

ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN KAPASITOR BANK TERHADAP PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA GENERATOR SHINKO 4500 KVA DI PABRIK GULA JATIROTO

M. Fakhri Akbar¹, Moch. Gozali², Andrita Ceriana Eska³, Bambang Sri Kaloko⁴, Supriyadi Prasetyono⁵
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember, Indonesia¹²³⁴⁵
fakhriakbar85@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan tenaga listrik sebagai pasokan tenaga listrik, pada pabrik gula Jatiroto memiliki permasalahan pada perbaikan faktor daya, utamanya pada Generator Shinko 4500 KVA. Hal tersebut disebabkan dari banyaknya beban terutama pada motor induksi yang digunakan oleh industri dan memiliki sifat induktif yang tinggi. Ketika motor beroperasi, memerlukan daya reaktif untuk membangun medan magnet dan menurunkan faktor daya. Sehingga diperlukan kapasitor bank untuk mengkompensasi daya reaktif, memperbaiki faktor daya dan meningkatkan efisiensi daya listrik pada generator Shinko 4500 KVA di pabrik gula Jatiroto. Generator Shinko 4500 KVA didapatkan faktor daya di angka 0.8 menunjukkan faktor daya yang rendah, mengindikasikan bahwa sistem tidak berjalan efisien. Saat dilakukan running simulasi, didapatkan nilai faktor daya sebesar 82.69. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank berjumlah 1 dengan kapasitas 500 KVAR, nilai faktor daya menjadi meningkat sebesar 89.69. Hal tersebut menunjukkan pemasangan kapasitor bank, dengan nilai faktor daya dapat ditingkatkan dan daya listrik juga meningkat.

Kata Kunci — Faktor Daya, Kapasitor Bank, Shinko 5400

Abstract

The electrical power is required as a power source, at the Jatiroto sugar factory has problems in improving the power factor, especially in the 4500 KVA Shinko Generator. This is caused by the large number of loads, especially on induction motors used by the industry and have high inductive properties. When the motor operates, it requires reactive power to build a magnetic field and lower the power factor. So a capacitor bank is needed to compensate for reactive power, improve the power factor and increase the efficiency of electrical power in the 4500 KVA Shinko generator at the Jatiroto sugar factory. The 4500 KVA Shinko generator obtained a power factor of 0.8 indicating a low power factor, indicating that the system is not running efficiently. When running the simulation, the power factor value was obtained at 82.69. After installing 1 capacitor bank with a capacity of 500 KVAR, the power factor value increased by 89.69. This shows that the installation of the capacitor bank, with the power factor value can be improved and the electrical power also increases.

Keywords — Capacitor Bank, Power Factor, Shinko 5400

I. PENDAHULUAN

Setiap tahun, kebutuhan akan tenaga listrik meningkat secara signifikan. Akibatnya, penyedia tenaga listrik harus memberikan pasokan tenaga listrik yang cukup baik. Hal ini diakibatkan karena daya reaktif pada beban induktif bertambah seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi. Karena penggunaan beban induktif yang cukup besar, penurunan nilai faktor daya yang berdampak pada besarnya nilai kVAR pada sistem kelistrikan Pabrik Gula Jatiroto Kabupaten Lumajang terutama pada generator shinko 4500 KVA seringkali tidak dapat dihindari. Sehingga mengubah sudut fasa atau kompensator daya reaktif yang hilang adalah cara untuk meningkatkan faktor daya. Untuk memperbaiki faktor daya tersebut dapat memanfaatkan kapasitor bank. Beberapa penelitian terkait dengan kapasitor bank seperti proses rekonfigurasi jaringan dinamis dengan koordinasi kapasitor bank untuk distribusi yang terintegrasi sumber daya energi terbarukan [1], peningkatan faktor daya otomatis menggunakan kapasitor bank [2], pengoptimalan pembangkitan terdistribusi dan alokasi kapasitor bank [3], pemodelan termal analitis pada kapasitor bank dengan mempertimbangkan kopling termal dan pendinginan [4], teknik untuk diagnosis transien osilasi dari pengalihan kapasitor bank pada sistem distribusi tegangan menengah [5], perlindungan kapasitor bank untuk konfigurasi sederhana [6], kapasitor bank untuk penyimpanan energi multimegajoule [7].

Faktor daya merupakan rasio antara daya aktif dengan daya total yang digunakan oleh peralatan listrik. Nilai faktor daya berkisar antara 0 hingga 1. Semakin nilainya mendekati 1, maka menunjukkan efisiensi yang tinggi. Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan pemborosan energi, meningkatkan beban pada sistem distribusi listrik, dan berpotensi menimbulkan kerugian ekonomi bagi penyedia layanan listrik maupun konsumen.

Pada penelitian ini, dilakukan di pabrik gula Jatiroto, yang merupakan salah satu pabrik yang berada di bawah naungan PT. Sinergi Gula Nusantara XI (persero), pabrik tersebut termasuk

Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Pada Pabrik Gula Jatiroto ini terdapat sistem pembangkit utama menggunakan turbin yang digerakkan oleh uap dari boiler dengan bahan bakar aktif biomassa dimana terdapat 2 stasiun utama sebagai sistem pembangkit yaitu stasiun boiler dan stasiun turbin. Beban induktif akan mengurangi efisiensi daya sistem kelistrikan, terutama faktor daya. Pengukuran faktor daya Generator Shinko 4500 KVA di Pabrik Gula Jatiroto sebesar 0.8 menunjukkan bahwa faktor daya rendah mengindikasikan bahwa sistem tidak berjalan seefisien mungkin. Hal ini bisa menyebabkan biaya operasional yang lebih tinggi karena perusahaan listrik mungkin mengenakan penalti bagi pelanggan yang memiliki faktor daya rendah. Kebijakan perbaikan faktor daya dirancang untuk meningkatkan efisiensi daya sistem kelistrikan di Pabrik Gula Jatiroto karena nilai faktor daya yang kecil akan menyebabkan energi yang dikirim dari pembangkit tidak digunakan sepenuhnya oleh beban yang mengakibatkan terjadinya kerugian daya yang cukup besar. Sebaliknya, nilai faktor daya yang besar (nilai faktor daya maksimum = 1) akan menyebabkan daya yang dikirim dari sumber ke beban ini akan digunakan secara maksimal.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini merupakan metodologi penelitian yang menjelaskan penelitian yang dilakukan tentang pengaruh kapasitor bank di pabrik gula Jatiroto. Adapun beberapa persamaan maupun pemahaman yang terkait penelitian tersebut, diantaranya daya listrik, segitiga daya, faktor daya, kapasitor bank, generator Shinko.

A. Daya Listrik

Daya listrik, juga dikenal sebagai Electrical Power dalam bahasa Inggris, adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan oleh sebuah sirkuit atau rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya menyerap daya listrik. Suatu sistem tegangan bolak-balik (AC) memiliki tiga daya: Daya Aktif (P) memiliki satuan Watt (W), Daya Reaktif (Q) memiliki satuan Volt Ampere Reaktif (VAR), dan Daya Semu (S) memiliki satuan Volt Ampere (VA). Persamaan daya aktif dapat diperhatikan pada persamaan (1) [8], beberapa keterangan diantaranya P merupakan daya reaktif (W), V merupakan tegangan (Volt), I merupakan arus (Ampere), dan $\cos\theta$ merupakan faktor daya.

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

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \quad (2)$$

Persamaan daya reaktif, dapat diperhatikan pada persamaan (3) dan (4) [9]. Keterangan dari persamaan tersebut diantaranya Q merupakan daya reaktif (VAR), V merupakan tegangan (Volt), I merupakan arus (Ampere), dan $\sin\theta$ merupakan faktor reaktif.

$$Q = V \times I \times \sin \theta \quad (3)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \theta \quad (4)$$

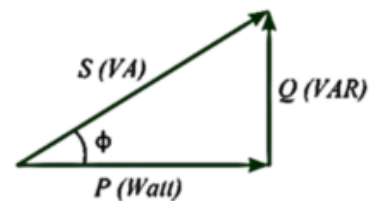
Persamaan daya semu, dapat diperhatikan pada persamaan (5) dan (6) [10]. Keterangan dari persamaan tersebut diantaranya S merupakan daya semu (VA), V merupakan tegangan (Volt), dan I merupakan arus (Ampere).

$$S = V \times I \quad (5)$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (6)$$

B. Segitiga Daya

Segitiga Daya merupakan sebuah segitiga siku-siku (trigonometri) yang digunakan untuk memudahkan dalam menghitung daya reaktif, daya semu dan daya aktif. Pada posisi horizontal merupakan daya aktif, sedangkan pada posisi vertikal adalah daya reaktif, untuk daya semu terdapat pada sisi miring pythagoras yang dibentuk antara daya reaktif dan daya aktif.



Gbr 1. Segitiga Daya

C. Faktor Daya $\cos \theta$ (Power Factor)

Faktor daya atau $\cos\theta$ merupakan perbandingan antara daya aktif (P) dengan daya semu (S). Faktor daya adalah cosinus sudut fase antara tegangan dan arus listrik. Faktor daya ideal adalah 1, yang menunjukkan bahwa daya semu sepenuhnya diubah menjadi daya aktif tanpa adanya daya reaktif. Faktor daya rendah, kurang dari 0,8 mengindikasikan bahwa sebagian besar daya yang disediakan oleh penyedia listrik tidak efisien digunakan dan menyebabkan beberapa konsekuensi yang mungkin merugikan diantaranya, adanya komponen daya reaktif yang sebagian besar tidak berguna untuk melakukan pekerjaan. Meningkatkan faktor daya tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan daya, tetapi juga mengurangi kerugian energi. Sehingga, sifat kapasitif dan induktif rangkaian harus seimbang untuk meningkatkan faktor daya [11].

Persamaan faktor daya, dapat diperhatikan pada persamaan (7). Beberapa keterangan dari persamaan tersebut diantaranya $\cos \theta$ merupakan faktor daya, P merupakan daya aktif (Volt), dan S merupakan daya semu (ampere).

$$\cos \theta = \frac{P}{S} \quad (7)$$

D. Kapasitor Bank

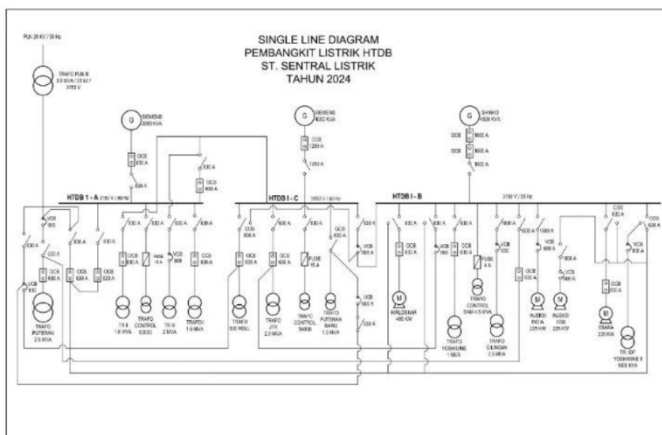
Kapasitor bank merupakan alat listrik yang memiliki sifat kapasitif dan sifat induktif untuk menyeimbangkannya. Kapasitor dapat menghasilkan kapasitas dari 5 kVAR hingga 60 kVAR dengan interval tegangan kerja antara 230 V dan 525 Volt, tergantung pada nilai kapasitansi yang dibutuhkan.

Untuk mencari nilai kebutuhan kapasitor bank yang akan digunakan, terdapat rumus perhitungan yang dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan ukuran kapasitas kapasitor Q_c berdasarkan kebutuhan daya reaktif agar perbaikan faktor daya dapat dilakukan [12]. Persamaan kebutuhan kapasitor bank dapat diperhatikan pada persamaan (8). Beberapa keterangan diantaranya Q_c merupakan daya reaktif yang disuplai kapasitor (KVAR), P merupakan daya aktif (KW), PF_1 merupakan faktor daya sebelum dipasang kapasitor bank, dan PF_2 merupakan faktor daya yang diinginkan.

$$Q_c = P [\tan (\cos^{-1}(PF_1)) - \tan (\cos^{-2}(PF_2))] \quad (8)$$

E. Generator Shinko

Generator Shinko merupakan peralatan yang diproduksi oleh Shinko IND, Ltd., sebuah perusahaan yang bergerak dalam bisnis mesin pompa laut dan turbin uap. Generator Shinko yang ada pada Pabrik Gula Jatiroto memiliki kapasitas sebesar 4500 KVA.



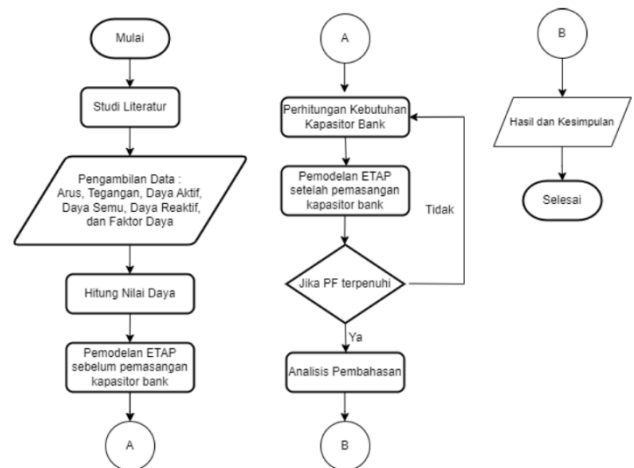
Gbr 2. Single Line Diagram PG. Jatiroto

Generator Shinko dapat mengonversi tenaga mekanik menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator ini bisa berupa listrik AC (bolak-balik) atau listrik DC (searah), tergantung pada jenis konstruksi generator yang digunakan dalam pembangkit listrik tersebut. Generator Shinko ini digunakan untuk menggerakkan sebagian peralatan pabrik yang berhubungan dengan listrik seperti gilingan dan ketel untuk memproses pengolahan tebu menjadi gula. Single Line Diagram dapat diperhatikan pada Gbr 2.

TABEL I
 Spesifikasi Generator Shinko 4500 KVA

Type	TK8L – AF – 1250
Capacity	4500 kVA
Volt	3150 Volts
Frekuensi	50 Hz
Load Cur.	825 Ampere
Arm Cur.	825 Ampere
Insul. Fld. Class	F
Insul. Arm. Class	B
Amb. Temp.	40o C
Rule	JEC – 114 . 146
Phase	3
Poles	4
PF	0,8
Exc. Volt.	140 V
Exc. Cur.	237 A
Temp. Rise Arm.	80o C
Temp. Rise Fld.	110o C
Weight	8100 kg

F. Flowchart Penelitian



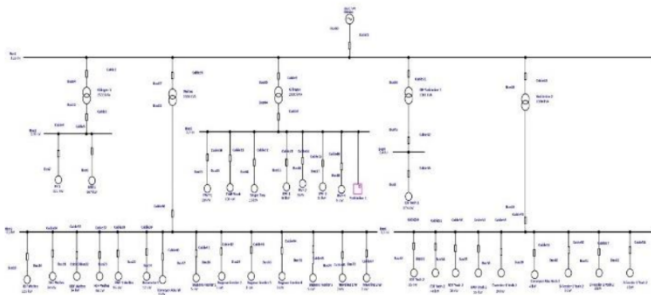
Gbr 3. Flowchart Penelitian

G. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya dalam sistem listrik dapat dilakukan dengan berbagai cara. Tujuan dari perbaikan faktor daya adalah untuk mengurangi daya reaktif, meningkatkan efisiensi penggunaan daya, dan menghindari konsekuensi yang mungkin merugikan. Peningkatan daya aktif atau reaktif akan diikuti oleh peningkatan daya semu. Selama peningkatan komponen daya aktif tidak melampaui kemampuan nominal peralatan, hal tersebut tidak akan menimbulkan masalah. Sebaliknya, peningkatan daya reaktif akan merugikan dari perspektif efisiensi penyaluran energi. Terdapat tiga jenis metode untuk perbaikan faktor daya dari segi lokasi pemasangan kapasitor bank, yaitu Individual Compensation, Group Compensation, dan Global Compensation

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini merupakan hasil dan pembahasan dari kegiatan penelitian tentang pengaruh kapasitor bank di pabrik gula Jatiroto. Data di Pabrik Gula Jatiroto yang telah didapatkan berupa nilai tegangan, nilai arus, dan nilai daya pada motor motor induksi pabrik. Setelah didapatkan semua data yang dibutuhkan, data tersebut disimulasikan menggunakan software ETAP 19.0.1. Pada simulasi tersebut dilakukan perbandingan untuk nilai faktor daya sebelum dipasang kapasitor bank dan sesudah dipasang kapasitor bank pada Generator Shinko 4500 KVA. *Single line diagram* generator Shinko 4500 KVA, dapat diperhatikan pada Gbr 4. Adapun data generator Shinko 4500 KVA tersebut dapat diperhatikan pada Tabel II.



Gbr 4. *Single Line Diagram* generator Shinko 4500 KVA

TABEL II
Data Generator Shinko 4500 KVA

Parameter	Hasil
Tegangan (Volt)	3150
Arus R (Ampere)	580
Arus S (Ampere)	580
Arus T (Ampere)	580
Cos phi	0,8
Daya Aktif (KW)	2531
Daya Semu (KVA)	3164
Daya Reaktif (KVAR)	1899

Generator Shinko 4500 KVA menyuplai daya listrik melewati 5 trafo, yaitu trafo gilingan 5 berkapasitas 2500 KVA dapat diperhatikan pada Tabel III, trafo gilingan berkapasitas 2500 KVA dapat diperhatikan pada Tabel IV, trafo IDF yoshimine 1 berkapasitas 1000 KVA dapat diperhatikan pada Tabel V, trafo weltes berkapasitas 2000 KVA dapat diperhatikan pada Tabel VI, dan trafo yoshimine 2 berkapasitas 1000 KVA dapat diperhatikan pada Tabel VII. Setelah didapatkan pasokan listrik dari generator, trafo-trafo tersebut akan menurunkan sesuai dengan kebutuhan distribusi motor motor industri pada pabrik gula.

Pada trafo gilingan 5, terdapat 2 motor yang beroperasi, yaitu PF 5 dan Mill 5. Motor motor tersebut berfungsi untuk menggerakkan mesin penggilingan untuk menggiling tebu. Pada trafo Gilingan, terdapat beberapa motor yang beroperasi pada stasiun ketel, motor tersebut berfungsi menggerakkan mesin boiler yoshimine untuk menghasilkan uap yang diperlukan dalam memproduksi gula. Beban Trafo IDF

Yoshimine 1, beban trafo Gilingan, dan sebagainya, merupakan beban - beban yang nantinya akan diukur parameter nilai tegangan dan arus untuk mengetahui berapa konsumsi daya yang digunakan dari generator shinko 4500 KVA.

TABEL III
Data Beban Trafo Giling 5

Beban	V (Volt)	I (Ampere)			I Rata rata	Cos Phi	Daya Aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)
		R	S	T					
PF 5	690	321	321	321	321	0,79	303	384	235
Mill 5	690	698	698	698	698	0,8	667	834	500

TABEL IV
Data Beban Trafo Gilingan

Beban	V (Volt)	I (Ampere)			I Rata rata	Cos Phi	Daya Aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)
		R	S	T					
FWP	393	142	144	143	143	0,91	89	37	40
FWP Stork	393	165	161	160	162	0,91	100	110	46
Single Tray	393	29	25	28	27	0,83	15	19	10
RVF 1	393	16	17	17	17	0,85	10	11	6
RVF 2	393	15	16	15	15	0,85	9	10	5
RVF 3	393	20	17	20	19	0,85	11	13	7
RVF 4	393	14	17	17	16	0,85	9	11	6
FDF	393	216	216	217	216	0,8	118	147	88
SFDF 1	393	43	44	47	45	0,87	26	30	15
SFDF 2	393	38	38	36	37	0,87	22	25	13
DRF 1	393	17	18	17	17	0,8	9	12	7
DRF 2	393	16	17	16	16	0,8	9	11	7
BDF	393	46	46	47	46	0,8	25	32	19
Pompa Deaerator	393	41	40	43	41	0,8	23	28	17
Bagasse Feeder 1 2	393	7	7	7	7	0,85	4	5	3
Bagasse Feeder 3 4	393	8	8	8	8	0,85	5	5	3
Bagasse Feeder 5 6	393	8	7	7	7	0,85	4	5	3
Travelling 1	393	5	4	5	5	0,8	3	3	2
Travelling 2	393	5	5	5	5	0,8	3	3	2
Conveyor Abu	393	6	7	6	6	0,8	3	4	3

TABEL V
Data Beban Trafo IDF Yoshimine 1

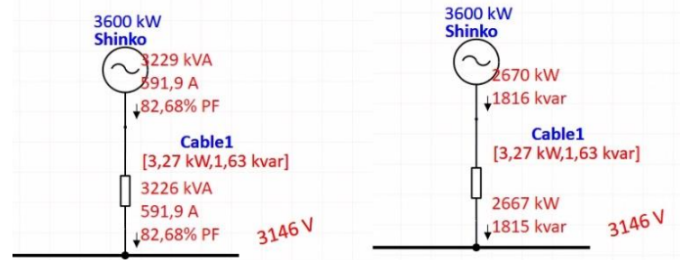
Beban	V (Volt)	I (Ampere)			I Rata rata	Cos Phi	Daya Aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)
		R	S	T					
IDF	394	604	602	608	605	0,91	375	413	171

TABEL VI
Data Beban Trafo Weltes

Beban	V (Volt)	I (Ampere)			I Rat a rata	Cos Phi	Daya Aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)
		R	S	T					
IDF	413	390	393	395	393	0,8	225	281	169
PAF	413	147	146	146	146	0,8	84	105	63
BDF	413	21	22	24	22	0,86	14	16	8
FDF	413	64	63	64	64	0,8	36	46	27
FWP	413	147	146	145	146	0,91	95	104	43
Pompa Deaerator	413	22	21	20	21	0,8	12	15	9
Conveyo r Abu	413	5	5	4	5	0,8	3	3	2
Bagasse Feeder 1	413	9	9	9	9	0,85	5	6	3
Bagasse Feeder 2	413	9	9	9	9	0,85	5	6	3
Bagasse Feeder 3	413	6	5	6	6	0,85	3	4	2
Bagasse Feeder 4	413	9	9	9	9	0,85	5	6	3
Bagasse Feeder 5	413	9	9	9	9	0,85	5	6	3
Traveling 1	413	3	3	4	3	0,8	2	2	1
Traveling 2	413	3	4	4	4	0,8	2	3	2

TABEL VII
Data Beban Trafo Yoshimine 2

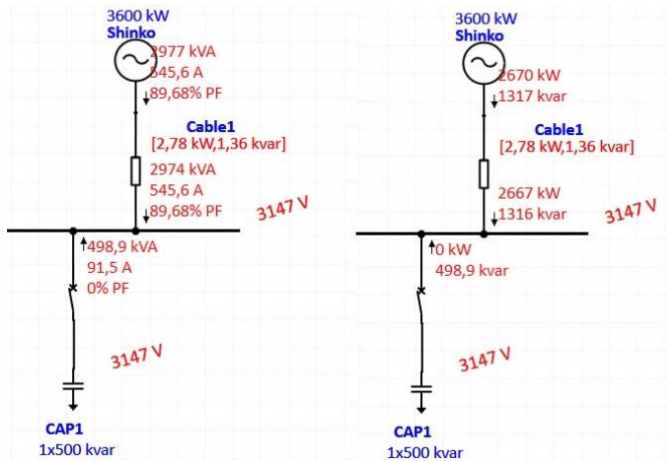
Beban	V (Volt)	I (Ampere)			I Rata rata	Cos Phi	Daya Aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)
		R	S	T					
IDF	362	181	176	183	180	0,84	95	113	61
FDF	362	88	87	88	88	0,8	44	55	33
BDF	362	50	51	52	51	0,8	26	32	19
FWP	362	96	98	96	97	0,91	55	61	25
Pompa Deaerator	362	47	48	48	48	0,8	24	30	18
Conveyor Abu	362	7	7	7	7	0,8	4	4	3
Bagasse Feeder 1	362	5	5	5	5	0,85	3	3	2
Bagasse Feeder 2	362	5	6	5	5	0,85	3	3	2
Bagasse Feeder 3	362	6	6	6	6	0,85	3	4	2



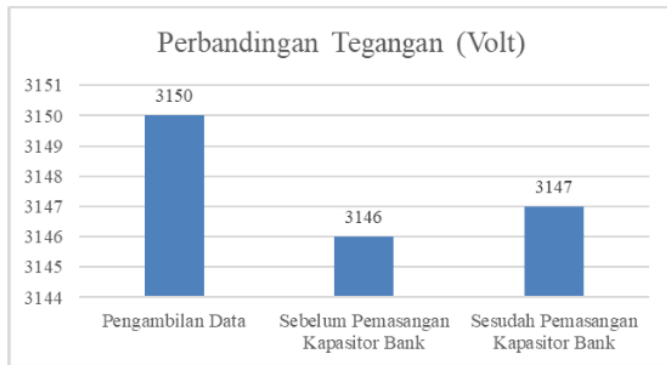
Gbr. 5 Hasil Simulasi pada Generator Shinko 4500 KVA sebelum pemasangan kapasitor

Sebagai hasil simulasi ETAP ketika sebelum pemasangan kapasitor, dapat diperhatikan pada Gbr 5. Setelah dilakukan running load flow analysis didapatkan generator shinko menyediakan kapasitas daya semu sebesar 3229 KVA, daya aktif sebesar 2670 KW, dan daya reaktif sebesar 1816 KVAR. Untuk nilai tegangan didapatkan sebesar 3146 volt saat turun menuju busbar dan arus pada generator sebesar 591,9 Ampere. Nilai faktor daya yang didapatkan dari hasil simulasi sebesar 82,68 persen atau 0,83. Padahal standar minimum umumnya, banyak penyedia listrik mengharuskan pelanggan industri dan komersial untuk menjaga faktor daya minimal sekitar 0.85. Jika faktor daya jatuh di bawah angka ini, pelanggan mungkin dikenakan denda atau biaya tambahan. Oleh karena itu diharapkan dengan penambahan kapasitor bank, hal tersebut dapat diatasi dan mencapai faktor daya ideal. Faktor daya yang lebih tinggi berarti energi yang lebih sedikit hilang sebagai daya reaktif, sehingga meningkatkan efisiensi sistem. Pada percobaan di simulasi ini, faktor daya yang ingin ditingkatkan menjadi sebesar 0,9. Sesuai dengan persamaan (8), nilai PF1 0,83 dan nilai PF2 0,9, maka didapatkan Qc sebesar 499,29 KVAR. Perhitungan rumus tersebut, maka akan diperoleh kebutuhan kapasitor bank yang diinginkan. Berikut perhitungan kebutuhan kapasitor bank yang akan dipasang pada generator shinko jika faktor daya yang diinginkan sebesar 0,9 atau 90% untuk mendapatkan faktor daya ideal dan mengkompensasi daya reaktif.

Sebagai hasil simulasi ETAP ketika setelah pemasangan kapasitor, dapat diperhatikan pada Gbr 6. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dan running load flow analysis, didapatkan generator Shinko kapasitas daya semunya sebesar 2977 KVA, daya aktif sebesar 2670 KW, dan daya reaktif sebesar 1317 KVAR. Untuk nilai tegangan didapatkan sebesar 3147 volt saat turun menuju busbar dan arus pada generator sebesar 545,6 Ampere. Nilai faktor daya yang didapatkan dari hasil simulasi sebesar 0,9 atau 89,68%.



Gbr. 6 Hasil simulasi pada Generator Shinko 4500 KVA setelah pemasangan kapasitor

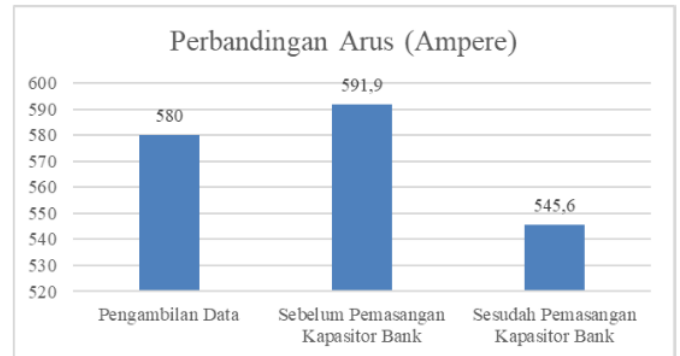


Gbr. 7 Diagram batang tegangan

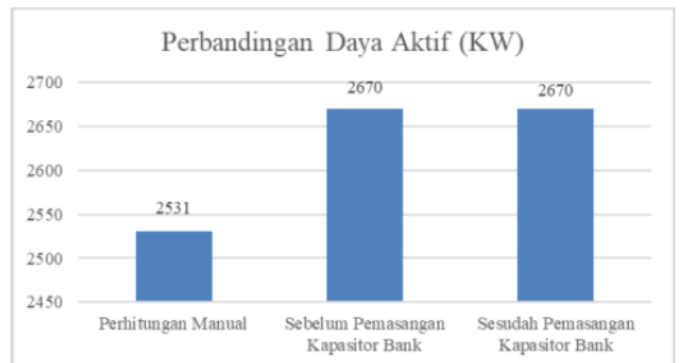
Analisis Perbandingan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank. Saat melakukan pengambilan data langsung, nilai tegangan didapatkan sebesar 3150 volt. Setelah dilakukan running simulasi, didapatkan nilai tegangan 3146 volt di busbar yang terhubung generator. Hal tersebut merupakan tegangan jatuh yang mungkin disebabkan oleh panjang kabel. Semakin panjang kabel, semakin besar resistansinya dan semakin besar tegangan jatuhnya. Namun, setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank, nilai tegangan akhirnya naik menjadi 3147 volt, dapat diperhatikan pada Gbr 7. Hal ini juga berhubungan dengan nilai arus dan daya reaktif. Setelah melakukan pemasangan kapasitor bank, daya reaktif ini dikompensasi sehingga mengurangi total arus dalam sistem dan memperbaiki tegangan jatuh karena nilai tegangan dan arus berbanding terbalik pada rumus persamaan daya.

Pada pengambilan data langsung dengan nilai arus didapatkan sebesar 580 ampere, dapat diperhatikan pada Gbr 8. Saat dilakukan running simulasi, nilai arus 591,9 ampere. Setelah dipasang kapasitor bank, nilai arus turun menjadi 545,6 ampere. Hal tersebut disebabkan karena adanya pengurangan daya reaktif. Daya reaktif ini tidak melakukan kerja nyata tetapi menghasilkan arus tambahan yang mengalir dalam sistem. Kapasitor bank menyediakan daya reaktif lokal di titik pemasangan, sehingga mengurangi kebutuhan daya reaktif dari

generator shinko. Akibatnya, arus total yang mengalir dari generator berkurang.



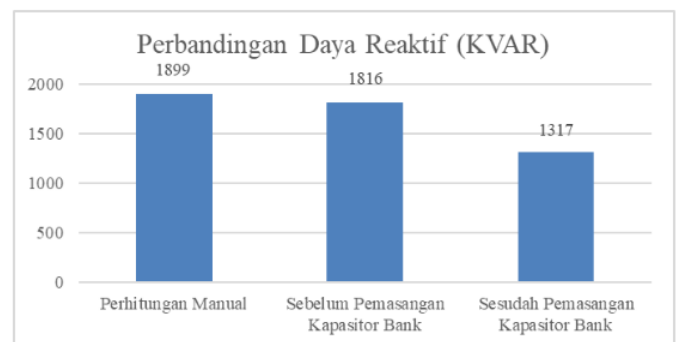
Gbr. 8 Diagram Batang Arus



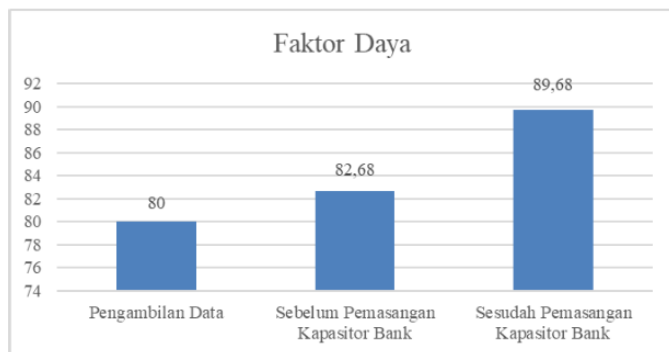
Gbr. 9 Diagram Batang Daya Aktif



Gbr. 10 Diagram Batang Daya Semu



Gbr. 11 Diagram Batang Daya Reaktif



Gbr. 12 Diagram Batang Faktor Daya

Pada perhitungan manual, nilai daya aktif didapatkan sebesar 2531 KW, dapat diperhatikan pada Gbr 9. Saat dilakukan running simulasi, nilai daya aktif 2670 KW. Namun, setelah dipasang kapasitor bank, nilai daya aktif ternyata tetap 2670 KW. Hal ini dikarenakan daya aktif adalah komponen yang melakukan kerja nyata atau daya yang langsung digunakan oleh motor industri pabrik sehingga tidak terpengaruh oleh perubahan dalam daya reaktif atau faktor daya.

Pada perhitungan manual untuk nilai daya semu didapatkan sebesar 3164 KVA, dapat diperhatikan pada Gbr 10. Saat dilakukan running simulasi, nilai daya semu 3226 KVA. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank, nilai daya semu menjadi turun sebesar 2977 KVA. Hal ini dikarenakan daya semu merupakan kombinasi penjumlahan trigonometri segitiga daya dari daya aktif dan daya reaktif. Karena kapasitor bank mengkompensasi nilai daya reaktif, maka hal tersebut akan berdampak pada nilai daya semu pada sumber atau generator dan ikut berkurang kebutuhan daya semu yang disuplai ke beban motor.

Pada perhitungan manual untuk nilai daya reaktif didapatkan sebesar 1899 KVAR, dapat diperhatikan pada Gbr 11. Saat dilakukan running simulasi, didapatkan nilai daya reaktif sebesar 1816 KVAR. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank, nilai daya reaktif menjadi turun sebesar 1317 KVAR. Hal ini dikarenakan kapasitor bank menyediakan daya reaktif kapasitif yang mengimbangi daya reaktif induktif yang ditarik oleh beban induktif. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank sebesar 500 KVAR, kapasitor bank tersebut akan mengimbangi daya reaktif yang ditarik oleh beban. Sehingga daya reaktif yang berasal dari generator akan dikompensasi dan diserap oleh kapasitor bank. Menyebabkan daya reaktif pada generator akan turun dan meningkatkan efisiensi listrik pada generator shinko.

Pada pengambilan data untuk nilai faktor daya didapatkan sebesar 80, dapat diperhatikan pada Gbr 12. Saat dilakukan running simulasi, didapatkan nilai faktor daya sebesar 82,68. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank, nilai faktor daya menjadi naik sebesar 89,68. Hal ini membuktikan bahwa dengan melakukan pemasangan kapasitor bank pada generator shinko 4500 KVA. Nilai faktor daya pada generator dapat ditingkatkan. Kapasitor bank berfungsi dengan cara

menyediakan daya reaktif kapasitif yang sebanding dengan daya reaktif induktif yang ditarik oleh beban induktif. Dengan mengurangi daya reaktif total dalam sistem, kapasitor bank meningkatkan faktor daya, mengurangi arus total, dan meningkatkan stabilitas dan efisiensi sistem kelistrikan.

IV. KESIMPULAN

Pada bagian ini merupakan kesimpulan dari penelitian pengaruh penggunaan kapasitor bank terhadap perbaikan faktor daya pada generator Shinko 4500 KVA di pabrik Gula Jatiroto. Sebagai kesimpulan terdapat jumlah kebutuhan kapasitor bank, dan pengaruh penggunaan kapasitor bank tersebut dapat memperbaiki faktor daya pada generator shinko 4500 KVA yang semula 82,68 menjadi 89,68. Pengaruh penggunaan kapasitor bank terhadap konsumsi daya listrik yaitu saat sebelum pemasangan kapasitor bank didapatkan nilai daya aktif 2531 KW, saat simulasi nilai daya aktif 2670 KW, setelah dipasang kapasitor bank nilai daya aktif didapatkan tetap 2670 KW.

Pada daya semu saat perhitungan manual didapatkan 3164 KVA, saat simulasi didapatkan 3226 KVA, dan setelah dipasang kapasitor bank didapatkan turun menjadi 2977 KVA. Pada daya reaktif saat perhitungan manual didapatkan 1899 KVAR, saat simulasi 1816 KVAR, dan setelah dipasang kapasitor bank didapatkan turun menjadi 1317 KVAR. Hal tersebut menunjukkan kapasitor bank telah mengurangi daya reaktif yang harus disuplai jaringan listrik, instalasi menjadi lebih efisien, dan penurunan daya semu menunjukkan arus total di jaringan juga turun, sehingga peralatan bekerja lebih ringan.

REFERENSI

- [1] R. B. Navesi, D. Nazarpour, R. Ghanizadeh, and P. Alemi, "Switchable Capacitor Bank Coordination and Dynamic Network Reconfiguration for Improving Operation of Distribution Network Integrated with Renewable Energy Resources," *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, vol. 10, no. 3, pp. 637–646, 2022, doi: 10.35833/MPCE.2020.000067.
- [2] M. S. Rahman, A. Memy, M. A. Mahmud, and S. Siddique, "Automatic Power Factor Measurement And Improvement Using Capacitor Bank," in *2022 IEEE International Power and Renewable Energy Conference (IPRECON)*, 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/IPRECON55716.2022.10059553.
- [3] D. Četković and V. Komen, "Optimal Distributed Generation and Capacitor Bank Allocation and Sizing at Two Voltage Levels," *IEEE Syst J*, vol. 17, no. 4, pp. 5831–5841, 2023, doi: 10.1109/JSYST.2023.3280673.
- [4] C. Lv, J. Liu, Y. Zhang, J. Yin, and X. Zhang, "A High-Resolution Analytical Thermal Modeling Method of Capacitor Bank Considering Thermal Coupling and Different Cooling Modes," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 38, no. 6, pp. 7674–7684, 2023, doi: 10.1109/TPEL.2023.3245629.
- [5] A. B. G. Hoffmann, C. H. Beuter, A. L. S. Pessoa, L. R. A. Ferreira, and M. Oleskovicz, "Techniques for the diagnosis of oscillatory transients resulting from capacitor bank switching in medium voltage distribution systems," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 133, p. 107198, 2021, doi: https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.107198.

- [6] R. Moxley, J. Pope, and J. Allen, "Capacitor bank protection for simple and complex configurations," in *2012 65th Annual Conference for Protective Relay Engineers*, 2012, pp. 436–441. doi: 10.1109/CPRE.2012.6201251.
- [7] B. M. Kovalchuk *et al.*, "Capacitor Bank Module for a Multimegajoule Energy Storage," *IEEE Transactions on Plasma Science*, vol. 36, no. 5, pp. 2651–2657, 2008, doi: 10.1109/TPS.2008.2004242.
- [8] A. T. Nugraha and R. P. Eviningsih, *Konsep Dasar Elektronika Daya*. Deepublish, 2022.
- [9] A. Dani and M. Hasanuddin, "Perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif (studi kasus STT Sinar Husni)," in *Seminar Nasional Royal (SENAR)*, 2018, pp. 673–678.
- [10] E. Yendi and L. Sigit, "Analisa perbaikan faktor daya sistem kelistrikan," *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 103–113, 2021.
- [11] D. T. Wibowo, "ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK DIMASJID AGUNG SERDANG BEDAGAI," *Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara*, 2023.
- [12] M. Mustamam and A. R. Lubis, "Peredaman Harmonik Arus pada Personal Computer All In One Menggunakan Passive Single Tuned Filter," *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 3, no. 1, pp. 59–63, 2018.

