

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH FAKTOR DAYA TERHADAP  
PENGUNAAN *CAPASITOR BANK* DI MOTOR MAIN DRIVE  
FINISH MILL PT SEMEN TONASA UNIT V**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**DWI RIFKILIYANO PUTRA**

**D041191096**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH FAKTOR DAYA TERHADAP  
PENGUNAAN *CAPASITOR BANK* DI MOTOR MAIN DRIVE  
FINISH MILL PT SEMEN TONASA UNIT V**

Disusun dan diajukan oleh

**Dwi Rifkiliyano Putra**

**D041191096**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada Tanggal 07 Februari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Sri Mawar Said, M.T.  
NIP 196011061986012001



Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D  
NIP 197703222005011001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. IPM  
NIP 19691026 199412 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dwi Rifkiliyano Putra

NIM : D041191096

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**ANALISIS PENGARUH FAKTOR DAYA TERHADAP PENGGUNAAN  
CAPASITOR BANK DI MOTOR MAIN DRIVE FINISH MILL PT SEMEN  
TONASA UNIT V**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 07 Februari 2024

Yang Menyatakan



Dwi Rifkiliyano Putra



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahiim*

*Alhamdulillah rabbil'aalamin*, saya panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas izin, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga saya dapat merampungkan Skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Penggunaan *Capasitor Bank* Di Motor Main Drive Finish Mill PT. Semen Tonasa Unit V”

Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan terbaik bagi umatnya. Saya menyadari, berhasilnya penyusunan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membimbing, mengarahkan, memberikan semangat dan doa kepada saya dalam menghadapi setiap tantangan, sehingga pada kesempatan ini saya mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Kepada kedua orangtua penulis, Suparno Pani S.E dan Roseliya S.E. yang tak henti-hentinya memberikan doa, support, motivasi dan dorongan serta sebagai sumber dana utama bagi saya selama kuliah hingga sampai di tahap penyelesaian skripsi.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, M.T selaku pembimbing utama dan Bapak Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, masukan, ide dan saran dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Tajuddin Waris, M.T. selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Ikhlas Kitta, ST., M.T. selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktunya untuk menguji saya serta memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



Bapak dan ibu dosen Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan.

6. Staf Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi.
7. Kepada pegawai PT. Semen Tonasa Unit V khususnya di finish mill yang selalu membantu saya dalam segala upaya pengambilan data.
8. Gabriel, Deddy, Logan, Ochang, Aulia, Raste, Adeq, Bull, Taysa, Isnun dan Namira atas segala bantuan, support, dukungan kepada saya dan selalu menjadi tempat berkeluh kesah saya.
9. Ipman, Aida dan seluruh mahasiswa riset Laboratorium Mesin-Mesin Listrik yang senantiasa membantu dan memberikan semangat kepada saya.
10. Kepada Pati Rezkyanti Parakkasi, terimakasih telah kebersamai saya, menjadi tempat saya berkeluh kesah, selalu meluangkan waktu, tenaga serta doa dan dukungan selama pengerjaan skripsi.
11. Teman-teman *Tr19ger* (Teknik Elektro Angkatan 2019) yang selalu menjadi penyemangat saya dalam pengerjaan proposal tugas akhir.
12. Kepada Nurul, Aulidia, Aidela, Gina, Rama, Fiqri, Dimas dan Fahran yang telah memberikan membantu saya dalam hal apapun.
13. Semua rekan yang telah membantu saya sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki. *Jazakumullahu khayran wa barokallahu fiikum.*

Saya menyadari bahwa proposal tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan karena hanya *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* yang Maha Sempurna sesuai dengan sifat-sifat-Nya, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh saya demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat baik dalam penambahan wawasan dan dapat dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya serta tentunya berkah dan bernilai ibadah di sisi *Allah Subhanahu Wa Ta'ala*.

Makassar, 26 Januari 2024

Dwi Rifkiliyano Putra



## ABSTRAK

**DWI RIFKILIYANO PUTRA** *Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Penggunaan Capacitor Bank Di Motor Main Drive Finish Mill PT Tonasa Unit V*  
(dibimbing oleh Sri Mawar Said dan Yusri Syam Akil)

Kualitas daya diartikan sebagai masalah yang berhubungan dengan daya listrik yang berupa penyimpangan tegangan, arus dan frekuensi yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Turunnya kualitas daya listrik dapat mengakibatkan berkurangnya efisiensi energi. Faktor daya sendiri itu biasa disebabkan oleh jenis beban yang dipakai. Beban memiliki sifat resistif, induktif dan kapasitif. Nilai faktor daya yang baik adalah bernilai 1. Pada penelitian dianalisis pengaruh faktor daya terhadap penggunaan kapasitor bank pada Motor Main Drive Finish Mill PT Tonasa Unit V. Dari hasil penelitian, ditemukan nilai penggunaan daya reaktif sebesar 309,16 kVar dan untuk kompensasi daya reaktif digunakan kapasitor bank 80 kVar dengan 4 *step*. Selain itu, Berdasarkan hasil perhitungan yang ditelaah dilakukan untuk memperbaiki faktor daya yang sebelumnya 0,83 menjadi 0,86 hal ini sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PLN. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor bank, rugi-rugi daya dapat dikurangi dan mampu mengurangi biaya denda.

Kata kunci : *Kualitas energi, faktor daya, dan kapasitor bank.*



## ABSTRACT

**DWI RIFKILİYANO PUTRA** Analysis of the Influence of Power Factor on the Use of Capacitor Banks in the Main Drive Motor of Finish Mill at PT Tonasa Unit V (supervised by Sri Mawar Said and Yusri Syam Akil)

Power quality is a problem related to electrical power involving deviations in voltage, current, and frequency that can lead to damage to electrical equipment. Deterioration in power quality can result in reduced energy efficiency. The power factor itself is commonly influenced by the type of load used, with loads exhibiting resistive, inductive, and capacitive properties. A good power factor has a value of 1. The research analyzes the influence of power factor on the use of capacitor banks in the main drive motor of finish mill at PT Tonasa Unit V. The study reveals a reactive power usage of 309,16 kVar, and compensates the reactive power, an 80 kVar capacitor bank with 4 steps is employe. Furthermore, the calculation results indicate an improvement in the power factor from 0.83 to 0.86, aligning with the standards set by PLN. After the capacitor bank installation, losses in power can be reduced, contributing to a decrease in penalty costs.

Keywords : Energy quality, power factor, and capacitor bank



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sejarah PT. Semen Tonasa.....	5
2.2 Daya Listrik .....	7
2.2.1 Daya aktif .....	7
2.2.2 Daya reaktif (Q).....	8
2.2.3 Daya kompleks .....	8
2.3 Faktor Daya ( <i>power factor</i> ) .....	8
2.4 Beban Listrik.....	10
2.4.1 Beban resistif.....	10
2.4.2. Beban induktif.....	11
ban kapasitif.....	12
gitiga Daya .....	13
pasitor Bank .....	14



2.7	Motor Induksi .....	15
2.7.1	Klasifikasi motor induksi.....	16
2.7.2	Konstruksi motor induksi .....	16
2.7.3	Prinsip kerja .....	18
2.8	Penyebab Faktor Daya Rendah.....	19
2.9	Rugi - Rugi Pada Sistem Tenaga Listrik .....	22
2.9.1	Umum .....	22
2.9.2	Jenis rugi-rugi pada sistem distribusi .....	23
2.10	<i>Return On Investment</i> .....	25
2.11	<i>Net Present Value (NPV)</i> .....	27
2.12	Penelitian Terdahulu .....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		29
3.1	Metode Penelitian .....	29
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	29
3.3	Alat Penelitian .....	29
3.4	Tahapan Penelitian.....	29
3.5	Teknik Pengumpulan Data .....	30
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		32
4.1	Gambaran Umum PT Semen Tonasa .....	32
4.2	Proses Pembuatan Semen Tonasa.....	32
4.3	Deskripsi Data Penelitian .....	33
4.4	Sebelum Perbaikan Faktor Daya .....	34
4.5	Analisa Kompensasi Daya Reaktif.....	34
	:an pertama.....	34
	nbahasan .....	35



4.7	Analisa Pembayaran Daya Reaktif.....	42
4.7.1	Perhitungan biaya pada bulan pertama .....	42
4.7.2	Perhitungan biaya pada bulan kedua.....	43
4.8	Perhitungan Penggunaan dan Biaya Pemasangan Kapasitor.....	43
4.9	Analisa Biaya Investasi .....	44
4.9.1	<i>Net present value</i> (NPV).....	44
4.9.2	Return on investment (ROI) .....	45
4.10	Rugi-Rugi Daya.....	46
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....		48
5.1	Simpulan.....	48
5.2	Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA .....		50



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Rangkaian resistif gelombang AC .....	11
Gambar 2 Fasor arus dan fasor tegangan pada beban resistif .....	11
Gambar 3 Rangkaian induktif gelombang AC.....	12
Gambar 4 Fasor arus dan fasor tegangan pada beban induktif .....	12
Gambar 5 Rangkaian kapasitif gelombang AC.....	13
Gambar 6 Fasor arus dan fasor tegangan pada beban kapasitif .....	13
Gambar 7 Segitiga daya .....	14
Gambar 8 Bentuk konstruksi dari motor induksi .....	17
Gambar 9 Terjadinya putaran pada motor induksi.....	19
Gambar 10 Perbaikan faktor daya.....	21
Gambar 11 Diagram Alir Penelitian .....	31
Gambar 12 Single line diagram finish mill V .....	33
Gambar 13 Grafik nilai daya aktif .....	36
Gambar 14 Grafik perbandingan nilai cos phi .....	38
Gambar 15 Grafik perbandingan nilai daya semu.....	39
Gambar 16 Grafik perbandingan nilai daya reaktif.....	40
Gambar 17 Grafik kompensasi daya reaktif.....	41



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Penggunaan daya.....	34
Tabel 2 Penggunaan daya setelah perbaikan.....	35
Tabel 3 Pembayaran daya reaktif.....	43
Tabel 4 Present value .....	45
Tabel 5 Perhitungan rugi – rugi daya sebelum perbaikan.....	47
Tabel 6 Perhitungan rugi – rugi daya setelah perbaikan.....	47



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kualitas daya diartikan sebagai masalah yang berhubungan dengan daya listrik yang berupa penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Ada beberapa macam kualitas daya, di antaranya adalah faktor daya, harmonisa, tegangan kedip, perubahan frekuensi dan ketidak seimbangan tegangan dan fasa. Faktor daya adalah salah satu indikator untuk melihat kualitas daya listrik. Penurunan kualitas daya listrik dapat mengakibatkan berkurangnya efisiensi energi. Salah satu parameter yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam pengelolaan energi listrik pada suatu gedung adalah kualitas daya listriknya. Pengaturan sistem tenaga listrik yang baik sangat dibutuhkan untuk memperoleh nilai kualitas daya listrik yang sangat baik. Kualitas daya listrik yang buruk memiliki dampak yang merugikan pada pengguna.

Faktor daya dapat disebabkan oleh jenis beban yang dipakai. Beban memiliki sifat resistif, induktif atau kapasitif. Semakin besar nilai faktor daya yaitu mendekati 1,0 (daya aktif besar) maka sistem kelistrikan tersebut akan semakin baik dan sebaliknya semakin rendah nilai faktor daya yaitu mendekati 0 (daya reaktif besar) maka semakin kecil daya yang bisa dimanfaatkan.

PT Semen Tonasa banyak menggunakan motor listrik/induksi untuk memproduksi semen. Lokasi PT Semen Tonasa berada di Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep. Pabrik ini memiliki empat unit pabrik yang terdiri dari unit II, III, IV dan unit V yang dimana memiliki lahan seluas 1.571 hektar. Adapun rencana tempat penelitian yang akan dilakukan di Finish Mill PT Tonasa Unit V objek penelitian adalah memilih faktor daya pada motor main drive.



Finish Mill PT Tonasa Unit V adalah mesin yang digerakkan oleh motor dengan spesifikasi motor induksi 3 fasa jenis rotor belitan dengan daya  $P$ , tegangan inputan sebesar 6000 V, dan berat motor 18.850 kg.

Sebagaimana diketahui bahwa motor induksi merupakan beban induktif yang membutuhkan daya reaktif . Ketika daya reaktif tidak diperhatikan maka akan menimbulkan biaya penggunaan energi yang besar. Sehingga untuk mengurangi biaya penggunaan energi yang digunakan kapasitor. Kapasitor dapat menyeimbangkan daya induktif dari motor induksi.

Adapun solusi dari permasalahan faktor daya yaitu digunakan kapasitor bank yang dapat memperbaiki nilai faktor daya. Kapasitor bank adalah kumpulan dari beberapa kapasitor yang dihubungkan secara seri atau paralel satu sama lain untuk menyimpan energi listrik. Penyimpanan yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menetralkan atau memperbaiki nilai faktor daya. Oleh karena itu penggunaan kapasitor bank sangat penting yaitu untuk memperbaiki nilai faktor daya, mengoptimalkan daya terpasang, untuk menghindari denda PLN karena banyaknya penggunaan daya reaktif yang melebihi toleransi dari PLN. Dari latar belakang yang telah dipaparkan, penulis ingin mengajukan penelitian yang berjudul “ANALISIS PENGARUH FAKTOR DAYA TERHADAP PENGGUNAAN *CAPASITOR BANK* DI MOTOR MAIN DRIVE FINISH MILL PT SEMEN TONASA UNIT V”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Berapa besar nilai kapasitansi dari kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya?
2. Apakah penggunaan kapasitor bank dapat menjadi pengembalian investasi dalam berapa bulan?
3. Bagaimana nilai rugi – rugi daya sebelum dan setelah pemasangan capasitor bank?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui besar nilai kapasitansi dari kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya.
2. Mengetahui berapa lama pengembalian investasi dalam beberapa bulan dengan penggunaan kapasitor bank.
3. Mengetahui perbandingan nilai rugi – rugi daya sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor bank.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan masukan ataupun bahan rujukan bagi PT. Semen Tonasa Unit V terkait pemasangan kapasitor bank yang dapat memperbaiki kualitas faktor daya, mengurangi rugi-rugi daya dan mampu melakukan penghematan energi akibat pemasangan kapasitor bank.

### 1.5 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini melingkupi hal-hal sebagai berikut:

1. Motor Main Drive Finish Mill V pada PT Semen Tonasa yang diteliti yaitu motor induksi 3 fasa jenis rotor belitan merek ABB, memiliki spesifikasi daya listrik sebesar 5.500 kW, tegangan input 6000 V, dan berat motor sebesar 18.850 kg.
2. Penelitian ini mengukur beberapa parameter yaitu tegangan (V), arus (I), faktor daya ( $\cos\phi$ ), daya nyata (P), daya kompleks (S), daya reaktif (Q), dan frekuensi (f).
3. Menghitung besar nilai kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya.
4. Menghitung analisis biaya investasi pemasangan kapasitor bank.
5. Menghitung rugi – rugi daya dengan menggunakan kapasitor bank dan tanpa menggunakan kapasitor bank.



## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman terhadap penelitian ini, maka diuraikan sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, ruang lingkup, serta sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini membahas mengenai teori-teori relevan yang mendukung penelitian yang meliputi daya listrik, faktor daya, beban listrik, segitiga daya, kapasitor bank, motor induksi, penyebab faktor daya rendah, rugi – rugi pada sistem tenaga listrik, *net present value*, *return on investment*, dan penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi diagram alir penelitian, rancangan sistem, waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta teknik pengumpulan data.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas mengenai gambaran umum PT. Semen Tonasa, proses pembuatan semen tonasa, deskripsi data penelitian, sebelum perbaikan faktor daya, analisa kompensasi daya reaktif, pembahasan, analisa pembayaran daya reaktif, perhitungan penggunaan dan biaya pemasangan kapasitor, analisa biaya investasi, dan rugi – rugi daya.

### **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab berisi simpulan dari hasil penelitian yang dilakukan beserta saran – saran untuk penelitian selanjutnya.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sejarah PT. Semen Tonasa

Sejarah berdirinya PT Semen Tonasa ditandai dengan diresmikannya proyek di tahun 1968 oleh Jenderal M. Yusuf, menteri perindustrian di masa itu. Didorong oleh komitmen pemerintah untuk meningkatkan hajat hidup orang banyak, maka didirikanlah PT Semen Tonasa di Desa Biring Ere, sebuah daerah yang terpencil namun sangat kaya dengan bahan baku semen.

PT Semen Tonasa adalah produsen semen terbesar di Kawasan Timur Indonesia yang menempati lahan seluas 1.571 hektar di Desa Biring Ere, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep, sekitar 68 kilometer dari kota Makassar. Perseroan yang memiliki kapasitas terpasang 5.980.000 ton semen per tahun ini, mempunyai empat unit pabrik, yaitu Pabrik Tonasa II, III, IV dan V. Keempat unit pabrik tersebut menggunakan proses kering dengan kapasitas masing-masing 590.000 ton semen per tahun untuk Unit II dan III, 2.300.000 ton semen per tahun untuk unit IV serta 2.500.000 ton semen untuk unit V yang diproyeksikan mampu men-*support* kebutuhan semen nasional. Didukung dengan bahan baku yang berlimpah, pabrik ini diperkirakan akan terus beroperasi dan berkontribusi pada perekonomian nasional hingga beberapa puluh tahun ke depan. Berdasarkan anggaran dasar, perseroan merupakan produsen semen di Indonesia yang telah memproduksi serta menjual semen di dalam negeri dan mancanegara sejak tahun 1968. Proses produksi bermula dari kegiatan penambangan tanah liat dan batu kapur di kawasan tambang tanah liat dan pegunungan batu kapur sekitar pabrik, hingga pengantongan semen sak di *packing plant*. Proses produksi secara terus menerus dipantau oleh unit *quality control* guna menjamin kualitas produksi.

Lokasi pabrik yang berada di Sulawesi Selatan merupakan pilihan yang strategis untuk mengisi kebutuhan semen di daerah Indonesia Bagian Timur.

Didukung oleh jaringan distribusi yang tersebar luas serta diperkuat oleh unit pengantongan semen yang melengkapi sarana distribusi penjualan, menjadikan perseroan sebagai pemasok terbesar di Kawasan Timur



Indonesia. Unit pengantongan perseroan terdapat di Palu (Sulawesi Tengah), Mamuju (Sulawesi Barat), Kendari (Sulawesi Tenggara), Oba (Maluku Utara), Balikpapan (Kalimantan Timur), dan Sorong (Papua Barat) dengan kapasitas masing-masing 300.000 ton per tahun. Sementara untuk Unit Pengantongan Makassar (Sulawesi Selatan), Bitung (Sulawesi Utara), Ambon (Maluku), dan Samarinda (Kalimantan Timur), memiliki kapasitas masing-masing 600.000 ton per tahun. Sarana pendukung operasi lainnya yang berkontribusi besar terhadap pencapaian laba perusahaan adalah utilitas Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas 2×25 MW dan 2×35 MW yang berlokasi di Desa Biringkassi, Kabupaten Pangkep, sekitar 17 km dari lokasi pabrik.

Pendapatan utama perseroan adalah hasil penjualan Semen Portland (OPC), Semen non-OPC yaitu Tipe Komposit (PCC), yang tersebar di wilayah Sulawesi, Kalimantan, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua. Didukung dengan merek yang sudah terkenal di Kawasan Timur Indonesia, perseroan berusaha secara terus menerus mempertahankan *brand image* produk dengan tetap menjaga kestabilan pasokan produk di pasar. Selain itu, dukungan sistem distribusi yang optimal juga merupakan unsur kesuksesan penjualan semen. Selain itu, penjualan ekspor juga dilakukan jika terjadi kelebihan produksi setelah pemenuhan pasar dalam negeri.

Sejak 15 September 1995, perseroan terkonsolidasi dengan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk yang sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk. Lebih dari satu dekade perseroan berbenah dan berupaya keras meningkatkan nilai perseroan di mata para pemegang saham dan pemangku kepentingan. Berbagai terobosan strategi dan program kerja dalam meningkatkan kinerja perseroan secara terintegrasi terus dipacu untuk mewujudkan visi perseroan menjadi produsen semen yang paling efisien dan mempunyai keunggulan yang kompetitif di antara para produsen semen lainnya.

Perseroan juga telah menyelesaikan pembangunan pabrik Semen Tonasa unit V yang beroperasi dengan kapasitas 2.500.000 ton per tahun dengan 1 *power plant* 2×35 MW dengan pembiayaan proyek tersebut bersumber sendiri dan kredit pembiayaan sindikasi perbankan nasional.



## 2.2 Daya Listrik

Daya listrik adalah laju hantaran energi listrik dalam suatu rangkaian. Satuan SI daya listrik adalah Watt, yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (Joule/detik). Dalam rangkaian arus searah besarnya daya yang diserap dalam suatu beban listrik ditentukan oleh nilai tahanan beban serta besar arus yang mengalir pada beban tersebut. Pada rangkaian DC, daya dalam Watt merupakan perkalian antara tegangan (V) dengan arus (I). Jadi  $P = V \cdot I$ . Tetapi dalam rangkaian AC, persamaan  $P = V \cdot I$  hanya benar untuk harga sesaat saja atau kondisi tertentu yaitu pada saat arus dan tegangan sefasa (beban resistif). Tetapi dalam banyak hal beban-beban listrik tidak hanya terdiri dari resistansi saja, melainkan kombinasi dari beberapa jenis tahanan. Misalnya resistansi dengan reaktansi induktif, resistansi dengan reaktansi kapasitif atau kombinasi dari ketiganya (Nuraeni dan Charles, 2013).

Oleh sebab itu dapat dipastikan dalam banyak kondisi pada rangkaian arus bolak-balik akan terjadi geseran fasa antara arus dan tegangan. Hal ini akan mempengaruhi perhitungan daya, dimana perkalian antara arus dan tegangan belum menghasilkan daya nyata dalam Watt, tetapi merupakan daya kompleks.

### 2.2.1 Daya aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi. Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa Watt (W). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif :

$$P_{(1 \text{ fasa})} = |V| \cdot |I| \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

$$P_{(3 \text{ fasa})} = \sqrt{3} \cdot |V_L| \cdot |I_L| \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

dengan :

P = daya aktif (Watt)

|V| = magnituda tegangan (Volt)

|I| = magnituda arus (Ampere)

$\varphi$  = faktor daya

= beda sudut antara phasor  $\bar{V}$  dan phasor  $\bar{I}$  (Derajat)



### 2.2.2 Daya reaktif (Q)

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menggunakan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah *volt ampere reactive* (VAR).

$$Q_{(1 \text{ fasa})} = |V| \cdot |I| \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

$$Q_{(3 \text{ fasa})} = \sqrt{3} \cdot |V_L| \cdot |I_L| \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

dengan :

Q = daya reaktif (VAR)

|V| = magnituda tegangan (Volt)

|I| = magnituda arus (Ampere)

$\varphi$  = beda sudut antara phasor  $\bar{V}$  dan phasor  $\bar{I}$  (Derajat)

### 2.2.3 Daya kompleks

Daya kompleks adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara fasor tegangan dan fasor arus konjugat dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya kompleks ialah daya yang dikeluarkan sumber *alternation current* (AC) atau diserap oleh beban. Satuan dari daya kompleks yaitu Volt Ampere (VA).

$$\bar{S}_{(1 \text{ fasa})} = \bar{V} \cdot \bar{I}^* \quad (5)$$

$$\bar{S}_{(3 \text{ fasa})} = 3 \cdot \bar{V} \cdot \bar{I}^* \quad (6)$$

dengan :

$\bar{S}$  = fasor daya kompleks (VA)

$\bar{V}$  = fasor tegangan (Volt)

$\bar{I}^*$  = fasor arus konjugat (Ampere)

### 2.3 Faktor Daya ( *power factor* )



Faktor daya atau *power factor* (pf) atau cos phi merupakan istilah yang kali digunakan di bidang-bidang yang berkaitan dengan pembangkitan aliran energi listrik. Faktor daya merupakan istilah penting, tidak hanya penyedia layanan listrik, namun juga bagi konsumen listrik terutama

konsumen minimal industri. Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan cara melakukan pengaturan komponen reaktif-induktif yang ada pada saluran.

Pengaturan tersebut adalah dengan mengurangi komponen reaktif-induktif atau pun me

nginjeksikan komponen reaktif kapasitif dengan faktor daya yang *leading* (mendahului) sehingga diharapkan dapat menetralsir komponen *lagging* (tertinggal) dari beban reaktif induktif.

Efisiensi proses pemindahan daya listrik ini terkait langsung dengan biaya energi listrik yang pada gilirannya menjelma menjadi biaya yang harus dibayarkan oleh konsumen. Hal yang mempengaruhi penyaluran energi listrik tersebut adalah faktor daya. Untuk mencapai efisiensi penyaluran energi 100 %, maka rangkaian harus memiliki nilai faktor daya sebesar 1,0. Namun hal ini sulit dicapai karena adanya rugi – rugi yang ditimbulkan oleh penghantar listrik dan juga beban listrik, terutama beban induktif.

Terdapat 4 macam faktor daya ditentukan berdasarkan jenis beban pada sistem antara lain sebagai berikut:

1. *Leading power factor* adalah jenis faktor daya yang biasanya dapat dipengaruhi oleh kondisi beban ketika tegangan digunakan sebagai dasar untuk mempertahankan kondisi *leading*. Faktor daya ini terjadi dimana kondisi fasor arus mendahului fasor tegangan dan beban memberikan daya reaktif.
2. Faktor daya histeresis dapat dipengaruhi oleh kondisi beban, dimana tegangan akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan kondisi lead atau histeresis. Faktor daya histeresis adalah keadaan dimana fasor arus tertinggal oleh fasor tegangan nol yang menyebabkan beban menyerap daya reaktif.
3. Faktor daya tertinggal (*lagging*) dapat dipengaruhi oleh kondisi beban, dimana fasor tegangan akan dijadikan sebagai referensi untuk menentukan kondisi *leading* atau *lagging*. Faktor daya tertinggal (*lagging*) adalah kondisi dimana fasor arus akan tertinggal oleh fasor tegangan sebesar sudut  $\theta$  yang menyebabkan beban akan menyerap daya reaktif.



4. Faktor daya *unity* merupakan kondisi dimana besarnya nilai  $\cos \theta = 1,0$  dan fasor tegangan berada pada fasa yang sama dengan fasor arus (se-fasa), terjadinya faktor daya *unity* diakibatkan jika beban bersifat resistif murni .

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) dapat di definisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya kompleks (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara fasor tegangan dan fasor arus yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \varphi$ .

$$\cos \varphi = \frac{|P|}{|S|} \quad (7)$$

dengan :

$\cos \varphi$  = faktor daya

$|P|$  = magnituda daya aktif (kW)

$|S|$  = magnituda daya kompleks (kVA)

## 2.4 Beban Listrik

Dalam suatu rangkaian listrik selalu dijumpai suatu sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi sumber DC adalah nol. Reaktansi induktif ( $X_L$ ) akan menjadi nol yang berarti bahwa inductor tersebut akan *short circuit*. Reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) akan menjadi tak berhingga yang berarti bahwa kapasitif tersebut akan *open circuit*. Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban - beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif.

### 2.4.1 Beban resistif

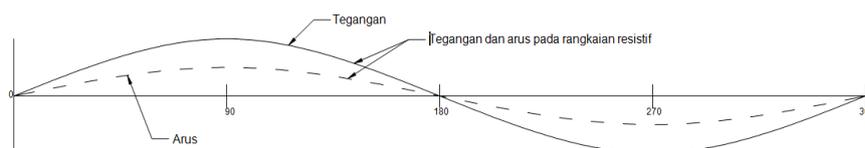
Beban resistif yang merupakan suatu resistor murni, contoh: lampu pijar dan pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali. Fasor tegangan dan fasor arus se-fasa. Secara matematis

dinyatakan:



$$= \frac{\bar{V}}{I}$$

(8)



Gambar 1 Rangkaian resistif gelombang AC



Gambar 2 Fasor arus dan fasor tegangan pada beban resistif

### 2.4.2. Beban induktif

Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi, contoh: motor–motor listrik, induktor dan transformator. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat *lagging*. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan phasor arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban ini menyerap daya reaktif (kVar). Tegangan mendahului arus sebesar  $90^\circ$ . Secara matematis dinyatakan :

$$Q = |V| \cdot |I| \sin \varphi \quad (9)$$

dengan :

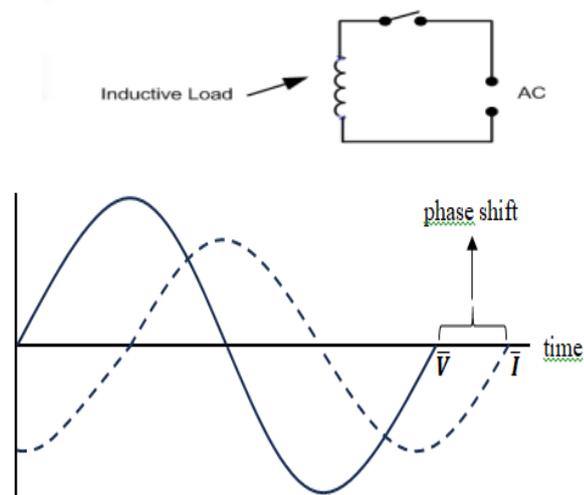
$Q$  = daya reaktif yang diserap induktor (Var)

$|V|$  = magnituda tegangan yang mencatu induktor (Volt)

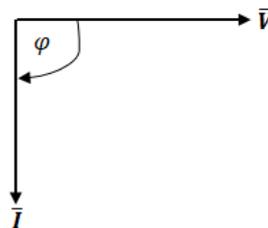
$|I|$  = magnituda arus yang mengalir pada induktor  
(Ampere)

$\varphi$  = sudut antara phasor arus dan phasor tegangan  
(Derajat)





Gambar 3 Rangkaian induktif gelombang AC



Gambar 4 Fasor arus dan fasor tegangan pada beban induktif

Menghitung nilai besarnya reaktansi induktif ( $X_L$ ) dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (10)$$

dengan:

$X_L$  = reaktansi induktif (ohm)

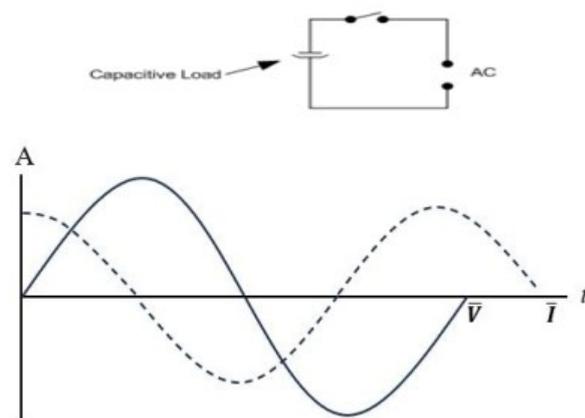
f = frekuensi (Hz)

L = induktansi (Henry)

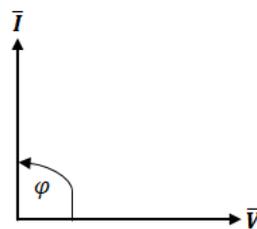
### 2.4.3. Beban kapasitif

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (*charge* dan *discharge*) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan fasor *leading* terhadap fasor tegangan. Beban jenis ini mengeluarkan daya reaktif.





Gambar 5 Rangkaian kapasitif gelombang AC



Gambar 6 Fasor arus dan fasor tegangan pada beban kapasitif

Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif ( $X_C$ ), dapat digunakan rumus :

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \quad (11)$$

dengan :

$X_C$  = reaktansi kapasitif (ohm)

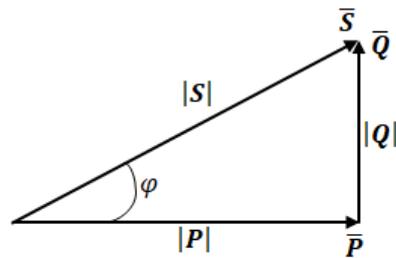
$f$  = frekuensi (Hz)

$C$  = kapasitansi (Farad)

## 2.5 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda (*apparent power, active power and reactive power*) berdasarkan prinsip trigonometri.





Gambar 7 Segitiga daya

dengan :

$|P|$  = daya aktif (kW)

$|S|$  = daya kompleks (kVA)

$|Q|$  = daya reaktif (kVar)

## 2.6 Kapasitor Bank

Kapasitor adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik, dan secara sederhana terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (bahan dielektrik) tiap konduktor disebut keping. Kapasitor disebut juga kondensator adalah alat atau komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu. Isolator ini sering disebut bahan (zat) dielektrik. Sebuah kapasitor mempunyai prinsip sebagai generator yang bisa menghasilkan daya reaktif.

Bagian utama dari suatu sel kapasitor adalah 2 elektroda yang terbuat dari foil alumunium yang dipisahkan oleh dielektrik terlapis. Agar kapasitor lebih handal, maka jumlah lapisan dielektrik dibuat sekurangnya 2 lapis. Tebal foil alumunium biasanya kurang lebih 7 mikron, sedang tebal dielektrik biasanya antara 8 – 24 mikron, tergantung kepada tegangan kerja kapasitor. (Nurkholis Majid, 2019)

Ada dua cara pemasangan kapasitor, yaitu scara seri dan shunt. Pengenalan kapasitor ke dalam kerangka daya menciptakan kapasitansi reaktif, yang selanjutnya memperluas variabel daya dan tegangan, memperluas batas bingkai dan mengurangi kerugian. Kapasitor seri dan shunt memiliki kelebihan rangan masing-masing. Kapasitor seri memiliki aspek kerugian tertentu. umnya biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi daripada biaya gan kapasitor shunt. Ini karena alat proteksi kapasitor seri seringkali lebih



kompleks. Juga, kapasitor seri biasanya dinilai untuk daya yang lebih besar daripada kapasitor shunt untuk menahan pengembangan beban selanjutnya. Berikut ini adalah beberapa kegunaan dari kapasitor bank:

1. Memperbaiki *power factor* (faktor daya)
2. Menyuplai daya reaktif sehingga mamaksimalkan penggunaan daya komplek (kVA)
3. Mengurangi jatuh tegangan (*voltage drop*)
4. Menghindari kelebihan beban transformer
5. Memberikan tambahan daya reaktif
6. Menghindari kenaikan arus/suhu pada kabel
7. Menghemat daya / efesiensi daya kompleks
8. Mengawetkan instalasi & peralatan listrik
9. Kapasitor bank juga mengurangi rugi – rugi lainnya pada instalasi listrik.

## 2.7 Motor Induksi

Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor listrik terdiri dari dua bagian yang sangat penting yaitu stator atau bagian yang diam dan rotor atau bagian berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Dilihat dari kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan kokoh serta mempunyai karekteristik kerja yang baik, motor induksi tiga fasa yang cocok dan paling banyak digunakan dalam bidang industri.

Penggunaan motor induksi sebagai motor listrik cukup banyak digunakan, hal ini karena motor induksi mempunyai keuntungan sebagai berikut:

1. Bentuknya sederhana, konstruksinya cukup kuat.
2. Biayanya murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan normal, tidak memerlukan sikat (lihat motor us searah), sehingga rugi-rugi gesekan dapat dikurangi. perawatan yang minimum.



5. Pada waktu mulai beroperasi tidak memerlukan tambahan peralatan khusus.

Namun di samping hal tersebut di atas, perlu juga diperhatikan faktor-faktor yang tidak menguntungkan sebagai berikut:

1. Pengaturan kecepatannya sangat mempengaruhi efisiensinya.
2. Kecepatannya akan berkurang jika bebannya bertambah.
3. Kopel mulanya lebih rendah daripada mesin arus searah paralel.

### 2.7.1 Klasifikasi motor induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama:

1. Motor induksi satu fasa

Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp (*house power*).

2. Motor induksi tiga fasa

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa 14 sekitar 70% penggunaan motor induksi, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, dan *grinder*. Motor induksi tersedia dalam ukuran  $1/3$  *house power* hingga ratusan *house power*.

### 2.7.2 Konstruksi motor induksi

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting seperti yang akan pada gambar 2 sebagai berikut.



1. Stator: merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Celah: merupakan media celah udara: tempat terjadinya konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik.
3. Rotor: merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.



Gambar 8 Bentuk konstruksi dari motor induksi  
Sumber: (Zuriman Anthony, 2018)

Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bahagian-bahagian sebagai berikut.

1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan a motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu un mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak



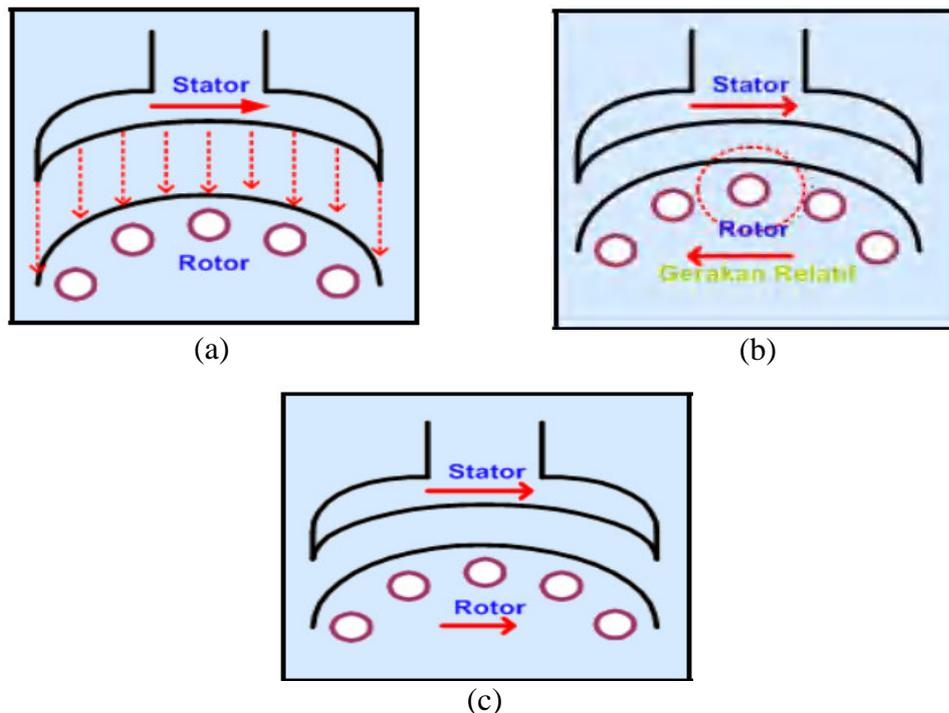
antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin.

### 2.7.3 Prinsip kerja

Prinsip kerja motor induksi atau terjadinya putaran pada motor, bisa dijelaskan sebagai berikut:

1. Bila kumparan stator diberi suplai tegangan tiga fasa, maka akan terjadi medan putar dengan kecepatan  $N_s = \frac{120.f}{p}$ .
2. Medan putar stator tersebut akan mengimbas ke medan magnet yang ada pada rotor, sehingga pada rotor timbul tegangan induksi.
3. Tegangan yang terjadi pada rotor menyebabkan timbulnya arus pada penghantar rotor.
4. Selanjutnya arus di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
5. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk menanggung kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
6. Supaya timbul tegangan induksi pada rotor, maka harus ada perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $N_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $N_r$ ). Perbedaan kecepatan antara  $N_r$  dengan  $N_s$  disebut Slip (S), dan dinyatakan dengan persamaan  $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$
7. Bila  $N_r = N_s$  tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, sehingga tidak dihasilkan kopel. Kopel pada motor akan terjadi bila  $N_r$  lebih kecil dari  $N_s$ .





Gambar 9 Terjadinya putaran pada motor induksi  
Sumber: (Prih Sumardjati;2007)

$N_s = \frac{120 f}{p}$ . Medan putar yang terjadi pada stator ini akan memotong penghantar- penghantar yang ada pada bagian rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan dengan Hukum Lenz, sehingga rotor akan berputar mengikuti putaran medan stator.

Perbedaan kecepatan medan putar stator dengan putaran rotor biasa disebut slip. Apabila terjadi penambahan beban, maka akan mengakibatkan naiknya kopel motor dan selanjutnya akan memperbesar arus induksi pada bagian rotor. Frekuensi rotor saat motor belum berputar nilainya akan sama dengan frekuensi yang terjadi pada belitan stator, dan apabila sudah berputar frekuensi rotornya akan sebanding dengan perubahan slip yang terjadi pada motor tersebut. (Prih Sumardjati,2007)

## 2.8 Penyebab Faktor Daya Rendah

Faktor daya yang rendah dapat menghasilkan kerugian pada sistem, sistem tidak efisien. Faktor daya yang rendah disebabkan oleh peralatan seperti motor induksi, unit – unit ballast yang memerlukan arus magnetisasi untuk gerakannya. Alat – alat seperti ini memerlukan arus listrik untuk



membangkitkan medan, sehingga menimbulkan panas dan daya mekanis yang dapat menimbulkan rugi – rugi. Penggunaan kapasitor yang berlebihan dalam suatu instalasi juga akan menyebabkan faktor daya yang buruk, namun hal ini jarang terjadi.

Hal yang menyebabkan rendahnya faktor daya adalah besarnya daya reaktif. Daya reaktif yang terlalu besar ini tidak memberikan nilai kerja, melainkan diserap oleh saluran dan disimpan dalam bentuk elektromagnetik. Dengan bertambahnya daya reaktif, maka faktor daya menjadi rendah, sehingga akan menyebabkan beberapa kerugian, diantara lain :

1. Kapasitas penyaluran daya dari saluran penghantar akan menurun. Bila faktor daya rendah maka arus akan membesar sedangkan kapasitas penghantar adalah tetap. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya kapasitas penyaluran daya dari saluran penghantar.
2. Bertambahnya daya reaktif, maka kebutuhan akan arus induktifnya akan menjadi lebih besar sehingga akan mendapatkan daya aktif, diperlukan penambahan daya semu dan hal ini berarti harus memperbesar kapasitas (kebutuhan instalasi listrik), yaitu dengan memperbesar rating pengaman arus lebih dan ukuran penghantar yang lebih besar. Sehingga dibutuhkan penambahan biaya dengan kata lain kebutuhan listrik yang lebih besar.
3. Bertambahnya rugi – rugi pada saluran penghantar dan peralatan listrik. Hal ini biasanya berupa rugi – rugi penyaluran daya yang diakibatkan oleh panas yang timbul.

Tarif dasar listrik PLN telah ditetapkan bahwa pelanggan dengan faktor daya (pf) beban listriknya lebih rendah dari 0,85 akan dikenakan biaya pemakaian daya reaktif (kVarh), disamping biaya pemakaian daya aktif (kWh). Dengan demikian pelanggan listrik diwajibkan membayar biaya kelebihan kVarh yang digunakan selama satu bulan. Untuk terhindar dari denda kVarh maka pemakaian listrik dalam sebuah harus memiliki nilai  $\cos \phi$  lebih besar dari 0,85 atau jumlah pemakaian daya reaktif per bulan tidak lebih dari 0,62 kali dari pemakaian daya

bulan sesuai yang tertera pada Pasal 3 Peraturan Menteri Energi dan Daya Mineral (ESDM) Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif Energi listrik edikan Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).



Perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang kompensator berupa kapasitor bank disalah satu lokasi sistem kelistrikan, sebelum pemasangan perlu dilakukan pengukuran faktor daya awal terlebih dahulu kemudian ditentukan faktor daya yang diinginkan sehingga dapat mengetahui berapa besarnya kompensasi yang harus dipasang. Lokasi pemasangan dari kapasitor bank terbagi dalam tiga jenis yaitu kompensasi sendiri (*individual compensation*), kompensasi grup (*group compensation*), dan kompensasi terpusat (*central compensation*). Sedangkan pada pengoperasiannya kompensator dapat dibedakan menjadi kompensasi tetap (*fixed compensation*) dan kompensasi otomatis (*automatic compensation*).

Sebuah kapasitor daya atau yang dikenal dengan nama kapasitor bank harus mempunyai daya  $Q_c$  yang sama dengan daya reaktif dari sistem yang akan diperbaiki faktor dayanya. Jika keadaan ini dipenuhi, kapasitor akan memperbaiki faktor daya menjadi faktor daya = 1,0 . Besarnya daya reaktif yang diperlukan untuk mengubah faktor daya dari  $\cos \varphi_1$  menjadi  $\cos \varphi_2$  dapat ditentukan dengan.

$$|Q_c| = |P|(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (12)$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad (13)$$

$$|Q| = |P| \tan \varphi \quad (14)$$

$$= |P|(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (15)$$

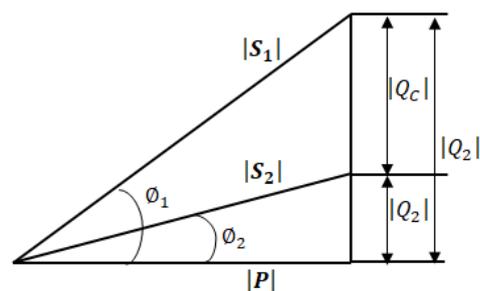
dengan :

$|Q_c|$  = magnituda daya reaktif *correction* (kVar)

$|P|$  = magnituda daya nyata (kW)

$\varphi_1$  = sudut fasa sebelum perbaikan faktor daya (Derajat)

$\varphi_2$  = sudut fasa sesudah perbaikan faktor daya (Derajat)



Gambar 10 Perbaikan faktor daya



$$|Q_C| = \frac{|V|^2}{X_C} \rightarrow X_C = \frac{1}{\omega C} \quad (16)$$

$$\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad (17)$$

$$C = \frac{Q_C}{(|V|^2) \cdot 2\pi \cdot f} \quad (18)$$

dengan:

$|Q_C|$  = magnituda besar nilai kapasitor perphasa (Farad)

$|V|$  = magnituda tegangan (Volt)

$f$  = frekuensi (Hz)

$X_C$  = reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

$\omega$  = sudut arus (rad/s)

## 2.9 Rugi - Rugi Pada Sistem Tenaga Listrik

### 2.9.1 Umum

Rugi (*losses*) dalam suatu fenomena yang tidak dapat dihindari. Secara mendasar, kerugian daya merujuk pada perbedaan antara jumlah energi listrik yang dihasilkan dan jumlah energi listrik yang benar-benar digunakan oleh konsumen. Kerugian ini dapat dianggap sebagai hasil dari transaksi yang bersifat kebetulan dan bukan fokus utama dari kegiatan entitas. Ini mencakup semua peristiwa lain yang memengaruhi entitas selama periode tertentu, kecuali yang terkait dengan biaya atau pengembalian kepada pemilik. Rugi-rugi daya merupakan rugi-rugi yang terjadi akibat adanya daya yang hilang pada jaringan seperti daya aktif dan daya reaktif. Semakin panjang saluran yang ada maka nilai tahanan dan reaktansi jaringan akan semakin besar, sehingga rugi-rugi bertambah besar baik itu pada rugi-rugi daya aktif maupun rugi-rugi daya reaktif.

Perhitungan rugi-rugi energi secara teoritis untuk mendapatkan nilai rugi-rugi energi jaringan distribusi sebagai pembanding terhadap nilai rugi-rugi hasil pengukuran lapangan. Untuk mencari rugi – rugi daya pada jaringan distribusi dapat menggunakan Persamaan 19 :

$$P = |I|^2 \cdot R \quad (19)$$



dengan:

$\Delta P$  = rugi – rugi daya total (Watt)

$|I|$  = magnituda arus (Ampere)

R = resistansi ( $\Omega$ )

Rugi daya adalah gangguan dalam sistem dimana sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran listrik mulai dari gardu induk sampai dengan konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, rugi daya dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen.” Dari surat keputusan menteri keuangan tersebut menjelaskan bahwa ketika terjadi rugi daya maka sistem pendistribusian listrik tidak bekerja secara efisien (Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002 (2002:4).

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa rugi daya (*losses*) adalah suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari sejumlah energi listrik yang disediakan PLN dengan sejumlah energi yang terjual ke konsumen dan mengganggu efisiensi sistem distribusi listrik.

### 2.9.2 Jenis rugi-rugi pada sistem distribusi

Setiap peralatan listrik yang digunakan tidak akan tetap beroperasi dengan optimal seiring berjalannya waktu. Semakin lama digunakan, efisiensi peralatan tersebut cenderung menurun, yang pada gilirannya akan mengakibatkan peningkatan kerugian daya. Dalam konteks sistem distribusi listrik, kerugian daya (*losses*) dapat dibagi menjadi berbagai jenis. Kerugian daya (rugi daya) energi listrik dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Berdasarkan tempat terjadinya, susut transmisi dan susut distribusi.

Rugi-rugi pada sistem tenaga listrik berdasarkan tempat terjadinya dibagi menjadi dua yaitu:

- a. Rugi-rugi sistem transmisi yaitu rugi-rugi transformator step up (trafo tegangan tinggi), saluran transmisi, dan transformator di gardu induk
- b. Rugi-rugi pada sistem distribusi yaitu rugi-rugi pada feeder utama (penyulang utama) serta jaringan, transformator distribusi, peralatan distribusi, dan pengukuran.



2. Berdasarkan sifatnya, susut teknis dan non teknis.

Rugi-rugi pada sistem tenaga listrik berdasarkan sifatnya terbagi menjadi dua :

a. Rugi-rugi non teknis.

Rugi-rugi non teknis muncul akibat adanya masalah pada penyaluran sistem tenaga listrik. Untuk mengantisipasi rugi non teknis yang sering terjadi seperti pencurian dan penyambungan listrik secara ilegal maka PLN harus melakukan langkah seperti melakukan pemeriksaan ke setiap pelanggan dan melakukan tindakan pemutusan aliran listrik serta melaporkan ke pihak berwajib jika terbukti adanya tindak pencurian dan penyambungan listrik secara ilegal.

b. Rugi-rugi teknis.

Rugi-rugi teknis (susut teknis) muncul akibat sifat daya hantar material/peralatan listrik itu sendiri yang sangat bergantung dari kualitas bahan dari material/peralatan listrik tersebut, jika pada jaringan maka akan sangat bergantung pada konfigurasi jaringannya. Untuk rugi – rugi teknis itu tersendiri terbagi menjadi tiga yaitu :

1) Kerugian akibat panas

Jika suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus-menerus maka akan menimbulkan panas, panas ini timbul akibat energi listrik yang mengalir pada penghantar tersebut. Semakin lama arus tersebut mengalir maka semakin panas penghantar tersebut dan semakin banyak energi listrik yang hilang karena energi tersebut berubah menjadi panas. Hal inilah yang merugikan karena jika energi hilang maka tegangan pada ujung penghantar tersebut akan berkurang. Semakin banyak energi yang menjadi panas maka semakin banyak daya yang hilang.

2) Kerugian akibat jarak



Sangat berpengaruh pada keandalan jaringan karena semakin jauh atau panjang penghantar listrik tersebut maka akan banyak daya listrik yang menghilang karena penghantar itu sendiri memiliki tahanan jadi karena jarak penghantar sangat jauh dari sumber atau pembangkit tenaga listrik maka nilai tahanan penghantar itu sendiri akan mengurangi daya yang mengalir pada penghantar tersebut.

### 3) Luas penampang penghantar

Arus listrik yang mengalir dalam penghantar selalu mengalami tahanan dari penghantar itu sendiri, besarnya tahanan tergantung bahannya. Tegangan juga sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi daya, semakin besar tegangan pada suatu saluran maka semakin kecil arus pada saluran tersebut. Begitu juga dengan arus merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya rugi daya pada suatu saluran. (Novi Afrianti, 2021)

## 2.10 *Return On Investment*

ROI (*Return On Investment*) atau dalam bahasa Indonesia laba atas investasi adalah rasio uang yang diperoleh atau hilang pada suatu investasi, relatif terhadap jumlah uang yang diinvestasikan. Jumlah uang yang diperoleh atau hilang tersebut dapat disebut bunga atau laba/rugi. Investasi uang dapat dirujuk sebagai asset, modal, pokok, basis biaya investasi. ROI biasanya dinyatakan dalam bentuk presentase dan bukan dalam nilai desimal. ROI tidak memberikan indikasi berapa lamanya suatu investasi. Namun demikian, ROI sering dinyatakan dalam satuan tahunan atau disetahunkan dan sering juga dinyatakan untuk suatu tahun kalender atau fiskal.

Analisa *Return on Investment* (ROI) dalam analisa keuangan mempunyai arti yang sangat penting sebagai salah satu tehnik analisa keuangan yang bersifat umum (komprehensif). Analisa ROI ini sudah merupakan tehnik yang lazim digunakan oleh pemimpin perusahaan untuk mengukur efektivitas dari manajemen operasi perusahaan. *Return On Investment* itu sendiri adalah salah



satu bentuk dari rasio profitabilitas yang dimaksudkan untuk dapat mengukur kemampuan perusahaan dengan keseluruhan dana yang ditanamkan dalam aktiva yang digunakan untuk operasinya perusahaan untuk menghasilkan keuntungan. Dengan demikian ratio ini menghubungkan keuntungan yang diperoleh dari operasinya perusahaan (*net operating income*) dengan jumlah investasi atau aktiva yang digunakan untuk menghasilkan keuntungan operasi tersebut (*net operating assets*). Adapun rumus *return on investment* adalah sebagai berikut:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Penghematan}} \quad (20)$$

Fungsi analisis Return On Investment (ROI) adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai salah satu kegunaan yang prinsipil ialah sifatnya yang menyeluruh. Apabila perusahaan sudah menjalankan praktek akuntansi yang baik maka manajemen dengan menggunakan teknik analisa ROI dapat mengukur efisiensi penggunaan modal yang bekerja, efisiensi produksi dan efisiensi bagian penjualan.
- b. Apabila perusahaan mempunyai data industri sehingga dapat diperoleh rasio industri, maka dengan analisa ROI dapat dibandingkan efisiensi penggunaan modal pada perusahaannya dengan perusahaan lain yang sejenis, sehingga dapat diketahui apakah perusahaannya berada dibawah, sama, atau diatas rata-ratanya. Dengan demikian akan dapat diketahui dimana kelemahannya dan apa yang sudah kuat pada perusahaan tersebut dibandingkan dengan perusahaan lain yang sejenis. Analisa ROI juga dapat digunakan untuk mengukur efisiensi tindakantindakan yang dilakukan oleh divisi atau bagian, yaitu dengan mengalokasikan semua biaya dan modal kedalam bagian yang bersangkutan. Arti pentingnya mengukur *rate of return* pada tingkat bagian adalah untuk dapat membandingkan efisiensi suatu bagian dengan bagian yang lain didalam perusahaan yang bersangkutan.
- c. Analisa ROI juga dapat digunakan untuk mengukur profitabilitas dari masing-masing produk yang dihasilkan oleh perusahaan. Penggunaan *product cost system* yang baik, modal dan biaya dapat dialokasikan pada berbagai-bagai produk yang dihasilkan oleh perusahaan yang



bersangkutan, sehingga dengan demikian akan dapat dihitung profitabilitas dari masing-masing produk.

- d. ROI selain berguna untuk keperluan kontrol, juga berguna untuk keperluan perencanaan. Misalnya ROI dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan kalau perusahaan akan mengadakan ekspansi.

Adapun kelemahan analisis *return on investment* (ROI) sebagai berikut :

- a. Salah satu kelemahan yang prinsipil ialah kesesukarannya dalam membandingkan rate of return suatu perusahaan dengan perusahaan lain yang sejenis, mengingat bahwa kadang-kadang praktek akuntansi yang digunakan oleh masing-masing perusahaan tersebut adalah berbeda-beda. Perbedaan metode dalam penilaian berbagai-bagai aktiva antara perusahaan yang satu dengan perusahaan yang lain, perbandingan tersebut akan dapat memberi gambaran yang salah.
- b. Kelemahan lain dari tehnik analisa ini adalah terletak pada adanya fluktuasi nilai dari uang (daya belinya). Suatu mesin atau perlengkapan tertentu yang dibeli dalam keadaan inflasi nilainya berbeda dengan kalau dibeli pada waktu tidak ada inflasi, dan hal ini akan berpengaruh dalam menghitung *investment turnover* dan *profit margin*.
- c. Penggunaan analisa *rate of return* atau *return on investment* saja tidak akan dapat digunakan untuk mengadakan perbandingan antara dua perusahaan atau lebih dengan mendapatkan kesimpulan yang memuaskan.

## 2.11 *Net Present Value* (NPV)

Sebelum mengambil keputusan untuk berinvestasi, disarankan untuk melakukan studi kelayakan guna mengevaluasi apakah investasi tersebut memiliki potensi keberhasilan ekonomis. Salah satu metode evaluasi yang umum digunakan adalah metode *net present value* (NPV), yang membantu menilai kelayakan investasi. NPV mengukur selisih antara nilai sekarang dari investasi dengan nilai

dari penerimaan kas bersih di masa depan. Dalam menghitung nilai perlu menetapkan tingkat suku bunga yang relevan. Untuk melakukan an NPV dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut :



$$NPV = \sum_{T=1}^N \frac{C_1}{(1+r)^t} - C_0 \quad (21)$$

dengan :

NPV = *Net present value*

$C_0$  = *Initial investment*

t = *Jangka waktu*

r = *Tingkat diskonto*

## 2.12 Penelitian Terdahulu

Berikut ini beberapa penelitian terkait:

1. Studi analisa penyebab kerusakan kapasitor bank sub station welding di PT. Astra Daihatsu Motor. Oleh Deni Almada dan Nurkholis Majid (2020)

Pada penelitian ini membahas mengenai penyebab kerusakan pada kapasitor bank, mengetahui hasil pengukuran harmonik jaringan distribusi listrik dengan pemasangan kapasitor bank, dan untuk mengetahui kemampuan kapasitor bank meredam gangguan sinyal harmonik.

2. Perbaikan faktor daya dan evaluasi kualitas sistem tenaga listrik di PT. Pisma Putratex Spinning Pekalongan. Oleh Dani Eko Purnomo (2008)

Pada penelitian ini dilakukan perancangan perbaikan faktor daya pada setiap beban sampai dengan 0,97 dengan penambahan power capasitor dan sebagai bahan pertimbangan di dalam memilih peralatan kapasitor.

3. Analisa ekonomi pengaruh pemasangan kapasitor bank intuk perbaikan faktor daya Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang. Oleh Novita Afrianti Nasution (2021)

Pada penelitian kali ini membahas mengenai bagaimana meminimalisir nilai rugi daya dan nilai jatuh tegangan.

4. Perbaikan faktor daya pada sistem tenaga listrik raw mill I di PT Semen onasa Unit IV Pangkep. Oleh Awaluddin (2018)

Pada penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui dan engevaluasi faktor daya pada tegangan 400 Volt.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang dimana bertujuan untuk mengetahui besar nilai kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki nilai faktor daya.

#### 3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Semen Tonasa (Persero) Unit V Finish Mill dan pengolahan data di Lab Mesin – Mesin Listrik. Pelaksanaan penelitian dimulai dari Maret 2023 sampai Desember 2023.

#### 3.3 Alat Penelitian

Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah satu unit laptop yang dipakai untuk media perhitungan dan pembuatan laporan tugas akhir.

#### 3.4 Tahapan Penelitian

Berikut adalah langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan:

1. Analisis data

Setelah data terkumpul, tahap berikutnya adalah melakukan analisis data. Jika data yang diperlukan belum lengkap, maka langkah pengumpulan data akan diulangi.

2. Perhitungan awal

Melakukan perhitungan awal untuk mendapatkan nilai faktor daya awal, daya semu, arus, dan daya reaktif. Tujuan dari langkah ini adalah agar kita dapat menentukan faktor daya awal.

3. Penilaian faktor daya

Menilai faktor daya awal dan jika faktor daya awal kurang dari 0.85 (sesuai dengan standar PLN), maka dilakukan perbaikan faktor daya.

Perbaikan faktor daya



Jika faktor daya awal tidak sesuai dengan standar PLN, maka langkah selanjutnya adalah menambah nilai kapasitor. Kapasitor akan ditambahkan untuk memperbaiki faktor daya.

5. Kompensasi daya reaktif

Selanjutnya mencari solusi untuk kompensasi daya reaktif yang sesuai dengan kebutuhan.

6. Perhitungan kapasitor bank

Menghitung nilai kapasitor bank yang diperlukan untuk perbaikan faktor daya.

7. Evaluasi hasil

Mengetahui hasil perbaikan faktor daya setelah penempatan kapasitor bank.

8. Analisis perubahan

Menganalisis dan membandingkan hasil perhitungan faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan.

9. Simpulan

Menarik simpulan dari hasil analisis penelitian yang telah dilakukan.

### 3.5 Teknik Pengumpulan Data

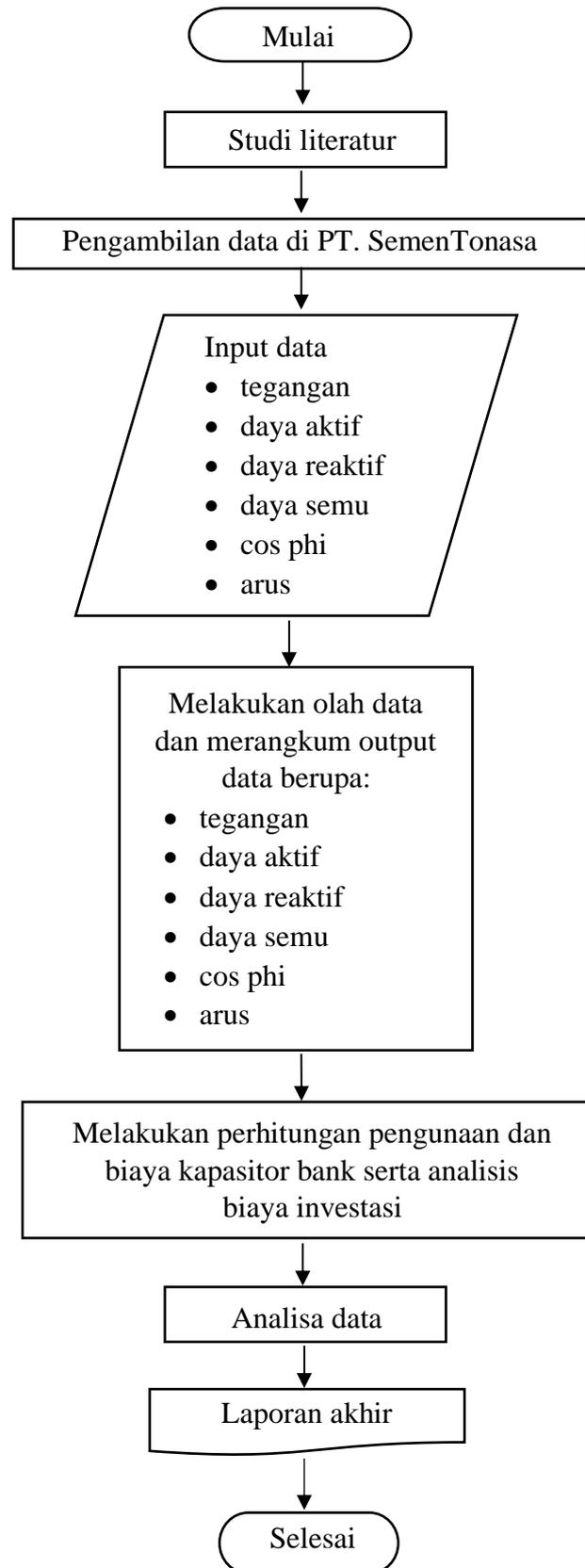
Teknik pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan dengan cara yaitu dengan mengumpulkan data sekunder di PT. Semen Tonasa (Persero) Unit V Finish Mill. Pengambilan data dilakukan melalui aplikasi MIMIC yang terhubung langsung dengan Motor Main Drive. Adapun data yang diambil dari aplikasi MIMIC berupa data real time. Data *real time* sebagai tersebut sebagai berikut :

1. Magnituda arus
2. Daya aktif
3. Daya kompleks
4. Daya reaktif
5. Frekuensi

*power factor*



### 3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 11 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Gambaran Umum PT Semen Tonasa

PT Semen Tonasa merupakan produsen semen yang telah memproduksi dan menjual semen di dalam negeri dan luar negeri sejak tahun 1968. Dengan merk produk yang solid di kawasan timur Indonesia, perusahaan berusaha secara terus menerus mempertahankan *brand image* produk dengan terobosan-terobosan promosi dan strategi pemasaran dan distribusi yang optimal.

Selama empat dekade, perseroan telah tumbuh berkembang dan ikut membangun bangsa, melayani pertumbuhan sektor perumahan, konstruksi regional dan nasional. Dan juga perseroan terus berupaya berkontribusi menciptakan akuntabilitas yang tinggi terhadap lingkungan dan bangsa. Komitmen ini akan terus dilanjutkan untuk menghasilkan kehidupan yang lebih baik bagi nusa dan bangsa di masa yang akan datang.

Meskipun perseroan terus menerus memperlihatkan pertumbuhan kinerja yang menggembirakan, kita tetap fokus bahwa secara internal dan eksternal kondisi industri persemenan nasional ke depan masih sarat dengan tantangan dan persaingan. Oleh karena itu, berbagai usaha peningkatan efisiensi secara internal serta dukungan *stakeholder* sangat diharapkan untuk lebih meningkatkan kinerja dan pengembangan perseroan di masa mendatang.

Kedepan, perseroan terus melakukan langkah-langkah strategis berusaha menyempurnakan kinerja harga, kualitas dan penyerahan yang tepat waktu serta peduli terhadap lingkungan, semoga terobosan-terobosan tersebut memberikan prestasi yang semakin gemilang.

#### 4.2 Proses Pembuatan Semen Tonasa

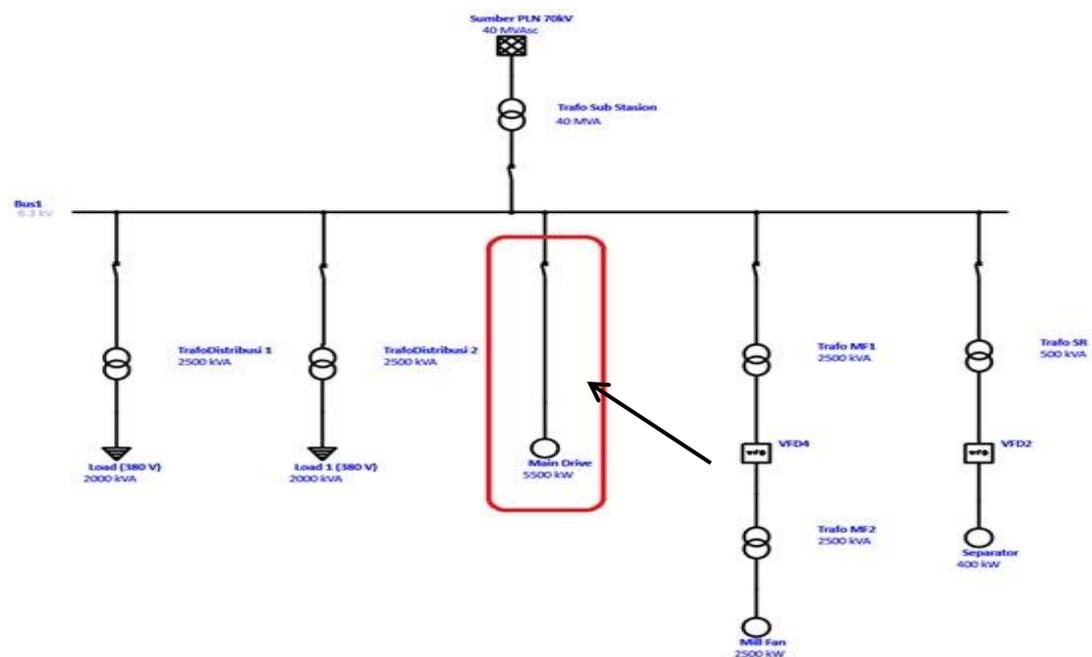
Proses produksi semen pada PT. Semen Tonasa terdiri dari beberapa proses. Dimulai dari penambangan material yang diperoleh dari gunung andian dibawa ke *crusher* yang berfungsi sebagai penghancur material yang berukuran besar. Material-material yang telah dihancurkan pada



*crusher* kemudian dikirim menuju ke gudang penyimpanan untuk dikeringkan terlebih dahulu. Material yang telah kering kemudian dibawa menuju Raw Mill untuk mencampur beberapa material menjadi satu, kemudian dikirim menuju kiln untuk dibakar dengan suhu diantar 1000 – 1500 derajat celcius sehingga material yang telah tercampur berubah menjadi produk yang bernama “*Clinker*”. Produk ini sudah dapat dipasarkan. Akan tetapi, untuk menjadi semen yang baik, maka *clinker* perlu diolah lagi melalui *cement mill* sehingga *clinker* yang tadinya berukuran kecil berubah menjadi debu-debu halus yang kemudian disimpan pada silo.

### 4.3 Deskripsi Data Penelitian

Pada bab ini membahas yaitu mengenai analisis data yang diperoleh dari data mesin. Untuk mendapatkan parameter – parameter yang diinginkan, maka penulis melakukan pengambilan data di motor main drive yang dilakukan, pada 21 Agustus 2023 sampai dengan 28 Agustus 2023 pukul 08.00 - 16.00 WIB di PT. Semen Tonasa Unit V.



Gambar 12 Single line diagram finish mill V



## 4.4 Sebelum Perbaikan Faktor Daya

Tabel 1 Penggunaan daya

Pekan	Tegangan (Volt)	Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (Q <sub>1</sub> ) (kVar)	Daya Kompleks (S <sub>1</sub> ) (kVA)	Frekuensi (Hz)	Faktor Daya (cos φ <sub>1</sub> )
Pertama	6127,46	4146,20	2786,26	4995,42	49,98	0,83
Kedua	6126,06	4154,45	2683,50	4945,77	49,98	0,84
Ketiga	6136,32	4028,39	2707,09	4853,48	49,98	0,83
Keempat	6117,52	4001,27	2792,90	4879,59	49,98	0,82
Kelima	6127,34	4037,22	2713,02	4864,12	49,98	0,83
Keenam	6132,79	4091,50	2642,84	4870,83	49,98	0,84
Ketujuh	6129,28	4192,01	2597,97	4931,77	49,98	0,85
Kedelapan	6128,18	3333,98	2587,45	4220,22	49,98	0,79

## 4.5 Analisa Kompensasi Daya Reaktif

### 4.5.1 Pekan pertama

Diketahui:

$$P = 4146,2 \text{ kW}$$

$$\cos \varphi_1 = 0,83$$

$$\cos \varphi_2 = 0,86$$

Sehingga:

$$\varphi_1 = \cos^{-1} \varphi = 33,9$$

$$\varphi_2 = \cos^{-1} \varphi = 30,68$$

$$\tan \varphi_1 = 0,67$$

$$\tan \varphi_2 = 0,59$$

$$\begin{aligned} Q_c &= P \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\ &= 4146,2 \times (0,67 - 0,59) \\ &= 331,69 \text{ kVar} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai dari daya reaktif kapasitor tersebut maka langsung dapat mengurangi daya reaktif dari beban tersebut, sehingga :

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_2 = 2786,26 - 331,69$$

$$Q_2 = 2454,57 \text{ kVar}$$

ting magnituda daya kompleks yang baru :

$$= \frac{P}{\cos \varphi}$$



$$S = \frac{4146,2}{0,86}$$

$$S = 4821,16 \text{ kVA}$$

Tabel 2 Penggunaan daya setelah perbaikan

Pekan	P	$Q_1$	$Q_2$	$Q_c$	$S_1$	$S_2$	Cos $\phi_1$	Cos $\phi_2$
Pertama	4146,20	2786,26	2454,57	331,69	4995,42	4821,16	0,83	0,86
Kedua	4154,45	2683,50	2475,78	207,72	4945,77	4830,75	0,84	0,86
Ketiga	4028,39	2707,09	2386,80	322,27	4853,48	4684,18	0,83	0,86
Keempat	4001,27	2792,90	2392,78	400,12	4879,59	4652,63	0,82	0,86
Kelima	4037,22	2713,02	2390,05	322,97	4864,12	4694,44	0,83	0,86
Keenam	4091,50	2642,84	2438,27	204,57	4870,83	4757,55	0,84	0,86
Ketujuh	4192,01	2597,97	2514,13	83,84	4931,77	4874,43	0,85	0,86
Kedelapan	3333,98	2587,45	1711,03	600,11	4220,22	3876,72	0,79	0,86

#### 4.6 Pembahasan

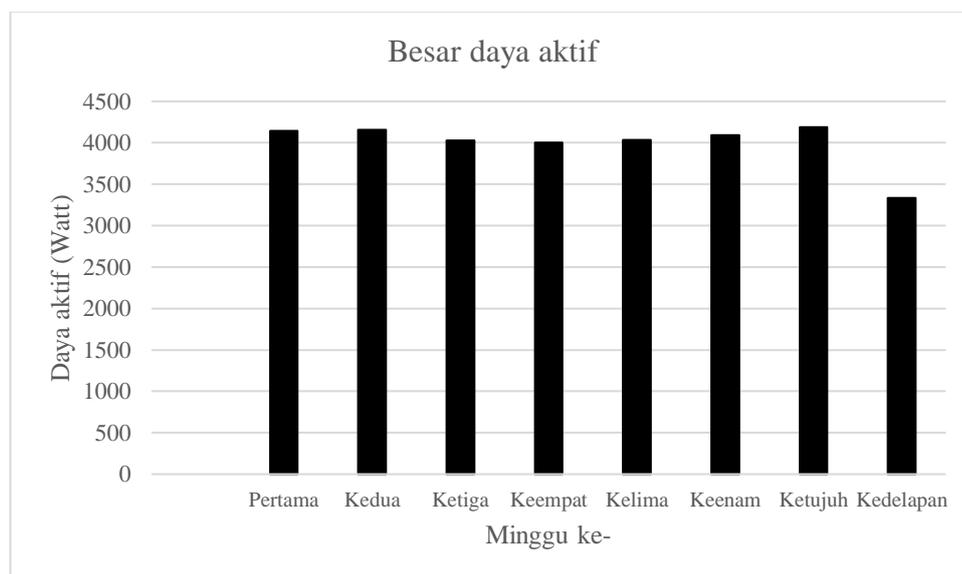
Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan dapat melakukan perhitungan untuk berbagai parameter seperti nilai *cosinus phi* ( $\cos \phi$ ) awal, daya reaktif awal, daya reaktif kapasitor awal, daya reaktif induktif, daya semu akhir, nilai *cosinus phi* ( $\cos \phi$ ) akhir, dan juga nilai kompensasi daya reaktif akhir yang dibutuhkan untuk meningkatkan faktor daya.

Dalam perhitungan nilai *cosinus phi* ( $\cos \phi$ ) di mana nilai normal yang dijadikan patokan adalah di bawah 0,85. Pengaturan standar yang ditetapkan oleh PLN menyatakan bahwa nilai normal *cosinus phi* ( $\cos \phi$ ) berada dalam rentang 0,85 hingga 1,0. Oleh karena itu, berdasarkan perkiraan dan perhitungan yang telah diketahui pasti maka dilakukanlah peningkatan pada faktor daya menjadi 0,86. Di PT. Semen Tonasa Unit V khususnya di Motor Main Drive Finish Mill nilai rata-rata *cosinus phi* ( $\cos \phi$ ) sebelumnya adalah 0,83 dan setelah perbaikan nilai rata-rata meningkat menjadi 0,86.

Meningkatkan faktor daya hingga mencapai 0,86 akan mengakibatkan penurunan harga daya semu. Ketika faktor daya mendekati 1,0 daya semu yang tersedia dari sumber akan semakin optimal sementara jika faktor daya mendekati 1,0 daya semu yang efektif digunakan akan semakin berkurang dibandingkan dengan total daya yang tersedia.



Ukuran nilai  $Q_c$  merujuk pada nilai kompensasi daya reaktif yang pada umumnya digunakan untuk mengukur kuantitas daya reaktif di PT. Semen Tonasa Unit V khususnya di Motor Main Drive Finish Mill. Di Motor Main Drive Finish Mill PT. Semen Tonasa Unit V rata-rata nilai daya reaktif mencapai 309,16 kVar. Nilai daya reaktif minimum tercatat pada minggu ketujuh sebesar 83,84 kVar, sementara nilai maksimumnya terjadi pada minggu kedelapan mencapai 600,11 kVar. Oleh karena itu, untuk mencapai faktor daya 0.86, kita memerlukan kompensasi daya sebesar 320 kVar. Dalam rangka memasang bank kapasitor dalam sistem listrik kita menggunakan PFR (*Power Factor Regulator*) yang memiliki 4 tahap di mana setiap tahap memerlukan kapasitas 80 kVar. Dengan mengetahui nilai daya reaktif setelah perbaikan kita dapat menghitung reaktansi kapasitif yang diperlukan untuk mencapai peningkatan faktor daya ke 0.86. Langkah-langkah ini bertujuan untuk memastikan efisiensi dan optimalisasi penggunaan daya dalam sistem kelistrikan di PT. Semen Tonasa Unit V khususnya di Motor Main Drive Finish Mill.



Gambar 13 Grafik nilai daya aktif

Terdapat perbedaan yang sangat mencolok dalam data daya aktif selama periode pengamatan yang tercatat dalam grafik. Analisis data ini mengungkapkan perbedaan yang signifikan dalam tingkat daya aktif yang digunakan atau dikonsumsi selama waktu yang diamati.



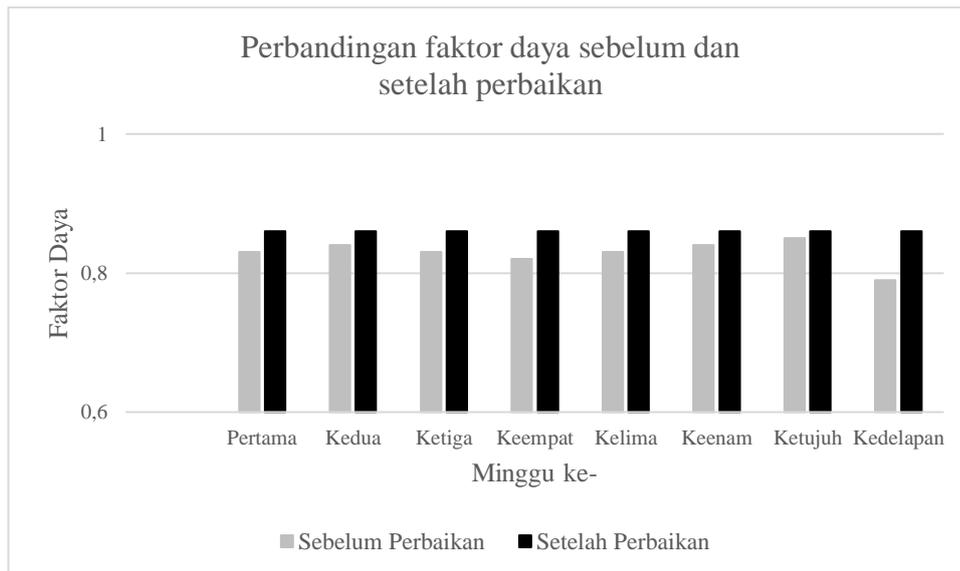
Pada awal periode data pertama mencatatkan daya aktif sebesar 4146,2 kW dan terjadi kenaikan yang sedikit pada data kedua, mencapai 4154,46 kW. Peningkatan ini bisa mengindikasikan peningkatan aktivitas atau permintaan energi pada periode tersebut. Namun perubahan signifikan terlihat pada data ketiga yang mencatat penurunan daya aktif menjadi 4028,40 kW. Penurunan ini mungkin menggambarkan penurunan aktivitas atau perubahan dalam pola penggunaan energi.

Data keempat terus menunjukkan penurunan dengan daya aktif mencapai 4001,3 kW yang mengindikasikan adanya perubahan yang berkelanjutan dalam tingkat daya aktif selama periode ini. Selanjutnya, data kelima mencatat peningkatan kecil menjadi 4037,22 kW yang kemudian mengalami peningkatan lebih lanjut pada data keenam mencapai 4091,5 kW. Peningkatan ini mungkin mencerminkan perubahan aktivitas atau permintaan yang lebih tinggi selama periode tertentu.

Titik tertinggi dalam data dicapai pada data ketujuh dengan daya aktif mencapai 4192,01 kW. Puncak ini bisa mengindikasikan situasi di mana sistem memerlukan lebih banyak daya listrik dari biasanya yang bisa disebabkan oleh berbagai faktor seperti kegiatan industri yang tinggi atau keadaan cuaca tertentu.

Namun yang paling mencolok adalah penurunan yang sangat tajam pada data kedelapan di mana daya aktif turun menjadi 3333,98 kW. Penurunan ini bisa merupakan isu yang signifikan yang memerlukan investigasi lebih lanjut seperti gangguan dalam sistem atau perubahan besar dalam aktivitas yang mempengaruhi konsumsi daya.





Gambar 14 Grafik perbandingan nilai cos phi

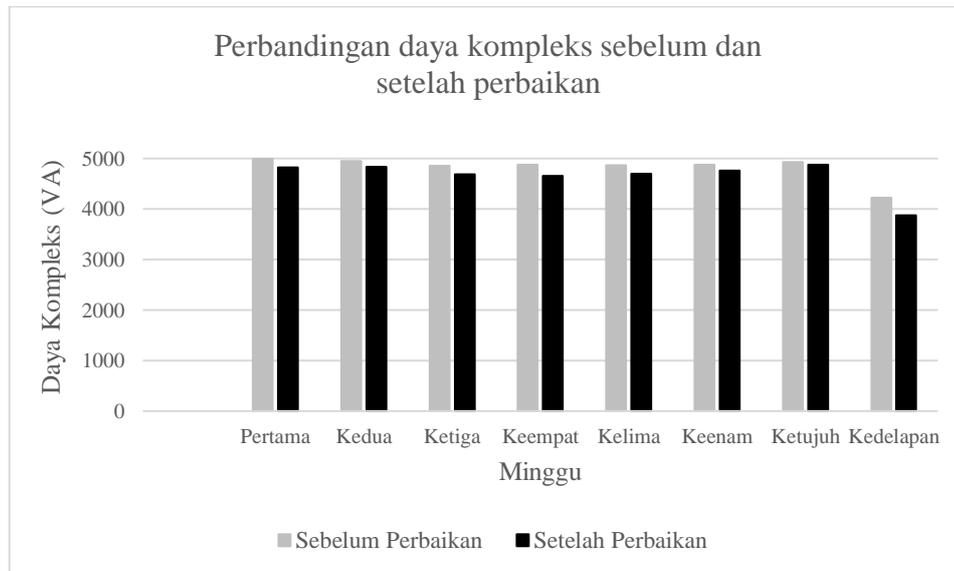
Berdasarkan Gambar 13, bisa terlihat bahwa nilai cos phi saat sebelum dan setelah diperbaiki. Pada awal periode tercatat peningkatan dari 0,83 pada data pertama menjadi 0,84 pada data kedua menandakan respon yang cukup baik terhadap upaya perbaikan efisiensi faktor daya. Namun fase perubahan terjadi pada data ketiga dan keempat dengan nilai berturut-turut 0,83 dan 0,82 mencerminkan mungkin adanya variasi beban atau perubahan kondisi operasional.

Selanjutnya pada data kelima terjadi kenaikan kecil menjadi 0,83 menggambarkan penyesuaian lebih lanjut dalam karakteristik daya. Peningkatan tersebut berlanjut pada data keenam dengan nilai 0,84 menciptakan tren yang baik dalam faktor daya. Puncak tertinggi dicapai pada data ketujuh mencapai 0,85, yang mencerminkan optimalisasi yang signifikan dalam efisiensi faktor daya sistem. Namun perlu dicatat bahwa data kedelapan menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dengan mencapai nilai 0,79 yang dapat menjadi sinyal perubahan kondisi yang memengaruhi faktor daya secara negatif. Penurunan ini mungkin menjadi fokus utama dalam penelitian karena bisa mengindikasikan adanya peristiwa yang mengganggu atau kondisi yang mempengaruhi kualitas daya listrik yang masuk.



sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh PLN peningkatan nilai pat dicapai melalui pemasangan kapasitor bank dalam sistem instalasi. lanjutan dari penggunaan kapasitor bank pada beban adalah peningkatan

faktor daya yang signifikan. Hal ini memberikan manfaat yang berarti dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas energi dalam sistem.



Gambar 15 Grafik perbandingan nilai daya semu

Pada data pertama terlihat peningkatan yang mencolok di mana nilai daya semu sebelum perbaikan sebesar 4995,42 kVA menurun menjadi 4821,16 kVA setelah perbaikan. Perbaikan ini memberikan respon yang positif tentang upaya meningkatkan efisiensi daya semu pada titik awal pengamatan.

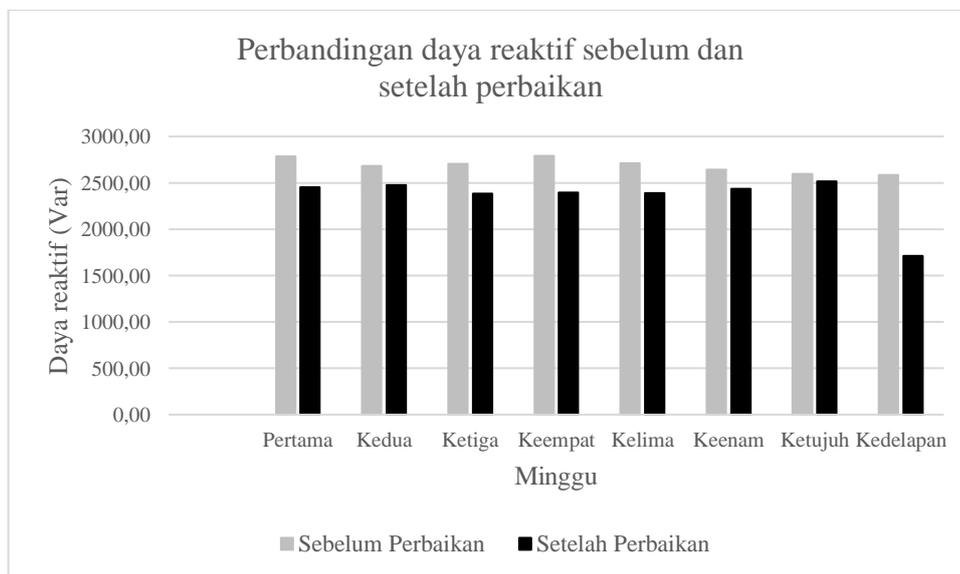
Tren peningkatan yang konsisten terlihat pada data kedua hingga kelima. Pada data kedua nilai daya semu sebelum perbaikan 4945,77 kVA menurun menjadi 4830,75 kVA setelah perbaikan. Data ketiga menunjukkan penurunan sebelum perbaikan sebesar 4853,48 kVA tetapi nilai setelah perbaikan mencapai 4684,18 kVA menciptakan perbandingan yang menunjukkan efektivitas dalam perbaikan nilai daya semu. Data keempat dan kelima menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan perbandingan setelah perbaikan masing-masing mencapai 4652,63 kVA dan 4694,44 kVA.

Data keenam dan ketujuh menunjukkan puncak kinerja setelah perbaikan dengan nilai daya semu masing-masing 4757,55 kVA dan 4874,43 kVA. Perbandingan yang mencerminkan optimisasi yang berhasil. Namun kedelapan menunjukkan penurunan setelah perbaikan mencapai 3876,72



kVA. Ini mencerminkan peningkatan yang signifikan dalam nilai daya semu sebagai akibat dari perbaikan sistem.

Dalam keseluruhan data dapat ditarik kesimpulan bahwa perbaikan sistem umumnya menghasilkan respon yang baik dalam nilai daya semu kecuali pada data pertama yang mengalami penurunan. Peningkatan ini mencerminkan efektivitas tindakan perbaikan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas energi dalam sistem.



Gambar 16 Grafik perbandingan nilai daya reaktif

Berdasarkan dari Gambar 15, terlihat perbandingan nilai daya reaktif. Dimana untuk nilai daya reaktif sebelum dilakukan perbaikan nilainya sangat tinggi. Di konsumen tingkat industri beban induktif yang paling umum digunakan adalah motor listrik. Pada data pertama terlihat peningkatan yang baik dimana nilai daya reaktif sebelum perbaikan sebesar 2786,26 kVar menurun secara signifikan menjadi 2454,57 kVar setelah perbaikan. Hal ini menunjukkan bahwa tindakan perbaikan telah berhasil secara nyata dalam mengurangi konsumsi daya reaktif pada titik awal observasi.

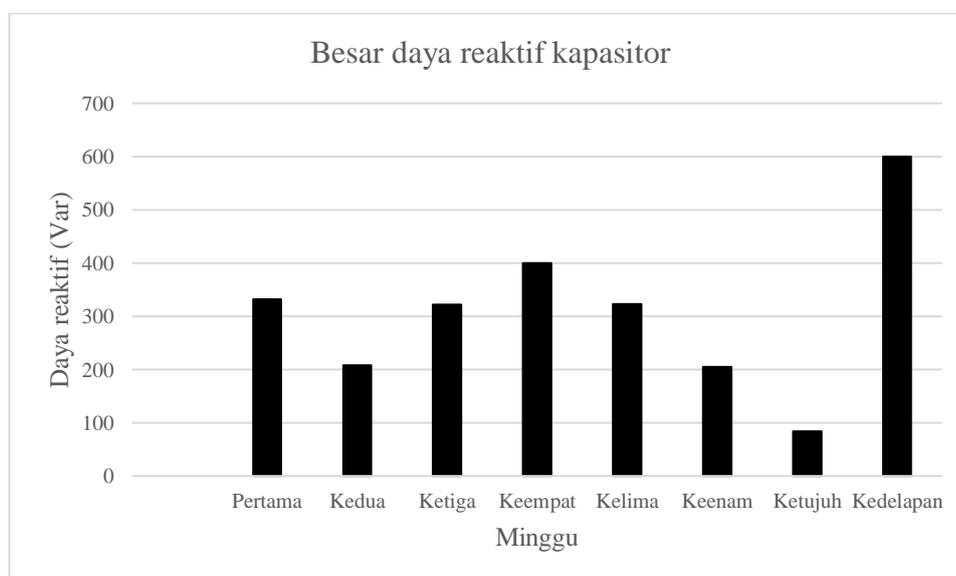
Pada data kedua memberikan respon yang positif ini dengan nilai daya reaktif yang awalnya sebesar 2683,5 kVar mengalami penurunan yang konsisten 2475,78 kVar setelah perbaikan. Meskipun terdapat perubahan dalam tiga hingga kelima sebelum perbaikan upaya positif dari langkah-langkah



perbaikan terlihat pada perbandingan nilai setelah perbaikan mencapai 2386,8 kVar, 2392,78 kVar, dan 2390,05 kVar pada masing-masing data.

Perbaikan yang konsisten terlihat pada data keenam dan ketujuh yang menunjukkan penurunan nilai daya reaktif menjadi 2438,27 kVar dan 2514,13 kVar setelah perbaikan. Hal ini mencerminkan kesinambungan dari upaya perbaikan yang sukses dalam meningkatkan efisiensi daya reaktif. Namun pada data kedelapan terjadi penurunan perbandingan setelah perbaikan mencapai 1711,03 kVar. Ini menggambarkan dampak positif perbaikan dalam mengurangi nilai daya reaktif yang sebelumnya tinggi.

Keseluruhan data ini menggambarkan secara jelas bahwa perbaikan sistem telah berhasil mengurangi nilai daya reaktif secara signifikan yang berkontribusi pada efisiensi penggunaan daya. Perbaikan ini penting dalam konteks kualitas daya.



Gambar 17 Grafik kompensasi daya reaktif

Setelah melakukan perhitungan dapat dilihat nilai untuk kompensasi daya reaktif. Dengan grafik yang terlihat diatas kita bisa melihat perbedaan yang tidak terlalu mencolok di setiap minggunya dimana Pada data pertama tercatat bahwa data pertama mencapai nilai kompensasi daya reaktif sebesar 331,69 kVar. pada data kedua terjadi penurunan signifikan menjadi 207,72 kVar kan perubahan yang berpotensi pada karakteristik beban atau sistem pada but.



Perubahan berlanjut pada data ketiga dan keempat dengan nilai masing-masing 322,27 kVar dan 400,12 kVar sebelum kembali mengalami penurunan pada data kelima menjadi 322,97 kVar. Perubahan ini dapat mengindikasikan respon sistem terhadap perubahan dalam kebutuhan daya reaktif atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi keseimbangan daya pada waktu tertentu.

Pada data keenam dan ketujuh tercatat penurunan lebih lanjut dengan nilai kompensasi daya reaktif berturut-turut sebesar 204,57 kVar dan 83,84 kVar. Namun data kedelapan menunjukkan puncak tertinggi dalam nilai kompensasi daya reaktif sebesar 600,11 kVar. Hal ini mungkin mengindikasikan adanya kondisi operasional atau beban tertentu yang memerlukan tingkat kompensasi yang lebih tinggi untuk memastikan efisiensi faktor daya yang optimal.

Selain itu hal ini bias juga menjadi indikasi bahwa sistem memerlukan lebih banyak kompensasi daya reaktif untuk menjaga kualitas dan efisiensi daya.

## 4.7 Analisa Pembayaran Daya Reaktif

### 4.7.1 Perhitungan biaya pada bulan pertama

- Penggunaan daya reaktif (ketika 0,82)
 
$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVarh)} &= 3829,72 \times 107 \text{ jam} \times 1 \text{ bulan} \\ &= 409.780,04 \text{ kVarh} \end{aligned}$$
- Penggunaan daya reaktif (ketika 0,85)
 
$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVarh)} &= 3403,67 \times 107 \text{ jam} \times 1 \text{ bulan} \\ &= 364.192,69 \text{ kVarh} \end{aligned}$$
- Kelebihan penggunaan kVarh dapat dihitung sebagai berikut :
 
$$\begin{aligned} \text{Kelebihan pemakaian} &= 409.780,04 \text{ kVarh} - 364.192,69 \text{ kVarh} \\ &= 45.587,35 \text{ kVarh} \end{aligned}$$

Maka berdasarkan tarif dasar listrik (TDL) pada tahun 2023 sesuai dengan golongan yaitu golongan I-3 / TM daya di atas 200 kVA, maka jumlah pemakaian kelebihan daya reaktif adalah:



$$45.587,35 \times Rp. 1114,74$$

$$Rp. 50.818.042$$

#### 4.7.2 Perhitungan biaya pada bulan kedua

- Penggunaan daya reaktif (ketika 0,83)
 
$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVarh)} &= 3691,52 \times 105 \text{ jam} \times 1 \text{ bulan} \\ &= 387.609,6 \text{ kVarh} \end{aligned}$$
- Penggunaan daya reaktif (ketika 0,85)
 
$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVarh)} &= 3403,67 \times 105 \text{ jam} \times 1 \text{ bulan} \\ &= 357.385,35 \text{ kVarh} \end{aligned}$$
- Kelebihan penggunaan kVarh dapat dihitung sebagai berikut :
 
$$\begin{aligned} \text{Kelebihan pemakaian} &= 387.609,6 \text{ kVarh} - 357.385,35 \text{ kVarh} \\ &= 30.224,25 \text{ kVarh} \end{aligned}$$

Maka berdasarkan tarif dasar listrik (TDL) pada tahun 2023 sesuai dengan golongan yaitu golongan I-3 / TM daya di atas 200 kVA, maka jumlah pemakaian kelebihan daya reaktif adalah:

$$\begin{aligned} &= 30.224,25 \times \text{Rp. } 1114,74 \\ &= \text{Rp. } 33.692.180 \end{aligned}$$

Tabel 3 Pembayaran daya reaktif

Bulan	Daya reaktif	Daya reaktif	Kelebihan pemakaian	
	(0,83) (kVarh)	(0,85) (kVarh)	kVarh	Rupiah (Rp)
Pertama	409.780,04	364.192,69	45.587,35	50.818.042
Kedua	387.609,6	357.385,35	30.224,25	33.692.180

Sehingga perhitungan total pembayaran biaya daya reaktif yang digunakan selama dua yaitu ;

$$\begin{aligned} \text{Total biaya pembayaran} &= (\text{Rp. } 50.818.042 + \text{Rp. } 33.692.180) \div 2 \\ &= \text{Rp. } 42.255.111 \end{aligned}$$

#### 4.8 Perhitungan Penggunaan dan Biaya Pemasangan Kapasitor

Berdasarkan pada perhitungan sebelumnya yang dimana mendapatkan ai kompensasi daya reaktif sebesar 309,16 kVar. Sehingga untuk n pemasangan kapasitor bank nantinya akan digunakan empat buah bank yang masing-masing kapasitor bank akan mengoreksi daya reaktif



sebesar 309,16 kVar. Setelah menentukan jumlah kapasitor yang telah ditetapkan maka tahapan selanjutnya yaitu menentukan biaya pemasangan kapasitor.

Harga kapasitor bank 80 kVar (18 <i>step</i> )	=	Rp. 31.380.000 × 4 <i>step</i>
	=	Rp. 125.520.000
Harga pengiriman kapasitor bank (termasuk asuransi)	=	Rp. 125.520.000 × 5 %
	=	Rp. 6.276.000
Harga pemasangan kapasitor bank	=	Rp. 125.520.000 × 10 %
	=	Rp. 12.552.000
Harga pemeliharaan kapasitor	=	Rp. 125.520.000 × 3 % × 10
	=	Rp. 37.656.000
Total	=	Rp. 182.004.000

## 4.9 Analisa Biaya Investasi

### 4.9.1 *Net present value* (NPV)

*Net present value* (NPV) atau nilai sekarang bersih adalah suatu teknik evaluasi investasi yang berguna untuk mengevaluasi potensi keuntungan finansial dari suatu proyek atau investasi. *Net present value* menghitung selisih antara nilai sekarang dari arus kas masuk (penerimaan) dan nilai sekarang dari arus kas keluar (pengeluaran) selama periode waktu tertentu. Dengan menggunakan *net present value* dapat dinilai apakah proyek atau investasi tersebut memberikan nilai tambah yang positif atau sebaliknya.

<i>Initial investment</i> ( $C_0$ )	=	Rp. 182.004.000
Biaya pinalti ( $C_T$ )	=	Rp. 42.255.111
Tingkat diskonto ( $r$ )	=	8,26 %
Waktu (Bulan)	=	10 Tahun (120 Bulan)



Tabel 4 *Present value*

Tahun	Present Value (Rp)
1	207.148.633
2	227.396.797
3	243.349.294
4	255.543.753
5	264.460.768
6	270.529.476
7	274.132.605
8	275.611.065
9	275.268.095
10	273.373.031
<b>Total (Rp)</b>	<b>2.566.813.517</b>

$$NPV = Rp. 2.566.813.517 - Rp. 182.004.000$$

$$NPV = Rp. 2.384.809.517$$

Berdasarkan nilai *net present value* yang didapatkan yang menunjukkan NPV positif ini menunjukkan bahwa investasi tersebut dapat dianggap menguntungkan sedangkan ketika nilai NPV menunjukkan negative maka berpotensi mengalami kerugian. Dengan demikian bahwa penggunaan kapasitor bank sangat layak untuk dilakukan.

#### 4.9.2 Return on investment (ROI)

Berdasarkan dari *industry e-commerce* yang ditemukan bahwa biaya untuk membeli kapasitor bank dengan unit kapasitor sebesar 320 kVAR untuk kompensasi faktor daya adalah sekitar Rp. 182.004.000. Dengan data tersebut, kita dapat menghitung *Return On Investment* (ROI) atau tingkat pengembalian investasi dengan menggunakan rumus berikut:

$$ROI (\text{Return On Investment}) = \frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Biaya Pinalti}}$$

$$\text{Biaya investasi} = Rp. 182.004.000$$

$$\text{Biaya pinalti} = Rp. 42.255.111$$

Sehingga :



$$\frac{Rp. 182.004.000}{Rp. 42.255.111}$$

$$= 4,31$$

= 4 bulan

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa biaya pemasangan kapasitor bank per unit adalah sebesar Rp. 31.380.000. Analisis sebelumnya menunjukkan bahwa untuk meningkatkan nilai faktor daya, diperlukan pemasangan sebanyak 4 unit kapasitor. Oleh karena itu total biaya yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya ini mencapai Rp. 182.004.000.

Namun jika tidak dilakukan perbaikan nilai faktor daya perusahaan akan terus dikenakan biaya denda sebesar Rp. 42.255.111 per bulan akibat penggunaan beban reaktif. Sehingga dari hasil perhitungan ROI (*Return Of Investment*) dibutuhkan waktu sebanyak kurang lebih 4 bulan jika ingin mengembalikan biaya investasi pemasangan kapasitor bank tersebut.

#### 4.10 Rugi-Rugi Daya

Setelah melakukan analisis terhadap faktor daya yang ada penting untuk diingat bahwa penggunaan tenaga listrik akan mengalami peningkatan yang signifikan berkat berkurangnya kerugian daya dengan memperhatikan *single line diagram*. Hal ini menjadi hasil dari perhitungan teliti mengenai kerugian daya yang timbul akibat penyimpangan dari pedoman yang telah ditetapkan oleh PLN.

Dalam konteks PT. Semen Tonasa Unit V kabel yang digunakan adalah tipe kabel N2XSJY merek JEMBO dengan penghantar yang terbuat dari bahan XLPE. Resistansi jenis penghantar aluminium untuk kabel ini adalah ( $\rho$ ) =  $28,25 \Omega mm^2 / km$ . Panjang kawat penghantar ( $l$ ) =  $400 m$  yang setara dengan  $0,4 km$  dan untuk nilai dari luas penampang kabel tersebut sebesar  $300 mm^2$ . Menggunakan data ini kita dapat melakukan perhitungan yang akurat untuk menentukan nilai resistansi kabel tersebut.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$R = 28,25 \frac{0,4}{300}$$

$$= 0,037 \Omega$$



Tabel 5 Perhitungan rugi – rugi daya sebelum perbaikan

Pekan	Arus (A)			Resistansi ( $\Omega$ )	Rugi - rugi daya tiap fasa (W)		
	I <sub>R</sub>	I <sub>S</sub>	I <sub>T</sub>		P <sub>loss R</sub>	P <sub>loss S</sub>	P <sub>loss T</sub>
Pertama	466,16	461,13	442,80	0,037	8040,47	7868,02	7254,94
Kedua	466,15	459,80	442,85	0,037	8040,21	7822,63	7256,61
Ketiga	455,17	450,36	432,26	0,037	7665,92	7504,82	6913,41
Keempat	452,61	445,76	434,48	0,037	7579,77	7352,18	6984,88
Kelima	453,14	446,41	436,70	0,037	7597,46	7373,48	7056,34
Keenam	458,76	451,23	440,81	0,037	7787,08	7533,56	7189,71
Ketujuh	468,73	460,44	451,00	0,037	8129,3	7844,3	7526,0
Kedelapan	391,74	384,58	373,86	0,037	5678,25	5472,51	5171,58

Tabel 6 Perhitungan rugi – rugi daya setelah perbaikan

Pekan	Arus (A)			Resistansi ( $\Omega$ )	Rugi - rugi daya tiap fasa (W)		
	I <sub>R</sub>	I <sub>S</sub>	I <sub>T</sub>		P <sub>loss R</sub>	P <sub>loss S</sub>	P <sub>loss T</sub>
Pertama	412,588	407,034	389,770	0,037	6298,49	6130,04	5621,06
Kedua	415,657	408,764	392,786	0,037	6392,54	6182,26	5708,39
Ketiga	401,906	396,595	379,634	0,037	5976,56	5819,64	5332,51
Keempat	394,769	387,647	377,510	0,037	5766,18	5560,00	5273,01
Kelima	397,649	390,661	381,992	0,037	5850,62	5646,80	5398,98
Keenam	409,152	401,218	391,694	0,037	6194,00	5956,12	5676,71
Ketujuh	422,003	413,219	404,583	0,037	6589,21	6317,7	6056,45
Kedelapan	330,515	323,430	314,272	0,037	4041,89	3870,4	3654,38



## BAB V

### SIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai penelitian ini, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk memperbaiki faktor daya yang sebelumnya 0,83 menjadi 0,86 hal ini sudah sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh PLN, sehingga daya reaktif yang dihasilkan sebelum perbaikan adalah 2688,88 kVAR dan setelah dilakukan perbaikan nilai daya reaktifnya sebesar 2345,42 kVAR. Jadi besar daya reaktif yang diberikan oleh kapasitor sebesar 309,16 kVAR. Sehingga dibutuhkan pemasangan kapasitor bank 80 kVAR sebanyak 4 *step*.
2. Berdasarkan analisis finansial pemasangan kapasitor bank dapat menjadi pengembalian investasi dalam jangka panjang. Dengan total biaya pemasangan kapasitor yang mencapai Rp. 182.004.000, hasil perhitungan *Return On Investment* menunjukkan bahwa investasi ini dapat dikembalikan dalam waktu kurang lebih 4 bulan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penggunaan kapasitor bank memiliki potensi untuk memberikan pengembalian investasi yang signifikan.
3. Sebelum pemasangan kapasitor bank, perusahaan mengalami rugi daya yang tercermin dalam biaya denda sebesar Rp. 42.255.111 per bulan. Setelah pemasangan kapasitor bank, rugi – rugi daya pada PT Semen Tonasa Unit V dapat diminimalisasi, faktor daya akan membaik, dan pada akhirnya mengurangi atau menghilangkan biaya denda tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemasangan kapasitor bank dapat menghindari atau mengurangi biaya denda yang signifikan setelah melakukan perbaikan faktor daya.



## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti dapat memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat menjadi acuan untuk dilakukan penghematan biaya listrik dengan penggunaan kapasitor bank, karena dengan pemasangan kapasitor bank dapat memperbaiki nilai faktor daya dan dapat menghemat penggunaan listrik.
2. Pemasangan kapasitor bank untuk Motor Main Drive sebaiknya cepat direalisasikan karena berdasarkan perhitungan ekonomi yang telah dilakukan menunjukkan perhitungan yang menguntungkan dalam 10 tahun kedepan yaitu sebesar Rp.2.384.809.517



## DAFTAR PUSTAKA

- Almanda, D., & Majid, N. (2019). Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT.Astra Daihatsu Motor. *Resistor*, 8.
- Anthony, Z. (2018). *Mesin Listrik Dasar*. Padang: ITP Press.
- Ariadi, S. (2023). *Evaluasi Sistem Distribusi Energi Listrik Kampus Tamalanrea Universitas Hasanuddin*. Gowa: Universitas Hasanuddin.
- Awaluddin. (2018). *Perbaikan Faktor Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Raw Mill I DI PT Semen Tonasa Unit IV Pangkep*. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Eryuhanggoro, Y. (2013). *Perancangan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban 18,956 kW/ 6,600 V, Menggunakan Capacitor Bank Di PT Indorama Ventures Indonesia*. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Firmansyah, I. (2010). *Studi Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya PT. Asian Profile Indosteel*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Meiriyanti, & Salahuddin. (2018). Pengaruh Penempatan Kapasitor Bank Pada Trafo Distribusi Jaringan 20 KV Dalam Perbaikan Faktor Daya. *Jurnal Energi Elektrik*, 26.
- Multa, L., & Aridani, R. P. (2013). *Modul Pengenalan ETAP*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Nasution, N. A. (2021). *Analisa Ekonomi Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang*. Semarang: Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Nuraeni, R., & Selan, C. A. (2013). *Dasar Dan Pengukuran Listrik 2*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Parekh, R. (2003). *AC Induction Motors Fundamentals*. Amerika Serikat: Microchip Technology Inc.
- Prastyono Eko P., S. K. (2022). Analisis Tinjauan Ekonomi Teknis dalam Pemasangan Kapasitor Bank untuk Memperbaiki Nilai Faktor Daya pada Beban Industri. *AVITEC*, Vol. 4, 137-150.
- Ritonga, M. M. (2019). *Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Media*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Rizqiya, V. B. (2019). *Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Analisis Perencanaan Perbaikan Faktor Daya Sebagai Upaya Optimasi Daya Listrik Di Gedung Es Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.



Sumardjati, P., Yahya, S., & Mashar, A. (2008). *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuaran.

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.

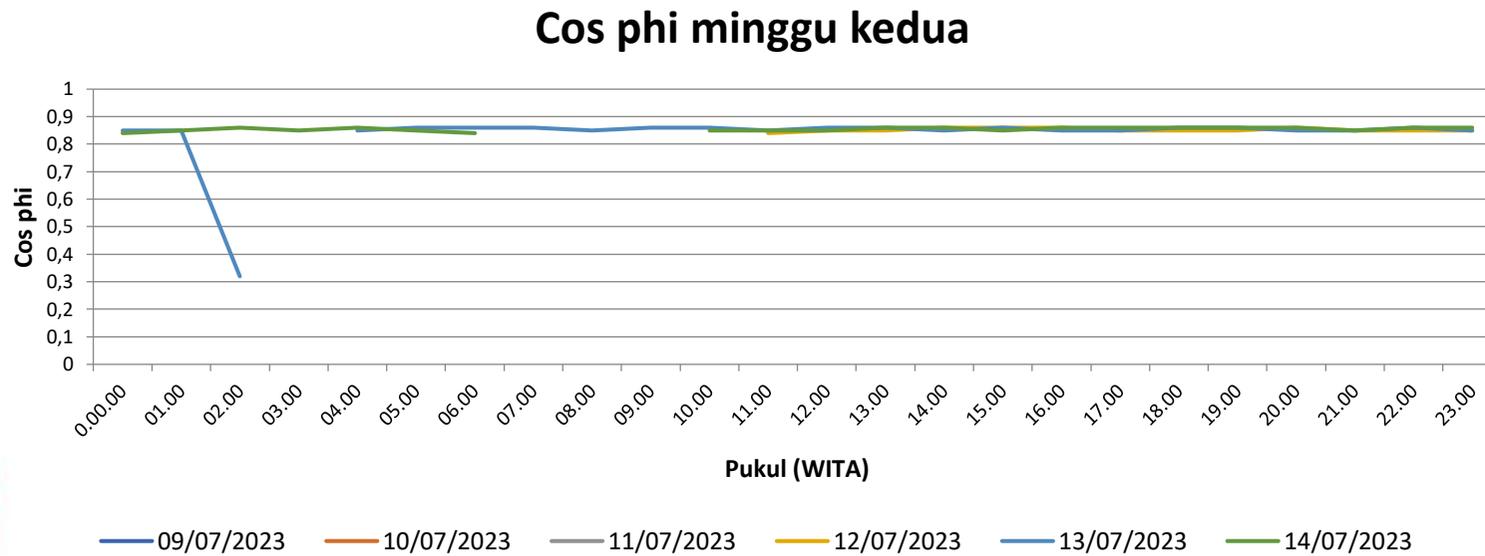
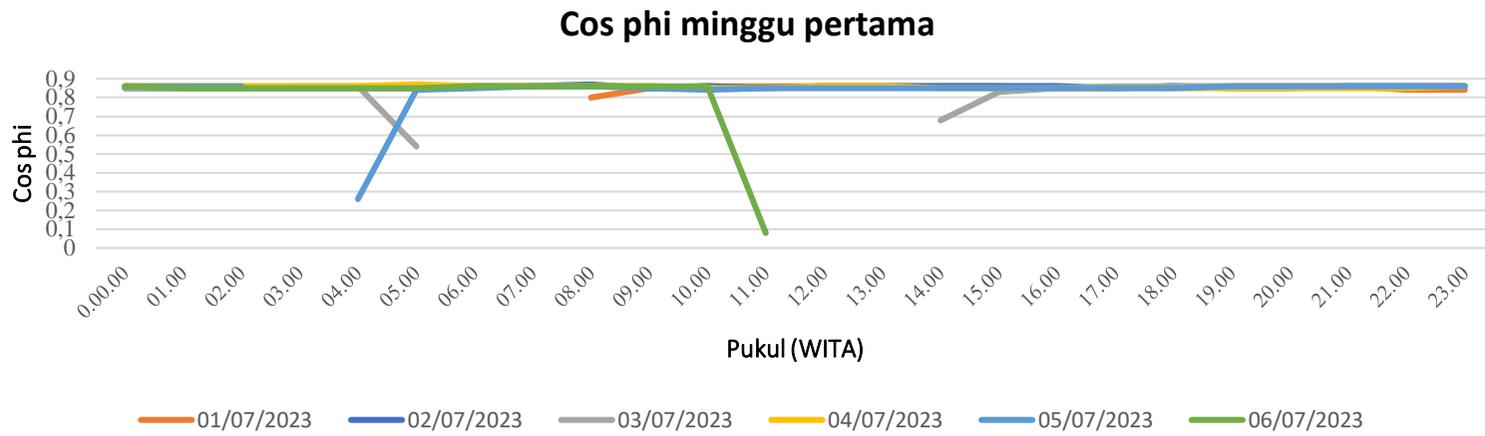
Wijaya, M. (2001). *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Djambatan.



# LAMPIRAN

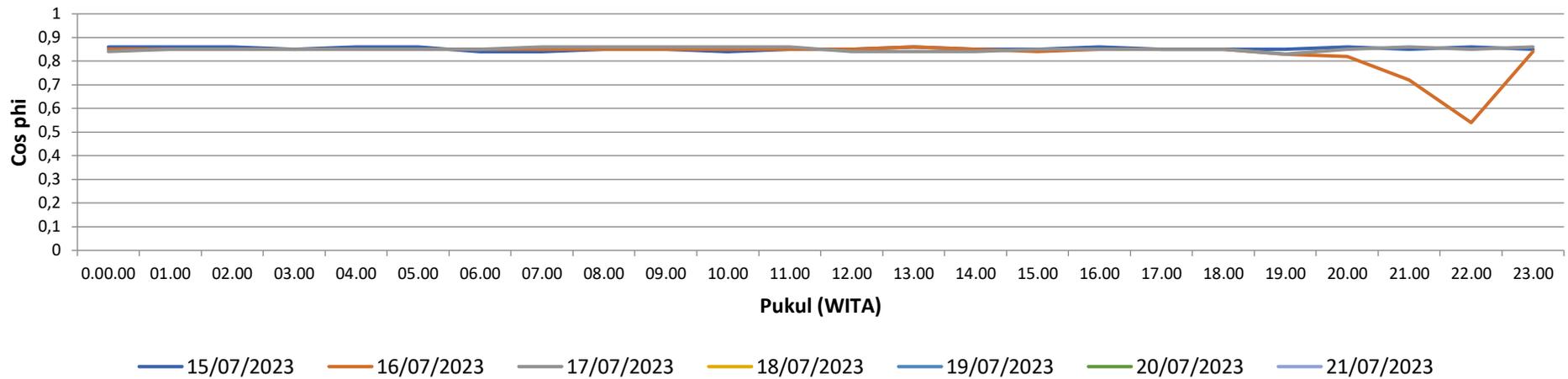


Lampiran 1 Data

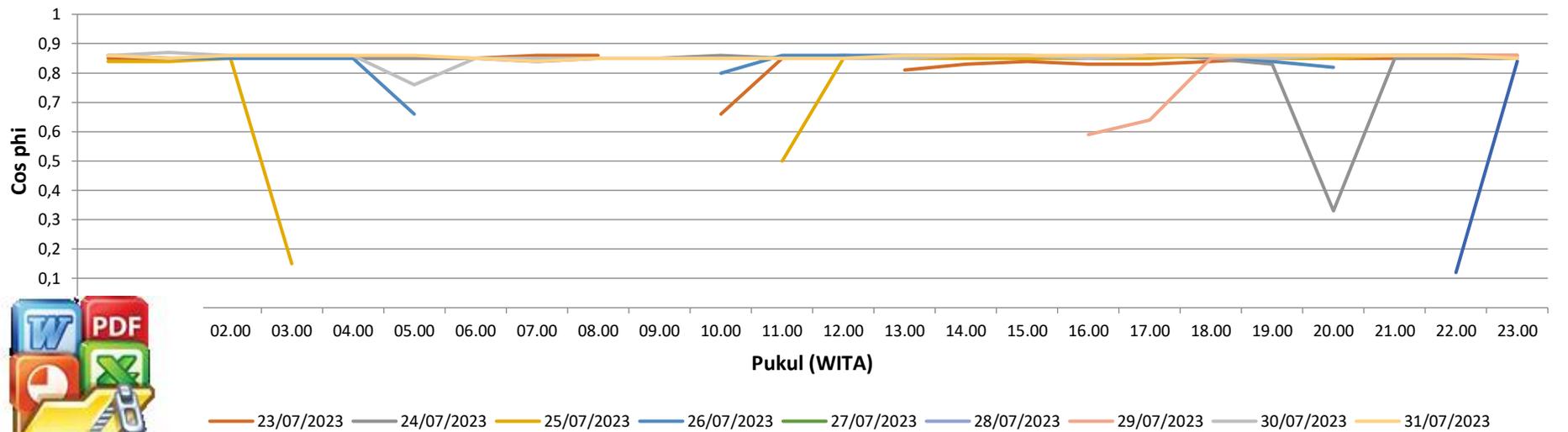


Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

### Cos phi minggu ketiga

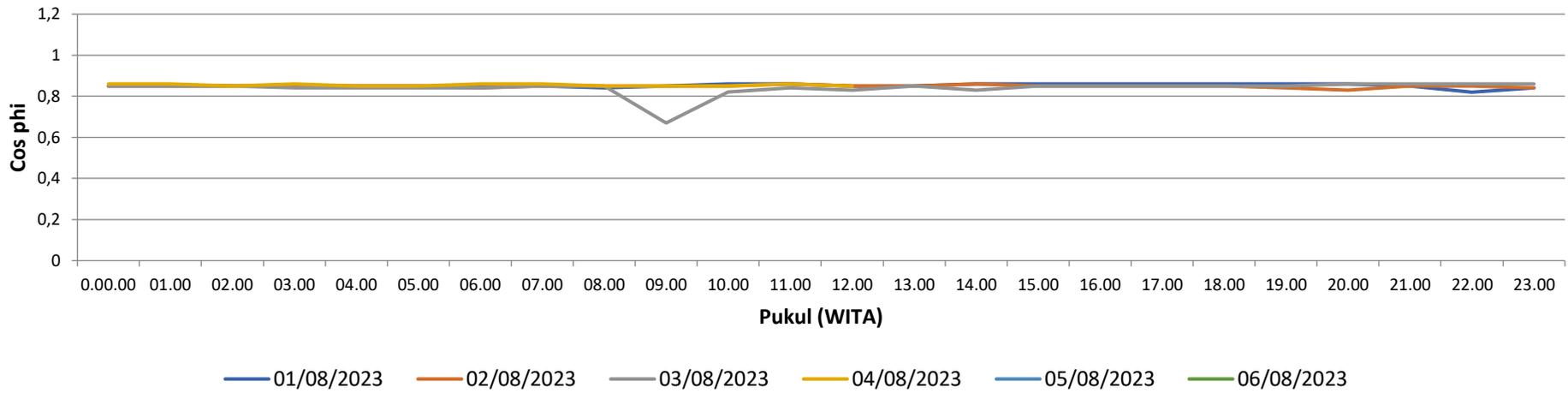


### Cos phi minggu keempat

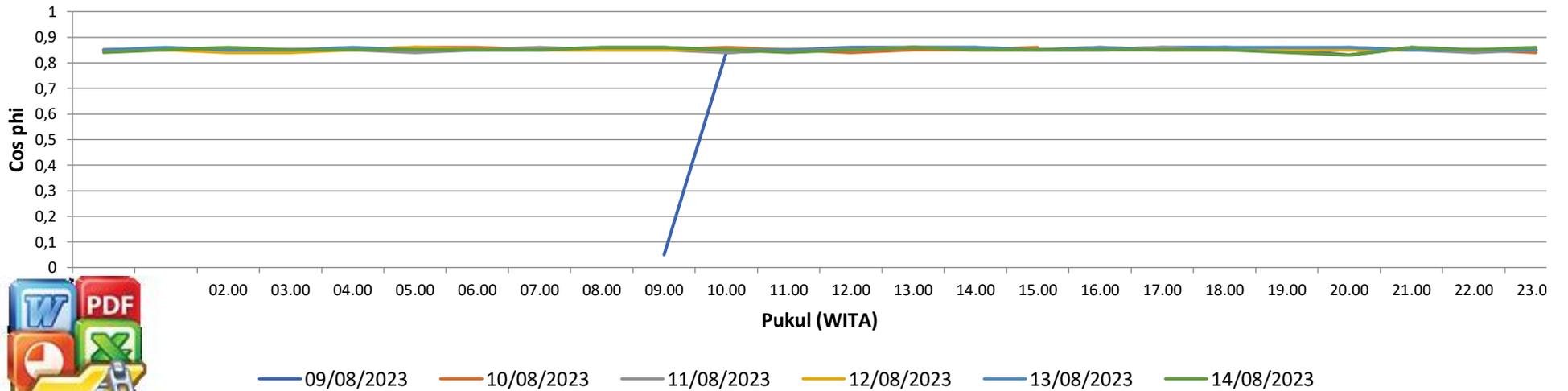


Optimized using trial version [www.balesio.com](http://www.balesio.com)

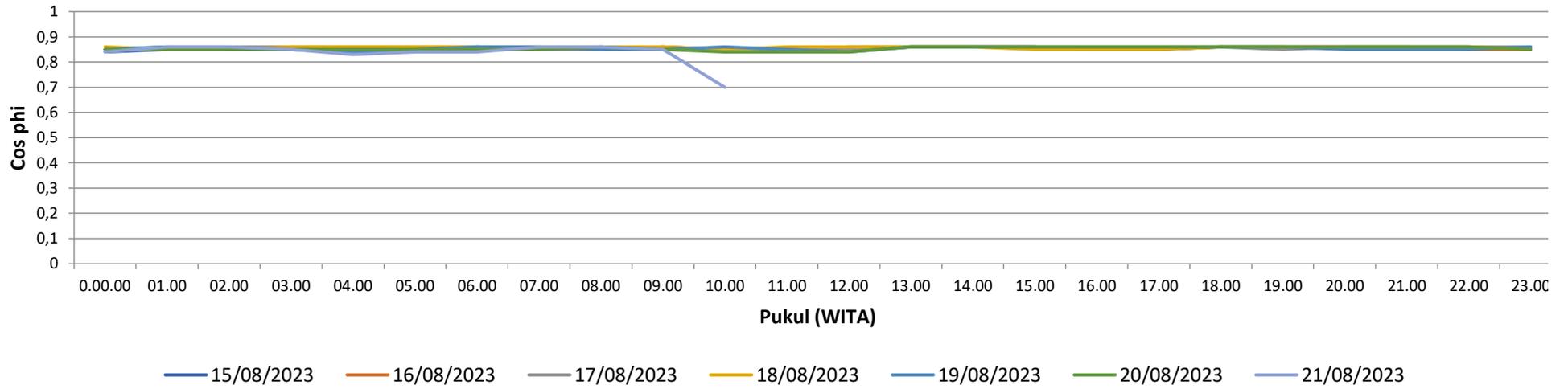
### Cos phi minggu kelima



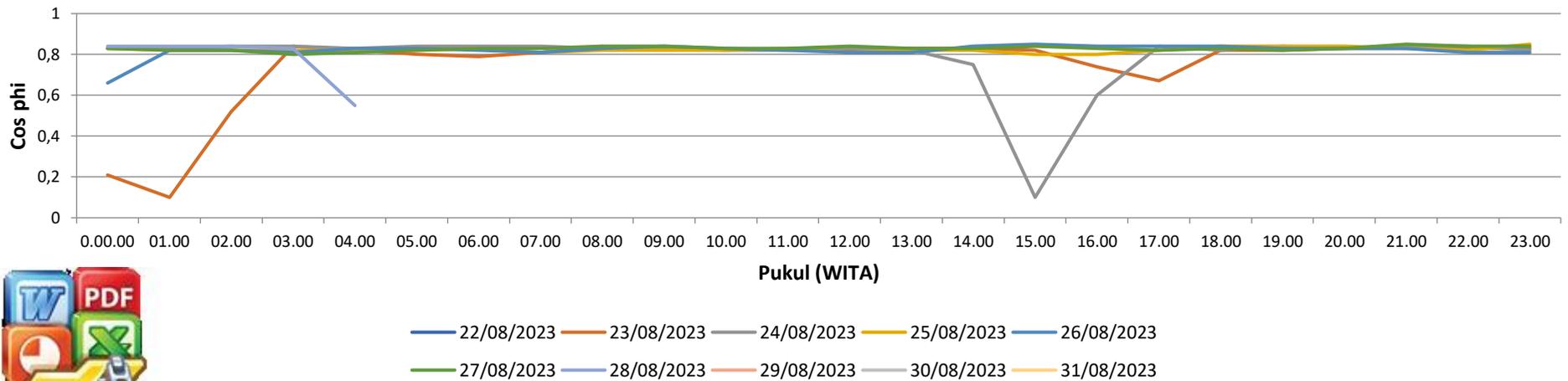
### Cos phi minggu keenam



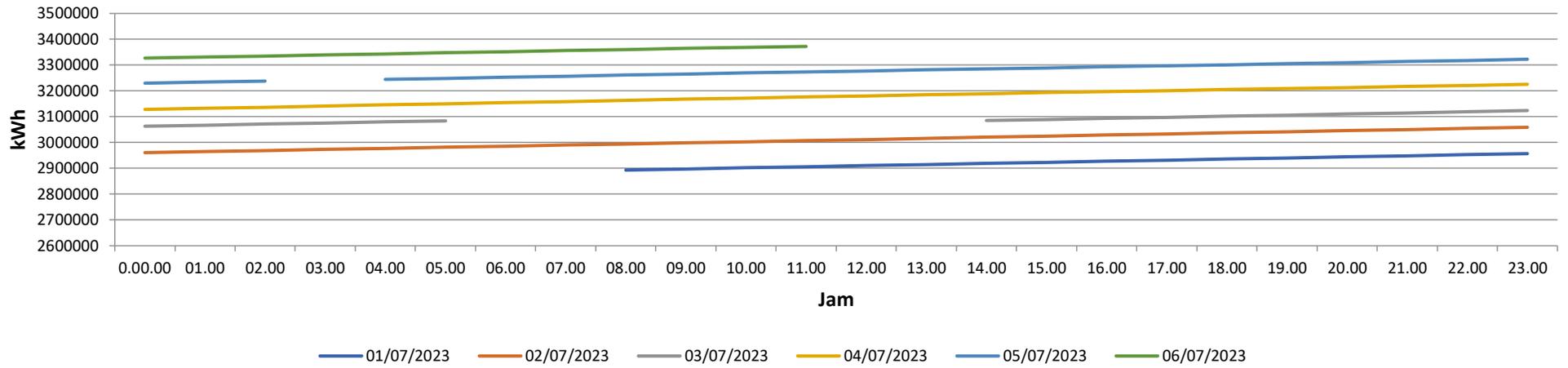
### Cos phi minggu ketujuh



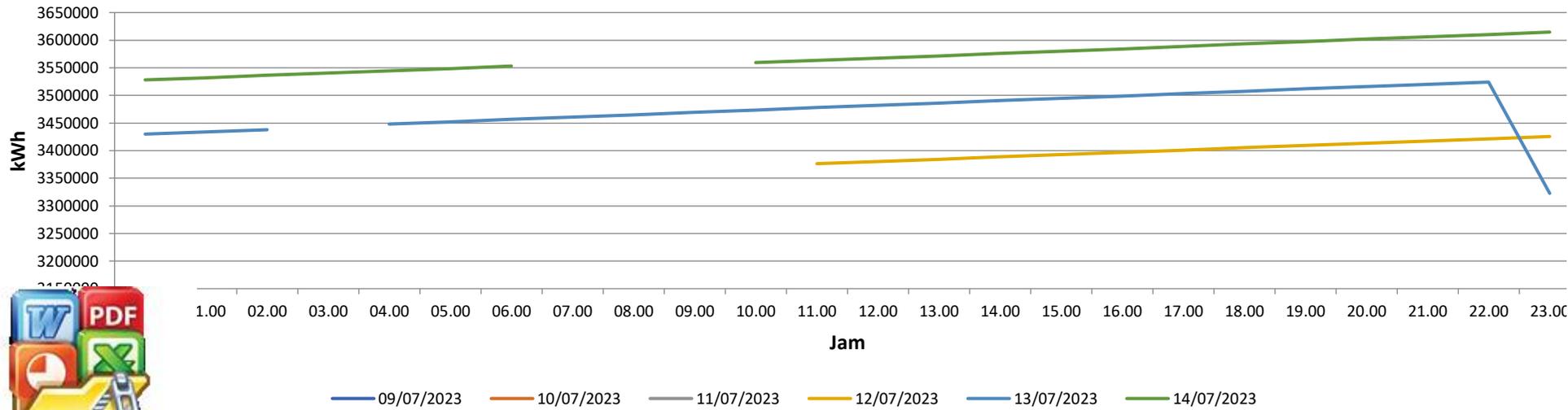
### Cos phi minggu kedelapan



### kWh minggu pertama



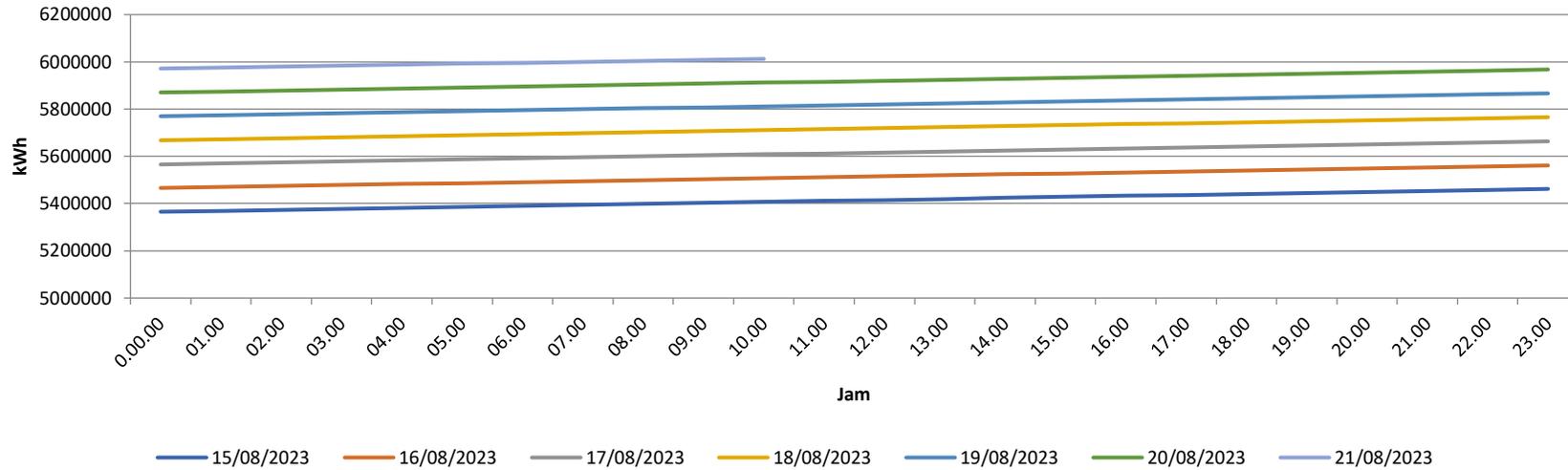
### kWh minggu kedua



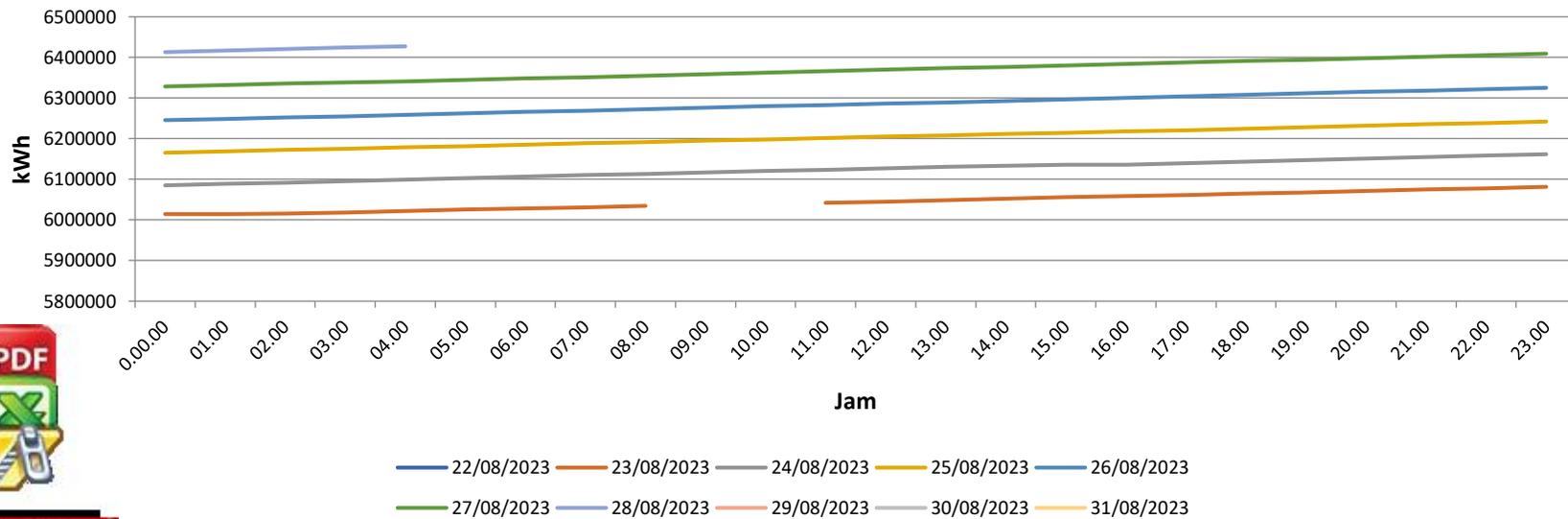




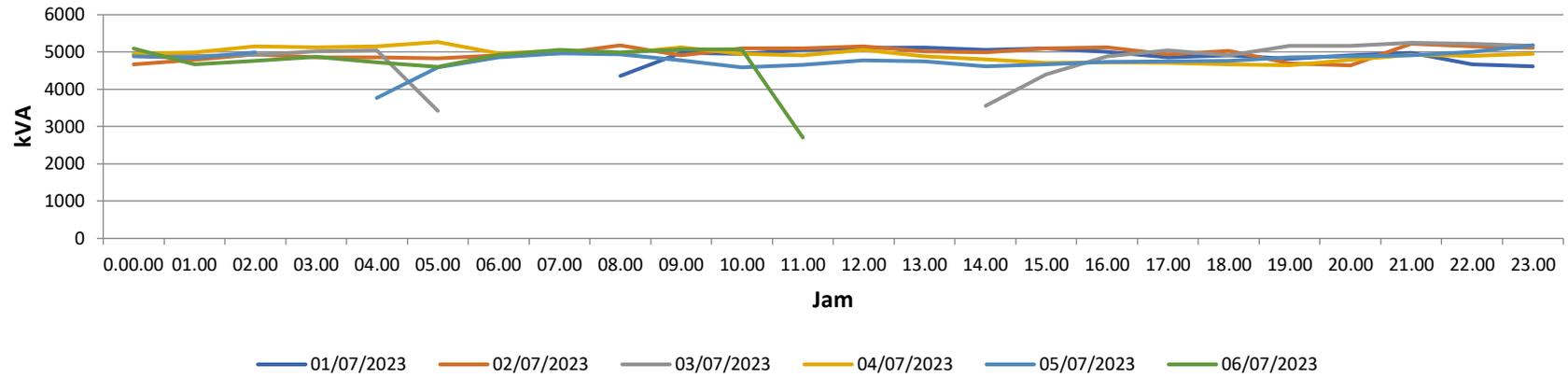
### kWh minggu ketujuh



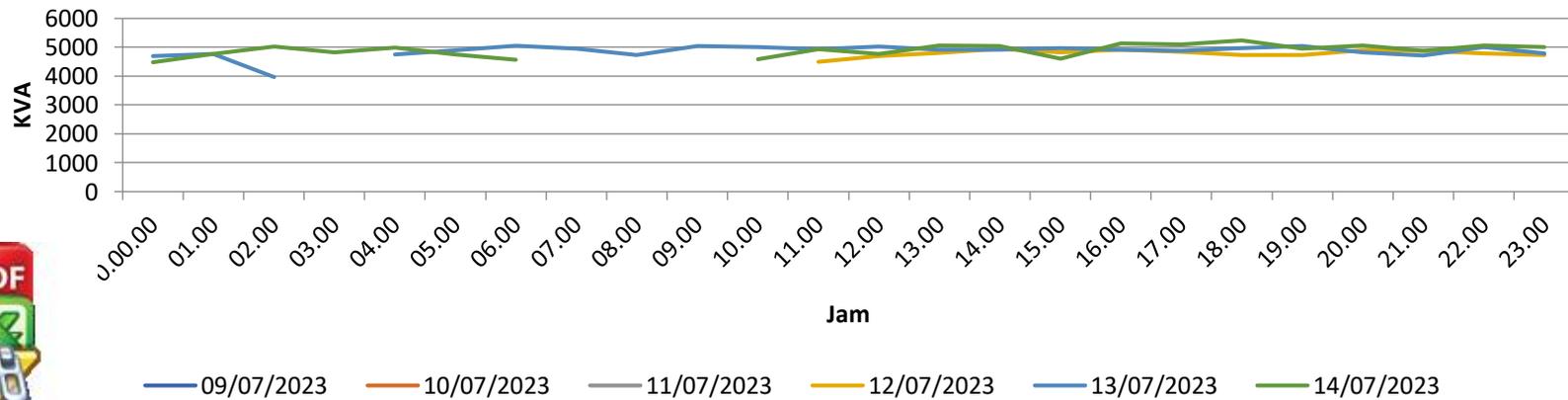
### kWh minggu kedelapan



### kVA minggu pertama

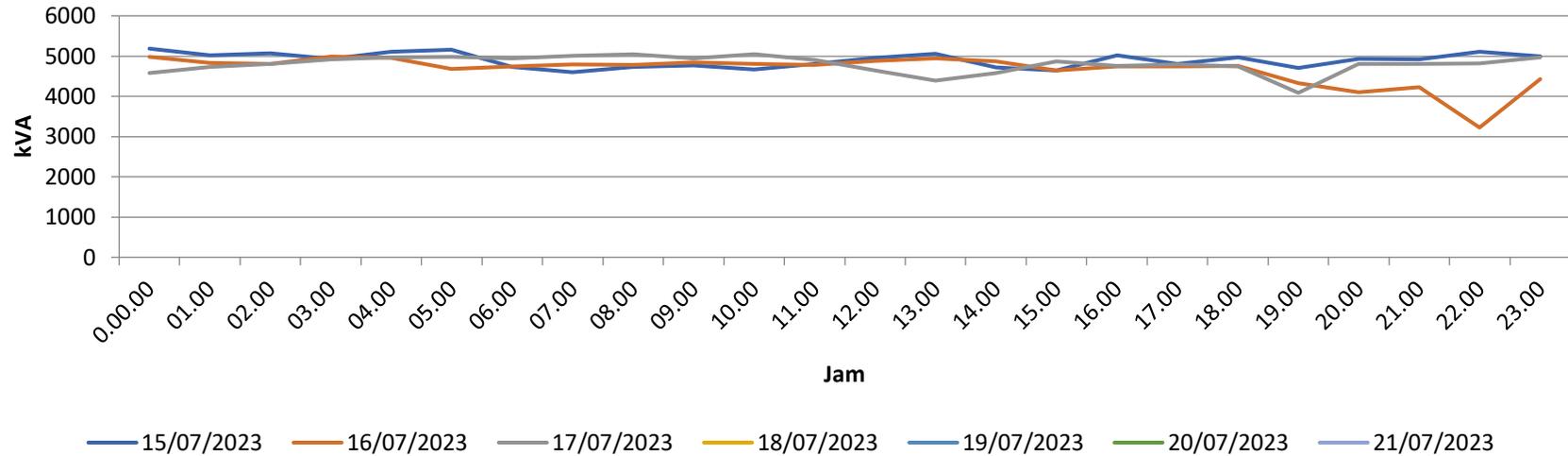


### kVA minggu kedua

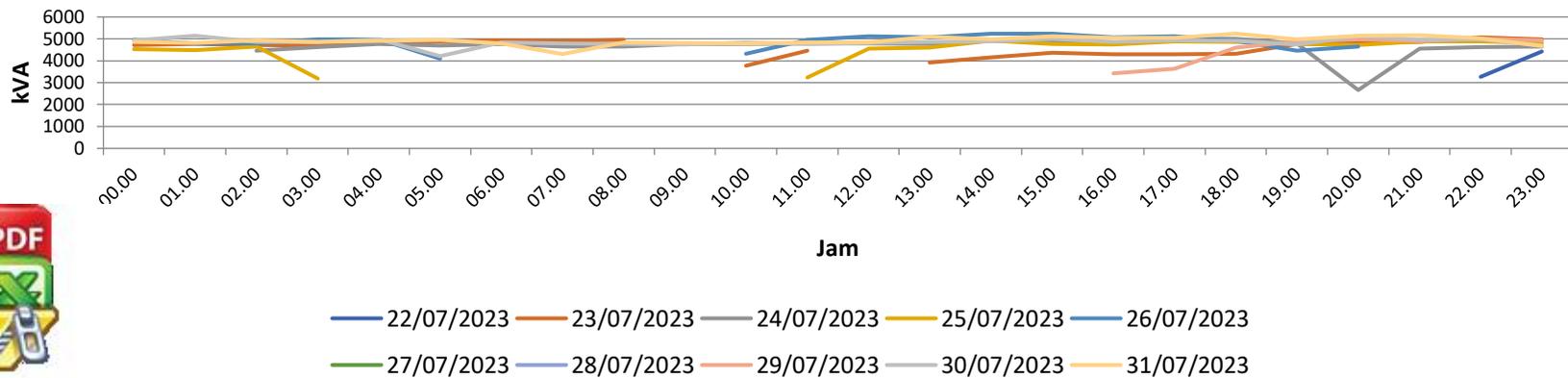


Optimized using trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

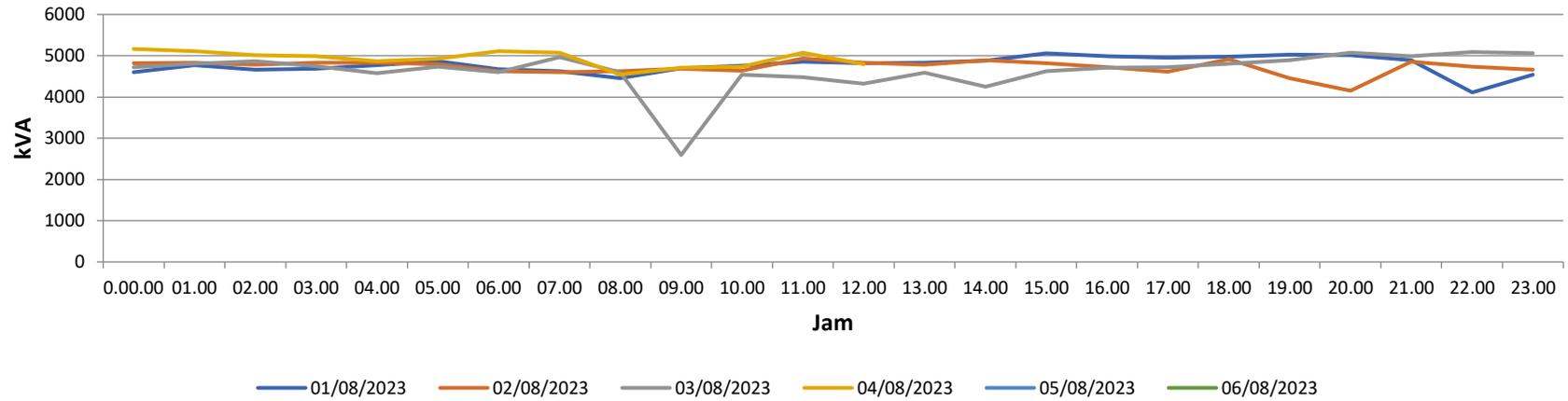
### kVA minggu ketiga



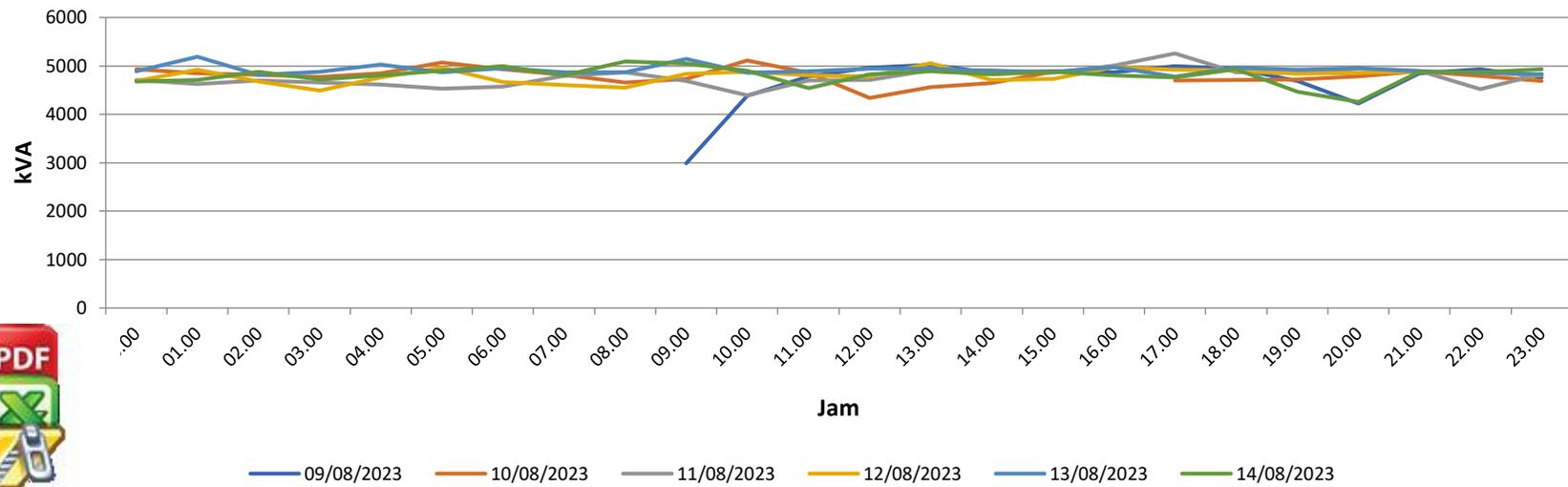
### kVA minggu keempat



### kVA minggu kelima

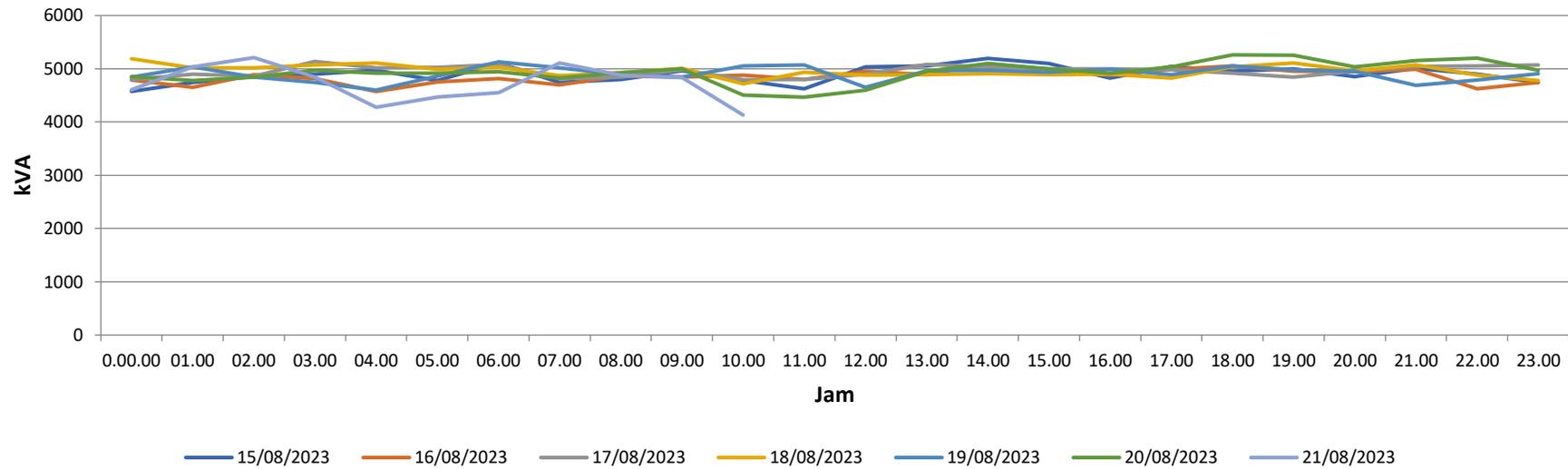


### kVA minggu keenam



Optimized using trial version [www.balesio.com](http://www.balesio.com)

### kVA minggu ketujuh



### kVA minggu kedelapan

