

Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Perubahan Nilai Faktor Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Unit Power Plant Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu

Moch. Dawan Prasetyo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email : mochamad.17050874004@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo, Joko , Achmad Imam Agung

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: subuhisnur@unesa.ac.id, joko@uneca.ac.id, achmadimam@unesa.ac.id

Abstrak

Sumber energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia untuk keberlangsungan hidup dan beraktifitas. Energi listrik tetap menjadi pilihan sumber daya untuk pengoperasian peralatan dan mesin dalam dunia industri, salah satunya PPSDM MIGAS CEPU. Beban listrik industri dan hunian berbeda, beban listrik industri seperti motor listrik, boiler, dan pendingin ruangan, menyerap daya reaktif relatif besar. Dengan meningkatnya daya reaktif dapat mengurangi nilai faktor daya dan meningkatkan jatuh tegangan, salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut banyak industri yang berupaya mengurangi kebutuhan daya reaktif dengan *kapasitor bank*, dengan harapan dapat meningkatkan nilai faktor daya dan menurunkan jatuh tegangan. Pengimplementasian penggunaan *kapasitor bank* dalam meningkatkan nilai faktor daya dan mengurangi jatuh tegangan, menjadi tujuan utama penulis dalam penelitian ini. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah metode eksperimen dengan *software* ETAP. Data yang didapatkan dari PPSDM MIGAS CEPU diolah untuk kemudian dilakukan sebuah simulasi *software* ETAP. Hasil dari penambahan kapasitor bank sebesar 28 kVAR pada penelitian dapat meningkatkan nilai faktor daya menjadi 0,96 dan menurunkan nilai jatuh tegangan menjadi 1,88%. Implikasi penelitian ini diharapkan dapat membantu PPSDM MIGAS CEPU dalam meningkatkan nilai faktor daya sehingga dapat meminimalisir jatuh tegangan.

Kata kunci: faktor daya, jatuh tegangan, kapasitor bank, kompensasi daya reaktif

Abstract

Source of electrical energy has become one of the basic needs of Indonesian people's for the survival and activities. In the industrial world still make electrical energy as a source to operate the device, one of which is in PPSDM MIGAS CEPU. Different with the load of the dwelling, most of the load in the industry absorbs the reactive power to a very large largely generated by the electric motor, conveyor, boiler, air conditioner, etc. With increasing reactive power can reduce the value of the power factor and increase the voltage drop across, one way to overcome the many industries that use capacitor banks to reduce the reactive power that is needed so that can improve the value of the power factor and lowering the voltage drop. Therefore, this research aims to implement an experiment using a capacitor bank in increasing the value of the power factor and reduce the voltage drop. The methods used for finishing these problems is the experimental method with the ETAP software. data obtained from PPSDM MIGAS CEPU is processed to then do a simulasi ETAP software. The results of the addition of a capacitor bank of 28 kVAR in the study can increase the value of the power factor to 0.96 and decrease the value of the voltage drop to 1.88%. The implication of this study is expected to help PPSDM MIGAS CEPU in increasing the value of the power factor so as to minimize voltage drop.

Keywords: power factor, voltage drop, capacitor bank, reactive power compensation

PENDAHULUAN

Sumber daya alam yang tersedia memiliki banyak manfaat salah satunya yaitu dapat dirubah menjadi

energi listrik. Dengan adanya energi listrik dapat memberikan manfaat bagi manusia. Seiring dengan berkembangnya zaman, energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama masyarakat yang semakin

meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, PLN sebagai penyedia energi listrik di Indonesia perlu meningkatkan kualitas pendistribusian energi listrik.

Sistem distribusi merupakan proses penyaluran energi listrik dari pembangkit menuju ke konsumen. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dan keandalan pendistribusian energi listrik, antara lain yaitu jatuh tegangan.

Pada sistem distribusi dapat terjadi tegangan jatuh, diantaranya terjadi pada 2 transformator: Jaringan tegangan menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR). Hal tersebut ditimbulkan oleh beberapa sebab, yaitu panjang penyaluran dari sumber, ketidakseimbangan pembagian beban tiap fasa, usia peralatan, faktor daya, diameter dari saluran penghantar. Apabila nilai jatuh tegangan cukup tinggi dapat menimbulkan penurunan keandalan sistem tenaga listrik itu sendiri, serta menyebabkan kerusakan pada peralatan (Baqaruzi dan Muhtar 2020).

Sifat induktif yang dimiliki beban dan komponennya, beroperasi dengan semestinya sesuai dengan faktor daya terbelakang (*lagging*). Kerugian sistem dan pengurangan tegangan sistem dipicu adanya tambahan daya reaktif yang berakibat berkurangnya kapasitas sistem (Bastos dkk., 2016).

Faktor daya yang rendah, memerlukan kapasitor untuk menampung daya reaktif yang diakibatkan beban induktif. untuk memperoleh faktor daya yang baik hingga utilitas, industri memilih menggunakan kapasitor bank. Peningkatan tagihan listrik dalam konsumsi daya diakibatkan rendahnya faktor daya. Kerugian sistem distribusi dapat dikurangi dengan penerapan koreksi faktor daya. Dengan menaikkan faktor daya akan menekan atau meminimalisir jatuh tegangan sehingga dapat meningkatkan keandalan pendistribusian energi listrik (Winardi dkk., 2016).

Dari paparan di atas, kondisi di PPSDM MIGAS CEPU menunjukkan terdapat banyak beban induktif seperti mesin industri, dengan timbulnya daya reaktif yang cukup tinggi menyebabkan nilai faktor daya menurun dan arus yang mengalir meningkat sehingga dapat juga menyebabkan jatuh tegangan. Mengacu pada penjelasan di atas, perlu adanya peningkatan faktor daya dengan memberikan kapasitor bank untuk membantu mensuplai daya

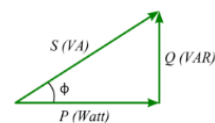
reaktif yang diperlukan, sehingga dapat mengurangi jatuh tegangan.

Kualitas daya

Adanya gangguan dalam sistem kelistrikan, dapat memengaruhi baik atau buruknya kualitas daya listrik (Al Bahar 2017). Kerusakan terhadap peralatan listrik dapat diakibatkan oleh masalah yang berhubungan dengan daya listrik yaitu penyimpangan tegangan, frekuensi dan arus. Dalam 9 faktor yang mempengaruhi kualitas daya, antara lain faktor daya, tegangan transien, dan perubahan frekuensi (Pahlevi, dkk., 2014). Dalam suatu rangkaian dapat menghasilkan sejumlah energi yang dapat diserap, di sisi lain beban yang tersambung dengan rangkaian akan menyerap daya listrik yang dihasilkan rangkaian tersebut. (Hakim 2014).

Faktor daya

Terdapat 3 macam beban listrik dalam sebuah rangkaian listrik. Beban yang terdiri dari tahanan dan konsumsi daya aktif adalah *resistive load*. Beban yang menyerap daya aktif serta menyerap daya reaktif adalah *inductive load*. Beban yang berkemampuan menyerap daya aktif dan menghilangkan daya reaktif merupakan beban kapasitif. Daya semu (S) merupakan jumlah vektor daya reaktif (Q) dan aktif (P) (Al Bahar 2017). Hubungan segitiga daya ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. segi tiga daya

(Pahlevi dkk., 2014)

Faktor daya merupakan rasio pembagian antara daya aktif dengan daya semu yang terdapat pada sistem. Rasio ini mengukur seberapa efektif daya listrik yang digunakan dalam operasi suatu sistem. Dengan faktor daya yang rendah, artinya sudut antara daya aktif dan daya semu menjadi lebih besar, sistem memerlukan daya reaktif yang lebih besar sehingga total daya yang dibutuhkan juga semakin besar. Hal tersebut berefek kepada utilitas sistem yang tidak dimanfaatkan secara maksimal dan mengurangi efisiensi pada sistem. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan atau koreksi pada faktor daya

listrik. Faktor daya memiliki nilai antara 0 hingga 1. Nilai berkisar dari 0,80 hingga 0,98. Faktor daya di bawah 0,80 dianggap rendah (Mon dan Naing 2014). Dari Gambar 1 diperoleh juga rumus untuk segitiga daya :

$$S = V \times I \text{ (VA)} \quad (1)$$

$$P = V \times I \cos \varphi \text{ (WATT)} \quad (2)$$

$$Q = V \times I \sin \varphi \text{ (VAR)} \quad (3)$$

Keterangan:

S = Daya semu

P = Daya aktif

Q = Q1 = Q2 = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (A)

$\varphi = \varphi_1 = \varphi_2 =$ Faktor daya atau PF (Power Faktor)

Perbaikan Faktor Daya

Menurut (Jamal dkk., 2019) untuk menentukan kapasitas kapasitor bank yang difungsikan memperbaiki φ_1 (faktor daya awal) dengan φ_2 (faktor daya yang diinginkan) dapat dihitung dengan rumus :

Daya reaktif pada p.f awal

$$Q_1 = P \times \tan \varphi_1 \quad (4)$$

Daya reaktif pada p.f yang diperbaiki

$$Q_2 = P \times \tan \varphi_2 \quad (5)$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya adalah :

Daya reaktif yang diperlukan

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (6)$$

$$Q_c = P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (7)$$

(Jamal dkk., 2019)

Menurut (Naing 2017) manfaat koreksi faktor daya yaitu : Pengurangan konsumsi daya karena peningkatan *efisiensi* energi; Pengurangan jatuh tegangan pada kabel panjang; Mengurangi beban listrik pada kabel dan komponen listrik.

Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan atau disebut juga *drop voltage* adalah besar tegangan yang hilang pada penghantar dan dapat dinyatakan dalam persen atau besaran volt (Effendi dkk., 2017). Banyak faktor yang mempengaruhi perbedaan nilai tegangan pengirim dengan tegangan yang diterima atau jatuh tegangan diantaranya panjangnya saluran , pembebanan antar fasa yang tidak merata, luas penampang penghantar

dan arus yang cukup tinggi. Standar jatuh tegangan telah ditetapkan dalam (SPLN T6.001 2013) di mana isi dari standar tersebut adalah penetapan tegangan pelayanan, sebesar minimum -10% dan maksimum +5% terhadap tegangan nominal.

Untuk menghitung persentase jatuh tegangan dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta V = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100\% \quad (8)$$

Rumus untuk menghitung jatuh tegangan pada JTM 20 kV 3 fasa yaitu sebagai berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \times L \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (9)$$

Sedangkan rumus untuk menghitung jatuh tegangan pada JTM 20 kV 1 fasa yaitu:

$$\Delta V = I \times L \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (10)$$

dimana:

L = Panjang jaringan (km)

R = Resistansi rangkaian (Ohm/km/fasa)

X = Reaktansi induktif rangkaian (Ohm/km/fasa)
(Winardi dkk., 2016)

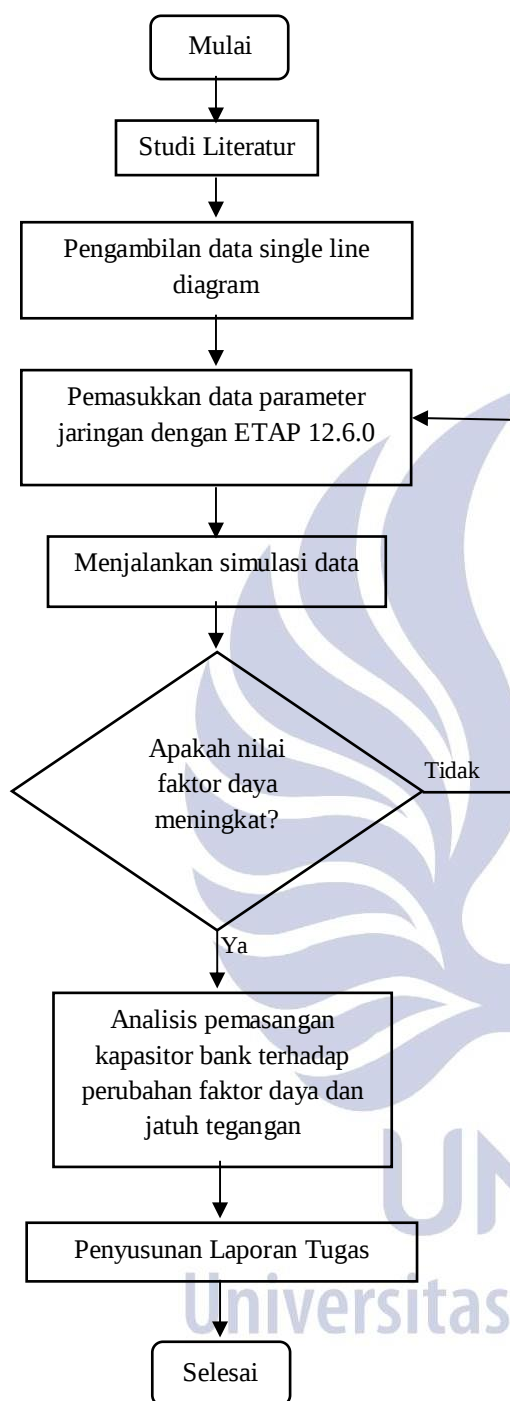
Kapasitor bank

Pembuatan kapasitor bank dilakukan dengan merangkai sejumlah unit kapasitor yang dibutuhkan. Pembuatan kapasitor dibuat dalam kapasitas yang ditentukan, serta memiliki sifat diskrit (Hajar dan Rahayuni 2020).

Peralatan listrik di sekitar kita, mempunyai sifat induktif, maka perlu pengaplikasian kapasitor sebagai *capasitive load* (Chanif dkk., 2014). Beberapa kegunaan dari kapasitor (Fauzyah 2020) : Memperbaiki Faktor Daya; Mensuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks (KVA); Menghemat daya / efisiensi

METODE

Metode penelitian eksperimental sebagai metode penelitian yang digunakan untuk menentukan pengaruh perlakuan tertentu pada perlakuan lain dalam kondisi yang terkendali. Pada metode penelitian eksperimen ini peneliti menambahkan kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya dengan cara menghitung kompensasi daya reaktif yang dibutuhkan oleh kapasitor bank untuk mensuplay kebutuhan daya reaktif dari luar serta menurunkan jatuh tegangan.



Gambar 2. Skema penelitian

Pengumpulan Data penulis memerlukan data tertentu untuk mendukung keabsahan penelitian yang di buat. Penulis memperoleh data dengan mengakses *website* tertentu sehingga penulis memperoleh data seperti *single line diagram*, panjang jenis kabel dan

data lainnya yang akan dibahas oleh penulis dalam bagan hasil dan pembahasan.

Penulis melakukan simulasi serta menganalisa hasil simulasi terhadap *single line diagram* menggunakan *Software* ETAP. Setelah mendapatkan apa yang diinginkan dari simulasi tersebut, dilanjutkan dengan menganalisis data sesuai simulasi yang dilaksanakan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan PLN digunakan di sebagian sistem kelistrikan PPSPDM Migas terhitung dari tahun 2010, tersedia transformator *step down* 20KV/0.38KV dengan kapasitas transformator 2770 KVA. Transformator 1,2 dan 3 milik PT. PLN, sedangkan transformator 8,9,10,13 dan 14 milik pembangkit PPSPDM Migas Cepu. Dalam penyalurannya, PPSPDM Migas Cepu memaakai saluran utama melalui kabel bawah tanah berjenis N2XSEFGbY 3 x 95 mm² – PVC / CTS / XPLE / SFWA / CU. Dengan standar spesifikasi : IEC 60502-2 Tabel 1. data elektrik dari kabel.

Tabel 1. Data Elektrik Kabel N2XSEFGbY – 6/10 kV

Nom. Crocc Seet. (mm ²)	DC Resistance At 20°C Max (ohm/km)	AC Resistance At 90°C Max (ohm/km)	Inductanci (mH/km)
25	0,727	0,927	0,342
35	0,524	0,668	0,325
50	0,387	0,494	0,313
70	0,268	0,342	0,296
95	0,193	0,247	0,303
120	0,153	0,196	0,276
150	0,124	0,160	0,268
185	0,0991	0,128	0,262
240	0,0754	0,099	0,255
300	0,0601	0,080	0,252

(Sumber: Data di PPSPDM Migas)

Mengacu pada data Tabel 1, PPSPDM Cepu menggunakan kabel N2XSEFGbY dengan ukuran kabel 95 mm², maka diketahui nilai resistansinya sebesar 0,247 ohm/km dan nilai reaktansinya 0,094 ohm/km. Tabel 2 informasi mengenai panjang kabel pada sistem kelistrikan PPSPDM Migas Cepu serta nilai resistansi dan reaktansinya.

Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Perubahan Nilai Faktor Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Unit Power Plant Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu

Tabel 2. Panjang Saluran Kabel, Nilai Resistansi dan Reaktansi.

Kabel	Panjang (Km)	Resistansi (0.247 ohm/km)	reaktansi (0,094 ohm/km)
antara busbar dengan trafo 1	0.435	0.017	0.041
antara trafo 1 dengan trafo 2	0.145	0.035	0.013
antara trafo 2 dengan trafo 3	0.340	0.083	0.032
antara busbar dengan trafo 8 & 10	0.190	0.046	0.018
antara busbar dengan trafo 13	0.200	0.049	0.019
antara busbar dengan tarfo 14	0.015	0.004	0.002

(Sumber: Data di PPSDM Migas)

Tabel 3. Data Kapasitas Transformator PPSDM Migas

No.	Nama	Daya semu (KVA)	Tegangan (KV)
1	Transformator 1 Step Down	500	6.1/0.38
2	Transformator 2 Step Down	500	6.1/0.38
3	Transformator 3 Step Down	630	6.1/0.38
4	Transformator 8 Step Down	630	6.1/0.38
5	Transformator 10 Step Down	200	6.1/0.4
6	Transformator 13 Step Down	630	6.1/0.38
7	Transformator 14 Step Down	200	6.1/0.38
8	Transformator 17 Step Up	1600	0.4/6.1
9	Transformator 18 Step Up	800	0.4/6.1
10	Transformator 19 Step Up	630	0.4/6.1

(Sumber: Data di PPSDM Migas)

Tabel 3 menjelaskan mengenai kapasitas transformator pada sistem. Untuk beban yang terdapat dalam transformator 1,2 dan 3 milik PLN, apabila terjadi pemadaman akan dibantu PLTD PPSDM Migas Cepu. Penelitian ini membahas tentang analisis faktor daya dan drop tegangan pada unit power plant , unit tersebut berapa pada distribusi transformator 14. Berikut tabel data beban pada unit Power Plant. Pada Tabel 4 menunjukkan kapasitas generator yang digunakan sebagai sumber energi listrik di PPSDM Migas Cepu

Tabel 4. Kapasitas Generator PPSDM Migas Cepu

No	Nama	Label	Kapasitas Semu (KVA)	Tegangan (KV)
1	Generator 1 Cummins II	Newage Stamford	1000	0.4
2	Generator 2 Cummins V	Newage Stamford	1030	0.4
3	Generator 8 Cummins III	ONAN	1000	0.4
4	Generator 9 Cummins V	ONAN	640	0.4

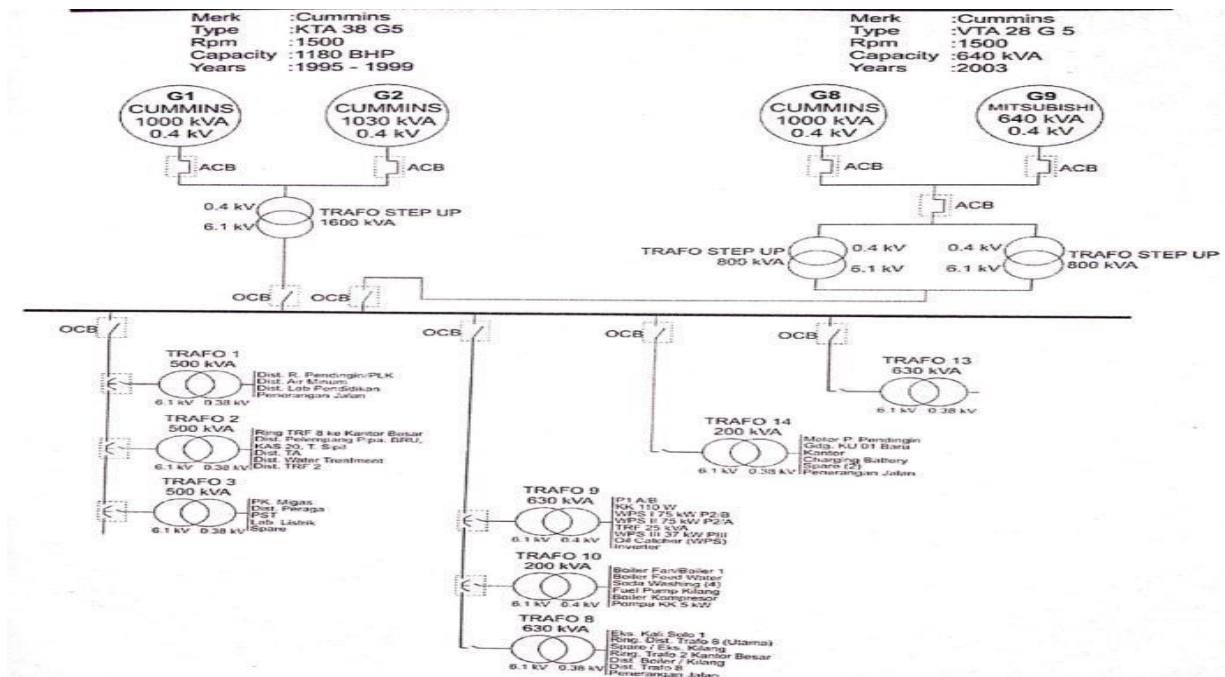
(Sumber: Data di PPSDM Migas)

Tabel 5. Beban unit Power Plant

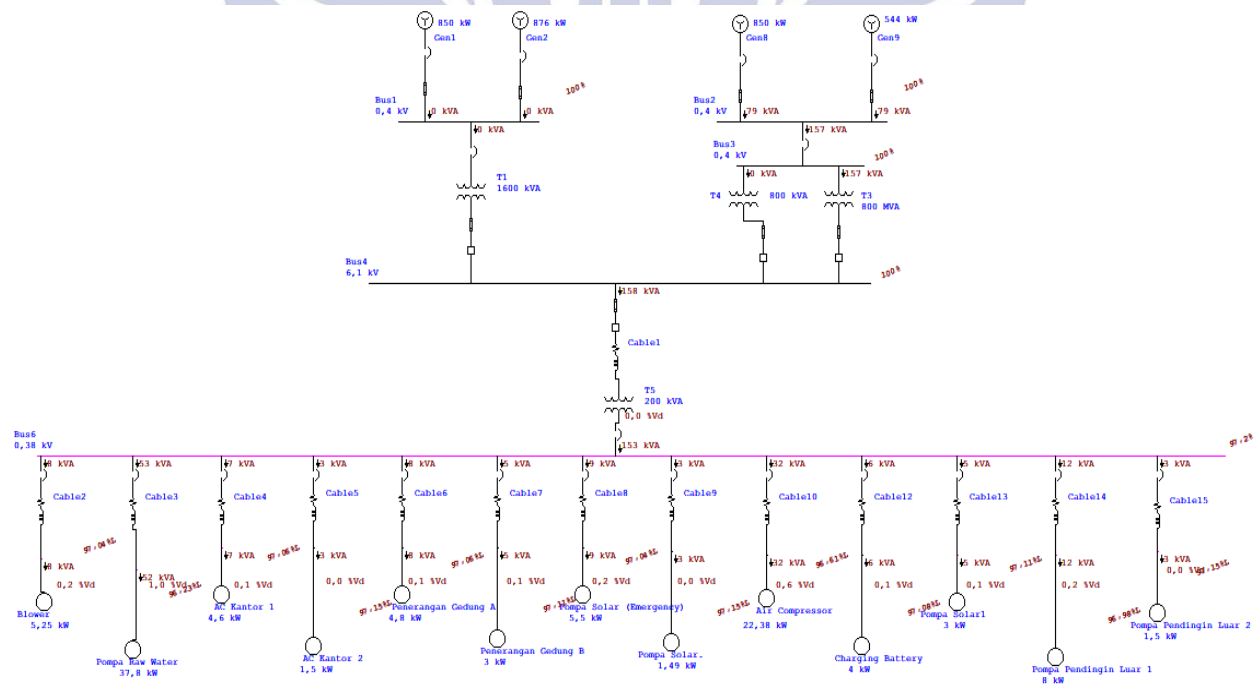
Beban	Jumlah	Beban Terpasang (kW)	Total Operasi (kW)	Panjang Saluran (Meter)
Blower	9	0,75	5,25	300
Pompa Raw Water	4	12,6	37,8	300
AC Kantor 1	2	2,3	4,6	300
AC Kantor 1	1	1,5	1,5	300
Penerangan Gedung A	16	0,3	4,8	300
Penerangan Gedung B	10	0,3	3	300
Pompa Solar (Emergency)	1	5,5	5,5	300
Pompa Solar	1	1,49	1,49	300
Air Compressor	4	7,46	22,38	300
Charging Battery	4	1	4	300
Pompa Solar	4	1.5	3	300
Pompa Pendingin Luar 1	2	4	8	300
Pompa Pendingin Luar 2	1	1.5	1.5	300
Total			102,82	

(Sumber: Data di PPSDM Migas)

Tabel 5 merupakan rincian beban yang terdapat pada unit Power Plant PPSDM Migas Cepu.



Gambar 3. Single line Diagram PPSDM MIGAS Cepu



Gambar 4. Unit Power Plant PPSDM Migas Cepu (Single line diagram)

Gambar 3. merupakan single line diagram pada PPSDM Migas Cepu dan Gambar 4. single line diagram Unit Power Plant pada PPSDM Migas Cepu. Simulasi dilakukan dengan pembuatan *single line*

diagram melalui software ETAP, hal tersebut berfungsi untuk menyimulasikan kondisi di lapangan yang sebenarnya dengan detail.

Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Perubahan Nilai Faktor Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Unit Power Plant Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu

Tabel 6. Laporan Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank (Ringkasan *Bus Loading*)

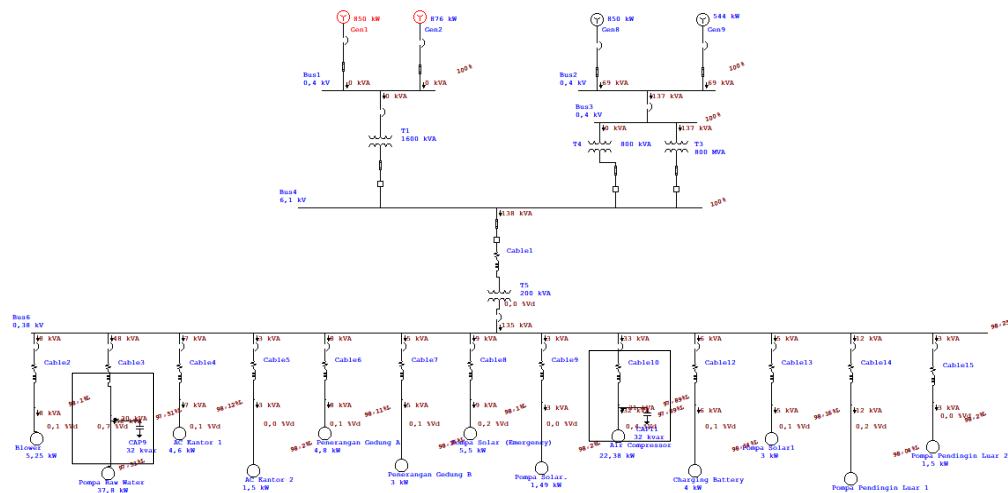
Bus			Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
ID	kV	Rated Amp	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus1	0.400		0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.5	0.5	
Bus2	0.400		0	0	0	0	0	0	0	0	0.157	87.2	227.1	
Bus3	0.400		0	0	0	0	0	0	0	0	0.157	87.2	227.1	
Bus4	6.100		0	0	0	0	0	0	0	0	0.158	87.3	14.9	
Bus6	0.380		0	0	0	0	0	0	0	0	0.153	88.0	239.6	
Bus7	0.380		0.007	0.004	0	0	0	0	0	0	0.008	85.7	12.9	
Bus8	0.380		0.047	0.022	0	0	0	0	0	0	0.052	90.4	82.8	
Bus10	0.380		0.006	0.004	0	0	0	0	0	0	0.007	85.4	11.5	
Bus11	0.370		0.002	0.002	0	0	0	0	0	0	0.003	82.7	4.2	
Bus12	0.370		0.007	0.004	0	0	0	0	0	0	0.008	85.5	11.9	
Bus13	0.370		0.004	0.003	0	0	0	0	0	0	0.005	84.4	7.8	
Bus14	0.370		0.007	0.004	0	0	0	0	0	0	0.009	85.8	13.5	
Bus15	0.370		0.002	0.002	0	0	0	0	0	0	0.003	82.7	4.2	
Bus16	0.370		0.028	0.014	0	0	0	0	0	0	0.032	89.2	50.1	
Bus17	0.370		0.005	0.003	0	0	0	0	0	0	0.006	85.1	10.1	
Bus18	0.380		0.004	0.003	0	0	0	0	0	0	0.005	84.4	7.8	
Bus19	0.380		0.010	0.006	0	0	0	0	0	0	0.012	86.7	18.7	
Bus20	0.380		0.002	0.002	0	0	0	0	0	0	0.003	82.7	4.2	
Bus22	6.100		0	0	0	0	0	0	0	0	0.158	87.3	14.9	

Tabel 7. Laporan ringkasan *branch losses* sebelum pemasangan Kapasitor Bank

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
ID		MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1		0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	100.0	100.0	0.00
T3		0.137	0.077	-0.137	-0.077	0.0	0.0	100.0	100.0	0.00
T4		0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	100.0	100.0	0.00
Cable1		0.138	0.077	-0.138	-0.077	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable2		0.007	0.004	-0.007	-0.004	0.0	0.0	97.2	97.0	0.15
Cable3		0.048	0.023	-0.047	-0.022	0.5	0.2	97.2	96.2	0.97
Cable4		0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	97.2	97.1	0.13
Cable5		0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.0	0.0	97.2	99.8	0.05
Cable6		0.007	0.004	-0.007	-0.004	0.0	0.0	97.2	99.7	0.14
Cable7		0.004	0.003	-0.004	-0.003	0.0	0.0	97.2	99.7	0.09
Cable8		0.007	0.004	-0.007	-0.004	0.0	0.0	97.2	99.7	0.16
Cable9		0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.0	0.0	97.2	99.8	0.05
Cable10		0.029	0.015	-0.028	-0.014	0.2	0.1	97.2	99.2	0.59
Cable12		0.005	0.003	-0.005	-0.003	0.0	0.0	97.2	99.7	0.12
Cable13		0.004	0.003	-0.004	-0.003	0.0	0.0	97.2	97.1	0.09
Cable14		0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	97.2	97.0	0.22
Cable15		0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.0	0.0	97.2	97.1	0.05
T5		-0.135	-0.073	0.138	0.077	2.8	4.1	97.2	100.0	2.80
						3.5	4.5			

Pada Tabel 6. diketahui bahwa nilai faktor daya pada bus 6 sebesar 0,88 dengan daya reaktif sebesar 71,78 kVAR serta daya aktif sebesar 135 kW dengan arus sebesar 239,6 A. Proses selanjutnya akan dilakukan perbaikan faktor daya untuk menurunkan daya reaktif dengan penggunaan kapasitor bank. Dari Tabel 7. dapat diketahui nilai jatuh tegangan. Pada T5

sebesar 2,8% sebelum panambahan kapasitor bank. Penghitungan atas keperluan Kompensasi Daya Reaktif (QC), beserta informasi data yang telah diolah sesudah pengaplikasian kapasitor. Mengacu *power factor* yang terdapat dalam Gambar 4, menunjukkan bus 4 tersambung dengan generator dan tersambung dengan transformator unit *power plant*.



Gambar 5. Unit Power Plant PPSDM Migas Cepu (Single line diagram sesudah pemasangan Kapasitor Bank)

Tabel 8. Laporan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank (Ringkasan Bus Loading)

Bus	ID	kV	Rated Amp	Directly Connected Load				Total Bus Load			
				Constant kVA	Constant Z	Constant I	Generic	MVA	% PF	Amp	Percent Loading
				MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		
Bus1		0.400		0	0	0	0	0	0	99.9	0.5
Bus2		0.400		0	0	0	0	0	0	0.138	98.6
Bus3		0.400		0	0	0	0	0	0	0.138	98.6
Bus4		6.100		0	0	0	0	0	0	0.139	98.6
Bus6		0.380		0	0	0	0	0	0	0.139	98.7
Bus7		0.380		0.007	0.004	0	0	0	0	0.008	85.7
Bus8		0.380		0.047	0.022	0	-0.027	0	0	0.054	87.3
Bus10		0.380		0.006	0.004	0	0	0	0	0.007	85.4
Bus11		0.370		0.002	0.002	0	0	0	0	0.003	82.7
Bus12		0.370		0.007	0.004	0	0	0	0	0.008	85.5
Bus13		0.370		0.004	0.003	0	0	0	0	0.005	84.4
Bus14		0.370		0.007	0.004	0	0	0	0	0.009	85.8
Bus15		0.370		0.002	0.002	0	0	0	0	0.003	82.7
Bus16		0.370		0.028	0.014	0	-0.027	0	0	0.039	72.8
Bus17		0.370		0.005	0.003	0	0	0	0	0.006	85.1
Bus18		0.380		0.004	0.003	0	0	0	0	0.005	84.4
Bus19		0.380		0.010	0.006	0	0	0	0	0.012	86.7
Bus20		0.380		0.002	0.002	0	0	0	0	0.003	82.7
Bus22		6.100		0	0	0	0	0	0	0.139	98.6

Diperoleh nilai (S1) Daya semu awal 153 kVA, serta nilai (P1) daya aktif awal sebesar 135 kW, faktor daya pada bus 6 sebesar 0,88, dengan Persamaan 4 diperoleh nilai (Q1) daya reaktif awal 71,78077328 kVAR. Selanjutnya guna mencari (Q2) daya reaktif dengan menggunakan faktor daya yang diinginkan yaitu sebesar 0,95 dengan persamaan 5 didapat nilai (Q2) daya reaktif sebesar 43,864158987 kVAR. Selanjutnya setelah memperoleh nilai daya reaktif (Q1) dan (Q2) dimasukan ke persamaan 6 dan diperoleh nilai (Qc) kompensasi daya reaktif sebesar 27,91661429 atau 28 kVAR. Hasil running program pada Gambar 5. setelah pemasangan kapasitor bank

menunjukkan nilai faktor daya dan jatuh tegangan setelah dilakukannya simulasi terhadap kelistrikan unit power plant PPSDM Migas Cepu. Pada Tabel 10. dapat dilihat nilai faktor daya pada Bus 6 yang semula senilai 0,88 dapat ditingkatkan menggunakan pemasangan kapasitor bank dengan kapasitas 28 kVAR menjadi 0,96 dapat dilihat pada Tabel 8. sehingga cos phi target yang diinginkan tercapai, selanjutnya untuk persentase jatuh tegangan pada Tabel 7. T5 yang semula 2,8 % atau 369,3 V dapat diturunkan menggunakan kapasitor bank dengan kapasitas 28 kVAR menjadi 1,88 % atau 372,9 V dapat dilihat hasilnya pada Tabel 9.

Tabel 9. Laporan ringkasan *branch losses* sesudah pemasangan Kapasitor Bank

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	100.0	100.0	0.00
T3	0.136	0.023	-0.136	-0.023	0.0	0.0	100.0	100.0	0.00
T4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	100.0	100.0	0.00
Cable1	0.137	0.023	-0.137	-0.023	0.0	0.0	100.0	100.0	0.01
Cable2	0.007	0.004	-0.007	-0.004	0.0	0.0	98.1	98.0	0.15
Cable3	0.048	-0.004	-0.047	0.004	0.4	0.2	98.1	97.4	0.77
Cable4	0.006	0.004	-0.006	-0.004	0.0	0.0	98.1	98.0	0.13
Cable5	0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.0	0.0	98.1	100.7	0.05
Cable6	0.007	0.004	-0.007	-0.004	0.0	0.0	98.1	100.6	0.14
Cable7	0.004	0.003	-0.004	-0.003	0.0	0.0	98.1	100.7	0.09
Cable8	0.007	0.004	-0.007	-0.004	0.0	0.0	98.1	100.6	0.16
Cable9	0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.0	0.0	98.1	100.7	0.05
Cable10	0.029	-0.012	-0.028	0.012	0.2	0.1	98.1	100.4	0.39
Cable12	0.005	0.003	-0.005	-0.003	0.0	0.0	98.1	100.7	0.12
Cable13	0.004	0.003	-0.004	-0.003	0.0	0.0	98.1	98.0	0.09
Cable14	0.010	0.006	-0.010	-0.006	0.0	0.0	98.1	97.9	0.22
Cable15	0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.0	0.0	98.1	98.1	0.05
T5	-0.135	-0.020	0.137	0.023	2.1	3.2	98.1	100.0	1.88
					2.8	3.5			

Tabel 10. Tabel nilai jatuh tegangan (sesudah pengaplikasian kapasitor bank)

Beban	Tegangan pada sisi beban (Volt)	Tegangan Jatuh (%)
Blower	372,3	0,15
Pompa Raw Water	369,9	0,77
AC Kantor 1	372,3	0,13
AC Kantor 1	372,7	0,05
Penerangan Gedung A	372,3	0,14
Penerangan Gedung B	372,5	0,09
Pompa Solar (Emergency)	372,3	0,16
Pompa Solar	372,7	0,05
Air Compressor	371,4	0,39
Charging Battery	372,4	0,12
Pompa Solar	372,5	0,09
Pompa Pendingin Luar 1	372	0,22
Pompa Pendingin Luar 2	372,7	0,05
Transformator 14	372,8	1,88

Tabel 8. diketahui nilai faktor daya pada bus 6 setelah penambahan kapasitor bank sebesar 28 kVAR meningkat dari 0,88 menjadi 0,96. Hal tersebut menunjukkan penurunan arus dari 239,6 A menjadi 215,8 A.

Pada Tabel 9. dapat diketahui nilai jatuh tegangan T5 mengalami penurunan setelah penambahan kapasitor bank sebesar 28 kVAR yang sebelumnya 2,8% menjadi 1,88%. Hal tersebut menunjukkan tegangan yang diterima lebih baik karena mengalami kenaikan dari 369,3V menjadi 372,8V. Tabel 10. Menunjukkan nilai tegangan pada setiap beban setelah pemasangan kapasitor dan persentase jatuh tegangannya.

PENUTUP

Simpulan

PPSDM Migas Cepu unit power plant membutuhkan daya reaktif sebesar 71,78 kVAR dengan faktor daya 0,88 serta daya aktif sebesar 135 kW. Penambahan kapasitor bank dengan perhitungan kompensasi daya reaktif yang dibutuhkan didapatkan kapasitas kapasitor bank sebesar 28 kVAR. Dengan penambahan kapasitor bank tersebut faktor daya yang sebelumnya 0,88 naik menjadi 0,96 sehingga kebutuhan daya reaktif PPSDM Migas Cepu menurun menjadi 43,8 kVAR setelah dibantu kapasitor bank

Nilai jatuh tegangan pada T5 Tabel 7. juga mengalami penurunan yang semula senilai 2,8% berwarna ungu menjadi 1,88% pada Tabel 9. kembali berwarna hitam. Pada pengujian jatuh tegangan mengacu pada standarisasi PLN (SPLN T6 : 2013). Pada hasil pengujian tidak ada nilai jatuh tegangan melebihi standart PLN (PLN SPLN T6 : 2013)

dimana batas toleransi nilai jatuh tegangan minimal -10% dan maksimal 5% dari tegangan nominal. Sehingga dapat disimpulkan nilai jatuh tegangan pada bus 6 unit power plant memenuhi standart PLN yaitu sebesar 1,88% pada perhitungan ETAP.

Diperlukan adanya penjagaan nilai faktor daya dan jatuh tegangan dalam sistem kelistrikan agar tidak memengaruhi kualitas daya, dikarenakan adanya pengaruh kapasitas yang di miliki kapasitor bank yang menyebabkan berubahnya nilai faktor daya dan jatuh tegangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Bahar, Kodir Abdul. 2017. *Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung Ti Bri Ragunan*. jurnal ilmiah elektrokrisna 6(1): 9–22.
- Baqaruzi, Syamsyarief, dan Ali Muhtar. 2020. *Analisis Jatuh Tegangan Dan Rugi-Rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV*. E-JOINT (Electronica and Electrical Journal Of Innovation Technology) 1(1): 20–26.
- Bastos, Alvaro Furlani, Surya Santoso dan Levent Biyikli. 2016. *Analysis of Power Factor over Correction in a Distribution Feeder*. Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference 2016-July.
- Chanif, Muhammad, Sardono Sarwito, dan Eddy Setyo K. 2014. *Analisa Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Proses Pengisian Baterai Wahana Bawah Laut*. Jurnal Teknik POMITS 3(1): 1–6.
- Effendi, Asnal, Arfita Yuana Dewi, dan Edward Crismas. 2017. *Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung*. Jurnal Teknik Elektro ITP 6(2): 199–203.
- Fauzyah, Nazifah Salsabila. 2020. *Analisa Perhitungan Pemasangan Kapasitor Bank Guna Memperbaiki Faktor Daya Pada Pelanggan 20 KV 310 KVA PT.Yamaha Music Mfg Indonesia*. Skripsi. Fakultas Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan Institut Teknologi PLN. Jakarta
- Hajar, Ibnu, dan Suninda Megi Rahayuni. 2020. *Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Unit Citeureup*. Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer 9(1): 8.
- Hakim, Muhammad Fahmi. 2014. *Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang*. Jurnal ELTEK 12(1): 105–18.
- Jamal, Agus, Sekarlita Gusfat Putri, Anna Nur Nazilah chamim. 2019. *Power Quality Evaluation for Electrical Installation of Hospital Building*. International Journal of Advanced Computer Science and Applications 10(12): 380–88.
- Mon, Aye Aye, dan Soe Win Naing. 2014. *Power Factor Improvement for Industrial Load by Using Shunt Capacitor Bank*. International Journal of Scientific Engineering and Technology Research 03(15): 3191–95.
- Naing, Soe Win. 2017. *Application of Distribution System Automatic Capacitor Banks for Power Factor Improvement (132 / 66 / 33 KV , 90 MVA Aung Chan Thar (Monywa) Substation in Myanmar)*. American Journal of Science, Engineering and Technology 2(4): 120–31.
- Pahlevi, moch rizal, yahya chusna Arif,dan Mohamad Safrodin. 2014. *Rancang Bangun Power Factor*. jurnal Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana vol 5, No. 1.
- SPLN T6.001. 2013. *Tegangan Tegangan Standar*. (391). Standarisasi Perusahaan Listrik Negara
- Wicaksono, Putra Adi. 2021. *Analisis Tegangan Jatuh Pada Unit Kilang Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu Berbasis Etap 12.6.0*. Jurnal Teknik Elektro 10(2): 473–83.
- Winardi, Bambang, Heru Winarno, dan Kurnanda Rizky Aditama. 2016. *Perbaikan Losses Dan Drop Tegangan Pwi 9 Dengan Pelimpahan Beban Ke Penyulang Baru Pwi 11 Di PT PLN (Persero) Area Semarang*. Jurnal Transmisi 18(2): 64–69.