

Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya dan Penghematan Biaya Listrik Berbasis Simulasi *Software ETAP 20*

Aisyah Indah Almira¹, Toto Tohir², Supriyanto³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

¹E-mail : aisyah.indah.tlis21@polban.ac.id

²E-mail : toto.tohir@polban.ac.id

³E-mail : supriyanto_suhono@polban.ac.id

ABSTRAK

PT Trimas Sarana Garment merupakan industri skala besar yang bergerak di bidang pembuatan bahan tekstil seperti pakaian dan celana untuk di ekspor ke luar negeri. Pada proses produksinya industri ini banyak memasang beban yang di dalamnya terpasang kumparan kawat (induktor) sehingga membutuhkan daya reaktif yang besar dan memiliki kemungkinan untuk terus bertambah. Hal ini yang menyebabkan faktor daya pada PT Trimas Sarana Garment menurun. Untuk menangani permasalahan tersebut, industri ini memasang beberapa bank kapasitor sebagai upaya peningkatan faktor daya dan perbaikan permasalahan lainnya seperti menurunkan arus, daya reaktif, daya semu. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisa efek pemasangan bank kapasitor terhadap faktor daya saat ini (0,94) serta berapa penghematan biaya listrik yang telah dilakukan. Dengan metodologi berbasis simulasi ETAP 20 dan perhitungan segitiga daya diperoleh nilai faktor daya mula-mula 0,84 dan 0,61 berdasarkan pembebanan yang berbeda, yang kemudian dilakukan kompensasi daya reaktif sebesar 67,9 kVar dan 284,96 kVar berasal dari bank kapasitor sehingga faktor daya meningkat. Penghematan biaya tagihan listrik yang diperoleh sesudah pemasangan bank kapasitor sebesar Rp. 377.512,21 per bulan. dan Rp. 41.434.885,6/bulan.

Kata Kunci

Bank Kapasitor, Faktor Daya, Biaya Tagihan Listrik, ETAP 20.

PT Trimas Sarana Garment is a large-scale industry engaged in the manufacture of textile materials such as clothing and pants for export abroad. In the production process, this industry installs many loads containing wire coils (inductors) so that it requires large reactive power has the possibility to continue to grow. This causes the power factor at PT Trimas Sarana Garment to decrease. To solve this problem, this industry installed several capacitor banks as an effort to increase the power factor and improve other problems such as reducing current, voltage drop, reactive power, apparent power. Therefore, the purpose of this Final Project is to analyze the effect of installing capacitor banks on the current power factor (0.94) and how much electricity cost savings have been made. With ETAP 20 simulation-based methodology and power triangle calculation, the initial power factor value based on different loading schemes is 0.84 and 0.61, which is then compensated for reactive power of 67.9 kVar and 284.96 kVar coming from the capacitor bank so that the power factor increases. Electricity bill cost savings obtained after the installation of capacitor banks amounted to Rp. 377,512.21 per month. and Rp. 41,434,885.6 per month.

Keywords

Capacitor Bank, Power Factor, Electricity Bill Cost, ETAP 20

1. PENDAHULUAN

Industri umumnya memiliki kapasitas pasokan energi listrik yang besar untuk melayani berbagai variasi beban yang terpasang untuk menunjang proses produksinya. Di antara ketiga jenis beban yang memiliki pengaruh besar terhadap sistem kelistrikan di suatu

industri yaitu pemasangan beban induktif. Hal ini dikarenakan prinsip kerja beban induktif yang bekerja dengan mengandalkan medan magnet, di mana untuk membangkitkan medan magnet memerlukan daya reaktif dengan jumlah yang besar yang akan menghasilkan fluks magnet sehingga beban induktif bisa beroperasi [1].

Apabila suatu industri memasang banyak beban induktif maka akan mengakibatkan kebutuhan daya reaktif meningkat yang menyebabkan faktor daya menurun. Selain permasalahan kualitas daya listrik yang menurun, hal ini juga menyebabkan adanya peningkatan biaya tagihan listrik karena berdasarkan PERMEN ESDM No. 28 Tahun 2016 Tentang Tarif Tenaga Listrik oleh PLN, suatu industri yang memiliki faktor daya yang rendah di bawah standar 0,85 akan dikenakan biaya denda penalti [2].

Seperti halnya pada PT Trimas Sarana Garment yang termasuk pelanggan I-3 dengan kapasitas pasokan daya sebesar 555 KVA dan di dalamnya memasang beberapa variasi beban yang didominasi oleh beban induktif sehingga menyebabkan faktor daya menurun. Oleh karena itu, PT Trimas Sarana Garment telah memasang kapasitor bank untuk menangani permasalahan tersebut, sehingga faktor daya kelistrikannya meningkat dan dapat menghemat biaya tagihan listrik dengan menghindari adanya denda penalti kelebihan kVARh.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ahmad Zhafran, Aripin dan Hadi [3] bahwa pemasangan kapasitor bank tidak hanya berpengaruh terhadap peningkatan nilai faktor daya, kapasitor bank juga berpengaruh pada penurunan arus. Menurut Novita Afrianti [4], pengaruh kapasitor bank juga dapat menurunkan rugi-rugi daya pada jaringan sehingga bisa menyebabkan adanya kerugian dalam pembayaran tagihan listrik. Selain itu, pemasangan kapasitor bank juga berpengaruh terhadap nilai jatuh tegangan jika dilihat dari hasil simulasi ETAP 19 yang dilakukan oleh Bagus, Agus dan Fahrudin [5]. Berdasarkan penelitian Danang Aji [6] menyebutkan bahwa pemilihan metode penempatan kapasitor bank pun mempengaruhi seberapa pengaruh kapasitor bank pada sistem kelistrikan. Menurut Mudjiono, Budi dan Nino [7] menjelaskan bahwa pemasangan kapasitor bank dengan nilai yang terlalu besar juga dapat mengakibatkan gelombang arus mendahului tegangan sehingga timbul kerugian daya, maka dari itu sangat penting untuk menentukan nilai kapasitor bank yang terpasang.

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka penulis melakukan analisa pengaruh sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank terhadap faktor daya dan penghematan biaya listrik yang telah dilakukan industri dengan

menggunakan 2 skema pembebanan yaitu kondisi pembebanan terkini dan kondisi apabila pembebanan meningkat. Untuk mendapatkan hasil analisa, penulis menggunakan perangkat lunak ETAP 20 untuk menyimulasikan data pengukuran untuk melihat perbedaan sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank pada sistem kelistrikan pabrik. Selain itu juga, penulis menggunakan prinsip perhitungan segitiga daya untuk menganalisa pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap faktor daya dan untuk mengkaji penghematan biaya tagihan listrik perusahaan penulis menggunakan informasi golongan tarif yang dikenakan perusahaan oleh PLN.

1.1 Jenis Daya

1) Daya Aktif

Daya aktif disebut juga daya nyata adalah daya rata-rata yang sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban [8].

$$P = V.I. \cos \phi \text{ (1 fasa)} \quad (1)$$

$$P = \sqrt{3}.V.I. \cos \phi \text{ (3 fasa)} \quad (2)$$

2) Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan [8].

$$S = V.I \text{ (1 fasa)} \quad (3)$$

$$S = \sqrt{3}.V.I \text{ (3 fasa)} \quad (4)$$

3) Daya Reaktif

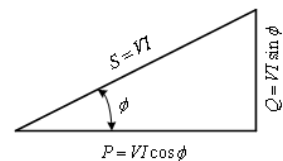
Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet [8].

$$Q = V.I. \sin \phi \text{ (1 fasa)} \quad (5)$$

$$Q = \sqrt{3}.V.I. \sin \phi \text{ (3 fasa)} \quad (6)$$

1.2 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan hubungan dari ketiga jenis daya yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu berdasarkan prinsip trigonometri. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi segitiga daya.



Gambar 1. Segitiga Daya

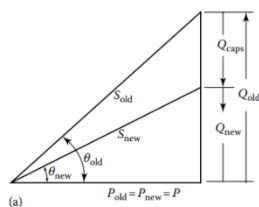
1.3 Kapasitor Bank

Bank kapasitor terdiri dari sekumpulan kapasitor yang dihubungkan secara paralel sesuai dengan kapasitas tertentu. Besaran yang dipakai yaitu Kvar (Kilo Volt Ampere) dengan besaran kapasitansi dalam Farad atau microFarad. Bank kapasitor memiliki sifat listrik yang kapasitif (*leading*) sehingga bisa mengurangi/menghilangkan sifat induktif (*lagging*) [6].

$$C = \frac{Qc}{V^2 \cdot \omega} \quad (7)$$

1.4 Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya sederhananya dapat diartikan sebagai indikator efisiensi energi. Berdasarkan perhitungan, faktor daya merupakan rasio daya aktif (kW) dengan daya semu (kVA) [9]. Perbaikan faktor daya merupakan upaya yang dilakukan untuk menaikkan nilai faktor daya atau *cosphi* agar mendekati nilai 1. Hal ini perlu dilakukan karena apabila faktor daya dibiarkan rendah maka akan menimbulkan berbagai permasalahan dalam jaringan seperti tingginya arus, memperbesar jatuh tegangan dan rugi-rugi daya sehingga sistem kelistrikan tidak efisien dan bisa merusak alat [10]. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan faktor daya dengan cara menyeimbangkan antara sifat kapasitif dan induktif dalam sistem kelistrikan dengan cara memasang bank kapasitor[11]. Gambar 2 di bawah ini merupakan ilustrasi perbaikan faktor daya melalui kompensasi daya reaktif.



Gambar 2. Perbaikan Faktor Daya

1.5 ETAP

Software ETAP (Electrical Transient and Analysis Program) merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk kebutuhan perancangan ataupun simulasi suatu jaringan tenaga listrik, terutama pada sistem distribusi yang mampu bekerja dalam keadaan *offline* dan *online* untuk memonitoring, mengendalikan dan mengelola data secara *real-time*. *Software* ini menawarkan berbagai macam fitur antara lain untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi [12].

1.6 Perhitungan Biaya Penalti kVARh

Untuk menghitung biaya penalti kVARh yang bisa disimpulkan sebagai penghematan biaya listrik apabila memasang kapasitor bank, maka perlu dihitung terlebih dulu kelebihan pemakaian kVARh dengan rumus berikut.

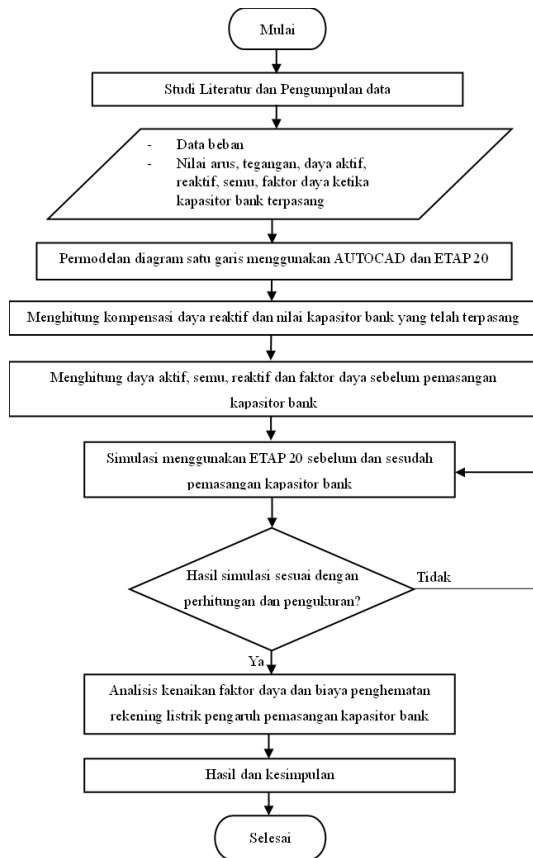
$$Qf = Q - (0,62 \times P) \quad (8)$$

Setelah itu dapat dihitung denda penalti kVARh dengan mengalikan biaya kelebihan per kVARh sesuai golongan tarif industri.

$$\text{Denda } kVarh = Qf \times \text{biaya} / kVarh \text{ tiap golongan} \quad (9)$$

2. METODOLOGI PELAKSANAAN

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode kuantitatif berbasis simulasi. Dalam metode ini dimaksudkan untuk mengkaji data kelistrikan terutama pada kapasitor bank yang terpasang di PT Trimas Sarana Garment yang beralamat di Jalan Raya Kopo Km 7 No. 82. Sebagai upaya memperbaiki nilai faktor daya yang rendah akibat penggunaan beban induktif yang dominan untuk menunjang proses produksinya maka industri telah memasang beberapa kapasitor bank. Dengan penelitian ini, penulis ingin lebih memahami bagaimana kapasitor bank dapat mempengaruhi nilai faktor daya, arus, daya reaktif, daya semu dan juga biaya tagihan listrik yang dikenakan industri. Dengan menggunakan perhitungan prinsip segitiga daya dan simulasi ETAP 20 maka bisa didapatkan hasil analisa sesuai dengan tujuan. Gambar 3 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

2.1.1 Pengumpulan Data

Untuk menunjang kebutuhan simulasi, perhitungan dan analisa, penulis mengumpulkan data yang diperoleh dengan cara pengukuran secara langsung pada LVMDP, SDP dan panel kapasitor. Selain itu juga dilakukan wawancara kepada teknisi kelistrikan. Total pengambilan data dimulai pada bulan Maret sampai dengan Mei. Dan pengukuran pada LVMDP untuk mendapatkan nilai daya aktif, semu, reaktif dan faktor daya pabrik dilakukan selama 3 hari pada tanggal 26, 30 April dan 2 Mei 2024 menggunakan. Pengukuran dilakukan selama 9 jam dimulai pukul 07.00 sampai 17.00 dengan kondisi kapasitor bank telah terpasang.

2.1.2 Kapasitas Daya dan Golongan Tarif

PT Trimas Sarana Garment memiliki kapasitas pasokan daya dari PLN sebesar 555 KVA yang pada PERMEN ESDM 28 Tahun 2016 tentang Tarif Tenaga Listrik termasuk golongan tarif untuk layanan khusus pada keperluan industri I-3 tegangan menengah. Biaya untuk golongan tarif layanan khusus ini diberlakukan

penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (*Tarif Adjustment*) [13].

Biaya/kWh blok WB = $K \times \text{Rp.1035,78}$

Biaya/kWh blok LWBP = Rp.1035,78

Biaya/kWh = Rp.1114,74

2.1.3 Trafo dan SDP

Trafo yang terpasang sebesar 630 KVA 20/0,4 KV. Tabel 1 menunjukkan rincian trafo yang terpasang.

Tabel 1. Nameplate Trafo

TRAFO UNINDO	
Nominal Rating	630 Kva
Vector Group	DYn5
Nominal Voltage	20/0,4 Kv
Nominal Current	Primary 18,2 A Secondary 909,3 A
Impedance Voltage	4%
Cooling ONAN Type of Oil	Mineral Oil
Temperature rise (°C)	Oil: 60 Winding: 65
Insulation Level	125 Kv
Total Weight	1760 Kg
Oil Weight	475 Kg

Dengan kapasitas pasok daya dan trafo di atas, pabrik ini mempunyai 21 SDP dengan kapasitas dan beban masing-masing SDP yang berbeda.

2.1.4 Kapasitor Bank Terpasang

Kapasitor Bank yang terpasang sebanyak 15 step dengan 2 kapasitas yang berbeda, yaitu 23,20 kVar sebanyak 8 step dan 30 kVar sebanyak 7 step sehingga total kompensasi daya reaktif yang disediakan sebesar 395,6 Kvar. Dengan pengaturan bank kapasitor secara otomatis menggunakan *Power Factor Regulation* sehingga bank kapasitor yang beroperasi disesuaikan dengan beban yang terpakai dan faktor daya yang ditentukan yaitu 0,94. Namun dengan kondisi pembebanan saat ini dengan produksi yang tidak terlalu besar maka rata-rata kapasitor bank yang beroperasi hanya 3 step.

2.1.5 Faktor Daya Awal

Rata-rata nilai faktor daya sebelum terpasang bank kapasitor yaitu 0,84 jika dilihat dari hasil pengukuran secara langsung ketika bank kapasitor dimatikan menggunakan alat ukur Metrel PowerQ.

Tabel 2. Faktor Daya Awal

Pengukuran	L1 (R)	L2 (S)	L3 (T)	Rata-Rata
Faktor Daya	0,81	0,86	0,84	0,84

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran faktor daya ketika kapasitor bank tidak terpasang.

2.1.6 Daya Ketika Kapasitor Bank Terpasang

Tabel 3 menunjukkan data yang diperoleh dengan cara pengukuran secara langsung menggunakan alat ukur Metrel Power Quality 2792 pada LVMDP keluaran trafo. Pengukuran dilakukan selama 3 hari pada tanggal 26 dan 30 April serta 2 Mei 2024. Pengukuran dilakukan selama kurang lebih 9 jam dimulai pukul 07.30 sampai 17.00.

Tabel 3. Rata-Rata Pengukuran

Hari	P (Kw)	S (Kva)	Q (kVar)	Cosp ₁	I (A)	V (Volt)
1	245,81	263,4	92,072	0,93	371,56	399,88
2	243,27	256,86	79,2	0,94	375,52	401,39
3	242,37	254,94	75,15	0,94	375,16	400,45
Rata-rata	243,82	258,4	82,14	0,94	374,08	400,57

hari yang kemudian dirata-ratakan. Nilai faktor daya dapat dihitung nilai faktor dayanya menggunakan rumus berikut. [14]

$$Q_c = 69,6 \text{ kVar}$$

$$P = 245,8 \text{ kW}$$

$$\cos \phi_2 = 0,93 = 21,56$$

Sehingga dapat dihitung,

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$69,6 = 245,8 (\tan \phi_1 - \tan 21,56)$$

$$\tan \phi_1 = 0,67$$

$$\phi_1 = 33,82$$

$$\cos \phi_1 = \cos 33,82 = 0,83$$

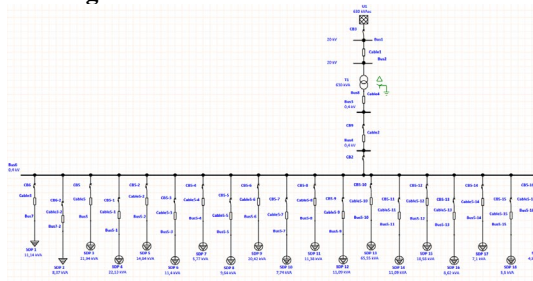
Begitupun cara perhitungan pada data hari kedua dan ketiga. Sehingga dapat diperoleh rata-rata nilai faktor daya sebelum pemasangan kapasitor bank yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Rata-rata Nilai Cos ϕ_1

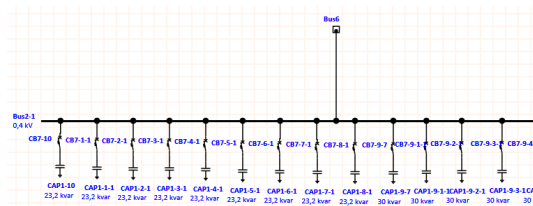
Hari	Cos ϕ_1	Cos ϕ_2
1	0,83	0,93
2	0,84	0,94
3	0,84	0,94
rata-rata	0,84	0,94

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Diagram Satu Garis



Gambar 4. Diagram Satu Garis



Gambar 5. Kapasitor Bank

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan kondisi sistem kelistrikan pada pabrik yang memiliki 21 SDP dan terdapat 15 kapasitor bank yang terpasang. Diagram satu garis ini diperlukan untuk simulasi ETAP 20.

3.2 Perhitungan

3.2.1 Faktor Daya

Perhitungan nilai faktor daya sebelum pemasangan kapasitor bank ($\cos \phi_1$) berdasarkan data hasil pengukuran selama 3

3.2.2 Daya Semu dan Arus

Berdasarkan prinsip segitiga daya, pemasangan kapasitor bank sebagai upaya perbaikan faktor daya akan menyebabkan perubahan pada nilai daya semu dan arus [15]. Sehingga perlu dilakukan perhitungan daya semu dan arus ketika kapasitor bank tidak terpakai sebagai perbandingan.

Hari Pertama

$$S_2 = 263,4 \text{ kVA}$$

$$P = 245,812 \text{ kW}$$

$$V = 399,88 \text{ V}$$

$$\cos \phi_1 = 0,83$$

Sehingga dapat dihitung nilai daya semu,

$$S_1 = \frac{P_1}{\cos \phi_1}$$

$$S_1 = 294,15 \text{ kVA}$$

Dan arus,

$$I_1 = \frac{S_1}{V \times \sqrt{3}}$$

$$I_1 = 424,6 \text{ A}$$

Begitu pula cara menghitung pada hari kedua dan ketiga, sehingga didapat hasil yang ditunjukkan di Tabel 5.

Tabel 5. Daya Semu dan Arus Sebelum Kapasitor Bank

Hari	S ₁ (kVA)	S ₂ (kVA)	I ₁ (A)	I ₂ (A)
1	294,15	263,4	424,6	371,56
2	289,6	256,86	418	375,5
3	288,53	254,94	416,45	375,16
Rata-Rata	290,76	258,4	419,68	374,07

3.2.3 Daya Reaktif

Daya reaktif sebelum pemasangan kapasitor dihitung dengan menjumlahkan daya reaktif setelah pemasangan kapasitor bank (Q_2) 82,14 kVar dan daya reaktif kompensasi (Q_C). Berdasarkan hasil pengukuran dan data yang diambil pada panel kapasitor, Q_C sebesar 67,9 kVar. Maka daya reaktif rata-rata ketika kapasitor bank tidak terpasang, sebagai berikut.

$$Q_1 = Q_C + Q_2$$

$$Q_1 = 67,9 + 82,14 = 150,04 \text{ kVar}$$

3.2.4 Pembahasan

Pengaruh pemasangan bank kapasitor pada sistem kelistrikan pabrik tidak hanya bisa memperbaiki nilai faktor daya, berdasarkan perhitungan manual menunjukkan perubahan nilai pada beberapa besaran seperti daya semu, daya reaktif dan arus. Tabel 6 menunjukkan perbandingan sebelum dan sesudah pemasangan bank kapasitor.

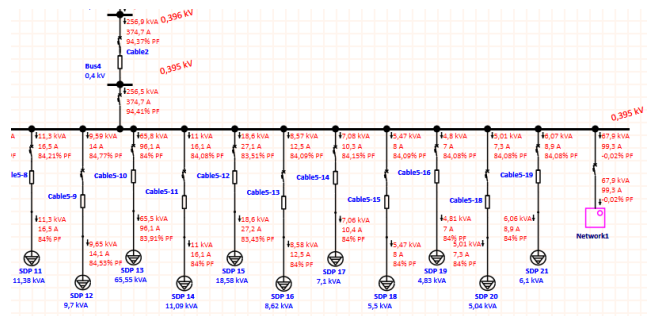
Tabel 6 Sebelum dan sesudah Kapasitor Bank

Kondisi	V (Vo lt)	P (k W)	Q (kVa r)	S (kV A)	Cos phi	I (A)
Sebelum (1)	39	241,7	152,2	285,6	0,84	419,5
Sesudah (2)	39	242,5	84,5	256,5	0,94	374,7

Berdasarkan prinsip segitiga daya dan perhitungan manual terlihat adanya pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap faktor daya karena sudut yang terbentuk dari perbaikan faktor daya ini mengecil dari $32,85^\circ$ menjadi $18,77^\circ$ sehingga $\cos\phi$ meningkat menjadi 0,94. Semakin baik nilai faktor daya maka pasokan daya semu akan menurun dan pemakaian daya semu akan lebih optimal, sebaliknya jika faktor daya buruk maka daya semu akan meningkat namun hanya sedikit daya semu yang dapat digunakan hal ini disebabkan karena efisiensi jaringan yang buruk akibat rendahnya nilai faktor daya. Rendahnya nilai faktor daya juga berpengaruh terhadap arus yang mengalir, berdasarkan perhitungan didapatkan nilai arus sebelum perbaikan faktor daya (I_1) sebesar 419,5 A sedangkan arus setelah perbaikan faktor daya (I_2) sebesar 374,7 A. Ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai faktor daya, arus yang mengalir pada jaringan distribusi akan semakin rendah. Dengan rendahnya nilai arus maka akan mengurangi panas di rangkaian kabel sehingga dapat mengurangi daya yang terbuang.

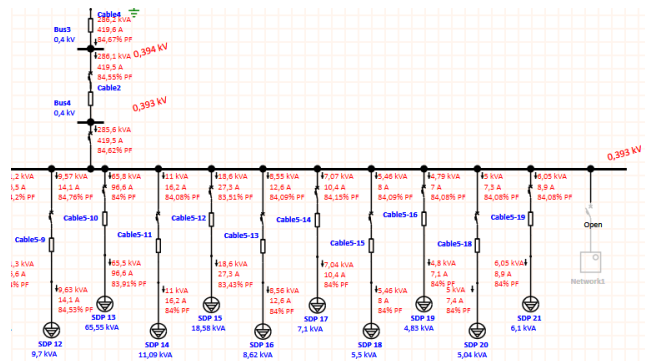
3.3 Simulasi ETAP 20

Simulasi sistem jaringan ETAP 20 pada analisa ini menggunakan fitur *Load Flow* atau Aliran Daya. Simulasi aliran daya ini digunakan untuk melihat pendistribusian daya pada setiap saluran ketika jaringan memakai bank kapasitor dan ketika jaringan tidak memakai bank kapasitor. Sehingga bisa di analisa pengaruh penggunaan bank kapasitor pada jaringan terhadap faktor daya. Dengan kapasitor bank yang beroperasi sebanyak 3 step kapasitor dengan kapasitas kompensasi daya reaktif masing-masing kapasitor sebesar 23,2 kVar.



Gambar 6. Simulasi Kapasitor Bank Terpasang

Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi sistem kelistrikan ketika kapasitor bank terpasang memiliki nilai faktor daya yang baik sebesar 94,41% atau 0,94, arus sebesar 374,7 A dan daya semu 256,5 Kva. Sedangkan ketika kapasitor bank tidak terpakai maka di dapatkan hasil simulasi sebagai berikut.



Gambar 7. Simulasi Kapasitor Bank Tidak Terpasang

Gambar 7 menunjukkan hasil simulasi apabila kapasitor bank tidak digunakan. Faktor daya menurun menjadi 84,62 % atau 0,84. dengan arus yang mengalir membesar menjadi 419,5 A. Nilai daya aktif, reaktif dan semu sebesar 241,7 kW, 152,2 kVar dan 285,6 kVA. Nilai hasil simulasi dan perhitungan mendapatkan nilai yang sama dan menyerupai.

3.4 Perhitungan Biaya Listrik dan Penghematannya

Penghematan biaya listrik yang dimaksud adalah faktor dari biaya denda penalti atas kelebihan pemakaian kVarh yang dikenakan pada perusahaan apabila perusahaan memiliki faktor daya kurang dari 0,85. Hal ini telah ditetapkan di PERMEN ESDM No 28 Tahun 2016 Tentang Tarif Tenaga Listrik oleh PLN. PT Trimas Sarana Garment termasuk pada golongan tarif I-3/TM dengan daya 555 KVA yang beroperasi selama 9 jam dalam sehari dari pukul 07.30 – 16.30 yang termasuk jam operasi Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) dan hari kerja dari hari Senin – Jumat dalam seminggu sehingga dalam sebulan terdapat 20 hari kerja. Untuk perhitungan penghematan biaya listrik ini menggunakan 2 skema pembebanan.

3.4.1 Skema Pembebanan 1

Skema pembebanan pertama yaitu ketika kondisi pembebanan saat ini berdasarkan pengukuran dan simulasi yang telah dilakukan. Kondisi Pembebanan saat ini yaitu rata-rata hanya 241,7 kW dengan daya reaktif 152,2 kVar, lalu dikalikan dengan durasi dan hari pengoperasian beban. Hasil pemakaian kWh dikalikan dengan biaya/kWh. dan faktor daya sebelum kapasitor bank di angka 0,84, berdasarkan standar maka terdapat kelebihan pemakaian kVarh lalu dikalikan dengan biaya/kVarh. Denda penalti inilah yang merupakan biaya penghematan.

3.4.2 Skema Pembebanan 2

Perhitungan ini diasumsikan bahwa nilai pasokan daya terpakai hingga 90%. Di mana pasokan daya pabrik sebesar 555 kVa sehingga 90% dari 555 kVa adalah 500 kVa. Dan daya reaktif diasumsikan sebesar 395,6 kVar, di mana angka ini diambil berdasarkan total kVar pada bank kapasitor yang terpasang. Faktor daya awal sebesar 0,61 dan daya aktifnya sebesar 305 kW. Tabel 7 menyajikan hasil perhitungan denda penalti perusahaan apabila tidak memasang kapasitor bank, sehingga denda penalti inilah yang merupakan penghematan biaya listrik yang didapat perusahaan.

Tabel 7. Perbandingan Penghematan Biaya Listrik

Kon disi	P (K w)	P (Kw h)	cos phi 1	cos phi 2	Biaya Penghematan/ bulan
Ske ma 1	24 2	43.5 06	0,84	0,94	Rp. 377.512,21

Ske ma 2	30 5	54.9 00	0,61	0,94	Rp. 41.434.885,6
----------------	---------	------------	------	------	---------------------

Pada skema pertama didapatkan penghematan biaya listrik sebesar Rp. 377.512,21/bulan atau Rp. 4.530.146,52/tahun. Biaya penghematan ini terbilang kecil jika dibandingkan dengan total biaya listrik keseluruhan. Hal ini disebabkan karena pada skema 1 ini kebutuhan daya reaktif tidak terlalu besar sehingga faktor daya sebelum kompensasi sebesar 0,84 tidak menurun jauh dari ketentuan nilai minimum faktor daya yaitu 0,85. Sedangkan Penghematan biaya listrik terhitung cukup besar pada skema pembebanan kedua yaitu ketika pembebanan meningkat dan kebutuhan daya reaktif yang tinggi sehingga menyebabkan faktor daya menurun hingga 0,61 jauh dari ketentuan faktor daya minimum yaitu 0,85 yang mengakibatkan perusahaan dikenakan denda kVarh yang besar. Namun dikarenakan perusahaan telah memasang kapasitor bank untuk mengatasi kondisi ini, maka perusahaan mendapatkan penghematan biaya listrik yang besar mencapai Rp. 41.434.885,6/bulan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi, perhitungan dan analisa yang dibahas pada Bab IV, maka diperoleh kesimpulan pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Pengaruh pemakaian bank kapasitor pada sistem kelistrikan PT Trimas Sarana Garment dengan kapasitas 462 μ F sebanyak 3 step yang mengkompensasi daya reaktif sebesar 67,9 kVar sehingga daya reaktif berkurang 55% dari daya reaktif semula 152,2 kVar menjadi 84,5 kVar, dapat memperbaiki faktor daya menjadi 0,94 dari yang semula di bawah standar ketentuan PLN yaitu 0,84. Meningkatnya nilai faktor daya ini juga berpengaruh terhadap penurunan daya semu yang semula 285,6 kVa menjadi 256,5 kVa dan penurunan arus menjadi 374,7 Ampere dari semula 419,5 Ampere.
2. Pemasangan bank kapasitor sebagai upaya peningkatan faktor daya juga berpengaruh terhadap penghematan biaya listrik yang telah dilakukan oleh PT Trimas Sarana Garment berdasarkan pembebanan saat ini sebesar Rp. 377.512,21 per bulan dan Rp. 4.530.146,52 per tahun. Sedangkan apabila pabrik melakukan penambahan beban sesuai dengan kondisi pembebanan awal pabrik maka penghematan biaya listrik yang akan diperoleh sebesar Rp. 41.434.885,6 per bulan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada seluruh dosen yang telah membagikan ilmunya selama saya berkuliah di Politeknik Negeri Bandung, terutama kepada dosen pembimbing yang senantiasa membantu dan membimbing penulis dalam menyusun dan menyelesaikan penelitian. Penulis juga berterima kasih dan bersyukur atas segala doa dan dukungan yang telah diberikan oleh keluarga dan teman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. L. Tobing, *Peralatan Tegangan Tinggi*, 2nd ed. Medan: Penerbit Erlangga, 2012.
- [2] Republik Indonesia, "PERMEN ESDM NO 28 TAHUN 2016," 2016
- [3] A. Zhafran, A. Triyanto, and H. Permana, "Analisa Pengaruh Nilai Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung Treasury Tower," in *Prosiding Seminar Riset Mahasiswa*, 2023, pp. 281–287.
- [4] N. A. Nasution, "FINAL PROJECT ECONOMIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF INSTALLATION OF BANK CAPACITORS FOR IMPROVEMENT OF POWER FACTORS AT DIPONEGORO NATIONAL HOSPITAL, SEMARANG," Semarang, Dec. 2021.
- [5] B. Ferdiansah, A. Margiantono, and F. Ahmad, "Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya Dan Nilai Jatuh Tegangan," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 234–241, 2023.
- [6] D. A. Basudewa, W. Aribowo, M. Widyartono, and A. C. Hermawan, "Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Gedung Idb Laboratory Unesa," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 697–707, 2020.
- [7] A. Admin, Mudjiono, B. Eko Prasetyo, and N. Grandyana, "Kajian Teknis dan Ekonomis Pemasangan Capacitor Bank 2 x 400 kVAR di PT Industri Kemasan Semen Gresik (IKSG) Tuban," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 7, no. 1, pp. 37–42, Jan. 2020, doi: 10.33795/elposys.v7i1.96.
- [8] A. Von Meier, *Electric power systems: a conceptual introduction*. John Wiley & Sons, 2006.
- [9] K. Wahab, M. Rahal, and R. Achkar, "Economic Improvement of Power Factor Correction: A Case Study," *Journal of Power and Energy Engineering*, vol. 09, no. 06, pp. 1–11, 2021, doi: 10.4236/jpee.2021.96001.
- [10] Faisal Abdau, "ANALISA EKONOMI PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK DI PT KARYA TOHA PUTRA SEMARANG," Teknik Listrik, Universitas Sultan Agung, Semarang, 2021.
- [11] I. Hajar and S. M. Rahayuni, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Unit Citeureup," *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 8–16, 2020.
- [12] M. K. Nizam and T. Rijanto, "Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba Pt. Pln Ngagel Surabaya," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 3, 2019.
- [13] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, *TARIF TENAGA LISTRIK YANG DISEDIAKAN OLEH PT PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO)*. Indonesia, 2016, pp. 1–36.
- [14] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*, 3rd ed. CRC Press, 2014.
- [15] Mahyuddin Basyar Manggala, M. Jasa Afron, and Bambang Minto Basuk, "ANALISIS KEBUTUHAN KAPASITOR BANK TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI DAYA LISTRIK PADA SALURAN UNIT III DI PT. PETROKIMIA GRESIK," *Jurnal Universitas Islam Malang*, pp. 28–34, 2022.