

Menghitung Kapasitas Kapasitor Sebagai Koreksi Faktor Daya Pada Pelanggan Rumah Tangga 6600 VA

Safira Nabilla Julianti¹; Ibnu Hajar²

^{1,2}Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN, Jakarta

¹ safnabilla@gmail.com

ABSTRACT

It is undeniable that the low value of the power factor can cause problems with the electrical load in the form of power consumed that does not match the installed power. A low power factor can cause power usage to be less than optimal and current increase so that it can result in increased heat losses in the cable. From the data, there are still many customers who have a power factor of 0.5 to 0.7 meaning they are below the standard, for this reason it is necessary to improve the power factor value by installing capacitors where it is necessary to calculate the capacitor's capacity according to the installed power, so as to optimize the distribution of funds and reduce heat losses from the conductor so that the distribution condition is more stable. The diagram method is used, a diagram showing the kVAR value is needed before and after compensation. With the improvement of the power factor in accordance with the standard, a more optimal use of electric power is obtained. From the results of the calculations, the average capacity of the capacitor used for household customers with a power of 6600 VA is $3,74 \times 10^{-5}$ Farad or 37.4 F.

Keywords: power factor, capacitor, power factor improvement

ABSTRAK

Tidak dapat dipungkiri rendahnya nilai faktor daya dapat menimbulkan masalah pada beban listrik berupa daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang terpasang. Faktor daya yang rendah dapat menyebabkan penggunaan daya menjadi kurang optimal dan kebutuhan arus meningkat sehingga dapat mengakibatkan rugi rugi panas pada kabel menjadi meningkat. Dari data masih didapatkan banyak pelanggan yang memiliki faktor daya 0,5 sampai 0,7 yang berarti berada dibawah standar, untuk itu diperlukan perbaikan nilai faktor daya pada instalasi dengan melakukan pemasangan kapasitor dimana untuk itu diperlukan perhitungan kapasitas kapasitor sesuai dengan daya yang terpasang, sehingga dapat mengoptimalkan penyaluran dana dan mengurangi rugi rugi panas dari kabel penghantar sehingga keadaan jaringan lebih stabil. Metode yang digunakan yaitu dengan metode diagram, dimana untuk mengetahui nilai kapasitor diperlukan diagram yang menunjukkan nilai kVAR sebelum dan sesudah kompensasi. Dengan perbaikan faktor daya yang sesuai dengan standar maka didapatkan pemakaian daya listrik yang lebih optimal. Dimana dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan rata rata kapasitas kapasitor yang digunakan untuk pelanggan rumah tangga dengan daya 6600 VA yaitu sebesar $3,74 \times 10^{-5}$ Farad atau 37,4 μ F.

Kata kunci: faktor daya, kapasitor, perbaikan faktor daya

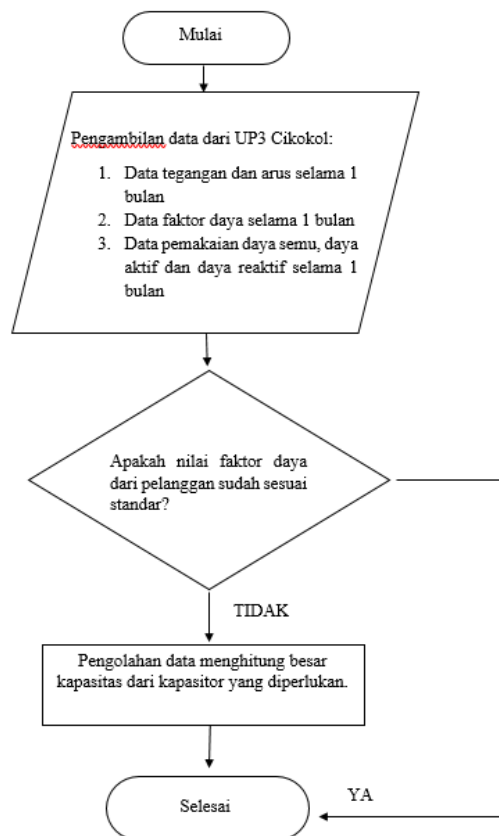
1. PENDAHULUAN

Pemakaian energi listrik oleh variasi beban dapat menyebabkan masalah, salah satunya yaitu rendahnya faktor daya listrik dan terjadinya drop voltage. Pada wilayah penelitian masih banyak ditemukan pelanggan rumah tangga dengan daya 6600 VA yang memiliki faktor daya yang berada dibawah standar. Dimana rata rata faktor daya yang dimiliki pelanggan yaitu 0,5 sampai 0,7, hal ini menyebabkan penyaluran dari pada jaringan area tinjauan menjadi kurang optimal. Oleh karena hal ini, diperlukan perbaikan faktor daya dengan melakukan pemasangan kapasitor yang dimaksudkan agar penyaluran daya ke pelanggan menjadi lebih optimal. Kapasitor bank mengadopsi metode peningkatan faktor daya ($\cos \varphi$), yang dapat mengurangi daya reaktif (VAR). Apabila besarnya daya reaktif yang disuplai dari sisi utilitas tersebut berkurang, maka faktor daya akan membaik dan nilainya akan mendekati 1 sesuai dengan standar untuk faktor daya menurut PLN yaitu >85% [14]. Sedangkan, batas toleransi untuk tegangan standar pada sisi pelayanan yaitu sebesar +5% dan -10% [16].

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan pada tanggal 1 Maret 2021 sampai 31 Maret 2021 di PT. PLN (persero) UP3 Cikokol, dengan data berupa data tegangan, arus, daya semu, daya aktif, daya reaktif dan faktor daya di bulan maret pada beberapa pelanggan rumah tangga yang dijadikan sampel penelitian. Pengambilan data dilakukan dengan cara mengambil data yang dibutuhkan pada bagian Jaringan di UP3 Cikokol. Secara sederhana proses penelitian dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.



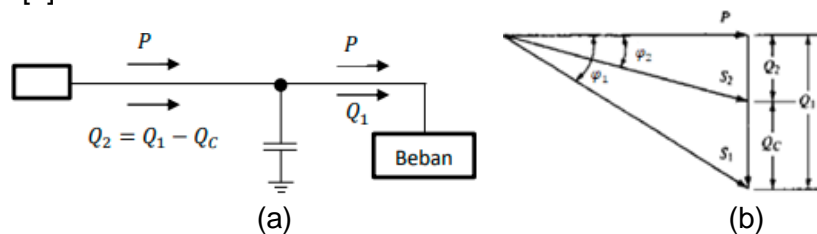
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Setelah data untuk keperluan penelitian didapatkan, langkah selanjutnya yaitu menganalisis data. Metode analisis data berfungsi untuk menyimpulkan hasil dari penelitian yang dilakukan. Tahapan-tahapan yang dilakukan antara lain yaitu:

1. Menentukan pelanggan rumah tangga dengan kontrak VA yang sama untuk dijadikan sampel penelitian.
2. Menghitung kebutuhan kapasitor untuk perbaikan faktor daya Menghitung kompensasi daya reaktif
3. Menghitung nilai kapasitas dari kapasitor
4. Menghitung persentase penghematan

2.2. Menghitung Kebutuhan Kapasitor

Metode dapat digunakan untuk menghitung nilai kapasitas kapasitor yaitu dengan metode diagram. Untuk mengetahui nilai kapasitor, diperlukan diagram yang menunjukkan nilai kVAR sebelum dan sesudah kompensasi yang dapat digambarkan sebagai berikut [5]:



Gambar 2. Ilustrasi perbaikan faktor daya

Dari gambar 2 di atas, dapat dilihat bahwa kapasitor merupakan sumber dari daya reaktif – kapasitif yang nantinya akan menekan daya reaktif dari beban. Dengan anggapan bahwa beban disuplai oleh daya aktif (P), daya reaktif (Q₁), dan daya semu (S₁), maka dapat dirumuskan yaitu:

$$\cos \theta_1 = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_1^2}} \tag{1}$$

Bila kapasitor dipasang parallel pada sisi beban dengan kapasitas QC kVAR, maka faktor dayanya diperbaiki menjadi:

$$\cos \theta_2 = \frac{P}{S_2} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_2^2}} \tag{2}$$

Atau

$$\cos \theta_2 = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_C)^2}} \tag{3}$$

$$S = \frac{P}{\cos \theta_2} \tag{4}$$

$$Q = \sqrt{S_2^2 - P^2} \tag{5}$$

Untuk menghitung besarnya daya aktif yang terpakai dapat digunakan rumus [3]:

$$P = S \times \cos \theta_2 \tag{6}$$

Apabila *power factor* awal dilambangkan $\text{Cos}\varphi_1$ lalu *power factor* yang diperbaiki dilambangkan $\text{Cos}\varphi_2$ maka besarnya kapasitor (Q_C) dapat rumuskan sebagai berikut [3]:

$$Q_C = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \text{ kVAR} \tag{7}$$

Keterangan:

S_1 = Daya semu awal (sebelum dikompensasi) (VA)

P = Daya aktif beban (Watt)

$\text{Cos}\varphi_1$ = Faktor daya awal (sebelum dikompensasi) (Rad/Deg)

Q_1 = Daya reaktif (sebelum dikompensasi) (VAR)

S_2 = Daya semu yang diinginkan (setelah dikompensasi) (VA)

$\text{Cos}\varphi_2$ = Faktor daya yang diharapkan (Rad/Deg)

Q_2 = Daya reaktif yang setelah dikompensasi (VAR)

Q_C = Rating kapasitor (kVAR)

Perbaikan faktor daya juga berdampak pada berkurangnya nilai arus yang juga dapat mengurangi rugi rugi dari panas pada kabel yang dialiri arus, dimana semakin besar arus yang mengalir makan penghantar akan semakin panas. Perbandingan perbedaan nilai arus sebelum dilakukan pemasangan kapasitor dengan setelah dilakukan pemasangan kapasitor dapat dirumuskan sebagai berikut [2]:

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \theta_n} \tag{8}$$

Dimana:

P = daya aktif (Watt)

I_n = arus dengan faktor daya awal/baru (Ampere)

V = tegangan (Volt)

$\cos \theta_n$ = faktor daya awal/baru

2.3. Menghitung Kapasitas Kapasitor

Untuk memperbaiki nilai faktor daya, maka diperlukan perhitungan dari nilai kapasitas kapasitor yang sesuai. Untuk menghitung besarnya nilai kapasitas dari *capasitor* bisa menggunakan persamaan [5]:

$$C = \frac{Q_C}{V^2 \times \omega} \tag{9}$$

Dimana :

C = Nilai *capasitor* (Farad)

Q_C = VAR *capasitor*

V = Tegangan (Volt)

$\omega = 2\pi f$

Setelah mengetahui nilai dari kapasitas kapasitor yang dapat digunakan dan selisih arus sebelum pemasangan kapasitor dengan arus setelah pemasangan kapasitor, maka selanjutnya dapat dicari nilai persentase penghematan yang dicapai setelah melakukan pemasangan kapasitor dengan rumus [9]:

$$\% \text{ Penghematan} = I_1 - I_2 \tag{10}$$

Dimana:

I_1 = arus dengan faktor daya awal

I_2 = arus dengan faktor daya yang diinginkan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Pelanggan Rumah Tangga

Tabel 1 dan table 2 merupakan data 30 pelanggan rumah tangga dengan daya 6600 VA yang diambil dalam waktu 1 bulan yaitu dari tanggal 1 maret 2021 sampai dengan 31 maret 2021.

Tabel 1. Data Rumah 1-15

Data Rumah	$V_{rata-rata}$ (Volt)	$I_{rata-rata}$ (Ampere)	$PF_{rata-rata}$	$P_{rata-rata}$ (Watt)	$Q_{rata-rata}$ (VAR)	$S_{rata-rata}$ (VA)
RUMAH 1	218.36	3.211	0.545	1176,424	1020,25	1491,187
RUMAH 2	226.438	0.925	0.665	295,006	270,75	550,246
RUMAH 3	219.898	3.765	0.744	1650,506	1577,97	1771,538
RUMAH 4	223.717	0.2	-0.501	91,163	66,992	137,736
RUMAH 5	223.067	1.193	-0.806	671,674	272,919	723,192
RUMAH 6	227.094	0.978	0.726	489,719	264,608	622,599
RUMAH 7	218.808	1.184	0.763	562,958	378,464	680,939
RUMAH 8	224.509	2.554	0.543	847,971	833,885	900,903
RUMAH 9	233.372	1.928	0.628	634,254	606,345	835,785
RUMAH 10	227.094	1.42	0.528	504,634	474,528	622,599
RUMAH 11	214.324	1.614	0.537	551,286	505,217	633,678
RUMAH 12	229.047	2.174	0.746	746,634	574,471	973,311
RUMAH 13	230.202	3.252	0.776	1173,296	817,727	1557,79
RUMAH 14	225,3	2.12	0.542	765,566	695,111	958,359
RUMAH 15	210.039	1.339	0.762	360,871	315,341	405,270

Tabel 2. Data Rumah 16-30

Data Rumah	$V_{rata-rata}$ (Volt)	$I_{rata-rata}$ (Ampere)	$PF_{rata-rata}$	$P_{rata-rata}$ (Watt)	$Q_{rata-rata}$ (VAR)	$S_{rata-rata}$ (VA)
RUMAH 16	217.927	1.191	0,597	465,465	360,728	671,366
RUMAH 17	229.047	2.174	0,689	726,25	574,471	971,307
RUMAH 18	228.896	1.488	0,69	590,01	426,991	703,748
RUMAH 19	225.14	2.337	0,609	954,436	722,876	1171,919
RUMAH 20	228.535	1.223	0,69	523,653	350,406	739,467
RUMAH 21	228.724	0.983	0,65	387,297	296,007	455,594
RUMAH 22	213.151	5.471	0,732	2742,395	1376,011	3405,1
RUMAH 23	225.768	2.916	0,754	1616,725	748,933	1906,531
RUMAH 24	230.883	2.645	0,78	1311,381	662,001	1462,603
RUMAH 25	225.399	2.558	0,746	713,436	665,1	830,849
RUMAH 26	220.829	3.843	0,749	1686,485	973,592	1894,531
RUMAH 27	234.993	2.77	0,683	1000,196	823,645	1422,459
RUMAH 28	229.64	2.241	0,629	994,082	692,987	1180,782
RUMAH 29	225.893	2.032	0,711	930,294	558,913	1044,666
RUMAH 30	223.076	2.311	0,524	841,526	760,413	1273,414

3.2. Perhitungan Kapasitas Kapasitor

Berikut merupakan perhitungan kapasitas kapasitor untuk salah satu rumah:

a) Perhitungan Kebutuhan Kapasitor

$$S_2 = \frac{P}{\cos \varphi_2}$$

$$S_2 = \frac{1173,296 \text{ W}}{0,95}$$

$$= 1235,048 \text{ VA}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{(1235,048)^2 - (1173,296)^2}$$

$$= 385,642 \text{ VAR}$$

$$P_2 = S \times \cos \varphi_2$$

$$= 1557,790 \times 0,95$$

$$= 1479,900 \text{ W}$$

b) Perhitungan arus sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya

$$I_1 = \frac{P}{V \times \cos \varphi_1}$$

$$= \frac{1173,296}{230,202 \times 0,776}$$

$$= 6,568 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{P}{V \times \cos \varphi_2}$$

$$= \frac{1173,296}{230,202 \times 0,95}$$

$$= 5,365 \text{ A}$$

c) Perhitungan kompensasi daya reaktif

$$Q_c = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_c = 1173,296 (\tan 43,449 - \tan 18,19)$$

$$= 608,976 \text{ VAR}$$

d) Menghitung kapasitas kapasitor dan persen penghematan

$$C = \frac{Q_c}{V^2 \times \omega}$$

$$C = \frac{608,976}{(230,202)^2 \times (2 \times 3,14 \times 50)}$$

$$= 3,66 \times 10^{-5} \text{ Farad}$$

$$\% \text{ Penghematan} = I_1 - I_2$$

$$= 6,568 - 5,365$$

$$= 1,203 \text{ A}$$

$$= 12,025 \%$$

Dengan cara yang sama, berikut hasil perhitungan dari 30 rumah yang dijadikan data:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Rumah 1-15

	Q_c (VAR)	ϵ (Farad)	% Penghematan (%)
Rumah 1	1007,800	$6,7 \times 10^{-2}$	27,14
Rumah 2	244,479	$1,52 \times 10^{-2}$	17,71
Rumah 3	1468,358	$9,67 \times 10^{-2}$	12,12
Rumah 4	-184,253	$1,17 \times 10^{-2}$	30,81
Rumah 5	-498,487	$3,19 \times 10^{-2}$	8,11
Rumah 6	160,964	$1,55 \times 10^{-2}$	13,36
Rumah 7	185,034	$2,07 \times 10^{-2}$	10,92
Rumah 8	285,648	$4,72 \times 10^{-2}$	27,26
Rumah 9	793,995	$3,51 \times 10^{-2}$	20,41
Rumah 10	165,862	$2,78 \times 10^{-2}$	28,58
Rumah 11	181,198	$3,34 \times 10^{-2}$	27,77
Rumah 12	245,405	$2,7 \times 10^{-2}$	12,02
Rumah 13	385,642	$3,66 \times 10^{-2}$	10,08
Rumah 14	251,626	$4,14 \times 10^{-2}$	27,35
Rumah 15	118,611	$1,44 \times 10^{-2}$	11,12

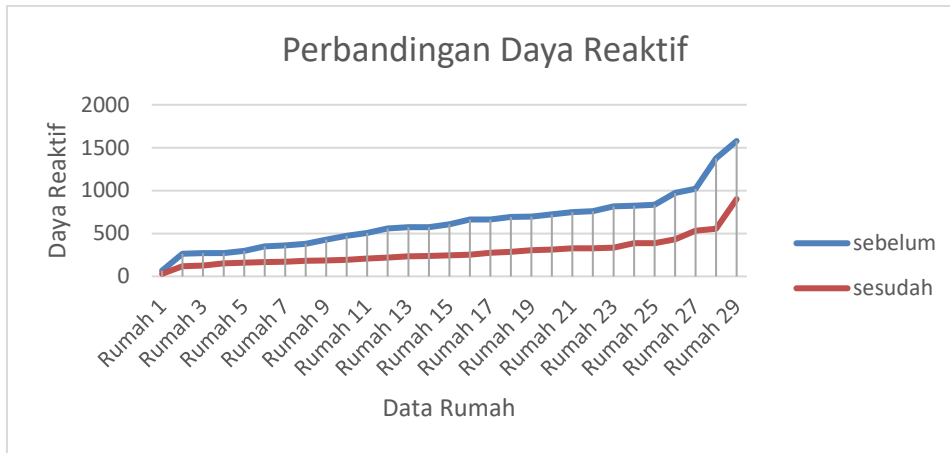
Tabel 4. Hasil Perhitungan Rumah 16-30

	Q_r (VAR)	C (Farad)	% Penghematan (%)
Rumah 16	152,990	$2,34 \times 10^{-5}$	22,89
Rumah 17	238.704	$3,34 \times 10^{-5}$	16,01
Rumah 18	193,926	$2,07 \times 10^{-5}$	15,83
Rumah 19	313.706	$4,37 \times 10^{-5}$	21,82
Rumah 20	172,114	$1,84 \times 10^{-5}$	15,88
Rumah 21	127.298	$1,53 \times 10^{-5}$	18,72
Rumah 22	901,379	$9,61 \times 10^{-5}$	12,95
Rumah 23	531,389	$4,64 \times 10^{-5}$	11,51
Rumah 24	431,029	$3,22 \times 10^{-5}$	9,88
Rumah 25	234.494	$3,99 \times 10^{-5}$	12,02
Rumah 26	554,319	$6,5 \times 10^{-5}$	11,85
Rumah 27	328.745	$4,47 \times 10^{-5}$	16,33
Rumah 28	326,738	$4,14 \times 10^{-5}$	14,70
Rumah 29	305,770	$3,12 \times 10^{-5}$	14,42
Rumah 30	276,59	$4,85 \times 10^{-5}$	28,95

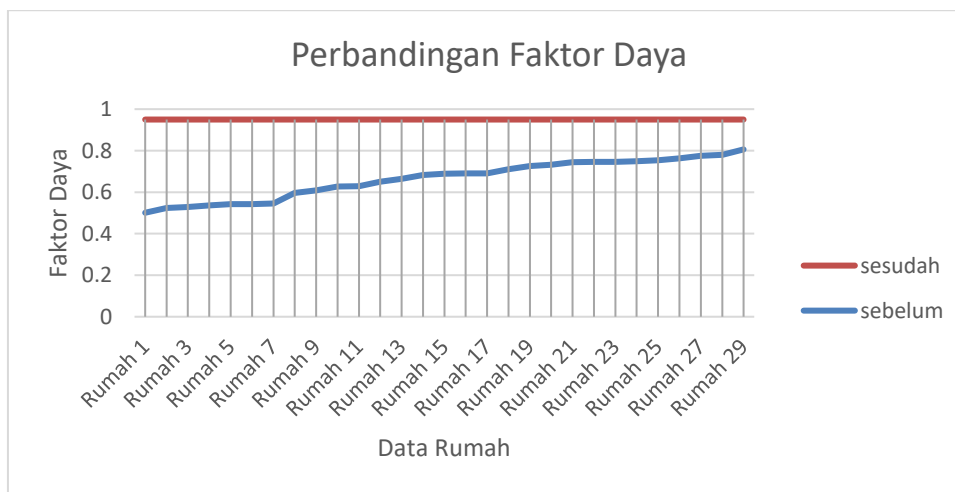
Berdasarkan tabel 3 dan tabel 4 hasil perhitungan kapasitas kapasitor dari seluruh sampel pelanggan rumah tangga, maka didapatkan rata-rata kapasitas kapasitor yang diperlukan untuk pelanggan rumah tangga dengan kebutuhan besar yang memiliki daya 6600 VA yaitu sebesar $3,74 \times 10^{-5}$ Farad atau 37,4 μ F dengan rata-rata persentase penghematan mencapai 17,62%.

3.3. Penurunan Daya Reaktif

Selanjutnya, dengan menggunakan aplikasi excel kita dapat melihat grafik dari daya reaktif, faktor daya sebelum dan sesudah pemakaian kapasitor.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Daya Reaktif



Gambar 4. Grafik Perbandingan Faktor Daya

Dari Gambar 3 dan Gambar 3 di atas dapat grafik memperlihatkan bahwa nilai daya reaktif sesudah dilakukan perbaikan faktor daya mengalami penurunan daripada nilai daya reaktif sebelum dilakukan perbaikan faktor daya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data diperoleh bahwa faktor daya pelanggan rumah tangga yang berada pada UP3 Cikokol berkisar antara 0,5 dan 0,7, hal ini masih sangat jauh dari standar yang diizinkan oleh PLN yaitu 0,85. Karena itu dihitung besar kapasitas kapasitor untuk menaikkan faktor daya tersebut dengan mengasumsikan besar faktor daya yang diinginkan adalah 0,95 dan diperoleh rata-rata besar kapasistas kapasitor yang digunakan untuk pelanggan rumah tangga dengan daya 6600 VA yaitu $3,74 \times 10^{-5}$ Farad atau 37,4 μ F dengan rata rata persentase penghematan mencapai 17,62%. Dari hasil ini penelitian perlu dilanjutkan pada pelanggan-pelanggan rumah tangga dengan kelompok daya yang lebih kecil (R-1/R-2) dan perlu diperhitungkan untuk memasang kapasitor pada saluran-saluran pelanggan rumah tangga.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Perusahaan Listrik Negara terkhusus pada UP3 Cikokol yang telah memberi dukungan yang membantu pelaksanaan penelitian dengan memberikan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Awaluddin. (2018). Perbaikan Faktor Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Raw Mill 1 Di Pt. Semen Tonasa Unit Iv Pangkep. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- [2] Bukhari, A., Abidin, Z., & Stephan. (2012). Perbaikan Power Faktor Pada Konsumen Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor Bank. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*.
- [3] Dani, A., & Hasanuddin, M. (2018). Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif. *Seminar Nasional Royal*.
- [4] Grigore, V. (2001). *Topological Issues In Single-Phase Power Factor Correction*. Helsinki: Helsinki University Of Technology.
- [5] Hajar, I., & Rahayuni, S. M. (2020). Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 Pt. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Unit Citeurep. *Jurnal Ilmiah Setrum*.
- [6] Hakim, F. M. (2014). Analisis Kebutuhan Capacitor Bank Beserta Implementasinya Untuk Memperbaiki Faktor Daya Listrik Di Politeknik Kota Malang. *Jurnal Eltek*.
- [7] Lestari, P. D., Gunawan, & Widihastuti, I. (2019). Analisa Perhitungan Nilai Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Pt. Karya Toha Putra. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- [8] Lisiani, Razikin, A., & Syaifurrahman. (2020). Identifikasi Dan Analisis Jenis Beban Listrik Rumah Tangga Terhadap Faktor Daya (Cos Phi). *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*.
- [9] Musyhar, G. (2017). Kualitas Listrik Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor. *Cahaya Bagaskara Vol. 2 No-1*.
- [10] Nasution, I. M. (2019). Analisis Sistem Kelistrikan Pada Mesin Pipet Dan Pengaruhnya Terhadap Faktor Daya Di Cv. Fajar Baru. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [11] Noor, F. A. (2017). Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, Dan Daya Aktif Pada Beban Listrik Di Minimarket. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [12] Noor, S., & Saputera, N. (2014). Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank. *Poros Teknik Vol.6 No.2*.
- [13] Nuraeni, R., & Selan, C. A. (2014). *Dasar Dan Pengukuran Listrik*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [14] PLN. (1985). SPln 70-1. Jakarta: Pln.
- [15] PLN. (1987). SPln 72. Jakarta: Pln.
- [16] PLN. (1995). SPln 1. Jakarta: Pln.
- [17] Prayudi, T., & Wiharja. (2006). Peningkatan Faktor Daya Dengan Pemasangan Bank Kapasitor Untuk Penghematan Listrik Di Industri Semen. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
- [18] Rofii, A., & Ferdinand, R. (2018). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Dalam Upaya Perbaikan Faktor Daya. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*.

- [19] Santosa, S. E. (2020). Kajian Peningkatan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Untuk Menghemat Biaya Listrik Pada Pelanggan Tegangan Menengah. Jakarta: Institut Teknologi PIn.
- [20] Saragih, E. P. (2019). Analisa Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Beban Listrik Di Alfamart. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- [21] Suswanto, D. (2009). Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [22] Syawal, R. P. (2015). Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya (Studi Kasus Gardu Distribusi Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo). Kendari: Universitas Halu Oleo.
- [23] Syufrijal, & Monantun, R. (2014). Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Kementerian Pendidikan Dasar Menengah Dan Kebudayaan Republik Indonesia.