

Analisa Unjuk Kerja Kapasitor Bank dengan Daya Terpasang 690 KVA pada Industri Kayu PT. Danwood Nusantara Semarang

Muhamad Iqbal Firmansyah¹ dan Dedi Nugroho²

^{1,2}Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Jl. Kaligawe Raya No.Km.4, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
e-mail: miqbalfirmansyah@std.unissula.ac.id

Abstrak—Permasalahan yang terjadi pada sistem kelistrikan di PT. Danwood Nusantara Semarang karena kecilnya nilai faktor dada pada panel SDP (Sub Distribution Panel) pada mesin-mesin listrik. Hal ini akan menimbulkan berbagai macam kendala yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dilakukan perbaikan faktor daya sesuai standar PLN sehingga tidak menimbulkan permasalahan-permasalahan yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan. Hasil dari penelitian ini pada saat pengujian total perhitungan pada daya reaktif sebelum perbaikan sebesar 116,522 KVAR. Maka dibuatlah 2 desain skenario. Pada perhitungan desain skenario 1 nilai daya reaktifnya 21,113 KVAR. Pada perhitungan skenario 2 nilai daya reaktifnya 17,651 KVAR. Total kebutuhan kapasitor bank dari kedua skenario tersebut desain skenario yang pertama nilai kebutuhan kapasitor pada bus 1 19,269 KVAR dikarenakan pada skenario 1 masing-masing dari kapasitor bank di pasang di masing-masing beban SDP (Sub Panel Distribution) selanjutnya pada skenario 2 nilai kebutuhan kapasitor bank 98,871 KVAR hal ini dikarenakan pada skenario 2 kapasitor bank di pasang di sisi MDP (Main Distribution Panel).

Kata kunci: Faktor Daya, Daya Reaktif, Kapasitor Bank

Abstract—The problem that occurs in the electrical system at PT. Danwood Nusantara Semarang is due to the small value of the dada factor on the SDP (Sub Distribution Panel) panel on electrical machines. This will cause various obstacles that can cause losses to the company. The solution to this problem is to improve the power factor according to PLN standards so that it does not cause problems that can cause losses to the company. The results of this study at the time of testing the total calculation of reactive power before the repair was 116.522 KVAR. Then 2 scenario designs were made. In the calculation of scenario 1 design, the reactive power value was 21.113 KVAR. In the calculation of scenario 2, the reactive power value was 17.651 KVAR. The total capacitor bank requirement for both scenarios is the first scenario design, the capacitor requirement value on bus 1 is 19,269 KVAR because in scenario 1 each capacitor bank is installed on each SDP (Sub Panel Distribution) load, then in scenario 2 the capacitor bank requirement value is 98,871 KVAR, this is because in scenario 2 the capacitor bank is installed on the MDP (Main Distribution Panel) side.

Keywords: Power Factor, Reactive Power, Capacitor Bank

I. PENDAHULUAN

Pemakaian tenaga listrik yang semakin hari semakin meningkat menyebabkan bervariasi jenis beban. Kendala oleh beban yang bervariasi menyebabkan faktor daya listrik menjadi rendah. Faktor daya merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya sendiri besarnya dipengaruhi oleh jenis beban yang dipakai. Beban memiliki sifat resistif, induktif, dan kapasitif. Nilai faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin besar nilai faktor daya yaitu mendekati 1 (daya aktif besar) maka sistem kelistrikan tersebut akan semakin bagus. Standar nilai minimum untuk faktor daya yang ditetapkan oleh PLN berdasarkan peraturan SPLN 70-1 adalah $>0,85$. Apabila faktor daya kurang dari 0,85 maka PLN akan memperhitungkan kelebihan pemakaian Kilo Volt Ampere Reaktif Hours (kVARh), disamping pemakaian kWh yang sudah ada. Dengan

demikian faktor daya harus diperbaiki menjadi tinggi, sesuai dengan faktor daya yang diharapkan [1].

Kondisi sistem kelistrikan di PT. Danwood Nusantara yang berlokasi di Jl. Padi Raya No.1A Gebangsari Kecamatan Genuk Kota Semarang memiliki 2 buah panel Transformator utama yang masing-masing panel tersebut daya terpasang 690 KVA dan 630 KVA yang terhubung dengan beban-beban induktif berupa mesin-mesin listrik, seperti motor, mesin-mesin kayu dll.

Permasalahan terjadi karena kecilnya nilai faktor daya pada panel SDP (Sub Distribution Panel) pada BUS 1 Fasa R,S,T nilai faktor dayanya (0,119), (0,081), (0,098), pada BUS 3 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,123), (0,165), (0,183), pada BUS 4 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,151), (0,144), (0,151), pada BUS 5 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,335), (0,344), (0,300), pada BUS 7 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,739), (0,688), (0,798)

hal ini akan menimbulkan berbagai macam kendala yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan dikarenakan tidak efisiennya adanya penggunaan mesin-mesin listrik.

Perbaikan ini diharapkan dapat memperbaiki power factor yang mengalami penurunan sehingga dapat tercapainya efisiensi penggunaan energi listrik pada PT. Danwood Nusantara Semarang sehingga tidak menimbulkan permasalahan-permasalahan yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan akibat membengkaknya biaya tagihan listrik dan komponen yang rusak karena penggunaan listrik yang tidak sesuai.

II. STUDI PUSTAKA

Beberapa penelitian terdahulu tentang Analisis Perbaikan Power Factor Untuk Mencapai Efisiensi Energi Listrik Di Pt. Texmaco Perkasa Engineering Tbk [2]. pada saat proses peleburan terjadi faktor daya yang buruk sehingga berdampak pada peningkatan tagihan listrik yang harus dibayar oleh perusahaan. Nilai faktor daya terbaik yang dapat dicapai hanya sebesar 0,7 dan nilai terburuk sebesar 0,5 dengan beban peleburan penuh. Untuk memperbaiki faktor daya sehingga mendapat nilai lebih dari 0,85 atau (Faktor Daya = 1) guna menciptakan efisiensi energi listrik pada saat proses peleburan logam. Pada Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Energi Listrik Pada Politeknik Negeri Samarinda [3]. Pada Politeknik Negeri Samarinda memiliki faktor daya yang rendah sehingga perlu perbaikan (improvement) nilai faktor daya. Untuk menaikkan faktor daya tersebut dibutuhkan analisis untuk menentukan besar daya reaktif yang dibutuhkan untuk menentukan besar kapasitor yang akan digunakan. Dari hasil analisis, dengan memperbaiki faktor daya dari 0,7 menjadi 0,95 maka persentase pengurangan daya (KVA) yang dihasilkan sebesar 27,24 %.

A. Konsep Dasar Daya Listrik

Daya listrik adalah jumlah besar listrik yang dapat diserap dalam sebuah rangkaian listrik. [7]. Untuk lebih jelas mengenai macam-macam daya tersebut dapat dilihat pada penjelasan berikut ini:

1. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya listrik yang digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya. Daya aktif disebut juga daya nyata yaitu daya yang dibutuhkan oleh beban dan yang sebenarnya digunakan oleh konsumen. Daya aktif dapat dirumuskan dengan persamaan (1).

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

2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, yang mana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif dapat dirumuskan dengan persamaan (2).

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \quad (2)$$

3. Daya Semu (S)

Daya semu adalah daya listrik yang melewati suatu penghantar trasmisi atau distribusi, dimana daya tersebut merupakan hasil kali antara tegangan dengan arus dengan persamaan (3) yang melalui penghantar atau penjumlahan daya aktif dan reaktif secara vektoris.

$$S = V \times I \quad (3)$$

B. Faktor Daya

Faktor daya atau power factor (pf) adalah cosinus dari beda sudut fasa antara arus dengan tegangan. Faktor daya mempunyai rentang nilai antara 0 (nol) sampai 1 (satu) yang disimbolkan dengan “ $\cos \varphi$ ”. Bila nilainya semakin mendekati 1 (satu) maka nilai faktor daya akan semakin baik dan sebaliknya bila semakin mendekati 0 (nol) maka nilai faktor dayanya buruk. Dapat dinyatakan dengan persamaan (4).

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (4)$$

C. Perbaikan Faktor Daya (Power Factor Correction)

Dalam menghitung perbaikan faktor daya suatu kapasitor dapat menggunakan metode segitiga daya [11]. Metode segitiga daya adalah metode perhitungan yang akan digunakan menggambarkan bagaimana daya reaktif mempengaruhi faktor daya dengan persamaan (5) dan pada jaringan ac daya semu total kva diperoleh dengan bantuan hubungan segitiga daya.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (5)$$

Faktor daya bisa dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang kita miliki dalam menyalurkan daya yang bisa kita manfaatkan. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati 1, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa kita manfaatkan dari sejumlah daya nyata yang sama dengan menggunakan persamaan (6).

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (6)$$

Dalam menentukan kapasitansi kapasitor bank dilakukan terlebih dahulu perhitungan daya reaktif kompensator (Q_c). Pada prinsipnya, dalam perbaikan faktor daya agar nilai faktor daya mendekati 1, sebuah kapasitor daya ac (kapasitor bank) harus mempunyai nilai daya reaktif kompensator Q_c yang sama dengan nilai daya reaktif Q dari sistem yang akan diperbaiki faktor dayanya [11]. Untuk menghitung daya reaktif kompensator yang dibutuhkan terhadap perubahan daya reaktif yang diinginkan, dengan menggunakan persamaan (7)

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (7)$$

III. METODE

A. Tempat Penelitian

Penelitian skripsi ini dilakukan di PT. Danwood Nusantara Semarang. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisa perbaikan faktor daya pada PT. Danwood Nusantara Semarang sehingga dapat mengetahui nilai faktor daya sesuai standar batas minimum faktor daya yang ditetapkan PLN.

B. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam melaksanakan pengukuran dan penelitian pada industri kayu PT. Danwood Nusantara Semarang adalah sebagai berikut:

1. Volt Meter
2. Amper Meter
3. Watt Meter
4. Cos phi Meter

C. Metode Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini yaitu Analisa Unjuk Kerja Kapasitor Bank Dengan Daya Terpasang 690 Kva Pada Industri Kayu PT. Danwood Nusantara Semarang, dengan ini dibuatkan metode penelitian yang berisikan tentang metode yang akan digunakan, antara lain:

a. Studi Literatur

Dengan mempelajari referensi-referensi yang sudah ada seperti jurnal, buku, karya ilmiah dan media yang lain yang berkaitan dengan penelitian diatas.

b. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh adalah data berupa daya, arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif, daya semu dan faktor daya dengan melakukan penelitian langsung di PT. Dawood Nusantara Semarang dengan bimbingan oleh staff PT. Dawood Nusantara Semarang itu sendiri.

c. Analisis Data

Proses pengolahan data dan menganalisa data yang diperoleh dari PT. Danwood Nusantara Semarang dapat mengetahui nilai faktor daya sesuai standar batas minimum faktor daya yang ditetapkan PLN dan penggunaan kapasitor bank ini diharapkan untuk acuan dasar dalam menurunkan daya reaktif dan memperbaiki faktor daya di PT. Danwood Nusantara Semarang. Dalam pengolahan data ini penulis membuat 2 desain skenario berupa single line diagram untuk membandingkan berapa kebutuhan besar dan kecil nilai daya reaktif pada kedua desain skenario tersebut.

Rencana dari desain skenario 1 adalah membuat rangkaian SLD (Single Line Diagram) dimana pada bus-bus atau beban yang mengalami cos phi dibawah 0,85. Dari rangkaian tersebut maka dilakukan perhitungan untuk perbaikan faktor daya yang pada bus-bus tersebut teridentifikasi faktor daya yang rendah kemudian menentukan besarnya kapasitor bank pada masing-masing bus yang di perbaiki setelah itu disimulasikan dari hasil instalasi kapasitor bank dari skenario 1 setelah itu identifikasi dari pada skenario 2 ini ditentukan dari satu buah kapasitor bank yang terpasang pada incoming dan setelah itu membandingkan dari hasil perhitungan dari skenario 1 dan skenario 2.

D. Data Penelitian

Data penelitian pada industri kayu PT. Danwood Semarang dapat di lihat pada tabel 1.

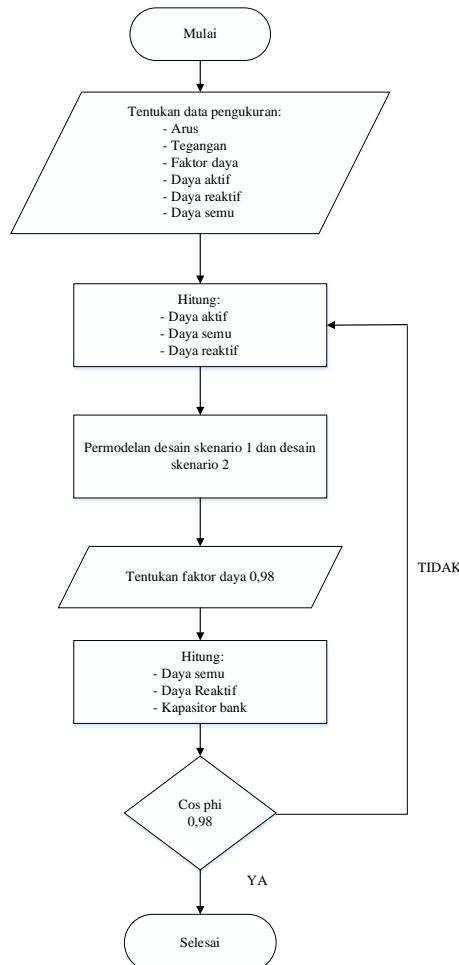
Tabel 1. Data Penelitian

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya	Daya Semu S (KVA)	Daya Aktif P (KW)	Daya Reaktif Q (KVA R)
MDP	RN	236,4	468	0,959	110,6 35 99	106,0	31,309
	SN	236,2	540	0,969	127,5 48 94	123,5	54,462
	TN	234,8	502	0,955	117,8 69 65	112,5 35, 007	
BUS 1	RN	233,4	28,3	0,119	6,576	0,782	6,524
	SN	233,1	29,0	0,081	6,759	0,547	6,732

TN	232,4	27,7	0,098	6,439	0,630	6,405
BUS 2	RN	233,9	38,4	0,999	8,981	8,972
	SN	232,4	38,4	0,999	8,924	8,915
BUS 3	TN	233,1	40,5	0,993	9,440	9,374
	RN	233,8	3,02	0,123	0,706	0,123
BUS 4	SN	233,0	2,98	0,165	0,694	0,165
	TN	234,9	3,19	0,183	0,749	0,183
BUS 5	RN	233,7	46,0	0,151	10,75 0	1,623
	SN	233,4	44,5	0,144	10,38 6	1,495
BUS 6	TN	234,7	45,2	0,151	10,60 8	1,506
	RN	233,6	3,76	0,335	0,878	0,294
BUS 7	SN	232,6	3,53	0,344	0,821	0,282
	TN	233,6	3,60	0,300	0,840	0,252
BUS 8	RN	233,7	49,2	0,926	11,49 8	10,64 7
	SN	232,8	48,0	0,902	11,17 4	10,07 9
BUS 9	TN	234,3	47,2	0,923	11,05 8	10,20 7
	RN	237,3	4,3	0,739	9,563	7,067
BUS 10	SN	235,6	36,1	0,688	8,505	5,851
	TN	235,3	42,5	0,792	10,00 0	6,050

E. Flowchart Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pelaksanaan yang tersusun secara runtut untuk mendapatkan data dan hasil analisa pengukuran secara garis besar diagram alur ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran

Hasil data pengukuran pada SDP (*Sub Panel Distribution*) sebelum dilakukan perbaikan dapat dilihat adanya faktor daya yang menurun yaitu pada BUS 1 pada Fasa R 0,119, Fasa S 0,081, Fasa T 0,098. BUS 3 pada Fasa R 0,123, Fasa S 0,165, dan Fasa T 0,183. BUS 4 pada Fasa R 0,151, Fasa S 0,144, dan Fasa T 0,151. BUS 5 pada Fasa R 0,335, Fasa S 0,344, dan Fasa T 0,300 dan BUS 7 pada Fasa R 0,739, Fasa S 0,688 dan Fasa T 0,792. Adapun data penelitian ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengukuran MDP dan SDP PT. Danwood Nusantara Semarang

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya	Daya Semu S (KVA)	Daya Aktif P (KW)	Daya Reaktif Q (KVAR)
MDP	RN	236,4	468	0,959	110,6 35	106,0 99	31,309
	SN	236,2	540	0,969	127,5 48	123,5 94	54,462
	TN	234,8	502	0,955	117,8 69	112,5 65	35,007
BUS 1	RN	233,4	28,3	0,119	6,576	0,782	6,524
	SN	233,1	29,0	0,081	6,759	0,547	6,732
	TN	232,4	27,7	0,098	6,439	0,630	6,405
BUS 2	RN	233,9	38,4	0,999	8,981	8,972	0,359
	SN	232,4	38,4	0,999	8,924	8,915	0,392
	TN	233,1	40,5	0,993	9,440	9,374	1,113
BUS 3	RN	233,8	3,02	0,123	0,706	0,123	0,694
	SN	233,0	2,98	0,165	0,694	0,165	0,674
	TN	234,9	3,19	0,183	0,749	0,183	0,726
BUS 4	RN	233,7	46,0	0,151	10,75 0	1,623	10,621
	SN	233,4	44,5	0,144	10,38 6	1,495	10,272
	TN	234,7	45,2	0,151	10,60 8	1,506	10,481
BUS 5	RN	233,6	3,76	0,335	0,878	0,294	0,827
	SN	232,6	3,53	0,344	0,821	0,282	0,770
	TN	233,6	3,60	0,300	0,840	0,252	0,801
BUS 6	RN	233,7	49,2	0,926	11,49 8	10,64 7	4,334
	SN	232,8	48,0	0,902	11,17 4	10,07 9	4,816
	TN	234,3	47,2	0,923	11,05 8	10,20 7	4,246
BUS 7	RN	237,3	4,3	0,739	9,563	7,067	6,436
	SN	235,6	36,1	0,688	8,505	5,851	6,166
	TN	235,3	42,5	0,792	10,00 0	7,950	6,050

Tabel 3 Data pengukuran nilai faktor daya kurang dari 0,85

No	Identitas Bus	Fasa	Nilai Cos Phi
1	BUS 1	RN	0,119
		SN	0,081
		TN	0,098
2	BUS 3	RN	0,123
		SN	0,165
		TN	0,183
3	BUS 4	RN	0,151
		SN	0,144
		TN	0,151
4	BUS 5	RN	0,335
		SN	0,344
		TN	0,300
5	BUS 7	RN	0,739
		SN	0,688
		TN	0,792

Dari data diatas berdasarkan hasil pengukuran didapatkan adanya nilai faktor daya kurang dari standar nilai PLN 0,85 pada BUS 1, BUS 3, BUS 4, BUS 5, dan BUS 7.

B. Perhitungan Perbaikan Daya Untuk Faktor Daya Cos phi = 0,98

Pada BUS 1, BUS 3, BUS 4, BUS 5, dan BUS 7 di perlukan perbaikan faktor daya agar nilainya 0,98 sebelum perbaikan, dimulai dengan membuat dua rangkaian desain SLD (*Single Line Diagram*) guna untuk mengetahui cos phi mana yang nilainya kurang dari 0,85.

C. Perhitungan Nilai Daya Aktif (KW), Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR) dan Cos Phi Sebelum Perbaikan

Perhitungan nilai daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi dicontohkan pada BUS 1 pada Fasa R, S dan T, sebagai berikut:

- Perhitungan nilai daya aktif dengan rumus persamaan (1)

- Fasa R

Diketahui:

$$P_R = V_R \times I_R \times \cos \varphi$$

$$V_R = 232,4$$

$$I_R = 28,3$$

$$\cos \varphi = 0,119$$

Maka, perhitungan untuk R:

$$P_R = 232,4 \times 28,3 \times 0,119$$

$$P_R = 0,782 \text{ KW}$$

- Fasa S

Diketahui:

$$P_S = V_S \times I_S \times \cos \varphi$$

$$V_S = 233,1$$

$$I_S = 29,0$$

$$\cos \varphi = 0,081$$

Maka, perhitungan untuk S:

$$P_S = 233,1 \times 29,0 \times 0,081$$

$$P_S = 0,547 \text{ KW}$$

- Fasa T

Diketahui:

$$P_T = V_T \times I_T \times \cos \varphi$$

$$V_T = 232,4$$

$$I_T = 27,7$$

$$\cos \varphi = 0,098$$

Maka, perhitungan untuk T:

$$P_T = 232,4 \times 27,7 \times 0,098$$

$$P_T = 0,630 \text{ KW}$$

- Total perhitungan 3 fasa R,S,T

$$P_{TT} = P_R + P_S + P_T$$

$$P_{TT} = 0,782 + 0,547 + 0,630$$

$$P_{TT} = 1,953 \text{ KW}$$

- Perhitungan nilai daya semu dengan rumus persamaan (3)

- Fasa R

Diketahui:

$$S_R = V_R \times I_R$$

$$V_R = 232,4$$

$$I_R = 28,3$$

Maka, perhitungan untuk R:

$$S_R = 232,4 \times 28,3$$

$$S_R = 6,576 \text{ KVA}$$

- Fasa S

Diketahui:

$$S_S = V_S \times I_S$$

$$V_S = 233,1$$

$$I_S = 29,0$$

Maka, perhitungan untuk S:

$$S_S = 233,1 \times 29,0$$

$$S_S = 6,759 \text{ KVA}$$

- Fasa T

Diketahui:

$$S_T = V_T \times I_T$$

$$V_T = 232,4$$

$$I_T = 27,7$$

Maka, perhitungan untuk T:

$$S_T = 232,4 \times 27,7$$

$$S_T = 6,437 \text{ KVA}$$

- Total perhitungan 3 fasa R,S,T

$$S_{TT} = S_R + S_S + S_T$$

$$S_{TT} = 6,576 + 6,759 + 6,437$$

$$S_{TT} = 19,772 \text{ KVA}$$

c. Perhitungan nilai daya reaktif dengan rumus persamaan (2)

- Fasa R

Diketahui:

$$Q_R = \cos^{-1}(0,119) = 83,165^\circ$$

$$Q_R = V_R \times I_R \times \sin \theta$$

$$V_R = 232,4$$

$$I_R = 28,3$$

$$\sin \theta = 0,992$$

Maka, perhitungan untuk R:

$$Q_R = V_R \times I_R \times \sin \theta$$

$$Q_R = 232,4 \times 28,3 \times \sin 83,165$$

$$Q_R = 232,4 \times 28,3 \times 0,992$$

$$Q_R = 6,524 \text{ VAR}$$

- Fasa S

Diketahui:

$$Q_S = \cos^{-1}(0,081) = 85,353^\circ$$

$$Q_S = V_S \times I_S \times \sin \theta$$

$$V_S = 233,1$$

$$I_S = 29,0$$

$$\sin \theta = 0,996$$

Maka, perhitungan untuk S:

$$Q_S = V_S \times I_S \times \sin \theta$$

$$Q_S = 233,1 \times 29,0 \times \sin 85,353$$

$$Q_S = 233,1 \times 29,0 \times 0,992$$

$$Q_S = 6,732 \text{ VAR}$$

- Fasa T

Diketahui:

$$Q_T = \cos^{-1}(0,098) = 84,375^\circ$$

$$Q_T = V_T \times I_T \times \sin \theta$$

$$V_T = 232,4$$

$$I_T = 27,7$$

$$\sin \theta = 0,995$$

Maka, perhitungan untuk T:

$$Q_T = V_T \times I_T \times \sin \theta$$

$$Q_T = 232,4 \times 27,7 \times \sin 84,375$$

$$Q_T = 232,4 \times 27,7 \times 0,995$$

$$Q_T = 6,405 \text{ VAR}$$

- Total perhitungan 3 fasa R,S,T

$$Q_{TT} = Q_R + Q_S + Q_T$$

$$Q_{TT} = 6,524 + 6,732 + 6,405$$

$$Q_{TT} = 19,661 \text{ KVAR}$$

d. Perhitungan nilai cos phi total sebelum perbaikan dengan rumus persamaan (4)

Diketahui:

$$P_{total} = 86,938 \text{ KW}$$

$$S_{total} = 145,381 \text{ KVA}$$

Maka, perhitungan untuk $\cos \phi$?

$$\cos \phi = \frac{P_{total}}{S_{total}}$$

$$\cos \phi = \frac{86,938}{145,381}$$

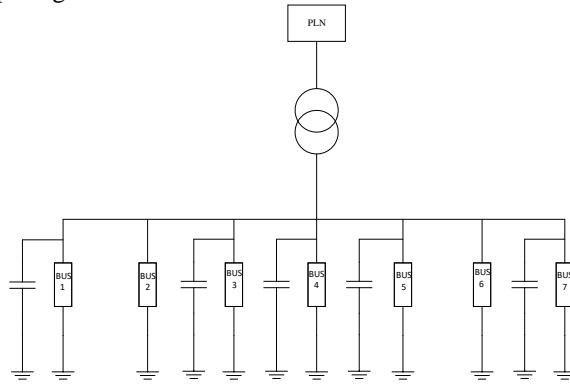
$$\cos \phi = 0,598$$

Tabel 4. Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi sebelum perbaikan

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi
BUS 1	1,953	19,772	19,661	0,098
BUS 2	27,261	27,345	1,900	0,996
BUS 3	0,471	2,149	2,094	0,219
BUS 4	4,624	31,744	31,374	0,145
BUS 5	0,828	2,368	2,398	0,341
BUS 6	30,933	33,703	13,396	0,917
BUS 7	20,868	28,068	18,652	0,743
Incoming	86,938	145,381	116,522	0,598

D. Hasil Desain dan Perhitungan skenario 1 Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR), dan Cos Phi Setelah Perbaikan

Pada skenario 1 menjelaskan bahwa pada bus 1, bus 3, bus 4, bus 5, dan bus 7 nilai cos phinya kurang dari 0,85 maka pada desain ini dipasang kapasitor bank dengan target cos phi 0,98. Adapun desain skenario tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain Skenario 1

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya semu (S) pada skenario 1 maka pada perhitungan ini mencari nilai daya semu dengan cos phi target 0,98 dengan persamaan (6)

a. Perhitungan nilai daya semu dengan cos phi target 0,98

Diketahui:

$$P_{total} = 1,953 \text{ KW}$$

$\cos \varphi = 0,98$
Maka, perhitungan untuk $\cos \varphi$ target 0,98:

$$S_{\text{total}} = \frac{P_{\text{total}}}{\cos \varphi}$$

$$S_{\text{total}} = \frac{1,953}{0,98}$$

$$S_{\text{total}} = 1,992 \text{ kVA}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya reaktif (KVAR) pada skenario 1 dengan nilai cos phi yang ingin dicapai sebesar 0,98 dilakukan dengan menghitung daya reaktif (Q_2) dengan nilai faktor daya yang diinginkan dengan rumus persamaan (5)

b. Perhitungan nilai daya reaktif dengan cos phi target 0,98

Diketahui:

$$S_{\text{total}} = 1,992 \text{ KVA}$$

$$P_{\text{total}} = 1,953 \text{ KW}$$

Maka, Perhitungan untuk $\cos \varphi = 0,98$:

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

$$Q_2 = \sqrt{1,992^2 - 1,953^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{3,968\,064 - 3,814\,209}$$

$$Q_2 = \sqrt{0,153\,855}$$

$$Q_2 = 0,392\,243 \text{ kVAR}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai total cos phi pada skenario 1 maka pada perhitungan ini dihitung dengan cara daya aktif (P) dibagi dengan daya semu (S) maka akan menghasilkan nilai cos phi total dengan persamaan (4)

c. Perhitungan nilai cos phi total setelah perbaikan

Diketahui:

$$P_{\text{total}} = 1,953 \text{ KW}$$

$$S_{\text{total}} = 1,992 \text{ KVA}$$

Maka, perhitungan untuk $\cos \varphi$?

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{total}}}{S_{\text{total}}}$$

$$\cos \varphi = \frac{1,953}{1,992}$$

$$\cos \varphi = 0,980$$

E. Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Pada Skenario 1

Untuk menghitung kebutuhan kapasitor bank pada saat nilai cos phi dinaikkan menjadi 0,98 maka perhitungan dicontohkan dengan persamaan (7)

a. Perhitungan kapasitor bank

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

Untuk cos phi = 0,98:

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 19,661 - 0,392$$

$$Q_C = 19,269 \text{ kVAR}$$

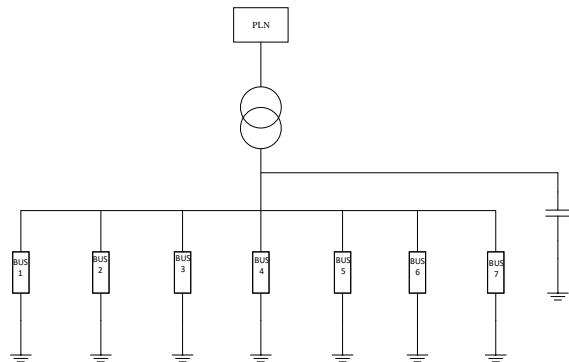
Tabel 5. Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi setelah perbaikan skenario 1

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi	QC
BUS 1	1,953	1,992	0,392	0,98	19,269
BUS 2	27,261	27,345	1,900	0,996	-

BUS 3	0,471	0,480	0,092	0,98	2,002
BUS 4	4,624	4,718	0,937	0,98	30,437
BUS 5	0,828	0,844	0,163	0,98	2,235
BUS 6	30,933	33,703	13,396	0,917	-
BUS 7	20,868	21,293	4,233	0,98	14,419
Incoming	86,938	90,374	21,113	0,961	-

F. Hasil Desain dan Perhitungan Skenario 2 Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR), dan Cos Phi Setelah Perbaikan

Pada skenario 2 menjelaskan bahwa pada bus 1, bus 2, bus 3, bus 4, bus 5, bus 6, dan bus 7 nilai cos phinya kurang dari 0,85 maka pada desain tersebut dipasang kapasitor bank pada sisi MDP (Main Distribution Panel) dengan target cos phi 0,98. Adapun desain skenario tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Skenario 2

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya semu (S) pada skenario 2 maka pada perhitungan ini mencari nilai daya semu dengan cos phi target 0,98 dengan persamaan (6)

a. Perhitungan nilai daya semu dengan cos phi target 0,98

Diketahui:

$$P_{\text{total}} = 86,938 \text{ KW}$$

$$\cos \varphi = 0,98$$

Maka, perhitungan untuk $\cos \varphi$ target 0,98:

$$S_{\text{total}} = \frac{P_{\text{total}}}{\cos \varphi}$$

$$S_{\text{total}} = \frac{86,938}{0,98}$$

$$S_{\text{total}} = 88,712 \text{ kVA}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya reaktif (KVAR) pada skenario 2 dengan nilai cos phi yang ingin dicapai sebesar 0,98 dilakukan dengan menghitung daya reaktif (Q_2) dengan nilai faktor daya yang diinginkan, menggunakan persamaan (5)

b. Perhitungan nilai daya reaktif dengan cos phi target

$$0,98$$

Diketahui:

$$S_{\text{total}} = 88,712 \text{ KVA}$$

$$P_{\text{total}} = 86,938 \text{ KW}$$

Maka, Perhitungan untuk $\cos \varphi = 0,98$:

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

$$Q_2 = \sqrt{88,712^2 - 86,938^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{7869,818944 - 7558,215844}$$

$$Q_2 = \sqrt{311,5671}$$

$$Q_2 = 17,651 \text{ kVAR}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai total cos phi pada skenario 2 maka pada perhitungan ini di hitung dengan cara daya aktif (P) di bagi dengan daya semu (S) maka akan menghasilkan nilai cos phi total dengan persamaan (4)

c. Perhitungan nilai cos phi total setelah perbaikan
Diketahui:

$$P_{\text{total}} = 86,938 \text{ KW}$$

$$S_{\text{total}} = 88,712 \text{ KVA}$$

Maka, perhitungan untuk cos φ ?

$$\cos \varphi = \frac{P_{\text{total}}}{S_{\text{total}}}$$

$$\cos \varphi = \frac{86,938}{88,712}$$

$$\cos \varphi = 0,980$$

G. Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Pada Skenario 2

Untuk menghitung kebutuhan kapasitor bank pada saat nilai cos phi dinaikkan menjadi 0,98 maka perhitungan dicontohkan dengan persamaan (7)

a. Perhitungan kapasitor bank

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

Untuk cos phi = 0,98:

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 116,522 - 17,651$$

$$Q_C = 98,871 \text{ kVAR}$$

Tabel 6. Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi setelah perbaikan skenario 2

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi	QC (KVAR)
BUS 1	1,953	19,772	19,661	0,098	
BUS 2	27,261	27,345	1,900	0,996	
BUS 3	0,471	2,149	2,094	0,219	
BUS 4	4,624	31,744	31,374	0,145	
BUS 5	0,828	2,368	2,398	0,341	
BUS 6	30,933	33,703	13,396	0,917	
BUS 7	20,868	28,068	18,652	0,743	
Incoming	86,938	88,712	17,651	0,98	98,871

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan penelitian yang telah dilakukan serta analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

- Untuk meningkatkan nilai faktor daya yang mengalami penurunan. Dilakukan perhitungan daya aktif, daya reaktif, daya semu dan menghitung daya reaktif, daya semu dan kapasitor bank untuk perbaikan dengan cosphi sesuai target 0,98
- Pada saat pengujian hasil dari total perhitungan pada daya reaktif sebelum perbaikan sebesar 116,522 KVAR dengan hal ini maka untuk menganalisa dibuatlah desain skenario dengan itu Pada perhitungan dari hasil desain skenario pertama nilai daya reaktifnya sebesar 21,113 KVAR dan pada hasil perhitungan dari desain skenario kedua nilai daya reaktifnya sebesar 17,651 KVAR.
- Dari hasil total kebutuhan kapasitor bank pada saat faktor daya dinaikkan ada 2 desain skenario yang pertama nilai kebutuhan kapasitor bank pada bus 1 sebesar 19,269 KVAR dikarenakan pada desain skenario pertama masing-masing dari kapasitor bank di pasang di masing-masing beban SDP (*sub panel distribution*) selanjutnya untuk desain skenario kedua nilai kebutuhan kapator bank sebesar 98,871 KVAR hal ini dikarenakan pada desain skenario kedua kapasitor bank di pasang di sisi MDP (*main distribution panel*).

REFERENSI

- [1] Y. Esye, "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," *J. Sport. J. Penelit. Pembelajaran*, vol. 2, no. 6, pp. 24–29, 2021.
- [2] M. Efisiensi, E. Listrik, D. I. Pt, P. E. Tbk, R. Milenio, and F. Yudha, *ANALISIS PERBAIKAN POWER FACTOR UNTUK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEMARANG SEMARANG MENCAPAI EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI PT. TEXMACO PERKASA ENGINEERING Tbk .ANALISIS PERBAIKAN POWER FACTOR UNTUK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEK*, 2022.
- [3] Rusda, K. Karim, and Masing, "Analisis perbaikan faktor daya untuk penghematan energi listrik pada Politeknik Negeri Samarinda," *Semin. Nas. Rekayasi Trop.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–40, 2017, [Online]. Available: <https://www.e-journal.stie-aub.ac.id/index.php/proceeding/article/view/236/223>.
- [4] Y. Dianti, "ANALISIS PERENCANAAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA SEBAGAI UPAYA OPTIMASI DAYA LISTRIK DI GEDUNG JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MALIKUSSALEH," *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11), 951–952.*, pp. 5–24, 2017, [Online]. Available: <http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf>.
- [5] R. Yunus, *Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3 Fasa*. 2010.
- [6] R. (2014). Tiansyah, "Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Daya Listrik pada Jaringan Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Area Bandung. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Politeknik Negeri Bandung.," vol. 1, pp. 1–21, 2014.
- [7] K. D. Nurmahandy, I. H. Subuh, W. Aribowo, and M. Widayartono, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyalur Barata PT PLN Ngagel Surabaya," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 261–269, 2021.
- [8] Rusdiansyah, Cornelius Sarri, and Toyib, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. MOEIS SAMARINDA," *Mutiara J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 126–139, 2023, doi: 10.61404/jimi.v1i1.26.
- [9] T. Barlian, Y. Apriani, N. Savitri, and M. Hurairah, "Analisis

[10] Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan,” *J. Surya Energy*, vol. 4, no. 2, pp. 391–396, 2020, doi: 10.32502/jse.v4i2.2562.

[11] K. Minahasa, “ANALISIS PENGGUNAAN KAPASITOR BANK DALAM UPAYA PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA LOW VOLTAGE MAIN DISTRIBUTION PANEL (LVMDP) DI PT.PERMATA HIJAU PALM OLEO (PHPO) KIM II,” vol. 24, no. 7, pp. 28–42, 2024.

[12] D. Meilvinasvita, Safaruddin, and Yuliana, “PENGARUH PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG KOTA DI PT. PLN (PERSERO) RAYON MEULABOH KOTA,” *Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–27, 2020.

[13] A. Dani and M. Hasanuddin, “Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni),” *STMIK R. – AMIK R.*, vol. 1, no. 1, pp. 673–678, 2018.

E. Zondra and Arlenny, “Analisis Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi Tiga Phasa Di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning,” *J. Sains Teknol. dan Ind.*, vol. 12, no. 2, pp. 232–241, 2015.