

**ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA DI PABRIK
SPINNING MILLS (PT SCS) TANGERANG SELATAN**



**MISBAH AMRULLAH
5115111695**

**Skripsi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2015**

HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Drs. Darvanto, M.T.</u> (Dosen Pembimbing I)
<u>Drs. Readysal Monantun</u> (Dosen Pembimbing II)

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
<u>Drs. Purwanto G, M.T.</u> (Ketua Penguji)
<u>Masus Subekti, M.T.</u> (Dosen Penguji)
<u>Drs. Irzan Zakir, M.Pd</u> (Dosen Ahli)

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah hasil asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 27 Juli 2015
Yang membuat pernyataan,

materai 6.000

Misbah Amrullah
5115111695

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan laporan penelitian “Analisis Perbaikan Faktor Daya di Pabrik *Spinning Mills* (PT SCS) Tangerang Selatan” ini dapat terselesaikan dengan baik, dan tidak lupa shalawat dan salam untuk junjungan Nabi Muhammad SAW. yang membawa umatnya menuju jalan yang lurus.

Penelitian ini merupakan wujud dari penyempurnaan Tri Dharma Perguruan Tinggi dan merupakan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektro pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan Maret 2015 sampai Juni 2015 bertempat di pabrik PT Sinar Central Sandang, Tangerang Selatan

Dalam merencanakan, menyusun dan menyelesaikan penelitian ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan motivasi serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Wisnu Djatmiko, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Drs. Readysal Monantun, selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing II.
3. Bapak Drs. Dayanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Tatang Sudirman selaku kepala pabrik PT SCS.
5. Saudari Kusuma W. yang membantu penulis selama penelitian di pabrik PT SCS dalam mengumpulkan data dan menjalin komunikasi dengan pihak pengelola pabrik.
6. Karyawan dan pihak keamanan PT SCS.
7. Ustad-ustad Pondok Pesantren Sulaimaniyyah yang selalu membimbing penulis selama 4 tahun masa kuliah.
8. Teman-teman di Asrama Sulaimaniyyah UICCI yang selalu menjadi motivator, kawan, saingan, dan tempat bertukar pikiran bagi penulis.
9. Saudara M. Azizil dan Andriawan yang menyediakan tempat untuk penulis mengetik Skripsi ini
10. Saudara Paulus Sihombing yang mengajari penulis program ETAP 7.0
11. Kawan-kawan Warmot yang selalu hadir sebagai teman seperjuangan semasa kuliah.
12. Staf administrasi jurusan teknik elektro yang telah membantu penulis dalam pemberkasan.
13. Rekan – rekan Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta, selaku teman dan sahabat yang selalu memberikan motivasi kepada penulis.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya ditujukan kepada orang tua penulis yang telah membantu baik materil maupun non-materil sehingga selesainya skripsi yang penulis kerjakan.

Penulis merasa masih memiliki kekurangan dalam laporan penelitian ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dengan harapan akan lebih baik lagi di masa yang akan datang. Semoga penelitian yang telah penulis lakukan dapat bermanfaat untuk masyarakat.

Jakarta, 27 Juli 2015

Misbah Amrullah
NIM 5115111695

ABSTRAK

Misbah Amrullah. **ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA DI PABRIK *SPINNING MILLS* (PT SCS) TANGERANG SELATAN**. Skripsi. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. 2015. Pembimbing Drs. Daryanto, M.T. dan Drs. Readysal Monantun.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ukuran kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya yang ada di pabrik industri pemintalan benang. Pabrik pemintalan benang memiliki banyak beban induktif untuk menunjang proses produksinya. Besarnya daya reaktansi induktif dari beban-beban listrik tersebut dapat mengakibatkan pergeseran fasa menjadi *lagging*. Dalam kondisi *lagging*, arus akan tertinggal dari tegangan. Hal ini akan mengakibatkan berkurangnya faktor daya. Dampaknya adalah daya total (kVA) akan semakin meningkat.

Penelitian dilakukan di pabrik pemintalan PT Sinar Central Sandang, Tangerang Selatan, Banten pada bulan Maret-Juni 2015. Metode yang digunakan adalah studi kasus untuk mengetahui secara terperinci permasalahan yang ada di pabrik agar bisa menjadi pertimbangan untuk menentukan ukuran kapasitor yang sesuai. Instrumen penelitian yang digunakan berupa tabel instrumen pengamatan beban listrik terpasang, panel *Capacitor Bank* dan AMR (*Automatic Meter Reading*).

Berdasarkan hasil penelitian, total beban listrik terpasang di pabrik adalah sebesar 7.144,34 kW dengan penggunaan rata-rata perjam nya 42% dari beban maksimum. Dengan penggunaan *Capacitor Bank* saat ini dengan kompensasi total 2.360 kVAR, rata-rata faktor daya di pabrik adalah 0,89. Peningkatan faktor daya yang diharapkan dari 0,88 menjadi 0,99 memerlukan penambahan *Capacitor Bank* sebesar 1.200 kVAR.

Penambahan *Capacitor Bank* dapat menurunkan total daya (kVA) yang ada di Pabrik. Dengan demikian, pabrik dapat menghemat penggunaan energi listrik sebesar 342,87 kVA dan biaya pembayaran listrik tiap bulannya akan berkurang Rp 274.829.577.

Kata Kunci : Faktor daya, kapasitor bank dan daya reaktif

ABSTRACT

Misbah Amrullah. **ANALYSIS OF POWER FACTOR IMPROVEMENT IN SPINNING MILLS FACTORY (PT SCS) SOUTH TANGERANG**. Skripsi. Jakarta: Study Program Education of Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta. 2015. Advisor Drs. Daryanto, M.T. and Drs. Readysal Monantun.

This study aims to determine the size of the capacitor is needed to improve the power factor in industrial yarn spinning plant. Yarn spinning mills have a lot of inductive load to support the production process. The magnitude of the inductive reactance power electrical loads can result into a lagging phase shift. Under conditions of lagging, the current lags behind the voltage. This will result in reduced power factor. The impact is the total power (kVA) will increase.

The study was conducted at a spinning mill PT Sinar Central Sandang, South Tangerang, Banten in March-June 2015. The method used is a case study to find out in detail the problems that exist in the plant in order to be considered to determine the appropriate size of the capacitor. The research instrument used in the form of tables observation instruments installed electrical load, the panel Capacitor Bank and AMR (Automatic Meter Reading).

Based on the results of the study, the total electrical load installed in the factory amounted to 7144.34 kW with an average hourly use of its 42% of the maximum load. With the use of Capacitor Bank today with a total of 2,360 KVAR compensation, the average power factor at the factory is 0.89. The expected increase in power factor of 0.88 to 0.99 requires the addition of 1,200 KVAR Capacitor Bank.

Every additional Capacitor Bank can lower the total power (kVA) in the factory. Thus, the plant can save electrical energy usage and costs amounted to 342,87 kVA electric bill each month will be reduced by Rp 274.829.577.

Key Word : Power factor, Capacitor Bank and Reactive power

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Perumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	5
1.6. Kegunaan Penelitian.....	5
BAB II KERANGKA TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR.....	6
2.1. Kerangka Teoritik.....	6
2.1.1. Profil PT Sinar Central Sandang (SCS).....	6
2.1.2. Faktor Daya	9
2.1.3. Elemen Pasif Listrik	13
2.1.4. Daya Listrik	23
2.1.5. Pengukuran Daya dan Faktor Daya	25
2.1.6. Bank Kapasitor (<i>Capacitor Bank</i>)	28
2.1.7. Pengaruh Bank Kapasitor Terhadap Daya Listrik	34
2.1.8. Penentuan Daya Reaktif Kapasitor	38
2.1.9. Penempatan Kapasitor	40
2.1.10. Aplikasi Etap	43
2.2. Kerangka Berpikir	45
BAB III METODE PENELITIAN	47

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	47
3.2. Metodologi Penelitian	47
3.3. Prosedur Penelitian.....	48
3.3.1. Kajian Teori.....	48
3.3.2. Pengambilan Data.....	49
3.3.3. Analisis Data.....	50
3.4. Instrumen Penelitian.....	50
3.5. Kriteria Pengambilan Data	53
3.7. Teknik Analisis Data	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1. Deskripsi Data	55
4.1.1. Distribusi Listrik di Pabrik PT SCS	55
4.1.2. Hasil Pengamatan <i>Capacitor Bank</i>	63
4.1.3. Hasil Pengamatan AMR (<i>Automatic Meter Reading</i>)	65
4.1.4. Hasil Pengamatan Beban Terpasang	74
4.2. Pembahasan Penelitian.....	77
4.2.1. Pemakaian Daya Listrik.....	77
4.2.2. Faktor Daya saat ini	78
4.2.3. Simulasi Etap 7.0.....	82
4.2.4. Kompensasi Penambahan <i>Capacitor Bank</i>	83
4.2.5. Penghematan Biaya Energi Listrik	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	90
5.1. Kesimpulan.....	90
5.2. Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Beban Listri PT SCS Patal I.....	7
Tabel 2.2. Beban Listri PT SCS Patal II	8
Tabel 2.3. Faktor $f = \tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$	37
Tabel 3.1. Instrumen Beban Listrik Pabrik SCS	51
Tabel 3.2. Instrumen Pengamatan <i>Capacitor Bank</i>	51
Tabel 3.3. Instrumen Pembacaan AMR	52
Tabel 4.1. Instrumen Pengamatan <i>Capacitor Bank</i>	64
Tabel 4.2. Instrumen Pengamatan AMR , 11 Juni 2015	66
Tabel 4.3. Instrumen Pengamatan AMR , 12 Juni 2015	67
Tabel 4.4. Instrumen Pengamatan AMR , 13 Juni 2015	68
Tabel 4.5. Instrumen Pengamatan AMR , 14 Juni 2015	69
Tabel 4.6. Instrumen Pengamatan AMR , 15 Juni 2015	70
Tabel 4.7. Instrumen Pengamatan AMR , 16 Juni 2015	71
Tabel 4.8. Instrumen Pengamatan AMR , 17 Juni 2015	72
Tabel 4.9. Instrumen Pendataan Beban Listrik Patal I.....	74
Tabel 4.10. Instrumen Pendataan Beban Listrik Patal II	75
Tabel 4.11. Instrumen Pendataan Beban Listrik <i>Twisting</i>	76
Tabel 4.12. Rekapitulasi Penggunaan Listrik	77
Tabel 4.13. Rekapitulasi Faktor Daya Pabrik	78
Tabel 4.14. Penambahan Kompensasi Kapasitor Bank	86
Tabel 4.15. Biaya Pengadaan Panel <i>Capacitor Bank</i>	88

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. (a) Gelombang Sinusoidal dan (b) Diagram Fasor Arus Sephasa Dengan Tegangan	11
Gambar 2.2. (a) Gelombang Sinusoidal dan (b) Diagram Arus Tertinggal Dari Tegangan Sebesar Sudut ϕ	11
Gambar 2.3. (a) Gelombang Sinusoidal dan (b) Diagram Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ	12
Gambar 2.4. Simbol Resistor	13
Gambar 2.5. Resistor Kawat	14
Gambar 2.6. Resistor Karbon	15
Gambar 2.7. Resistor Keramik	15
Gambar 2.8. Resistor Karbon	16
Gambar 2.9. Resistor Film	16
Gambar 2.10. Potensiometer	17
Gambar 2.11. Tripot	18
Gambar 2.12. NTC dan PTC	18
Gambar 2.13. LDR	19
Gambar 2.14. Simbol Induktor	20
Gambar 2.15. Simbol Kapasitor	21
Gambar 2.16. Diagram Fasor Daya	24
Gambar 2.17. Sambungan Dua Wattmeter	26
Gambar 2.18. Diagram Fasor untuk Metode Dua Wattmeter	27
Gambar 2.19. Single Kapasitor	29
Gambar 2.20. Kapasitor Hubung Seri	30
Gambar 2.21. Kapasitor Hubung Paralel	31
Gambar 2.22. (a) Diagram Tunggal Kapasitor Shunt (b) Grafik Pengaruh Kapasitor Shunt Terhadap Pengurangan Daya Reaktif	34
Gambar 2.23. Pemasangan Kapasitor Pada Rangkaian Satu Fasa	38
Gambar 2.24. Kapasitor Hubung Segitiga Pada Rangkaian 3 Fasa	39
Gambar 2.25. Kapasitor Hubung Bintang Pada Rangkaian 3 Fasa	39

Gambar 2.26. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank	40
Gambar 3.1. Prosedur Penelitian.....	48
Gambar 4.1. <i>Single Line Diagram</i> Gardu Distribusi Patal I	55
Gambar 4.2. <i>Single Line Diagram</i> Jalur Distribusi LVMDP1 Patal I	57
Gambar 4.3. <i>Single Line Diagram</i> Jalur Distribusi LVMDP2 Patal I	58
Gambar 4.4. <i>Single Line Diagram</i> Gardu Distribusi Patal II.....	59
Gambar 4.5. <i>Single Line Diagram</i> Jalur Distribusi LVMDP1 Patal II	60
Gambar 4.6. <i>Single Line Diagram</i> Jalur Distribusi LVMDP2 Patal II	62
Gambar 4.7. <i>Single Line Diagram</i> Gardu Distribusi Twisting	63
Gambar 4.8. <i>Single Line Diagram</i> Jalur Distribusi LVMDP Twisting	64
Gambar 4.9. Grafik Daya Tiap Fasa pada 11 Juni 2015	66
Gambar 4.10. Grafik Daya Tiap Fasa pada 12 Juni 2015	67
Gambar 4.11. Grafik Daya Tiap Fasa pada 13 Juni 2015	68
Gambar 4.12. Grafik Daya Tiap Fasa pada 14 Juni 2015	69
Gambar 4.13. Grafik Daya Tiap Fasa pada 15 Juni 2015	70
Gambar 4.14. Grafik Daya Tiap Fasa pada 16 Juni 2015	71
Gambar 4.15. Grafik Daya Tiap Fasa pada 17 Juni 2015	72
Gambar 4.16. Diagram Fasor pada Faktor Daya Minimum.....	79
Gambar 4.17. Diagram Fasor pada Faktor Daya Rata-rata	80
Gambar 4.18 Diagram Fasor pada Faktor Daya Maksimum	81
Gambar 4.19. Diagram Simulasi Etap 7.0 Jaringan Pabrik	82
Gambar 4.20. Diagram Fasor Setelah Diperbaiki pada PF Minimum	84
Gambar 4.21. Diagram Fasor Setelah Diperbaiki pada PF Rata-rata	85
Gambar 4.22. Diagram Fasor Setelah Diperbaiki pada PF Maksimum.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Profil PT SCS	93
Lampiran 2. Tarif Listrik Juni 2015	97
Lampiran 3. Surat Ijin Penelitian	98
Lampiran 4. Surat Keterangan Penelitian	99
Lampiran 5. Wawancara Pendahuluan.....	100
Lampiran 6. Foto Dokumentasi.....	101

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Penggunaan energi listrik harus dilakukan secara efisien. Konsumsi yang berlebihan dapat menyebabkan pemborosan energi. Kerugian atas penggunaan energi yang berlebihan tidak hanya diterima oleh produsen listrik, namun juga konsumen yang menggunakan listrik. Saat kebutuhan energi listrik meningkat, dari pihak produsen harus bisa menambah sumber energi dan mengatur sistem pembangkitan listrik dan sistem transmisinya. Sedangkan kerugian yang dialami konsumen yaitu pembayaran listrik yang melonjak akibat penggunaan yang berlebihan serta pemadaman bergilir karena kurangnya sumber energi listrik.

Penghematan energi listrik sudah sewajarnya dilakukan oleh setiap konsumen, terutama konsumen listrik berskala besar seperti pabrik industri. Penggunaan listrik di pabrik-pabrik industri terbilang besar karena mereka menggunakan mesin-mesin produksi yang membutuhkan energi listrik yang tidak sedikit. Dengan memaksimalkan efisiensi daya listrik yang dilakukan di pabrik industri tentunya dapat menghemat energi listrik dalam jumlah besar.

PT SINAR CENTRAL SANDANG (SCS) merupakan pabrik yang bergerak dibidang tekstil *spinning mills*. Pabrik ini adalah anak perusahaan PT SRITEX INDONESIA yang merupakan pabrik tekstil terbesar di indonesia yang berlokasi di Solo. Sedangkan PT SCS sendiri berlokasi di Serpong, Tangerang Selatan. Hasil produksi dari PT SCS berupa gulungan benang yang nantinya akan diekspor ke Jepang.

Pabrik SCS memiliki daya terpasang sebesar 4.550 kVA untuk menunjang proses produksi. Daya sebesar itu digunakan untuk menjalankan mesin-mesin produksi dan mesin-mesin *auxiliary* yang pada umumnya merupakan pengaplikasian dari motor tiga fasa. Selain menggunakan daya aktif yang besar, mesin-mesin tersebut juga memerlukan suplai daya reaktif. Hal ini menyebabkan pergeseran sudut fasa sehingga arus tertinggal dari tegangan (*lagging*) yang mengakibatkan meningkatnya faktor daya dan daya semu (kVA).

Berdasarkan pengamatan AMR (Automatic Meter Reading) PT SCS, hari Jum'at 22 Mei 2015 pukul 07.00, pembacaan menunjukkan daya sebesar 3.708 kVA dengan faktor daya sebesar 0,89 (*lagging*).¹ Dilihat dari pembacaan tersebut, maka daya reaktif yang ada pada saat itu sebesar 1.690,70 kVAR. Perbedaan daya aktif dan daya semu masih sangat besar karena faktor daya yang masih rendah dan jauh dari ideal.

Pada awal didirikan, kelistrikan pabrik ini didisain untuk bisa memberikan nilai faktor daya sebesar 0,97, namun hal ini berubah menjadi kisaran 0,89 karena terjadi beberapa kerusakan pada kapasitor di panel *capacitor bank*. Kurangnya tenaga ahli yang mengerti mengenai *capacitor bank* membuat minimnya pengawasan dan perawatan terhadap *capacitor bank*. Bahkan saat ini ada beberapa kapasitor yang telah terbakar dan terputus fusnya di pabrik bagian patal II, namun belum ada perbaikan. Hal ini menyebabkan menurunnya daya reaktansi kapasitif yang disuplai oleh kapasitor sehingga daya reaktansi induktif kembali meningkat.²

¹ Data pengamatan AMR di pabrik PT SCS, PT SCS, pada tanggal 22 Mei 2015 pukul 07.00 WIB

² Wawancara dengan bapak Tatang Sudirman (Kepala Pabrik PT SCS), pada tanggal 25 April 2015 pukul 16.00 WIB

Kondisi tersebut tentunya merugikan pihak PT SCS karena harus membayar tagihan yang besar, padahal semestinya bisa dihemat dengan meningkatkan faktor daya yang ada. Lebih buruknya lagi sebagai pelanggan dengan tarif industri menengah, biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVARh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85.³

Usaha yang dapat digunakan untuk meningkatkan faktor daya salah satunya dengan pemasangan kapasitor. Kapasitor sendiri didefinisikan sebagai perangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (dielektrik) pada tiap konduktor atau yang disebut keping. Kapasitor biasanya juga disebut dengan kondensator. Pada sistem daya, kapasitor dapat menimbulkan daya reaktif yang bersifat kapasitif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan. Efeknya yaitu menambah kapasitas sistem dan mengurangi kerugian.⁴

Dalam pemasangan *capacitor bank* diperlukan perhitungan ukuran dan jenis tegangan. Kapasitor tegangan rendah dipasang pada saluran distribusi masing-masing beban untuk mengurangi kerugian sistem dan memperbaiki tegangan maupun kemampuan sistem. Dampaknya yaitu turunnya daya semu (kVA) yang dibutuhkan, kerugian daya dan tegangan lebih stabil. Keuntungan yang optimum dari kapasitor bergantung pada kedudukan kapasitor dalam sistem.⁵

Berdasarkan permasalahan perihal faktor daya di pabrik SCS, maka perlu diadakan penelitian Analisis Perbaikan Faktor Daya di Pabrik *Spinning Mills* (PT SCS).

³ PT PLN Persero, *Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik Bulan Mei 2015*, <http://www.pln.co.id/blog/tarif-tenaga-listrik/>, diakses pada tanggal 25 Mei 2015 pukul 21.30 WIB

⁴ A S Pabla, *SISTEM DISTRIBUSI DAYA LISTRIK*, Erlangga, Jakarta, 1991, hlm. 281

⁵ *Ibid.*, hlm. 288

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, masalah yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai faktor daya di pabrik SCS saat ini?
2. Faktor apa sajakah yang mempengaruhi menurunnya nilai faktor daya di pabrik SCS?
3. Bagaimanakah kondisi *capacitor bank* pada pabrik SCS saat ini?
4. Bagaimanakah penempatan kapasitor yang sesuai untuk memperbaiki faktor daya di pabrik SCS?
5. Bagaimanakah menentukan ukuran kapasitor yang sesuai untuk memperbaiki faktor daya di pabrik SCS?

1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian dapat lebih terfokus, adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Pengamatan dilakukan pada PT SINAR CENTRAL SANDANG (SCS) yang terletak di Serpong, Tangerang Selatan.
2. Kegiatan penelitian berfokus pada ukuran kapasitor yang sesuai untuk memperbaiki faktor daya di pabrik SCS.
3. Simulasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi etap 7.0

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi, pembatasan masalah yang telah dikemukakan, maka dapat dibuat suatu perumusan masalah yaitu bagaimanakah menentukan ukuran kapasitor yang sesuai untuk memperbaiki faktor daya di pabrik *spinning mills* (PT SCS)?

1.5. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan masalah yang telah dirumuskan dan diidentifikasi, maka tujuan penelitian dari pembuatan skripsi ini adalah :

1. Mengetahui ukuran kapasitor yang sesuai untuk memperbaiki faktor daya di pabrik *spinning mills* (PT SCS).
2. Mengetahui penghematan biaya listrik yang dapat dilakukan setelah penambahan kapasitor.

1.6. Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih jauh mengenai peningkatan faktor daya serta penelitian sejenis lainnya.
2. Sebagai masukan untuk pihak pengelola pabrik SCS perihal kondisi dan perbaikan sistem *capacitor bank* yang harus dilakukan pada pabrik PT SCS.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai informasi dan pengetahuan bagi masyarakat industri dalam hal peningkatan faktor daya di kawasan industri.

BAB II

KERANGKA TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR

1.7. Kerangka Teoritik

2.1.1. Profil PT Sinar Central Sandang (SCS)

PT Sinar Central Sandang (SCS) merupakan pabrik *spinning mills* yang berlokasi di Jalan Raya Serpong Km. 8, Desa Pakualam Serpong Utara, Kabupaten Tangerang Selatan, Provinsi Banten, Indonesia. PT ini telah mendapatkan BKPM *Aproval* No. 85/I/PMDN/1990 pada tanggal 23 Januari 1990 dan lisensi perusahaan (IUT-Izin Usaha Tetap) dengan *form* BKPM No. 83/T/Industri/1992 pada tanggal 29 Maret 1992.

Pabrik SCS memiliki luas sebesar 68.445 m² dengan area Patal I seluas 12.000 m², area Patal II 15.000 m² dan area Doubling & Twisting seluas 2.500 m². Pabrik ini menampung cukup banyak tenaga kerja lokal, khususnya warga yang bertempat tinggal di kawasan tangerang selatan dan sekitarnya. Daya tampung pekerja pada pabrik ini mencapai 700 orang.

Produk yang dihasilkan dari pabrik SCS berupa 100% Combed Cotton Yarn dan 100% Carded Cotton Yarn. Bahan dasar yang digunakan dalam produksi berasal dari Australia berupa *Australian Raw Cotton*. Kapasitas produksi yang mampu dilakukan oleh pabrik SCS sebanyak 3.600 Bales per bulan atau 650 ton per bulan dan sejak tahun 1991, produk yang telah dihasilkan tersebut diekspor langsung ke Jepang.

Pabrik SCS memiliki daya terpasang sebesar 4.550 kVA. Untuk menunjang proses produksinya, pabrik SCS menggunakan mesin-mesin produksi dengan

konsumsi daya listrik yang besar. Di bawah ini adalah rincian beban listrik yang ada di pabrik SCS pada awal didirikan.

Tabel 2.1. Beban Listrik PT SCS Patal I

Kelompok	Mesin	Jumlah Unit	Daya (kW)	Total (kW)
Blowing	Aux Machine		78,19	78,19
	Roving Striping	1	2,10	2,10
	Bale Press	1	5,50	5,50
Carding	Carding Machine	18	7,98	143,64
	Mc/S	18	1,58	28,44
	Filter Crosrol	3	25,05	75,15
	Vacum Cleaner	1	3,70	3,70
	Compressor	1	0,75	0,75
	Blow & card Room			5,52
Combing	Pre Drawing	3	9,6	28,8
	Lap Former	2	4,85	9,70
	Combing	16	4,48	71,60
	Drawing	6	9,60	57,6
	Vacum Cleaner			3,70
Roving	Speed Frame	6	22,08	132,48
Spinning	Spinning Frame	38	20,45	777,10
	Pneumablo	19	1,50	28,50
	Dust Colector	2	2,20	4,40
	Roller Room			2,90
	Cleaner Roll			2,8
Winding	Winding Machine	6	30,13	180,78
	Bobbin Striping		0,75	0,75
Compressor	Compressor Machine	2	22,0	44,0
Lighting				87,18
AC for Office				13,50
AC for Diesel				3,75

Tabel 2.1. (Lanjutan)

Kelompok	Jumlah Unit	Daya (kW)	Total (kW)
Pump Solar			1,50
Pump Sumur Hydrant			11,45
Refriculator Carrier			340,00
Condenser Pump+Cooling Water			366,99
TOTAL		2.509,95	

Tabel 2.2. Beban Listrik PT SCS Patal II

Kelompok	Mesin	Jumlah Unit	Daya (kW)	Total (kW)
Blowing	All Machines	2	65,41	130,82
	Bale Press	1	7,50	7,50
Carding	Carding Machine + Chute Feed System	29	15,56	451,24
Drawing	Pre Drawing	4	2,74	10,96
	Lap Former	4	4,85	19,40
	Stripping Roving	1	2,10	2,10
Combing	Combing Machines	20	4,94	98,80
	Bale Press Luwa	1	5,50	5,50
Roving	Speed RME Frame	10	23,15	231,50
	Drawing A	5	9,89	49,45
	Drawing B	5	13,70	13,70
FDA	FDA			10,10
Spinning	Spinning Frame + Pneumablo	30	42,50	1.275,00
Winding	Winding Machine	12	14,38	172,56
	Blower	5	30,00	150,00
Compressor	Compressor Machine			88,00
Chiller	Chiller Machine	2	325	650,00
	Refrigerating Plant			111,00

Tabel 2.2. (Lanjutan)

Kelompok	Mesin	Jumlah Unit	Daya (kW)	Total (kW)
AC	AC I			392,19
	AC II + Bale Press			168,53
	AC III			216,39
	AC IV			47,08
Lighting	Twisting Lighting			144,00
	Defensor + AC Laborat			9,49
Twister	Twister Machine	8	22	176,00
	Double Winder Machine	1	5,40	5,40
	Knitting Machine	2	5,50	11,00
TOTAL		4.647,71		

Berdasarkan tabel di atas, maka beban yang ada di pabrik SCS terbagi menjadi dua yaitu pada PATAL I dan pada PATAL II. Sehingga total daya yang dimiliki merupakan akumulasi dari kedua area tersebut yaitu sebesar 7.157,66 kW. Saat ini ada beberapa beban yang sudah tidak aktif digunakan sehingga perkiraan daya aktif yang dikonsumsi pabrik berkisar di bawah angka tersebut.

2.1.2. Faktor Daya

Faktor daya diekspresikan dengan nilai berkisar antara 0 dan 1.0. Faktor daya 1.0 menunjukkan tanpa daya reaktif faktor daya lebih kecil dari 0.9 dianggap jelek karena memiliki banyak beban reaktif. Faktor daya rendah yang umumnya lebih kecil dari 0.9, berimplikasi terhadap konsumsi daya reaktif yang tinggi pada gilirannya menyebabkan daya semu yang cukup besar sehingga menyebabkan

lonjakan tagihan rekening listrik yang dilakukan oleh PLN. Faktor daya bervariasi tergantung kepada gawai listrik yang disambungkan.

Faktor daya yang dinotasikan sebagai $\cos \varphi$ didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). Faktor daya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.1)^6$$

Keterangan : $\cos \varphi$ = faktor daya

P = Daya aktif (Watt)

S = Daya semu (VA)

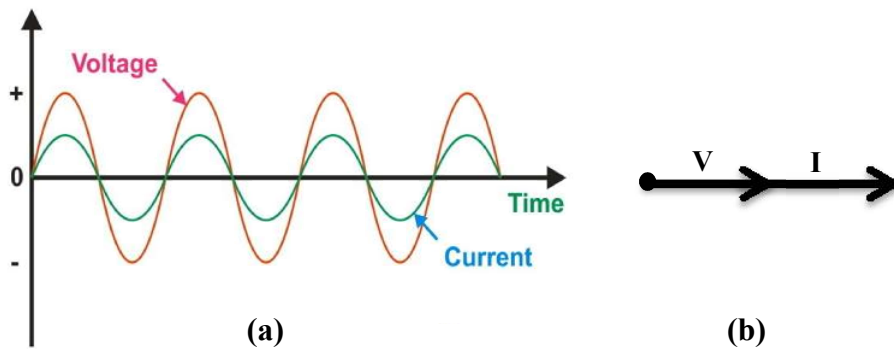
Nilai faktor daya ($\cos \varphi$) yang besar, membawa pengaruh baik pada jaringan primer maupun sekunder. Makin besar daya reaktif suatu beban, maka makin kecil pula faktor dayanya. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

Dalam sistem tenaga listrik dikenal 3 jenis faktor daya yaitu faktor daya unity, faktor daya terbelakang (*lagging*) dan faktor daya terdahulu (*leading*) yang ditentukan oleh jenis beban yang ada pada sistem.

⁶ Pieter Riese, *Manual of Power Factor Correction* (Tenigen : Frako, 2012), p.9

2.1.6.1. Faktor Daya *Unity*

Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu dan tegangan sephasa dengan arus. Faktor daya *Unity* akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.



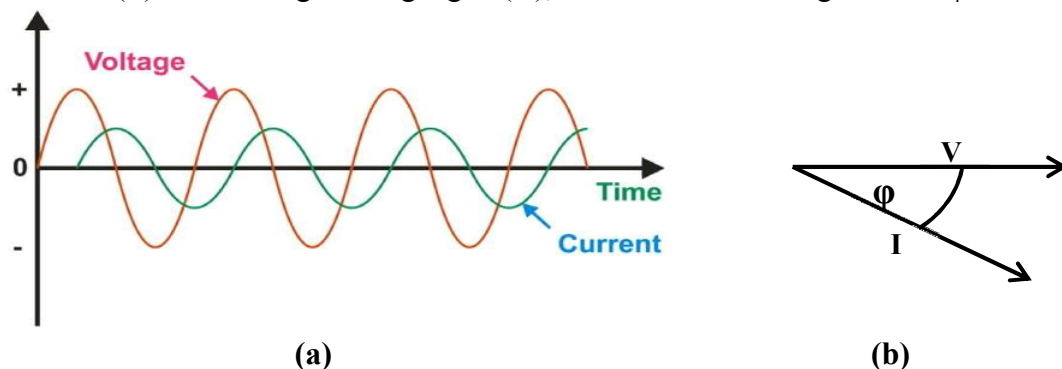
Gambar 2.1. (a) Gelombang Sunusioda dan (b) Diagra Fasor Arus Sephase Dengan Tegangan

Pada Gambar terlihat nilai $\cos \phi$ sama dengan 1, yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

2.1.6.2. Faktor Daya Terbelakang (*Lagging*)

Faktor daya terbelakang (*lagging*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif.
2. Arus (I) terbelakang dari tegangan (V), V mendahului I dengan sudut ϕ



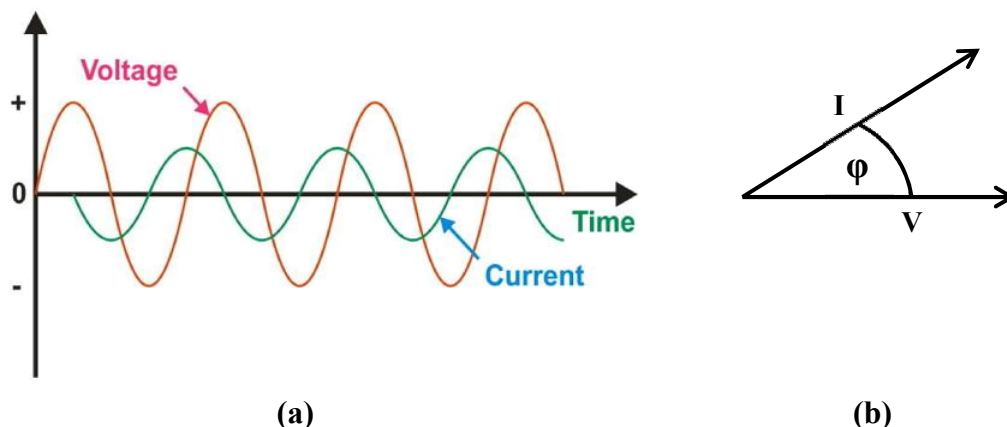
Gambar 2.2. (a) Gelombang Sunusioda dan (b) Diagram Arus Tertinggal Dari Tegangan Sebesar Sudut ϕ

Dari Gambar terlihat bahwa arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya semu, berarti beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari sistem.

2.1.6.3. Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

Faktor daya mendahului (*leading*) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi sebagai berikut :

1. Beban/ peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
2. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut ϕ



Gambar 2.3. (a) Gelombang Sinusoida dan (b) Diagram Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ

Dari Gambar terlihat bahwa arus mendahului tegangan maka daya reaktif tertinggal dari daya semu, berarti beban memberikan daya reaktif kepada sistem.

Penyebab faktor daya rendah dapat dilihat dari beberapa peralatan rumah tangga yang bersifat induktif. Hal-hal yang menyebabkan faktor daya bernilai rendah, diantaranya penggunaan beban induktif berupa, Transformator, Motor induksi, Generator induksi, dan Lampu TL.⁷

⁷ Mohamad Ramdhani, *RANGKAIAN LISTRIK* (Jakarta : Erlangga, 2008), p. 274

2.1.3. Elemen Pasif Listrik

Elemen pasif merupakan elemen listrik yang tidak bisa menghasilkan energi listrik. Elemen ini hanya mampu menerima energi dengan menyerap dan menyimpan energi tersebut. Elemen pasif terbagi menjadi resistor, induktor dan kapasitor.

2.1.3.1. Resistor

Resistor merupakan elemen pasif yang sifatnya menyerap energi. Sering juga disebut dengan tahanan, hambatan, penghantar, atau resistansi dimana resistor mempunyai fungsi sebagai penghambat arus, pembagi arus, dan pembagi tegangan. Nilai resistor tergantung dari hambatan jenis bahan resistor (tergantung dari bahan pembuatnya), panjang dari resistor dan luas penampang dari resistor itu sendiri. Secara matematis,

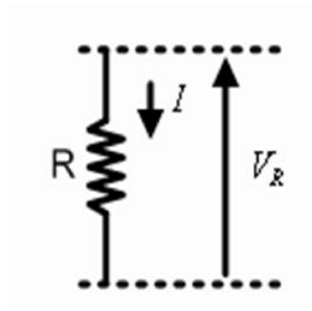
$$R = \rho \frac{l}{A} \dots\dots\dots (2.2)^8$$

keterangan : ρ = hambatan jenis (ohm m)

l = panjang dari resistor (m)

A = luas penampang (m^2)

Jika suatu resistor dilewati oleh arus maka pada kedua ujung resistor tersebut akan timbul beda potensial atau tegangan.



Gambar 2.4. Simbol Resistor

⁸ *Ibid.*, p. 41.

$$V_R = I R \dots \dots \dots (2.3)^9$$

keterangan : V_R = Tegangan pada tahanan (Volt)

I = Arus listrik (A)

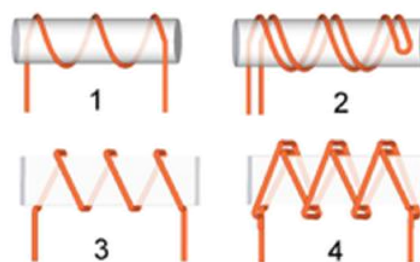
R = Tahanan (ohm)

Terdapat 2 jenis, yaitu Fixed Resistor (Resistor Tetap) dan Variable Resistor (Resistor Tidak Tetap). Dari dua jenis resistor tersebut di bagi lagi menjadi beberapa bagian, berikut ini akan kami jelaskan bagian-bagian dari kedua jenis tersebut :

1. *Fixed* Resistor

Fixed Resistor (Resistor Tetap) adalah jenis resistor yang nilainya sudah tertulis pada badan resistor dengan menggunakan kode warna ataupun angka. Resistor ini banyak digunakan sebagai penghambat arus listrik secara permanen. Fungsi dari resistor ini adalah sebagai pembatas arus yang mengalir pada lampu LED. Jenis dari fixed resistor adalah :

- Resistor Kawat



Gambar 2.5. Resistor Kawat

Resistor Kawat adalah jenis resistor yang baru pertama kali di gunakan pada saat rangkaian elektronika masih menggunakan tabung hampa. Bentuk fisik dari resistor ini bervariasi dan memiliki ukuran yang cukup besar. Karena memiliki

⁹ Mohamad Ramdhani, *loc. cit.*

resistansi yang tinggi dan tahan terhadap panas yang tinggi, resistor ini hanya dipergunakan dalam rangkaian power. Sampai saat ini, jenis yang masih di pakai adalah jenis yang memiliki lilitan kawat pada bahan keramik, kemudian di lapsi dengan bahan semen.

- Resistor Batang Karbon (Arang)



Gambar 2.6. Resistor Karbon

Resistor ini terbuat dari bahan karbon kasar yang kemudian di beri lilitan dan tanda dengan kode warna yang berbentuk gelang. Untuk dapat membaca nilai resistansi dari setiap warna gelang tersebut dapat menggunakan tabel kode warna. Jenis resistor ini terbentuk setelah adanya resistor kawat.

- Resistor Keramik



Gambar 2.7. Resistor Keramik

Dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat, khususnya di bidang elektronik. Pada saat ini telah tercipta jenis resistor yang terbuat dari bahan dasar keramik atau porselin dan dilapsi dengan kaca tipis. Karena memiliki bentuk fisik yang kecil dan juga nilai resistansi yang tinggi, resistor ini paling banyak digunakan dalam rangkaian elektronik. Rating daya yang dimiliki resistor keramik sebesar 1/4 Watt, 1/2 Watt, 1 Watt dan 2 Watt.

- Resistor Film Karbon



Gambar 2.8. Resistor Karbon

Resistor ini merupakan hasil dari pengembangan resistor batang karbon. Sejalan dengan perkemangan teknologi, telah terbentuklah resistor yang dibuat dari karbon dan dilapisi dengan bahan film yang berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar. Nilai resistansi sudah tercantum dalam bentuk tabel kode warna. Karena memiliki nilai resistansi yang tinggi dan juga bentuk fisiknya kecil, resistor ini juga banyak digunakan di dalam berbagai rangkaian elektronika. Rating daya yang dimiliki resistor ini adalah 1/4 Watt, 1/2 Watt, 1 Watt dan 2 Watt.

- Resistor Film Metal



Gambar 2.9. Resistor Film

Bentuk dari resistor film metal hampir sama dengan resistor film karbon. Hanya saja resistor ini tahan terhadap perubahan temperatur dan memiliki tingkat kepresisian yang tinggi karena nilai toleransi yang mencapai 1% atau 5%. Jika di bandingkan dengan jenis Fixed Resistor lainnya, resistor ini memiliki kepresisian

yang lebih tinggi karena memiliki 5 gelang warna bahkan ada juga yang terdapat 6 gelang warna. Resistor film metal banyak digunakan dalam rangkaian elektronika yang memiliki tingkat ketelitian tinggi, seperti alat ukur.

2. *Variable* Resistor

Variable Resistor (Resistor Tidak Tetap) adalah [jenis resistor](#) yang memiliki nilai resistansi berubah-ubah secara langsung dengan cara memutar ataupun menggeser tuas yang ada. Jenis dari Variable Resistor adalah :

- Potensiometer



Gambar 2.10. Potensiometer

Potensiometer adalah jenis variable resistor yang nilai resistansinya dapat diubah dengan cara memutar porosnya melalui tuas yang sudah di sediakan. Pada umumnya, resistor ini terbuat dari kawat atau karbon dan paling banyak digunakan dalam rangkaian elektornika. Saat ini telah banyak potensiometer yang terbuat dari bahan karbon karena memiliki ukuran yang lebih kecil dan resistansi yang cukup besar. Perubahan nilai resistansi terbagi menjadi dua, yaitu linier dan logaritmatik. Untuk mengetahui apakah potensiometer tersebut linier atau logaritmatik dapat dilihat dari huruf yang tertera pada bagian belakang. Apabila tertera huruf “B” maka potensiometer tersebut bersifat logaritmatik, sedangkan jika tertera huruf “A” maka potensiometer tersebut bersifat linier.

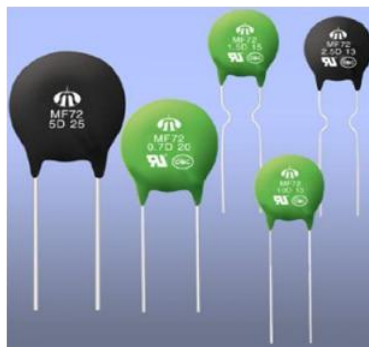
- Trimpot



Gambar 2.11. Tripot

Trimpot atau biasa di sebut Tripotensiometer adalah resistor yang nilai resistansinya dapat berubah. Sifat dan karakteristik trimpot tidak jauh berbeda dengan potensiometer, hanya saja bentuk fisik trimpot lebih kecil dibandingkan dengan potensiometer. Perubahan nilai resistansi tersebut juga dibagi menjadi 2, yaitu linier dan logaritmatik. Untuk mengubah nilai resistansi dengan cara memutar lubang tengah pada badan trimpot dengan menggunakan obeng.

- NTC dan PTC



Gambar 2.12. NTC dan PTC

NTC (Negative Temperature Coefficient) dan PTC (Positive Temperature Coefficient) merupakan resistor yang nilai resistansinya dapat berubah apabila terjadi perubahan temperatur di sekelilingnya. Nilai resistansi NTC sendiri akan naik apabila temperatur di sekelilingnya turun, Sedangkan nilai resistansi PTC akan naik jika jika temperatur di sekelilingnya naik. Kedua resiston ini paling

sering digunakan sebagai sensor karena dapat mengukur suhu atau temperatur daerah di sekelilingnya.

- LDR



Gambar 2.13. LDR

LDR (Light Dependent Resistor) merupakan resistor yang nilai resistansinya dapat berubah apabila terjadi perubahan intensitas cahaya di daerah sekelilingnya. Itu dapat terjadi karena intensitas cahaya yang besar dapat mendorong elektron untuk menembus batas-batas pada LDR. Dengan begitu, nilai resistansi akan naik jika intensitas yang diterima sedikit. Sedangkan nilai resistansi dari LDR akan turun jika intensitas cahaya yang diterima banyak. Resistor LDR sendiri banyak digunakan sebagai sensor cahaya, khususnya pada lampu taman.¹⁰

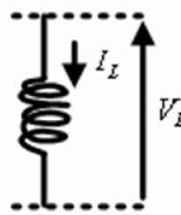
2.1.3.2. Induktor

Merupakan elemen pasif yang mampu menyerap energi dan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Disebut sebagai induktansi, lilitan, kumparan, atau belitan. Pada induktor mempunyai sifat dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet. Fungsi-fungsi Induktor atau Coil diantaranya adalah dapat menyimpan arus listrik dalam medan magnet, menapis (filter) frekuensi tertentu, menahan arus bolak-balik (AC), meneruskan arus searah (DC) dan pembangkit getaran serta melipatgandakan tegangan.

¹⁰ Komponen Elektronika, Jenis-Jenis Resistor, <http://komponenelektronika.biz/jenis-jenis-resistor.html>, diakses pada tanggal 26 Juli 2015 pukul 21.00

Nilai Induktansi sebuah Induktor (*Coil*) tergantung pada 4 faktor, diantaranya adalah semakin banyak lilitannya semakin tinggi Induktansinya, semakin besar diameternya semakin tinggi pula induktansinya, semakin pendek induktor (*Coil*) tersebut semakin tinggi induktansinya.

Arus yang mengalir pada induktor akan menghasilkan fluksi magnetik (ϕ) yang membentuk loop yang melingkupi kumparan. Dapat dirumuskan dengan,



Gambar 2.14. Simbol Induktor

$$L = \frac{N\phi}{I} \dots\dots\dots(2.4)^{11}$$

Tahanan induktor (reaktansi induktif) dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \dots\dots\dots(2.5)^{12}$$

Keterangan : L = induktor (Henry)

$N\phi$ = Fluksi Magnet (Wb)

I = Arus listrik (A)

X_L = reaktansi induktif (Ohm)

f = frekuensi (Hz)

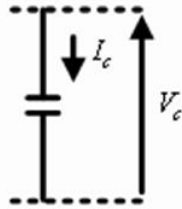
ω = kecepatan sudut (rad/s)

¹¹ *Ibid.*, p. 45.

¹² *Ibid.*, p. 270.

2.1.3.3. Kapasitor

Kapasitor merupakan elemen pasif yang menyerap energi dan menyimpan energi dalam bentuk medan listrik. Kapasitor mempunyai fungsi untuk membatasi arus DC yang mengalir pada kapasitor tersebut, dan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik. Sifat dasar kapasitor adalah menyimpan muatan listrik dan tidak dapat dilalui arus DC (*Direct Current*) tetapi dapat dilalui arus AC (*Alternating Current*) dan juga dapat berfungsi sebagai impedansi (Resistansi yang nilainya tergantung dari frekuensi).



Gambar 2.15. Simbol Kapasitor

Ada dua macam kapasitor berdasarkan kutubnya yaitu kapasitor polar dan non polar.

1. Kapasitor Polar

Jenis kapasitor ini memiliki dua kutub dan mempunyai polaritas positif/negatif. Kapasitor ini terbuat dari bahan elektrolit yang mempunyai nilai kapasitansi yang besar di bandingkan dengan kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik.

2. Kapasitor Non Polar

Jenis kapasitor ini tidak memiliki polaritas positif dan negatif pada kedua kutubnya. Kapasitor ini juga dapat kita gunakan secara berbalik. Kapasitor ini biasanya memiliki nilai kapasitansi yang kecil karena terbuat dari bahan keramik dan mika.

Nilai suatu kapasitor tergantung dari nilai permitivitas bahan pembuat kapasitor, luas penampang dari kapasitor tersebut dan jarak antara dua keping penyusun dari kapasitor tersebut. Secara matematis,

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \dots\dots\dots(2.6)^{13}$$

Tahanan kapasitor (reaktansi kapasitif) dapat dirumuskan dengan,

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \dots\dots\dots(2.7)^{14}$$

Keterangan : ε = permitivitas bahan

A = luas penampang bahan (m^2)

d = jarak dua keping (m)

C = kapasitor (Farad)

X_C = reaktansi kapasitif (Ohm)

f = frekuensi (Hz)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

2.1.4. Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau Horsepower (HP), Horsepower merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 Watt atau 1 bft/second. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian

¹³ *Ibid.*, p. 41.

¹⁴ *Ibid.*, p. 271.

arus 1 Ampere dan tegangan 1 Volt. Daya dalam listrik arus bolak-balik terbagi menjadi 3 jenis, yaitu :

2.1.9.1. Daya Aktif

Daya aktif (Active Power) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Daya ini sebenarnya adalah daya yang dipakai oleh komponen pasif resistor yang merupakan daya yang terserap atau terpakai. Misalnya digunakan untuk energi panas, cahaya, mekanik dan lain – lain. Daya aktif dapat dirumuskan menjadi,

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \dots\dots\dots(2.8)^{15}$$

Untuk beban tiga fasa,

$$P = 3 \cdot V_{L-N} \cdot I_{L-N} \cdot \text{Cos } \phi \dots\dots\dots(2.9)^{16}$$

Keterangan : P = Daya aktif (Watt)

V_{L-N} = Tegangan antar fasa dengan netral (V)

I_{L-N} = Arus antar fasa dengan netral (A)

$\text{Cos } \phi$ = faktor daya

Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja.

2.1.9.2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah VAR.

¹⁵ *Ibid.*, p. 273.

¹⁶ Mohamad Ramdhani, *loc. cit.*

Daya aktif dapat dirumuskan menjadi,

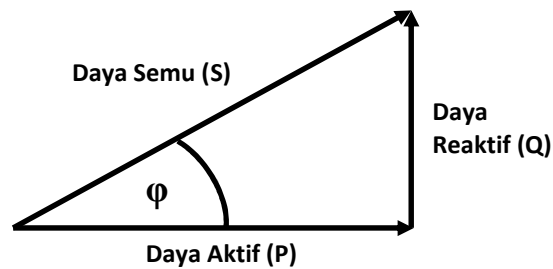
$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(2.10)^{17}$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(2.11)^{18}$$

Keterangan : Q = Daya reaktif (VAr)

2.1.9.3. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.



Gambar 2.16. Diagram Fasor Daya

Daya semu dapat dirumuskan sebagai berikut,

$S = P + jQ$, mempunyai nilai dan sudut

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \angle \varphi$$

Dari gambar 2.1 terlihat bahwa

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

maka :

$$S = V \cdot I \cdot \cos \varphi + j V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$S = V \cdot I \cdot (\cos \varphi + j \sin \varphi)$$

¹⁷ Mohamad Ramdhani, *loc. cit.*

¹⁸ Mohamad Ramdhani, *loc. cit.*

$$S = V \cdot I \cdot e^{j \angle \phi}$$

$$S = V \cdot I \angle \phi$$

$$S = V \cdot I \dots \dots \dots (2.12)^{19}$$

Keterangan : S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amper)

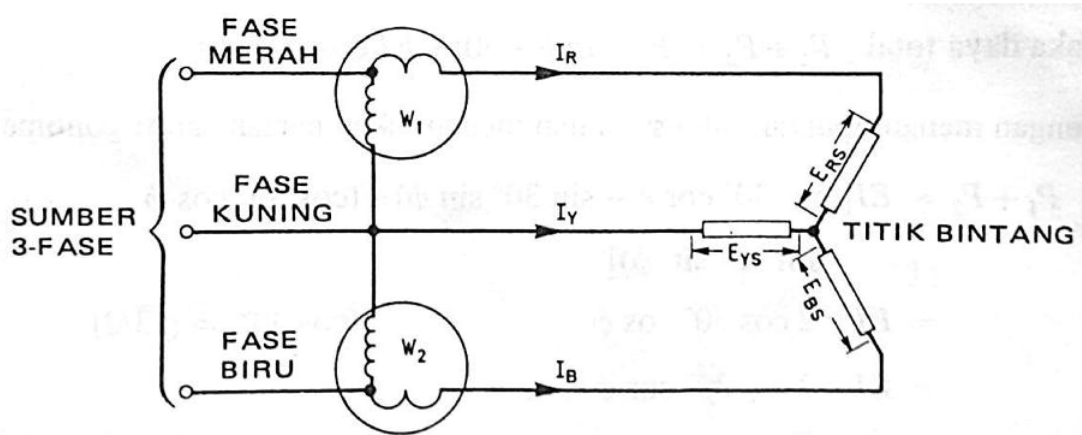
2.1.5. Pengukuran Daya dan Faktor Daya

Pengukuran daya dan faktor daya dilakukan dengan memasang sebuah amperemeter, voltmeter dan wattmeter di dalam rangkaian. Dimana faktor daya dapat dihitung dengan membandingkan daya yang terukur oleh wattmeter dengan daya dari hasil perkalian antara arus yang terbaca oleh amperemeter dan tegangan yang terbaca oleh voltmeter.

Metode ini juga dapat digunakan untuk mengukur faktor daya pada listrik 3 fasa dengan persyaratan tersedia titik hubung bintang. Kumparan arus wattmeter dipasang seri dengan suatu saluran fasa dan kumparan tegangan dihubung dengan salah satu saluran fasa dan titik hubung bintang. Daya total adalah tiga kali daya yang terbaca oleh wattmeter satu fasa.

Selain metode diatas ada metode yang dikenal dengan metode dua wattmeter. Gambar berikut ini menunjukkan hubungan dari sebuah motor induksi ke stator.

¹⁹ Pieter Riese, *op. cit.*, p. 9.



Gambar 2.17. Sambungan Dua Wattmeter

Beda potensial antara kumparan tegangan dari W_1 , E_{RSY} sama dengan beda fasor antara E_{RS} dan E_{YS} . Dirumuskan dengan :

$$E_{RSY} = E_{RS} - E_{YS} \dots\dots\dots(2.14)$$

Sedangkan beda potensial kumparan tegangan W_2 , E_{BSY} sama dengan beda fasor antara E_{BS} dan E_{YS} . Dirumuskan dengan :

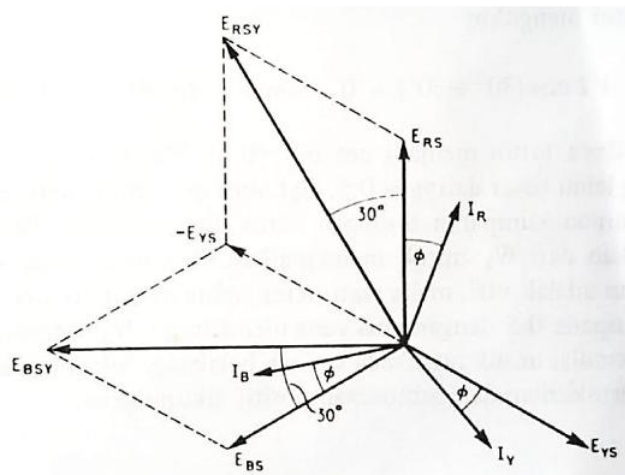
$$E_{BSY} = E_{BS} - E_{YS} \dots\dots\dots(2.15)$$

Harga-harga ini sekarang sudah dapat diperlihatkan dengan diagram fasor. Beda fasa antara E_{RSY} dan $I_R = 30^\circ + \varphi$

Maka pembacaan pada W_1 , $P_1 = E_{RSY} I_R \cos (30^\circ + \varphi) \dots\dots\dots(2.16)$

Kemudian beda fasa antara E_{BSY} dan $I_B = 30^\circ - \varphi$

Maka pembacaan pada W_2 , $P_2 = E_{BSY} I_B \cos (30^\circ - \varphi) \dots\dots\dots(2.17)$



Gambar 2.18. Diagram Fasor untuk Metode Dua Wattmeter

Karena kumparan-kumparan motor adalah semibang, maka

$$P_1 = E I \cos (30^\circ + \phi) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$P_2 = E I \cos (30^\circ - \phi) \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana, $I = I_R = I_Y = I_B$

$$E = E_{RSY} = E_{BSY}$$

$$\text{maka daya total } P_1 + P_2 = E I \cos (30^\circ + \phi) + E I \cos (30^\circ - \phi) \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan mengumpulkan suku-suku dan menguraikan persamaan trigonometri,

maka

$$P_1 + P_2 = E I [(\cos 30^\circ \cos \phi - \sin 30^\circ \sin \phi) + (\cos 30^\circ \cos \phi + \sin 30^\circ \sin \phi)]$$

$$= E I \times 2 \cos 30^\circ \cos \phi \quad (\cos 30^\circ = \sqrt{3}/2)$$

$$= E I \times 2 \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \phi$$

$$= E I \sqrt{3} \cos \phi \dots\dots\dots(2.21)$$

$$P_1 - P_2 = E I \cos (30^\circ + \phi) - E I \cos (30^\circ - \phi)$$

$$= E I [(\cos (30^\circ + \phi) - \cos (30^\circ - \phi)]$$

$$= E I [(\cos 30^\circ \cos \phi - \sin 30^\circ \sin \phi) - (\cos 30^\circ \cos \phi + \sin 30^\circ \sin \phi)]$$

$$= E I (-\sin \phi)$$

$$P_2 - P_1 = E I \sin \varphi \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2} = \frac{E I \sin \varphi}{\sqrt{3} E I \cos \varphi} \quad \left(\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \tan \varphi \right)$$

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \times \frac{P_2 - P_1}{P_1 + P_2} \dots\dots\dots(2.23)$$

Kemudian faktor daya ($\cos \varphi$) dapat dicari dengan menghubungkan pada diagram fasor pada gambar sebelumnya. Jika keterlambatan fase adalah 60° , wattmeter mengukur

$$V I \cos (30^\circ + 60^\circ) = 0 \quad \text{'karena } \cos 90^\circ \text{ adalah nol'}$$

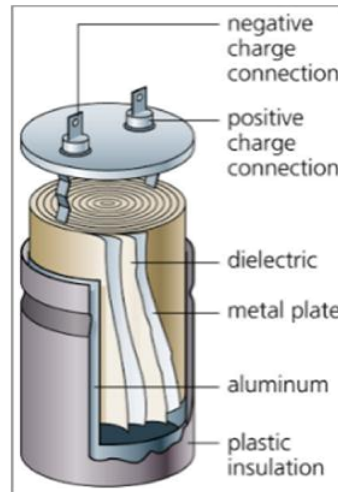
Berarti bila faktor daya turun menjadi 60° (0,5), W_1 menunjukkan nol. Dengan kelambatan fase yang lebih besar daripada 0,5, alat ukur menunjukkan arah ke belakang dan baik kumparan arus ataupun kumparan tegangan harus dipertukarkan. Pembacaan arah maju ini harus dikurangkan dari W_2 untuk mendapatkan daya total. Juga bisa dilihat bahwa apabila fase mendahului 60° , maka wattmeter kedua menunjukkan nol. Untuk faktor daya yang lebih kecil dari 0,5 dengan arus yang mendahului, W_2 memberikan suatu pembacaan negative dan memulai untuk membaca kearah belakang. Sekali lagi kumparan arus atau tegangan harus dipertukarkan dan pembacaan dikurangkan.²⁰

2.1.6. *Capacitor Bank*

Kapasitor Bank adalah beberapa sekumpulan sekumpulan kapasitor yang dihubungkan paralel dengan rangkaian beban. Saat rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Kemudian ketika kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Elektron akan ke

²⁰ Michael Neidle, *TEKNOLOGI INSTALASI LISTRIK* (Jakarta: Erlangga, 1999), p. 242-244.

luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif yang bernilai negatif.



Gambar 2.19. Single Kapasitor

Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Pada saat kapasitor mengeluarkan elektron (I_c) berarti sama juga kapasitor menyuplai daya reaktif ke beban. Karena beban bersifat induktif (+) sedangkan daya reaktif bersifat kapasitif (-) akibatnya daya reaktif yang berlaku menjadi kecil.²¹

Sebuah kapasitor memiliki kapasitansi sebesar 1 farad (F) jika beda potensial terpasang sebesar 1 volt antara kedua pelatnya mampu menyimpan 1 coulomb,

Dapat dirumuskan dengan:

$$Q = CV \dots\dots\dots(2.24)^{22}$$

$$dq = Cdv$$

dimana,

²¹ Theo, *Kapasitor Bank Industri*, <http://electric-mechanic.blogspot.com/2012/09/kapasitor-bank-industri.html>, tanggal 3 Maret 2015 pukul 22:00

²² Michael Neidle, *op. cit.*, p. 41

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$dq = i \cdot dt$$

sehingga,

$$i \cdot dt = C \cdot dv$$

Jika sebuah kapasitor dilewati oleh sebuah arus, maka pada kedua ujung kapasitor tersebut akan muncul beda potensial. Dapat dirumuskan dengan:

$$I_C = C \frac{dV_C}{dt} \dots\dots\dots(2.25)^{23}$$

Keterangan : C = Kapasitansi (Farad)

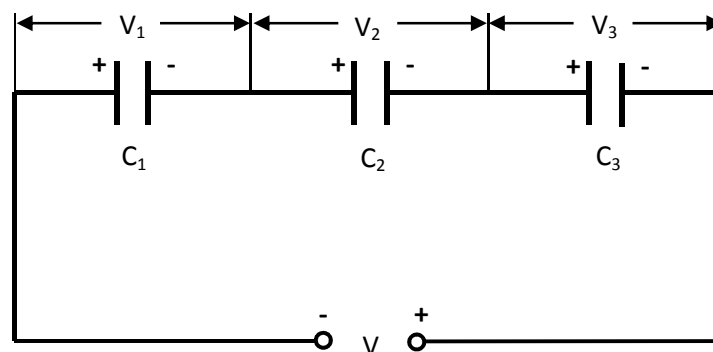
Q = muatan (Coulomb)

V = tegangan (Volt)

Rangkaian kapasitor pada suatu instalasi listrik dapat dilakukan dengan parallel dan seri. Dengan menghubungkannya secara seri ataupun parallel akan membuat polaritas dari pelat-pelatnya berbeda.

2.1.12.1. Kapasitor Seri

Pada rangkaian kapasitor seri, gerakan electron yang serupa terjadi pada masing-masing pelat, sehingga jumlah listrik yang sama disimpan pada masing-masing kapasitor.



Gambar 2.20. Kapasitor Hubung Seri

²³ Mohamman Ramdhani, *op. cit.*, p. 42

Pada rangkaian ini, tegangan sumber merupakan akumulasi dari seluruh tegangan pada masing-masing kapasitor.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

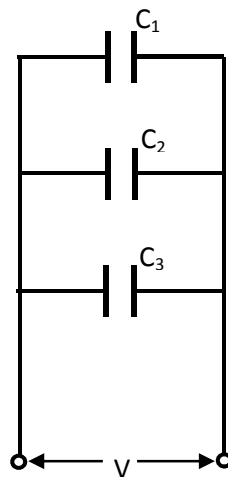
Ruas kanan dan kiri sama-sama dibagi dengan Q, maka diperoleh,

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots(2.24)^{24}$$

Jadi pada rangkaian kapasitor seri, kebalikan dari kapasitansi pengganti merupakan jumlah dari kebalikan masing-masing kapasitansi.

2.1.12.2. Kapasitor Paralel

Tegangan yang sama terdapat pada masing-masing kapasitor bila dihubungkan secara paralel.



Gambar 2.21. Kapasitor Hubung Paralel

Muatan pada C₁ adalah $Q_1 = V \cdot C_1$

Muatan pada C₂ adalah $Q_2 = V \cdot C_2$

Muatan pada C₃ adalah $Q_3 = V \cdot C_3$

²⁴ Michael Neidle, *op. cit.*, p. 42

Muatan total/pengganti adalah $Q = V \cdot C$ merupakan penjumlahan dari seluruh muatan pada masing-masing kapasitor yang terhubung parallel.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$V \cdot C = V \cdot C_1 + V \cdot C_2 + V \cdot C_3$$

Kemudia ruas kanan dan ruas kiri sama-sama dibagi V , maka diperoleh

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots\dots\dots(2.25)^{25}$$

Jadi kapasitansi total pada rangkaian parallel kapasitor sama dengan jumlah dari kapasitansi masing-masing kapasitor.

2.1.12.3. Permittivitas pada Kapasitor

Permittivitas adalah seberapa besar suatu medium bisa menerima pengaruh medan listrik luar (elektrisasi). Permittivitas dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\epsilon(\text{permittifitas}) = \frac{D(\text{kerapatan fluksi listrik})}{E(\text{gaya listrik})}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \dots\dots\dots(2.26)^{26}$$

keterangan : ϵ_0 = permittifitas mutlak ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m)

ϵ_r = permittifitas relative

Permittifitas relatif bergantung pada bahan yang digunakan untuk dielektrik antara pelat-pelat kapasitor.

2.1.12.3. Dimensi Kapasitor

Dari rumus di atas sekarang akan dicari penurunan rumus untuk nilai kapasitansi sebuah kapasitor.

$$\frac{D}{E} = \frac{Q / a}{V / d}$$

keterangan : a = luas satu pelat dalam (m^2)

²⁵ *Ibid.*, p. 43

²⁶ *Ibid.*, p. 44

d = jarak antar kedua pelat (m)

$$\frac{D}{E} = \frac{Q}{a} \cdot \frac{d}{V}$$

$$\frac{D}{E} = \frac{Q}{V} \cdot \frac{d}{a} \quad \text{dimana,} \quad \frac{Q}{V} = C \quad \text{dan} \quad \frac{D}{E} = \varepsilon$$

maka,

$$\varepsilon = C \cdot \frac{d}{a} \quad \text{dimana,} \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{a}{d}$$

Sehingga untuk menghitung nilai kapasitansi sebuah kapasitor, diperoleh rumus

$$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \varepsilon_r \cdot a}{d} \dots\dots\dots(2.27)^{27}$$

2.1.7. Pengaruh Bank Kapasitor Terhadap Daya Listrik

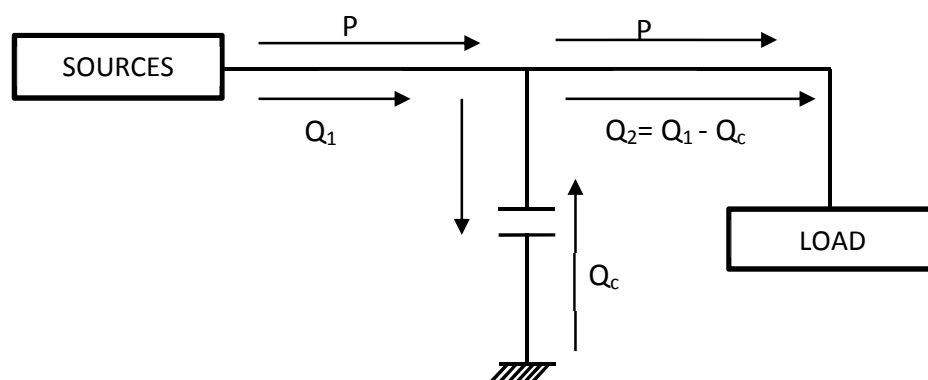
Bank kapasitor sudah digunakan secara luas dalam bidang industri untuk perbaikan faktor daya dan tegangan. Beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif dan kemudian akan menimbulkan jatuh tegangan pada sisi penerima. Dengan bank kapasitor, beban akan mendapatkan suplai daya reaktif. Bank kapasitor akan memberikan kompensasi yang dapat mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Dengan demikian jatuh tegangan akan berkurang. Perhitungan perubahan daya dari sebelum dipasang kapasitor dan setelah dipasang kapasitor dapat dirumuskan sebagai berikut ini.

Kapasitor ini terhubung paralel pada jaringan maupun langsung pada beban, dengan tujuan untuk perbaikan faktor daya, sebagai pengatur tegangan maupun untuk mengurangi kerugian dayadan tegangan pada jaringan. Dengan anggapan

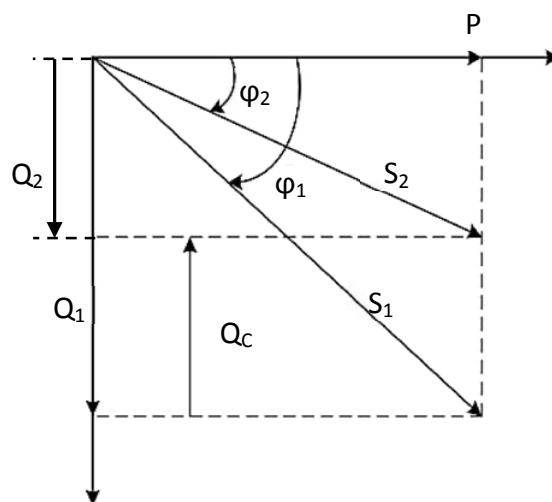
²⁷ *Ibid.*, p. 45

tegangan pada sisi beban dipertahankan konstan maka arus reaktif yang mengalir pada saluran akan berkurang. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya penurunan tegangan pada saluran sehingga tegangan sumber yang diperlukan tidak berbeda jauh dengan tegangan terima.

Dengan dipasangnya kapasitor secara parallel, akan mengakibatkan injeksi arus I_C pada sistem sehingga I_L berkurang dan faktor daya meningkat. Dengan memanfaatkan kapasitor tegangan terima akan menjadi lebih besar. Untuk mengoptimalkan daya reaktif dibutuhkan kapasitor parallel yang harus dipasang. Pengurangan daya reaktif bisa dilihat pada grafik berikut ini.



(a)



(b)

**Gambar 2.21. (a) Diagram Tunggal Kapasitor Shunt
(b) Grafik Pengaruh Kapasitor Shunt Terhadap Pengurangan Daya Reaktif**

Diagram diatas menunjukkan vector daya sebelum dan sesudah dipasangkan kapasitor shunt. Satuan yang ada pada diagram di atas merupakan satuan vector yang memiliki arah. Dengan demikian dapat diperhitungkan besarnya daya reaktif kapasitor untuk mengejar target peningkatan nilai faktor daya dengan perbandingan sudut.

Persamaan yang terbentuk untuk mengetahui besarnya daya reaktif dari kapasitor yang dibutuhkan untuk mengurangi daya reaktif yang telah terpasang adalah sebagai berikut:

$$\tan \varphi_1 = \frac{Q_1}{P}$$

$$\tan \varphi_2 = \frac{Q_2}{P}$$

$$= \frac{Q_1 - Q_C}{P}$$

$$= \frac{Q_1}{P} - \frac{Q_C}{P}$$

$$\tan \varphi_2 = \tan \varphi_1 - \frac{Q_C}{P}$$

$$\frac{Q_C}{P} = \tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$$

$$Q_C = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots \dots \dots (2.28)^{28}$$

Sehingga didapatkan daya reaktif (kVAR) dari kapasitor bank yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya yang diinginkan berasal dari perkalian antara daya nyata (Watt) terhadap selisih tan antara faktor daya awal dengan faktor daya yang diinginkan.

²⁸ Peter Riese, *op. cit.*, p. 10.

Nilai pengurangan antara \tan awal dan \tan yang diinginkan dapat dituliskan dengan faktor f .

$$(\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) = f$$

sehingga,

$$Q_C = P \cdot f \dots \dots \dots (2.29)^{29}$$

Keterangan : Q_C = Daya reaktansi kapasitif (VAr)

P = Daya aktif (Watt)

$\tan \varphi_1$ = \tan sudut awal

$\tan \varphi_2$ = \tan sudut akhir

f = selisih \tan sudut akhir dengan \tan sudut awal

Untuk mengetahui nilai faktor f berdasarkan faktor daya saat ini dan faktor daya yang diinginkan, dapat dilihat pada table berikut ini.

²⁹ *Ibid.*, p. 17

Tabel 2.3. Faktor $f = \tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$

Uncorrected		Target cos φ				←Inductive (i)→			←Capacitive (c)→				
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$	0.80i	0.85i	0.90i	0.92i	0.95i	0.98i	1.00	0.98c	0.95c	0.92c	0.90c	
3.18 ↔ 0.30		2.43	2.56	2.70	2.75	2.85	2.98	3.18	3.38	3.51	3.61	3.66	
2.96 ↔ 0.32		2.21	2.34	2.48	2.53	2.63	2.76	2.96	3.16	3.29	3.39	3.45	
2.77 ↔ 0.34		2.02	2.15	2.28	2.34	2.44	2.56	2.77	2.97	3.09	3.19	3.25	
2.59 ↔ 0.36		1.84	1.97	2.11	2.17	2.26	2.39	2.59	2.79	2.92	3.02	3.08	
2.43 ↔ 0.38		1.68	1.81	1.95	2.01	2.11	2.23	2.43	2.64	2.76	2.86	2.92	
2.29 ↔ 0.40		1.54	1.67	1.81	1.87	1.96	2.09	2.29	2.49	2.62	2.72	2.78	
2.16 ↔ 0.42		1.41	1.54	1.68	1.73	1.83	1.96	2.16	2.36	2.49	2.59	2.65	
2.04 ↔ 0.44		1.29	1.42	1.56	1.61	1.71	1.84	2.04	2.24	2.37	2.47	2.53	
1.93 ↔ 0.46		1.18	1.31	1.45	1.50	1.60	1.73	1.93	2.13	2.26	2.36	2.41	
1.83 ↔ 0.48		1.08	1.21	1.34	1.40	1.50	1.62	1.83	2.03	2.16	2.25	2.31	
1.73 ↔ 0.50		0.98	1.11	1.25	1.31	1.40	1.53	1.73	1.94	2.06	2.16	2.22	
1.64 ↔ 0.52		0.89	1.02	1.16	1.22	1.31	1.44	1.64	1.85	1.97	2.07	2.13	
1.56 ↔ 0.54		0.81	0.94	1.07	1.13	1.23	1.36	1.56	1.76	1.89	1.98	2.04	
1.48 ↔ 0.56		0.73	0.86	1.00	1.05	1.15	1.28	1.48	1.68	1.81	1.91	1.96	
1.40 ↔ 0.58		0.65	0.78	0.92	0.98	1.08	1.20	1.40	1.61	1.73	1.83	1.89	
1.33 ↔ 0.60		0.58	0.71	0.85	0.91	1.00	1.13	1.33	1.54	1.66	1.76	1.82	
1.27 ↔ 0.62		0.52	0.65	0.78	0.84	0.94	1.06	1.27	1.47	1.59	1.69	1.75	
1.20 ↔ 0.64		0.45	0.58	0.72	0.77	0.87	1.00	1.20	1.40	1.53	1.63	1.68	
1.14 ↔ 0.66		0.39	0.52	0.65	0.71	0.81	0.94	1.14	1.34	1.47	1.56	1.62	
1.08 ↔ 0.68		0.33	0.46	0.59	0.65	0.75	0.88	1.08	1.28	1.41	1.50	1.56	
1.02 ↔ 0.70		0.27	0.40	0.54	0.59	0.69	0.82	1.02	1.22	1.35	1.45	1.50	
0.99 ↔ 0.71		0.24	0.37	0.51	0.57	0.66	0.79	0.99	1.19	1.32	1.42	1.48	
0.96 ↔ 0.72		0.21	0.34	0.48	0.54	0.64	0.76	0.96	1.17	1.29	1.39	1.45	
0.94 ↔ 0.73		0.19	0.32	0.45	0.51	0.61	0.73	0.94	1.14	1.26	1.36	1.42	
0.91 ↔ 0.74		0.16	0.29	0.42	0.48	0.58	0.71	0.91	1.11	1.24	1.33	1.39	
0.88 ↔ 0.75		0.13	0.26	0.40	0.46	0.55	0.68	0.88	1.08	1.21	1.31	1.37	
0.86 ↔ 0.76		0.11	0.24	0.37	0.43	0.53	0.65	0.86	1.06	1.18	1.28	1.34	
0.83 ↔ 0.77		0.08	0.21	0.34	0.40	0.50	0.63	0.83	1.03	1.16	1.25	1.31	
0.80 ↔ 0.78		0.05	0.18	0.32	0.38	0.47	0.60	0.80	1.01	1.13	1.23	1.29	
0.78 ↔ 0.79		0.03	0.16	0.29	0.35	0.45	0.57	0.78	0.98	1.10	1.20	1.26	
0.75 ↔ 0.80		–	0.13	0.27	0.32	0.42	0.55	0.75	0.95	1.08	1.18	1.23	
0.72 ↔ 0.81		–	0.10	0.24	0.30	0.40	0.52	0.72	0.93	1.05	1.15	1.21	
0.70 ↔ 0.82		–	0.08	0.21	0.27	0.37	0.49	0.70	0.90	1.03	1.12	1.18	
0.67 ↔ 0.83		–	0.05	0.19	0.25	0.34	0.47	0.67	0.88	1.00	1.10	1.16	
0.65 ↔ 0.84		–	0.03	0.16	0.22	0.32	0.44	0.65	0.85	0.97	1.07	1.13	
0.62 ↔ 0.85		–	–	0.14	0.19	0.29	0.42	0.62	0.82	0.95	1.05	1.10	
0.59 ↔ 0.86		–	–	0.11	0.17	0.26	0.39	0.59	0.80	0.92	1.02	1.08	
0.57 ↔ 0.87		–	–	0.08	0.14	0.24	0.36	0.57	0.77	0.90	0.99	1.05	
0.54 ↔ 0.88		–	–	0.06	0.11	0.21	0.34	0.54	0.74	0.87	0.97	1.02	
0.51 ↔ 0.89		–	–	0.03	0.09	0.18	0.31	0.51	0.72	0.84	0.94	1.00	
0.48 ↔ 0.90		–	–	–	0.06	0.16	0.28	0.48	0.69	0.81	0.91	0.97	
0.46 ↔ 0.91		–	–	–	0.03	0.13	0.25	0.46	0.66	0.78	0.88	0.94	
0.43 ↔ 0.92		–	–	–	–	0.10	0.22	0.43	0.63	0.75	0.85	0.91	
0.40 ↔ 0.93		–	–	–	–	0.07	0.19	0.40	0.60	0.72	0.82	0.88	
0.36 ↔ 0.94		–	–	–	–	0.03	0.16	0.36	0.57	0.69	0.79	0.85	
0.33 ↔ 0.95		–	–	–	–	–	0.13	0.33	0.53	0.66	0.75	0.81	
0.29 ↔ 0.96		–	–	–	–	–	0.09	0.29	0.49	0.62	0.72	0.78	
0.25 ↔ 0.97		–	–	–	–	–	0.05	0.25	0.45	0.58	0.68	0.73	
0.20 ↔ 0.98		–	–	–	–	–	–	0.20	0.41	0.53	0.63	0.69	
0.14 ↔ 0.99		–	–	–	–	–	–	0.14	0.35	0.47	0.57	0.63	
0.00 ↔ 1.00		–	–	–	–	–	–	–	0.20	0.33	0.43	0.48	

Sumber : Pieter Riese, *Manual of Power Faktor Correction* (Tenigen : Frako, 2012), p.17-18

2.1.8. Menentukan Daya Reaktansi Kapasitor

Penggunaan kapasitor bank bergantung dari ukuran beban yang akan dilayani. Secara garis besar besarnya daya reaktif yang diberikan oleh kapasitor dapat dirumuskan dengan membandingkan kuadrat tegangan dengan besarnya nilai resistansi dari kapasitor tersebut.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C}$$

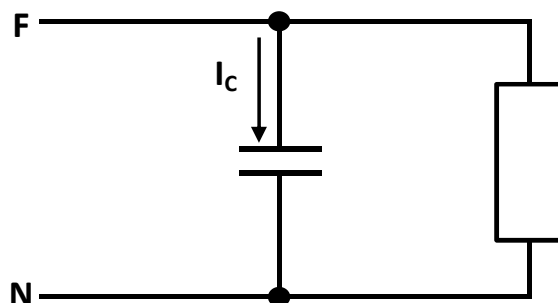
$$Q_C = \frac{V^2}{\frac{1}{2\pi f C}}$$

$$Q_C = CV^2 2\pi f$$

Perhitungan daya reaktif (Q_C) dari yang dapat dihasilkan oleh kapasitor juga bergantung dari rangkaian yang dibentuknya. Dapat dilihat dari penjelasan di bawah ini.

2.1.8.1. Daya reaktansi kapasitor untuk rangkaian satu fasa dapat dirumuskan dengan :

$$Q_C = 2 \cdot C \cdot V^2 \cdot \pi \cdot f_n \dots\dots\dots(2.30)^{30}$$



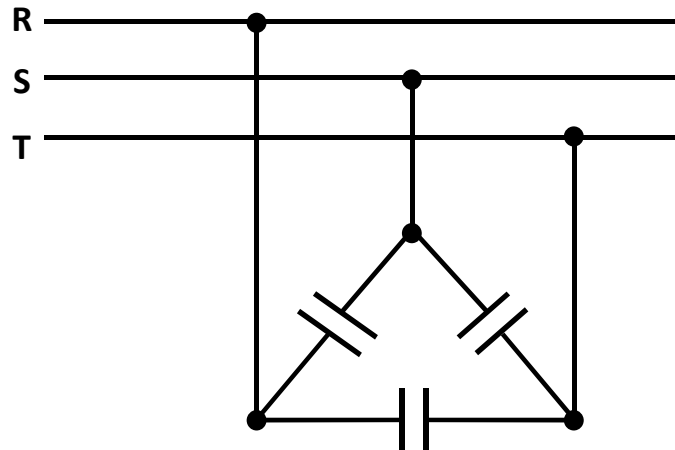
Gambar 2.22. Pemasangan Kapasitor Pada Rangkaian Satu Fasa

³⁰ *Ibid.*, p. 42

Kapasitor untuk rangkaian tiga fasa dapat dibagi menjadi dua sistem yaitu hubung bintang dan hubung segitiga.

2.1.8.2. Daya reaktansi kapasitor kapasitansi hubung segitiga dapat dirumuskan dengan:

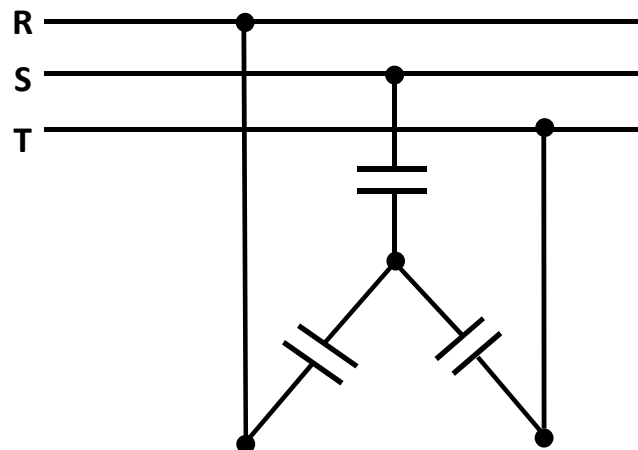
$$Q_C = 2 \cdot C \cdot V^2 \cdot \pi \cdot f_n \dots\dots\dots(2.31)^{31}$$



Gambar 2.23. Pemasangan Kapasitor Hubung Segitiga Pada Rangkaian 3 Fasa

2.1.8.3. Untuk hubung bintang dapat dirumuskan dengan :

$$Q_C = 2 \cdot C \cdot \left(\frac{V}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot \pi \cdot f_n \dots\dots\dots(2.32)^{32}$$



Gambar 2.24. Pemasangan Kapasitor Hubung Bintang Pada Rangkaian 3 Fasa

³¹ Pieter Riese, *loc. cit.*

³² Pieter Riese, *loc. cit.*

Untuk arus yang mengalir pada kapasitor dapat dirumuskan dengan :

$$I = \frac{Q_C}{V\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.33)^{33}$$

keterangan : Q_C = Daya reaktansi kapasitif (VAr)

C = Kapasitansi (Farad)

V = Tegangan (Volt)

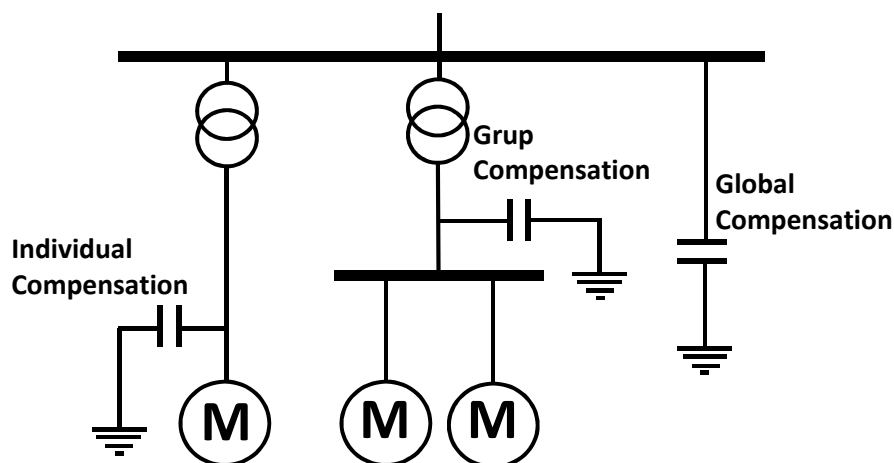
I = Arus listrik (Amper)

f_n = Frekuensi nominal (Hz)

X_C = Tahanan kapasitor (Ohm)

2.1.9. Penempatan Capacitor Bank

Kapasitor merupakan komponen yang hanya dapat menyimpan dan memberikan energi yang terbatas sesuai dengan Metode pemasangan kapasitor tergantung dari fungsi yang diinginkan. Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu : *global compensation*, *individual compensation*, *group compensation*.



Gambar 2.25. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

³³ Pieter Riese, *loc. cit.*

2.1.13.1. Global Compensation

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP). Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang Delta Voltagenya masih cukup besar.

Kelebihan :

1. Pemanfaatan kompensasi daya reaktifnya lebih baik karena semua motor tidak bekerja pada waktu yang sama.
2. Biaya pemeliharaan rendah.

Kekurangan :

1. Switching peralatan pengaman bisa menimbulkan ledakan.
2. Transient yang disebabkan oleh energizing grup kapasitor dalam jumlah besar.
3. Hanya memberikan kompensasi pada sisi atasnya (*upstream*).
4. Kebutuhan ruang.

2.1.13.2. Group Compensation

Dengan metoda ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kVA dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.

Kelebihan :

1. Biaya pemasangan rendah

2. Kapasitansi pemasangan bisa dimanfaatkan sepenuhnya.
3. Biaya pemeliharaan rendah.

Kekurangan :

1. Perlu dipasang kapasitor bank pada setiap SDP atau MV/LV bus.
2. Hanya memberikan kompensasi pada sisi atas.
3. Kebutuhan ruangan

2.1.13.3. Individual Compensation

Dengan metoda ini kapasitor langsung dipasang pada masing masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika. Disamping itu jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total cost yang diperlukan lebih besar dari metode diatas.

Kelebihan :

1. Meningkatkan kapasitas saluran suplai.
2. Memperbaiki tegangan secara langsung.
3. Kapasitor dan beban ON/OFF secara bersamaan.
4. Pemeliharaan dan pemasangan unit kapasitor mudah.

Kekurangan :

1. Biaya pemasangan tinggi.
2. Membutuhkan perhitungan yang banyak
3. Kapasitas terpasang tidak dimanfaatkan sepenuhnya

4. Terjadi fenomena transient yang besar akibat sering dilakukan switching ON/OFF
5. Waktu kapasitor OFF lebih banyak dibanding waktu kapasitor ON.³⁴

2.1.10. Aplikasi Etap

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas kearnanan fasilas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real time*, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik.

ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

³⁴ *Ibid.*, p. 11-12

Etap Power Station memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

2.1.14.1. Virtual Reality Operasi

Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika Anda membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

2.1.14.2. Total Integration Data

Etap Power Station menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (load flow analysis) dan analisa hubung singkat (short-circuit analysis) -yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi- serta perhitungan ampacity derating suatu kabel -yang memerlukan data fisik routing.

2.1.14.2. Simplicity in Data Entry

Etap Power Station memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri

data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.³⁵

1.8. Kerangka Berpikir

Pabrik tekstil pemintalan benang memerlukan daya listrik yang besar. Hal ini dilakukan untuk memenuhi daya listrik pada mesin-mesin produksi. Beban listrik yang digunakan pada pabrik pemintalan SCS memiliki nilai induktifitas yang tinggi karena kebanyakan mesin-mesin produksinya menggunakan motor induksi tiga fasa. Selain mesin-mesin produksi, terdapat beban lain seperti kompresor untuk menghisap sisa-sisa kapas atau sampah, pendingin ruangan dan juga lampu penerangan yang kebanyakan menggunakan lampu TL.

Beban listrik yang terdapat di pabrik SCS mengakibatkan meningkatnya daya reaktansi induktif. Hal ini menyebabkan kondisi arus tertinggal atas tegangan (*lagging*) dan meningkatnya daya semu (KVA) hasil dari akumulasi daya aktif dan daya reaktif yang ada di pabrik. Dengan meningkatnya KVA maka tagihan listrik ikut bertambah. Oleh karena itu pabrik membutuhkan sejumlah kapasitor dengan ukuran tertentu untuk mengurangi daya reaktif tersebut.

Kapasitor sebagai beban pasif yang memiliki sifat kapasitif, dapat memberikan daya reaktansi kapasitif yang sifatnya berlawanan dengan reaktansi induktif. Agar mendapatkan ukuran kapasitor yang sesuai dengan kebutuhan pabrik, maka perlu dilakukan observasi mengenai kondisi beban dan kondisi *capacitor bank* terlebih dahulu kemudian diperhitungkan daya reaktansi kapasitif yang diperlukan agar faktor daya dapat mendekati nilai 1. Sehingga akhirnya dapat menentukan ukuran

³⁵ LSTDE UNAND, *Tentang ETAP (Electric Transient and Analysis Program) Power Station*, <http://stdlaboratory.blogspot.com/2013/11/tentang-etap-electric-transient-and.html>, tanggal 5 Maret 2015 pukul 21:00

kapasitor yang harus dipasang pada panel-panel *capacitor bank* yang telah tersedia dipabrik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

1.9. Tempat dan Waktu Penelitian

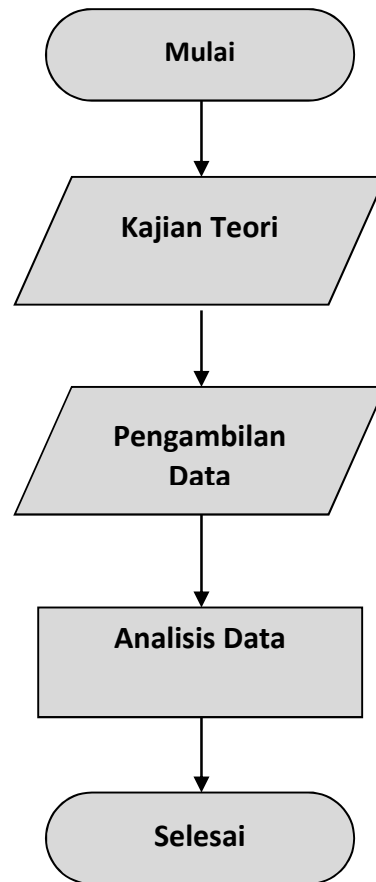
Penelitian dilakukan di pabrik pemintalan benang PT SINAR CENTRAL SANDANG (SCS), Jalan Raya Serpong Km 8, Desa Pakualam Serpong Utara, Tangerang Selatan. Rentang waktu dilakukannya penelitian yaitu pada bulan Maret sampai Juni 2015. Pada semester 102 tahun akademik 2014/2015. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran kapasitor yang efisien untuk ditambahkan agar dapat memperbaiki faktor daya dan memperhitungkan keuntungan dari penghematan biaya listrik yang dapat dilakukan dengan adanya perbaikan faktor daya tersebut.

1.10. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus. Studi kasus merupakan penelitian yang terinci tentang seseorang atau suatu unit selama kurun waktu tertentu yang dilakukan secara lebih mendalam dan menyeluruh. Metode studi kasus memberikan beberapa keuntungan utama yaitu peneliti dapat melakukan penelitian lebih mendalam, yakni dengan memperhatikan keadaan sekarang, pengalaman masa lampau, latar belakang dan lingkungan. Melalui penyelidikan intensif, peneliti dapat menemukan hubungan-hubungan yang tidak diperkirakan sebelumnya.³⁶

³⁶ Consuelo G Sevilla et. al, *Pengantar Metode Penelitian* (Jakarta: UI-PRESS, 1993), p. 73-74

1.11. Prosedur Penelitian



Gambar 3.1. Prosedur Penelitian

3.3.1. Kajian Teori

Dalam kajian teori, peneliti menggunakan referensi baik sumber yang bersifat online maupun offline mengenai pembahasan capacitor bank, beban listrik, faktor daya, daya listrik dan lain sebagainya yang terkait dengan penelitian perbaikan faktor daya. Kajian meliputi proses umum seperti: mengidentifikasi teori secara sistematis, penemuan pustaka dan analisis dokumen yang memuat informasi berkaitan dengan topik penelitian. Studi pustaka adalah teknik pengumpulan data dengan mengadakan studi penelaahan terhadap buku-buku, literatur, catatan-

catatan, dan laporan-laporan yang ada hubungannya dengan masalah yang akan dipecahkan.³⁷

3.3.2. Pengambilan Data

Dengan melakukan pengambilan data di lapangan, peneliti dapat secara langsung menemukan informasi-informasi yang dibutuhkan dalam penelitian di pabrik SCS. Dalam kegiatan observasi ini, peneliti membaginya ke dalam dua bagian, yaitu observasi dan dokumentasi.

3.3.2.1. Observasi

Observasi dilakukan dengan pengamatan secara langsung mengenai kondisi yang ada di pabrik SCS. Kegiatan pertama meliputi pemantauan AMR (*Automatic Meter Reading*) tiap jam selama 7 hari dengan melakukan pencatatan parameter arus, tegangan, daya total (kVA) dan faktor daya. Kegiatan kedua yaitu observasi ke dalam pabrik untuk mengetahui rincian daya (kW) dan faktor daya dari seluruh beban listrik yang masih aktif digunakan. Kegiatan ketiga yaitu mengamati kondisi dan ukuran kapasitor pada tiap panel *capacitor bank*. Kegiatan keempat yaitu mengamati sistem jaringan distribusi listrik yang terpasang di pabrik SCS.

3.3.2.2. Dokumentasi

Kegiatan dokumentasi meliputi pengumpulan data dengan cara mengambil data-data dari catatan, dokumentasi, administrasi yang berkaitan dengan masalah faktor daya yang diteliti.

³⁷ M. Nazir, *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta, 2003, hlm. 27

3.3.3. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengolah data menjadi informasi, sehingga karakteristik atau sifat-sifat data dari hasil observasi dan dokumentasi dapat dengan mudah dipahami untuk menjawab masalah-masalah yang berkaitan dengan faktor daya yang ada di pabrik SCS. Data yang telah didapatkan akan digunakan untuk mendeskripsikan beban listrik, arus, tegangan, faktor daya dan sistem distribusi yang ada di pabrik SCS. Kemudian dilakukan analisis teknis perhitungan daya reaktansi kapasitif dari panel-panel *capacitor bank* dan daya reaktansi induktif dari beban-beban listrik yang ada di lapangan. Setelah itu diperhitungkan besarnya ukuran kapasitor yang diperlukan agar bisa meningkatkan faktor daya pabrik SCS.

1.12. Instrumen Penelitian

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisa faktor daya yang ada di pabrik SCS saat ini. Perangkat tersebut diantaranya:

- AVO meter
- LCR meter
- AMR (*Automatic Meter Reading*)
- Tang Amper

Kemudian berdasarkan parameter-parameter yang telah disebutkan maka dibuat table instrumen sebagai tempat pencatatan hasil observasi dan analisis data yang akan dilakukan.

Tabel 3.1. Instrumen Beban Listrik Pabrik SCS

No	Grup Panel	Nama Instrumen	Jumlah	Daya Aktif (Watt)	Total Daya (Watt)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Tabel 3.2. Instrumen Pengamatan *Capacitor Bank*

No	Panel <i>Capacitor Bank</i>	Ukuran Kapasitor	Jumlah kapasitor	Total kVAR
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tabel 3.3. Instrumen Pembacaan AMR

No	Waktu	Total Daya (kVA)	PF	Arus			Tegangan		
				R	S	T	R	S	T
1	07.00								
2	08.00								
3	09.00								
4	10.00								
5	11.00								
6	12.00								
7	13.00								
8	14.00								
9	15.00								
10	16.00								
11	17.00								
12	18.00								
13	19.00								
14	20.00								
15	21.00								
16	22.00								
17	23.00								
18	24.00								
19	01.00								
20	02.00								
21	03.00								
22	04.00								
23	05.00								
24	06.00								

Keterangan: pf = power faktor

1.13. Kriteria Pengambilan Data

Kriteria pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi 3 tahap, yaitu:

- Studi literatur
- Mengambil data di lapangan
- Menganalisa dan mengevaluasi hasil serta membuat kesimpulan

1.14. Teknik Analisis data

Teknik analisis data merupakan pengujian yang dilakukan peneliti untuk mendapatkan data yang diperlukan pada kegiatan penelitian. Rumus yang dipakai adalah sebagai berikut:

3.6.1 Daya aktif merupakan daya yang terpakai pada beban listrik untuk melakukan energi yang sebenarnya. Daya aktif untuk rangkaian satu fasa dirumuskan dengan,

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Daya aktif untuk rangkaian tiga fasa dirumuskan dengan,

$$P = 3 \cdot V \cdot I \cos \phi$$

3.6.2 Daya reaktif merupakan daya yang diakibatkan adanya beban induktif atau beban kapasitif. Daya reaktif untuk rangkaian satu fasa dirumuskan dengan,

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

Daya aktif untuk rangkaian tiga fasa dirumuskan dengan,

$$Q = 3 \cdot V \cdot I \sin \phi$$

3.6.3 Daya reaktif kapasitor merupakan daya reaktif yang bersifat kapasitif yang dapat dihasilkan oleh kapastor dan digunakan untuk menurunkan daya reaktif yang bersifat induktif dari akumulasi beban induktif. Daya reaktif kapasitor dapat dirumuskan dengan,

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}}$$

$$Q_C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot V^2$$

Apabila telah diketahui kebutuhan daya reaktif di pabrik, maka nilai kapasitansi pada tiap 1 step dapat dirumuskan dengan

$$C_{1\text{step}} = \frac{Q_C}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2}$$

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Data

4.1.1. Distribusi Listrik di Pabrik PT Sinar Central Sandang

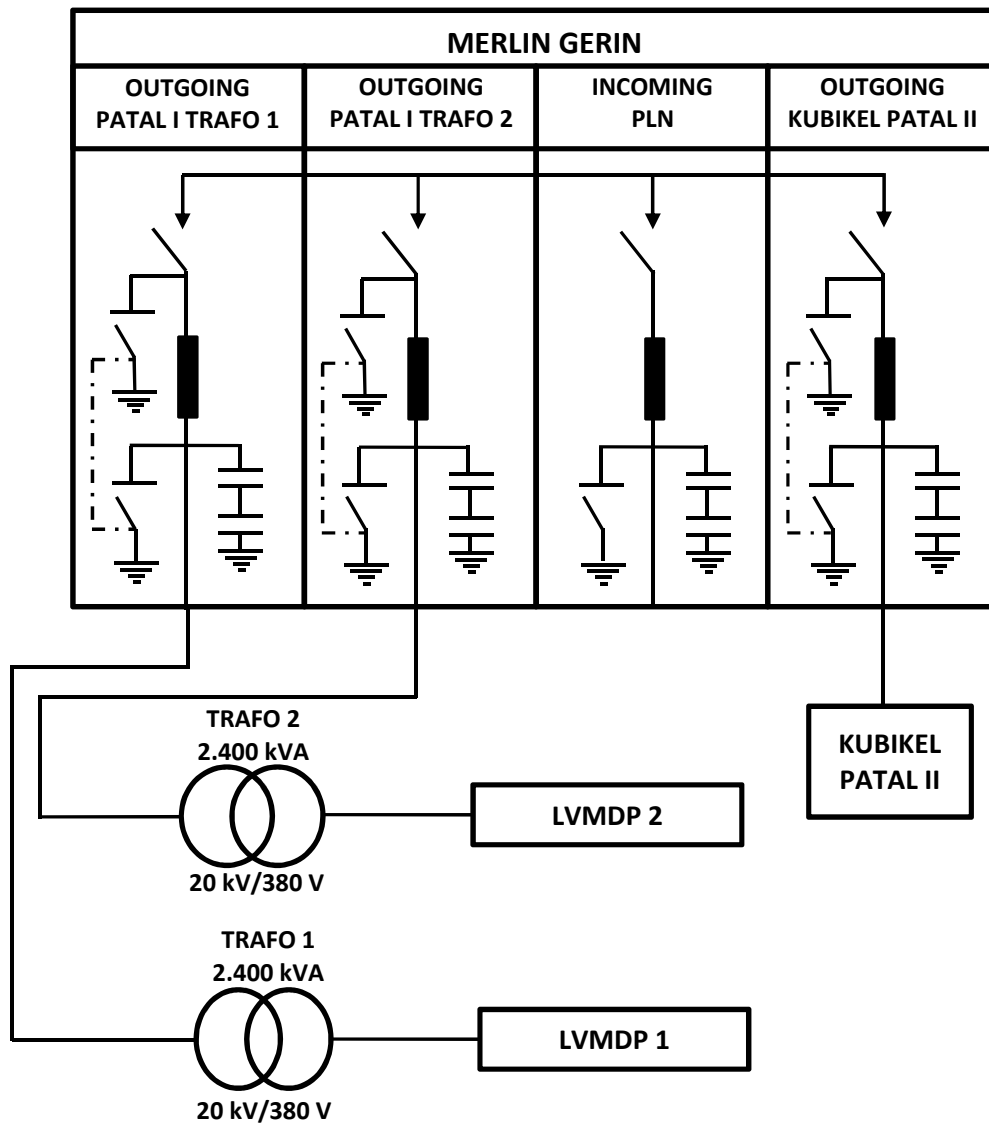
Sistem distribusi listrik merupakan skema penyaluran energi listrik dari sumber listrik hingga ke beban. Sumber catu daya listrik yang menjadi sumber listrik utama di pabrik PT Sinar Central Sandang saat ini berasal dari tegangan menengah PLN (20 kV, 3 Fasa, 50Hz). Pabrik menggunakan tarif golongan I3 dengan daya terpasang sebesar 4.550 kVA.

Di pabrik PT Sinar Central Sandang terdapat tiga pembagian kawasan yaitu kawasan Patal I, Patal II dan *Twisting*. Pada masing-masing area memiliki sistem distribusi listrik masing-masing yang bersumber dari tegangan menengah yang di cabangkan.

Pada sistem distribusi listrik di pabrik PT Sinar Central Sandang tersusun dalam beberapa bagian, yaitu:

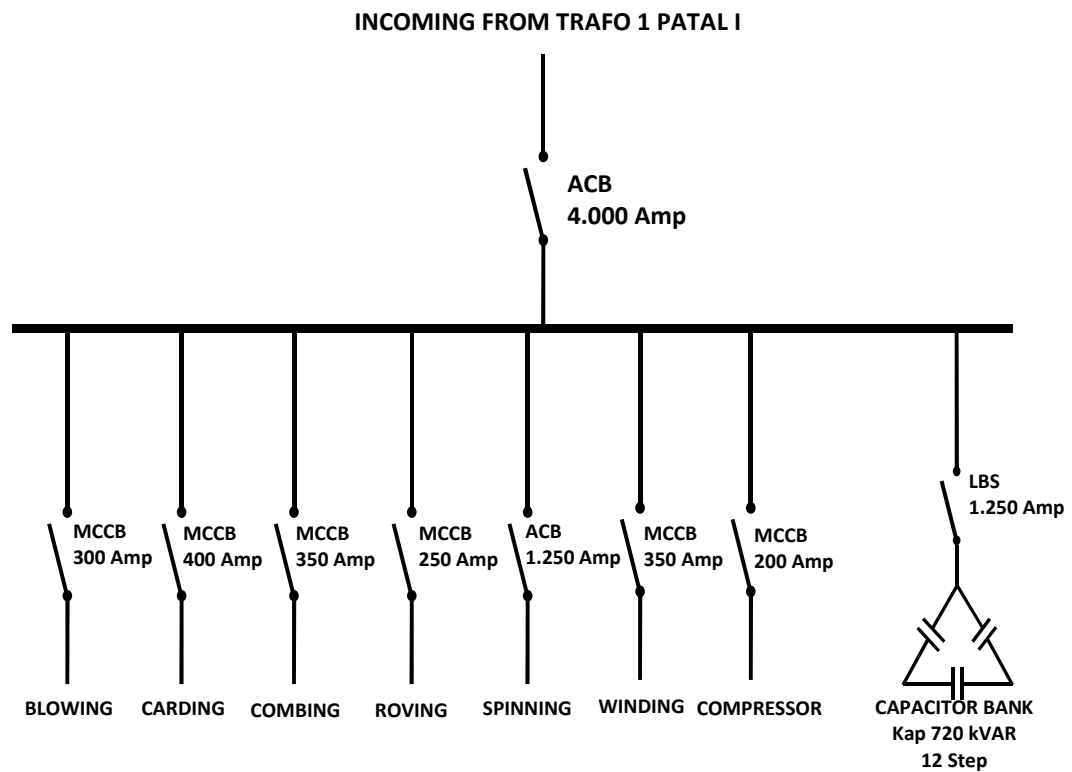
1. Kubikel berjumlah 3 unit
2. Panel LVMDP (*Low Voltage Medium Distribution Panel*) berjumlah 5 unit
3. Panel LVSDP (*Low Voltage Sub Distribution Panel*) berjumlah 25 unit
4. Transformator berjumlah 5 unit
5. Panel *Capacitor Bank* berjumlah 8 unit

4.1.1.1. Distribusi Listrik Kawasan Patal I



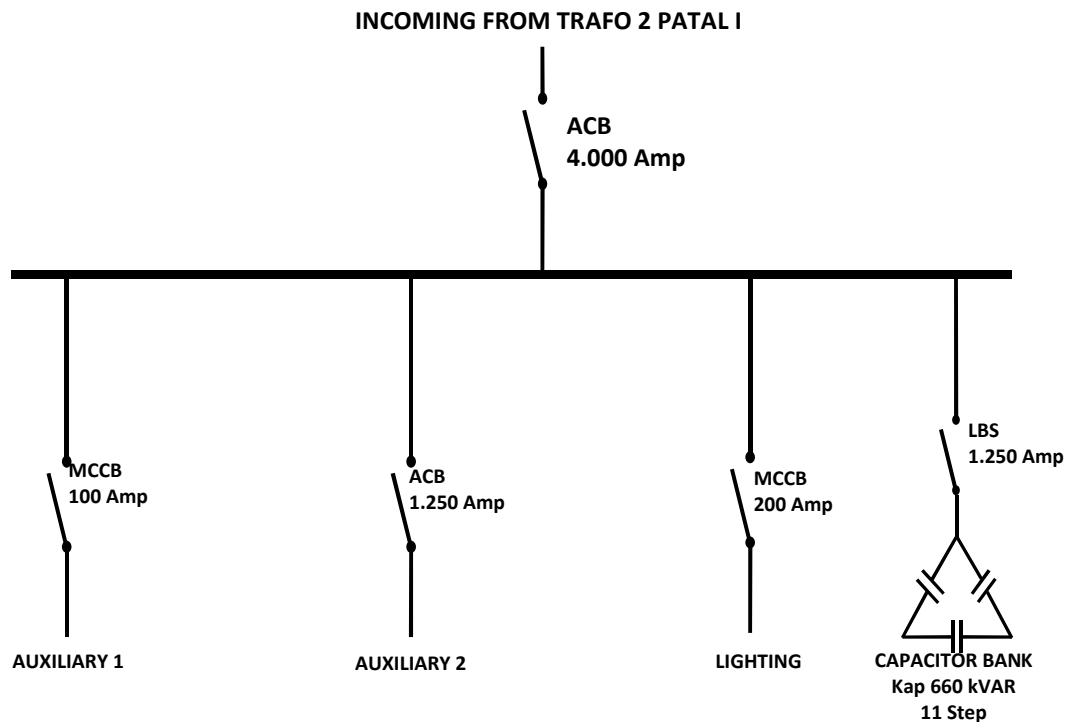
Gambar 4.1. Single Line Diagram Gardu Distribusi Patal I
Sumber: Dokumentasi penulis

Kubikel pada gardu Patal I memiliki satu *incoming* dan tiga *outgoing* (dua *outgoing* untuk area Patal I dan satu *outgoing* untuk percabangan). *Outgoing* kubikel yang terdapat pada masing-masing area pabrik, langsung terhubung dengan transformator. Untuk area Patal I terdapat dua trafo *stepdown* dengan kapasitas masing-masing trafo sebesar 2.400 kVA. Dari masing-masing trafo akan terhubung pada satu panel LVMDP.



Gambar 4.2. Single Line Diagram Jalur Distribusi LVMDP1 Patal I
Sumber: Dokumentasi penulis

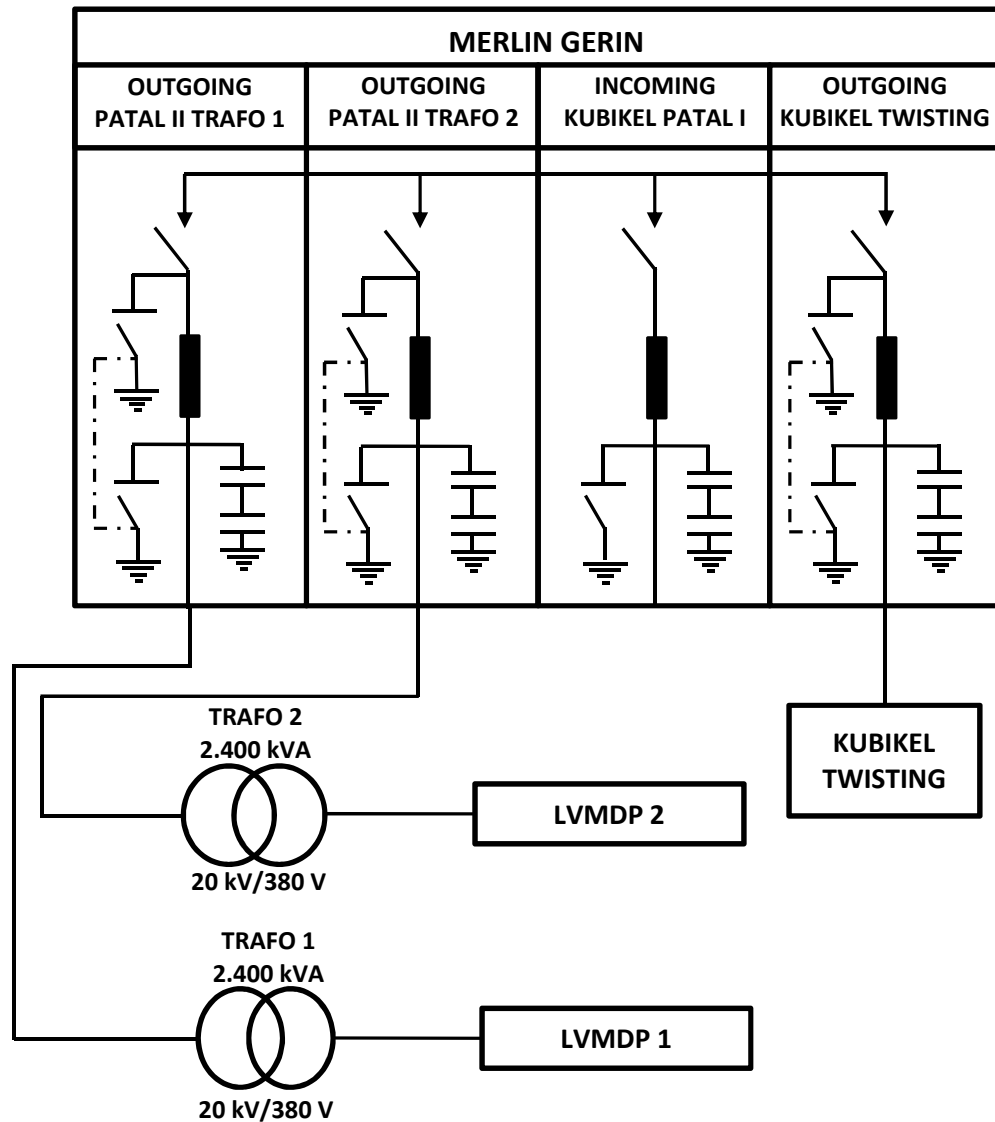
Setelah trafo *stepdown*, pada masing-masing jalur terdapat satu LVMDP yang di dalamnya terhubung dengan panel *Capacitor Bank*. LVMDP1 dari trafo pertama terhubung dalam satu *bus bar* dengan panel *Capacitor Bank* (CB CENTRAL 01) dengan kapasitas 12x60 kVAR. Kemudian dari jalur ini dihubungkan kepada LVSDP mesin-mesin produksi seperti PP-01 (panel area *blowing*), PP-02 (panel area *carding*), PP-03 (panel area *combing*), PP-04 (panel area *roving*), PP-05 (panel area *spinning*), PP-06 (panel area *winding*) dan PP-07 (panel area *compressor*).



Gambar 4.3. Single Line Diagram Jalur Distribusi LVMDP2 Patal I
Sumber: Dokumentasi penulis

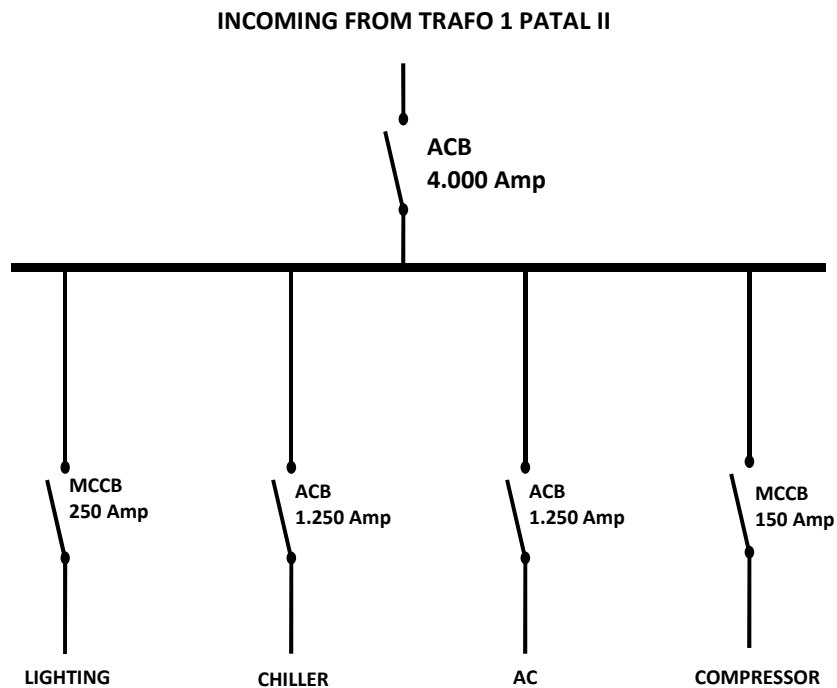
Sedangkan jalur LVMDP2 dari trafo stepdown kedua terhubung dengan panel *Capacitor Bank* (CB CENTRAL 02) pada satu *bus bar*. Kapasitas daya reaktansi kapasitif yang dimiliki CB CENTRAL 02 adalah sebesar 11x60 kVAR. Kemudian dari LVMDP1 jalur dibagi kepada panel-panel LVSDP dari mesin-mesin *auxiliary* seperti PP-08 (panel mesin Auxiliary 1), PP-09 (panel mesin Auxiliary 2) dan panel penerangan di area Patal I.

4.1.1.2. Distribusi Listrik Kawasan Patal II



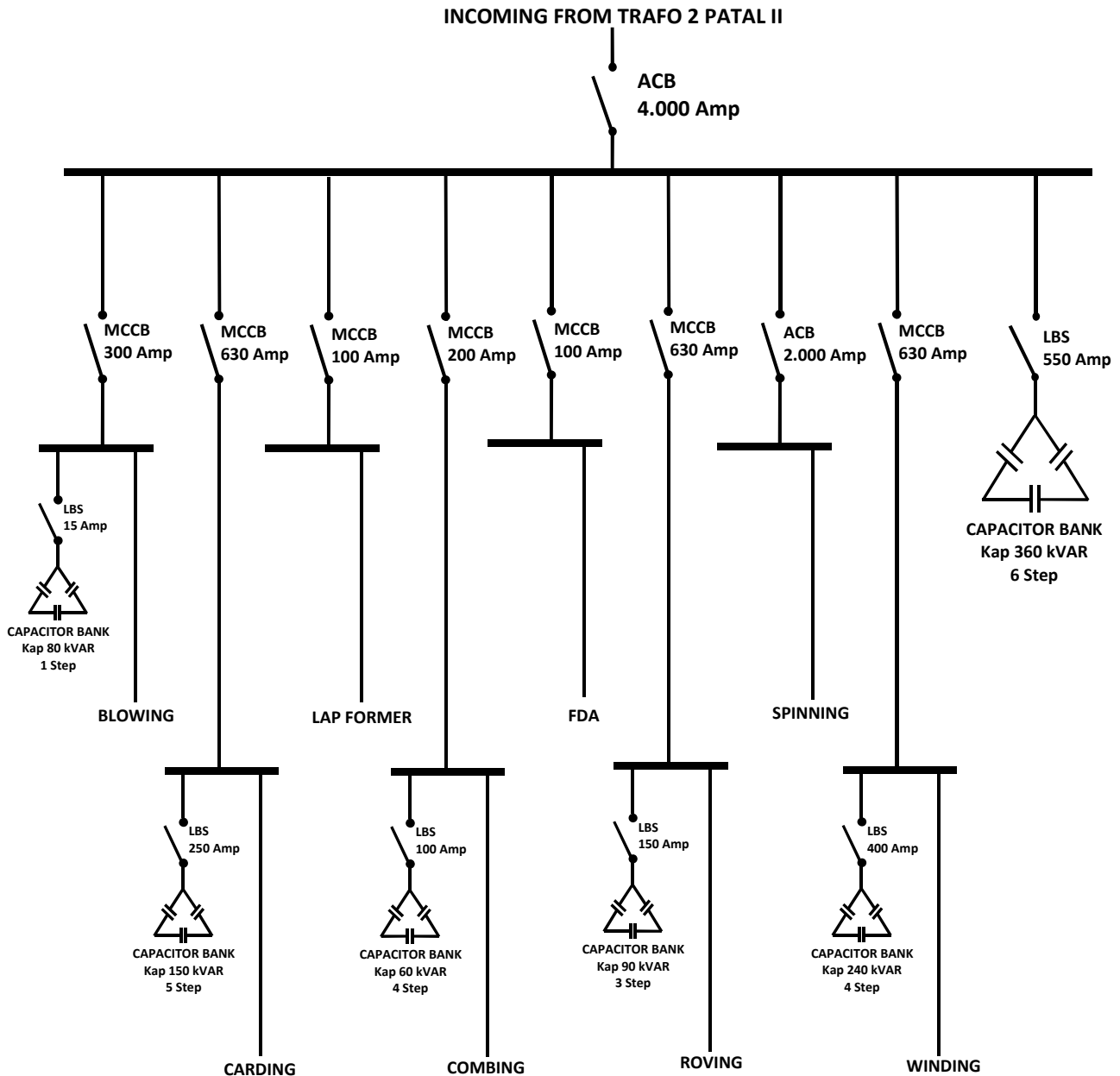
Gambar 4.4. Single Line Diagram Gardu Distribusi Patal II
Sumber: Dokumentasi penulis

Kabel tegangan menengah disambungkan dari *outgoing* kubikel Patal I ke kubikel patal II. Kubikel pada Patal II memiliki satu *incoming* dan tiga *outgoing* (dua *outgoing* untuk area Patal II dan satu *outgoing* untuk percabangan ke area *twisting*). Pada area Patal II terdapat dua trafo *stepdown* yang masing-masing berkapasitas 2.400 kVA. Kabel dari masing-masing trafo terhubung kepada satu unit LVMDP.



Gambar 4.5. Single line diagram jalur distribusi LVMDP1 Patal II
Sumber: Dokumen pribadi

Outgoing dari trafo 1 di Patal II terhubung kepada LVMDP1. Jalur dari LVMDP1 terhubung kepada LVSDP untuk mesin *auxiliary* seperti PL (panel *lighting*), PP-01 (panel *chiller*), PP-02 (panel mesin pendingin) dan PP-03 (panel *compressor*).

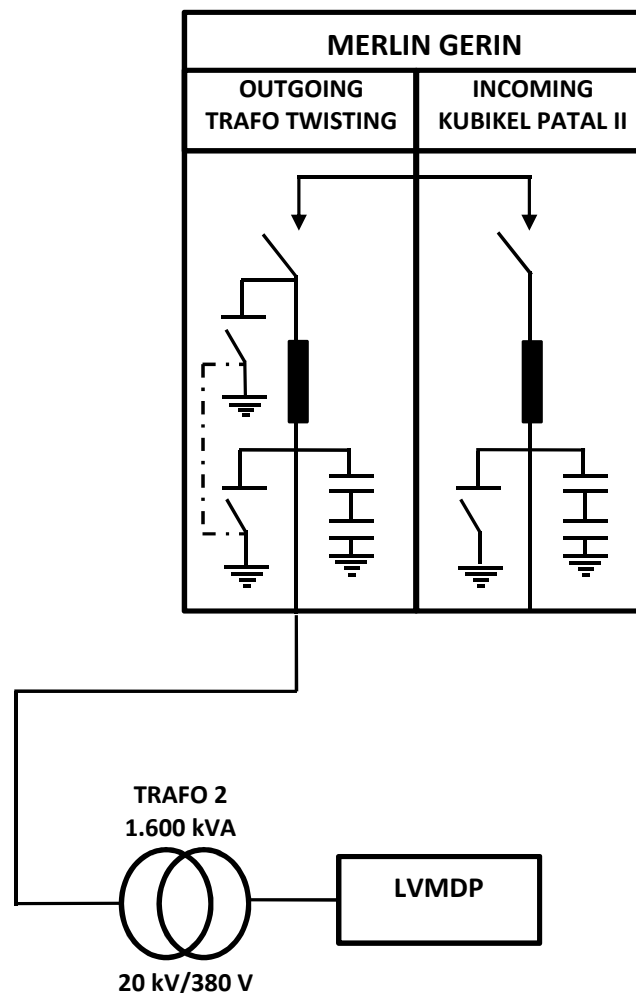


Gambar 4.6. Single Line Diagram Jalur Distribusi LVMDP2 Patal II
Sumber: Dokumentasi penulis

Kemudian jalur distribusi LVMDP2 dari trafo *stepdown* kedua terhubung kepada LVSDP untuk mesin-mesin produksi seperti PP-04 (panel area *blowing*), PP-05 (panel area *carding*), PP-06 (panel area *lap former*), PP07 (panel area *combing*), PP-08 (panel area FDA), PP-09 (panel area *Drawing and Roving*), PP-10 (area *spinning*), dan PP-11 (area mesin *winding*).. Beberapa panel LVSDP

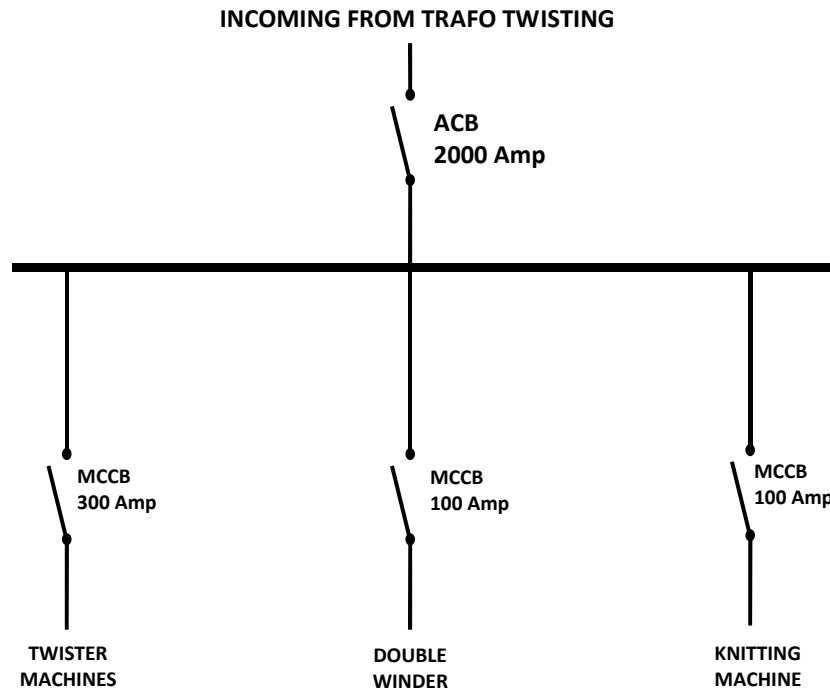
untuk mesin produksi di Patal II memiliki panel *Capacitor Bank* yang diletakkan berdekatan dengannya. Ukuran kapasitas daya reaktansi kapasitif yang dimiliki masing-masing panel *Capacitor Bank* berbeda-beda. Panel tersebut yaitu panel CB BLOWING (pada area *blowing*, 1x80kVAR), CB Carding (pada area *carding*, 5x30kVAR), CB Combing (pada area *combing*, 4x15kVAR), CB Roving (pada area *roving*, 3x30kVAR) dan CB Winding (pada area *winding*, 4x60kVAR).

4.1.1.3. Distribusi Listrik Kawasan *Twisting*



Gambar 4.7. Single Line Diagram Gardu Distribusi *Twisting*
Sumber: Dokumentasi penulis

Kawasan *twisting* mendapatkan suplai energi listrik yang bersumber dari *outgoing* Patal II. Pada kawasan *twisting* terdapat gardu yang didalamnya terdapat kubikel dengan satu *incoming* dan satu *outgoing* yang langsung terhubung dengan satu trafo *stepdown* berkapasitas 1.600 kVA.



Gambar 4.8. Single Line Diagram Jalur Distribusi LVMDP Twisting
Sumber: Dokumentasi penulis

Pada area ini tidak terdapat *Capacitor Bank*, sehingga kabel dari trafo langsung terhubung kepada LVMD yang kemudian disalurkan kepada LVSDP mesin-mesin produksi seperti PP-01 (panel mesin *twisting*), PP-02 (panel mesin *double winder*) dan PP-03 (panel mesin *knitting*).

4.1.2. Hasil Pengamatan *Capacitor Bank*

Diantara tiga kawasan pabrik (Patal I, Patal II dan *Twisting*), penerapan panel *Capacitor Bank* hanya dilakukan pada kawasan Patal I dan Patal II. Patal I memiliki dua panel *Capacitor Bank* yang terdapat di central panel, sedangkan

Patal II memiliki dua panel *Capacitor Bank* di central dan lima *Capacitor Bank* di beberapa panel LVSDP mesin-mesin produksi.

Di bawah ini merupakan tabel pengamatan *Capacitor Bank* yang terdapat di Pabrik PT Sinar Central Sandang.

Tabel 4.1. Instrumen Pengamatan *Capacitor Bank*

No	Panel <i>Capacitor Bank</i>	Ukuran Kapasitor (kVAR)	Jumlah Kapasitor	Total (kVAR)	Keterangan	
1	Patal I	CB Central 1	60	11	660	
2		CB Central 2	60	12	720	
3	Patal II	CB Central 1	60	6	360	
4		CB Blowing	80	1	80	
5		CB Carding	30	5	150	
6		CB Combing	15	4	60	terdapat 6 kapasitor, 2 kapasitor rusak
7		CB Roving	30	3	90	terdapat 5 kapasitor, 2 kapasitor rusak
8		CB Winding	60	4	240	
JUMLAH			46	2.360		

Berdasarkan hasil pengamatan panel *Capacitor Bank* yang ada di pabrik PT Sinar Central Sandang, terdapat sembilan panel CB yang terbagi dalam dua kawasan yaitu kawasan Patal I dan Patal II. Patal I memiliki dua panel yang dengan total daya reaktansi kapasitif sebesar 1.380 kVAR. Sedangkan Patal II memiliki tujuh panel CB dengan total daya reaktansi kapasitif sebesar 980 kVAR. Sehingga total daya reaktansi kapasitif yang dikompensasi oleh kapasitor di pabrik PT Sinar Central Sandang yaitu sebesar 2.360 kVAR. Pengamatan panel kapasitor dilakukan pada 5-7 Juni 2015 di di pabrik PT Sinar Central Sandang.

4.1.3. Hasil Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)

Pengamatan AMR dilakukan selama tujuh hari berturut-turut untuk menentukan penggunaan listrik di pabrik PT Sinar Central Sandang secara lebih terperinci. Data yang didapatkan merupakan data keseluruhan yang diamati langsung dari AMR central. Dalam setiap satu jam dilakukan pencatatan parameter yaitu arus, tegangan, dan faktor daya. Pengamatan dilakukan dari 11 Juni 2014 sampai 17 Juni 2015.

Untuk mencari daya total (VA) pada setiap pembacaan AMR, maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_{L-N} = \frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{L-N} = I_{L-N} = I$$

$$S = (V_{L-N(R)} \cdot I_{(R)}) + (V_{L-N(S)} \cdot I_{(S)}) + (V_{L-N(T)} \cdot I_{(T)})$$

Keterangan : S = Daya semu (Volt Amper)

$V_{L-N(R)}$ = Tegangan line to netral pada fasa R (Volt)

$V_{L-N(S)}$ = Tegangan line to netral pada fasa S (Volt)

$V_{L-N(T)}$ = Tegangan line to netral pada fasa T (Volt)

$I_{(R)}$ = Arus pada fasa R (Amper)

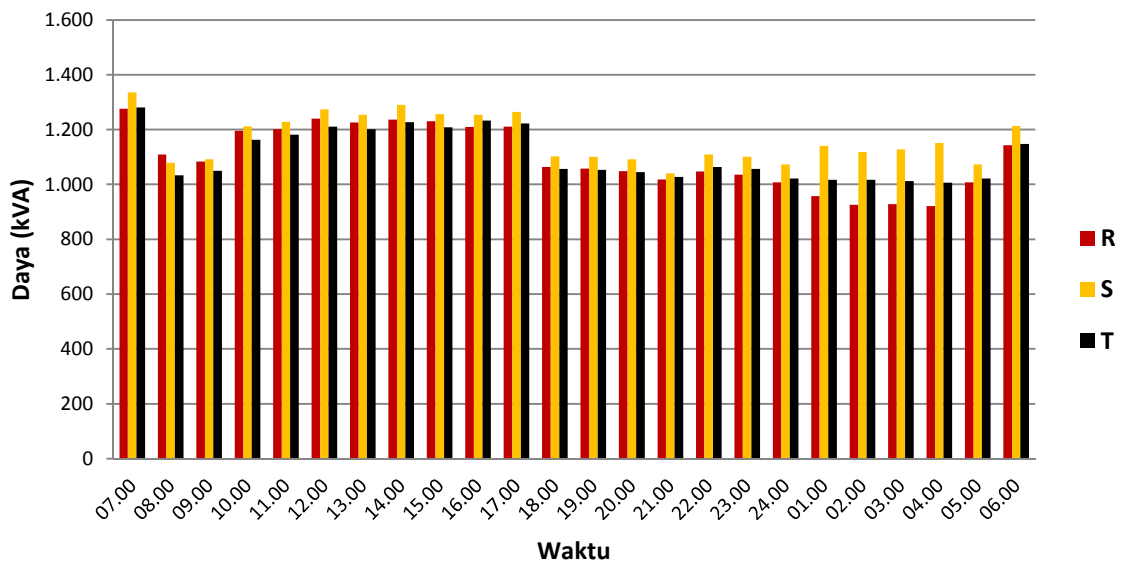
$I_{(S)}$ = Arus pada fasa S (Amper)

$I_{(T)}$ = Arus pada fasa T (Amper)

Di bawah ini merupakan tabel pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*) yang terdapat di Pabrik PT Sinar Central Sandang.

Tabel 4.2. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Kamis, 11 Juni 2015

No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.498,00	11.594,00	11.568,00	111,00	115,20	110,70	3.892.484,40
2	08.00	0,91	11.556,00	11.520,00	11.520,00	96,00	93,60	89,70	3.220.992,00
3	09.00	0,9	11.540,00	11.510,00	11.506,00	93,90	94,80	91,20	3.224.101,20
4	10.00	0,89	11.450,00	11.440,00	11.400,00	104,40	105,90	102,00	3.569.676,00
5	11.00	0,89	11.440,00	11.532,00	11.520,00	105,00	106,50	102,60	3.611.310,00
6	12.00	0,89	11.518,00	11.628,00	11.600,00	107,70	109,50	104,40	3.724.794,60
7	13.00	0,89	11.416,00	11.484,00	11.446,00	107,40	109,20	105,00	3.681.961,20
8	14.00	0,89	11.382,00	11.464,00	11.422,00	108,60	112,50	107,40	3.752.508,00
9	15.00	0,89	11.398,00	11.472,00	11.446,00	108,00	109,50	105,60	3.695.865,60
10	16.00	0,89	11.520,00	11.610,00	11.580,00	105,00	108,00	106,50	3.696.750,00
11	17.00	0,89	11.530,00	11.616,00	11.574,00	105,00	108,90	105,60	3.697.846,80
12	18.00	0,9	11.440,00	11.440,00	11.504,00	93,00	96,30	91,80	3.221.659,20
13	19.00	0,9	11.446,00	11.536,00	11.510,00	92,40	95,40	91,50	3.211.309,80
14	20.00	0,9	11.456,00	11.550,00	11.530,00	91,50	94,50	90,60	3.184.317,00
15	21.00	0,9	11.462,00	11.560,00	11.536,00	88,80	90,00	89,10	3.086.083,20
16	22.00	0,91	11.450,00	11.550,00	11.516,00	91,50	96,00	92,40	3.220.553,40
17	23.00	0,91	11.436,00	11.540,00	11.510,00	90,60	95,40	91,80	3.193.635,60
18	24.00	0,91	11.498,00	11.614,00	11.582,00	87,60	92,40	88,20	3.101.890,80
19	01.00	0,91	11.484,00	11.598,00	11.606,00	83,40	98,40	87,60	3.115.694,40
20	02.00	0,9	11.386,00	11.646,00	11.642,00	81,30	96,00	87,30	3.060.044,40
21	03.00	0,9	11.454,00	11.710,00	11.718,00	81,00	96,30	86,40	3.067.882,20
22	04.00	0,9	11.464,00	11.734,00	11.726,00	80,40	98,10	85,80	3.078.901,80
23	05.00	0,9	11.546,00	11.656,00	11.626,00	87,30	92,10	87,90	3.103.408,80
24	06.00	0,89	11.476,00	11.588,00	11.556,00	99,60	104,70	99,30	3.503.784,00

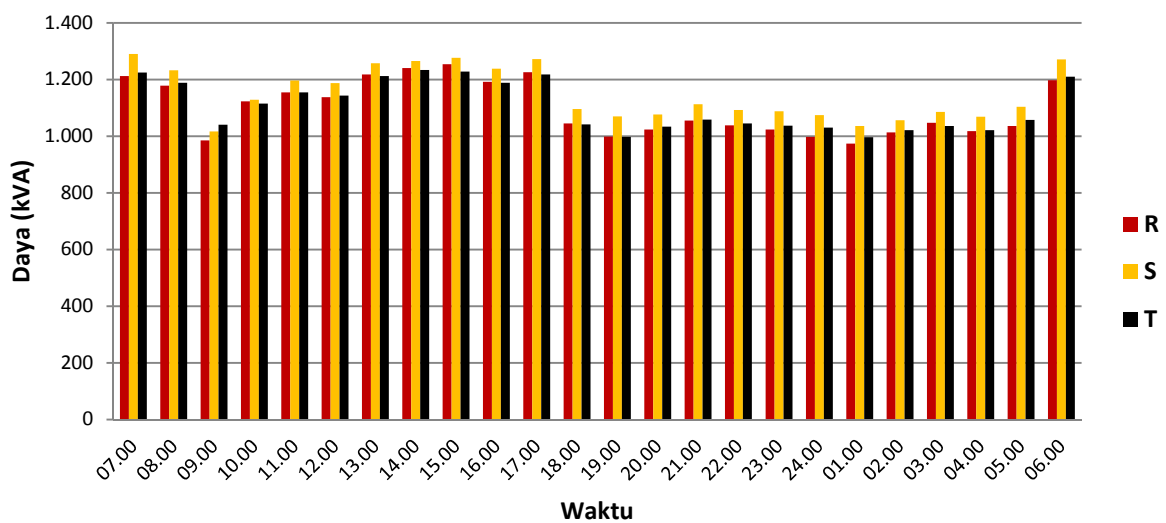


Gambar 4.9. Grafik Daya Tiap Fasa pada 11 Juni 2015

Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4.3. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Jumat, 12 Juni 2015

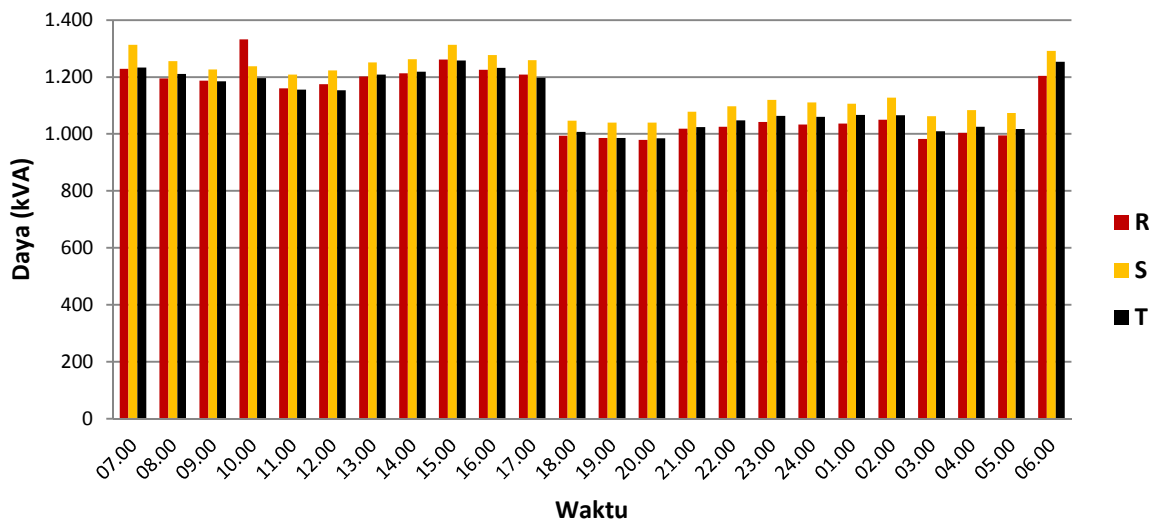
No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.510,00	11.624,00	11.592,00	105,30	111,00	105,60	3.726.382,20
2	08.00	0,89	11.480,00	11.600,00	11.580,00	102,60	106,20	102,60	3.597.876,00
3	09.00	0,91	11.520,00	11.650,00	11.600,00	85,50	87,30	89,70	3.042.525,00
4	10.00	0,9	11.480,00	11.472,00	11.508,00	97,80	98,40	96,90	3.366.714,00
5	11.00	0,89	11.490,00	11.560,00	11.556,00	100,50	103,50	99,90	3.505.649,40
6	12.00	0,89	11.486,00	11.570,00	11.550,00	99,00	102,60	99,00	3.467.646,00
7	13.00	0,89	11.430,00	11.484,00	11.444,00	106,50	109,50	105,90	3.686.712,60
8	14.00	0,89	11.480,00	11.550,00	11.520,00	108,00	109,50	107,10	3.738.357,00
9	15.00	0,89	11.486,00	11.560,00	11.404,00	109,20	110,40	107,70	3.758.706,00
10	16.00	0,89	11.480,00	11.556,00	11.518,00	103,80	107,10	103,20	3.617.929,20
11	17.00	0,89	11.446,00	11.522,00	11.494,00	107,10	110,40	105,90	3.715.110,00
12	18.00	0,9	11.460,00	11.562,00	11.532,00	91,20	94,80	90,30	3.182.569,20
13	19.00	0,9	11.480,00	11.576,00	11.352,00	87,00	92,40	87,90	3.066.223,20
14	20.00	0,9	11.450,00	11.542,00	11.516,00	89,40	93,30	89,70	3.133.483,80
15	21.00	0,9	11.534,00	11.630,00	11.602,00	91,50	95,70	91,20	3.226.454,40
16	22.00	0,9	11.494,00	11.600,00	11.576,00	90,30	94,20	90,30	3.175.941,00
17	23.00	0,91	11.452,00	11.584,00	11.556,00	89,40	93,90	89,70	3.148.119,60
18	24.00	0,91	11.460,00	11.592,00	11.564,00	87,00	92,70	89,10	3.101.950,80
19	01.00	0,91	11.474,00	11.430,00	11.610,00	84,90	90,60	85,80	3.005.838,60
20	02.00	0,91	11.530,00	11.430,00	11.620,00	87,90	92,40	87,90	3.091.017,00
21	03.00	0,91	11.560,00	11.560,00	11.544,00	90,60	93,90	89,70	3.168.316,80
22	04.00	0,9	11.462,00	11.450,00	11.416,00	88,80	93,30	89,40	3.106.701,00
23	05.00	0,9	11.320,00	11.530,00	11.516,00	91,50	95,70	91,80	3.196.369,80
24	06.00	0,89	11.432,00	11.544,00	11.520,00	104,70	110,10	105,00	3.677.524,80



Gambar 4.10. Grafik Daya Tiap Fasa pada 12 Juni 2015
Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4.4. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Sabtu, 13 Juni 2015

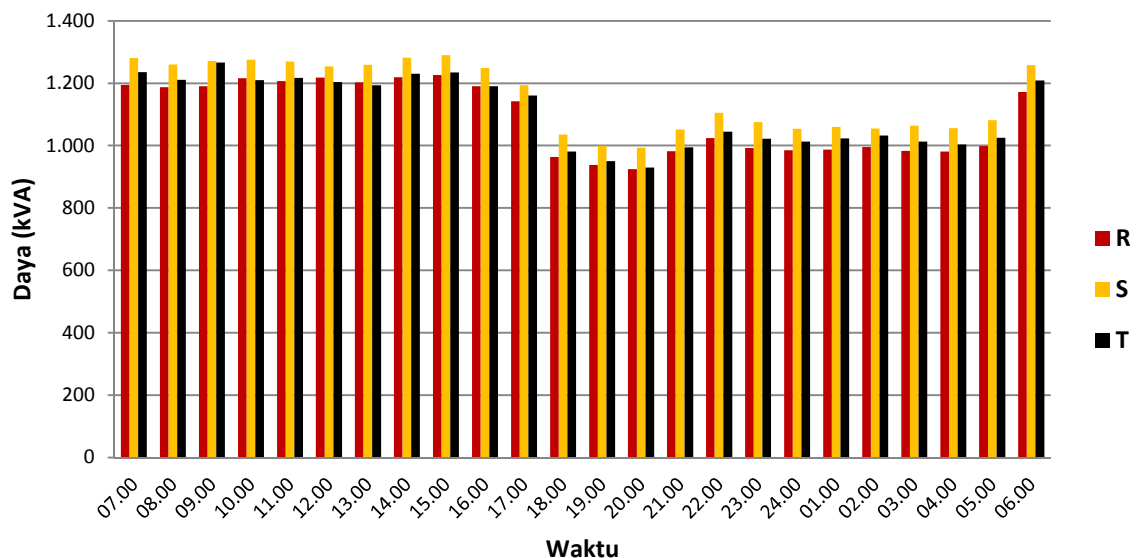
No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.440,00	11.544,00	11.544,00	107,40	113,70	106,80	3.774.108,00
2	08.00	0,89	11.348,00	11.438,00	11.438,00	105,30	109,80	105,90	3.662.121,00
3	09.00	0,89	11.374,00	11.456,00	11.416,00	104,40	107,10	103,80	3.599.364,00
4	10.00	0,89	11.382,00	11.462,00	11.420,00	117,00	108,00	104,70	3.765.264,00
5	11.00	0,89	11.540,00	11.640,00	11.606,00	100,50	103,80	99,60	3.523.959,60
6	12.00	0,88	11.552,00	11.644,00	11.612,00	101,70	105,00	99,30	3.550.530,00
7	13.00	0,89	11.444,00	11.524,00	11.504,00	105,00	108,60	105,00	3.661.046,40
8	14.00	0,89	11.452,00	11.528,00	11.508,00	105,90	109,50	105,90	3.693.780,00
9	15.00	0,89	11.486,00	11.576,00	11.550,00	109,80	113,40	108,90	3.831.676,20
10	16.00	0,89	11.502,00	11.598,00	11.570,00	106,50	110,10	106,50	3.734.107,80
11	17.00	0,89	11.538,00	11.630,00	11.606,00	104,70	108,30	103,20	3.665.296,80
12	18.00	0,91	11.420,00	11.510,00	11.496,00	87,00	90,90	87,60	3.046.848,60
13	19.00	0,92	11.496,00	11.598,00	11.570,00	85,80	89,70	85,20	3.012.461,40
14	20.00	0,92	11.528,00	11.636,00	11.602,00	84,90	89,40	84,90	3.003.995,40
15	21.00	0,9	11.506,00	11.628,00	11.606,00	88,50	92,70	88,20	3.119.845,80
16	22.00	0,91	11.394,00	11.498,00	11.482,00	90,00	95,40	91,20	3.169.527,60
17	23.00	0,9	11.390,00	11.516,00	11.506,00	91,50	97,20	92,40	3.224.694,60
18	24.00	0,9	11.554,00	11.680,00	11.666,00	89,40	95,10	90,90	3.204.135,00
19	01.00	0,9	11.550,00	11.670,00	11.660,00	89,70	94,80	91,50	3.209.241,00
20	02.00	0,9	11.556,00	11.674,00	11.652,00	90,90	96,60	91,50	3.244.306,80
21	03.00	0,9	11.492,00	11.612,00	11.568,00	85,50	91,50	87,30	3.054.950,40
22	04.00	0,9	11.540,00	11.654,00	11.620,00	87,00	93,00	88,20	3.112.686,00
23	05.00	0,91	11.400,00	11.512,00	11.500,00	87,30	93,30	88,50	3.087.039,60
24	06.00	0,89	11.530,00	11.638,00	11.636,00	104,40	111,00	107,70	3.748.747,20



Gambar 4.11. Grafik Daya Tiap Fasa pada 13 Juni 2015
Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4.5. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Minggu, 14 Juni 2015

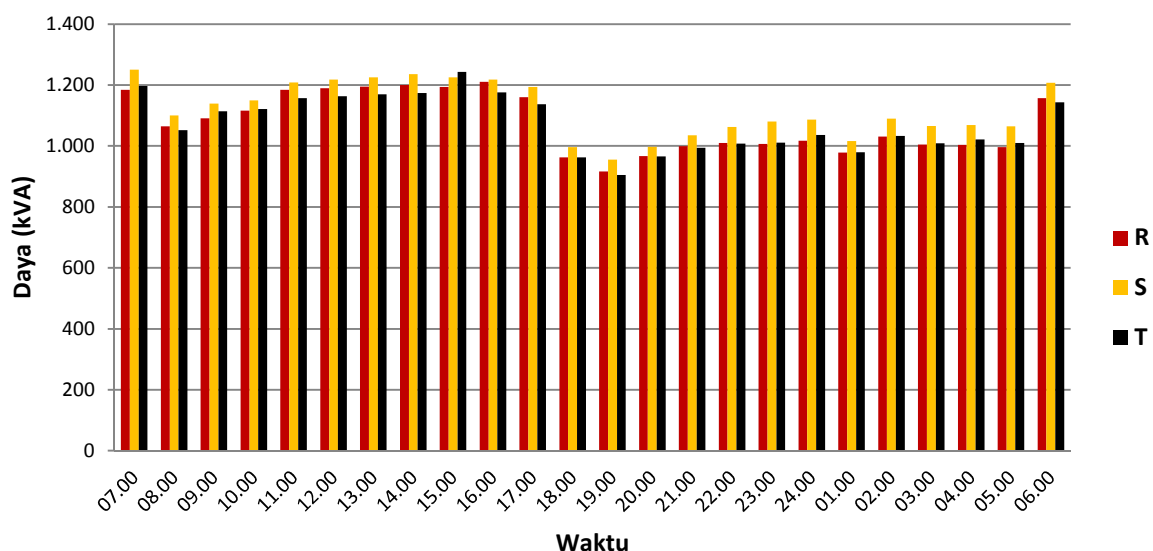
No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.344,00	11.446,00	11.442,00	105,30	111,90	108,00	3.711.066,60
2	08.00	0,89	11.342,00	11.448,00	11.432,00	104,70	110,10	105,90	3.658.581,00
3	09.00	0,89	11.340,00	11.450,00	11.436,00	105,00	111,00	110,70	3.727.615,20
4	10.00	0,89	11.384,00	11.490,00	11.454,00	106,80	111,00	105,60	3.700.743,60
5	11.00	0,89	11.390,00	11.496,00	11.462,00	105,90	110,40	106,20	3.692.623,80
6	12.00	0,89	11.440,00	11.550,00	11.524,00	106,50	108,60	104,40	3.675.795,60
7	13.00	0,89	11.454,00	11.560,00	11.528,00	105,00	108,90	103,50	3.654.702,00
8	14.00	0,89	11.446,00	11.550,00	11.520,00	106,50	111,00	106,80	3.731.385,00
9	15.00	0,89	11.450,00	11.556,00	11.524,00	107,10	111,60	107,10	3.750.165,00
10	16.00	0,89	11.466,00	11.564,00	11.536,00	103,80	108,00	103,20	3.629.598,00
11	17.00	0,88	11.532,00	11.430,00	11.612,00	99,00	104,40	99,90	3.494.998,80
12	18.00	0,91	11.388,00	11.498,00	11.476,00	84,60	90,00	85,50	2.979.442,80
13	19.00	0,92	11.456,00	11.568,00	11.558,00	81,90	86,40	82,20	2.887.789,20
14	20.00	0,92	11.460,00	11.580,00	11.556,00	80,70	85,80	80,40	2.847.488,40
15	21.00	0,91	11.484,00	11.610,00	11.588,00	85,50	90,60	85,80	3.027.998,40
16	22.00	0,9	11.528,00	11.656,00	11.644,00	88,80	94,80	89,70	3.173.142,00
17	23.00	0,91	11.446,00	11.560,00	11.548,00	86,70	93,00	88,50	3.089.446,20
18	24.00	0,91	11.474,00	11.590,00	11.560,00	85,80	90,90	87,60	3.050.656,20
19	01.00	0,9	11.460,00	11.584,00	11.564,00	86,10	91,50	88,50	3.070.056,00
20	02.00	0,9	11.480,00	11.640,00	11.584,00	86,70	90,60	89,10	3.082.034,40
21	03.00	0,9	11.500,00	11.624,00	11.764,00	85,50	91,50	86,10	3.059.726,40
22	04.00	0,9	11.512,00	11.650,00	11.610,00	85,20	90,60	86,40	3.039.416,40
23	05.00	0,9	11.474,00	11.592,00	11.580,00	87,00	93,30	88,50	3.104.601,60
24	06.00	0,89	11.424,00	11.520,00	11.510,00	102,60	109,20	105,00	3.638.636,40



Gambar 4.12. Grafik Daya Tiap Fasa pada 14 Juni 2015
Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4.6. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Senin, 15 Juni 2015

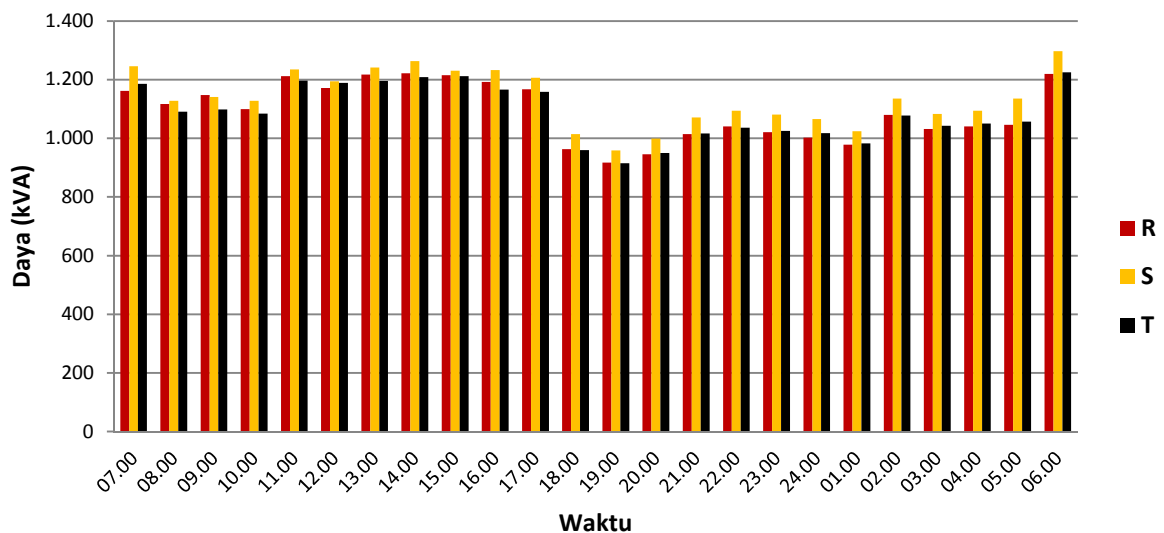
No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.480,00	11.580,00	11.560,00	103,20	108,00	103,50	3.631.836,00
2	08.00	0,91	11.452,00	11.530,00	11.496,00	93,00	95,40	91,50	3.216.882,00
3	09.00	0,9	11.360,00	11.440,00	11.394,00	96,00	99,60	97,80	3.344.317,20
4	10.00	0,9	11.374,00	11.444,00	11.400,00	98,10	100,50	98,40	3.387.671,40
5	11.00	0,89	11.444,00	11.514,00	11.474,00	103,50	105,00	100,80	3.550.003,20
6	12.00	0,89	11.424,00	11.500,00	11.470,00	104,10	105,90	101,40	3.570.146,40
7	13.00	0,89	11.410,00	11.504,00	11.468,00	104,70	106,50	102,00	3.589.539,00
8	14.00	0,89	11.424,00	11.510,00	11.470,00	105,00	107,40	102,30	3.609.075,00
9	15.00	0,89	11.402,00	11.500,00	11.442,00	104,70	106,50	108,60	3.661.140,60
10	16.00	0,89	11.468,00	11.440,00	11.498,00	105,60	106,50	102,30	3.605.626,20
11	17.00	0,88	11.512,00	11.404,00	11.412,00	100,80	104,70	99,60	3.491.043,60
12	18.00	0,92	11.544,00	11.450,00	11.624,00	83,40	87,00	82,80	2.921.386,80
13	19.00	0,92	11.486,00	11.584,00	11.552,00	79,80	82,50	78,30	2.776.784,40
14	20.00	0,92	11.504,00	11.418,00	11.586,00	84,00	87,30	83,40	2.929.399,80
15	21.00	0,91	11.524,00	11.424,00	11.592,00	86,70	90,60	85,80	3.028.738,80
16	22.00	0,91	11.416,00	11.540,00	11.506,00	88,50	92,10	87,60	3.081.075,60
17	23.00	0,91	11.530,00	11.652,00	11.616,00	87,30	92,70	87,00	3.097.301,40
18	24.00	0,91	11.496,00	11.610,00	11.586,00	88,50	93,60	89,40	3.139.880,40
19	01.00	0,9	11.480,00	11.600,00	11.580,00	85,20	87,60	84,60	2.973.924,00
20	02.00	0,91	11.496,00	11.606,00	11.590,00	89,70	93,90	89,10	3.153.663,60
21	03.00	0,91	11.504,00	11.608,00	11.592,00	87,30	91,80	87,00	3.078.417,60
22	04.00	0,91	11.460,00	11.570,00	11.538,00	87,60	92,40	88,50	3.094.077,00
23	05.00	0,91	11.452,00	11.560,00	11.534,00	87,00	92,10	87,60	3.071.378,40
24	06.00	0,89	11.514,00	11.504,00	11.544,00	100,50	105,00	99,00	3.507.933,00



Gambar 4.13. Grafik Daya Tiap Fasa pada 15 Juni 2015
Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4.7. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Selasa, 16 Juni 2015

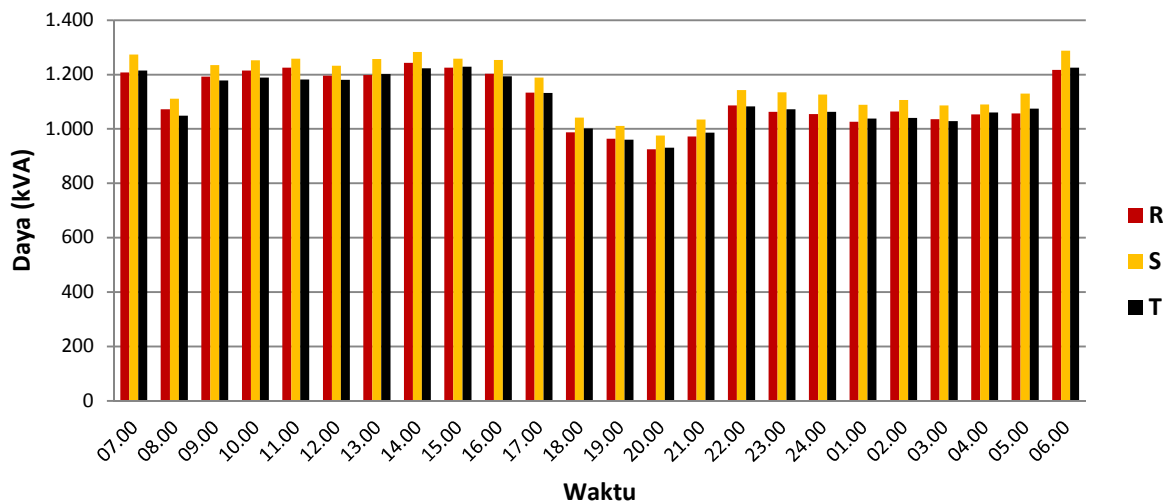
No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.530,00	11.664,00	11.626,00	100,80	106,80	102,00	3.593.791,20
2	08.00	0,9	11.350,00	11.422,00	11.400,00	98,40	98,70	95,70	3.335.171,40
3	09.00	0,9	11.352,00	11.426,00	11.404,00	101,10	99,90	96,30	3.387.349,80
4	10.00	0,9	11.346,00	11.430,00	11.402,00	96,90	98,70	95,10	3.311.898,60
5	11.00	0,89	11.508,00	11.530,00	11.560,00	105,30	107,10	103,50	3.643.115,40
6	12.00	0,89	11.322,00	11.380,00	11.426,00	103,50	105,00	104,10	3.556.173,60
7	13.00	0,89	11.402,00	11.460,00	11.414,00	106,80	108,30	104,70	3.653.897,40
8	14.00	0,9	11.380,00	11.540,00	11.416,00	107,40	109,50	105,90	3.694.796,40
9	15.00	0,89	11.414,00	11.390,00	11.506,00	106,50	108,00	105,30	3.657.292,80
10	16.00	0,89	11.454,00	11.538,00	11.498,00	104,10	106,80	101,40	3.590.517,00
11	17.00	0,89	11.472,00	11.560,00	11.530,00	101,70	104,40	100,50	3.532.331,40
12	18.00	0,92	11.506,00	11.620,00	11.590,00	83,70	87,30	82,80	2.937.130,20
13	19.00	0,92	11.490,00	11.582,00	11.552,00	79,80	82,80	79,20	2.790.810,00
14	20.00	0,91	11.456,00	11.560,00	11.516,00	82,50	86,40	82,50	2.893.974,00
15	21.00	0,9	11.496,00	11.596,00	11.570,00	88,20	92,40	87,90	3.102.420,60
16	22.00	0,91	11.484,00	11.574,00	11.548,00	90,60	94,50	89,70	3.170.049,00
17	23.00	0,9	11.536,00	11.662,00	11.628,00	88,50	92,70	88,20	3.127.593,00
18	24.00	0,9	11.524,00	11.642,00	11.620,00	87,00	91,50	87,60	3.085.743,00
19	01.00	0,9	11.440,00	11.534,00	11.496,00	85,50	88,80	85,50	2.985.247,20
20	02.00	0,9	11.466,00	11.570,00	11.546,00	94,20	98,10	93,30	3.292.356,00
21	03.00	0,9	11.540,00	11.652,00	11.624,00	89,40	93,00	89,70	3.157.984,80
22	04.00	0,9	11.556,00	11.610,00	11.592,00	90,00	94,20	90,60	3.183.937,20
23	05.00	0,9	11.550,00	11.606,00	11.588,00	90,60	97,80	91,20	3.238.322,40
24	06.00	0,89	11.424,00	11.528,00	11.498,00	106,80	112,50	106,50	3.741.520,20



Gambar 4.14. Grafik Daya Tiap Fasa pada 16 Juni 2015
Sumber : Dokumentasi Peneliti

Tabel 4.8. Instrumen Pengamatan AMR (*Automatic Meter Reading*)
Hari, tanggal : Rabu, 17 Juni 2015

No	Waktu	PF	Tegangan (V)			Arus (A)			Total Daya (VA)
			R	S	T	R	S	T	
1	07.00	0,89	11.432,00	11.534,00	11.504,00	105,60	110,40	105,60	3.695.395,20
2	08.00	0,91	11.490,00	11.572,00	11.540,00	93,30	96,00	90,90	3.231.915,00
3	09.00	0,9	11.360,00	11.436,00	11.386,00	105,00	108,00	103,50	3.606.339,00
4	10.00	0,9	11.372,00	11.440,00	11.390,00	106,80	109,50	104,40	3.656.325,60
5	11.00	0,9	11.380,00	11.460,00	11.420,00	107,70	109,80	103,50	3.665.904,00
6	12.00	0,89	11.418,00	11.472,00	11.444,00	104,70	107,40	103,20	3.608.578,20
7	13.00	0,89	11.414,00	11.480,00	11.450,00	105,00	109,50	105,00	3.657.780,00
8	14.00	0,89	11.416,00	11.494,00	11.454,00	108,90	111,60	106,80	3.749.220,00
9	15.00	0,89	11.446,00	11.520,00	11.470,00	107,10	109,20	107,10	3.712.287,60
10	16.00	0,9	11.460,00	11.548,00	11.504,00	105,00	108,60	103,80	3.651.528,00
11	17.00	0,9	11.516,00	11.590,00	11.572,00	98,40	102,60	97,80	3.454.050,00
12	18.00	0,92	11.510,00	11.614,00	11.592,00	85,80	89,70	86,40	3.030.882,60
13	19.00	0,91	11.522,00	11.622,00	11.596,00	83,70	87,00	82,80	2.935.654,20
14	20.00	0,91	11.510,00	11.618,00	11.584,00	80,40	84,00	80,40	2.832.669,60
15	21.00	0,91	11.412,00	11.532,00	11.496,00	85,20	89,70	85,80	2.993.079,60
16	22.00	0,9	11.496,00	11.616,00	11.574,00	94,50	98,40	93,60	3.312.712,80
17	23.00	0,89	11.534,00	11.632,00	11.636,00	92,10	97,50	92,10	3.268.077,00
18	24.00	0,9	11.520,00	11.620,00	11.616,00	91,50	96,90	91,50	3.242.922,00
19	01.00	0,9	11.486,00	11.600,00	11.572,00	89,40	93,90	89,70	3.154.096,80
20	02.00	0,9	11.480,00	11.596,00	11.560,00	92,70	95,40	90,00	3.210.854,40
21	03.00	0,91	11.510,00	11.610,00	11.586,00	90,00	93,60	88,80	3.151.432,80
22	04.00	0,9	11.508,00	11.604,00	11.588,00	91,50	93,90	91,50	3.202.899,60
23	05.00	0,91	11.478,00	11.584,00	11.556,00	92,10	97,50	93,00	3.261.271,80
24	06.00	0,89	11.522,00	11.628,00	11.604,00	105,60	110,70	105,60	3.492.000,00



Gambar 4.15. Grafik Daya Tiap Fasa pada 17 Juni 2015
Sumber : Dokumentasi Peneliti

Berdasarkan tabel dan grafik pengamatan AMR selama tujuh hari di atas, dapat dilihat bahwa penggunaan beban listrik di pabrik SCS tidak tetap. Dalam pemakaian beban listrik pihak pabrik memiliki perhitungan terhadap tarif listrik ganda yaitu WBP (Waktu Beban Puncak 18.00-22.00) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak 22.00-18.00). Dimulai dari jam 07.00 sampai jam 17.00 daya yang digunakan masih tinggi. Setelah jam 18.00 daya akan turun karena penggunaan mesin dikurangi sampai jam 05.00. Setelah itu pada pukul 06.00 mesin mulai kembali beroperasi penuh. Dari tujuh hari pengamatan, dapat dilihat bahwa kebanyakan beban tertinggi terjadi pada LWBP yaitu diantara jam 11.00-16.00.

Dari data diatas didapatkan faktor daya rata-rata yang ada dipabrik adalah sebesar 0,89. Dengan daya rata-rata dari keseluruhan waktu pengamatan yaitu sebesar 3.348,52 kVA. Dalam WBP daya rata-ratanya yaitu sebesar 3.048,97 kVA. Sedangkan rata-rata dalam LWBP adalah 3.427,25 kVA.

4.1.4. Hasil Pengamatan Beban Terpasang di Pabrik SCS

Tabel 4.9. Instrumen Pendataan Beban Listrik Patal I

No	Grup Panel	Nama Mesin	Jumlah	Daya (Watt)	Total Daya Mesin (Watt)	Total Daya Grup (Watt)
1	PP-01 (Blowing)	Bale Opener	1	8.000	8.000	85.790
		Transfor Fan	1	5.000	5.000	
		FF B-E15	1	10.000	10.000	
		MC-E02	1	10.000	10.000	
		Mixer	1	10.000	10.000	
		FF F-12C	2	10.595	21.190	
		Filter Separator	2	7.000	14.000	
		Roving Stripping	1	2.100	2.100	
		Ball Press	1	5.500	5.500	
2	PP-02 (Carding)	Carding Machines	18	7.980	143.640	253.500
		MC/s	18	1.580	28.440	
		Filter Crosrol	3	25.050	75.150	
		Compressor	1	750	750	
		Blow & Carding Room			5.520	
3	PP-03 (Combing)	Pre Drawing	3	9.600	28.800	167.780
		Lap Former	2	4.850	9.700	
		Combing	16	4.480	71.680	
		Drawing	6	9.600	57.600	
4	PP-04 (Roving)	Speed Frame	6	22.080	132.480	132.480
5	PP-05 (Spinning)	Spinning Frame	38	20.450	777.100	813.180
		Pneumablo	19	1.500	28.500	
		Dust Colector	2	2.200	4.400	
		Roller Room			2.900	
		Cleaner Roll	1	280	280	
6	PP-06 Winding	Winding Machine	6	30.130	180.780	180.780
7	PP-07 (Compressor)	Compressor Machines	2	22.000	44.000	44.000
8	PP-08 (Auxiliary 1)	AC for Office			13.500	24.950
		Pump Sumur Hydrant	1	11.450	11.450	
9	PP-09 (Auxiliary 2)	Refricullator Carrier			340.000	706.990
		Luwa Station			100.000	
		Chiller Pump			66.990	
		Condencer Pump			100.000	
		Cooling Tower			100.000	
10	Penerangan				87.180	87.180
JUMLAH						2.496.630

Kawasan Patal I memiliki sembilan panel LVSDP untuk mesin-mesin listrik.

Panel untuk mesin produksi berjumlah enam panel dan untuk mesin penunjang

proses produksi berjumlah tiga panel. Pada kawasan ini juga terdapat panel penerangan. Jumlah seluruh beban listrik yang ada di Patal I yaitu 2.496,63 kW.

Tabel 4.10. Instrumen Pendataan Beban Listrik Patal II

No	Grup Panel	Nama Mesin	Jumlah	Daya (Watt)	Total Daya Mesin (Watt)	Total Daya Grup (Watt)
1	PP-04 (Blowing)	Mesin Line	2	65.410	130.820	138.320
		Bale Press manual	1	7.500	7.500	
2	PP-05 (Carding)	Carding Machines + Chute Feed System	29	15.560	451.240	451.240
3	PP-06 (Lap Former)	Lap Former	4	4.850	19.400	32.460
		Pre Drawing	4	2.740	10.960	
		RWO	1	2.100	2.100	
4	PP-07 (Combing)	Combing Machines	20	4.940	98.800	104.300
		Bale Press Luwa	1	5.500	5.500	
5	PP-08 (FDA)	FDA	5	2.020	10.100	10.100
6	PP-09 (Drawing dan roving)	Drawing A (Auto traveler)	5	9.890	49.450	294.650
		Drawing B	5	2.740	13.700	
		Roving Machine	10	23.150	231.500	
7	PP-10 (Spinning)	Spinning Machine + pneumablo	30	42.500	1.275.000	1.275.000
8	PP-11 (Winding)	Winding Machine	12	14.380	172.560	322.560
		Blower	5	30.000	150.000	
9	PL (Lighting)				153.490	153.490
10	PP-01 (Chiller)	Chiller Machine	2	325.000	650.000	761.000
		Refrigating plant	1	111.000	111.000	
11	PP-02 (AC)	AC Station 1 + filter			392.190	824.190
		AC Station 2 + bale press			168.530	
		AC Station 3			216.390	
		AC Station 4			47.080	
12	PP-03 (Compressor)	Compressor machine	4	22.000	88.000	88.000
Jumlah						4.455.310

Patal II memiliki total beban listrik sebesar 4.445,31 kW. Beban listrik yang dilayani terbagi menjadi delapan panel untuk mesin produksi dan empat panel untuk mesin penunjang proses produksi seperti pendingin, penerangan dan kompresor.

Tabel 4.11. Instrumen Pendataan Beban Listrik *Twisting*

No	Grup Panel	Nama Mesin	Jumlah	Daya (Watt)	Total Daya Grup (Watt)	Total Daya Mesin (Watt)
1	Twister	PP-01 (Twister Machine)	8	22.000	176.000	192.400
2		PP-02 (Double Winder)	1	5.400	5.400	
3		PP-03 (Kniting machine)	2	5.500	11.000	
JUMLAH						192.400

Area *Twisting* berada paling belakang dari pintu masuk pabrik. Proses yang dilakukan pada kawasan ini adalah menggabungkan dua atau lebih benang yang telah dihasilkan dari Patal I atau Patal II. Panel yang terdapat di kawasan ini ada tiga panel yaitu panel untuk mesin *twister*, panel mesin *double winder* dan panel mesin *knitting*. Untuk penerangan, kawasan ini mengambil sumber dari Patal II. Total daya beban yang dilayani untuk kawasan *twisting* adalah sebesar 192,4 kW.

Dari hasil observasi, ditemukan bahwa ada beberapa beban yang saat ini sudah tidak terpakai. Beberapa beban tersebut yaitu AC untuk area diesel dan compressor pada area *carding* Patal I. *Vacum cleaner* sebesar 3,7 kW pada area *carding* dan *combing* patal I juga tidak termasuk dalam penggunaan beban sehari-hari karena merupakan mesin *portable* yang penggunaannya sangat jarang. Sehingga total daya aktif beban yang terpasang di pabrik PT Sinar Central Sandang saat ini adalah 7.144,34 kW.

4.2. Pembahasan Penelitian

4.2.1. Pemakaian Daya Listrik

Berdasarkan hasil pengamatan AMR yang dilakukan selama satu minggu dapat diketahui rata-rata faktor daya, arus listrik dan tegangan yang ada di pabrik. Dengan begitu, nilai daya total atau daya semu yang harus dikonsumsi akan dapat diperhitungkan.

Tabel 4.12. Rekapitulasi Penggunaan Listrik

		Rata-rata
Tegangan	R	11.464,74 Volt
	S	11.552,61 Volt
	T	11.535,43 Volt
Arus	R	95,70 Amper
	S	99,71 Amper
	T	95,48 Amper
Faktor Daya		0,89
Daya Total		3.348.521,15 VA
Frekuensi		50 Hz

Penggunaan rata-rata daya aktif di Pabrik :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos \varphi \\
 &= S \cdot \cos \varphi \\
 &= 3.348.521,15 \text{ VA} \cdot 0,89 \\
 &= 2.980.183,83 \text{ Watt} = 2.980,18 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ penggunaan beban} &= \frac{\text{Daya Aktif (AMR)}}{\text{Beban Terpasang}} \times 100\% \\
 &= \frac{2.980,18 \text{ kW}}{7.144,34 \text{ kW}} \times 100\% \\
 &= 42\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai rata-rata yang didapatkan dari pengamatan di AMR central, ditemukan rata-rata daya aktif yang digunakan di pabrik SCS adalah sebesar 2.980,18 kW. Sehingga dengan dibandingkan dengan daya beban terpasang hasil pendataan di lapangan, dapat didapatkan persentase penggunaan beban di pabrik yaitu sebesar 42% dari keseluruhan beban maksimum.

4.2.2. Faktor Daya saat ini

Capascitor Bank memiliki peran untuk menyuplai daya reaktansi kapasitif untuk mengurangi daya reaktif yang ada di pabrik akibat beban-beban induktif. Total daya reaktansi kapasitif yang dimiliki oleh pabrik adalah sebesar 2.360 kVAR yang berasal dari seluruh panel *capacitor bank* yang ada. Di bawah ini terdapat rekapitulasi faktor daya yang teramati selama satu minggu pengamatan, sebagai berikut:

Tabel 4.13. Rekapitulasi Faktor Daya Pabrik

	Minimum	Rata-rata	Maksimum
Faktor Daya	0,88	0,89	0,92

Dari tabel tersebut dapat dihitung besarnya nilai daya reaktansi induktif yang ada di pabrik SCS saat ini dengan pembagian perhitungan dalam nilai faktor daya minimum, rata-rata dan maksimum.

4.2.2.1. Daya Reaktif pada Faktor Daya Minimum

$$Q_2 = S \cdot \sin \varphi$$

dimana,

$$\cos \varphi = 0,88$$

$$\text{arc cos } \varphi = 28,36^\circ$$

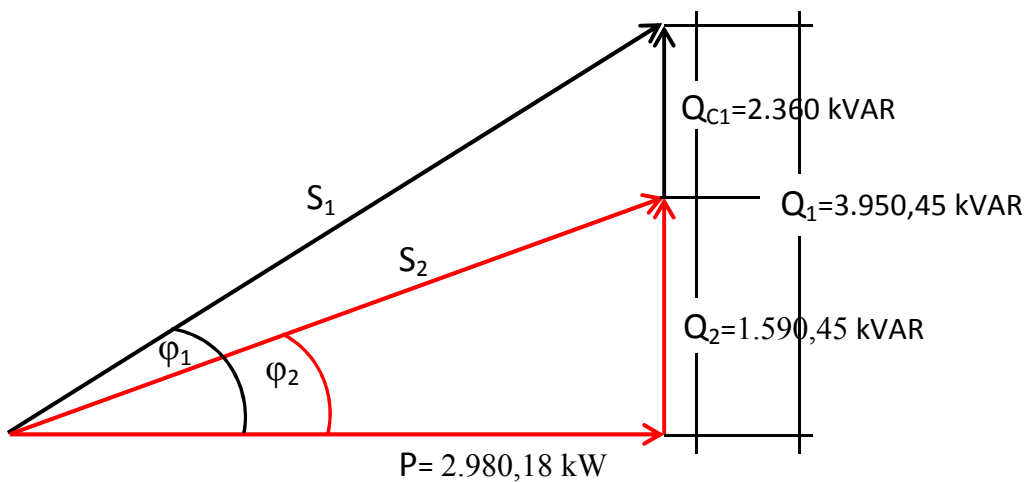
sehingga,

$$\begin{aligned} Q_2 &= 3.348.521,15 \text{ VA} \times \sin 28,36^\circ \\ &= 3.348.521,15 \text{ VA} \times 0,48 \\ &= 1.590.459,42 \text{ VAR} \end{aligned}$$

maka daya reaktansi induktif total adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 + Q_{C1} \\ &= 1.590.459,42 \text{ VAR} + 2.360.000 \text{ VAR} \\ &= 3.950.459,42 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Nilai-nilai tersebut dapat dimasukkan ke dalam diagram fasor dibawah ini,



Gambar 4.16. Diagram Fasor pada Faktor Daya Minimum
Sumber: Dokumentasi penulis

4.2.2.2. Daya Reaktif pada Faktor Daya Rata-rata

$$Q_2 = S \cdot \sin \phi$$

dimana,

$$\cos \phi = 0,89$$

$$\text{arc cos } \phi = 27,13^\circ$$

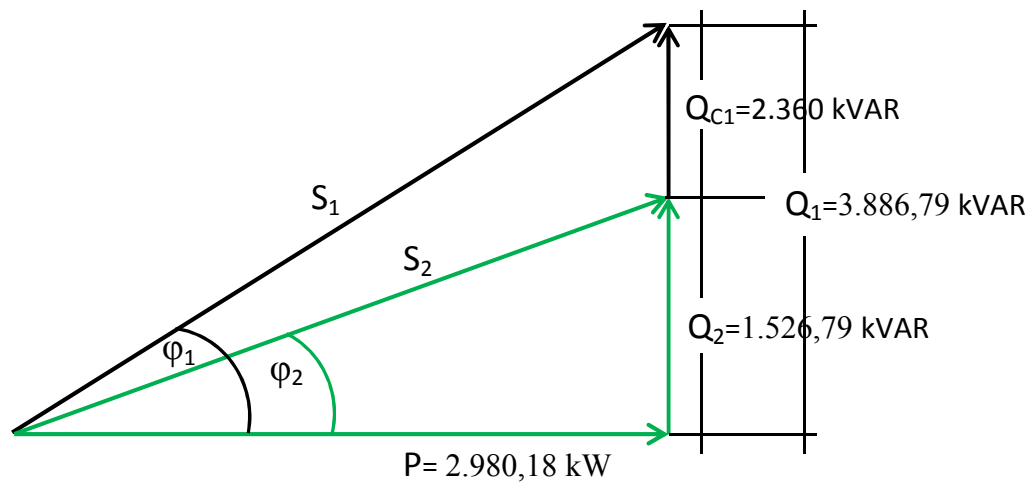
sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= 3.348.521,15 \text{ VA} \times \sin 27,13^\circ \\
 &= 3.348.521,15 \text{ VA} \times 0,45 \\
 &= 1.526.793,46 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

maka daya reaktansi induktif total adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= Q_2 + Q_{C1} \\
 &= 1.526.793,46 \text{ VAR} + 2.360.000 \text{ VAR} \\
 &= 3.886.793,46 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Nilai-nilai tersebut dapat dimasukkan ke dalam diagram fasor dibawah ini,



Gambar 4.17. Diagram Fasor pada Faktor Daya Rata-rata
Sumber: Dokumentasi penulis

4.2.2.3. Daya Reaktif pada Faktor Daya Maksimum

$$Q_2 = S \cdot \sin \varphi$$

dimana,

$$\cos \varphi = 0,92$$

$$\text{arc cos } \varphi = 23,07^\circ$$

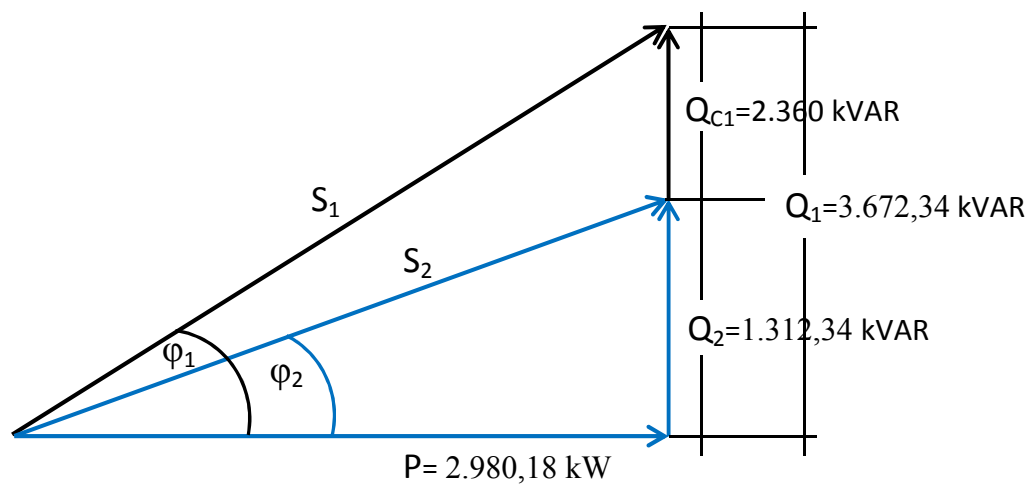
sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= 3.348.521,15 \text{ VA} \times \sin 23,07^\circ \\
 &= 3.348.521,15 \text{ VA} \times 0,39 \\
 &= 1.312.346,91 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

maka daya reaktansi induktif total adalah sebagai berikut:

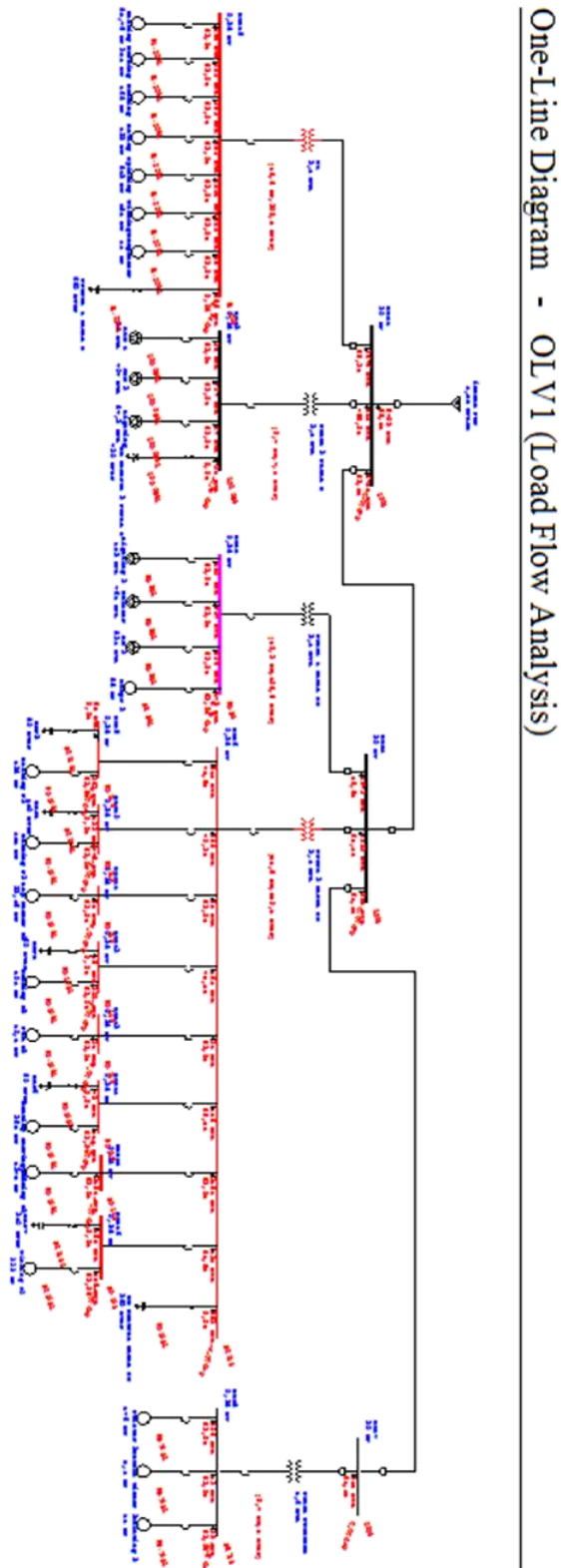
$$\begin{aligned}
 Q_1 &= Q_2 + Q_{C1} \\
 &= 1.312.346,91 \text{ VAR} + 2.360.000 \text{ VAR} \\
 &= 3.672.346,91 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Nilai-nilai tersebut dapat dimasukkan ke dalam diagram fasor dibawah ini,



Gambar 4.18. Diagram Fasor pada Faktor Daya Maksimum
Sumber: Dokumentasi penulis

4.2.3. Simulasi Etap 7.0



Gambar 4.19. Diagram Simulasi Etap 7.0 Jaringan Pabrik
Sumber: Dokumentasi penulis

4.2.4. Kompensasi Penambahan *Capacitor Bank*

Penambahan kapasitor bank dapat diperhitungkan berdasarkan data dan perhitungan yang sudah dilakukan di atas. Target perbaikan faktor daya yang direncanakan dengan penambahan kapasitor ini adalah menjadi 0,99. Perhitungan kompensasi ini juga terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pada faktor daya minimum, rata-rata dan maksimum, yaitu sebagai berikut:

4.2.4.1. Penambahan Kapasitor pada Faktor Daya Minimum

Target faktor daya 0,99 :

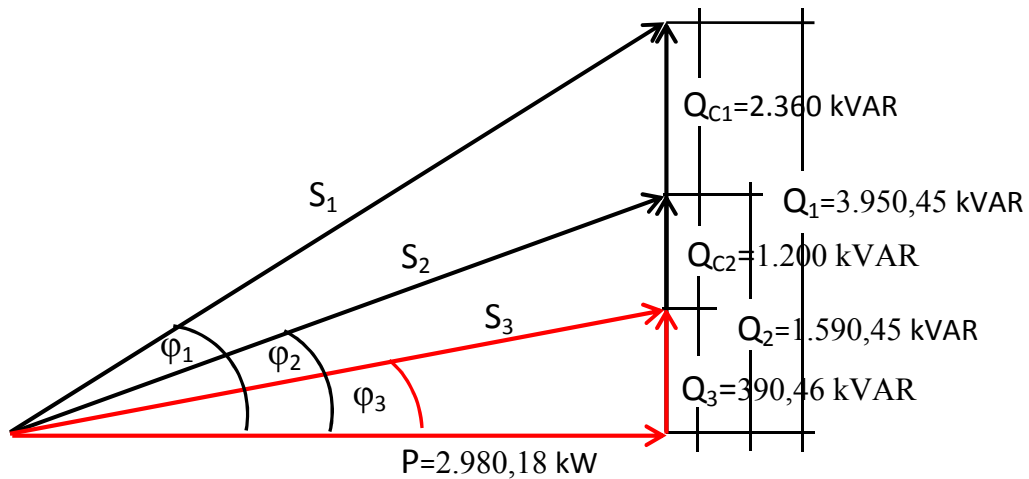
Jika $\cos \varphi_2 = 0,88$; maka $\tan \varphi_2 = 0,54$

Jika $\cos \varphi_3 = 0,99$; maka $\tan \varphi_3 = 0,14$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_{C2} &= P (\tan \varphi_2 - \tan \varphi_3) \\ &= 2.980.183,83 \text{ W } (0,54 - 0,14) \\ &= 2.980.183,83 \text{ W } (0,4) \\ &= 1.192.073,53 \text{ VAR} = 1.192,07 \text{ kVAR} \quad \text{mendekati} \quad 1.200 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_3 &= Q_1 - (Q_{C1} + Q_{C2}) \\ &= 3.950.459,42 \text{ VAR} - (2.360.000 \text{ VAR} + 1.200.000 \text{ VAR}) \\ &= 390.459,42 \text{ VAR} = 390,46 \text{ kVAR} \end{aligned}$$



Gambar 4.20. Diagram Fasor Setelah Diperbaiki pada PF Minimum
Sumber: Dokumentasi penulis

4.2.4.2. Penambahan Kapasitor pada Faktor Daya Rata-rata

Target faktor daya 0,99 :

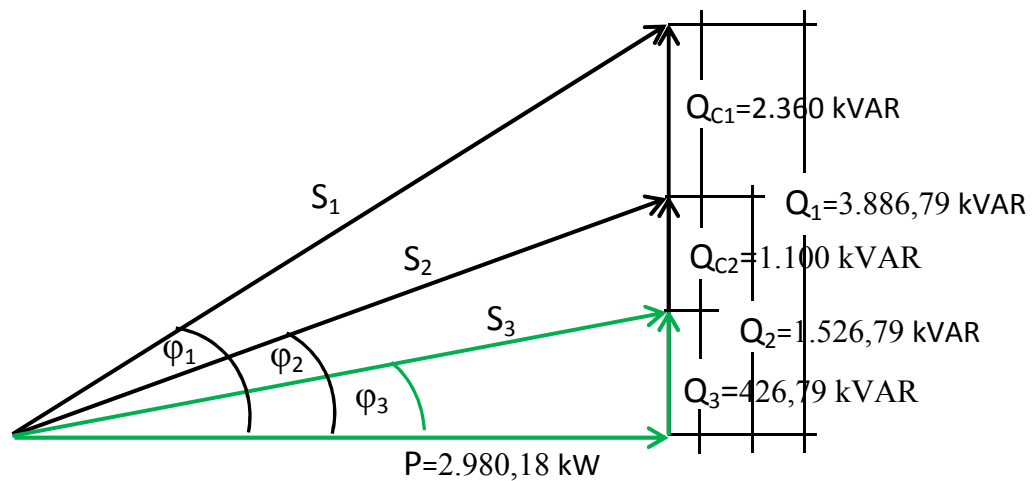
Jika $\cos \varphi_2 = 0,89$; maka $\tan \varphi_2 = 0,51$

Jika $\cos \varphi_3 = 0,99$; maka $\tan \varphi_3 = 0,14$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q_{C2} &= P (\tan \varphi_2 - \tan \varphi_3) \\
 &= 2.980.183,83 \text{ W} (0,51 - 0,14) \\
 &= 2.980.183,83 \text{ W} (0,37) \\
 &= 1.102.668,02 \text{ VAR} = 1.102,67 \text{ kVAR} \quad \text{mendekati} \quad 1.100 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= Q_1 - (Q_{C1} + Q_{C2}) \\
 &= 3.886.793,46 \text{ VAR} - (2.360.000 \text{ VAR} + 1.100.000 \text{ VAR}) \\
 &= 426.793,46 \text{ VAR} = 426,79 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.21. Diagram Fasor Setelah Diperbaiki pada PF Rata-rata
Sumber: Dokumentasi penulis

4.2.4.3. Penambahan Kapasitor pada Faktor Daya Maksimum

Target faktor daya 0,99 :

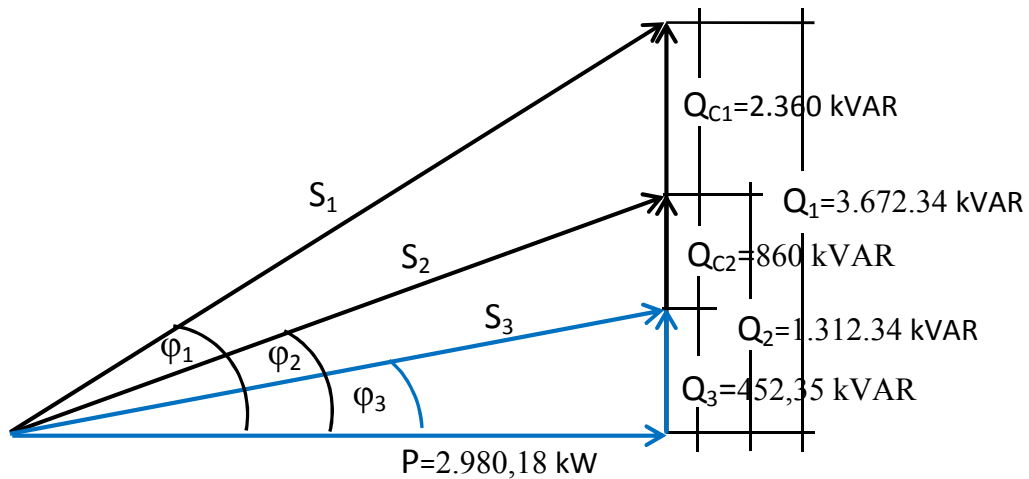
Jika $\cos \varphi_2 = 0,92$; maka $\tan \varphi_2 = 0,43$

Jika $\cos \varphi_3 = 0,99$; maka $\tan \varphi_3 = 0,14$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 Q_{C2} &= P (\tan \varphi_2 - \tan \varphi_3) \\
 &= 2.980.183,83 \text{ W} (0,43 - 0,14) \\
 &= 2.980.183,83 \text{ W} (0,29) \\
 &= 864.253,31 \text{ VAR} = 1.102,67 \text{ kVAR} \quad \text{mendekati} \quad 860 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= Q_1 - (Q_{C1} + Q_{C2}) \\
 &= 3.672.346,91 \text{ VAR} - (2.360.000 \text{ VAR} + 860.000 \text{ VAR}) \\
 &= 452.346,91 \text{ VAR} = 452,35 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.22. Diagram Fasor Setelah Diperbaiki pada PF Maksimum
Sumber: Dokumentasi penulis

Tabel 4.14. Penambahan Kompensasi Kapasitor Bank

Kondisi PF	PF Awal	PF Target	Ukuran Penambahan CB
PF Minimum	0,88	0,99	1.200 kVAR
PF Rata-rata	0,89	0,99	1.100 kVAR
PF Maksimum	0,92	0,99	860 kVAR

Dari tabel di atas diketahui ukuran penambahan kapasitor yang berpatokan pada tiga kondisi PF (Power Factor). Tiga kondisi tersebut adalah kondisi terendah (minimum), kondisi rata-rata, dan kondisi tertinggi (maksimum). Dengan menganalisa perbedaan ukuran kapasitor yang dibutuhkan dari ketiga kondisi tersebut nampak bahwa perbedaan ukuran tidak terlalu jauh. Untuk memilih ukuran yang paling efisien dapat digunakan dalam kondisi minimum, karena pada kondisi ini beban reaktif tertinggi yang menyebabkan faktor daya menjadi 0,88 dapat terkompensasi menjadi 0,99. Sementara faktor daya yang berada di atas 0,88 akan bisa disesuaikan mengikuti pengaturan dari *Power Faktor Regulator*.

4.2.5. Penghematan Biaya Energi Listrik

Ukuran Capacitor Bank yang dibutuhkan untuk meningkatkan faktor daya pabrik PT Sinar Central Sandang menjadi 0,99 adalah sebesar 1.200 kVAR (200 kVAR, 6 step). Dengan adanya penambahan kapasitor bank dengan ukuran tersebut maka penghematan daya listrik yang dapat dilakukan adalah sebesar:

$$\begin{aligned}
 S_3 &= \sqrt{Q_3^2 + P^2} \\
 &= \sqrt{(390.459,42 \text{ VAR})^2 + (2.980.183,83 \text{ W})^2} \\
 &= 3.005.653,71 \text{ VA} = 3.005,65 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penghematan daya listrik} &= S_2 - S_3 \\
 &= \left(\sqrt{Q_2^2 + P^2} \right) - \left(\sqrt{Q_3^2 + P^2} \right) \\
 &= (3.348.521,15 \text{ VA}) - (3.005.653,71 \text{ VA}) \\
 &= 342.867,44 \text{ VA} \\
 &= 342,87 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui rata-rata energi yang dapat dihemat dengan penambahan kapasitor, dapat diprediksi keuntungan yang akan didapatkan pabrik dari segi ekonomi dengan penambahan *capacitor bank*.

Penghematan biaya pembayaran listrik :

Pembayaran menggunakan tarif I3/4.550kVA LWBP

- Biaya pembayaran listrik saat ini dalam satu bulan:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya kWh} &= 3.348,5 \times 1.115,76 \times 24 \times 30 \\
 &= \text{Rp } 2.690.025.089
 \end{aligned}$$

- Biaya pembayaran setelah penambahan CB:

$$\begin{aligned} \text{Biaya kWh} &= 3.005,65 \times 1.115,76 \times 24 \times 30 \\ &= \text{Rp } 2.414.580.512 \end{aligned}$$

- Penghematan biaya pembayaran listrik dalam satu bulan:

$$\begin{aligned} \text{Penghematan} &= \text{Rp } 2.690.025.089 - \text{Rp } 2.414.580.512 \\ &= \text{Rp } 275.444.577 \end{aligned}$$

Biaya pengadaan panel kapasitor bank:

Tabel 4.15. Biaya Pengadaan Panel *Capacitor Bank*

No	Ukuran	Jumlah Step	Tegangan	Harga
1	15 kVAR	6 step	400 V	Rp. 6.500.000
2	30 kVAR	6 step	400 V	Rp. 9.500.000
3	50 kVAR	5 step	400 V	Rp. 12.500.000
4	90 kVAR	6 step	400 V	Rp. 18.500.000
5	150 kVAR	6 step	400 V	Rp. 25.300.000
6	200 kVAR	8 step	400 V	Rp. 36.900.000
7	250 kVAR	10 step	400 V	Rp. 49.400.000
8	400 kVAR	12 step	400 V	Rp. 78.000.000
9	600 kVAR	12 step	400 V	Rp. 95.000.000

Sumber : <http://www.panel-listrik.net/2010/02/panel-kapasitor.html>

Perkiraan biaya pengadaan CB:

- Capacitor Bank 200 kVAR 3 Fasa 8 step = Rp. 36.900.000

life time Capacitor Bank adalah 5 tahun

Penghematan pembayaran listrik dengan penambahan panel CB setelah dikurangi biaya pengadaan dan pertimbangan jangka penggunaan CB selama 5 tahun yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Penghematan selama 5 tahun} &= (5 \times 12 \times \text{Rp } 275.444.577) - (\text{Rp. } 36.900.000) \\ &= \text{Rp } 16.526.674.620 - \text{Rp. } 36.900.000 \\ &= \text{Rp } 16.489.774.620\end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Distribusi energi listrik di pabrik Sinar Central Sandang terbagi atas tiga kawasan yaitu kawasan Patal I, Patal II, dan *twisting*. Masing-masing kawasan memiliki satu gardu distribusi yang aliran listriknya merupakan percabangan dari Patal I menuju ke Patal II lalu ke area *twisting*. Patal I memiliki beban terpasang sebesar 2.496,63 kW, Patal II sebesar 4455,31 kW dan area *twisting* sebesar 192,4 kW. Total keseluruhan beban adalah 7.144,34 kW. Berdasarkan hasil pengamatan AMR, ditemukan bahwa tidak semua beban digunakan secara maksimal. Rata-rata penggunaan beban sehari-hari dari keseluruhan pabrik adalah 42% dari maksimum beban terpasang, yaitu sebesar 2.980,18 kW.

Penggunaan *Capacitor Bank* di pabrik SCS terbagi dalam beberapa panel pada kawasan Patal I dan II. Patal I memiliki panel dua panel *Capacitor Bank* dengan total 1.380 kVAR. Patal II memiliki enam panel *Capacitor Bank* dengan total 980 kVAR. Sehingga total kompensasi daya reaktansi kapasitif yang ada di pabrik saat ini adalah sebesar 2.360 kVAR.

Nilai faktor daya saat ini masih bisa ditingkatkan dengan penambahan *Capacitor Bank*. Dengan memperhitungkan penggunaan listrik sehari-hari secara terperinci dan mengamati kondisi serta ukuran *Capacitor Bank* yang ada di pabrik, maka peningkatan faktor daya dari yang terkecil yaitu 0,88 menjadi 0,99 memerlukan penambahan *Capacitor Bank* sebesar 1.200 kVAR. Dengan demikian, daya reaktif yang awalnya 1.590,45 kVAR dapat dikurangi menjadi

390,46 kVAR. Dengan demikian dapat dilakukan penghematan energi listrik sebesar 342,87 kVA.

PT Sinar Central Sandang dapat melakukan penghematan biaya pembayaran listrik. Hal yang dapat dilakukan yaitu dengan menambahkan panel kapasitor bank. Dengan penambahan panel kapasitor dengan ukuran 200 kVAR 6 step (1.200 kVAR), maka Penghematan biaya yang dapat dilakukan sebesar Rp 274.829.577 per bulan.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian, penulis dapat memberikan beberapa saran yang dapat dipertimbangkan, yaitu:

1. Pabrik pemintalan benang banyak menggunakan beban induktif dalam proses produksinya. Oleh karena, itu perlu dilakukan perhitungan secara terperinci mengenai ukuran *Capacitor Bank* yang dibutuhkan agar faktor daya tetap tinggi.
2. Penulis memberikan saran kepada pengelola pabrik PT Sinar Central Sandang agar melakukan pengecekan dan pemeliharaan secara rutin maupun berkala terhadap panel Capacitor Bank yang ada di pabrik agar dapat memantau kondisi dan menjaga efektifitas kinerja dari kapasitor yang telah terpasang.

DAFTAR PUSTAKA

- Komponen Elektronika. *Jenis-Jenis Resistor*. Diakses 26 Juli 2015 pukul 21.00 WIB. <http://komponenelektronika.biz/jenis-jenis-resistor.html>.
- Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. 2012. *BUKU PEDOMAN SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF (S1)*. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- LSTDE UNAND. *Tentang ETAP (Electric Transient and Analysis Program) Power Station*. Diakses 5 Maret 2015 pukul 21:00 WIB. <http://stdelaboratory.blogspot.com/2013/11/tentang-etap-electric-transient-and.html>
- M. Nazir. 2003. *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Neidle, Michael. 1999. *TEKNOLOGI INSTALASI LISTRIK*. Jakarta : Erlangga
- Pabla, A S, 1991. *SISTEM DISTRIBUSI DAYA LISTRIK*. Jakarta : Erlangga
- PT PLN Persero. *Penetapan Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik Bulan Mei 2015*. Diakses 25 Mei 2015 pukul 21.30 WIB. <http://www.pln.co.id/blog/tarif-tenaga-listrik/>
- Ramdhani, Mohamad. 2008. *RANGKAIAN LISTRIK*. Jakarta : Erlangga
- Riese, Pieter. 2012. *Manual of Power Faktor Correction*, Tenigen : Fraco
- Sevilla, Consuelo G, et. al. 1993. *Pengantar Metode Penelitian*. Jakarta : UI-PRESS
- Theo. 2012. *Kapasitor Bank Industri*. Diakses 3 Maret 2015 pukul 22:00. <http://electric-mechanic.blogspot.com/2012/09/kapasitor-bank-industri.html>



PT. SINAR CENTRAL SANDANG

Office & Factory : Jl. Raya Serpong KM. 7 Kel. Pakualam, Kec. Serpong Utara
Kota Tangerang Selatan Kode Pos 15325
Phone : (62-21) 5399446, 5399447, 5399448
Fax : (62-21) 5399450
E-mail : scssinar@indo.net.id

COMPANY PROFILE

Office and Factory address :

Jl. Raya Serpong Km. 8, Desa Pakualam
Serpong Utara, Tangerang Selatan, Indonesia
Phone : (021) 5399446-48
Fax : (021) 5399450
E-mail : scssinar@indo.net.id

I. Estabilishment

1. BKPM Approval No. 85/I/PMDN/1990 dated 23rd January 1990
Project No. 3211-02-07550
2. Company License (IUT-Izin Usaha Tetap) from BKPM No. 83/T/Industri/1992
Dated 9th March 1992
3. BKPM Approval Expansion No. 317/II/PMDN/1994

II. Inauguration

1. Spinning Section
 - a. SP I : Started the commercial production in February 1991
 - b. SP II : Started the commercial production in January 1996
2. Doubling and Twisting
Started the commercial production in February 1996
3. Core Spun Yarn
CSY 10d x 40d - CSY 10d x 70d
CSY 16d x 40d - CSY 16d x 70d
4. Fine Count Yarn
Ne 50 (Combed Yarn)
5. AVG Count Yarn
Ne 10 until Ne 40 Carded + Carded Wax
Ne 20 until Ne 40 + Ne 50 Combed + Combed Wax



PT. SINAR CENTRAL SANDANG

Office & Factory : Jl. Raya Serpong KM. 7 Kel. Pakualam, Kec. Serpong Utara
 Kota Tangerang Selatan Kode Pos 15325
 Phone : (62-21) 5399446, 5399447, 5399448
 Fax : (62-21) 5399450
 E-mail : scssinar@indo.net.id

III. Factory

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. Land | : 68,445 m ² |
| 2. Spinning Section I | : 12,000 m ² |
| Spinning Section II | : 15,000 m ² |
| 3. Doubling and Twisting | : 2,500 m ² |
| 4. Paid in Capital | : Rp. 100,000,000,000.00 |
| 5. Shareholder | : |
| 6. Number of Employee | : 700 persons |
| 7. Total Investment | : USD 55,000,000.00 |
| 8. Product Brand | : "S.C.S" |
| 9. Management | |
| Commissioner | : Mrs. Agatha Linda Vijayanti |
| President Director | : Mr. Christanto |
| Director | : Mr. Eddy Prasetyo Salim |
| 10. Bankers | : Bangkok Bank Public Company Limited |

IV. Capacity and Product

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. Products | : 100% Combed Cotton Yarn
100% Carded Cotton Yarn |
| 2. Counts Ne (English) | : 10s - 16s - 20s - 30s - 40s - 50s
20/2 - 30/2 - 36/2 - 40/2 |
| 3. Production Capacity | : 3.600 Bales/month (650 tons/month) AVG Ne : 30 |
| 4. Power (PLN) | : 4,550 KVA - Cos ϕ : 0.97
SP I : Travo 2000 KVA : 2 set
Capasitor bank : 960 KVAR (16x60 KVAR)
SP II : Travo 2500 KVA : 2 set
Capasitor bank : 1440 KVAR (24x60 KVAR) |
| 5. New Products | : Knitting Yarns 50s / 60s; special weaving yarns
Core Spun Yarn (CSY) Cd 10x70d / Cd 16x70d /
Cd 20x70d |
| 6. Export since 1991 to | : Japan |
| 7. Raw Materials | : Australian Raw Cotton |
| 8. Products / Purpose | : (Natural Products)
a. Knitting (circular, wrap, flat)
Purpose : Innerwear, outdoor, sport wear,
fashion, leisure
b. Weaving
Purpose : Casual wear, fine textile, special fabric
for offset printing |

MACHINE FACILITY
SPINNING MILL I (18.240 Spindles)

STEP PROCESS	MACHINE TYPE	MACHINE NUMBER (YEAR)
RAW MATERIAL	100% COTTON	
BLOWING MC	Hergeth Optomix - Crosrol 6 Chamber Blender - 3 Roller Cleaner - Hergeth LCB - Hergeth WRZ - Hergeth Master Clean - Hergeth FS/5 - Hergeth Chute Feed Units	1 Cotton Line (1990)
CARDING MC	CROSTOL MK-4 ENGLAND	18 MC (1990)
PRE DRAWING	VOUK SH2 D - ITALY	3 MC X 2 Deleveries (1990)
LAP FORMER MC	HOWA DY - JAPAN	3 MC (2MC - 1990 & 1 MC - 1994)
COMBER MC	- HOWA CARTORY K - JAPAN - HOWA KZ3 - JAPAN	16 MC X 2 Deleveries (1990) 2 MC X 2 Deleveries (1994)
FIRST DRAWING MC	- TOYOTA DX - 8 - JAPAN - HOWA DFH / 8 - JAPAN (With Autoleverer)	2 MC X 2 Deleveries (2006 & 2008) 1 MC X 2 Deleveries (2000)
FINISH DRAWING	HOWA DFH / 8 - JAPAN	3 MC X 2 Deleveries (1990) (1mc - 2000, 2mc - 2005)
ROVING MC	HOWA RME - JAPAN	6 MC X 120 Spindles (1990)
SPINNING FRAME	HOWA UA 33F - JAPAN	38 MC X 480 Spindles (1990)
STEAM SETTER	XORELLA AG - SWITZERLAND	1 SET (1994)
AUTO WINDING	- MURATA 21-C PROCESS CONES with USTER QUANTUM Slub & contamination catcher - MURATA MACH CONER 7-II with air splicer, MMM, USTER D-4	2 MC X 60 drum (2006 & 2008) 4 MC X 60 drum (1990)
AUXILIARY MACHINE	- CIRCULAR KNITTING FUKAHARA - MESIN BALL PRESS MANUAL (LUWA - USA) - MESIN BALL PRESS AUTOMATIC (KENKAD - BANDUNG) - COMPRESSOR : KAESER TYPE : 36 SULAIR TYPE : 2200 ATLAS COPCO TYPE : GA 22 - CHILLER MACHINE : CARRIER 19DK R11 CARRIER 2004 R 134A - COOLING TOWER : LBC 700 - MURAU ROVING STRIPPER	2 SET DIA.34 2 UNIT CAPACITY 150 KGS 2 UNIT CAPACITY 200 KGS 1 SET THN. 1996 1 SET THN. 2011 1 SET THN. 1990 1 SET THN. 1990 2 SET (1 SET: LUWA, 1 SET: DURACOL) 1 SET


PT PLN (PERSERO)

Jalan Trunojoyo Blok M 1/135 Kebayoran Baru – Jakarta 12160

Telp : (021) 7261875, 7261122, 7262234

(021) 7251234, 7250550

Kotak Pos : 4322/KBB

Facsimile: (021) 7221330

Alamat Kawat: PLNPST

**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)**

BULAN JUNI 2015

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.352,00	1.352,00
3.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.524,24	1.524,24
4.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.524,24	1.524,24
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.524,24	1.524,24
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.115,60 Blok LWBP = 1.115,60 kVArh = 1.200,65 ****)	.
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.115,60 Blok LWBP = 1.115,60 kVArh = 1.200,65 ****)	.
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 1.070,42 kVArh = 1.070,42 ****)	.
9.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.524,24	1.524,24
10.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = K x 1.115,60 Blok LWBP = 1.115,60 kVArh = 1.200,65 ****)	.
11.	P-3/TR		*)	1.524,24	1.524,24
12.	L/TR, TM, TT		.	1.661,01	.

Catatan :

- *) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$
- ***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
- ****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.}$
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.
- ****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).
- K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.

LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.



*Building
Future
Leaders*

Lampiran 3. Surat Ijin Penelitian

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

Kampus Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telp/Fax.: Rektor (021) 4893854, PR I: 4895130, PR II: 4893918, PR III: 4892926, PR IV: 4893982,
BAUK: 4750930, BAAK: 4759081, BAPSI: 4752180
Bag. UHTP: Telp. 4893726, Bag. Keuangan: 4892414, Bag. Kepegawaian: 4890536, HUMAS: 4898486
Laman : www.unj.ac.id

Nomor : 2868/UN39 12/KM/2015
Lamp. : 1 Lembar
Hal : Permohonan Izin Mengadakan Penelitian
untuk Penulisan Skripsi

22 Juli 2015

Yth Manager PT. Sinar Central Sandang (SCS)
Serpong, Tangerang Selatan

Kami mohon kesediaan Saudara untuk dapat menerima Mahasiswa Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Misbah Amrullah
Nomor Registrasi : 5115111695
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas : Teknik Universitas Negeri Jakarta
No. Telp/HP : 081906008505

Dengan ini kami mohon diberikan ijin mahasiswa tersebut untuk dapat mengadakan penelitian guna mendapatkan data yang diperlukan dalam rangka Penulisan Skripsi. Skripsi tersebut dengan judul
"Analisis Perbaikan Faktor Daya di Pabrik Spinning Mills (PT. SCS) Tangerang Selatan"

Atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Biro Administrasi
Akademik dan Kemahasiswaan



Tembusan :
1. Dekan Fakultas Teknik
2. Kaprog / Jurusan Teknik Elektro

Drs. Syaifullah
NIP. 195702161984031001



Tangerang, 07 Juli 2015

No : 001/SCS-07/2015

SURAT KETERANGAN

Bersama ini menerangkan bahwa yang bersangkutan :

Nama : Misbah Amrullah

NIM : 5115111705

Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

Telah melaksanakan penelitian sejak April 2015 s.d Juni 2015 dengan subyek

ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA DI PABRIK SPINNING MILLS

PT. SINAR CENTRAL SANDANG - TANGERANG SELATAN

Penelitian dilakukan di bawah bimbingan Mills Manager PT. Sinar Central Sandang

Penelitian dilakukan untuk memenuhi tugas Akhir yang bersangkutan untuk data penunjang Skripsi.

Demikian Surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Hormat Kami


PT. SINAR CENTRAL SANDANG
SPINNING MILLS
Tatang Sudirman
Mills Manager

WAWANCARA SISWA PENDAHULUAN

Tempat : Pabrik Pemintalan Benang PT SCS, Tangerang Selatan

Waktu : 25 April 2015 Pukul 16.00

Narasumber : Bapak Tatang Sudirman (Kepala Pabrik PT SCS)

Pertanyaan:

1. Berapakah nilai faktor daya yang ada di pabrik PT SCS saat ini?
2. Apakah pabrik memiliki PT SCS telah memiliki *capacitor bank*?
3. Berapa jumlah panel capacitor bank yang ada di pabrik saat ini?
4. Bagaimana kondisi capacitor bank yang ada di pabrik saat ini?
5. Apakah pihak pengelola pabrik memiliki sistem maintenance tertentu untuk merawat panel capacitor bank? Jika ada, bagaimana sistem maintenance tersebut?
6. Apakah ada penurunan nilai faktor daya dari saat pabrik pertama didirikan hingga saat ini? Jika ada, apa yang menyebabkan itu terjadi?

Jawaban :

1. Saat ini pabrik memiliki nilai faktor daya berkisar diangka 0,89.
2. Ya, pabrik memiliki beberapa panel kapasitor bank.
3. Jumlahnya kurang lebih ada delapan atau sembilan unit.
4. Secara keseluruhan baik, hanya saja ada beberapa yang perlu diganti karena terbakar dan fuse nya putus.
5. Pabrik sendiri belum memiliki sistem maintenance khusus untuk capacitor bank. Pengecekan kondisi kapasitor pun hanya dilakukan sesekali saja. Karena memang di sini masih kurang tenaga ahli yang khusus untuk menangani capacitor bank.
6. Ya, Awalnya pabrik memiliki nilai faktor daya yang didisain 0,97. Seiring berjalannya waktu ada beberapa mesin yang ditambahkan dan juga ada beberapa kapasitor yang rusak dan belum diperbaiki.



Gerbang Utama pabrik PT SCS



Gardu Distribusi pabrik (PJ28)



Pintu Masuk Patal I



Kubikel Kawasan Patal I



Trafo 1 Patal I



Trafo 2 Patal I



Panel Utama Patal I



AMR Pusat Gardu Distribusi



Panel CB Central 1 Patal I



Panel CB Combing Patal II



Kapasitor CB Combing Patal II



Panel CB Winding Patal II

Lampiran 7. Riwayat Hidup



Misbah Amrullah, Mahasiswa Pendidikan Teknik Elektro UNJ 2011. Lahir di Tangerang 23 Agustus 1992. Telah menyelesaikan pendidikan di SDN Tangerang 5, SMP Plus Islamic Village, SMAN 7 Tangerang. Memulai pendidikan di UNJ melalui jalur SNMPTN 2011 hingga akhirnya lulus pada September 2015.

Awal masuk perguruan tinggi di PNJ, D3 Teknik Sipil, namun karna terkena penyakit kanker di usia 18 tahun pada akhir semester pertama dan harus menjalani proses pengobatan selama kurang lebih enam bulan, terpaksa mengundurkan diri dari PNJ. Sempat mengalami drop secara mental dan fisik sehingga berpikir untuk tidak melanjutkan pendidikan, namun berkat keluarga dan teman-teman disekitar yang memotivasi, akhirnya saya memberanikan diri untuk melanjutkan pendidikan meskipun keterbatasan fisik yang masih belum pulih. Kemudian di akhir masa pemulihan, mencoba mengikuti ujian masuk PTN kembali dan diterima di UNJ, Pendidikan Teknik Elektro.

Selama menjalani perkuliahan, saya tinggal di Pondok Pesantren Sulaimaniyyah UICCI. Di pesantren ini saya banyak belajar Agama dan mendapatkan bimbingan secara rohaniyah. Bertemu dengan teman-teman dari berbagai daerah yang berbeda. Teman-teman seperjuangan sekaligus saingan pada saat ujian di pesantren.

Masa-masa perkuliahan adalah masa dimana kita memasuki dunia baru. Dunia yang penuh dengan perubahan dan harapan tinggi. Namun saat semua rencana dan harapan yang kita buat hanya berujung pada kegagalan, di situ tuhan hanya ingin berkata bahwa dia punya rencana dan harapan yang lebih besar untuk hambanya.