

**ANALISA EKONOMI PENGARUH PEMASANGAN
KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA
PADA RUMAH SAKIT NASIONAL DIPONEGORO
SEMARANG**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1) PADA PROGRAM
STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



Di susun oleh :

NOVITA AFRIANTI NASUTION

NIM : 30601601876

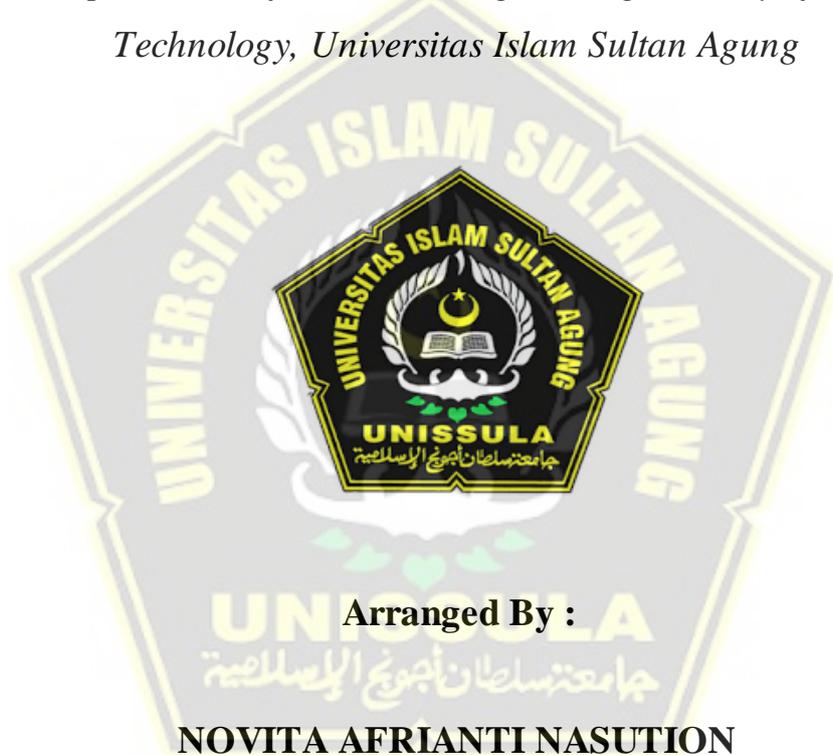
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

2021

FINAL PROJECT

***ECONOMIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF INSTALLATION
OF BANK CAPACTORS FOR IMPROVEMENT OF POWER
FACTORS AT DIPONEGORO NATIONAL HOSPITAL,
SEMARANG***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree
(SI) at Departement of Electrical Engineering, Faculty of Industrial
Technology, Universitas Islam Sultan Agung*



Arranged By :

NOVITA AFRIANTI NASUTION

NIM : 30601601876

**DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY TECHNOLOGY INDUSTRIAL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2021

LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan Judul “ANALISA EKONOMI PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA RUMAH SAKIT NASIONAL DIPONEGORO SEMARANG”

ini disusun oleh :

Nama : Novita Afianti Nasution
NIM : 30601601876
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :
Tanggal :

Pembimbing I



Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, MT.

NIDN.0618066301

Pembimbing II



Gunawan, ST., MT.

NIDN. 0607117101

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., MT.

NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA EKONOMI PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADARUMAH SAKIT NASIONAL DIPONEGORO SEMARANG” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji

Tanda Tangan

Agus Suprajitno, S.T, M.T.

NIDN : 0602047301

Ketua

Dedi Nugroho, ST., M.T.

NIDN : 0618066301

Penguji I

Ir. Ida Widihastuti M.T.

NIDN : 0005036501

Penguji II

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Novita Afrianti Nasution
NIM : 30601601876
Judul Tugas Akhir : ANALISA EKONOMI PENGARUH
PEMASANGAN KAPASITOR BANK UNTUK
PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA RUMAH
SAKIT NASIONAL DIPONEGORO
SEMARANG

Dengan demikian saya menyatakan bahwa judul dan isi dari tugas terakhir yang saya buat untuk rangka menyelesaikan Pendidikan tersebut adalah asli dan tidak pernah diangkat, disusun atau dipublikasikan oleh siapa pun, seluruhnya atau sampai tingkat tertentu.

Dan jika nanti terbukti bahwa judul Tugas Akhir yang saya buat pernah diangkat, disusun atau dipublikasikan, maka Saya bersedia dikenakan pada sanksi akademik sesuai peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan dengan penuh tanggung jawab.

Semarang, Desember 2021

Yang Menyatakan



1000
SEPULUH RIBU RUPIAH
TSL
20
METER
TEMPER
93E4CAJX582840297

Novita Afrianti Nasution

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Novita Afrianti Nasution

NIM : 30601601876

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Jl.Kasantaraji,Kel.Ujung Padang,Kec.Padangsidimpuan
Selatan, Kota. Padangsidimpuan

No. HP/Email : 085870072869/novitaafrianti@std.unissula.ac.id

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul: ANALISA EKONOMI PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA RUMAH SAKIT NASIONAL DIPONEGORO SEMARANG

Menyetujui menjadi milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non_Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, Desember 2021
Yang Menyatakan



Novita Afrianti Nasution

HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO

Motto

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

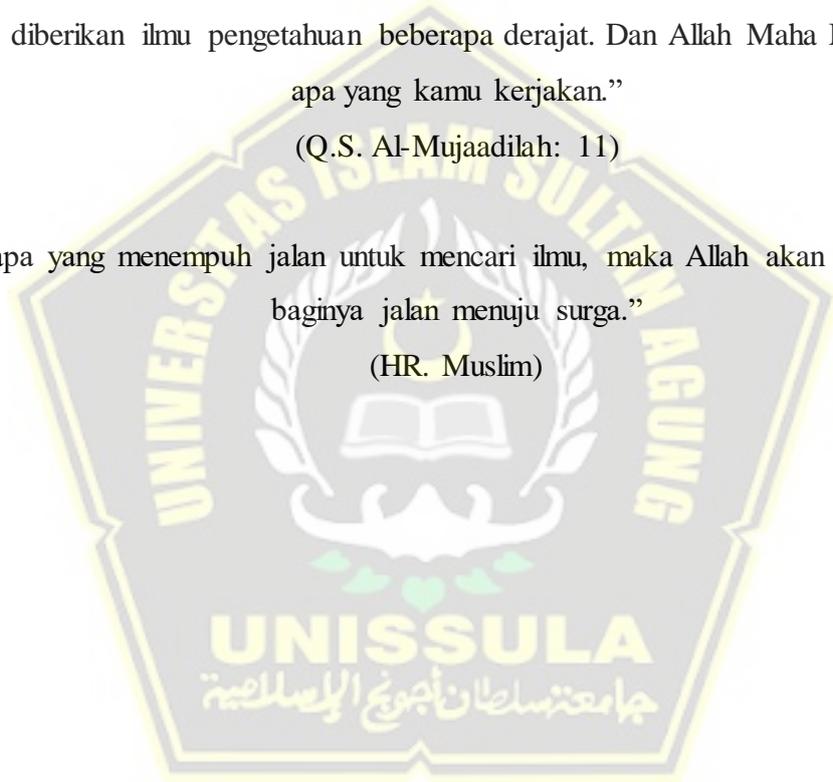
(Q.S. Asy-Syarah: 5)

“Dan apabila dikatakan kepadamu : Berdirilah kamu , maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberikan ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

(Q.S. Al-Mujaadilah: 11)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim)



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, karunia, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan penyusunan laporan ini. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, semoga kita semua atas izin Allah mendapat syafaatnya kelak di hari kiamat.

Tugas akhir dengan judul “ANALISA EKONOMI PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA RUMAH SAKIT NASIONAL DIPONEGORO SEMARANG” ini diajukan untuk memenuhi syarat akhir untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata 1 Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Adapun penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Novi Marlyana, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UNISSULA.
2. Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro UNISSULA.
3. Dr. Ir. H. Muhamad Haddin, M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir ini.
4. Gunawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir ini.
5. Segenap Dosen Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri UNISSULA.
6. Bapak Pardomuan Nst, Ibu Chairiyah Samosir, kakak Herlina A.N. Nst, abang Muda Rahmansyah Nst, kakak Sri Hartati Nst, kakak Ida Hafni Nst serta mas Tessa Dwi Surya yang selalu memberikan dorongan, memberikan semangat dan mendoakan untuk kesuksesan penulis.

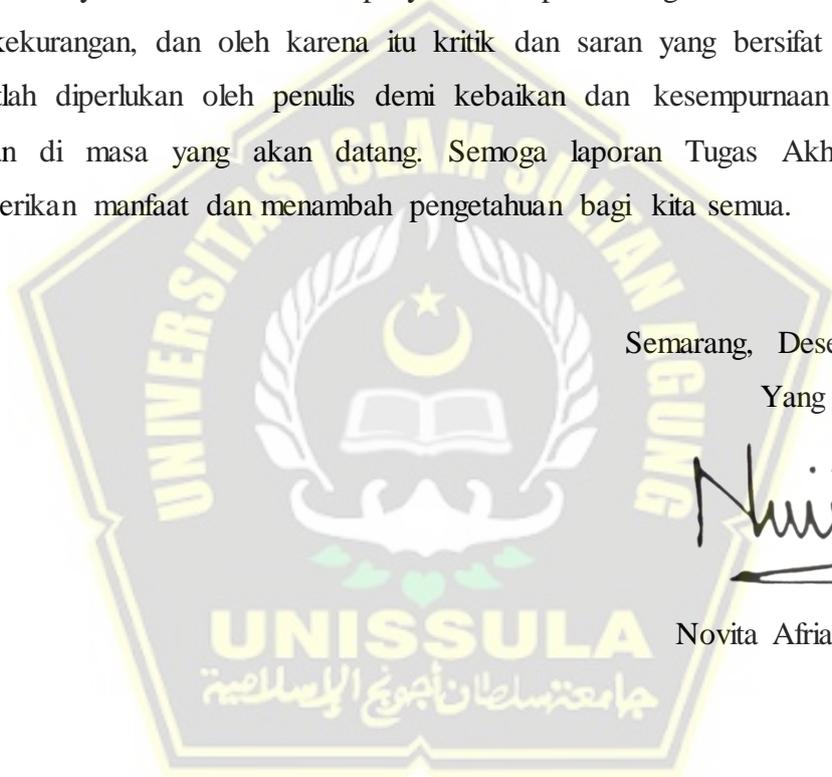
7. Kepada teman saya Irene Zulfa N.W, Malasari Harahap dan Satria Utomo yang banyak membantu, memberikan semangat dan dukungan selama penulis mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Kepada teman – teman seperjuangan Teknik Elektro 2016 yang senantiasa memberikan keceriaan, dukungan, semangat, dan doa.
9. Tidak lupa pula kepada semua pihak yang telah terlibat dan membantu, mendukung, dan mendoakan dalam penyusunan Tugas Akhir, yang tidak dapat penulis sebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan, dan oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah diperlukan oleh penulis demi kebaikan dan kesempurnaan penyusunan laporan di masa yang akan datang. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah pengetahuan bagi kita semua.

Semarang, Desember 2021
Yang Menyatakan



Novita Afrianti Nasution



Persembahan

Pertama,

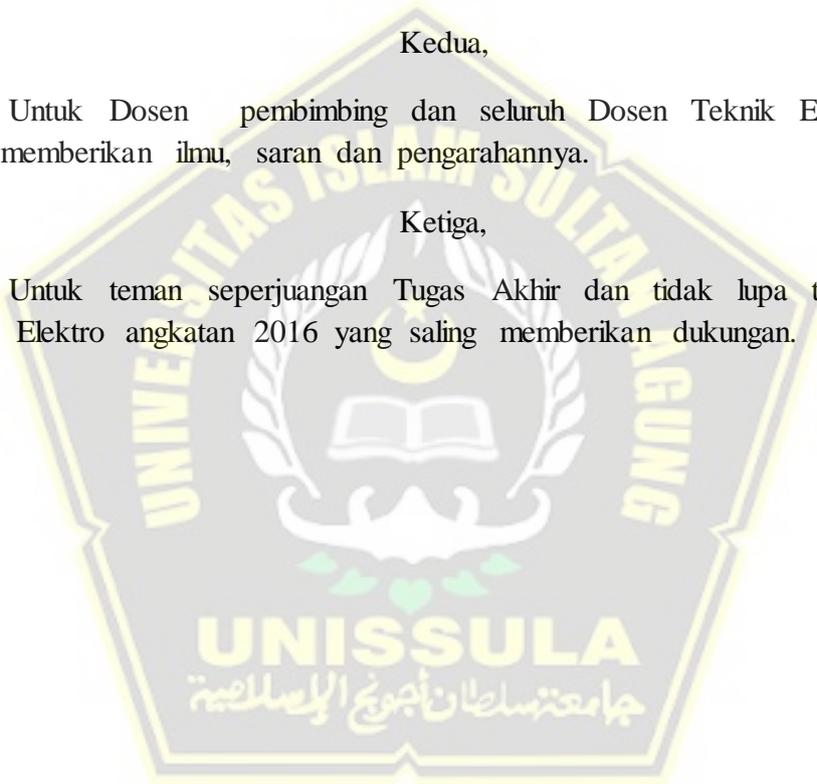
Tugas Akhir ini akan saya persembahkan kepada kedua orang tua saya yang sangat saya cintai (Bapak Pardomuan Nasution & Ibu Chairiyah Samosir) yang sudah membesarkan saya, memberikan dukungan dan menjadi motivasi hidup saya dalam menyelesaikan studi saya hingga saat ini. Dan juga kepada Kakak-kakak saya dan Abang saya yang sudah menyemangati saya, merupakan penunjang untuk dapat menyelesaikan perkuliahan.

Kedua,

Untuk Dosen pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan pengarahannya.

Ketiga,

Untuk teman seperjuangan Tugas Akhir dan tidak lupa teman-teman Teknik Elektro angkatan 2016 yang saling memberikan dukungan.



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO	iii
KATA PENGANTAR	vi
Persembahan.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	6
2.2.2. Sumber Tegangan AC	6
2.2.3. Daya Listrik [4]	6
2.2.4. Segitiga Daya	9
2.2.5. Faktor Daya (<i>Power Factor</i>).....	10
2.2.6. Penyebab Faktor Daya Rendah.....	12
2.2.7. Perbaikan Faktor Daya	13

2.2.8. Kapasitor Bank	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Model Penelitian.....	21
3.2. Obyek Penelitian	21
3.3. Alat dan Peralatan Peneltian	22
3.4. Tahapan Penelitian	22
3.4.1. Teknik Pengumpulan Data	22
3.4.2. Pengukuran	24
3.5. Flowchart	26
3.6. Tahapan Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Deskripsi Data Penelitian	29
4.2. Data Beban Rata-rata Perhari.....	29
4.2.1. Data pada <i>Main Distribution Panel</i> (MDP).....	30
4.3. Pembahasan.....	47
4.4. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya.....	54
4.4.1. Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap Fasa dan Rugi Energi	54
4.5. Penggunaan Kapasitor Bank	58
BAB V PENUTUP.....	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63
Data pada <i>Main Distribution Panel</i> (MDP).....	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kapasitor seri dan paralel	16
Tabel 4.1	Hari Selasa, 25 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	30
Tabel 4. 2	Arus, Rata- rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi.....	30
Tabel 4. 3	Hari Rabu, 26 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi.....	31
Tabel 4. 4	Arus, Rata-rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi.....	32
Tabel 4. 5	Hari Kamis, 27 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	32
Tabel 4. 6	Arus, Rata –rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi.....	33
Tabel 4. 7	Hari Jum’at, 28 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	33
Tabel 4. 8	Arus, Rata-rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi.....	34
Tabel 4. 9	Hari Sabtu, 29 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	35
Tabel 4. 10	Arus, Rata-rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu, dan Cos Phi.....	35
Tabel 4. 11	Nilai rata-rata setiap hari Tegangan, Daya Aktif 3 Phase, Daya Semu 3 Phase, dan Cos Phi.....	36
Tabel 4. 12	Nilai rata-rata Arus Per Phase, Daya Aktif Per Phase, Daya Semu Per Phase.....	36
Tabel 4.13	Data Hasil Perhitungan Nilai Cos Phi, dan Daya Semu.....	46
Tabel 4.14	Data Hasil Perhitungan Arus Daya Reaktif, dan Kompensasi Daya Reaktif	47
Tabel 4.15	Perhitungan Rugi-rugi Daya Sebelum Perbaikan.....	54
Tabel 4.16	Perhitungan Rugi – rugi Daya Setelah Perbaikan	55
Tabel 4.17	Rugi– rugi Daya Sebelum Perbaikan dan Setelah Perbaikan.....	55
Tabel 4.18	Tarif Dasar Listrik PLN 2021.....	57
Tabel 4. 19	Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	63
Tabel 4. 20	Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	63
Tabel 4. 21	Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	64
Tabel 4. 22	Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	65
Tabel 4. 23	Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arah Aliran Arus Listrik.....	7
Gambar 2.2	Segitiga Daya.....	9
Gambar 2.3	Segitiga Daya.....	9
Gambar 2.4	Arus mendahului Tegangan sebesar sudut ϕ	11
Gambar 2.5	Arus Tertinggal dari Tegangan Sebesar Sudut \emptyset	12
Gambar 2.6	Arus Sephasa Dengan Tegangan	12
Gambar 2.7	Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor	14
Gambar 2.8	Simbol Kapasitor Tetap	17
Gambar 2.9	Simbol Trimer.....	17
Gambar 2.10	Simbol Varco	18
Gambar 3.1	Single Line Diagram LVMDP.....	21
Gambar 3.2	Alat ukur Clam On Power	25
Gambar 3.3	Flowchart Penelitian.....	26
Gambar 4.1	Grafik Nilai Daya Aktif	49
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Nilai Cos Phi	50
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Nilai Daya Semu (S).....	51
Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Nilai Arus (I_R)	51
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Nilai Arus (I_S).....	52
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Nilai Arus (I_T).....	52
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Nilai Daya Reaktif.....	53
Gambar 4.8	Grafik Kompensasi Daya Reaktif Qc	53
Gambar 4.9	Grafik Perhitungan Nilai Rugi – rugi Daya.....	56
Gambar 4.10	Grafik Perhitungan Nilai Rugi Energi	56

ABSTRAK

Rumah Sakit Nasional Diponegoro mempunyai beban listrik dan beban induktif pada sistem kelistrikannya. Permasalahan kelistrikan yang timbul antara lain nilai dari beban induktif yang semakin tinggi dan dapat menyebabkan manurunya nilai faktor daya. Nilai faktor daya sendiri yaitu rata-rata 0,81, dan ini tidak sesuai dengan standar ketentuan PLN. Solusi terhadap permasalahan tersebut adalah dengan perbaikan faktor daya pada sistem kelistrikannya dan melakukan perhitungan pada daya reaktif yang dikompensasi. Perlu dilakukan tahap-tahapan tersebut diharapkan kualitas daya listrik meningkat karena pemasangan kapasitor bank.

Penelitian ini membahas tentang Analisa dan Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang. Model yang digunakan adalah Single Line Diagram Rumah Sakit Nasional Diponegoro yang merupakan gambaran skema pemodelan pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro yang digunakan sebagai cara dalam melakukan perhitungan maupun mencari nilai-nilai yang telah di tentukan. Metode perbaikan yang dilakukan ialah dengan analisa perhitungan.

Hasil menunjukkan bahwa nilai awal rata-rata $\cos \phi$ didapatkan nilai $<0,85$, sedangkan nilai rata-rata $\cos \phi$ standart ketentuan PLN, adalah 0,85 sampai 1. Hasil yang didapat dari pengukuran dan perhitungan menunjukkan bahwa penulis mampu memperbaiki faktor daya menjadi 0,95. Nilai rata-rata $\cos \phi$ di RSND sebesar 0,81 dan nilai $\cos \phi$ naik menjadi 0,95 setelah adanya perbaikan.

Kata Kunci: Perbaikan Faktor Daya, Cos Phi,RSND

ABSTRACT

Diponegoro National Hospital has an electrical load and an inductive load on its electrical system. Electrical problems that arise include the value of the inductive load which is getting higher and can cause a decrease in the value of the power factor. The power factor value itself is an average of 0.81, and this is not in accordance with the standard provisions of PLN. The solution to this problem is to improve the power factor of the electrical system and calculate the compensated reactive power. It is necessary to carry out these stages, it is hoped that the quality of electric power will increase due to the installation of a capacitor bank.

This study discusses the analysis and influence of the installation of bank capacitors for power factor improvement at the Diponegoro National Hospital, Semarang. The model used is the Single Line Diagram of the Diponegoro National Hospital which is an illustration of the modeling scheme at the Diponegoro National Hospital which is used as a way of doing calculations and looking for predetermined values. The method of improvement carried out is by calculation analysis.

The results show that the initial average value of \cos is < 0.85 , while the average value of \cos of the PLN standard is 0.85 to 1. The results obtained from measurements and calculations show that the author is able to improve the power factor to be 0.95. The average value of \cos in RSND is 0.81 and the value of \cos increases to 0.95 after improvement.

Keywords: Power Factor, Cos Phi, RSND

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur distribusi tenaga listrik digunakan untuk melayani beban seperti motor listrik, trafo dan peralatan listrik lainnya dimana beban tersebut mengandung kumparan (induktor). Induktor adalah komponen yang menyerap energi listrik untuk tujuan magnetisasi, dan energi listrik disebut daya reaktif. Beban dikatakan induktif jika membutuhkan daya reaktif dan kapasitif jika menghasilkan daya reaktif. Ketika beban induktif meningkat, daya reaktifnya besar, sehingga sumber (pembangkit listrik) harus menyediakan kapasitas yang lebih besar. Hal ini dapat menyebabkan penurunan tegangan, peningkatan arus listrik jaringan, dan faktor daya yang rendah di dekat beban. [1].

Pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang terdapat beban listrik dan beban induktif pada sistem kelistrikannya. Daya harus didistribusikan ketika melayani beban seperti motor listrik dan peralatan lainnya. Rumah Sakit Nasional Diponegoro memiliki trafo kapasitasnya 2000 kVA dan pemakaiannya sebesar 1730 kVA. Dan telah dipasang kapasitor bank dan ada penambahan beban maka faktor dayanya menjadi turun oleh karena itu kapasitor bank boleh ditinjau kembali. Nilai faktor daya rata-ratanya yaitu 0,81 dan tidak sesuai dengan standar PLN. Masalah yang ditimbulkan oleh beban induktif yang digunakan secara terus menerus menyebabkan nilai beban induktif akan lebih tinggi dan nilai faktor daya akan menurun.

Solusi latar belakang tersebut, ada beberapa cara efektif untuk mendapatkan nilai ideal dalam sistem tenaga listrik, salah satunya adalah dengan pemasangan bank kapasitor, yang artinya untuk lebih mengembangkan faktor daya dalam penataan tenaga listrik Rumah Sakit

Nasional Diponegoro. Untuk mengurangi biaya tagihan listrik karena kebutuhan daya reaktif yang dihasilkan dari beban induktif.

Berdasarkan gambaran tersebut, Tugas Akhir ini berisi tentang Analisa Ekonomi Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Fadktor Daya Pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana memperbaiki nilai faktor daya pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro
2. Apakah penempatan kapasitor bank pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang dapat mengurangi nilai rugi daya dan jatuh tegangan?
3. Metode apa yang dipakai untuk pemasangan kapasitor variabel?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dikerjakan dengan fokus dan teliti maka penulis melihat permasalahan penelitian yang diajukan perlu dibatasi variabelnya. Maka dari itu, penulis membuat batasan masalahnya seperti berikut :

1. Model penelitian ini menggunakan analisis aritmatika.
2. Kapasitor yang digunakan merupakan variable capasitor.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari laporan Tugas Akhir ini adalah :

1. Memperbaiki nilai faktor daya pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang.

2. Meminimalisir nilai rugi daya dan nilai jatuh tegangan pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang
3. Mengetahui pengaruh nilai faktor daya sebelum dipasang kapasitor bank dan sesudah menggunakan kapasitor bank.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi mahasiswa, dapat digunakan sebagai referensi dan juga bisa untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan.
2. Memberi pengetahuan pengaruh penggunaan kapasitor bank itu sendiri

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini terbagi menjadi 5 bab, dengan masing-masing bab berisi :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKAN DAN LANDASAN TEORI

Tinjauan pustaka dan uraian tentang alasan yang diperlukan untuk menyelesaikan rancangan akhir masalah dan, jika perlu, merumuskan hipotesis, berdasarkan berbagai referensi yang digunakan sebagai dasar penelitian yang dilakukan.

BAB III : METODELOGI PENELITIAN

Deskripsi metodologi penelitian, termasuk waktu dan lokasi penelitian, dan data untuk setiap komponen yang digunakan dalam studi akhir proyek.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi tentang perhitungan daya nyata, daya semu, daya semu, cophi dan kompensasi daya reaktif.

BAB V : PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan dari pembahasan mengenai penelitian tugas akhir dan saran yang dapat dikembangkan lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka ini bermanfaat sebagai pemeriksaan eksplorasi yang telah diselesaikan oleh pihak lain dengan pemeriksaan yang akan diselesaikan atau eksplorasi yang bersangkutan. Beberapa pemeriksaan telah dipimpin pada dampak bank kapasitor, antara lain sebagai berikut

- a) Analisis dan simulasi pengaruh pemasangan kapasitor bank terhadap peningkatan faktor daya menggunakan Simulink pada sistem tenaga PT. Bogowon Trazy [1]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitor bank dapat memperbaiki faktor daya, dan hasil simulasi menunjukkan bahwa kapasitor bank memiliki faktor daya yang lebih rendah sebelum dipasang.
- b) Analisis kelayakan pemasangan kapasitor bank pada stasiun distribusi untuk pemeliharaan di PT. EPI (Indonesian Port Energy) Cabang Pontianak [2]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi koefisien, semakin sedikit daya reaktif yang diserap oleh beban untuk menghemat biaya penalti daya reaktif yang berlebihan, berdasarkan perhitungan perbaikan faktor daya pada beban. Termasuk kapasitor bank
- c) Analisis perbaikan faktor daya untuk menghemat biaya daya [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi listrik dipengaruhi oleh jenis beban yang digunakan. Beban memiliki karakteristik ohmik, induktif, dan kapasitif. Karakteristik ini mempengaruhi sistem kelistrikan, faktor daya. Semakin tinggi faktor daya (daya aktif), semakin baik sistem kelistrikan dan sebaliknya. Oleh karena itu, jika sistem memiliki faktor daya rendah (daya reaktif tinggi), PLN akan menyediakan beban tol sendiri dan kapasitor harus digunakan untuk memperbaiki faktor daya.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik sangat penting bagi sistem tenaga listrik. Sistem distribusi tenaga listrik ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik ke pelanggan dari sumber listrik yang besar (*Bulk Power Source*). Kapasitas sirkulasi tenaga listrik adalah pengaturan atau pendistribusian tenaga listrik sebagai subframe tenaga listrik dengan beberapa titik (pelanggan) berdasarkan suplai daya beban utama (konsumen) yang disuplai langsung melalui transportasi dan langsung dapat diidentifikasi dengan organisasi pengangkut.

2.2.2. Sumber Tegangan AC

Arus bolak-balik (*Alternating Current*) merupakan daya yang besar dan arahnya selalu berubah-ubah. Arus bolak-balik menghasilkan gelombang yang disebut gelombang sinus atau gelombang sinus. Di Indonesia, gaya rotasi diterapkan pada tingkat pengulangan 50 Hz. Tegangan AC catu daya lama terutama diatur dalam loop 50/60Hz, yaitu 110-220V untuk daya keluarga dan 220-380V untuk penggunaan yang lebih baru.

2.2.3. Daya Listrik [4]

Daya adalah energi yang diperlukan untuk bekerja. Daya dalam suatu sistem tenaga listrik mempunyai satuan Watt, yang merupakan perkalian dari tegangan (*volt*) dan arus (*ampere*). Jadi, besarnya daya dapat ditentukan dengan persamaan: (2.1).

$$P = V \times I \quad (2.1)$$

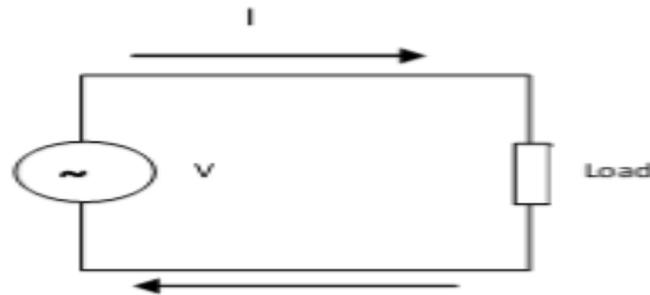
dengan:

P = daya (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Arah aliran arus listrik ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Arah Aliran Arus Listrik

Ada tiga jenis gaya dalam sistem tenaga listrik: daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Persamaan (2.2) dan (2.3) digunakan untuk menghitung ketiga gaya tersebut.

a. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya normal dibandingkan dengan daya aktual yang ditransmisikan atau dikonsumsi oleh stack. Beberapa contoh daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, dan cahaya, dan daya aktif dinyatakan dalam watt (W). Oleh karena itu, persamaan daya aktif dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2) dan (2.3).

$$P = V \times I_N \times \cos \varphi \text{ (1 fasa)} \quad (2.2)$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I_L \times \cos \varphi \text{ (3 fasa)} \quad (2.3)$$

dengan :

P = Daya aktif (watt)

Cos φ = Faktor daya

$V \cdot I_N$ = Tegangan line to netral

$V \cdot I_L$ = Tegangan line to line

b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah ukuran gaya yang diperlukan untuk menciptakan medan magnet. Sebuah fluks medan magnet dibuat di lokasi medan magnet. Contoh gaya yang menyebabkan respons daya

antara lain transformator, motor, dan lampu pijar. Karena reaktivitas diukur dalam satuan *Volt Ampere Reactive* (VAR), persamaan daya reaktif dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) dan (2.5).

$$Q = V \times I_N \times \sin\phi \text{ (1 phasa)} \quad (2.4)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I_L \times \sin\phi \text{ (3 phasa)} \quad (2.5)$$

dengan:

$$Q = \text{Daya Reaktif (VAR)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$V \cdot I_N = \text{Tegangan line to netral}$$

$$V \cdot I_L = \text{Tegangan line to line}$$

c. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh aksi tegangan dan arus dalam jaringan, atau daya yang dihasilkan sebagai produk sampingan dari jumlah matematis daya dinamis dan daya reaktif. Daya semu adalah daya yang dihamburkan oleh sumber AC atau dihamburkan oleh beban. Satuan daya semu adalah volt-ampere (VA). Oleh karena itu, persamaan daya semu dapat dihitung menggunakan persamaan (2.6).

$$S = V \times I \quad (2.6)$$

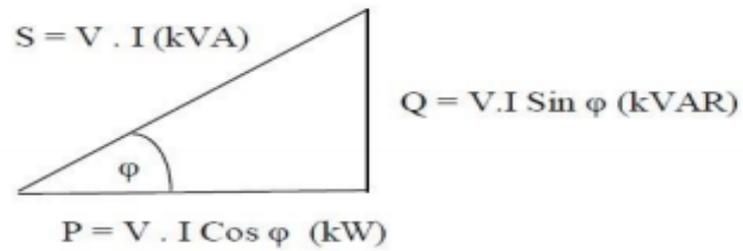
dengan:

$$S = \text{Daya Semu (VA)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

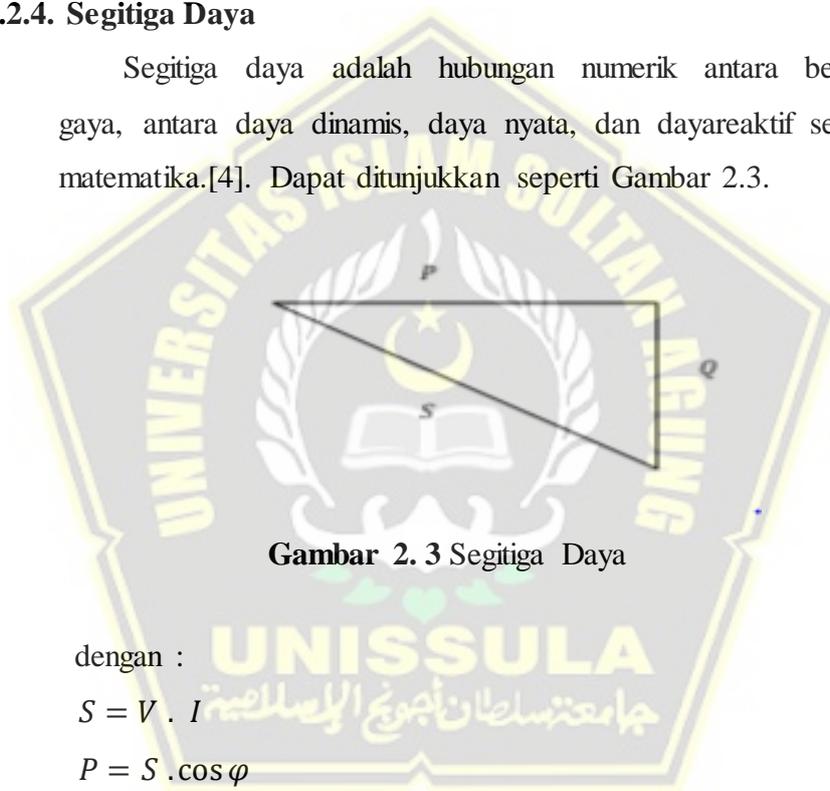
Hubungan dari ketiga daya diatas disebut sistem segitiga daya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Segitiga Daya

2.2.4. Segitiga Daya

Segitiga daya adalah hubungan numerik antara berbagai jenis gaya, antara daya dinamis, daya nyata, dan dayareaktif sesuai standar matematika.[4]. Dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Segitiga Daya

dengan :

$$S = V \cdot I$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

(2.7)

2.2.5. Faktor Daya (*Power Factor*)

Korelasi nilai antara daya dinamis dan daya reaktif *Alternating Current* (AC) yang digunakan, atau perbedaan fasa antara tegangan dan arus, disebut faktor daya. Faktor daya dapat diperoleh dari persamaan (2.8).

$$\begin{aligned} \text{faktor daya} &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \\ &= \frac{V I \cos \varphi}{V I} \\ &= \cos \varphi \end{aligned} \quad (2.8)$$

Faktor daya adalah nilai yang menunjukkan efisiensi distribusi daya yang digunakan. Nilai yang mendekati 1 dianggap PF baik, dan nilai yang mendekati 0 dianggap buruk. PF yang salah menyebabkan sistem menghasilkan lebih banyak daya untuk memenuhi daya yang sebenarnya. Nilai faktor daya yang rendah merupakan akibat dari beban induktif akibat motor induksi dan perangkat lain yang memerlukan arus magnetisasi aktif.

Beban listrik memiliki sifat-sifat yang dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, antara lain:

a. Beban resistif

Beban resistif merupakan suatu resistor murni, contoh : lampu pijar, pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif sama sekali, sehingga tegangannya se-fasa dengan arus [5].

b. Beban induktif

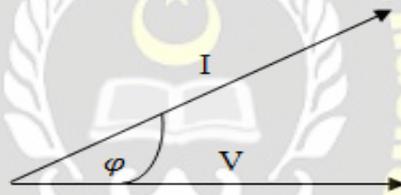
Beban induktif merupakan beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti, biasanya terdapat pada inti besi, contoh : motor-motor listrik, induktor, AC dan juga transformator. Beban ini tidak mengkonsumsi daya nyata sedikitpun, beban induktif hanya memakai daya reaktif saja. Beban induktif dikenal sebagai arus tertinggal tegangan (*lagging*). [5].

c. Beban kapasitif

Sebuah beban yang berisi rangkaian kapasitor kapasitif disebut beban kapasitif. Contoh: Kapasitor, beban ini memiliki faktor daya arus 01 yang menyerap daya aktif (kW) dan menghasilkan daya reaktif (kVAR). Pada beban ini, arus mendahului tegangan (*leading*) sejauh 90 derajat.[5].

Pada rangka tegangan induk, terdapat 3 macam faktor daya, antara lain faktor daya utama serta faktor daya *unity* yang ditemukan oleh jenis beban pada sistem.

1. *Leading power factor* adalah jenis faktor daya yang biasanya dapat dipengaruhi oleh kondisi beban ketika tegangan digunakan sebagai dasar untuk mempertahankan kondisi leading atau trailing. Faktor daya utama adalah kondisi di mana arus mendahului tegangan dan beban memberikan daya reaktif [5].

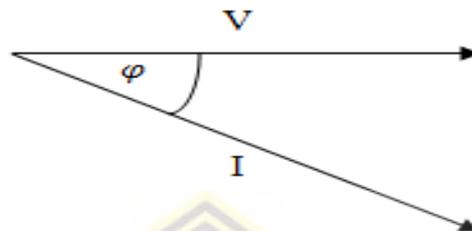


Gambar 2.4 Arus mendahului Tegangan sebesar sudut ϕ

Menurut Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa jika nilai arus mendahului nilai tegangan maka daya aktif dan daya semu yaitu beban akan memberikan daya reaktif ke sistem

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 arus tertinggal oleh tegangan nol yang menyebabkan beban menyerap daya reaktif [5]. Dan ditunjukkan pada Gambar 2.5
3. Faktor daya tertinggal (*lagging*) bisa dipengaruhi oleh kondisi beban, dimana tegangan akan dijadikan sebagai referensi untuk

menentukan kondisi leading atau lagging. Faktor daya tertinggal (lagging) adalah kondisi dimana arus akan tertinggal oleh tegangan sebesar θ yang menyebabkan beban akan menyerap daya reaktif [5]. Dan ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arus Tertinggal dari Tegangan Sebesar Sudut θ

Berdasarkan Gambar 2.5 dapat dilihat jika arus yang tertinggal dari tegangan, maka daya reaktif akan mendahului daya semu, sehingga beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem:

4. Faktor daya *unity* merupakan kondisi dimana besarnya nilai $\cos \theta = 1$, dan tegangan berada pada fasa dengan arus (sephasa), terjadinya factor daya *unity* diakibatkan jika beban bersifat resistif murni [5]. Dan ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Arus Sephase Dengan Tegangan

Berdasarkan Gambar 2.6 terlihat nilai $\cos \theta$ sama dengan 1, yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

2.2.6. Penyebab Faktor Daya Rendah

Faktor daya rendah dihasilkan oleh perangkat keras seperti penerima. Secara khusus, ini diproduksi pada beban rendah pada

equalizer pemancar cahaya dan tukang las kurva listrik faktor daya rendah yang memerlukan fluks polarisasi reseptif untuk gerakan. Medan magnet yang menarik dari magnet ini membutuhkan arus yang tidak melakukan pekerjaan mekanis atau pekerjaan yang berguna untuk menghasilkan panas, tetapi hanya sebagai generator medan magnet. Pada faktor daya rendah, arus dan tegangan berbanding terbalik, sehingga replikasi menghasilkan daya dalam volt-ampere (VA), bukan watt (W).

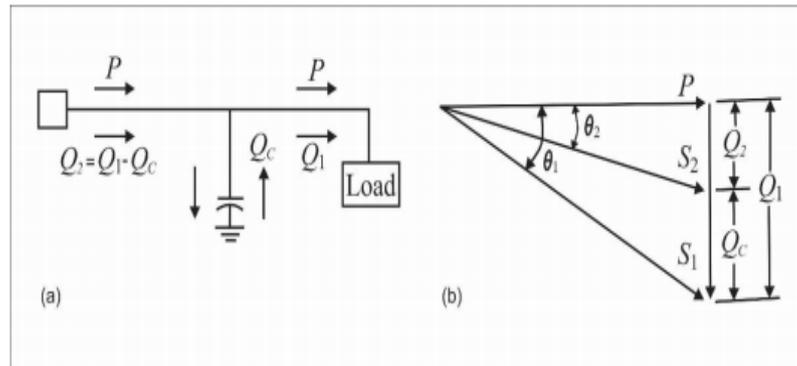
Ketika beban induktif dari kerangka daya meningkat, nilai faktor daya (PF) dari proses transportasi energi dapat menurun. Pengurangan faktor daya (PF) ini dapat menyebabkan banyak kecelakaan, termasuk:

1. Mutu listrik menjadi rendah karena adanya drop tegangan
2. Kembangkan persyaratan untuk kVA.
3. Memperbesar rugi-rugi panas kawat dan peralatan
4. Penurunan Efisiensi penyaluran daya

Karena pembenaran ketidakbahagiaan yang disebabkan oleh penurunan faktor yang mempengaruhi (PF), perusahaan utilitas PT. PLN memberlakukan penalti VAR untuk membujuk pembeli menaikkan faktor daya agar tetap optimal.

2.2.7. Perbaikan Faktor Daya

Komponen energi harus dapat diperluas dengan memasukkan bank kapasitor ke dalam jaringan, dan karena kapasitor memiliki sifat normal untuk mengakumulasi muatan listrik ketika arus mengalir, muatan listrik yang terakumulasi menginduksi tegangan. Beban yang terkumpul sangat sensitif. Jadi, kapan pun suatu organisasi membutuhkan daya, kapasitor dapat berfungsi sebagai penguat untuk jaringan yang rentan. Selain itu, dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor

Perbaikan faktor daya juga dapat dilakukan dengan metode perhitungan segitiga daya, dengan persamaan (2.8), (2.9), dan (2.10).

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} \quad (2.8)$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} \quad (2.9)$$

$$Q_3 = Q_1 - Q_2 \quad (2.10)$$

Untuk menentukan nilai kapasitor bank dari setiap stepnya maka dapat dilakukan dengan perhitungan seperti persamaan (2.11).

$$Q_{step} = \frac{Q_c (total)}{jumlah\ step} \quad (2.11)$$

Kemudian untuk mengetahui nilai dari kapasitor dapat menggunakan persamaan (2.12).

$$C = \frac{Q}{-V^2 \times 2 \pi F} \quad (2.12)$$

Ada beberapa manfaat mengembangkan faktor daya lebih lanjut, yaitu:

1. Konsumsi daya menurun.
2. Kehilangan tegangan rendah.
3. Pengaturan tegangan yang lebih baik

2.2.8. Kapasitor Bank

Kapasitor dalam rangkaian elektronik adalah singkatan dari "C". Kapasitor bank ini merupakan suatu alat listrik dengan sifat kapasitif yang terdiri dari sekumpulan kapasitor yang dihubungkan secara seri untuk mencapai suatu batas kapasitas tertentu. Meskipun kapasitor sebenarnya mendaftarkan kapasitansi, khususnya farad (F) atau mikrofard (μF), batas yang umum digunakan adalah kvar (kilovolt-ampere reaktif). Kapasitor yang digunakan untuk meningkatkan faktor daya diperkenalkan tergantung pada rangkaian beban.

Ada dua cara untuk memasang kapasitor, yaitu 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 dan kekurangan masing-masing. Kapasitor seri memiliki aspek kerugian tertentu. Pada umumnya biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi daripada biaya pemasangan kapasitor shunt. Ini karena peralatan pelindung kapasitor seri seringkali lebih kompleks. Juga, kapasitor seri biasanya dinilai untuk daya yang lebih besar daripada kapasitor shunt untuk menahan pengembangan beban selanjutnya. [4].

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan kapasitor bypass dan kapasitor seri ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kapasitor seri dan paralel

No	Tujuan	Pilihan	
		Kapasitor Seri	Kapasitor Paralel
1	Koreksi faktor daya	Kedua	Pertama
2	Koreksi tegangan bus di jaringan	Pertama	Kedua
3	Koreksi tegangan saluran udara faktor daya tinggi	Tidak dipakai	Pertama
4	Koreksi tegangan jaringan luar jaringan faktor daya normal dan faktor daya rendah	Pertama	Tidak dipakai
5	Koreksi tegangan bawah tanah saluran tegangan tinggi	Tidak dipakai	Tidak dipakai
6	koreksi tegangan sistem Mengurangi kehilangan daya	Kedua	Pertama
7	Mengurangi aliran tegangan	Pertama	Kedua

1. Kapasitansi Kapasitor

Kapasitor kapasitansi dicirikan sebagai kapasitas kapasitor untuk memenuhi muatan elektron

2. Reaktansi Kapasitif

Reaktansi kapasitif adalah bagian yang menentang aliran listrik yang berputar dalam rangkaian yang mendahului tegangan. Persamaan reaktansi kapasitif ditunjukkan pada persamaan (2.13).

$$X_c = \frac{1}{2\pi f c} \quad (2.13)$$

dengan :

π = konstanta besar 3,14

f = Frekuensi

X_c = reaktansi kapasitif

Hal ini juga ditunjukkan pada persamaan (2.14).

$$X_c = \frac{V_c}{I_c} \quad (2.14)$$

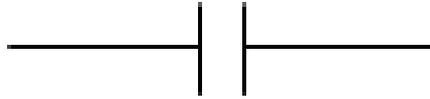
3. Pembagian Kapasitor

Kapasitor dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu:

a. Kapasitor Tetap

Kapasitor tetap adalah kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi yang tetap.

Simbol kapasitor tetap ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Simbol Kapasitor Tetap

Besarnya nilai kapasitansi pada kapasitor dapat diketahui melalui kode numerik pada beban kapasitor yang terdiri dari tiga angka. Digit pertama dan kedua menunjukkan angka atau harga diri, dan angka ketiga menunjukkan pengali atau nilai nol.

Contoh: pada kapasitor heap tersusun angka 103, menyiratkan bahwa nilai kapasitansi kapasitor adalah $10 \times 10^3 \text{ pF} = 10 \times 1000 \text{ pF} = 10 \text{ nf} = 0,01 \text{ F}$. Sedangkan kapasitor tetap yang bernilai lebih dari atau setara dengan 1 F adalah kapasitor elektrolit (elco) misalnya 1000 F, 16 V menyiratkan bahwa Elco memiliki batas 100 F dan tegangan yang berfungsi tidak dapat melampaui 16 Volt.

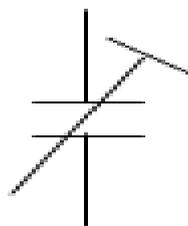
b. Kapasitor tidak tetap

Kapasitor variabel adalah kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi yang dapat diubah-ubah, kapasitor ini terdiri dari ::

1. Kapasitor trimer

Kapasitor trimer adalah kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diubah dengan memutar hubnya dengan obeng.

Gambar kapasitor trimer ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Simbol Trimer

2. Kapasitor variabel (varco)

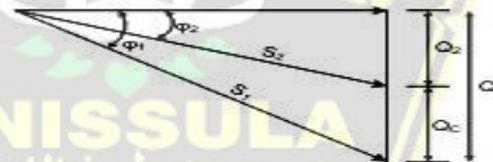
Kapasitor variabel adalah kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diubah dengan memutar poros yang diberikan (bentuknya seperti potensiometer), gambar varco ditampilkan pada Gambar 2.10..



Gambar 2. 10 Simbol Varco

4. Ukuran Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya

Ukuran kapasitor yang digunakan untuk mengembangkan lebih lanjut variabel daya dapat ditemukan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.11



Ukuran bagian kW tetap, sedangkan kVA dan kVAR berubah dengan perubahan faktor daya. Dengan asumsi faktor daya berubah dari $\cos 1$ dan $\cos 2$ maka kVAR pada faktor daya pertama adalah $kW \times \tan$ dan kVAR pada faktor daya yang dikembangkan lebih lanjut adalah $kW \times \tan 2$. Jadi besarnya nilai daya terima kapasitor (Q_c) ingin lebih mengembangkan faktor daya ditunjukkan oleh kondisi (2.15).

$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (2.15)$$

Sedangkan untuk menentukan daya reaktif yang diperbaiki dapat dicari dengan persamaan (2.16).

$$Q_2 = Q_1 - Q_c \quad (2.16)$$

dengan :

Q_1 = daya reaktif awal atau sebelum perbaikan

Q_c = daya reaktif kapasitor

2.2.9. Rugi-rugi Daya

Rugi Daya (*losses*) pada rangka kelistrikan adalah sesuatu yang pasti terjadi. Pada dasarnya, kemalangan daya adalah kontras antara ukuran energi listrik yang dihasilkan dan ukuran energi listrik yang sampai ke pelanggan. Sesuai Menurut Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor: 431/KMK.06/2002 (2002:4), “Rugi daya adalah gangguan dalam sistem dimana sejumlah energi yang hilang dalam proses pengaliran listrik mulai dari gardu induk sampai ke konsumen. Apabila tidak terdapat gardu induk, rugi daya dimulai dari gardu distribusi sampai dengan konsumen”.

Dengan cara ini, dapat diduga bahwa bencana daya adalah pengaruh yang hilang dalam sirkulasi pengaruh vital listrik ke tumpukan seperti rumah, bangunan, dll. Dalam setiap penyebaran kapasitas listrik ke tumpukan, ada kerugian daya yang dibawa. Karena faktor-faktor tertentu, misalnya, jarak kabel listrik ke tumpukan terlalu jauh, yang juga akan menyebabkan peningkatan lawan dari saluran penghubung yang digunakan.

Dengan keadaan terhalangnya jenis penghantar ditunjukkan oleh persamaan (2.17).

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (2.17)$$

dengan :

R : hambatan kawat penghantar (Ω)

l : panjang saluran kawat penghantar (m)

A : luas penampang lintang penghantar (m^2)

ρ : hambatan jenis kawat penghantar (Ωm)

Analisis rugi daya dapat dihitung dengan persamaan (2.18).

$$\Delta P = I^2 \times R \quad (2.18)$$

dengan :

ΔP : Rugi – rugi daya total (watt)

I : Arus (A)

R : Resistansi Saluran (Ω)

2.2.10. Perawatan Kapasitor

Kapasitor yang digunakan untuk mengembangkan faktor daya lebih lanjut sehingga bertahan lebih lama harus dipertahankan secara konsisten. Karena itu pertimbangan harus diberikan pada tempat yang lembab yang tidak terlindung dari residu dan tanah. Sebelum melakukan pemeriksaan pastikan bahwa kapasitor umumnya tidak terkait dengan sumbernya. Kemudian, pada saat itu, karena kapasitor ini sebenarnya mengandung muatan, itu menyiratkan bahwa belum ada aliran/tegangan listrik, sehingga kapasitor harus dihubung singkat agar muatannya hilang. Jenis review yang harus dilakukan antara lain [4] :

- Pemeriksaan tumpahan
- Pemeriksaan kabel dan penyangga kapasitor
- Pemeriksaan pelindung

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Model Penelitian

Metodologi penelitian ini sebagai teknik yang digunakan untuk menyelesaikan suatu ujian dan dapat dilihat pada Grafik Garis Tunggal pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Single Line Diagram LVMDP

Model penelitian ini merupakan garis besar dari rencana pamer di Rumah Sakit Nasional Diponegoro yang digunakan sebagai metode untuk melakukan estimasi dan mencari nilai-nilai yang telah di tentukan.

3.2. Obyek Penelitian

Penulis mengambil area pemeriksaan di Rumah Sakit Nasional Diponegoro. Daerah tersebut dipilih karena mengacu pada informasi penting saat ini, karena tidak semua informasi penting yang diperlukan untuk penelitian ada di daerah eksplorasi, dengan cara ini penentuan daerah diambil menggunakan paling di atas total informasi.

Lokasi Rumah Sakit Nasional Diponegoro yaitu Jl. Professor Haji Soedarto S.H, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah.

3.3. Alat dan Peralatan Penelitian

Peralatan dan perlengkapan yang berharga untuk membantu para jurnalis menyelesaikan Tugas Terakhir. Instrumen dan perangkat keras yang menyertainya digunakan:

1. *PC (Personal Computer)*

PC/laptop dipakai untuk media perhitungan dan pembuatan laporan Tugas Akhir.

2. Alat ukur Clam Meter

Alat ukur clam meter dipakai untuk pengukuran daya beban khususnya : nilai tegangan, nilai arus, nilai faktor daya, nilai daya semu, dan nilai daya aktif.

3. Pemodelan perhitungan kapasitor bank

Pemodelan perhitungan nilai kapasitor merupakan model yang digunakan untuk lebih mengembangkan nilai faktor daya di Rumah Sakit Nasional Diponegoro yang digunakan sebagai sumber perspektif dalam menentukan kualitas dan variabel.

3.4. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan pemeriksaan yang dilakukan untuk pengembangan lebih lanjut faktor daya di Rumah Sakit Nasional Diponegoro adalah sebagai berikut:

3.4.1. Teknik Pengumpulan Data

Informasi yang diperlukan dalam pengaturan Tugas Akhir ini terdiri dari data primer dan data sekunder..

1. Sumber data Primer

Sumber data primer adalah persepsi langsung dan pertemuan atau tanya jawab dengan staf dan ahli di Rumah

Sakit Nasional Diponegoro yang diidentifikasi dengan masalah dengan item yang digunakan sebagai penyelidikan kontekstual.

Adapun data sumber primer di Rumah Sakit Nasional Diponegoro meliputi :

a. Sumber Tenaga Listrik

Rumah Sakit Nasional Diponegoro mendapat persediaan dari PLN sebesar 1200 kVA listrik yang diintroduksi. Dengan susunan tegangan 3 Tahap 380 Volt, 1 Tahap 220 Volt, dengan frekuensi 50 Hz.

b. Distribusi Tenaga Listrik

Untuk membantu latihan kreasi di Rumah Sakit Nasional Diponegoro, diperlukan kerangka sirkulasi tenaga yang kokoh. Rangka kelistrikan di Rumah Sakit Nasional Diponegoro terdiri dari 1 MDP (Panel Sirkulasi Primer), 2 SDP (Sub Dispersion Board) dan 1 Panel kapasitor.

Panel MDP (*Main Distribution Panel*) berguna sebagai terminal fundamental/primer yang nantinya akan menjadi kWh meter PLN yang nantinya akan disesuaikan dengan papan SDP dan susun. Pengurus MDP terdiri dari:

- *Circuit breaker* yang berfungsi sebagai pengaman sakelar utama jika terjadi pengaruh yang mengganggu. Rel tembaga mengisi sebagai titik asosiasi untuk sirkulasi kapasitas listrik ke papan SDP, papan kapasitor dan ke beban.
- *Rel copper* yang berfungsi sebagai sebagai layar untuk mengetahui jumlah daya listrik yang tersedia dan daya listrik yang digunakan.
- Trafo arus (ct) berapa kapasitas untuk mengukur ukuran daya listrik yang digunakan untuk ditampilkan pada roda gigi instrumen.

- Peralatan instrumen yang berfungsi sebagai layar untuk mengetahui jumlah daya listrik yang tersedia dan daya listrik yang digunakan.

Panel SDP (*Sub Distribution Panel*) berfungsi sebagai kesejahteraan dan tombol pada sub atau kelompok susun. Untuk papan ini tidak jauh berbeda dengan papan MDP, hanya saja pada papan ini instrument gear dibatasi untuk menaksir arus dan tegangan yang ditampilkan, sedangkan pada papan MDP terdapat perangkat keras instrumen untuk menunjukkan tegangan berkumpul dan frekuensi listrik.

Panel kapasitor (*capacitor bank*) berfungsi sebagai papan kontrol untuk mengontrol nilai cos secara alami dengan memberikan kompensator, untuk keadaan ini kapasitor mencapai nilai mendekati 1. , transfer, kapasitor, circuit breaker, *relay*, kapasitor, *rel cooper*, dan *Power Factor Regulator (PFR)* yang berfungsi sebagai otomatis mengendalikan kerja kapasitor.

- c. Peralatan mesin yang digunakan Rumah Sakit Nasional Diponegoro berupa lift 1, lift 2, lift 3, AC 1, AC 2, dan mesin alat rumah sakit .

3.4.2. Pengukuran

Untuk mengukur takaran daya yang dibutuhkan, digunakan alat ukur *Clam On Power* merk HIOKI tipe 3286-20. Alat ukur ini cocok untuk memperkirakan batas-batas yang diperlukan, antara lain: arus, tegangan, faktor daya. Dalam estimasi satu tahap dan untuk sistem kerja tiga tahap, bisa mengukur daya aktif, daya reaktif, daya semu, dan tahapan fasa.

Estimasi diselesaikan selama 5 hari, dari Selasa hingga Sabtu. Estimasi dibuat saat klinik medis bekerja selama kurang

lebih 24 jam, namun pembuatnya hanya mengambil informasi selama 9 jam secara konsisten. Pencipta mengambil estimasi pada pukul 08.00-16.00 WIB.

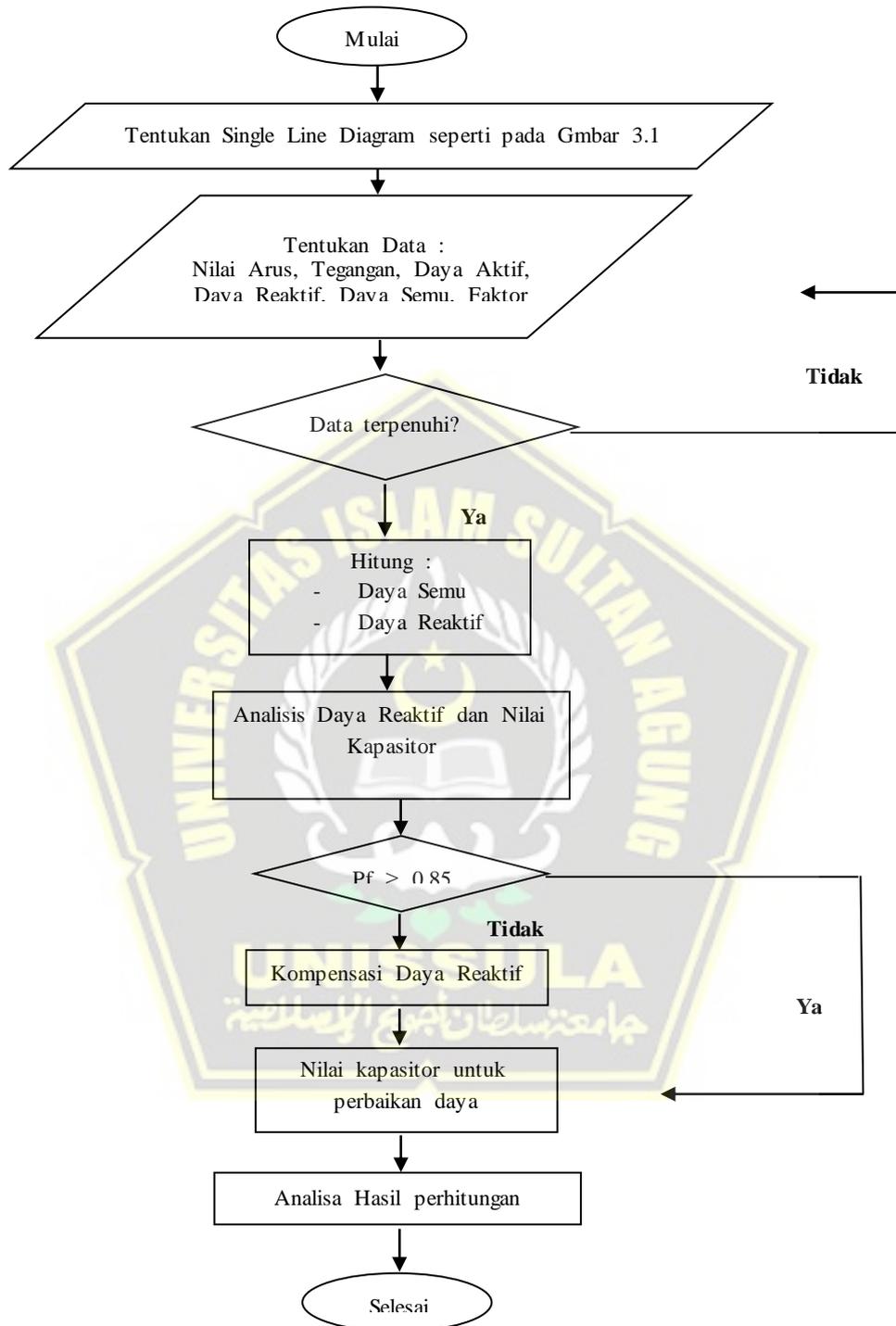
Berikut tampilan alat ukur *Clam On Power*.



Gambar 3. 2 Alat ukur Clam On Power

Perkiraan dibuat pada hasil catu daya, untuk situasi ini hasil dari kWh meter.

3.5. Flowchart



Gambar 3. 3 Flowchart Penelitian

3.6. Tahapan Penelitian

Berikut langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan ialah sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan data, khususnya data tentang tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, faktor daya awal. Estimasi diselesaikan selama 5 hari dari pukul 08.00-16.00 WIB.
- b. Dengan data yang telah terpenuhi, lakukan tahap selanjutnya untuk perhitungan, jika data yang diperlukan belum terpenuhi maka lakukan langkah sebelumnya untuk pengumpulan data.
- c. Melakukan perhitungan faktor daya awal, daya semu, arus dan daya reaktif. Dengan tujuan agar nilai faktor daya dapat diketahui.
- d. Faktor daya 0.85, dengan faktor daya sesuai dengan standar PLN.
- e. Selanjutnya adalah menambah nilai kapasitor, dan apabila nilai faktor tidak sesuai dengan standar PLN maka nilai faktor daya diperbaiki.
- f. Melakukan langkah berikutnya yaitu mencari kompensasi daya reaktif.
- g. Menghitung nilai kapasitor bank yang akan digunakan untuk perbaikan faktor daya.
- h. Mengetahui hasil dari nilai faktor daya setelah dilakukan penempatan kapasitor bank.
- i. Menganalisis dan melihat hasil dari perhitungan nilai faktor daya sebelum dilakukan perbaikan dan setelah dilakukan perbaikan.
- j. Membuat kesimpulan dari analisa pada penelitian yang telah dibuat.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data Penelitian

Pada bab ini membahas yaitu mengenai analisis data yang diperoleh dari hasil penelitian. Dengan merujuk pada Single Line Diagram Rumah Sakit Nasional Diponegoro seperti pada Gambar 3.1 dan Data hasil penelitian pada Tabel 4.1. Dan untuk menunjukkan besar pemakaian dari beban yang digunakan Rumah Sakit Nasional Diponegoro, maka penulis melakukan pengukuran selama 5 hari, yaitu dari Hari Selasa 23 Februari 2021 sampai dengan 27 Februari 2021 pukul 09.00-17.00 WIB.

4.2 Data Beban Rata-rata Perhari

Adapun data-data yang diperlukan adalah sebagai berikut: Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, Nilai Cos Phi. Dengan mengetahui data yang diperlukan, penulis dapat melakukan estimasi untuk menjamin nilai kapasitor yang akan digunakan untuk perbaikan nilai faktor daya.

Penulis mengambil nilai tegangan dari jalur utama busbar. Dimana pada busbar terdapat beban yang terdiri dari beberapa motor listrik, terutama motor induksi, dimana peralatan motor-motor induksi ini memiliki nilai faktor daya yang rendah.

4.2.1 Data pada *Main Distribution Panel* (MDP)

1. Hari Pertama

Tabel 4. 1 Hari Selasa, 25 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	182,9	186	186	32	34,2	16,9	39,8	40,8	20,6	217	218	210	0,8	0,8	0,8
10.00	170	190	184	32,3	35	33,5	37,0	41,6	40,2	217	218	218	0,8	0,8	0,8
11.00	184	186	187	32,3	34	34,5	40,1	40,7	41	217	218	218	0,8	0,8	0,8
12.00	201	190	203	35,3	32,8	37,4	44,6	42,4	45,2	221	223	222	0,7	0,7	0,8
13.00	189,6	192	191,6	32,8	34,9	34,7	41,5	42,4	42,1	219	220	219	0,7	0,8	0,8
14.00	180	186	181	31	34,2	32,7	39,9	41,6	40,3	221	222	222	0,7	0,8	0,8
15.00	177	180	181	30,3	32,5	32,6	39,5	40,3	40,3	222	223	222	0,7	0,8	0,8
16.00	180	182	181	20,8	25,3	13,4	25,6	24	14,5	223	224	223	0,8	0,9	0,9
17.00	182	184	180	18,6	21,2	20,1	23	25,1	24,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8

Tabel 4. 2 Arus, Rata-rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Tegangan (V)	Daya Aktif (Kw) 3 Phase	Daya Semu (kva) 3 Phase	Cos Phi
	R	S	T				
09/00	182,9	186	186	215	83,1	101,6	0,8
10.00	170	190	184	217,6	100,8	118,8	0,8
11.00	184	186	187	217,6	100,8	121,8	0,8
12.00	201	190	203	222	105,5	132,2	0,73
13.00	189,6	192	191,6	219,3	102,4	126	0,76
14.00	180	186	181	221,6	97,9	121,8	0,76
15.00	177	180	181	222,3	95,4	120,1	0,76

Waktu	Arus (I)			Tegangan (V)	Daya Aktif (Kw) 3 Phase	Daya Semu (kva) 3 Phase	Cos Phi
	R	S	T				
16.00	180	182	181	223,3	59,24	91,1	0,86
17.00	182	184	180	222	59,9	72,3	0,8

2. Hari Kedua

Tabel 4. 3 Hari Rabu, 26 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	178,7	173,2	173,5	32,13	32,3	32,6	39,63	38,5	38,5	22,1	22,2	22,2	0,88	0,83	0,84
10.00	177,2	170	174,1	31,7	31,7	32,8	39,2	37,8	38,6	22,1	22,2	22,2	0,88	0,83	0,84
11.00	175	171	174	36,3	31,9	32,9	39,0	38,1	38,88	22,2	22,2	22,2	0,88	0,83	0,84
12.00	174,9	170	184	31,25	31,8	33,0	38,88	38,0	38,9	22,2	22,3	22,2	0,88	0,83	0,84
13.00	174	171	186	31,1	32,3	32,9	38,8	38,3	38,8	22,2	22,3	22,2	0,88	0,84	0,84
14.00	184,7	180	183	33,04	33,75	34,43	41,04	40,33	40,75	22,2	22,2	22,2	0,88	0,83	0,84
15.00	178	180	180	30,4	32,6	32,8	38,5	41,3	41,3	22,1	22,2	22,3	0,87	0,8	0,8
16.00	182	180	181	25,3	26,7	28	27	20	19,5	22,3	22,4	22,3	0,88	0,9	0,9
17.00	190	194	190	28,6	21,6	21,2	25	28,1	24,3	22,1	22,2	22,3	0,88	0,8	0,9

Tabel 4. 4 Arus, Rata-rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Tegangan (V)	Daya Aktif (Kw) 3 Phase	Daya Semu (kva) 3 Phase	Cos Phi
	R	S	T				
09.00	178,7	173,2	173,5	221,6	97,03	116,63	0,82
10.00	177,2	170	174,1	221,6	96,2	115,6	0,82
11.00	175	171	174	222	101,1	115,98	0,82
12.00	174,9	170	174	222,3	96,05	115,78	0,82
13.00	174	171	174	222,3	96,3	115,9	0,82
14.00	184,7	180	183	222	101,22	122,12	0,82
15.00	178	180	180	222	95,8	121,1	0,76
16.00	182	180	181	223,3	80	75	0,86
17.00	190	194	190	222	71,4	77,4	0,83

3. Hari Ketiga

Tabel 4. 5 Hari Kamis, 27 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	187	189	189	32,5	34,8	34,5	41,4	42,4	41,9	221	222	221	0,8	0,8	0,8
10.00	176	190	194	34,3	35,7	35,2	43,5	43,9	43,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8
11.00	182	183	184	33,5	34,8	34,6	42,9	43,4	42,8	223	224	223	0,8	0,8	0,8
12.00	191	192	192	32,9	33,1	33,3	42,0	43,1	42,6	220	222	221	0,7	0,9	0,9
13.00	189	196	187	31,8	33,5	33,9	40,6	41,1	41,2	220	220	220	0,7	0,8	0,8
14.00	183	187	183	31,5	33,7	33,0	40,5	41,5	40,5	220	221	220	0,7	0,8	0,8
15.00	178	183	182	30,8	33,0	33,0	40,0	40,9	40,7	222	223	223	0,7	0,8	0,8
16.00	180	181	183	29,9	32,0	31,2	38,5	39,6	38,6	222	223	223	0,7	0,8	0,8

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
17.00	182	186	184	30,0	31,8	31,4	38,7	39,5	38,5	222	223	223	0,7	0,8	0,8

Tabel 4. 6 Arus, Rata –rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Tegangan (V)	Daya Aktif (Kw) 3 Phase	Daya Semu (kva) 3 Phase	Cos Phi
	R	S	T				
09/00	189	182	190	223,6	104,4	127,2	0,76
10.00	174	187	184	222,3	104,9	130,4	0,76
11.00	181	189	188	219,3	103,9	121,6	0,8
12.00	200	192	193	220,6	104,8	129	0,76
13.00	188	190	188	221,3	101,5	126,2	0,76
14.00	181	181	180	222,6	101,6	125,5	0,76
15.00	176	180	188	224,3	100,3	125,1	0,76
16.00	182	182	189	221,3	101,8	126,3	0,76
17.00	180	182	180	222,3	102,1	127,9	0,76

4. Hari Keempat

Tabel 4. 7 Hari Jum'at, 28 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	183	188	188	32,8	34,7	34,4	41,8	42,5	41,9	221	222	221	0,7	0,8	0,8
10.00	171	186	184	33,2	35,5	39,2	42,3	43,6	43,1	221	222	222	0,7	0,8	0,8
11.00	183	184	181	33,6	35,1	34,7	43,1	43,6	42,8	223	224	223	0,7	0,8	0,8
12.00	205	193	203	34,1	34,9	34,9	43	42,9	42,7	221	222	221	0,7	0,8	0,8

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
13.00	180	186	186	31,7	33,6	33,7	40	40,7	40,5	217	218	217	0,7	0,8	0,8
14.00	173	184	184	31,4	33,1	33,1	40,5	40,5	40,6	220	221	220	0,7	0,8	0,8
15.00	179	182	182	30,7	32,7	33	37,7	40,7	40,6	222	223	223	0,7	0,8	0,8
16.00	175	178	183	30,2	32,3	31,3	38,8	39,8	38,6	220	223	222	0,7	0,8	0,8
17.00	174	181	184	30,2	33,6	31,4	38,9	33,8	38,9	222	224	223	0,7	0,8	0,8

Tabel 4. 8 Arus, Rata-rata Tegangan, Daya Aktif 3 fasa, Daya Semu 3 fasa, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Tegangan (V)	Daya Aktif (Kw) 3 Phase	Daya Semu (kva) 3 Phase	Cos Phi
	R	S	T				
09.00	183	188	188	221,3	101,9	126,2	0,76
10.00	171	186	184	221,6	107,9	129	0,76
11.00	183	184	181	223,3	103,4	129,5	0,76
12.00	205	193	203	221,3	103,9	128,6	0,76
13.00	180	186	186	217,3	98,4	121,2	0,76
14.00	173	184	184	220	97,6	121,6	0,76
15.00	179	182	182	222,6	96,4	119	0,76
16.00	175	178	183	221	93,8	117,2	0,76
17.00	174	181	184	223	95,4	111,6	0,76

5. Hari Kelima

Tabel 4. 9 Hari Sabtu, 29 Februari 2021, data Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	187	189	189	32,5	34,8	34,5	41,4	42,4	41,9	221	222	221	0,8	0,8	0,8
10.00	176	190	194	34,3	35,7	35,2	43,5	43,9	43,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8
11.00	182	183	184	33,5	34,8	34,6	42,9	43,4	42,8	223	224	223	0,8	0,8	0,8
12.00	191	192	192	32,9	33,1	33,3	42,0	43,1	42,6	220	222	221	0,7	0,9	0,9
13.00	189	196	187	31,8	33,5	33,9	40,6	41,1	41,2	220	220	220	0,7	0,8	0,8
14.00	183	187	183	31,5	33,7	33,0	40,5	41,5	40,5	220	221	220	0,7	0,8	0,8
15.00	178	183	182	30,8	33,0	33,0	40,0	40,9	40,7	222	223	223	0,7	0,8	0,8
16.00	180	181	183	29,9	32,0	31,2	38,5	39,6	38,6	222	223	223	0,7	0,8	0,8
17.00	182	186	184	30,0	31,8	31,4	38,7	39,5	38,5	222	223	223	0,7	0,8	0,8

Tabel 4. 10 Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Tegangan (V)	Daya Aktif (Kw) 3 Phase	Daya Semu (kva) 3 Phase	Cos Phi
	R	S	T				
09.00	187	189	189	221,3	101,8	125,7	0,8
10.00	176	190	194	222	105,2	130,6	0,8
11.00	182	183	184	223,3	102,9	129,1	0,8
12.00	191	192	192	221	99,3	127,9	0,83
13.00	189	196	187	220	99,2	122,9	0,76
14.00	183	187	183	220,3	98,2	122,5	0,76
15.00	178	183	182	222,6	96,8	121,6	0,76
16.00	180	181	183	222,6	93,1	116,7	0,76
17.00	182	186	184	222,6	93,2	116,7	0,76

Dilihat dari estimasi yang telah dilakukan selama 5 hari di Rumah Sakit Nasional Diponegoro, cenderung terlihat nilainya secara konsisten. Jam kerja di Rumah Sakit Nasional Diponegoro adalah 24 jam, namun hanya mengambil data dari pukul 09.00 hingga 17.00 WIB.

Berikut nilai arus, tegangan, daya aktif, daya semu dan nilai cos phi setiap harinya:

Tabel 4. 11 Nilai rata-rata setiap hari Tegangan, Daya Aktif 3 Phase, Daya Semu 3 Phase, dan Cos Phi

Hari	Tegangan (V)	Daya Aktif (KW)	Daya Semu (kVA)	Cos Phi
I	220	80,21	111,74	0,78
II	220	92,78	108,39	0,81
III	220	102,81	126,57	0,76
IV	220	100,41	126,65	0,76
V	220	98,85	110,77	0,78

Tabel 4. 12 Nilai rata-rata Arus Per Phase, Daya Aktif Per Phase, Daya Semu Per Phase

Hari	I_R (A)	I_S (A)	I_T (A)	S_R (KVA)	S_S (KVA)	S_T (KVA)	P_R (KW)	P_S (KW)	P_T (KW)
I	182,9	186,2	186,06	36,7	37,6	34,3	29,4	31,5	36,7
II	179,38	176,57	180,62	41,9	42,1	42,4	32,7	34,7	41,9
III	188,5	192	190	42,1	42,1	42,3	33,5	35,1	42,1
IV	184,6	183,8	185,1	40,6	41,4	40,6	31,9	33,9	40,6
V	184,3	185,7	185	40,9	40,6	40,9	31,9	33,6	40,9

a. Menghitung nilai Power Faktor, Arus, Daya Reaktif, dan Kompensasi Daya Reaktif

Faktor daya atau faktor kerja menggambarkan titik panggung antara daya aktif dan daya semu. Mempertimbangkan bahwa sebagian besar beban bersifat induktif, pemuaian beban akan menyebabkan kenaikan pada bagian arus yang menuju atau berlawanan arah dengan tegangan. Hal ini akan menyebabkan perubahan daya kompleks dan $\cos \phi$, sehingga faktor daya menjadi kecil sesuai dengan beban induktif.

a. Hari Pertama

$$\text{Daya Aktif (P) 3 Phase} = 80,21 \text{ Kw} = 80210 \text{ W}$$

$$\text{Daya Semu (S) 3 Phase} = 111,74 \text{ Kva} = 111740 \text{ VA}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 220 \text{ V}$$

Menghitung nilai $\cos \phi$ sebelum perbaikan:

$$\begin{aligned} \cos \phi_1 &= \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \\ &= \frac{80210}{111740} \\ &= 0,71 \end{aligned}$$

$$\phi_1 = \cos^{-1} 0,71$$

$$\phi_1 = 44,76$$

Menghitung Daya Reaktif :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{111,74^2 - 80,21^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{6052,1835}$$

$$Q_1 = 77,79 \text{ kVAR}$$

Menghitung Kompensasi Daya Reaktif persamaan daya reaktif dapat dicari dengan cara:

$$\begin{aligned} Q_c &= P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\ &= 80210 (\tan 44,76 - \tan 18,19) \\ &= 80210 (0,99 - 0,32) \end{aligned}$$

$$= 80210 \times 0,67$$

$$= 537407 \text{ VAR} = 53,7407 \text{ kVAR}$$

Daya reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga:

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_2 = 77,79 - 53,7407$$

$$Q_2 = 24,0493 \text{ VAR}$$

Menghitung Daya Semu 3 fasa yang baru:

$$S_2 = \frac{P}{\cos \phi_2}$$

$$S_2 = \frac{80,21}{0,95}$$

$$S_2 = 84,43 \text{ KVA}$$

Daya semu perfasa:

$$S_{2(\text{perfasa})} = \frac{S_2}{3} = \frac{84,43}{3} = 28,14 \text{ KVA}$$

Arus baru setelah memperbaiki faktor daya yaitu:

$$I_{R_2} = \frac{S_{R_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{30,94}{220}$$

$$I_{R_2} = 140,63 \text{ A}$$

$$I_{S_2} = \frac{S_{S_2}}{V}$$

$$I_{S_2} = \frac{33,15}{220}$$

$$I_{S_2} = 150,68 \text{ A}$$

$$I_{T_2} = \frac{S_{T_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{31,36}{220}$$

$$I_{R_2} = 142,54 \text{ A}$$

b. Hari Kedua

$$\text{Daya Aktif (P) 3 Phase} = 92,78 \text{ kW} = 92780 \text{ W}$$

$$\text{Daya Semu (S) 3 Phase} = 108,39 \text{ kVA} = 108390 \text{ VA}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 220 \text{ V}$$

Menghitung nilai $\cos \varphi$ sebelum perbaikan:

$$\cos \varphi_1 = \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}}$$

$$= \frac{92780}{108390}$$

$$= 0,85$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1} 0,85$$

$$\varphi_1 = 31,78$$

Menghitung Daya Reaktif :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{108,39^2 - 92,78^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{3140,2637}$$

$$Q_1 = 56,03 \text{ kVAR}$$

Menghitung Kompensasi Daya Reaktif persamaan daya reaktif dpat dicari dengan cara:

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

$$= 92780 (\tan 31,78 - \tan 18,19)$$

$$= 92780 (0,61 - 0,32)$$

$$= 92780 \times 0,29$$

$$= 26906,2 \text{ VAR} = 26,9062 \text{ kVAR}$$

Daya Reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga:

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_2 = 56,03 - 26,9062$$

$$Q_2 = 29,1238 \text{ VAR}$$

Menghitung Daya Semu 3 fasa yang baru:

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

$$S_2 = \frac{92,78}{0,95}$$

$$S_2 = 97,66 \text{ KVA}$$

Daya Semu perfasa:

$$S_{2(\text{perfasa})} = \frac{S_2}{3} = \frac{97,66}{3} = 32,55 \text{ KVA}$$

Arus baru setelah memperbaiki faktor daya yaitu:

$$I_{R_2} = \frac{S_{R_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{34,42}{221,8}$$

$$I_{R_2} = 155,18 \text{ A}$$

$$I_{S_2} = \frac{S_{S_2}}{V}$$

$$I_{S_2} = \frac{36,52}{221,8}$$

$$I_{S_2} = 164,65 \text{ A}$$

$$I_{T_2} = \frac{S_{T_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{36,31}{221,8}$$

$$I_{R_2} = 163,70 \text{ A}$$

c. Hari Ketiga

$$\text{Daya Aktif (P) 3 Phase} = 102,81 \text{ kw} = 102810 \text{ w}$$

$$\text{Daya Semu (S) 3 Phase} = 126,57 \text{ kva} = 126570 \text{ va}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 220 \text{ v}$$

Menghitung nilai $\cos \varphi$ sebelum perbaikan:

$$\begin{aligned} \cos \varphi_1 &= \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \\ &= \frac{102810}{126570} \\ &= 0,81 \\ \varphi_1 &= \cos^{-1} 0,81 \\ \varphi_1 &= 35,90 \end{aligned}$$

Menghitung Daya Reaktif :

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ Q_1 &= \sqrt{126,57^2 - 102,81^2} \\ Q_1 &= \sqrt{5450,0688} \\ Q_1 &= 73,82 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Menghitung Kompensasi Daya Reaktif persamaan daya reaktif dapat dicari dengan cara:

$$\begin{aligned} Q_c &= P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\ &= 102810 (\tan 35,90 - \tan 18,19) \\ &= 102810 (0,72 - 0,32) \\ &= 102810 \times 0,4 \\ &= 41124 \text{ VAR} = 41,124 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Daya Reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga:

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q_1 - Q_c \\ Q_2 &= 73,82 - 41,124 \\ Q_2 &= 32,696 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Menghitung Daya Semu 3 fasa yang baru:

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

$$S_2 = \frac{102,81}{0,95}$$

$$S_2 = 108,22 \text{ KVA}$$

Daya Semu perfasa:

$$S_{2(perfasa)} = \frac{S_2}{3} = \frac{108,22}{3} = 36,07 \text{ KVA}$$

Arus baru setelah memperbaiki faktor daya yaitu:

$$I_{R_2} = \frac{S_{R_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{35,26}{221,9}$$

$$I_{R_2} = 158,90 \text{ A}$$

$$I_{S_2} = \frac{S_{S_2}}{V}$$

$$I_{S_2} = \frac{36,94}{221,9}$$

$$I_{S_2} = 166,47 \text{ A}$$

$$I_{T_2} = \frac{S_{T_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{36,42}{221,9}$$

$$I_{R_2} = 164,12 \text{ A}$$

d. Hari Keempat

$$\text{Daya Aktif (P) 3 Phase} = 100,41 \text{ kw} = 100410 \text{ w}$$

$$\text{Daya Semu (S) 3 Phase} = 126,65 \text{ kva} = 126650 \text{ va}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 220 \text{ v}$$

Menghitung nilai $\cos \varphi$ sebelum perbaikan:

$$\begin{aligned}\cos \varphi_1 &= \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \\ &= \frac{100410}{126650} \\ &= 0,79 \\ \varphi_1 &= \cos^{-1}0,79 \\ \varphi_1 &= 37,81\end{aligned}$$

Menghitung Daya Reaktif :

$$\begin{aligned}Q_1 &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ Q_1 &= \sqrt{126,65^2 - 100,41^2} \\ Q_1 &= \sqrt{5985,0544} \\ Q_1 &= 77,18\text{kVAR}\end{aligned}$$

Menghitung Kompensasi Daya Reaktif persamaan daya reaktif dapat dicari dengan cara:

$$\begin{aligned}Q_c &= P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\ &= 100410 (\tan 37,81 - \tan 18,19) \\ &= 100410 (0,77 - 0,32) \\ &= 100410 \times 0,45 \\ &= 45184,5 \text{ VAR} = 45,1845 \text{ kVAR}\end{aligned}$$

Daya Reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga:

$$\begin{aligned}Q_2 &= Q_1 - Q_c \\ Q_2 &= 77,18 - 45,1845 \\ Q_2 &= 31,9955 \text{ VAR}\end{aligned}$$

Menghitung Daya Semu 3 fasa yang baru:

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

$$S_2 = \frac{100,41}{0,95}$$

$$S_2 = 105,69 \text{ KVA}$$

Daya semu perfasa:

$$S_{2(perfasa)} = \frac{S_2}{3} = \frac{105,69}{3} = 35,23 \text{ KVA}$$

Arus baru setelah memperbaiki faktor daya yaitu:

$$I_{R_2} = \frac{S_{R_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{33,57}{221,2}$$

$$I_{R_2} = 151,76 \text{ A}$$

$$I_{S_2} = \frac{S_{S_2}}{V}$$

$$I_{S_2} = \frac{35,68}{221,2}$$

$$I_{S_2} = 161,30 \text{ A}$$

$$I_{T_2} = \frac{S_{T_2}}{V}$$

$$I_{R_2} = \frac{35,15}{221,2}$$

$$I_{R_2} = 158,90 \text{ A}$$

e. Hari Kelima

$$\text{Daya Aktif (P) 3 Phase} = 98,85 \text{ kw} = 98850 \text{ w}$$

$$\text{Daya Semu (S) 3 Phase} = 110,77 \text{ kva} = 110770 \text{ va}$$

$$\text{Tegangan (V)} = 220 \text{ V}$$

Menghitung nilai $\cos\phi$ sebelum perbaikan:

$$\cos \phi_1 = \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}}$$

$$= \frac{98850}{110770}$$

$$= 0,89$$

$$\varphi_1 = \cos^{-1} 0,89$$

$$\varphi_1 = 27,12$$

Menghitung Daya Reaktif :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{110,77^2 - 98,85^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{2498,6704}$$

$$Q_1 = 49,98 \text{ kVAR}$$

Menghitung Kompensasi Daya Reaktif persamaan daya reaktif dapat dicari dengan cara:

$$\begin{aligned} Q_c &= P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \\ &= 9885 (\tan 27,12 - \tan 18,19) \\ &= 9885 (0,51 - 0,32) \\ &= 9885 \times 0,19 \\ &= 18,781,5 \text{ VAR} = 18,7815 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Daya Reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga:

$$Q_2 = Q_1 - Q_c$$

$$Q_2 = 49,98 - 18,7815$$

$$Q_2 = 31,1985 \text{ VAR}$$

Menghitung Daya Semu yang baru:

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

$$S_2 = \frac{98,85}{0,95}$$

$$S_2 = 104,05 \text{ KVA}$$

Daya semu perfasa:

$$S_{2(perfasa)} = \frac{S_2}{3} = \frac{104,05}{3} = 36,68 \text{ KVA}$$

Arus baru setelah memperbaiki faktor daya yaitu:

$$\begin{aligned}
 I_{R_2} &= \frac{S_{R_2}}{V} \\
 I_{R_2} &= \frac{33,57}{221,7} \\
 I_{R_2} &= 151,42 \text{ A} \\
 I_{S_2} &= \frac{S_{S_2}}{V} \\
 I_{S_2} &= \frac{35,36}{221,7} \\
 I_{S_2} &= 159,49 \text{ A} \\
 I_{T_2} &= \frac{S_{T_2}}{V} \\
 I_{R_2} &= \frac{35,26}{221,7} \\
 I_{R_2} &= 159,04 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 13 Data Hasil Perhitungan Nilai Cos Phi. dan Daya Semu

Hari	Faktor Daya		Daya Semu (kVa) Sebelum Perbaikan	Daya Semu (kVa) Setelah Perbaikan	
	Cos ϕ_1	Cos ϕ_2	S_{3fasa}	S_{3fasa}	S_{pefasa}
I	0,71	0,95	111,74	84,43	28,14
II	0,85	0,95	108,39	97,66	32,55
III	0,81	0,95	126,57	108,22	36,07
IV	0,79	0,95	126,65	105,69	35,23
V	0,89	0,95	110,77	104,05	36,68

Tabel 4. 14 Data Hasil Perhitungan Arus Daya Reaktif, dan Kompensasi Daya Reaktif

Hari	Arus (A) Sebelum Perbaikan			Arus (A) Setelah Perbaikan			Daya Reaktif		Qc (Kvar)
	I _{R1}	I _{S1}	I _{T1}	I _{R2}	I _{S2}	I _{T2}	Q ₁	Q ₂	
I	182,9	186,2	186,06	140,63	150,68	142,54	77,79	24,04 93	53,7407
II	188,5	190,1	188,6	155,18	164,65	163,70	56,03	29,12 38	26,9062
III	188,5	192	190	158,90	166,47	164,12	73,82	32,69 6	41,124
IV	184,6	183,8	185,1	151,76	161,30	158,90	71,18	31,99 55	45,1845
V	184,37	185,7	185	151,42	159,49	159,04	49,98	31,19 85	18,7815

4.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dibuat, bisa terlihat bahwa penggunaan daya aktif, arus dan tegangan secara konsisten kerja selama 24 jam namun hanya diukur dari pukul 09.00-17.00 WIB. Dengan menyadari hasil pengukuran, jadi dapat dilakukan perhitungan untuk nilai $\cos \phi$ awal, daya reaktif awal, daya reaktif kapasitor awal, daya reaktif induktif, daya semu akhir, nilai $\cos \phi$ akhir, nilai arus akhir, dan juga nilai kompensasi daya reaktif akhir yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya, diharapkan untuk perbaikan faktor daya. Pengukuran dan perhitungan yang telah selesai ditampilkan pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.12.

Untuk perhitungan nilai \cos ada perbedaan, dimana nilai normal yang mendasari \cos di bawah 0,85. Pengaturan standar yang ditetapkan oleh PLN, bahwa harga normal \cos adalah antara 0,85 sampai dengan 1. Dengan akibat perkiraan dan perhitungan yang sudah diketahui pasti, penulis melakukan penyempurnaan pada elemen daya menjadi 0,95. Di Rumah Sakit Nasional Diponegoro nilai rata-rata \cos adalah 0.81 dan

nilai \cos kemudian diperbaiki nilai rata-rata adalah 0,95. Untuk hasil pemeriksaan sebelum dan sesudah perbaikan, bisa ditemukan pada Gambar 4.12, dengan peningkatan nilai faktor daya, terjadi penurunan nilai arus saat ini (I_2). Ini menunjukkan bahwa, semakin besar nilai faktor daya, semakin rendah aliran arus dalam jaringan distribusi. Dengan mengurangi arus (I_2), itu akan mengurangi panas di rangkaian kabel, dan juga dapat mengurangi daya yang terbuang.

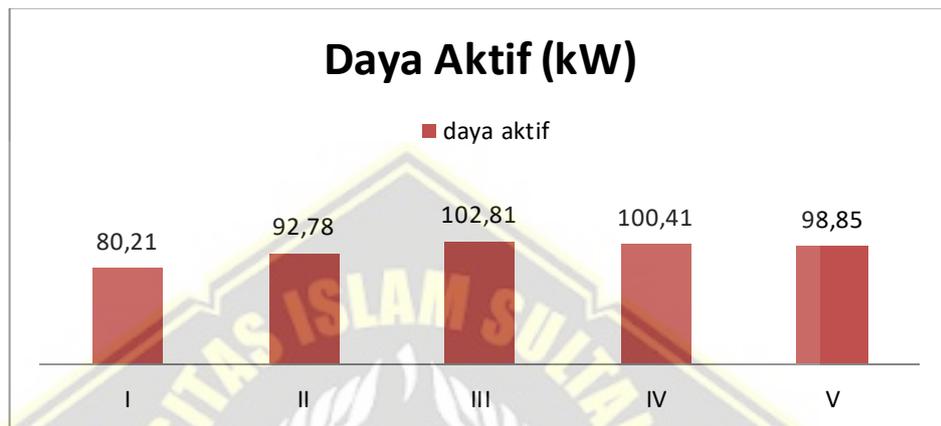
Untuk lebih mengembangkan faktor daya senilai 0,95, akan ada penurunan harga daya semu. Semakin baik nilai faktor daya (mendekati 1), semakin terlihat banyak daya tampak yang akan diberikan oleh sumber yang dapat digunakan, dan dengan nilai faktor daya buruk (mendekati 0), semakin sedikit daya yang akan digunakan dari jumlah daya nyata.

Untuk nilai Q_c adalah ukuran dari nilai kompensasi daya reaktif. Nilai rata-rata daya reaktif di Rumah Sakit Nasional Diponegoro minimal 18,7815 kVAR dan batas maksimal 53,7407 kVAR. Hasil kompensasi setelah diperbaiki, nilai yang paling tinggi adalah 53,7407 kVAR. Maka besarnya kompensasi daya perbaikan menjadi 0,95 adalah 50 kVAR. Untuk memasang bank kapasitor dalam sistem kelistrikan, PFR (Power Element Regulator) digunakan dengan 5 tahap di mana 1 tahap membutuhkan 10kvar. Dengan mengetahui nilai daya reaktif setelah diperbaiki, dapat diamati nilai reaktansi kapasitif untuk mengetahui jumlah total kapasitor yang akan digunakan untuk peningkatan faktor daya dengan asumsi ditingkatkan menjadi 0,95.

Metode yang dipakai untuk pemasangan kapasitor bank variabel adalah fasa-netral disambung paralel. Fasa-netral disambung paralel yang berarti nilai kapasitansi yang sesuai dengan beban. Pengaruh pemasangan kapasitor paralel sendiri pada jaringan listrik yakni kapasitor ini terhubung secara paralel pada jaringan maupun langsung pada beban, dengan tujuan untuk perbaikan faktor daya, jua sebagai pengatur tegangan maupun untuk mengurangi kerugian daya dan tegangan pada jaringan. Dengan anggapan

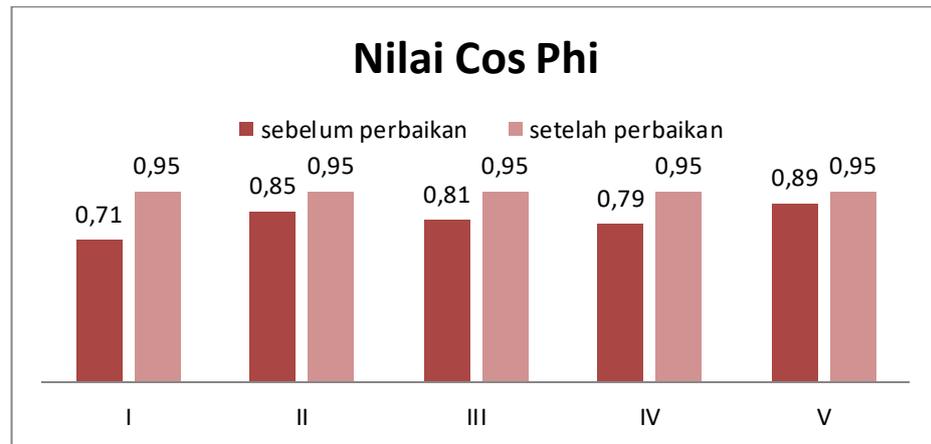
tegangan sisi beban dipertahankan konstan, sehingga terlihat bahwa dengan menggunakan kapasitor paralel, maka arus reaktif yang mengalir pada saluran akan berkurang.

Diagram terlampir dari hasil pengukuran dan perhitungan sebelum dan sesudah perbaikan dilakukan dapat ditemukan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Nilai Daya Aktif

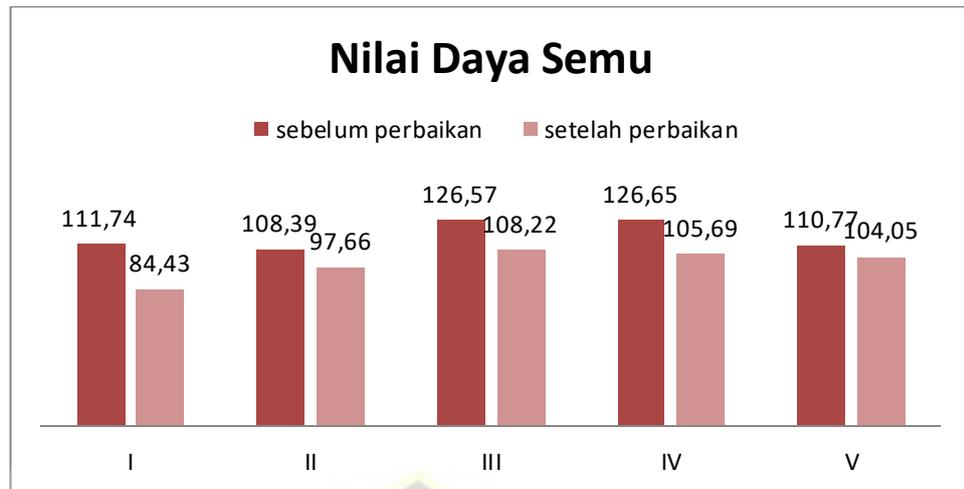
Berdasarkan dari Gambar 4.1, dapat dilihat penggunaan daya aktif (kW) di Rumah Sakit Nasional Diponegoro. Daya Aktif adalah daya yang benar-benar digunakan atau dikonsumsi beban. Penggunaan daya aktif yang paling menonjol adalah pada hari ketiga saat pemeriksaan diarahkan, penggunaan daya sebesar 102,81 kW, dan penggunaan daya aktif terkecil terjadi pada hari utama saat penelitian, penggunaan daya sebesar 80,21 kW.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Nilai Cos Phi

Berdasarkan dari Gambar 4.2, bisa terlihat bahwa nilai cos phi saat sebelum, dan setelah diperbaiki. Nilai normal cos phi di Rumah Sakit Nasional Diponegoro adalah 0,81. Dimana untuk cos phi yang ditetapkan oleh PLN nilainya antara 0,85 sampai dengan 1. Jika cos phi dibawah 0,85 maka akan terjadi beberapa kerugian bagi pihak rumah sakit dan selanjutnya dikenakan denda pada tarif kWh daya. Dari praturan yang telah ditetapkan oleh PLN, penulis melakukan peningkatan nilai cos phi dapat dinaikkan dengan memasang kompensator daya reaktif dalam sistem instalasi. Efek lanjutan dari penambahan kapasitor daya ke beban menghasilkan peningkatan faktor daya yang layak. Untuk mendapatkan nilai kompensasi daya reaktif dapat ditentukan nilai daya semu kemudian diperbaiki dan daya reaktif kemudian diperbaiki.

Berikut Grafik perbandingan nilai daya semu terlihat pada Gambar 4.3



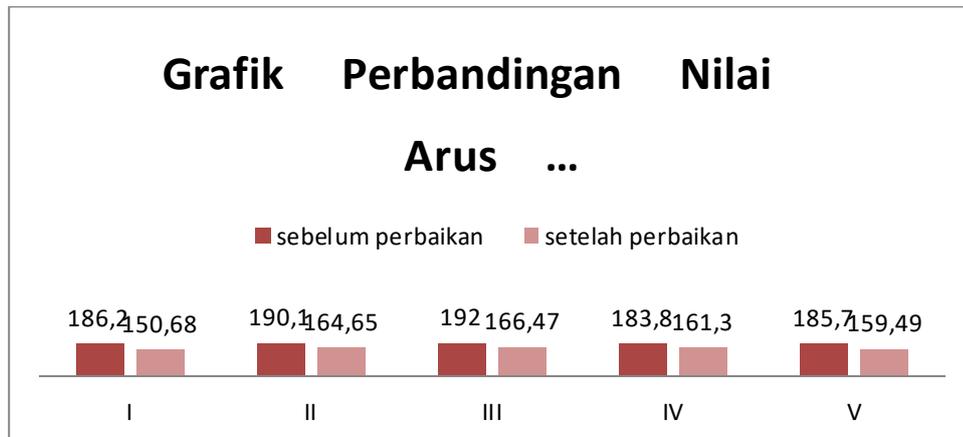
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Nilai Daya Semu (S)

Berdasarkan dari Gambar 4.3, bisa terlihat perbandingan untuk nilai daya semu (S). Untuk estimasi nilai daya semu, setiap 3 fasa. Nilai daya semu pada saat sebelum perbaikan, dapat dilihat nilainya sangat tinggi, dengan perbaikan akan ada penurunan nilai daya semu. Dengan peningkatan nilai $\cos \phi$, nilai daya semu berubah menjadi daya nyata, sehingga daya nyata setara dengan daya semu dan kapasitor bank dapat mengurangi daya reaktif.

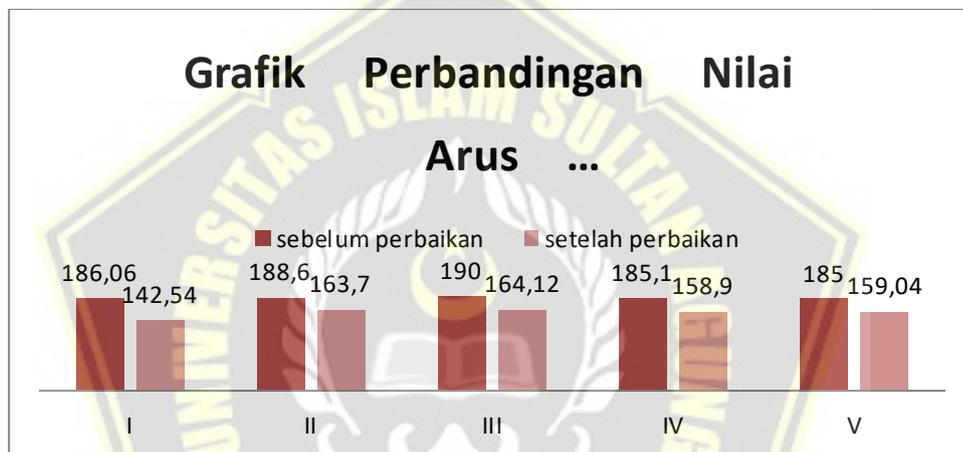
Berikut perbandingan nilai arus ditunjukkan pada Gambar 4.6 sampai 4.8.



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai Arus (I_R)

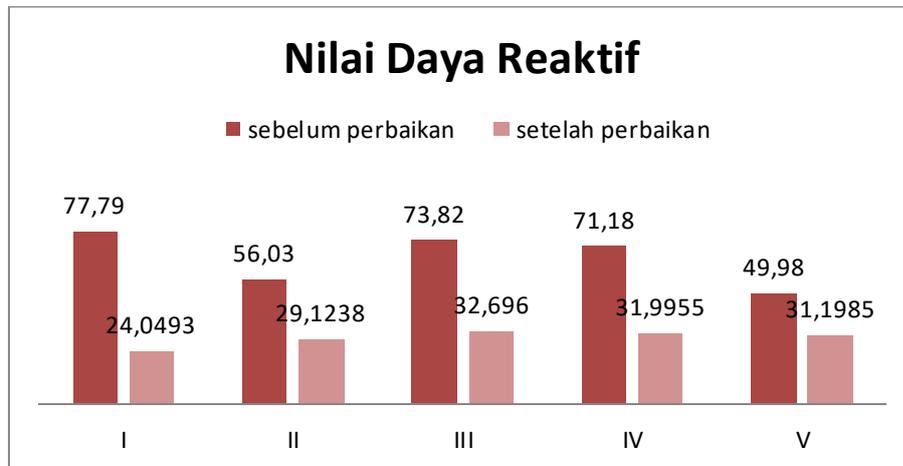


Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai Arus (I_S)



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai Arus (I_T)

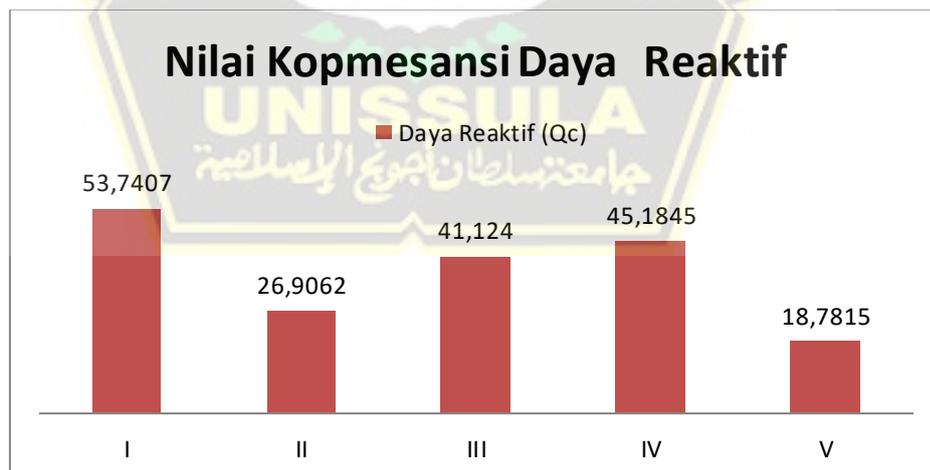
Berdasarkan dari Gambar 4.6 sampai 4.8, terlihat bahwa perbandingan nilai arus R, S, T saat perhitungan. Dimana nilai arus saat sebelum perbaikan sangat tinggi, dengan asumsi nilai $\cos \phi$ diperbaiki sesuai dengan pengaturan standar yang ditetapkan oleh PLN, akan ada penurunan nilai. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kapasitor daya mempengaruhi nilai arus yang mengalir dalam beban listrik. Berikut perbandingan nilai daya reaktif ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Nilai Daya Reaktif

Berdasarkan dari Gambar 4.9, 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. Adanya daya reaktif menyebabkan aliran daya aktif tidak dapat diperbaiki dengan memasang kapasitor bank yang nilainya sesuai, maka akan mengurangi nilai daya reaktif.

Berikut grafik kompensasi daya reaktif ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4. 8 Grafik Kompensasi Daya Reaktif Qc

Berdasarkan Gambar 4.10, nilai untuk kompensasi daya reaktif dapat dilihat. Dengan asumsi bahwa nilai kompensasi daya reaktif diketahui, itu

dapat dicari besar nilai arus saat akan digunakan. Dengan mengetahui nilai saat ini yang akan digunakan untuk lebih memperbaiki nilai faktor daya rendah.

4.4 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya

Dengan nilai faktor daya yang rendah, pemanfaatan kWh tenaga listrik akan meningkat karena adanya rugi-rugi daya. Selanjutnya adalah akibat dari perhitungan nilai rugi-rugi daya karena faktor pengaruh nilai-nilai yang tidak sesuai dengan pedoman yang ditetapkan oleh PLN.

Kabel yang dipakai di Rumah Sakit Nasional Diponegoro adalah kabel tipe NYY. Resistansi jenis penghantar menggunakan kawat jenis penghantar ACSR. Dimana kawat jenis ini memiliki diameter sebesar 25,75 mm. Untuk resistansi jenis aluminium adalah $(\rho) = 28,25 \Omega\text{mm}^2/\text{km}$. Panjang kawat penghantar $(l) = 1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$. Juga untuk hasil dari luas penampang $(A) = 70 \text{ mm}^2$. Kemudian dicari nilai resistansi dengan persamaan (2.17).

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

$$R = 28,25 \frac{1}{70}$$

$$= 0,403 \Omega$$

4.4.1 Perhitungan Rugi-rugi Daya Tiap Fasa dan Rugi Energi

Jika menghitung nilai rugi-rugi daya bisa menggunakan persamaan (2.18).

$$P_{loss} = I^2 \times R$$

$$E_{loss} = P_{loss} \times 3\phi \times 24 \text{ jam}$$

Tabel 4. 15 Perhitungan Rugi-rugi Daya Sebelum Perbaikan

Hari	Sebelum Perbaikan			
	Arus (A)	Resistansi	Rugi-rugi Daya tiap fasa	Rugi-rugi

				(Ω)	(W)			Daya 3 fasa (W)
	I_{R1}	I_{S1}	I_{T1}		$P_{\text{loss } \emptyset R}$	$P_{\text{loss } \emptyset S}$	$P_{\text{loss } \emptyset T}$	$P_{\text{loss } 3\emptyset}$
I	182,9	186,2	186,06	0,403	13.481	13.972	13.951	41.404
II	179,38	176,57	180,62	0,403	12.967	12.564	13,147	38.678
III	188,5	192	190	0,403	14.319	14.856	14.548	43.723
IV	184,6	183,8	185,1	0,403	13.733	13.584	13.807	41.124
V	184,37	185,7	185	0,403	13.698	13.897	13.792	41387

Tabel 4. 16 Perhitungan Rugi – rugi Daya Setelah Perbaikan

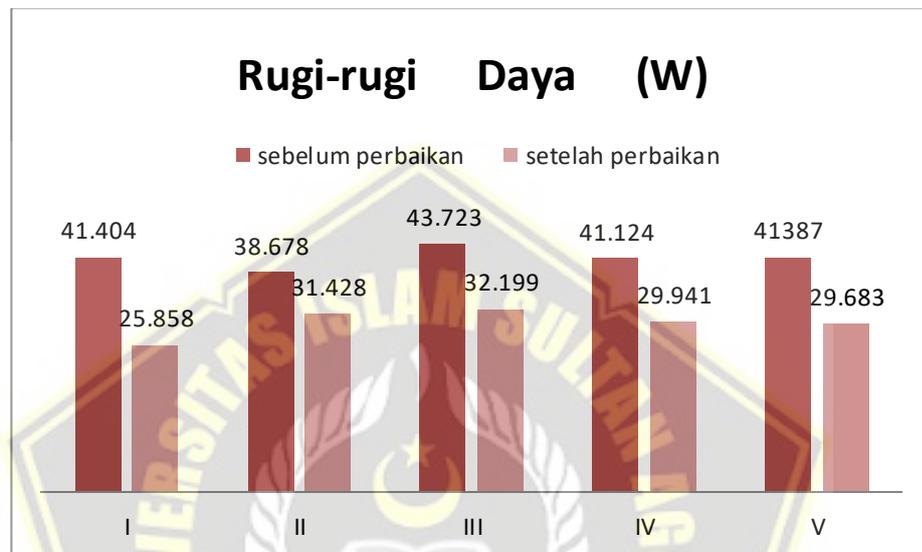
Hari	Setelah Perbaikan							
	Arus (A)			Resistansi (Ω)	Rugi-rugi Daya tiap fasa (W)			Rugi-rugi Daya 3 fasa (W)
	I_{R1}	I_{S1}	I_{T1}		$P_{\text{loss } \emptyset R}$	$P_{\text{loss } \emptyset S}$	$P_{\text{loss } \emptyset T}$	$P_{\text{loss } 3\emptyset}$
I	140,63	150,68	142,54	0,403	7.970	9.700	8.188	25.858
II	155,18	164,65	163,70	0,403	9.704	10.925	10.799	31.428
III	158,90	166,47	164,12	0,403	10.177	11.168	10.854	32.199
IV	151,76	161,30	158,90	0,403	9.281	10.485	10.175	29.941
V	151,42	159,49	159,04	0,403	9.239	10.251	10.193	29.683

Tabel 4. 17 Rugi – rugi Daya Sebelum Perbaikan dan Setelah Perbaikan

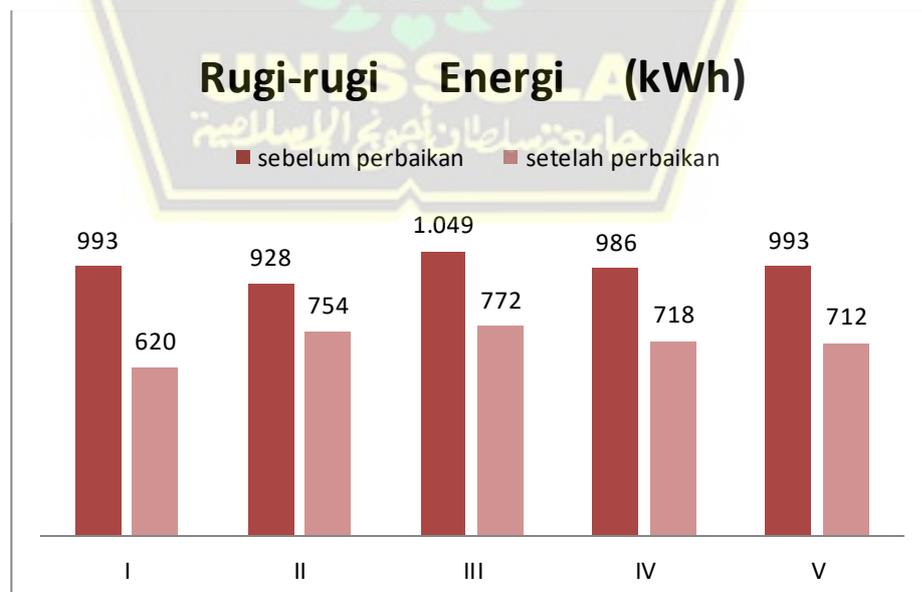
Hari	Sebelum Perbaikan					Setelah Perbaikan				
	Rugi-rugi tiap fasa (W)			Rugi Daya 3 fasa (W)	Rugi Energi (kWh)	Rugi-rugi Daya tiap fasa (W)			Rugi Daya 3 fasa (W)	Rugi Energi (kWh)
	$P_{\text{loss } \emptyset R}$	$P_{\text{loss } \emptyset S}$	$P_{\text{loss } \emptyset T}$	$P_{\text{loss } 3\emptyset}$		$P_{\text{loss } \emptyset R}$	$P_{\text{loss } \emptyset S}$	$P_{\text{loss } \emptyset T}$	$P_{\text{loss } 3\emptyset}$	
I	13.481	13.972	13.951	41.404	993	7.970	9.700	8.188	25.858	620
II	12.967	12.564	13,147	38.678	928	9.704	10.925	10.799	31.428	754
III	14.319	14.856	14.548	43.723	1.049	10.177	11.168	10.854	32.199	772
IV	13.733	13.584	13.807	41.124	986	9.281	10.485	10.175	29.941	718
V	13.698	13.897	13.792	41387	993	9.239	10.251	10.193	29.683	712

Berdasarkan dari Tabel 4.17, bisa terlihat bahwa perhitungan nilai rugi-rugi daya sebelum dan setelah perbaikan. Dengan mengetahui nilai dari rugi-rugi daya, sehingga akan terlihat seberapa besar rugi energi yang tidak terpakai jika nilai faktor daya di bawah 0,85.

Grafik perbandingan rugi-rugi daya sebelum dan setelah diperbaiki dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4. 9 Grafik Perhitungan Nilai Rugi – rugi Daya



Gambar 4. 10 Grafik Perhitungan Nilai Rugi Energi

Tarif dasar listrik PIN 2021 dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Tarif Dasar Listrik PLN 2021

No.	Daya Listrik	Tarif Dasar Listrik
1.	450 VA (Subsidi)	Rp169/kwh
2.	900 VA (Subsidi)	Rp274/kwh
3.	900 VA (Non Subsidi)	Rp1.352/kwh
4.	1300 VA (Non Subsidi)	Rp1444,70/kwh
5.	2200 VA (Non Subsidi)	Rp1444,70/kwh
6.	3500 s.d 5500 VA (Non Subsidi)	Rp1444,70/kwh
7.	6600 VA s.d 2200 kVA	Rp1444,70/kwh

Sumber : Tarif Daya Listrik PLN

Berdasarkan Tabel 4.18 terlihat bahwa tarif dasar listrik PLN tahun 2021. Di Rumah Sakit Nasional Diponegoro, memakai sebesar 2000 kVA, maka tarif dasar listriknyanya adalah 1.114,74/kwh. Dengan dasar tarif yang ditetapkan PLN, penulis dapat menghitung kerugian yang ditanggung pada Rumah Sakit Nasional ketika nilai cos phi di bawah 0,85.

Perhitungan kerugian biaya akhir rugi-rugi daya yang ditimbulkan:

$$\text{Hari I. Biaya Listrik} = 620 \times 1.114,74/\text{kwh} = \text{Rp}.691.138$$

$$\text{Hari II. Biaya Listrik} = 754 \times 1.114,74/\text{kwh} = \text{Rp}.840.513$$

$$\text{Hari III. Biaya Listrik} = 772 \times 1.114,74/\text{kwh} = \text{Rp}.860.579$$

$$\text{Hari IV. Biaya Listrik} = 718 \times 1.114,74/\text{kwh} = \text{Rp}.800.383$$

$$\text{Hari V. Biaya Listrik} = 712 \times 1.114,74/\text{kwh} = \text{Rp.793.694}$$

4.5 Penggunaan Kapasitor Bank

Dengan asumsi faktor daya pelanggan rendah, batas daya aktif (kW) yang dapat dipakai pelanggan akan berkurang. Batas ini akan berkurang seiring dengan penurunan nilai faktor daya dari sistem kelistrikan pelanggan. Karena penurunan nilai faktor daya, beberapa masalah akan muncul, antara lain:

1. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR.
2. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi.
3. Mutu listrik menjadi rendah akibat jatuh tegangan.

Kapasitor yang akan digunakan untuk meningkatkan nilai faktor daya dipasang secara paralel dengan rangkaian beban. Dengan memanfaatkan kapasitor jenis kapasitor variabel, dimana kapasitor jenis ini nilai kapasitansinya dapat diubah-ubah atau diatur. Pada saat rangkaian diberi tegangan, elektron akan mengalir ke kapasitor. Pada saat kapasitor dibebani elektron, tegangan akan berubah dan elektron akan keluar dari kapasitor dan mengalir ke rangkaian yang membutuhkannya, maka disekitar itulah kapasitor akan menghasilkan daya reaktif. Jika tegangan yang diubah kembali normal seperti biasa, kapasitor akan menyimpan elektron sekali lagi. Pada saat kapasitor melepaskan elektron (I_c) hal ini menunjukkan bahwa kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban, karena beban bersifat induktif (+) dan daya reaktif (-) sehingga daya reaktif kecil.

Manfaat yang diperoleh dengan memperbesar nilai faktor daya antara lain:

1. Menghilangkan denda PLN atas kelebihan pemakaian daya reaktif
2. Penurunan pemakaian arus total dengan alasan penggunaan kVA lebih mendekati kW yang digunakan, selanjutnya pemakaian energi listrik akan lebih efisien.

3. Memberikan daya tambahan yang dapat diakses oleh trafo sehingga trafo tidak kelebihan beban.
4. Mengurangi jatuh tegangan.
5. Menaikkan daya pakai pada alat-alat produksi.
6. Terhindar dari kenaikan suhu pada kabel penghubung sehingga mengurangi rugi-rugi daya.

Dengan demikian, pemilihan model kapasitor yang tepat ialah dengan memilih model pemasangan kapasitor terpusat, karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu:

1. Daya reaktif (kVAR) dikompensasi secara terpusat dan menyeluruh.
2. Dapat digunakan untuk mengkompensasi daya terus menerus.
3. Menghemat penggunaan ruang, mudah dipasang dan juga biaya pemasangan rendah.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Mengingat hasil analisa dari bab sebelumnya, penulis dapat mencapai kesimpulan seperti berikut ini:

1. Memperbaiki nilai faktor daya pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang dengan melakukan pengukuran dan perhitungan yang sudah diketahui, maka penulis melakukan perbaikan faktor daya menjadi 0,95.
2. Rugi-rugi daya pada Rumah Sakit Naaional Diponegoro Semarang dapat diminimalisasi dengan melakukan penempatan sebuah kapasitor dengan memperhitungkan daya reaktif yang akan dipasang.
3. Pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang nilai $\cos \varphi$ rata-rata yaitu 0,82 dan nilai $\cos \varphi$ setelah dilakukan perbaikan nilai rata-rata 0,95.
4. Hasil kompensasi daya reaktif setelah dilakukan perbaikan, nilai tertinggi yakni 53,7407 kVAR. Maka besarnya kompesasi untuk perbaikan faktor daya 0,95 adalah 50 kVAR. Untuk memasang kapasitor bank pada jaringan listrik dipakai PFR (*Power Factor Controller*) 5 step dengan 1 step dibutuhkan 10 kVAR.
5. Metode yang dipakai adalah Fasa-Netral yang disambung paralel

5.2 Saran

Saran yang dapat dirangkum oleh penulis yaitu berupa:

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat menjadi acuan untuk lebih dilakukan penghematan biaya listrik bagi konsumen listrik.
2. Pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro agar lebih mudah mengikuti keadaan faktor daya, karena dengan mempertahankan nilai faktor daya dapat menghemat penggunaan daya listrik sehingga dapat meningkatkan proses produksi di rumah sakit.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. U. Ulya, “Analisis Dan Simulasi Pengaruh Pemasangan Capacitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Simulink Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pt. Bogowonto Primalaras,” *MEDIA Elektr.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [2] M. Darusman, “Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan di PT. EPI (Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak,” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [3] S. Handriyani, A. Soeprijanto, and S. Anam, “Analisa Perbaikan Faktor Daya Untuk Penghematan Biaya Listrik Di Kud Tani Mulyo Lamongan,” *Surabaya ITS Libr.*, 2012.
- [4] R. P. Syawal, “Analisa Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya (Studi Kasus Gardu Distribusi Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo),” *Tugas Akhir. Kendari*, 2015.
- [5] A. Rochim, “Perbaikan Faktor Daya Listrik Dengan Kapasitor Bank Di Greeting Stone Laundry,” Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2015.

LAMPIRAN

Data pada Main Distribution Panel (MDP)**1. Hari Pertama****Tabel 4. 19** Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Altif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	182,9	186	186	32	34,2	16,9	39,8	40,8	20,6	217	218	210	0,8	0,8	0,8
10.00	170	190	184	32,3	35	33,5	37,0	41,6	40,2	217	218	218	0,8	0,8	0,8
11.00	184	186	187	32,3	34	34,5	40,1	40,7	41	217	218	218	0,8	0,8	0,8
12.00	201	190	203	35,3	32,8	37,4	44,6	42,4	45,2	221	223	222	0,7	0,7	0,8
13.00	189,6	192	191,6	32,8	34,9	34,7	41,5	42,4	42,1	219	220	219	0,7	0,8	0,8
14.00	180	186	181	31	34,2	32,7	39,9	41,6	40,3	221	222	222	0,7	0,8	0,8
15.00	177	180	181	30,3	32,5	32,6	39,5	40,3	40,3	222	223	222	0,7	0,8	0,8
16.00	180	182	181	20,8	25,3	13,4	25,6	24	14,5	223	224	223	0,8	0,9	0,9
17.00	182	184	180	18,6	21,2	20,1	23	25,1	24,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8

2. Hari Kedua**Tabel 4. 2** Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	178,7	173,2	173,5	32,13	32,3	32,6	39,63	38,5	38,5	221	222	222	0,8	0,8	0,8
10.00	177,2	170	174,1	31,7	31,7	32,8	39,2	37,8	38,6	221	222	222	0,8	0,8	0,8
11.00	175	171	174	36,3	31,9	32,9	39,0	38,1	38,88	222	222	222	0,8	0,8	0,8
12.00	174,9	170	184	31,25	31,8	33,0	38,88	38,0	38,9	222	223	222	0,8	0,8	0,8

13.00	174	171	186	31,1	32,3	32,9	38,8	38,3	38,8	22 2	22 3	22 2	0, 8	0,8 4	0,8 4
14.00	184, 7	180	183	33,0 4	33,7 5	34,4 3	41,0 4	40,3 3	40,7 5	22 2	22 2	22 2	0, 8	0,8 3	0,8 4
15.00	178	180	180	30,4	32,6	32,8	38,5	41,3	41,3	22 1	22 2	22 3	0, 7	0,8	0,8
16.00	182	180	181	25,3	26,7	28	27	20	19,5	22 3	22 4	22 3	0, 8	0,9	0,9
17.00	190	194	190	28,6	21,6	21,2	25	28,1	24,3	22 1	22 2	22 3	0, 8	0,8	0,9

3. Hari Ketiga

Tabel 4. 3 Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	187	189	189	32,5	34,8	34,5	41,4	42,4	41,9	221	222	221	0,8	0,8	0,8
10.00	176	190	194	34,3	35,7	35,2	43,5	43,9	43,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8
11.00	182	183	184	33,5	34,8	34,6	42,9	43,4	42,8	223	224	223	0,8	0,8	0,8
12.00	191	192	192	32,9	33,1	33,3	42,0	43,1	42,6	220	222	221	0,7	0,9	0,9
13.00	189	196	187	31,8	33,5	33,9	40,6	41,1	41,2	220	220	220	0,7	0,8	0,8
14.00	183	187	183	31,5	33,7	33,0	40,5	41,5	40,5	220	221	220	0,7	0,8	0,8
15.00	178	183	182	30,8	33,0	33,0	40,0	40,9	40,7	222	223	223	0,7	0,8	0,8
16.00	180	181	183	29,9	32,0	31,2	38,5	39,6	38,6	222	223	223	0,7	0,8	0,8
17.00	182	186	184	30,0	31,8	31,4	38,7	39,5	38,5	222	223	223	0,7	0,8	0,8

4. Hari Keempat

Tabel 4. 4 Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	187	189	189	32,5	34,8	34,5	41,4	42,4	41,9	221	222	221	0,8	0,8	0,8
10.00	176	190	194	34,3	35,7	35,2	43,5	43,9	43,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8
11.00	182	183	184	33,5	34,8	34,6	42,9	43,4	42,8	223	224	223	0,8	0,8	0,8
12.00	191	192	192	32,9	33,1	33,3	42,0	43,1	42,6	220	222	221	0,7	0,9	0,9
13.00	189	196	187	31,8	33,5	33,9	40,6	41,1	41,2	220	220	220	0,7	0,8	0,8
14.00	183	187	183	31,5	33,7	33,0	40,5	41,5	40,5	220	221	220	0,7	0,8	0,8
15.00	178	183	182	30,8	33,0	33,0	40,0	40,9	40,7	222	223	223	0,7	0,8	0,8
16.00	180	181	183	29,9	32,0	31,2	38,5	39,6	38,6	222	223	223	0,7	0,8	0,8
17.00	182	186	184	30,0	31,8	31,4	38,7	39,5	38,5	222	223	223	0,7	0,8	0,8

5. Hari Kelima

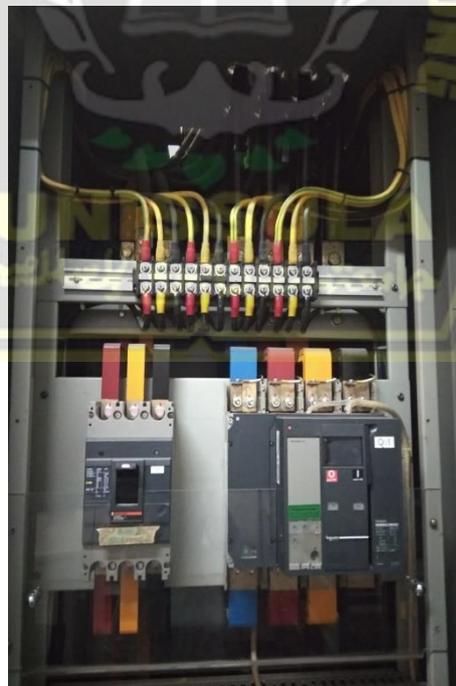
Tabel 4. 5 Arus, Tegangan 3 Phase, Daya Aktif, Daya Semu, dan Cos Phi

Waktu	Arus (I)			Daya Aktif (Kw)			Daya Semu (Kva)			Tegangan (V)			Cos Phi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00	187	189	189	32,5	34,8	34,5	41,4	42,4	41,9	221	222	221	0,8	0,8	0,8
10.00	176	190	194	34,3	35,7	35,2	43,5	43,9	43,2	221	223	222	0,8	0,8	0,8
11.00	182	183	184	33,5	34,8	34,6	42,9	43,4	42,8	223	224	223	0,8	0,8	0,8
12.00	191	192	192	32,9	33,1	33,3	42,0	43,1	42,6	220	222	221	0,7	0,9	0,9
13.00	189	196	187	31,8	33,5	33,9	40,6	41,1	41,2	220	220	220	0,7	0,8	0,8
14.00	183	187	183	31,5	33,7	33,0	40,5	41,5	40,5	220	221	220	0,7	0,8	0,8
15.00	178	183	182	30,8	33,0	33,0	40,0	40,9	40,7	222	223	223	0,7	0,8	0,8
16.00	180	181	183	29,9	32,0	31,2	38,5	39,6	38,6	222	223	223	0,7	0,8	0,8
17.00	182	186	184	30,0	31,8	31,4	38,7	39,5	38,5	222	223	223	0,7	0,8	0,8

Pengukuran Panel MDP



Panel MDP



Alat Ukur

