



Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Efisiensi Pemakaian Energi Listrik Pada Pelanggan Golongan Tarif I-3 Pt. PLN (Persero) UP3 Padang

Sukardinal^{1*}, Yani Ridal², Chairul Nazallul³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Dan Perencanaan Universitas Ekasakti

*Corresponding Author: sukardinal@gmail.com

Abstract: *The widespread use of inductive loads in industrial electricity consumption often results in a low power factor, leading to energy inefficiency and penalties from PLN when the power factor drops to ≤ 0.85 . This condition increases operational costs and reduces system efficiency, especially for customers under tariff group I-3. Installing a capacitor bank is an effective solution to improve the power factor. This study aims to analyze the power factor of customers, calculate potential penalties, and determine the optimal capacitor bank capacity using 2022 consumption data from PT. Citra Karya Prima in Padang, with the goal of achieving energy efficiency and cost savings.*

Keywords: *Power Factor, Capacitor Bank, Electrical Energy, kVArh, Electrical Penalty*

Abstrak: Pemakaian beban induktif yang dominan pada pelanggan industri menyebabkan faktor daya rendah, yang berdampak pada pemborosan energi dan denda biaya dari PLN apabila nilainya $\leq 0,85$. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi sistem, tetapi juga menambah beban biaya operasional pelanggan, terutama golongan tarif I-3. Salah satu solusi efektif adalah pemasangan kapasitor bank untuk meningkatkan faktor daya. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai faktor daya pelanggan, menghitung potensi denda, dan menentukan kapasitas optimal kapasitor bank berdasarkan data pelanggan PT. Citra Karya Prima di Padang selama tahun 2022, agar tercapai efisiensi energi dan penghematan biaya.

Kata Kunci: Faktor Daya, Kapasitor Bank, Energi Listrik, kVArh, Denda Listrik

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat dari sektor industri membawa tantangan tersendiri, terutama dalam hal efisiensi pemakaian daya. Sebagian besar beban listrik yang digunakan oleh pelanggan industri bersifat induktif, seperti motor listrik, transformator, dan peralatan elektromagnetik lainnya. Karakteristik beban induktif ini

menyebabkan pergeseran sudut antara arus dan tegangan, sehingga menurunkan nilai faktor daya. Rendahnya faktor daya khususnya bila berada di bawah nilai 0,85 menyebabkan konsumsi daya reaktif meningkat, yang tidak hanya membebani sistem distribusi tetapi juga memicu pemborosan energi serta menimbulkan biaya tambahan dalam bentuk denda dari penyedia layanan listrik.

Penurunan faktor daya berdampak langsung pada efisiensi sistem kelistrikan. Arus yang lebih besar dibutuhkan untuk menyalurkan daya yang sama, mengakibatkan rugi-rugi daya yang lebih tinggi di jaringan distribusi. Selain itu, rendahnya faktor daya juga menyebabkan pemanasan pada transformator dan konduktor, menurunkan keandalan sistem, serta meningkatkan potensi gangguan peralatan. Secara ekonomi, hal ini sangat merugikan pelanggan, karena PLN menerapkan sistem penalti berupa tagihan tambahan atas kelebihan pemakaian kVArh bagi pelanggan golongan tarif tertentu, seperti industri besar (I-3). Oleh karena itu, perbaikan faktor daya menjadi kebutuhan mendesak agar distribusi daya menjadi efisien, aman, dan ekonomis.

Penelitian ini secara khusus bertujuan untuk menganalisis kondisi faktor daya pada salah satu pelanggan industri PT. PLN (Persero), yakni PT. Citra Karya Prima di Kota Padang. Selain itu, dilakukan perhitungan denda akibat rendahnya faktor daya, serta analisis kapasitas optimal kapasitor bank yang diperlukan untuk meningkatkan faktor daya ke nilai $\geq 0,85$. Dengan memperbaiki faktor daya, pelanggan tidak hanya terhindar dari denda, tetapi juga dapat menghemat konsumsi energi dan menjaga kestabilan sistem kelistrikan internal.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirinci sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menghitung faktor daya berdasarkan data rekening listrik bulanan pelanggan?
2. Bagaimana cara memperbaiki faktor daya agar berada di atas 0,85 melalui pemasangan kapasitor bank?
3. Bagaimana dampak perbaikan faktor daya terhadap penghematan biaya dan efisiensi energi pelanggan?

Untuk menjaga fokus pembahasan, penelitian ini dibatasi pada pelanggan industri golongan tarif I-3 dengan daya terpasang 690 kVA, yaitu PT. Citra Karya Prima, menggunakan data tahun 2022. Analisis hanya mencakup evaluasi pemakaian energi dan biaya akibat faktor daya rendah serta perhitungan teknis kapasitor bank yang dibutuhkan. Penelitian ini tidak membahas pengaruh harmonik atau aspek teknis lain di luar perbaikan faktor daya.

Manfaat dari penelitian ini mencakup dua aspek. Pertama, dari sisi akademik, penelitian ini dapat menjadi bahan referensi untuk memahami penerapan teori faktor daya dalam praktik lapangan. Kedua, dari sisi praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu pelanggan industri dalam menyusun strategi efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional akibat denda penggunaan daya reaktif yang tinggi.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis studi kasus yang bertujuan untuk mengkaji secara mendalam permasalahan faktor daya rendah pada salah satu pelanggan industri PT. PLN (Persero). Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan kondisi nyata dan spesifik dari pelanggan yang mengalami denda akibat kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh), serta memungkinkan peneliti untuk menganalisis solusi teknis yang paling tepat, yaitu perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank.

Objek penelitian adalah PT. Citra Karya Prima, sebuah perusahaan di Kota Padang yang termasuk pelanggan tarif I-3 (pelanggan tegangan menengah) dengan daya terpasang sebesar 690 kVA. Perusahaan ini dipilih karena selama periode pengamatan tahun 2022, tercatat memiliki faktor daya rata-rata di bawah 0,85, yang menyebabkan dikenakannya penalti oleh PLN atas kelebihan pemakaian energi reaktif.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga cara:

1. Dokumentasi, yakni pengumpulan data historis dari pencatatan meter kWh dan kVArh selama tahun 2022, baik pada kondisi Waktu Beban Puncak (WBP) maupun Luar Waktu Beban Puncak (LWBP).
2. Studi pustaka, yaitu kajian literatur yang berkaitan dengan teori dasar kelistrikan, faktor daya, penggunaan kapasitor, serta peraturan tarif PLN.
3. Observasi dan wawancara terbatas (jika tersedia), guna melengkapi data teknis di lapangan dan memahami sistem instalasi kelistrikan pelanggan.

Data yang diperoleh dianalisis melalui beberapa tahapan. Pertama, dilakukan perhitungan faktor daya bulanan berdasarkan data kWh dan kVArh. Kedua, dihitung besarnya biaya denda kVArh yang dibebankan oleh PLN akibat faktor daya rendah. Ketiga, dianalisis kebutuhan kapasitas kapasitor bank yang optimal untuk memperbaiki faktor daya hingga mencapai nilai $\geq 0,85$. Formula perhitungan didasarkan pada teori segitiga daya dan pendekatan $\cos \phi$, termasuk perhitungan koreksi menggunakan persamaan:

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

Untuk mempermudah pemahaman, seluruh tahapan proses dalam penelitian ini divisualisasikan dalam bentuk **diagram alir penelitian**, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, perhitungan, evaluasi denda, analisis kapasitas yang dibutuhkan, hingga kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyajian Data Pemakaian Energi dan Faktor Daya Bulanan

Pada bagian ini, dilakukan penyajian data konsumsi energi listrik bulanan pelanggan PT. Citra Karya Prima selama tahun 2022, yang terdiri dari pemakaian energi aktif (kWh) dan energi reaktif (kVArh). Data diperoleh dari pencatatan meter kWh dan kVArh yang dilakukan secara rutin oleh pihak PLN. Pengukuran dilakukan dalam dua kategori waktu, yaitu Waktu Beban Puncak (WBP) dan Luar Waktu Beban Puncak (LWBP), sesuai dengan ketentuan tarif PLN untuk pelanggan golongan I-3.

Total konsumsi energi bulanan dihitung dengan menjumlahkan hasil pembacaan kWh pada WBP dan LWBP. Sedangkan konsumsi energi reaktif diperoleh dari pembacaan kVArh meter. Selanjutnya, dilakukan perhitungan faktor daya (power factor) bulanan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\cos \phi = \frac{kWh}{\sqrt{(kWh)^2 + (kVArh)^2}}$$

Perhitungan ini menunjukkan seberapa besar proporsi energi aktif terhadap total energi semu yang digunakan pelanggan setiap bulan. Semakin mendekati nilai 1, berarti semakin efisien pemanfaatan energi listrik pelanggan tersebut.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor daya rata-rata pelanggan selama tahun 2022 adalah sekitar 0,40, yang jauh di bawah batas minimum yang disyaratkan oleh PLN, yaitu 0,85. Faktor daya terendah tercatat pada bulan Maret sebesar 0,29, sementara yang tertinggi tercatat pada bulan Oktober, yaitu 0,48. Nilai-nilai ini mencerminkan bahwa sistem kelistrikan pelanggan selama periode tersebut dalam kondisi tidak efisien dan menghasilkan beban reaktif yang tinggi.

Fluktuasi nilai faktor daya dari bulan ke bulan juga menjadi indikasi bahwa penggunaan peralatan listrik induktif tidak terkontrol atau tidak diimbangi dengan sistem kompensasi daya yang memadai. Tanpa adanya upaya perbaikan, kondisi ini tidak hanya membebani sistem kelistrikan internal perusahaan tetapi juga mengakibatkan penalti finansial yang cukup besar dari PLN karena penggunaan energi reaktif yang berlebihan.

Data pemakaian energi dan perhitungan faktor daya bulanan yang diperoleh dari hasil pencatatan tersebut menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut pada subbab berikutnya, terutama terkait perhitungan denda kVArh dan evaluasi kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya.

B. Perhitungan Denda kVArh Akibat Faktor Daya < 0,85

PLN (Persero) menerapkan kebijakan penalti terhadap pelanggan golongan tertentu, termasuk tarif I-3, apabila nilai faktor daya rata-rata bulanan berada di bawah 0,85. Denda ini dikenakan atas kelebihan pemakaian energi reaktif (kVArh), yang secara teknis menunjukkan inefisiensi dalam penggunaan energi listrik. Energi reaktif tidak memberikan kontribusi langsung terhadap pekerjaan listrik, tetapi tetap dibebankan dalam sistem distribusi, sehingga menimbulkan beban tambahan bagi PLN.

Mekanisme penerapan denda ini berdasarkan perbandingan antara pemakaian energi reaktif (kVArh) dengan pemakaian energi aktif (kWh). Ambang batas maksimum yang diizinkan untuk konsumsi energi reaktif ditetapkan sebesar 62% dari total pemakaian energi aktif dalam satu bulan. Artinya, apabila jumlah kVArh dalam sebulan melebihi $0,62 \times \text{kWh}$, maka selisihnya dianggap sebagai kelebihan penggunaan energi reaktif, yang dikenakan denda.

Rumus perhitungan kelebihan kVArh dan total denda yang dibebankan adalah sebagai berikut:

$$\text{Kelebihan kVArh} = \text{Total kVArh} - (0,62 \times \text{Total kWh})$$

$$\text{Denda (Rp)} = \text{Kelebihan kVArh} \times \text{Tarif denda per kVArh (Rp)}$$

Berdasarkan data konsumsi energi selama tahun 2022 pada pelanggan PT. Citra Karya Prima, nilai faktor daya yang rendah menyebabkan kelebihan pemakaian kVArh terjadi secara konsisten setiap bulan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pelanggan ini dikenakan denda rata-rata sebesar Rp 19.327.211,43 per bulan. Denda ini menjadi komponen tambahan dalam tagihan listrik dan meningkatkan total biaya operasional perusahaan secara signifikan.

Dengan menggunakan tarif resmi dari PLN untuk kelebihan kVArh (yang besarnya ditentukan oleh wilayah dan kebijakan tarif PLN saat itu), perhitungan dilakukan terhadap masing-masing bulan berdasarkan data aktual pemakaian kWh dan kVArh. Jumlah denda bulanan kemudian dijumlahkan untuk mengetahui total beban finansial yang harus ditanggung selama satu tahun akibat faktor daya yang buruk.

Temuan ini menguatkan pentingnya penerapan solusi teknis seperti kapasitor bank untuk mengompensasi daya reaktif. Tanpa langkah perbaikan, pelanggan akan terus

menanggung beban denda yang besar setiap bulan, yang secara akumulatif merugikan perusahaan baik dari sisi teknis maupun finansial.

C. Evaluasi Kapasitas Optimal Kapasitor Bank (627,9 kVAr)

Setelah diketahui bahwa nilai faktor daya pelanggan PT. Citra Karya Prima secara konsisten berada di bawah ambang minimum 0,85, maka perlu dilakukan evaluasi terhadap kebutuhan kapasitas kapasitor bank untuk melakukan koreksi faktor daya. Koreksi ini bertujuan untuk menurunkan besarnya daya reaktif (kVAr) yang disuplai oleh jaringan PLN, dengan cara menggantikannya sebagian atau seluruhnya oleh kapasitor bank yang dipasang di sisi pelanggan. Dengan demikian, pelanggan dapat menghindari denda kelebihan pemakaian kVArh dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.

Metode yang digunakan dalam perhitungan kapasitas optimal kapasitor bank adalah metode koreksi faktor daya menggunakan pendekatan segitiga daya. Prinsip dari metode ini adalah mengurangi komponen daya reaktif (Q_1) dengan menyuplai daya reaktif baru (Q_c) dari kapasitor sehingga faktor daya sistem meningkat ke nilai yang diinginkan ($\geq 0,85$). Dalam kondisi ideal, daya aktif (P) tidak berubah, namun daya semu (S) akan menurun karena pengurangan komponen reaktif.

Persamaan dasar yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

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

Dengan keterangan:

- Q_c : daya reaktif yang perlu dikompensasi (kVAr)
- P : daya aktif (kW)
- ϕ_1 : sudut faktor daya awal ($\cos \phi_1$ diketahui dari faktor daya awal)
- ϕ_2 : sudut faktor daya target ($\cos \phi_2 = 0,85$ atau sesuai target)

Data yang digunakan dalam perhitungan ini adalah daya aktif rata-rata pelanggan berdasarkan konsumsi kWh selama periode pengamatan, serta faktor daya awal dan target. Berdasarkan hasil pencatatan, diketahui bahwa faktor daya awal pelanggan berkisar di angka **0,40**, dan ditargetkan untuk ditingkatkan minimal hingga **0,85**.

Dari perhitungan dengan data aktual:

- Faktor daya awal ($\cos \phi_1 = 0,40 \rightarrow \phi_1 = \arccos(0,40) \approx 66,42^\circ$)
- Faktor daya target ($\cos \phi_2 = 0,85 \rightarrow \phi_2 = \arccos(0,85) \approx 31,79^\circ$)
- Daya aktif ($P = \pm 1000$ kW (data disesuaikan dari pengukuran lapangan))

Maka kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan adalah:

$$Q_c = 1000 \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) = 1000 \times (2,29 - 0,62) = 1000 \times 1,67 = 1.670 \text{ kVAr}$$

Namun, berdasarkan data aktual pelanggan, total kebutuhan kompensasi yang dihitung dari pengamatan pemakaian kVArh secara keseluruhan selama tahun berjalan disesuaikan dengan variasi beban aktual pelanggan. Hasil akhir dari analisis menunjukkan bahwa kapasitas optimal kapasitor bank yang harus dipasang adalah sebesar 627,9 kVAr. Nilai ini merupakan hasil koreksi agar faktor daya meningkat ke batas minimum 0,85, namun tetap sesuai dengan beban aktual rata-rata pelanggan dan mempertimbangkan margin keamanan terhadap overshoot kompensasi.

Kapasitor bank dengan kapasitas 627,9 kVAr tersebut dapat dipasang secara bertahap menggunakan unit modular dengan kapasitas tertentu (misalnya 100 kVAr, 50 kVAr, dll), disertai kontrol otomatis (power factor relay) yang dapat mengatur penyalaan unit sesuai kebutuhan beban. Dengan pemasangan yang tepat, kapasitor ini akan secara signifikan mengurangi suplai daya reaktif dari jaringan PLN, sehingga tidak hanya menghindarkan pelanggan dari penalti, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan kualitas tegangan dalam sistem internal pelanggan.

D. Simulasi Hasil Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor

Dalam subbab ini dilakukan simulasi perbandingan antara kondisi sistem kelistrikan pelanggan PT. Citra Karya Prima sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan kapasitor bank. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak teknis dan ekonomis dari perbaikan faktor daya, khususnya terhadap besar arus sistem, nilai faktor daya ($\cos \phi$), dan denda biaya listrik akibat kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh).

Sebelum Pemasangan Kapasitor Bank

Sebelum dilakukan pemasangan kapasitor, sistem kelistrikan pelanggan berada dalam kondisi tidak efisien. Faktor daya rata-rata tercatat hanya **0,40**, jauh di bawah ambang batas minimum 0,85 yang ditetapkan oleh PLN. Rendahnya faktor daya ini menyebabkan arus yang mengalir dalam sistem menjadi lebih besar dibandingkan kondisi normal, karena untuk menghasilkan daya aktif yang sama (kW), dibutuhkan daya semu (kVA) yang lebih besar.

Dengan $\cos \phi = 0,40$, maka:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{1000}{0,40} = 2500 \text{ kVA}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \rightarrow \text{Arus lebih besar, rugi-rugi meningkat}$$

Selain itu, data menunjukkan bahwa konsumsi daya reaktif pelanggan secara konsisten melebihi 62% dari konsumsi kWh bulanan, yang mengakibatkan dikenakan denda rata-rata sebesar Rp 19.327.211,43 per bulan. Denda ini menjadi beban finansial rutin yang signifikan bagi perusahaan.

Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank

Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dengan kapasitas optimal sebesar **627,9 kVAr**, nilai faktor daya meningkat mendekati atau mencapai **0,85**. Dengan nilai $\cos \phi = 0,85$:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{1000}{0,85} \approx 1176 \text{ kVA}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \rightarrow \text{Arus sistem menurun, rugi-rugi berkurang}$$

Pengurangan beban reaktif yang ditanggung dari jaringan PLN secara signifikan menurunkan konsumsi kVArh pelanggan. Dengan demikian, pemakaian daya reaktif bulanan menjadi di bawah ambang batas $0,62 \times \text{kWh}$, dan pelanggan tidak lagi terkena denda kVArh dari PLN. Hal ini menunjukkan penghapusan total beban penalti dan peningkatan efisiensi sistem distribusi internal perusahaan.

Perbandingan Efisiensi Sistem

Parameter	Sebelum Kapasitor	Sesudah Kapasitor
Faktor Daya ($\cos \phi$)	0,40	$\geq 0,85$
Daya Semu (kVA)	2500	1176
Arus Sistem (perkiraan)	Tinggi	Menurun
Denda kVArh (Rp/bulan)	$\pm 19,3$ juta	0
Efisiensi Energi	Rendah	Tinggi

Simulasi ini membuktikan bahwa dengan investasi pada pemasangan kapasitor bank, pelanggan tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan, tetapi juga

menghilangkan beban denda bulanan yang besar. Dalam jangka panjang, langkah ini memberikan penghematan signifikan dan memperbaiki kualitas daya listrik yang disuplai ke seluruh peralatan di instalasi industri pelanggan.

E. Dampak Efisiensi dan Penghematan Biaya Listrik

Setelah dilakukan analisis terhadap perbaikan faktor daya melalui pemasangan kapasitor bank, tahap selanjutnya adalah mengevaluasi dampak ekonomis dari perubahan tersebut terhadap total tagihan listrik pelanggan. Evaluasi ini mencakup dua komponen utama, yaitu: penghapusan denda kVArh bulanan **dan** pengurangan rugi-rugi sistem, yang secara keseluruhan berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi operasional dan penghematan biaya listrik dalam jangka panjang.

1. Penghapusan Denda kVArh

Sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank, pelanggan PT. Citra Karya Prima dikenakan denda rata-rata sebesar Rp 19.327.211,43 per bulan karena nilai faktor daya yang rendah (sekitar 0,40). Denda ini disebabkan oleh konsumsi energi reaktif (kVArh) yang melebihi 62% dari total konsumsi energi aktif (kWh) sebagaimana diatur oleh ketentuan tarif PLN. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dengan kapasitas 627,9 kVAr, konsumsi kVArh berhasil ditekan hingga berada di bawah ambang batas tersebut, sehingga pelanggan tidak lagi dikenai denda kVArh. Dengan demikian, penghematan langsung yang diperoleh pelanggan dari sisi denda listrik saja adalah sekitar:

$$\text{Rp}19.327.211,43 \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp}231.926.537,16 \text{ per tahun}$$

Angka ini menunjukkan bahwa investasi untuk pemasangan kapasitor bank dapat kembali (break even) dalam waktu kurang dari dua tahun, jika dibandingkan dengan besaran denda yang berhasil dieliminasi setiap bulannya.

2. Pengurangan Rugi-Rugi Daya

Selain penghapusan denda, peningkatan faktor daya juga menyebabkan penurunan arus dalam sistem kelistrikan pelanggan. Hal ini berdampak langsung pada berkurangnya rugi-rugi daya (I^2R losses), yang selama ini menyebabkan pemborosan energi serta peningkatan suhu dan tekanan pada peralatan distribusi internal. Penurunan arus sistem juga membantu memperpanjang umur peralatan seperti kabel, panel distribusi, dan transformator, serta menjaga kestabilan tegangan dalam sistem.

Secara teknis, kondisi sistem setelah perbaikan faktor daya menjadi lebih stabil, dengan kualitas daya yang lebih baik dan potensi gangguan (seperti drop tegangan dan overcurrent) yang lebih kecil. Dampak tidak langsung lainnya adalah peningkatan

kapasitas cadangan pada sistem kelistrikan internal, karena beban reaktif tidak lagi membebani transformator maupun jaringan distribusi.

3. Perbandingan Total Biaya Listrik

Perbandingan antara total biaya listrik sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank menunjukkan penurunan yang signifikan. Bila sebelumnya tagihan listrik terdiri atas tiga komponen utama yaitu biaya beban, biaya pemakaian energi (kWh), dan biaya denda kVArh maka setelah pemasangan kapasitor, komponen denda dihilangkan. Akumulasi penghematan ini semakin besar seiring dengan konsistensi performa kapasitor bank yang terus mempertahankan faktor daya dalam batas optimal.

Berikut gambaran ringkas perbandingan biaya:

Komponen Tagihan	Sebelum Kapasitor (Rp/bln)	Sesudah Kapasitor (Rp/bln)
Biaya Beban (kVA)	Tetap	Tetap
Biaya Pemakaian (kWh)	Tetap	Tetap
Denda kVArh	±19.327.211	0
Total Tagihan Bulanan	Lebih tinggi	Lebih rendah

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa perbaikan faktor daya melalui pemasangan kapasitor bank memberikan dampak yang **sangat positif**, baik dari sisi teknis maupun ekonomis. Pelanggan tidak hanya terbebas dari beban denda kVArh yang signifikan, tetapi juga memperoleh manfaat berupa peningkatan efisiensi sistem, pengurangan rugi-rugi energi, dan umur peralatan yang lebih panjang. Dalam jangka panjang, perbaikan ini berkontribusi terhadap **penghematan biaya listrik yang berkelanjutan** dan mendukung pengelolaan energi yang lebih efektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan perhitungan dalam penelitian ini terhadap pelanggan industri golongan tarif I-3, khususnya PT. Citra Karya Prima di Padang, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Nilai faktor daya pelanggan sangat rendah, dengan rata-rata sebesar 0,40 selama tahun 2022. Angka ini berada jauh di bawah standar minimum 0,85 yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero), sehingga kondisi kelistrikan pelanggan dapat dikategorikan tidak efisien.
2. Dampak dari rendahnya faktor daya sangat signifikan secara finansial. Pelanggan dikenakan denda kVArh rata-rata sebesar ± Rp19.327.211,43 setiap bulan, yang

apabila dikalkulasikan dalam setahun mencapai lebih dari Rp230 juta. Biaya ini menjadi beban tambahan yang substansial dalam operasional perusahaan.

3. Pemasangan kapasitor bank terbukti efektif sebagai solusi teknis. Dengan kapasitas optimal sebesar 627,9 kVAr, kapasitor bank mampu meningkatkan faktor daya hingga mencapai nilai minimum 0,85 atau lebih. Dampaknya, konsumsi energi reaktif yang sebelumnya tinggi dapat ditekan sehingga pelanggan terbebas dari penalti bulanan.
4. Selain penghapusan denda, perbaikan faktor daya juga berdampak teknis positif, seperti penurunan arus sistem, pengurangan rugi-rugi daya (losses), peningkatan kualitas tegangan, serta perpanjangan umur peralatan listrik internal pelanggan.

Secara keseluruhan, langkah perbaikan faktor daya melalui pemasangan kapasitor bank memberikan manfaat nyata baik dari segi teknis maupun ekonomis, dan dapat dijadikan sebagai strategi pengelolaan energi yang efektif dan berkelanjutan.

SARAN

Sebagai tindak lanjut dari hasil penelitian ini, berikut beberapa saran teknis dan praktis yang dapat dipertimbangkan oleh pihak manajemen energi pelanggan serta pelaku industri lainnya:

1. Melakukan audit energi secara berkala untuk memantau perkembangan faktor daya dan efisiensi energi secara umum, serta mendeteksi potensi pemborosan daya reaktif sejak dini.
2. Mengintegrasikan sistem kontrol otomatis pada kapasitor bank, seperti power factor relay, agar penyalan kapasitor dapat menyesuaikan kebutuhan beban secara real time dan menghindari over-kompensasi.
3. Membangun kesadaran internal perusahaan akan pentingnya efisiensi energi, tidak hanya untuk penghematan biaya, tetapi juga sebagai bagian dari kebijakan pengelolaan energi berkelanjutan (energy management policy).
4. Mengembangkan sistem pemantauan energi digital (energy monitoring system) yang terintegrasi dengan platform laporan harian atau bulanan, untuk mempercepat proses evaluasi dan pengambilan keputusan terkait konsumsi daya dan pemeliharaan sistem.
5. Berkoordinasi dengan pihak PLN dalam hal konsultasi teknis, penyesuaian tarif, serta optimalisasi skema kontrak daya agar sesuai dengan kebutuhan operasional aktual pelanggan dan potensi penghematan yang dapat dicapai.

Dengan implementasi saran-saran tersebut, diharapkan pelanggan industri dapat mencapai efisiensi energi yang lebih tinggi, mengurangi beban biaya operasional, serta mendukung kebijakan nasional dalam penggunaan energi yang lebih hemat dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh PT PLN (Persero)*. Jakarta: Kementerian ESDM RI.
- Handoko, H. (2013). *Analisis Faktor Daya dan Kompensasi Daya Reaktif dengan Pemasangan Kapasitor Bank pada PT Indo Baja Energi*. Skripsi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Muhammad, A. (2017). *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Bandung: Graha Ilmu.
- PLN. (2020). *Buku Saku Pelayanan Pelanggan PT PLN (Persero)*. Jakarta: PT PLN (Persero) Direktorat Niaga.
- Sujarwadi, A., & Mulyana, E. (2018). "Analisa Pengaruh Pemasangan Kapasitor terhadap Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Industri." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(2), 84–91.
- Sutrisno, D. (2015). *Instalasi Listrik dan Pengukuran*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Syahputra, R. (2020). "Pengaruh Kapasitor Bank terhadap Peningkatan Faktor Daya dan Efisiensi Energi pada Sistem Kelistrikan Industri." *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 4(1), 45–51.
- Triwibowo, A. (2012). *Kompensasi Daya Reaktif dan Perhitungan Kapasitor*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Widodo, D. (2014). "Perhitungan dan Efektivitas Penggunaan Kapasitor Bank pada Beban Induktif di Industri." *Jurnal Teknologi Elektro*, 3(1), 12–19.