

ANALISA ALIRAN DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT. KIRANA MEGATARA MENGGUNAKAN SOFTWARE ELECTRIC TRANSIENT AND ANALYSIS PROGRAM (ETAP) 12.6

Rizky Kurniawan¹, Slamet Hani², dan Samuel Kristiyana³
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains Dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Jl. Kalisahak No. 28, Balapan, Yogyakarta, Indonesia
Rizky.kurniawan67@gmail.com¹, @gmail;.com², @gmail³

ABSTRACT

Increasing industrial growth has an impact on increasing load growth in the electric power system. The load growth is followed by increasing reactive power due to inductive loads on the load bus as well as on the channel which causes increased reactive power usage. Increased reactive power causes power losses in the electric power system. Therefore, it is necessary to analyze the power flow in the electric power system to overcome power losses.

Power flow analysis on the electric power system carried out using ETAP 12.6 software Newton-Raphson load flow analysis method can be a reference for planning and correction in the electric power system audit. The author took the case at PT. KIRANA MEGATARA. Where the condition of the power factor is still below the nominal value of the ESDM Regulation NO: 07 YEAR: 2010 which is less than 0.85. Whereas the voltage condition falling on the Bus is still below the nominal value of SPLN NO: 1 YEAR: 1995, which is 10% for UnderVolatage and 5% for Overvoltage

From the simulation results the researcher got the conclusion to add a capacitor bank with the Groub Compensation installation method. With a capacitor rating of 1990 micro farads or 100 kVAR can also use 995 micro farads or 50 kVAR. Adding the installation of the power factor regulator to adjust to load conditions.

Key Words: *power losses, ETAP 12.6, capacitor bank.*

INTISARI

Meningkatnya pertumbuhan industri berdampak pada bertambahnya pertumbuhan beban dalam sistem tenaga listrik. Pertumbuhan beban tersebut diikuti dengan meningkatnya daya reaktif akibat beban induktif pada bus beban maupun pada saluran yang menyebabkan meningkatnya pemakaian daya reaktif. Daya reaktif yang naik menimbulkan rugi-rugi daya pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik untuk menanggulangi rugi-rugi daya.

Analisa aliran daya pada sistem tenaga listrik yang dilakukan dengan menggunakan software ETAP 12.6 metode analisa *load flow Newton-Raphson* dapat menjadi acuan bagi perencanaan maupun koreksi dalam audit sistem tenaga listrik. Penulis mengambil kasus di PT. KIRANA MEGATARA. Dimana kondisi faktor daya masih dibawah nominal dari Permen ESDM NO:07 TAHUN:2010 yaitu lebih kecil dari 0,85. Sedangkan kondisi tegangan jatuh pada Bus masih dibawah nominal dari SPLN NO:1 TAHUN:1995 yaitu 10% untuk *UnderVolatage* dan 5% untuk *Overvoltage*.

Dari hasil simulasi peneliti mendapatkan kesimpulan untuk menambahkan kapasitor bank dengan metode pemasangan *Groub Compensation*. Dengan rating kapasitor sebesar 1990 mikro farad atau 100 kVAR bisa juga menggunakan 995 mikro farad atau 50 kVAR. Menambahkan pemasangan *power factor regulator* agar menyesuaikan dengan kondisi beban.

Kata Kunci: drop tegangan, ETAP 16.0, rugi-rugi daya.

I. PENDAHULUAN

Analisa aliran daya sangat diperlukan untuk perhitungan pada sistem tenaga listrik. Perhitungan digunakan untuk memperbaiki sistem agar lebih optimal. Analisa aliran daya dapat dilakukan dalam berbagai metode seperti dengan melakukan perhitungan manual atau dengan *Software* komputer. ETAP *Power Station* 12.6 merupakan *software* yang mendukung dalam hal analisa aliran daya. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk memperbaiki profil tegangan dan rugi-rugi daya dengan melakukan evaluasi terhadap komponen-komponen pada sistem (Efendi, 2018). Perbaikan dilakukan agar tegangan jatuh masih dalam batas toleransi dari SPLN NO:1 TAHUN:1995 yaitu +5% untuk *overvoltage* dan -10% untuk *undervoltage*. Selanjutnya perbaikan faktor daya lebih besar dari 0,85 supaya tidak terkena denda dari PLN sesuai dengan Permen ESDM NO:07 TAHUN:2010.

II. METODOLOGI

Metodologi menjelaskan urutan proses-proses metode penelitian yang digunakan meliputi:

A. Alat dan Bahan

Dalam penyelesaian masalah penelitian perlu adanya alat dan bahan sebagai penunjang kelancaran dalam menyelesaikan penelitian. Adapun alat pendukung dan bahan pendukung yang digunakan penyusun yaitu:

Tabel 1 Alat yang digunakan dalam penelitian.

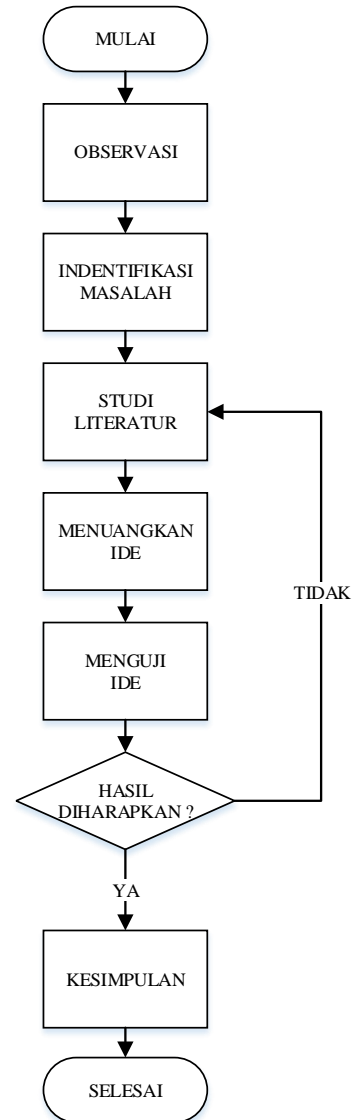
No	Nama Alat	Keterangan
1	Ms.Word	Penyusunan laporan
2	Ms. Excel	Pengolahan data untuk perhitungan
3	Ms. Visio	Membuat diagram alir (<i>flowchart</i>)
4	Etap 12.6	Membuat simulasi untuk mengetahui nilai drop tegangan

Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam penelitian.

No	Data Bahan
1	Data daya pada sistem tenaga listrik
2	Data beban pada setiap Bus
3	Data kabel pada sistem tenaga listrik

B. Tahapan Penelitian

Pada bagian ini, menjelaskan tahapan penelitian.



Gambar 1. *Flowchart* tahapan penelitian

C. Cara Analisis

Analisis data merupakan bagian penting dalam penelitian, karena dengan analisis data yang diperoleh mampu memberikan arti dan makna untuk memecahkan masalah dan mengambil kesimpulan penelitian. Dalam penelitian ini teknik analisis data yang digunakan adalah analisis matematis untuk mendapatkan hasil penelitian. Analisis ini

adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan rumus yang berlaku didalam perhitungan untuk mengetahui rugi-rugi daya, faktor daya, tegangan jatuh, kompensasi daya reaktif, kompensasi kapasitor, dan mensimulasikan hasil:

a. Rugi-rugi daya

$$\text{rugi-rugi daya} = \text{Daya Semu}(S) - \text{Daya Nyata}(P) \quad (1)$$

b. Faktor daya

$$\cos \phi = \frac{\text{Daya Aktif } (P)}{\text{Daya Semu } (S)}$$

$$\cos \phi = \frac{kW}{kVA} \quad (2)$$

c. Tegangan jatuh

$$\Delta V(\%) = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\%$$

Dimana

ΔV = tegangan jatuh

V_s = tegangan kirim dalam (KV)

V_r = tegangan terima dalam (KV)

d. Kompensasi daya reaktif

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (3)$$

e. Kompensasi kapasitor

$$C = \frac{Q_c}{-V^2 \cdot \omega} \quad (4)$$

Dimana:

C = Kapasitas kapasitor (Farad)

Q_c = Daya reaktif kapasitor (Var)

V = Tegangan (V)

$\omega = 2\pi f$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

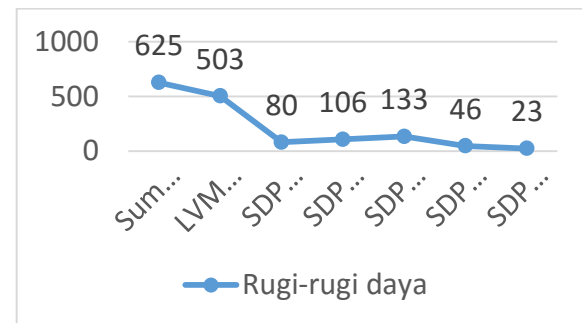
Pada bagian ini berisi tentang hasil, analisis dari perhitungan rugi-rugi daya, faktor daya, tegangan jatuh. Perhitungan kompensasi daya reaktif dan kompensasi kapasitor. simulasi menggunakan 12.6.

A. Data Hasil perhitungan rugi-rugi daya, faktor daya, dan tegangan jatuh.

Sistem distribusi Rayon Yogyakarta memiliki 25 feeder pada penelitian drop tegangan mengambil data feeder BNL 01 dari no tiang S1-4 s/d S1-114 memiliki 192 trafo, Data dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3 Hasil perhitungan rugi-rugi daya.

Nama	Daya Semu (kVA)	Daya Nyata (kW)	Rugi-rugi daya
Sumber	3727	3102	625
LVMDP	3576	3073	503
SDP Milling	1031	951	80
SDP Dryer	657	551	106
SDP Penurunan	818	685	133
SDP Ipal	238	192	46
SDP Panel test bongkar	119	96	23

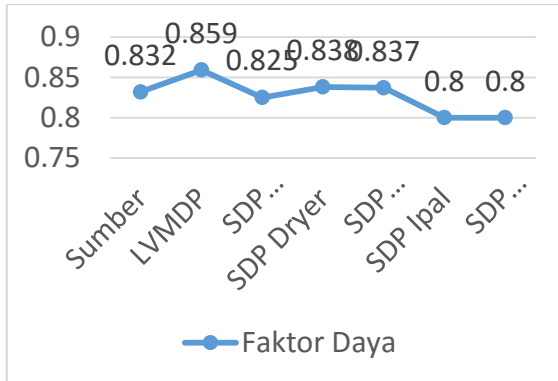


Gambar 2 Grafik rugi-rugi daya

Table 4 Hasil perhitungan faktor daya

Nama	Daya Semu (kVA)	Daya Nyata (kW)	Faktor Daya
Sumber	3727	3102	0,832
LVMDP	3576	3073	0,859
SDP Milling	1031	951	0,825
SDP Dryer	657	551	0,838

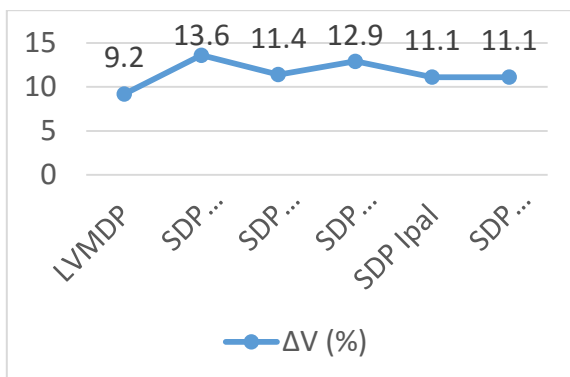
SDP Penurunan	818	685	0,837
SDP Ipal	238	192	0,80
SDP Panel test bongkar	119	96	0,80



Gambar 3 Grafik Faktor daya

Table 5 Hasil perhitungan tegangan jatuh.

Nama	VS (kV)	VR (kV)	ΔV (%)
LVMDP	0,4	0,366	9,2
SDP Milling	0,4	0,352	13,6
SDP Dryer	0,4	0,359	11,4
SDP Penurunan	0,4	0,354	12,9
SDP Ipal	0,4	0,360	11,1
SDP Panel test bokar	0,4	0,360	11,1

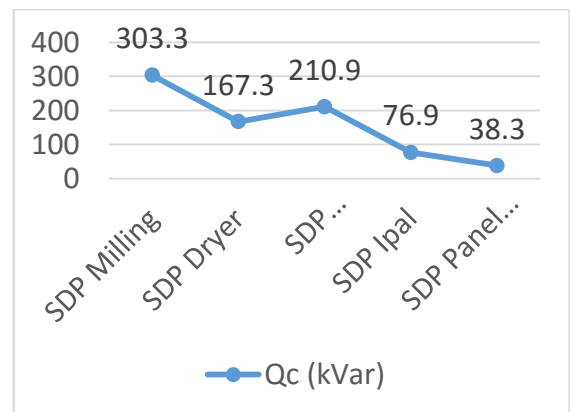


Gambar 4 Grafik tegangan jatuh.

B. Data Hasil perhitungan kompensasi daya reaktif dan kapasitor.

Table 6 Hasil perhitungan kompensasi daya reaktif dan kapasitor metode *Groub Compensation*.

Nama	S_1	P (kW)	S_2 (kVA)	Q_c (kVar)	C (farad)
SDP Milling	1031	851	895,8	303,3	6037×10^{-6}
SDP Dryer	657	553	582,1	167,3	3330×10^{-6}
SDP Penurunan	818	688	724,2	210,9	4197×10^{-6}
SDP Ipal	238	192	202,1	76,9	1530×10^{-6}
SDP Panel test bokar	119	96	101,1	38,3	$762. \times 10^{-6}$



Gambar 5 kompensasi daya reaktif.

Hasil perhitungan kompensasi daya reaktif dan kapasitor metode *Global compensation*.

Q_2 atau nilai kompensasi daya reaktif pada LVMDP

$$P = 3073 \text{ kW}$$

$$S_2 = 3073 : 0,95 = 3234,7 \text{ kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{3234,7^2 - 3073^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{10463284,09 - 9443329}$$

$$Q_2 = 1009,9 \text{ kVar}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 1828 - 1009,9$$

$$Q_c = 818,1 \text{ kVar}$$

Besarnya nilai kompensasi kapasitor pada LVMDP

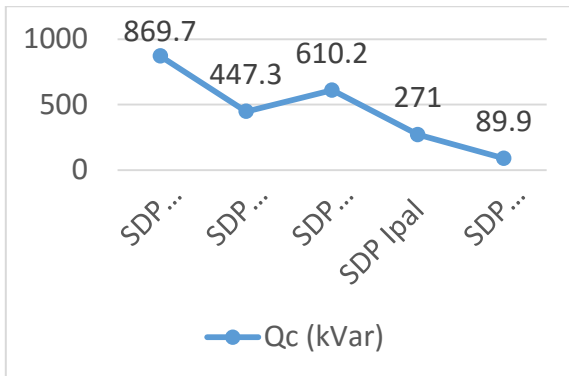
$$C = \frac{818,1 \times 1000}{-400^2 \cdot 314}$$

$$C = 16283 \times 10^{-6} \text{ farad}$$

Hasil kompensasi daya reaktif dan kapasitor metode OCP.

Table 7 Hasil perhitungan kompensasi daya reaktif dan kapasitor metode OCP.

Nama	Q_c (kVar)	Nilai kapasitor
SDP Milling	869,7	$17310 \times 10^{-6} \text{ farad}$
SDP Dryer	447,3	$8903 \times 10^{-6} \text{ farad}$
SDP Penurunan	610,2	$12145 \times 10^{-6} \text{ farad}$
SDP Ipal	271	$5394 \times 10^{-6} \text{ farad}$
SDP Panel test bokar	89,9	$1789 \times 10^{-6} \text{ farad}$



Gambar 7

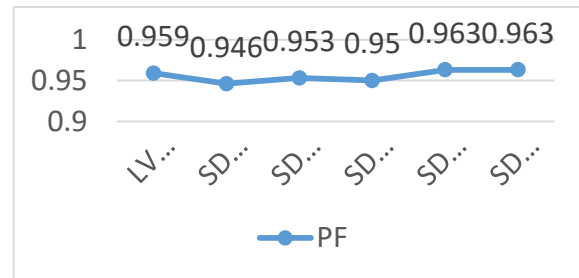
C. Data Hasil Simulasi Menggunakan Aplikasi ETAP 12.6.

Simulasi pemasangan kapasitor bank metode *Group compensation*.

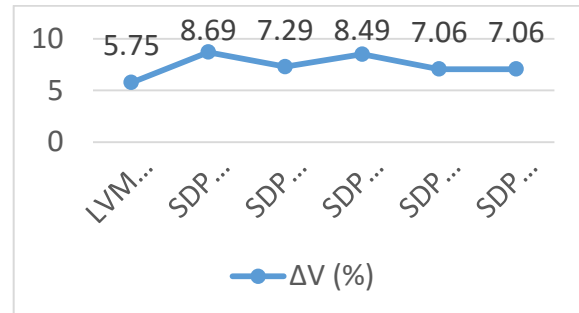
Table 8 Hasil simulasi Load Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode *group compensation*

Nama	Vr	ΔV (%)	PF
LVMDP	0,377	5,75	0,959
SDP Milling	0,365	8,69	0,946
SDP Dryer	0,371	7,29	0,953
SDP Penurunan	0,366	8,49	0,95
SDP Ipal	0,372	7,06	0,963
SDP Panel test bokar	0,372	7,06	0,963

Nama	Vr	ΔV (%)	PF
LVMDP	0,377	5,75	0,959
SDP Milling	0,365	8,69	0,946
SDP Dryer	0,371	7,29	0,953
SDP Penurunan	0,366	8,49	0,95
SDP Ipal	0,372	7,06	0,963
SDP Panel test bokar	0,372	7,06	0,963



Gambar 10 Grafik faktor daya setelah Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode *group compensation*.



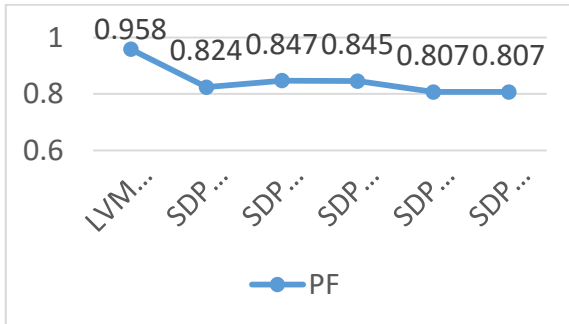
Gambar 11 Grafik tegangan jatuh Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode *group compensation*.

Simulasi pemasangan kapasitor bank metode *Global compensation*.

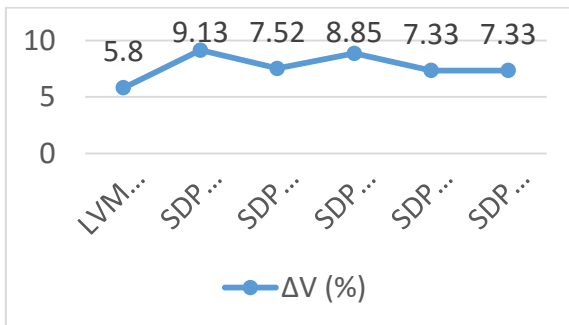
Table 9 Hasil simulasi Load Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode *global compensation*.

Nama	Vr	ΔV (%)	PF
LVMDP	0,377	5,80	0,958
SDP Milling	0,363	9,13	0,824
SDP Dryer	0,370	7,52	0,847
SDP Penurunan	0,365	8,85	0,845

SDP Ipal	0,371	7,33	0,807
SDP Panel test bokar	0,371	7,33	0,807



Gambar 14 Grafik faktor daya setelah Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode global compensation

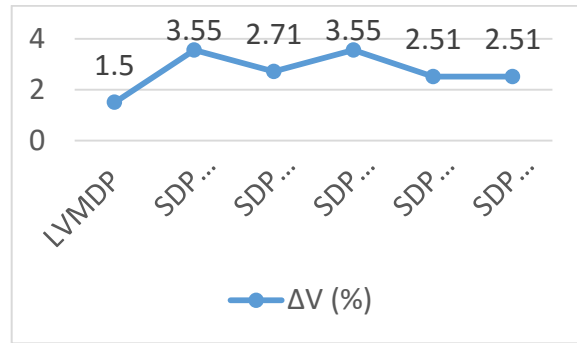


Gambar 15 Grafik tegangan jatuh Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode global compensation.

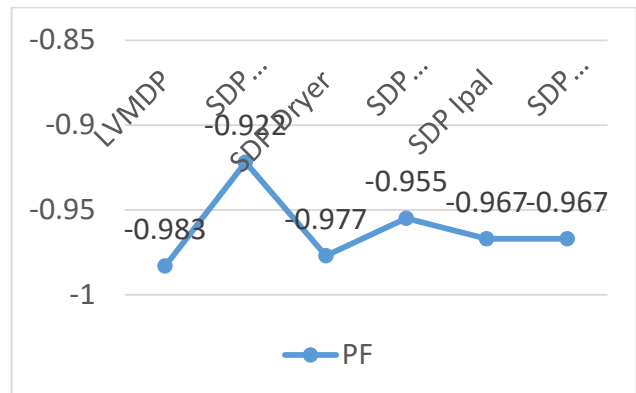
Simulasi pemasangan kapasitor bank metode OCP.

Table 10 Hasil simulasi Load Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode OCP.

Nama	Vr	ΔV (%)	PF
LVMDP	0,394	1,50	-0,983
SDP Milling	0,386	3,55	-0,922
SDP Dryer	0,389	2,71	-0,977
SDP Penurunan	0,386	3,55	-0,955
SDP Ipal	0,39	2,51	-0,967
SDP Panel test bokar	0,39	2,51	-0,967



Gambar 18 Grafik tegangan jatuh Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode OCP.



Gambar 19 Grafik faktor daya setelah Flow setelah pemasangan kapasitor bank metode OCP.

D. Pembahasan

Setelah melakukan penelitian di PT. KIRANA MEGATARA, melakukan analisa aliran daya pada sistem tenaga listrik, dan perhitungan rugi-rugi daya berdasarkan data-data yang sudah diperoleh dengan menggunakan metodologi-metodologi yang sudah dilaksanakan di lapangan. Maka didapatkan hasil analisis seperti di atas. Dari hasil analisa tersebut dapat diambil suatu pembahasan yaitu sebagai berikut;

1. Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya, faktor daya, dan tegangan jatuh yang menggunakan rumusan (2.5), (2.6), dan (2.11). Diperoleh hasil rugi-rugi daya pada Sumber 625, LVMDP 503, SDP Milling 80, SDP Dryer 106, SDP Penurunan 133, SDP Ipal 46, dan SDP Panel test bokar 23. Hasil faktor daya pada Sumber 0,832 Cos ϕ , LVMDP 0,859 Cos ϕ , SDP Milling 0,825 Cos ϕ , SDP Dryer 0,838 Cos ϕ , SDP Penurunan 0,837 Cos ϕ , SDP Ipal 0,80 Cos ϕ , dan SDP Panel test

bokar 0,80 Cos ϕ . Hasil tegangan jatuh pada LVMDP 9,2%, SDP Milling 13,6%, SDP Dryer 11,4%, SDP Penurunan 12,9%, SDP Ipal 11,1%, dan SDP Panel test bokar 11,1%. Berdasarkan dari hasil perhitungan rugi-rugi daya, faktor daya dan tegangan jatuh. Perlu dilakukan pemasangan kapasitor bank agar dapat menaikkan faktor daya dan mengurangi tegangan jatuh.

2. Berdasarkan dari hasil perhitungan rugi-rugi daya, faktor daya dan tegangan jatuh. Perlu dilakukan pemasangan kapasitor bank agar dapat menaikkan faktor daya dan mengurangi tegangan jatuh. Peneliti akan menggunakan metode pemasangan kapasitor bank *group* dan *global compensation*. Pada metode *group compensation* diperlukan 5 kapasitor bank yang dipasang pada setiap SDP. Lalu didapat kompensasi kVAR dan kapasitor pada SDP Milling 303,3kVAR/6037x10⁻⁶ farad, SDP Dryer 167,3kVAR/3330x10⁻⁶ farad, SDP Penurunan 210,9kVAR/4197x10⁻⁶ farad. SDP Ipal 76,9kVAR/1530x10⁻⁶ farad, dan SDP Panel test bokar 38,3kVAR/762x10⁻⁶ farad. Sedangkan pada metode *global compensation* hanya diperlukan 1 kapasitor bank yang dipasang pada LVMDP dengan nilai kompensasi kVAR dan kapasitor 818,1kVAR/16283x10⁻⁶ farad. Berdasarkan dari hasil kompensasi daya reaktif dan kapasitor. Dapat ditentukan akan menggunakan 9 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada LVMDP di metode *Global Compensation*. Selanjutnya 7 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Milling, 4 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Dryer, 5 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Penurunan, 2 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Ipal, dan 1 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Panel test bokar di metode *Group Compensation*. Kedua kapasitor buatan Schneider Electric.
3. Untuk mengetahui keadaan setelah pemasangan kapasitor bank perlu membuat simulasi dengan 3 metode yaitu *Group Compensation*, *Global Compensation*, dan OCP. Perlu dilakukan dengan *Load Flow Analysis* yang terdapat pada

ETAP 12.6. Pada metode *Group Compensation* dan *Global Compensation* jumlah kapasitor bank dan besarnya kapasitor telah dibahas di point ke2. Sedangkan pada metode OCP, ETAP 12.6 akan menentukan akan memilih metode apa yang paling cocok untuk SLD PT. KIRANA MEGATARA 3 metode itu *Group Compensation*, *Global Compensation*, dan *Individual Compensation*. Dari ketiga metode tersebut OCP menggunakan metode *Group Compensation* dengan 10 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Milling, 5 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Dryer, 7 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Penurunan, 2 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Ipal, dan 1 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Panel test bokar. Dengan hasil sesuai dengan Tabel 4.16

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan di PT. KIRANA MEGATARA, maka dapat diambil kesimpulan:

- a. Diperoleh hasil rugi-rugi daya pada Sumber 625, LVMDP 503, SDP Milling 80, SDP Dryer 106, SDP Penurunan 133, SDP Ipal 46, dan SDP Panel test bokar 23. Berdasarkan dari hasil perhitungan rugi-rugi daya perlu dilakukan pemasangan kapasitor bank agar dapat menaikkan faktor daya dan mengurangi tegangan jatuh.
- b. Berdasarkan dari hasil kompensasi daya reaktif dan kapasitor. Dapat ditentukan akan menggunakan 9 kapasitor 1990 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada LVMDP di metode *Global Compensation*. Selanjutnya 7 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Milling, 4 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Dryer, 5 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Penurunan, 2 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Ipal, dan 1 kapasitor 995 x 10⁻⁶ Farad yang dipasang pada SDP Panel test bokar di metode *Group Compensation*. Kedua kapasitor buatan Schneider Electric.

- c. Setelah melakukan simulasi pemasangan kapasitor bank dengan 3 metode berbeda yaitu *group compensation*, *global compensation*, dan OCP. Menurut hasil simulasi ETAP 12.6, pemasangan kapasitor bank metode OCP yang terbaik. Dengan faktor daya mendekati 1, daya semu yang paling kecil pada SDP Milling 909kVA, SDP Dryer 576kVA, SDP Penurunan 725kVA, SDP Ipal 197kVA, SDP Panel test bokar 99kVA dan jumlah kapasitor pada setiap SDP berbeda-beda. Pada SDP Milling 1990×10^{-6} Farad kali 10 step, SDP Dryer 1990×10^{-6} Farad kali 5 step, SDP Penurunan 1990×10^{-6} Farad kali 7 step, SDP Ipal 1990×10^{-6} Farad kali 3 step, SDP Panel test bokar 1990×10^{-6} Farad kali 1 step

PADA JALUR DISTRIBUSI CHF 3 PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK. 45.

- Ruswandi, D. M. (2012). Tentang ETAP (Electrical Transient Analyzer Program).
- Suprianto. (2018). Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu. 9.
- Syawal, R. P. (2015). *ANALISIS PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA (STUDI KASUS GARDU DISTRIBUSI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HALU OLEO)*. Kendari: Universitas Halu Oleo.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapkan terima kepada dosen pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan saya banyak arahan sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi saya. Tidak lupa saya ucapkan terimakasih kepada keluarga saya terutama kedua orang tua saya dan teman yang selalu *men-support* saya lahir dan batin.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Efendi, J. (2018). *ANALISA ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DIPUSAT PENAMPUNG PRODUKSI MENGGUNG PERTAMINA ASSET IV FIELD CEPU MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hardiranto, W. N. (2017). *ANALISA OPTIMASI PERBAIKAN FAKTOR DAYA DAN DROP TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK PADA LINE 5 PT BUKIT ASAM (PERSERO) TBK*. LAMPUNG: UNIVERSITAS LAMPUNG.
- Multa P, L. (2013). *MODUL PELATIHAN ETAP*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Nahvi, M. (2004). *RANGKAIAN LISTRIK EDISI KEEMPAT*. Jakarta: Erlangga.
- Ridho, W. (2018). *ANALISA OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK*