

Studi *Capacitor Bank* Berbasis *Smart Power Meter* Pada Umkm Roti Di Kabupaten Banyuwangi

¹Bagus Pramono, ²Charis Fathul Hadi, ³Ratna Mustika Yasi

¹ Teknik Elektro, Universitas PGRI Banyuwangi, Banyuwangi

¹ bagus.pramono01@gmail.com, ² charis@unibabwi.ac.id, ³ ratna.mustika@unibabwi.ac.id

Abstract - The distribution of electrical energy often encounters issues due to low power factor, particularly in small industries or micro, small, and medium enterprises (MSMEs) that utilize a significant amount of inductive loads. This issue is frequently overlooked due to the relatively small power capacity, despite having great potential for improvement to enhance energy efficiency. An initial study at MSME Diva Bakery revealed an average power factor of 0.70, which is considered low and indicates suboptimal electricity efficiency. Measurements were conducted using a smart power meter IoT, enabling real-time monitoring and integration with the Internet of Things (IoT) system. The collected data was used to analyze the power factor, determine the required capacitor bank capacity, and assess its impact on energy efficiency and electricity costs. The study results indicated that the average power factor ranged between 0.63 and 0.72, reflecting poor power quality. The primary cause of the low power factor was inductive loads such as induction motors. The installation of a capacitor bank proved highly effective in enhancing electrical system efficiency, leading to a 35.85% reduction in apparent power consumption and monthly electricity cost savings of Rp. 177,600.88. This implementation not only improves power quality but also provides significant long-term financial benefits.

Keywords — Power factor, MSME, Capacitor bank, Smart Power Meter, and Internet of Things.

Abstrak — Penyaluran energi listrik sering mengalami masalah akibat rendahnya faktor daya, terutama di industri kecil atau UMKM yang menggunakan banyak beban induktif. Permasalahan ini sering diabaikan karena kapasitas daya yang kecil, padahal masih memiliki potensi besar untuk diperbaiki guna meningkatkan efisiensi energi. Studi awal pada UMKM Diva Bakery menunjukkan faktor daya rata-rata sebesar 0,70, yang tergolong rendah dan menandakan efisiensi listrik belum optimal. Pengukuran dilakukan menggunakan smart power meter IoT, yang memungkinkan pemantauan langsung dan integrasi dengan sistem Internet of Things (IoT). Data yang diperoleh digunakan untuk menganalisis faktor daya, menentukan kapasitas capacitor bank, serta mengevaluasi dampaknya terhadap efisiensi energi dan biaya listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor daya rata-rata berada di kisaran 0,63–0,72, menandakan kualitas daya yang masih buruk. Beban induktif seperti motor induksi menjadi penyebab utama rendahnya faktor daya. Pemasangan capacitor bank terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan, dengan penurunan konsumsi daya semu sebesar 35,85% dan penghematan biaya listrik Rp. 177.600,88 per bulan. Implementasi ini tidak hanya meningkatkan kualitas daya tetapi juga memberikan manfaat finansial yang signifikan dan menjanjikan dalam jangka panjang.

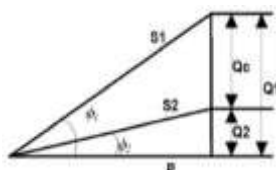
Kata Kunci— Faktor daya, UMKM, Capacitor bank, Smart Power Meter, dan Internet of Things

I. Pendahuluan

Penyaluran energi listrik sering menimbulkan masalah karena faktor daya pada beban terpasang cukup rendah diakibatkan penggunaan beban induktif. Dengan begitu diperlukan perbaikan faktor daya menggunakan *capacitor bank* [2]. Pada penelitian terdahulu, studi pemasangan *capacitor bank* banyak berfokus di industri besar, penyulang tenaga listrik, pusat perbelanjaan dan juga gedung dengan konsumsi daya yang besar, contohnya perbaikan faktor daya menggunakan *capacitor bank* di industri semen [2], perbaikan faktor daya menggunakan *capacitor bank* pada penyulang PT PLN [3], perencanaan *capacitor bank* untuk perbaikan faktor daya pada pusat perbelanjaan [4], perbaikan faktor daya untuk efisiensi pembebanan pada RSUD [5] dan penggunaan *capacitor bank* terhadap faktor daya pada gedung laboratorium [6]. Permasalahan faktor daya dalam industri kecil atau UMKM sering diabaikan karena kapasitas daya yang relatif kecil. Hal tersebut masih memiliki potensi besar untuk diperbaiki guna meningkatkan efisiensi energi. Pengukuran awal pada industri roti UMKM Diva Bakery menunjukkan nilai rata-rata faktor daya ($\cos \phi$) berada di angka 0,70. Nilai ini masih tergolong rendah, mengindikasikan bahwa efisiensi penggunaan daya listrik di industri tersebut belum optimal. Nilai faktor daya tersebut juga masih dibawah ketentuan SPLN 70-1: 1985 yaitu kurang dari 0,85 [8]. Pengambilan data kelistrikan pada penelitian sebelumnya dilakukan dengan metode manual seperti data teknis yang diperoleh dari PLN [3], data yang tertera pada *power quality monitor analyzer* di *Main Substation* [2], pengukuran beban secara langsung pada tiap-tiap sub-panel [5], dan pengambilan data pada bagian konstruksi dengan melakukan wawancara [6]. Penelitian ini menggunakan *smart power meter IoT* yang dapat mengumpulkan dan merekam data daya secara otomatis untuk menghitung dan menganalisis kebutuhan *capacitor bank* pada suatu rangkaian listrik. Platform yang digunakan untuk menyimpan dan menganalisis data dari *smart power meter IoT* adalah *ThingSpeak*, sebuah layanan berbasis cloud dari *MathWorks* yang mendukung komunikasi berbasis *Internet of Things*. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk menghitung potensi peningkatan efisiensi energi dan menurunkan biaya produksi pada industri UMKM Diva Bakery.

Memperbaiki faktor daya adalah dengan meningkatkan besarnya nilai faktor daya ($\cos \phi$) menjadi nilai yang ideal yaitu mendekati satu. Meningkatkan besarnya nilai faktor daya dibutuhkan pemasangan kompensator daya reaktif tambahan

berupa *capacitor bank*. Pemasangan *capacitor bank* adalah usaha yang dilakukan untuk memberikan suplai daya reaktif.

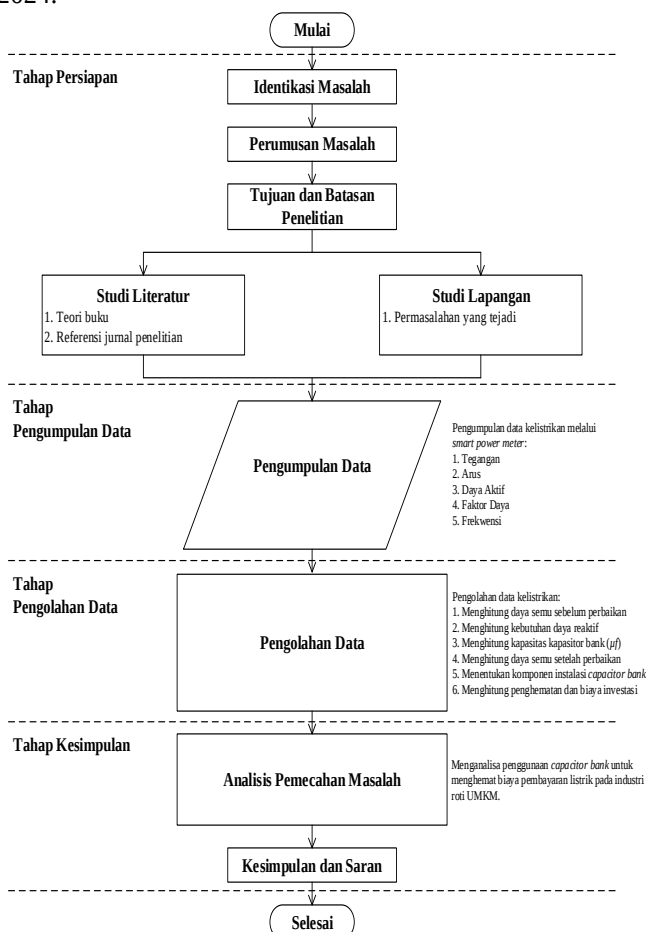


Gambar 1. Prinsip Perbaikan Faktor Daya [6]

II. Metode Penelitian

A. Desain Penelitian

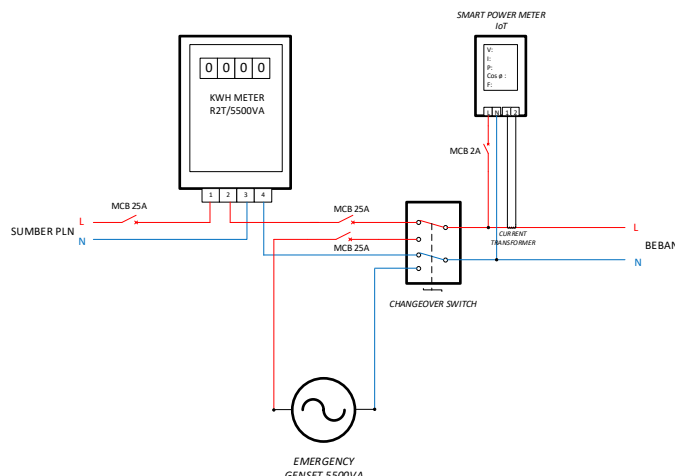
Penelitian ini akan melakukan pengukuran parameter kelistrikan pada industri roti UMKM menggunakan *smart power meter IOT* yang kemudian data tersebut akan diolah untuk menentukan kapasitas *capacitor bank* yang akan dipasang. Harapannya potensi pemasangan *capacitor bank* dapat menaikkan faktor daya dan menurunkan biaya pembayaran listrik atau sebagai investasi jangka panjang. Penelitian ini dilaksanakan di industri roti UMKM “Diva Bakery” Desa Krajan Kecamatan Kabat Kabupaten Banyuwangi mulai dari bulan Juli 2024 sampai September 2024.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini diawali dengan perancangan sistem pemasangan *smart power meter IoT*



Gambar 2. Wiring Diagram Pemasangan Smart Power Meter IoT

Setelah proses pemasangan dan pengkoneksian *smart power meter IoT* dengan perangkat laptop selesai dilakukan, tahap pengumpulan data dapat dimulai dengan mengunduh data yang telah terekam melalui *platform ThingSpeak*

C. Teknik Analisa Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menentukan sebaran data kelistrikan adalah statistik deskriptif, yang berfungsi untuk menggambarkan atau merangkum sekumpulan data tanpa melakukan generalisasi terhadap populasi yang lebih luas.. Statistik deskriptif digunakan untuk memahami karakteristik data konsumsi daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), dan juga faktor daya.

Statistik deskriptif melibatkan perhitungan *mean* (rata-rata) [17] dan juga nilai maksimum. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi hasil pengukuran faktor daya menggunakan *smart power meter*, menghitung kapasitas kapasitansi kapasitor yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya, serta menganalisis dampak perbaikannya terhadap efisiensi energi dan penghematan biaya listrik. Dengan demikian, teknik analisis data yang diterapkan mendukung pencapaian tujuan penelitian secara menyeluruh.

III. Hasil dan Pembahasan

Smart power meter IoT dipasang setelah instalasi kWh meter PLN, MCB dan *changeover switch* yang harapannya bisa merekam total data kelistrikan baik ketika disuplai oleh PLN ataupun disuplai oleh *emergency genset*.



Gambar 3. Pemasangan Smart Power Meter IoT

Data yang diukur oleh smart power meter IoT dikirim ke cloud ThingSpeak melalui koneksi internet. ThingSpeak menyimpannya dalam channel yang telah dibuat sebelumnya. Data kelistrikan ini divisualisasikan dalam bentuk grafik secara *real-time* melalui dashboard ThingSpeak dan data tersebut juga diunduh atau di *import* dengan format .csv untuk tujuan analisa data pada data kelistrikan di industri UMKM.



Gambar 4. Tampilan Platform ThinkSpeak

Industri roti UMKM Diva Bakery rata-rata beroperasi 10 jam dari jam 07.00 WIB sampai 17.00 WIB dan pengambilan data dilakukan selama tiga bulan dari bulan Juli sampai September 2024. Mengingat data yang diambil sangat banyak, maka digunakan metode *data sampling*, yaitu hanya diambil data satu hari dalam satu minggu mulai bulan Juli sampai September 2024. Berikut adalah contoh data kelistrikan yang didapatkan pada awal penelitian di tanggal 8 Juli 2024. Setelah data diambil dari smart power meter IoT, dilakukan perhitungan daya semu dan daya reaktif sebelum perbaikan. Langkah selanjutnya adalah mencari nilai rata-rata dari data daya nyata, daya semu sebelum perbaikan dan daya reaktif sebelum perbaikan.

Tabel 3. Analisa Perhitungan Daya

Tanggal	P (Watt) rata-rata	Cos ϕ rata-rata	S1(VA) rata-rata	Q1 (VAR) rata-rata
8-Jul-24	852,11	0,70	1293,30	947,09
15-Jul-24	783,13	0,70	1196,64	882,95
22-Jul-24	769,16	0,72	1157,99	852,05
31-Jul-24	923,31	0,69	1392,00	1024,93
5-Aug-24	779,70	0,65	1309,25	1037,64
13-Aug-24	1081,21	0,69	1631,61	1201,28
20-Aug-24	914,66	0,67	1440,42	1096,62
27-Aug-24	884,13	0,63	1470,54	1161,43
2-Sep-24	584,97	0,68	983,60	778,34
9-Sep-24	640,99	0,68	1046,18	815,98
16-Sep-24	946,61	0,64	1560,75	1228,03
23-Sep-24	855,65	0,64	1428,20	1130,60

Korelasi antara ketiga daya dapat dilihat pada gambar 7,



Gambar 5. Daya Sebelum Perbaikan

Data pengukuran menunjukkan nilai faktor daya rata-rata berada diangka 0,63 – 0,72 dimana kondisi ini menunjukkan kualitas daya yang buruk. Besarnya daya reaktif dapat dikompensasi dengan pemasangan *capacitor bank*. Semakin besar daya reaktif yang dihasilkan oleh beban maka semakin besar pula daya reaktif kapasitif yang dibutuhkan (Q_c). Pemasangan kapasitor bank dapat mengompensasi daya reaktif yang dihasilkan oleh beban sehingga dapat memperbaiki kualitas daya [11].

Kebutuhan daya reaktif untuk kebutuhan faktor daya dihitung dari data yang mempunyai nilai $< 0,98$. Setelah diketahui nilai kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya, langkah selanjutnya adalah nilai rata-rata dari kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya.

Tabel 4. Analisa Perhitungan Kebutuhan Daya Reaktif (Qc)

Tanggal	P (Watt) rata-rata	Q ₁ (VAR) rata-rata	Q _c (VAR) rata-rata
8-Jul-24	852,11	947,09	775,10
15-Jul-24	783,13	882,95	724,66
22-Jul-24	769,16	852,05	696,58
31-Jul-24	923,31	1024,93	838,40
5-Aug-24	779,70	1037,64	880,29
13-Aug-24	1081,21	1201,28	982,97
20-Aug-24	914,66	1096,62	912,16
27-Aug-24	884,13	1161,43	983,20
2-Sep-24	584,97	778,34	660,35
9-Sep-24	640,99	815,98	686,76
16-Sep-24	946,61	1228,03	1037,14
23-Sep-24	855,65	1130,60	957,95
Rata-Rata			845,78

Berdasarkan tabel 4, nilai rata-rata total kebutuhan daya reaktif adalah 845,78VAR. Nilai daya reaktif tersebut merupakan nilai rata-rata daya reaktif kapasitif yang diperlukan untuk meningkatkan faktor daya menjadi 0,98. Perbaikan faktor daya hingga mencapai nilai 0,98 menandakan bahwa energi listrik dapat digunakan secara lebih efisien dengan mengurangi beban reaktif yang tidak produktif dalam sistem. Semakin besar nilai faktor daya, maka semakin kecil pula kerugian daya akibat reaktansi induktif, jaringan distribusi dapat dimanfaatkan secara optimal dan akhirnya sistem kelistrikan itu semakin baik [11]. Setelah mengetahui kebutuhan daya reaktif (Q_c) untuk perbaikan faktor daya, maka dapat ditentukan kebutuhan *capacitor bank* yang harus dipasang untuk memperbaiki daya reaktif yang bersifat *lagging*.

Tabel 5 Analisa Perhitungan Kebutuhan Capacitor Bank (C)

Tanggal	Q _c (VAR) rata-rata	C (μF)	
		maks	rata-rata
8-Jul-24	775,10	153,20	48,65
15-Jul-24	724,66	159,92	44,84
22-Jul-24	696,58	154,24	43,66
31-Jul-24	838,40	149,51	53,18
5-Aug-24	880,29	153,96	56,05
13-Aug-24	982,97	150,41	61,54
20-Aug-24	912,16	134,94	60,70
27-Aug-24	983,20	158,88	63,83
2-Sep-24	660,35	136,99	41,86
9-Sep-24	686,76	142,79	43,89
16-Sep-24	1037,14	142,74	66,10

Tanggal	Q _c (VAR) rata-rata	C (μF)	
		maks	rata-rata
23-Sep-24	957,95	140,84	61,82
Rata-Rata	845,78		53,92

Berdasarkan tabel 5, kebutuhan kapasitor tertinggi adalah 159,92 μF dengan rata-rata kebutuhan kapasitor di angka 53,92 μF. Penggunaan *capacitor bank* tidak hanya memperkecil daya reaktif tetapi juga memperkecil penggunaan daya semu. Semakin tinggi kebutuhan daya reaktif kapasitif maka semakin besar pula kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk mengompensasi daya reaktif induktif dari beban [6].

Jika kapasitor yang dipasang terlalu kecil, maka kompensasi tidak akan mencukupi, sehingga faktor daya tetap rendah dan tidak efisien. Sebaliknya, apabila kapasitor terlalu besar, dapat terjadi overkompensasi yang justru menyebabkan faktor daya menjadi *leading*, yang juga dapat menimbulkan gangguan pada sistem kelistrikan [6].

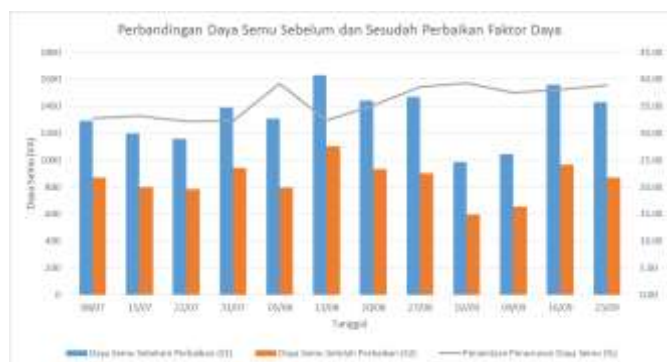
Penggunaan *capacitor bank* tidak hanya memperkecil daya reaktif tetapi juga memperkecil penggunaan daya semu.

Tabel 6. Analisa Perhitungan Daya Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Tanggal	S1(VA) rata-rata	S2(VA) rata-rata	Δ S (%)
8-Jul-24	1293,30	869,50	32,77
15-Jul-24	1196,64	799,11	33,22
22-Jul-24	1157,99	784,85	32,22
31-Jul-24	1392,00	942,15	32,32
5-Aug-24	1309,25	795,61	39,23
13-Aug-24	1631,61	1103,27	32,38
20-Aug-24	1440,42	933,33	35,20
27-Aug-24	1470,54	902,17	38,65
2-Sep-24	983,60	596,91	39,31
9-Sep-24	1046,18	654,07	37,48
16-Sep-24	1560,75	965,93	38,11
23-Sep-24	1428,20	873,11	38,87
Rata-Rata	1326,78	851,69	35.85

Setelah pemasangan *capacitor bank* terjadi penurunan konsumsi daya semu rata-rata menjadi 851,69VA dengan presentasi penurunan rata-rata sebesar 35,85%. Penurunan ini mencerminkan keberhasilan proses kompensasi daya reaktif, di mana *capacitor bank* membantu mengurangi beban reaktif yang harus disuplai oleh sumber utama [2]. Dengan berkurangnya daya semu, maka total arus yang mengalir dalam sistem juga

berkurang, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan secara keseluruhan.



Gambar 6. Perbandingan Daya Semu Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Penurunan daya semu tersebut diakibatkan faktor daya yang semakin besar yaitu 0,98 sehingga nilai daya semu akan semakin mendekati daya nyata karena faktor daya merupakan perbandingan antara daya nyata dengan daya semu [11].

Meskipun pemasangan *capacitor bank* membutuhkan biaya, pada kenyataannya secara jangka panjang penggunaan *capacitor bank* dapat menghemat biaya pembayaran listrik per bulan. Penghematan tersebut dikarenakan berkurangnya konsumsi daya reaktif (VAR) dan daya semu (VA).

Tabel 7. Selisih Penurunan Daya Semu

Tanggal	S1(VA) rata-rata	S2(VA) rata-rata	ΔS (VA) rata-rata	Jml Data (n)	$\Sigma \Delta S$ (VA)
8-Jul-24	1293,30	869,50	423,80	2173	920924,29
15-Jul-24	1196,64	799,11	397,53	2170	862641,90
22-Jul-24	1157,99	784,85	373,13	2151	802612,65
31-Jul-24	1392,00	942,15	449,85	1778	799840,62
5-Aug-24	1309,25	795,61	513,64	2189	1124361,31
13-Aug-24	1631,61	1103,27	528,34	2217	1171326,50
20-Aug-24	1440,42	933,33	507,09	2193	1112050,47
27-Aug-24	1470,54	902,17	568,36	2209	1255517,75
2-Sep-24	983,60	596,91	386,70	2100	812060,33
9-Sep-24	1046,18	654,07	392,10	2167	849687,87
16-Sep-24	1560,75	965,93	594,82	2199	1308007,27
23-Sep-24	1428,20	873,11	555,09	2093	1161813,42
			Σ	25639	12180844,38

Berdasarkan tabel diatas penurunan daya semu rata-rata sebesar 475VA. Penurunan daya semu ini menunjukkan daya yang terpakai mendekati daya aktifnya [5], yang secara langsung

berdampak pada pengurangan konsumsi energi yang tidak efisien.

Tabel 8. Komponen *Capacitor Bank*

No	Material	Model	Jml.	Harga per Unit	Total
1	Power factor regulator	DVPFR1 2	1 ea	Rp. 815.000	Rp. 815.000
2	Solid State Relay	SSR-25AA	12 ea	Rp. 30.000	Rp. 360.000
3	Current Transformer	HGS-20	1 ea	Rp. 120.555	Rp. 120.555
4	Terminal Block	TB 2512 12 POLE	2 ea	Rp. 7.000	Rp. 14.000
5	Kabel	NYA 1.5 mm	20 m	Rp. 4.000	Rp. 80.000
6	Kapasitor	5 μ F	4 ea	Rp. 9.000	Rp. 36.000
7	Kapasitor	10 μ F	4 ea	Rp. 12.000	Rp. 48.000
8	Kapasitor	20 μ F	2 ea	Rp. 23.500	Rp. 47.000
9	Kapasitor	30 μ F	2 ea	Rp. 27.700	Rp. 55.400
10	Panel box	40 x 30 x 20	1 ea	Rp. 200.000	Rp. 200.000
11	MCB	NXB-16	1 ea	Rp. 71.300	Rp. 71.300
12	Biaya Perakitan Panel		1 ea	Rp. 300.000	Rp. 300.000
Total Biaya					Rp. 2.147.255

Berdasarkan data penurunan daya semu dan total harga komponen *capacitor bank*, maka dapat dihitung total investasi dan penghematan biaya pembayaran energi listrik yang didapatkan.

a. Penghematan biaya dalam sebulan

Penghematan biaya per hari = kWh per hari x Biaya per kWh tarif R2T

Penghematan biaya per hari = 4,75kWh x Rp. 1.699,53

Penghematan biaya per hari = Rp. 8072,76

Penghematan biaya per bulan = Penghematan biaya per hari x 22 hari
(22 kali produksi/bulan)

Penghematan biaya per bulan = Rp. 8072,76 x 22 hari

Penghematan biaya per bulan = Rp. 177.600,88

b. Waktu yang dibutuhkan untuk balik modal (*break event point*)

Total harga komponen/Penghematan biaya per bulan =

Rp.2.147.255,00/ Rp.177.600,88 = 12,09 $\approx$ 12 bulan

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa pemasangan *capacitor bank* menghasilkan penghematan biaya energi listrik sebesar Rp.177.600 per bulan, dengan estimasi waktu pengembalian investasi pemasangan *capacitor bank* selama 12 bulan. Hasil analisa perhitungan tersebut

menunjukkan bahwa seluruh biaya pemasangan *capacitor bank* dapat ditutupi hanya dalam kurun waktu satu tahun operasional.

Perhitungan ini juga menunjukkan bahwa pemasangan *capacitor bank* tidak hanya memberikan manfaat teknis dalam perbaikan kualitas daya listrik melalui peningkatan faktor daya, tetapi juga menawarkan keuntungan memperkecil nilai rugi-rugi daya maupun kerugian secara finansial [6]. Jika dilihat dari sisi finansial, investasi ini tergolong rendah risiko karena periode pengembalian modal yang relatif sangat singkat dan dapat langsung dirasakan dampaknya dalam bentuk pengurangan tagihan listrik bulanan. Penghematan biaya listrik sebesar Rp.177.600 per bulan merupakan penghematan yang cukup signifikan bagi industri kecil dan menengah (UMKM).

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Berdasarkan pengukuran dan analisa data menunjukkan nilai faktor daya rata-rata berkisar antara 0,63 – 0,72, yang menunjukkan bahwa kualitas daya dalam penyaluran energi listrik masih tergolong buruk dan memerlukan perbaikan untuk meningkatkan efisiensi energi.
2. Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan kapasitor pada sistem kelistrikan industri roti UMKM bervariasi dengan kapasitas tertinggi sebesar 159,92 μ F dan rata-rata 53,92 μ F, mencerminkan fluktuasi beban yang cukup signifikan. Berdasarkan perhitungan nilai kapasitor yang tepat diharapkan dapat mengkompensasi daya reaktif induktif secara optimal dan perbaikan faktor daya dapat tercapai secara efektif.
3. Berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa pemasangan *capacitor bank* memiliki potensi yang efektif untuk menurunkan konsumsi daya semu dari rata-rata 1326,78 VA menjadi 851,69 VA atau turun sebesar 35,85%. Selain meningkatkan efisiensi listrik, pemasangan ini juga memberi manfaat ekonomi, dengan penghematan biaya listrik sebesar Rp177.600,88 per bulan. Investasi diperkirakan kembali dalam 12 bulan, menjadikannya solusi efisien dan menguntungkan bagi industri UMKM.

V. Daftar Pustaka

- [1] F. Setiawan, "Prototype Rancang Bangun Sistem Proteksi Kebakaran Pada Panel Capacitor Bank Dengan Menggunakan Programmable Logic Controller Zelio Dengan Media Pemadaman Gas FM 200," *Jurnal Cahaya Mandalika*, pp. 2443 - 2453, 2024.
- [2] I. Hajar and S. M. Rahayu, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Plant 6 PT. Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. Unit Citeureup," *Jurnal Ilmiah Setrum*, vol. 9, no. 1, pp. 8 - 16, 2020.
- [3] W. Ariwibowo, S. I. Haryudo, K. D. Nurmahandy and M. Widyartono, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank pada Penyulang Barata PT PLN Ngagel Surabaya," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 01, pp. 261 - 270, 2021.
- [4] Sulistyowati, Muhammad Fahmi Hakim, Ikfi Asmaul Khusna, Heri Sungkowo, "Analisis Perencanaan Capacitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. Vol.8No.3, no. SSN: 2407-232X, E-ISSN: 2407-2338, 2021.
- [5] Rusdiansyah, C. Sarri and Toyib, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. Moeis Samarinda," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 1, no. 1, pp. 126 - 139, 2023.
- [6] W. Ariwibowo, A. C. Hermawan and M. Widyartono, "Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya pada Gedung IDB Laboratory UNESA," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 09, no. 03, pp. 697 - 707, 2020.
- [7] S. D. A and Y. Adhimanata, "Rancangan Panel Kapasitor Bank untuk Meningkatkan Efisiensi dan Keamanan Sistem Daya Industri," *Procedia of Engineering and Life Science*, pp. 227 - 232, 2024.
- [8] S. N. A. A. K. Agung Dimas Saputra, "Pengujian Kualitas Daya Listrik Pada Industri Plastik," *Journal of Electrical Engineering, Computer, and Information Technology*, 2023, no. e-ISSN: 2745-6412, 2023.
- [9] Irwansyah, "Efektivitas Penerapan Alat Peraga Aktual terhadap Hasil Belajar Fisika pada Materi Pengukuran," pp. 46 - 52, 2021.
- [10] Amroni, F. Ilhami and P. Sokibi, "Perancangan dan Implementasi Prototype Kontrol Peralatan Elektronik Berbasis Internet of Things Menggunakan NODEMCU," *Jurnal DIGIT*, vol. 9, no. 2, pp. 143 - 155, 2019.
- [11] Y. Esye and S. Lesmana, "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," *Jurnal Sains & Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 103 - 113, 2021.
- [12] S. I. Haryudo and H. W. Pradana, "Model Power Metering Berbasis Haiwell Cloud SCADA untuk Efisiensi Energi Listrik," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 10 - 20, 2023.
- [13] A. S. Anwar and A. G. Prawiyogi, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review," *Jurnal MENTARI: Manajemen Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187 - 197, 2023.
- [14] F. D. Fallenia, R. Syafitri and A. Z. Syahputri, "Krangka Berfikir Penelitian Kuantitatif," *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 02, no. 1, pp. 160 - 166, 2023.
- [15] M. Arsyam and M. Y. Tahir, "Ragam Jenis Penelitian dan Perspektif," pp. 1 - 11.

-
- [16] Sofwatillah, Risnita, M. Syahran Jailani, Deassy Arestya Saksitha, "TEHNIK ANALISIS DATA KUANTITATIF DAN KUALITATIF DALAM PENELITIAN ILMIAH," *Journal Genta Mulia*, vol. Volume 15, no. P-ISSN 2301-6671 E-ISSN: 2580-6416, pp. 79-91, 2024.
- [17] S. M. Dr. Molli Wahyuni, *Statistik Deskriptif untuk Penelitian Olah Data Manual dan SPSS Versi 25*, Yogyakarta: Bintang Pustaka Madani, 2020.
- [18] Supriatno, "Analisis Penggunaan Energi pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM)," *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*, vol. 1, no. 3, pp. 76 - 82, 2022.
- [19] A. Dani and M. Hasanuddin, "Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Husni)," *Seminar Nasional Royal*, pp. 673 - 678, 2018.
- [20] E. Kustiawan, "Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO)," *STT YUPPENTEK*, vol. 9, no. 1, pp. 1-6, 2018.