (cos phi) adalah hubungan antara daya aktif dan daya reaktif yang digunakan. Sistem arus bolak balik (AC) atau perbedaan fase tegangan dan arus, faktor daya rendah ini dapat disebabkan oleh pengoperasian beban induktif yang disebabkan oleh motor dan perangkat induksi lainnya yang membutuhkan arus magnetisasi aktif. Jika PF kurang dari 0,85 maka kapasitas daya aktif akan berkurang, sehingga nilai dari faktor daya dapat dituliskan dengan persamaan berikut :

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}}$$

$$= \frac{V \cdot I \cos \phi}{V \cdot I} \quad (4)$$

Untuk meningkatkan faktor daya, dipasang kapasitor bank pada jaringan. Kapasitor memiliki sifat alami menyimpan muatan listrik ketika arus listrik mengalir, sehingga muatan listriknya adalah ketika terakumulasi, tegangan dihasilkan. Muatan yang terkumpul memiliki cadangan daya reaktif yang sangat tinggi. Kapanpun jaringan membutuhkan daya yang dinonaktifkan, kapasitor dapat mendukung jaringan sesuai kebutuhan. Perbaikan

faktor daya juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan segitiga daya. Hal ini ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} \quad (5)$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} \quad (6)$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad (7)$$

Keterangan :

Q = Kompensasi daya reaktif

S = Daya semu

P = Daya aktif

Ada beberapa keuntungan yang didapat dari perbaikan faktor daya, yaitu :

- Pengaturan tegangan menjadi lebih baik
- Pemakaian daya listrik menjadi lebih kecil
- Rugi-rugi tegangan akan menjadi lebih kecil. [3]

Dalam rangkaian yang mengandung komponen yang tidak valid, daya semu P adalah bagian kecil dari daya tampak S. Daya sebenarnya didefinisikan sebagai produk dari tegangan, arus, dan faktor daya.

$$P = V \times I \cos \phi \quad (8)$$

Dalam rangkaian resistansi murni, daya P sebenarnya sama dengan daya nyata S, tetapi faktor faktor daya (cos ϕ) adalah 1, jadi tidak ada daya yang dikonsumsi.

Selain daya nyata, daya reaktif Q juga diketahui. Ini adalah daya yang dikonsumsi oleh karakteristik reaktansi komponen dalam rangkaian yang memiliki satuan VAR (daya reaktif).

$$Q = V \times I \sin \phi \quad (9)$$

Daya reaktif dapat didefinisikan sebagai produk dari tegangan dan arus dan nilai sin ϕ . Daya reaktif tidak berpengaruh positif terhadap operasi beban listrik. Dengan kata lain, daya reaktif ini tidak berguna untuk konsumsi daya. [4]

Metode perhitungan yang biasa digunakan untuk melakukan perhitungan arus antara lain menggunakan metode Newton Raphson, metode Fast Decoupled, dan metode Gauss Seidel. Metode Newton Raphson secara matematis lebih unggul

daripada metode Gauss Seidel karena memiliki sifat konvergensi orde dua. Untuk sistem yang besar, metode Newton Raphson jauh lebih efisien dan praktis. Banyaknya iterasi yang dibutuhkan oleh metode Newton Raphson menggunakan tiket masuk bus sebenarnya tidak bergantung pada jumlah bus. Waktu yang dibutuhkan untuk metode Gauss Seidel (penerima bus) meningkat kira-kira sebanding dengan jumlah bus. Di sisi lain, metode Newton Raphson membutuhkan waktu lebih lama untuk menghitung matriks Jacobean, sedangkan metode Newton Raphson membutuhkan waktu lebih sedikit untuk setiap iterasi. Fakta bahwa solusi dengan akurasi yang sama pendek berarti metode Newton Raphson dapat digunakan untuk semua sistem. [5]

Penambahan *Capacitor Bank* pada *Single Line Diagram* dilakukan dengan melakukan perhitungan kapasitas atau nilai kapasitor yang dibutuhkan pada *single line diagram* dengan persamaan

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (10)$$

Keterangan :

Q_c = Nilai kVAR yang perlu ditambahkan

Q_1 = Nilai kVAR ketika Faktor Daya Standar 0,85

Q_2 = Nilai kVAR dengan Faktor Daya yang diinginkan

2. METODE PENELITIAN

Studi Aliran daya dengan penambahan *Capacitor Bank* yang dilakukan ini menggunakan Model Sistem Tenaga Listrik 5 Bus dengan melampirkan Diagram Alir satu garis, Data Pembangkit, Data Transformator, Data Kabel, Data Bus, Data Beban serta Data komponen-komponen pendukung lainnya.

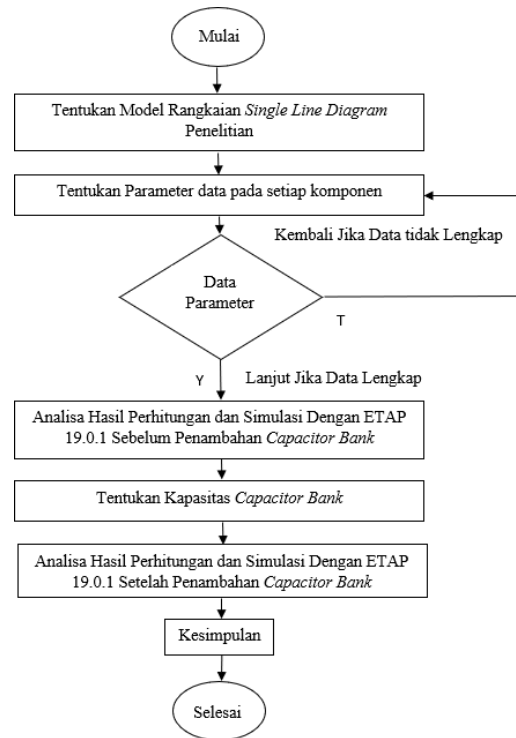
Proses dalam melakukan studi aliran daya ini diawali dengan pengambilan data, pembuatan diagram satu garis pada ETAP 19.0.1, kemudian menambahkan kapasitor yang dibutuhkan, dan melakukan analisis dalam berbagai aspek dapat dilakukan.

Penelitian Analisis Aliran Daya dengan Penambahan *Capacitor Bank* pada Transformator 20 kV ini menggunakan beberapa tahap rancangan penelitian seperti yang terlihat pada Gambar (1)

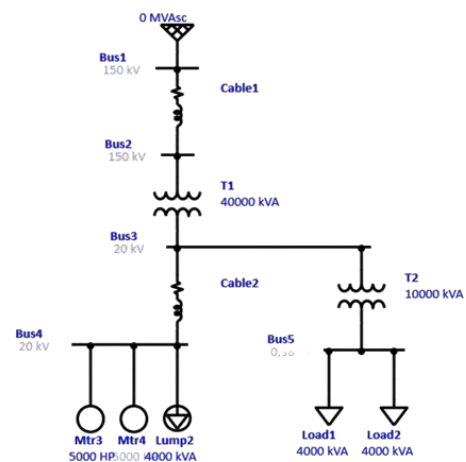
Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data adalah data yang ada pada setiap komponen *single line diagram* pada Gambar 2 yang meliputi data pembangkit, data panjang saluran, kapasitas trafo, kapasitas beban, *Drop* tegangan yang terjadi sebelum dipasangkan

Capacitor Bank dan data *Drop* tegangan setelah dilakukan penambahan *Capacitor Bank*.



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Gambar 2. *Single Line Diagram* Sebelum Penambahan *Capacitor Bank*

Tabel 1. Data Sistem yang Diteliti

Sumber	Daya Output (kW)	Daya Kompleks (kVA)	Daya Reaktif (kVAr)
Grid1	17699	58509	55767

Tabel 2. Data Transformator Step Down

Nama	Kapasitas kVA	Input kV	Output kV	Impedansi %Z	X/R
------	---------------	----------	-----------	--------------	-----

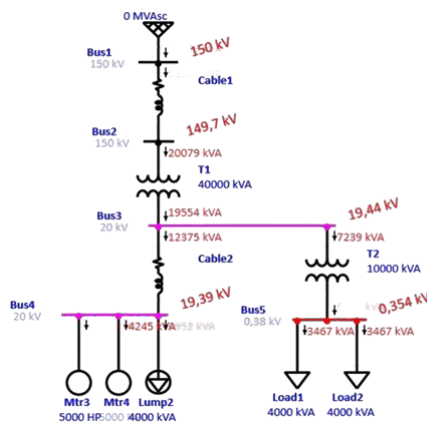
T1	40000	150	20	6,75	2,47
T2	10000	20	0,38	6,75	2,47

Tabel 3. Data Beban Single Line Diagram

Nama	Teg. kV	Kap. kVA	Daya Aktif kW	Daya Reaktif kVAr	%PF
Load 1	0,38	4000	3400	2107	85
Load2	0,38	4000	3400	2107	85
Lump	20	4000	3400	2107	85
Mtr1	20	4245	4202	602,678	99
Mtr2	20	4245	4202	602,678	99

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Single Line Diagram yang telah dibuat pada ETAP 19.0.1 yang telah dimasukkan parameter setiap komponennya sekaligus data hasil yang diterima sesuai dan tertera pada Tabel 1 - 4 setelah dilakukan *running* seperti tampak pada Gambar 3ALPO0PO



Gambar 3. *Running Single Line Diagram* sebelum ditambahkan *Capacitor Bank*

Setelah *running* simulasi *drop* tegangan dilakukan pada software ETAP 19.0.1 dapat dilihat nilai tegangan pada setiap bus, lalu mencari besarnya nilai *drop* tegangan menggunakan persamaan (3) yang terjadi pada rangkaian simulasi tersebut.

$$V_{\text{drop}} = \frac{380 \text{ V} - 354 \text{ V}}{380 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = \frac{26 \text{ V}}{380 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{\text{drop}} = 6,8\%$$

Daya (P) harus dicari terlebih dahulu sebelum *mencar besarnya* nilai kapasitor yang akan digunakan untuk memperbaiki tegangan pada rangkaian yang telah di simulasikan.

Besar daya aktif pada faktor daya sekarang pada transformator 10000 kVa

$$S = 8000 \text{ kVa}$$

$$P = S \times \cos \phi$$

$$= 8000 \times 0,85$$

$$= 6800 \text{ watt}$$

Setelah nilai daya aktif didapat, kemudian perhitungan kapasitas kapasitor dilakukan dengan menaikan faktor daya yang telah ditentukan, yaitu sebesar 0,99 menggunakan persamaan (4)

Untuk perhitungan kapasitas kapasitor bank dapat diketahui $\cos \phi$ sesuai standar dan $\cos \phi$ yang telah ditentukan sebagai berikut.

$$\cos \phi \text{ awal} = 0,85$$

$$\cos \phi \text{ perbaikan} = 0,99$$

Sehingga untuk menghitung besarnya kapasitor bank pada tranformator 10000 kVa adalah sebagai berikut :

$$S = 8000 \text{ kVa}$$

$$P = 6800 \text{ watt}$$

Melakukan perhitungan daya reaktif (Q_1) sebelum dilakukan perbaikan dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut :

$$Q_1 = \sqrt{8000^2 - 6800^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{17.760.000}$$

$$Q_1 = 4214,26$$

Kemudian melakukan perhitungan kapasitas kapasitor bank setelah dilakukan perbaikan dengan nilai $\cos 0,99$ menggunakan persamaan sebagai berikut :

Diketahui,

$$P = 6800 \text{ watt}$$

$$S = \frac{6800}{0,99}$$

$$S = 6868,68 \text{ kVa}$$

Sehingga nilai daya reaktif (Q_2) dapat dihitung dengan persamaan (6) sebagai berikut :

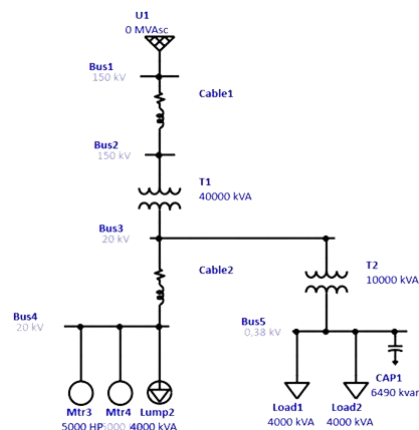
$$Q_2 = \sqrt{6868,68^2 - 6800^2}$$

$$Q_2 = 968,90 \text{ kVa}$$

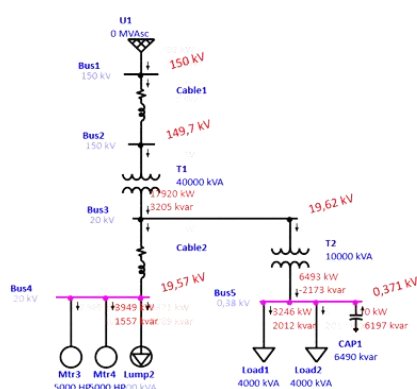
Setelah nilai Q_1 dan Q_2 , kemudian menghitung kebutuhan kapasitor dengan menggunakan persamaan (10) sebagai berikut :

$$Q_c = 4214,26 - 968,90$$

$$Q_c = 3245,36 \text{ kVar}$$



Gambar 4. Single Line Diagram setelah ditambahkan Capacitor Bank



Gambar 5. Running Single Line Diagram setelah ditambahkan Capacitor Bank

Tabel 5. Hasil Drop Tegangan yang terjadi pada salah satu busbar Single line Diagram setelah ditambahkan Capacitor Bank

Busbar	Sebelum dilakukan perbaikan tegangan	Setelah dilakukan perbaikan tegangan
Bus3	19,44	19,62
Bus4	19,39	19,57
Bus5	0,354	0,371

Kemudian dilakukan perhitungan drop tegangan setelah perbaikan dengan menambahkan kapasitor bank, dengan persamaan (3) sebagai berikut :

$$V_{drop} = \frac{380 \text{ V} - 371 \text{ V}}{380 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{drop} = \frac{9 \text{ V}}{380 \text{ V}} \times 100\%$$

$$V_{drop} = 2,3\%$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh nilai drop tegangan pada simulasi menggunakan ETAP 19.0.1 sebelum dan setelah perbaikan yaitu :

1. Drop tegangan sebelum dilakukannya perbaikan dengan menambahkan kapasitor bank pada bus 5 yaitu diperoleh hasil pada software ETAP sebesar 26 V atau 6,8%
2. Drop tegangan setelah dilakukannya perbaikan dengan menambahkan kapasitor bank pada bus 5 yaitu diperoleh hasil pada software ETAP sebesar 9 V atau 2,3%

4. KESIMPULAN

Studi Aliran Daya dengan Single Line Diagram dan pengumpulan data yang telah dilakukan dengan menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1, didapatkan hasil perhitungan yang diperoleh nilai drop tegangan sebelum dan setelah perbaikan pada simulasi tersebut. Hasil yang diperoleh drop tegangan sebelum dilakukan dengan menambahkan komponen kapasitor bank pada bus 5 sebesar 26 V atau 6,8%. Dan drop tegangan setelah dilakukan perbaikan dengan menambahkan komponen kapasitor bank pada bus 5 sebesar 9 V atau 2,3%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada semua pihak yang kut membantu dalam merealisasikan Jurnal ni

1. Allah SWT, yang telah memberikan kemudahan, kekuatan, dan kesempatan untuk terus belajar dan menyelesaikan jurnal ni
2. Orang Tua, yang selalu mendukung selama proses pembuatan jurnal ni
3. Prodi dan dosen Teknik Elektro, yang telah membimbing dan memberikan wadah pada kami untuk menjadi mahasiswa yang berguna bagi bangsa
4. Ir. Rani Alham S.Pd., M.T, selaku dosen matakuliah Analisis Sistem Tenaga yang telah memberikan lmu dan dukungan untuk terus bekerja keras dan berkarya dalam upaya memajukan diri dan masa depan
5. Teman-teman Teknik Elektro 2019, yang telah kebersamai dalam menggapai tujuan.
6. Dan seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan yang tidak bisa

kami sebutkan satu persatu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Bahar, A. K., & Febriyanto, G. (2019). Analisis Aliran Daya Pada Gedung Bertingkat Dengan Sumber Tegangan 20 kv Menggunakan ETAP 12.6. *Jurnal Imiah Elektrokrisna*, 7(2).
- [2] Mahardiananta, . Made Agus, Putu Aries Ridhana Arimbawa, and Dewa Ayu Sri Santiari. "Perhitungan Drop Tegangan Sistem Distribusi Menggunakan Metode Aliran Daya." *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)* 3.1 (2020): 13-18.
- [3] Yudha, Eggy Surya. Simulasi Perbaikan Drop Tegangan Dengan Kapasitor Bank Pada Feeder Krapyak 06 Dengan ETAP 12.6. Diss. Universitas slam Sultan Agung Semarang, 2020.
- [4] Dani, Ahmad, and Muhammad Hasanuddin. "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus Stt Sinar Husni)." *Seminar Nasional Royal (SENAR)*. Vol. 1. No. 1. 2018.
- [5] Kumolo, Cahyo. "Analisis Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di KSO Pertamina EP–GEO Cepu ndonesia Distrik 1 Kawengan menggunakan Software ETAP 12.6." *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 16, no. 1 (2016): 1-15.