

RANCANGAN ALAT PERBAIKAN FAKTOR DAYA UNTUK RUMAH INDUSTRI

Indra Diana¹, Agus Ulinuha²

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Sukoharjo, Indonesia

² Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani, Sukoharjo, Indonesia

 Email korespondensi: d400200093@student.ums.ac.id

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 rendah dapat menyebabkan penggunaan daya menjadi kurang optimal dan kebutuhan arus meningkat sehingga dapat mengakibatkan rugi-rugi panas pada kabel meningkat. Dari data Rumah Industri Resik Sae Laundry (RSL) sudah berada pada standar PLN akan tetapi ingin lebih dimaksimalkan kembali supaya faktor daya dapat mendekati 1. Oleh karena itu diperlukan perbaikan nilai faktor daya pada instalasi dengan melakukan pemasangan kapasitor. Di mana kapasitor bank akan dipasang pada pusat sumber daya. Untuk penentuan kapasitor diperlukan perhitungan kapasitas yang sesuai dengan daya terpasang, sehingga dapat mengoptimalkan penyaluran daya dan mengurangi besar arus dari kabel penghantar. Metode yang digunakan adalah perbandingan nilai tegangan, arus serta daya reaktif sebelum dan sesudah kompensasi. Dengan perbaikan faktor daya yang sesuai dengan standar maka didapatkan pemakaian daya listrik yang lebih optimal. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan rata-rata kapasitas kapasitor yang digunakan dengan daya 2200VA yaitu sebesar $1,63 \times 10^{-5}$ Farad atau $16,3 \mu\text{F}$. Untuk faktor daya awal (φ_1) didapat rata-rata 0,94 setelah dilakukan kompensasi didapatkan rata-rata faktor daya (φ_2) sebesar 0,99. Kemudian didapat penurunan arus sebesar 7,55%. Dari penurunan arus tersebut rugi-rugi daya yang dapat ditekan sebesar 3,4 Watt, sehingga meningkatkan efisiensi pada instalasi listrik dirumah industri Resik Sae Laundry (RSL) dan umur peralatan yang digunakan bisa tahan lama serta optimal.

Kata kunci: faktor daya, kapasitor, perbaikan faktor daya.



PENDAHULUAN

Pemakaian energi listrik oleh beban bervariasi dapat menyebabkan masalah, salah satunya yaitu rendahnya faktor daya listrik dan terjadinya drop tegangan[1]. Dalam hal ini sering terjadi pada pelanggan rumah tangga dengan beban induktif seperti motor listrik, mesin cuci, lemari es, atau AC yang dapat menyebabkan penurunan faktor daya dan jatuh tegangan[2]. Rumah industri yang banyak menggunakan beban induktif di sekitar kampus adalah bisnis laundry. Oleh karena itu, penelitian dilakukan pada rumah industri Resik Sae Laundry (RSL) di daerah Menco.

Secara umum di rumah industri RSL beban yang terpasang bersifat induktif sehingga menyebabkan daya reaktif meningkat dan menyebabkan arus beban[3]. Pada beban sendiri tegangan jatuh berbanding lurus dengan arus pada penghantar, jika arus dalam penghantar semakin besar maka jatuh tegangan akan semakin besar juga[4]. Hal ini dapat menyebabkan kabel dan peralatan menjadi lebih panas sehingga dapat memperpendek umur peralatan serta efisiensi energi yang rendah. Daya reaktif induktif (arus tertinggal tegangan) meningkat perlu dilakukan kompensasi, maka digunakan kapasitor sebagai daya reaktif kapasitif (arus mendahului tegangan) untuk perbaikan faktor daya[5]. Kemudian untuk mengatur dan menstabilkan tegangan tetap konstan pada level yang sesuai diperlukan *Automatic Voltage Regulator* (AVR)[6]. Kombinasi penggunaan kapasitor dan AVR dalam penelitian ini menjadi solusi teknik yang penting untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas sistem kelistrikan[7]. Pendekatan ini relevan untuk menjawab kebutuhan dalam pengelolaan energi, seperti kebutuhan akan efisiensi energi, pengurangan rugi-rugi daya, dan stabilitas tegangan pada sistem kelistrikan. Dengan semakin tinggi biaya listrik, maka tuntutan efisiensi dalam pemakaian daya reaktif menjadi sangat perlu, dan efisiensi penggunaan daya listrik dipengaruhi oleh banyak faktor.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Menjelaskan cara menganalisis perbaikan faktor daya; (2) Menjelaskan efisiensi pembebanan sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya; (3) Menghitung besar kompensasi daya reaktif untuk memperbaiki nilai faktor daya di Resik Sae Laundry (RSL); (4) Pemasangan kapasitor dan *Automatic Voltage Regulator* (AVR).

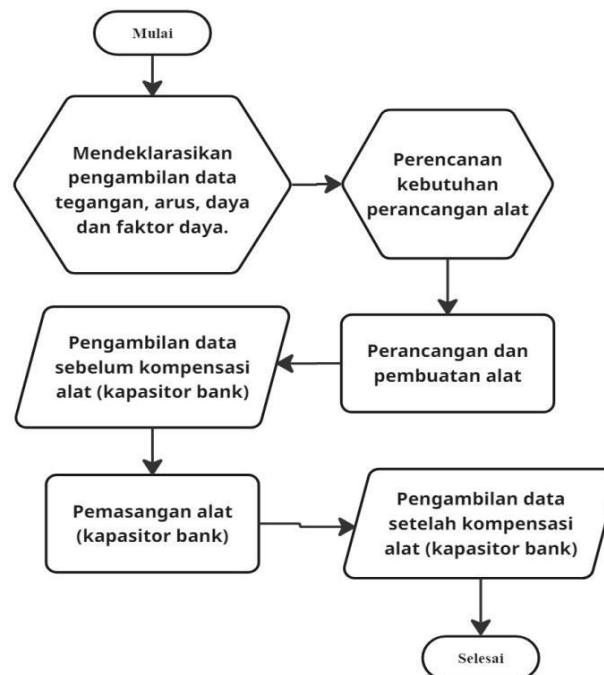


METODE

Dalam rumah industri laundry, penggunaan peralatan listrik berdaya tinggi seperti mesin cuci, pengering dan setrika uap merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Peralatan tersebut sering bersifat induktif, menyebabkan terjadinya penurunan faktor daya ($\cos \varphi$) pada sistem kelistrikan. Faktor daya yang rendah dapat mengakibatkan rugi-rugi daya (losses), pemanasan pada kabel, serta drop tegangan. Selain itu, beban listrik yang fluktuatif pada industri laundry dapat menyebabkan efisiensi energi menurun dan biaya operasional meningkat.

1. Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan hanya menggunakan 2 buah mesin cuci dengan merek Electrolux tipe R612311 spesifikasi 220-240V ~50 Hz 550 Watt ketika dalam mode running pada tanggal 18 Februari 2025. Data yang diambil berupa tegangan, arus, daya dan faktor daya ($\cos \varphi$) sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank dan setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank dan automatic voltage regulator (AVR). Pengambilan data menggunakan power analyzer dengan merek Din Rail Single Phase 300V dan didokumentasikan berupa foto. Secara sederhana proses penelitian dapat dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1.

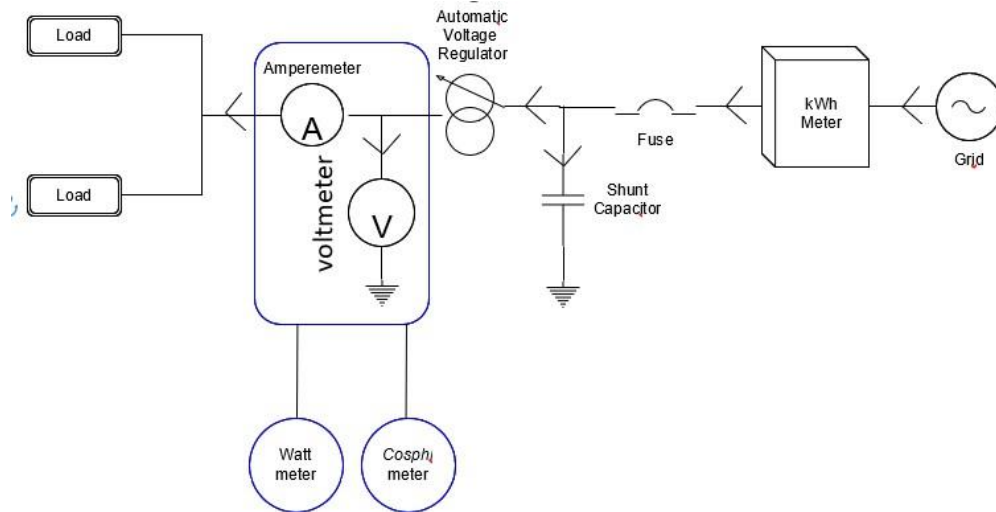


Gambar 1. Diagram alir penelitian



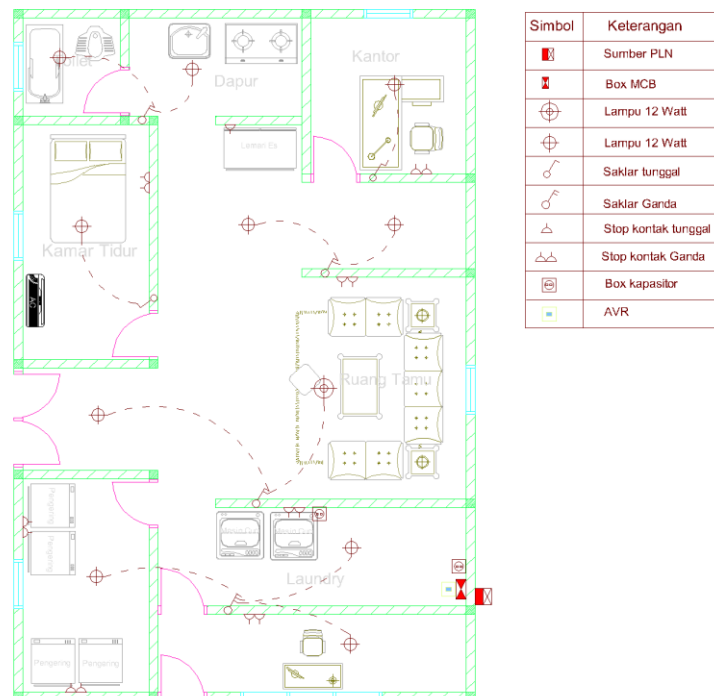
2. Skema Peralatan dan Denah Resik Sae Laundry

Pada gambar 2, kapasitor parallel dipasang pada sumber daya setelah pengaman MCB, sebelum Automatic Voltage Regulator (AVR). AVR akan berfungsi mengatur tegangan sedangkan kapasitor akan mengkompensasi daya induktif. Dengan demikian kombinasi keduanya akan memperbaiki tegangan sekaligus faktor daya.



Gambar 2. Skema peralatan dengan kapasitor pada sumber daya

Gambar 3. merupakan gambaran dari tempat pengambilan data yaitu di rumah industri Resik Sae Laundry.

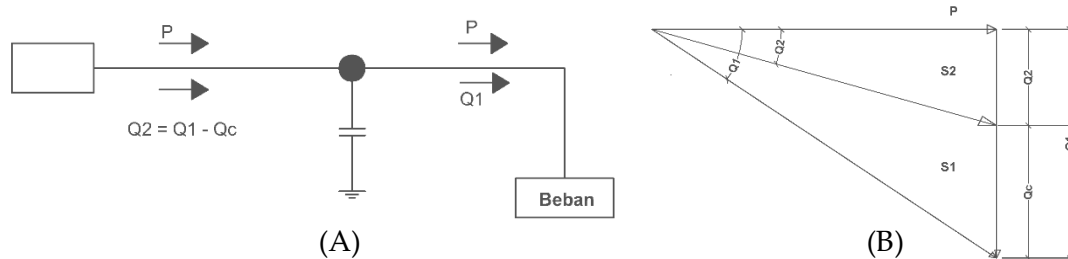


Gambar 3. Skema peralatan dengan kapasitor pada sumber daya



3. 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:



Gambar 4. Ilustrasi perbaikan factor daya. (A) skema arah daya, dan (B) ilustrasi segitiga daya reaktif dan semu.

Dari gambar 4. dapat dilihat bahwa kapasitor merupakan sumber daya reaktif – kapasitif yang nantinya akan menekan daya reaktif induktif dari beban. Dengan asumsi bahwa daya pada beban berupa daya aktif (P), daya reaktif (φ_1) dan daya semu (S_1) maka dapat dirumuskan yaitu[8]:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{\sqrt{P^2 + \varphi_1^2}} \quad (1)$$

Bila kapasitor dipasang paralel pada sisi beban dengan kapasitas daya reaktif (φ_c) maka faktor dayanya diperbaiki menjadi[8]:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{S_2} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + \varphi_1^2}} \quad (2)$$

$$\text{Atau } \cos \varphi_2 = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (\varphi_1 + \varphi_c)^2}} \quad (3)$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi_2} \quad (4)$$

$$Q = \sqrt{S_2^2 - P^2} \quad (5)$$

Untuk menghitung besarnya daya aktif yang terpakai dapat digunakan rumus:

$$P = S \times \cos \varphi_2 \quad (6)$$

Apabila faktor daya awal dilambangkan $\cos \varphi_1$ lalu faktor daya yang diperbaiki dilambangkan $\cos \varphi_2$ maka besarnya kapasitor (Q_c), dapat dirumuskan sebagai berikut[8]:

$$Q_c = \left(\frac{P}{\varphi_1} \right) \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \text{VAR} \quad (7)$$



Keterangan:

S_1 = daya semu awal/sebelum kompensasi (VA)

S_2 = daya semu setelah kompensasi (VA)

P = daya aktif beban (Watt)

$\cos\phi_1$ = faktor daya awal/faktor daya sebelum kompensasi (Rad/Deg)

$\cos\phi_2$ = faktor daya yang diharapkan (Rad/Deg)

Q_1 = daya reaktif sebelum kompensasi (VAR)

Q_2 = daya reaktif setelah di kompensasi (VAR)

Q_C = rating kapasitor (VAR)

Untuk memperbaiki nilai faktor daya, maka diperlukan perhitungan dari nilai kapasitas kapasitor yang sesuai. Untuk menghitung besarnya nilai kapasitas dari kapasitor bisa menggunakan rumus[8] :

$$C = \frac{Q_C}{V^2 \times \omega} \quad (8)$$

Keterangan:

C = nilai kapasitor (Farad)

Q_C = VAR kapasitor

V = tegangan (Volt)

$\omega = 2\pi f$

4. Perbandingan Tegangan, Arus Sebelum dan Setelah Kompensasi

Perbaikan faktor daya juga berdampak pada berkurangnya nilai arus yang juga dapat mengurangi rugi- rugi daya dari panas pada kabel yang dialiri arus, di mana semakin besar arus yang mengalir maka penghantar akan semakin panas. Perbandingan perbedaan nilai arus sebelum dilakukan pemasangan kapasitor dengan setelah dilakukan pemasangan kapasitor dapat dirumuskan sebagai berikut[3]:

$$I_n = \frac{P}{V_n \times \cos\phi_n} \quad (9)$$

Keterangan:

P = daya aktif (Watt)

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

V_n = tegangan (Volt)

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

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

$$\%penurunan = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \times 100 \quad (10)$$



Keterangan:

I_1 = arus dengan faktor daya awal

I_2 = arus dengan faktor daya yang diinginkan

Persentase perbaikan tegangan setelah terpasang Automatic Voltage Regulator (AVR) dapat dirumuskan (Musyahaar Ghoni, 2017):

$$\% \text{penurunan} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100 \quad (11)$$

Keterangan:

V_1 = tegangan dengan faktor daya awal

V_2 = tegangan dengan faktor daya yang diinginkan

5. Pengehematan Energi Dari Rugi-rugi Daya

Kemudian untuk mengetahui penghematan energi dari rugi-rugi daya sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya setelah mendapatkan nilai arus sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya dapat menggunakan persamaan [10]:

$$P_{\text{loss, sebelum}} = I_1^2 \times R \quad (12)$$

$$P_{\text{loss, sesudah}} = I_2^2 \times R \quad (13)$$

$$P_{\text{hemat}} = P_{\text{loss, sebelum}} - P_{\text{loss, sesudah}} \quad (14)$$

Keterangan:

I_1 = arus dengan faktor daya awal

I_2 = arus dengan faktor daya yang diinginkan

R = Resistansi kabel

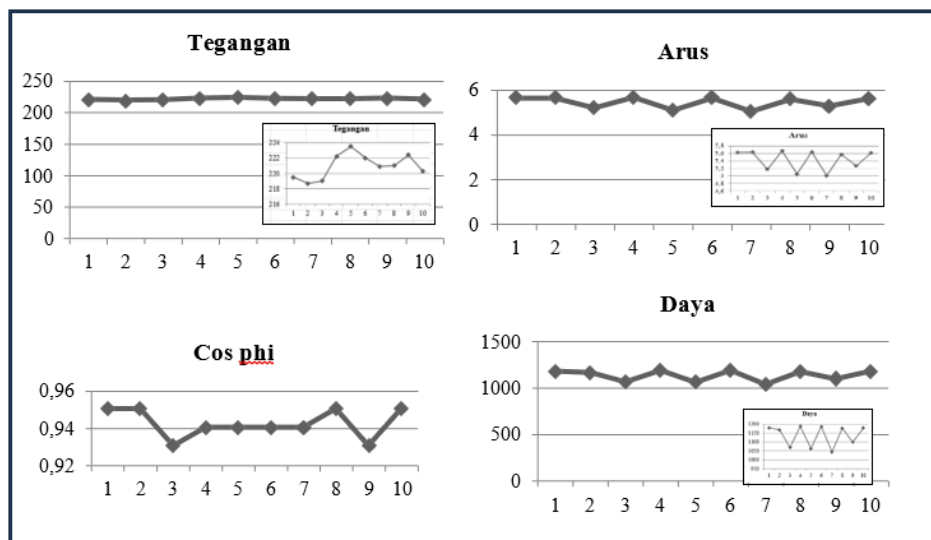


HASIL

Dari data yang didapat dari kWh meter digital berupa nilai arus, tegangan, faktor daya ($\cos\phi$) dan daya sebelum kompensasi. Di mana beban yang digunakan berupa 2 mesin cuci dalam keadaan mode running yaitu seperti pada tabel di bawah:

Tabel 1. Nilai arus, tegangan, $\cos\phi$ dan daya sebelum kompensasi

No	Sebelum kompensasi			
	Arus (A)	Tegangan (V)	Cos ϕ	Daya (W)
1	5,619	219,5	0,95	1178,4
2	5,63	218,7	0,95	1167,2
3	5,179	219	0,93	1068,3
4	5,66	222,2	0,94	1187,2
5	5,054	223,5	0,94	1062,4
6	5,633	222	0,94	1185,6
7	5,009	220,9	0,94	1043,6
8	5,569	221	0,95	1176,2
9	5,268	222,4	0,93	1098,9
10	5,604	220,3	0,95	1177,9
Rata-rata	5,423	220,95	0,94	1134,57



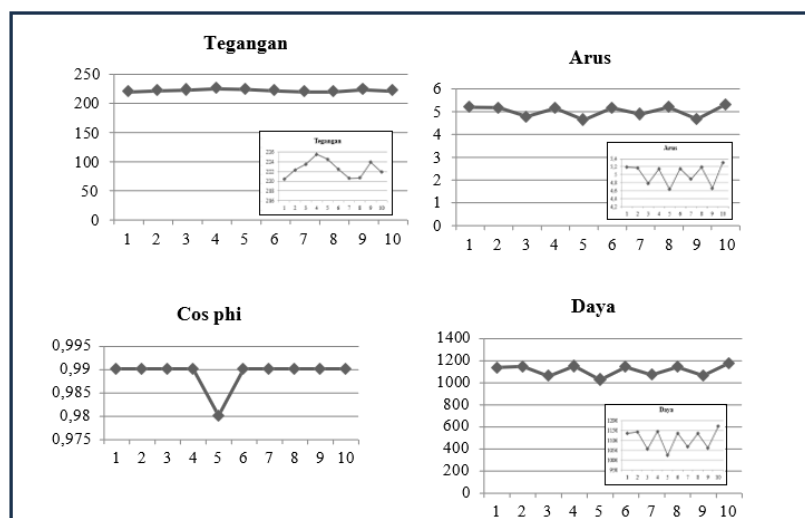
Gambar 5. Grafik tegangan, arus, $\cos\phi$ dan daya sebelum kompensasi



Pada tabel 1. dan gambar 5. nilai rata-rata dari arus sebelum kompensasi adalah 5,423 Ampere nilai ini masih aman karena menggunakan MCB 10 Ampere. Sedangkan untuk batas toleransi tegangan di Indonesia 220V $\pm 10\%$ [11]. Dalam gambar 5. Tegangan terendah di 218,7V (-0,59%) dan tertinggi 223,5V (1,59%), nilai ini masih dalam batas toleransi dari PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik).

Tabel 2. Nilai arus, tegangan, $\cos\phi$ dan daya setelah kompensasi

No	Setelah kompensasi			
	Arus (A)	Tegangan (V)	$\cos\phi$	Daya (W)
1	5,545	220,4	0,99	1135,4
2	5,175	222,3	0,99	1143,2
3	4,783	223,5	0,99	1056,2
4	5,148	225,5	0,99	1145
5	4,632	224,6	0,98	1024,4
6	5,153	222,5	0,99	1136
7	4,889	220,6	0,99	1067,1
8	5,189	220,7	0,99	1135,5
9	4,662	223,9	0,99	1061,9
10	5,31	221,9	0,99	1171,4
Rata-rata	5,0134	222,58	0,99	1107,61



Gambar 6. Grafik tegangan, arus, $\cos\phi$ dan daya setelah kompensasi



Setelah kompensasi pada tabel 2. dan gambar 6. nilai rata-rata faktor daya ($\cos\phi$) menjadi 0,99 (sesuai yang diinginkan) dari sebelumnya 0,94 pada tabel 1. Sedangkan untuk nilai tegangan pada gambar 6. nilai terendah yang didapat 220,4V (0,18%) dan nilai tertinggi 225,5V (2,5%) nilai ini masih dalam batas toleransi $\pm 10\%$ [11].

PEMBAHASAN

1. Perhitungan Kapasitor

Pada tabel 1. Didapat rata-rata daya aktif (P) yaitu 1134,57 Watt. Untuk memenuhi kebutuhan kompensasi daya reaktif dari sebelum faktor daya ($\cos\phi_1$) 0,94 menjadi faktor daya ($\cos\phi_2$) 0,99 dapat dirumuskan;

$$Q_C = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \quad (1)$$

nilai $\cos\phi_1$ dan $\cos\phi_2$ menjadi nilai \tan (*degrees*) untuk mengetahui sudut dari segitiga daya bisa $\phi_1 = (\arccos(0,94))^\circ$ $\phi_2 = (\arccos(0,99))^\circ$ ataupun menggunakan kalkulator scientific. Didapat nilai Q_C yaitu;

$$Q_C = 1134,57(\tan 19,95^\circ - \tan 8,11^\circ) \quad (2)$$

Setelah didapat nilai \tan (*degrees*) dari nilai derajat tersebut rubah menjadi nilai radians untuk memudahkan gunakan kalkulator.

$$Q_C = 1134,57(0,36 - 0,14) \quad (3)$$

Sehingga didapat nilai kompensasi daya reaktif (Q_C) yaitu 250,1265 VAR.

$$Q_C = 250,1265 \text{ VAR} \quad (4)$$

Dari nilai kompensasi daya reaktif (Q_C) yang didapat, kita tentukan nilai kapasitor yang akan digunakan dengan rumus;

$$C = \frac{Q_C}{V^2 \times \omega} \quad (5)$$

Nilai Q_C dibagi dengan pangkat kuadrat dari rata-rata tegangan sebelum kompensasi pada table 1. dan dikalikan dengan omega (hubungan dengan frekuensi (f): $\omega = 2\pi f$)

$$C = \frac{250,1265}{(219,5)^2 \times (2 \times 3,14 \times 50)} \quad (6)$$

$$C = 1,63 \times 10^{-5} \text{ Farad} \quad (7)$$

Rubah satuannya dari Farad ke Mikrofarad ($0,00163 \times 1.000.000$)

$$C = 16,3 \text{ Mikrofarad} \quad (8)$$

Untuk penelitian ini, saya bulatkan menjadi 20 Mikrofarad.

2. Perbandingan Rata-rata Tegangan (%) Sebelum dan Sesudah Kompensasi

Seperti pada tabel 1. (sebelum kompensasi) nilai dari rata-rata tegangan (V_1) dan pada tabel 2. (setelah kompensasi) nilai dari rata-rata tegangan (V_2) yaitu sebagai berikut;



$$V_1 = 220,95 \text{ V}$$

$$V_2 = 222,58 \text{ V}$$

Untuk persentase perbandingan tegangan sebelum dan sesudah kompensasi yaitu;

$$\% \text{perbandingan tegangan} = \left(\frac{V_1 - V_2}{V_1} \right) \times 100$$

$$= \left(\frac{(220,95 - 222,58)}{220,95} \right) \times 100$$

$$= -0,74\%$$

Jadi nilai persentase perbandingan tegangan yang didapat adalah -0,74% terdapat kenaikan tegangan dari sebelum kompensasi dengan sesudah kompensasi.

3. Perbandingan Rata-rata Arus (%) Sebelum dan Sesudah Kompensasi

Seperti pada tabel 1. (sebelum kompensasi) nilai dari rata-rata arus (I_1) dan pada tabel 2. (setelah kompensasi) nilai dari rata-rata arus (I_2) yaitu sebagai berikut;

$$I_1 = 5,4225 \text{ A}$$

$$I_2 = 5,0134 \text{ A}$$

$$\% \text{perbandingan arus} = \left(\frac{(I_1 - I_2)}{I_1} \right) \times 100$$

$$= \left(\frac{(5,4225 - 5,0134)}{5,4225} \right) \times 100$$

$$= 7,55\%$$

Untuk perbandingan nilai rata-rata arus sebelum dengan sesudah kompensasi didapat persentase nilai sebesar 7,55% penurunan nilai arusnya.

4. Penurunan Rugi Daya

Dengan jenis kabel NYM 2 × 2,5 nilai resistivitas kabel tembaga 0,0168 ohm.mm²/m dengan panjang kabel 6 meter maka nilai resistansinya adalah 0,08064 ohm (Badan Standarisasi Nasional, 2014).

$$I_1 = 5,4225 \text{ A}$$

$$I_2 = 5,0134 \text{ A}$$

$$R = 0,08064 \text{ ohm}$$

$$P_{\text{loss, sebelum}} = I_1^2 \times R$$

$$P_{\text{loss, sebelum}} = 5,4225^2 \times 0,08064 = 2,37 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{loss, sesudah}} = I_2^2 \times R$$

$$P_{\text{loss, sesudah}} = 5,0134^2 \times 0,08064 = 2,03 \text{ Watt}$$

$$P_{\text{rugidaya}} = 2,37 - 2,03 = 0,34 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan data sebelum (tabel 1.) dan sesudah kompensasi (tabel 2.), didapatkan penurunan rugi daya sebesar 0,34 Watt.



KESIMPULAN

Di-rumah industri Resik Sae Laundry (RSL) dengan menggunakan 2 beban mesin cuci pada saat keadaan running. Pada tabel 1. Didapat nilai faktor daya $[(\cos\varphi)]_1$ 0,94 setelah kompensasi perbaikan $\cos\varphi$ pada tabel 2. Di dapat nilai $[(\cos\varphi)]_2$ 0,99 karena dengan faktor daya mendekati 1 rugi-rugi daya pada instalasi bisa lebih efisien (D8197-Buku-Puil-2011, n.d.). untuk mendapatkan nilai faktor daya 0,99 didapat dari perhitungan daya reaktif kapasitor $[(Q)]_C$ sebagai kompensasi daya reaktif induktif dengan kapasitif didapat nilai $Q_C=250,1265$ VAR. Nilai Q_C tersebut menentukan nilai kapasitor, pada perhitungan didapat 16,3 mikrofarad dalam penelitian ini dibulatkan menjadi 20 mikrofarad. Setelah kompensasi pada tabel 2. Nilai tegangan terendah sebesar 220,4V (0,18%) dan tertinggi 225,5V (2,5%). Nilai tersebut masih dalam batas toleransi yang merujuk pada PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Dalam perbandingan nilai rata-rata arus sebelum dan sesudah kompensasi seperti pada tabel 1. Dan tabel 2. Didapat penurunan arus sebesar 7,55%. Dari penurunan arus tersebut, rugi-rugi daya yang dapat ditekan sebesar 0,34 Watt. Sehingga diharapkan instalasi listrik di rumah industri Resik Sae Laundry lebih efisien dan umur peralatan yang digunakan bisa tahan lama dan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puja dan puji syukur yang saya panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penelitian yang saya kerjakan dapat dikerjakan hingga selesai dengan lancar. Selain itu juga tak lupa saya ucapkan terutama kepada kedua orang tua dan kakak saya yang selalu memberikan doa dan dorongan moril kepada saya, alhamdulillah berkat doa dan dukungan beliau membuat saya tetap semangat dan termotivasi untuk menyelesaikan studi S1 saya. Kemudian kepada dosen pembimbing saya dalam mengerjakan skripsi bapak Agus Ulinuha, S.T., M.T., Ph.D. saya ucapkan banyak terima kasih yang tidak dapat terhitung yang selalu membimbing saya dengan sabar selama penelitian saya dan menjadi mentor yang sangat luar biasa. Saya hanya bisa mendoakan bapak semoga diberikan kesehatan dan keselamatan oleh Allah SWT. Kepada bapak/ibu dosen yang dengan ilmunya saya bisa melakukan penelitian ini serta saudara dan teman-teman saya. Terkhusus bapak Nurhadi Saputra S.T sekeluarga dan mas Tomi Hartono S.T yang telah memberikan fasilitas yang dibutuhkan selama penelitian ini. Semoga kebaikan terus bersama teman-teman di KOSBAIK dan Resik Sae Laundry untuk selalu diberikan rezeki yang halal dan dilancarkan segala urusannya oleh Allah SWT.



DAFTAR PUSTAKA

Buku

- [11] Badan Standarisasi Nasional, "Penjelasan PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011)," 2014.

Artikel Jurnal

- [1] Prasetyo Moch. Dawan, Haryudo Subuh Isnur, Joko, and Agung Achmad Imam, "Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Perubahan Nilai Faktor Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Unit Power Plant Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. Volume 11, p. 210, 2022.
- [2] Musyahaar Ghoni, "Kualitas Listrik dan Perbaikan Faktor Daya pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor," *Cahaya Bagaskara*, vol. 2, Jul. 2017, Accessed: Jun. 03, 2025. [Online]. Available: https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/index
- [3] Rusdiansyah, Sarri Cornelius, and Toyib, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. Moeis Samarinda," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 1, no. 1, Jul. 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.tiga-mutiara.com/index.php/jimi/index>
- [4] Arirangga Adi Reski, Haryudo Subuh Isnur, Kartini Unit Three, and Aribowo Widi, "Analisis Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Sistem Kelistrikan PT Pertamina Ledok Untuk Meningkatkan Keandalan Sistem," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, pp. 649–659, 2021.
- [5] HS Syafruddin, Napitupulu Janter, Sinaga Joslen, and Sitorus Banuara, "Studi Kompensasi Daya Reaktif Terhadap Kenaikan Faktor Daya," *Maret*, vol. 11, no. 1, pp. 11–20, Mar. 2022.
- [6] A. Sikander and P. Thakur, "A new control design strategy for automatic voltage regulator in power system," *ISA Trans*, vol. 100, 2020, doi: 10.1016/j.isatra.2019.11.031.



- [7] Mahendra Luki Septya, Rusli Muhammad Rizani, Habibi Muhammad Nizar, and Adila Ahmad Firyal, "Analisa Pengaruh Kapasitor Bank dan Detuned Reactor Sebagai Perbaikan Faktor Daya Listrik 3 Fasa untuk Beban-beban Induktif," *Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI)*, vol. 9, Sep. 2023, doi: 10.19184/jaei.v9i2.37285.
- [8] Hajar Ibnu and Rahayuni Suninda Megi, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Unit Citeureup," *Jurnal Ilmiah Setrum*, vol. 9, no. 1, Jun. 2020, doi: 10.36055/setrum.v9i1.8111.
- [9] Al Firdausi Barik Irfani, Auliq M. A'an, and Fitriana, "Analisis Kebutuhan Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya di PT Beras Rajawali Menggunakan Optimal Capacitor Placement ETAP 19," *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [10] Sukmadi Tejo and Winardi Bambang, "Perhitungan dan Analisis Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi 20 KV Terhadap Rugi-rugi Daya (Studi Kasus Pada PT.PLN UPJ Slawi)," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, pp. 47-52, Mar. 2009.

