

**LAPORAN KERJA PRAKTEK**



**PT. BUKIT ASAM , Tbk.**

Jl. Parigi no.1 Tanjung Enim, Sumatera Selatan

**SISTEM BANK KAPASITOR DI MAIN SWITCH STATION  
TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM Tbk**

Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Mata kuliah Kerja Praktek



**OLEH:**

**NAMA : HARDI KURNIAWAN**

**NIM :20064013**

**TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN FAKULTAS**  
**LAPORAN PRAKTEK LAPANGAN INDUSTRI (PLI)**  
**PT. BUKIT ASAM, Tbk**  
**Jl. Parigi No.1 Tanjung Enim, Sumatera Selatan**

**SISTEM BANK KAPASITOR MAIN SWITCH STATION**  
**TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM, Tbk**

Oleh :

**Hardi kurniawan**  
**20064013**

**Menyetujui,**

Dosen Pembimbing Kerja Praktek



**Dr. Ta'ali, M. T.**

**NIP. 196310161990011001**

**Dekan FT – UNP**

**Kepala Unit Hubungan Industri**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**LAPORAN KERJA PRAKTIK**  
PERAWATAN LISTRIK PERTAMBANGAN TANJUNG ENIM  
PT. BUKIT ASAM Tbk.  
(26 DESEMBER – 18 FEBRUARI 2023)



**SISTEM BANK KAPASITOR DI MAIN SWITCH STATION  
TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM Tbk**

Oleh :

**Hardi Kurniawan**

**20064013**

Tanjung Enim, 15 Februari  
2023

Mengesahkan,

menyetujui,

*Assistant Vice President*  
Perawatan Listrik

*Assistant Manager*  
Perawatan Listrik *Power*  
*Supply dan Distribusi*

**ROMIANTON**  
NP. 689112863

**TAMI HARYONO**  
NP. 6886126276

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menunaikan Kerja Praktik dan menyelesaikan laporan kerja praktik ini hingga selesai tepat pada waktunya.

Kerja Praktik merupakan mata kuliah wajib dan salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan program Diploma di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang. Laporan kerja praktik ini membahas tentang **SISTEM BANK KAPASITOR MAIN SWITCH STATION TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM, Tbk**

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada PT. Bukit Asam, Tbk Satuan kerja Perawatan Listrik *Power Supply* dan Distribusi, Tanjung Enim, Sumatra Selatan yang telah membantu dan membimbing penulis untuk memahami serta mengaplikasikan ilmu kuliah dengan kondisi nyata yang ada di lapangan. Selain itu, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala nikmat, rahmat, hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat melaksanakan Kerja Praktik ini dengan lancar.
2. Orang tua serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan berupa moral, material, dan spiritual.
3. Pusat pendidikan dan pelatihan PT. Bukit Asam yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan Praktek Lapangan Industri.
4. Bapak Dr. Ali Basrah Pulungan, S.T, M.T., selaku kepala unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Padang.
5. Bapak Risfendra S.Pd, M.T, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik

Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

6. Ibu Fivia Eliza, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Hamdani, S.Pd., M.T., selaku Koordinator Praktek Lapangan Industri Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
8. Bapak Dr.Ta'ali, M.T., selaku Dosen Pembimbing Praktek Lapangan Industri.
9. Bapak Romianton selaku Manager Perawatan Listrik
10. Bapak Tami Haryono selaku Asisten Manager Perawatan Listrik Power Supply dan Distribusi.
11. Bapak Mahendra selaku Supervisor Penerangan dan Grounding.
12. Tim Perawatan Listrik, Tim Giliran, dan Tim yang bekerja di MSS.
13. Teman-teman serta semua pihak yang sudah membantu dalam pelaksanaan pengumpulan data dan penyusunan laporan.

Pada penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun. Semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi banyak kalangan yang membutuhkannya bahkan bagi penulis sendiri.

Padang, 1 Maret 2023

Penulis

Hardi Kurniawan

NIM. 20064013

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi

### BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan.....	2
C. Manfaat.....	2
D. Lokasi dan Waktu.....	2
E. Batasan Masalah.....	3
F. Metodologi Penelitian .....	3
G. Sistematika Penulisan.....	3
H. Peraturan Keselamatan Listrik .....	3
I. Prinsip K3.....	4
J. Sejarah Perusahaan.....	6
K. Visi dan Misi Perusahaan.....	10
L. Nilai.....	10
M. Makna.....	10
N. Komitmen.....	10
O. Wilayah Tambang dan Peralatan Tambang .....	10
P. Lokasi.....	12
Q. Struktur Organisasi Perusahaan .....	13

## **BAB II LANDASAN TEORI**

A. Daya Listrik.....	18
1. Segitiga Daya.....	17
2. Daya Pada Elemen Dasar.....	18
3. Faktor Daya.....	24
B. Perbaikan Faktor Daya.....	25
1. Hal Yang Mempengaruhi Faktor Daya.....	28
C. Kapasitor.....	33
D. Bank Kapasitor.....	36
1. Bank Kapasitor Seri dan Shunt.....	37
2. Peralatan Pada Bank Kapasitor.....	40
3. Metode Pemasangan Bank Kapasitor.....	41
E. <i>Automatic Capacitor Bank</i> .....	50
F. Sistem Distribusi Pada PT. Bukit Asam Tbk.....	59
G. Aliran Daya Pada Daerah MSS.....	64
H. Sistem Perbaikan Faktor Daya.....	65

## **BAB III PENUTUP**

A. Kesimpulan.....	66
B. Saran.....	66

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>67</b>
----------------------------	-----------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Foto Udara Lokasi Tambang PT. Bukit Asam Tbk .....	17
Gambar 2. Struktur Organisasi PT Bukit Asam, Tbk.....	17
Gambar 3. Diagram Daya.....	21
Gambar 4. Beban Resistif Murni.....	32
Gambar 5. Arus Dan Tegangan Pada Beban Resistif.....	33
Gambar 6 .Rangkaian Beban Induktif .....	34
Gambar 7 .Arus Dan Tegangan Pada Beban Induktor .....	35
Gambar 8 .Rangkaian Beban Kapasitif .....	35
Gambar 9 .Arus Dan Tegangan Pada Beban Kapasitif .....	25
Gambar 10 .Vektor Arus Dan Tegangan Pada Faktor Daya <i>Leading</i> .....	27
Gambar 11. Vektor Arus Dan Tegangan Pada Faktor Daya <i>Lagging</i> .....	27
Gambar 12 .Perbaikan Faktor Daya .....	29
Gambar 13 .Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor.....	30
Gambar 14 .Prinsip Dasar Kapasitor .....	34
Gambar 15 .Rangkaian Sumber Ac Dengan Kapasitor Yang Dipasang Secara Seri.....	35
Gambar 16 .Hubungan Antara Reaktansi Kapasitif Dan Frekuensi .....	38
Gambar 17 .Hubungan Arus Dan Tegangan Pada Kapasitor .....	39
Gambar 18 .Bank Kapasitor .....	41
Gambar 19 .Rangkaian Dan Diagram Fasor Rangkaian Tanpa Kapsitor Dan Dengan Kapasitor Paralel .....	42
Gambar 20 .Rangkaian Dan Diagram Fasor Rangkaian Tanpa Kapsitor Dan Dengan Kapasitor Seri.....	44
Gambar 21 .Segitiga Daya Kompensasi Kvar: (A) Sebelum Pemasangan Kapastior Bank Dan (B) Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank .....	45
Gambar 22 .Metode Pemasagan Bank Kapasitor Secara <i>Global Compensation</i> .....	47



Gambar 23 .Metode Pemasagan Bank Kapasitor Secara <i>Group Compensation</i> .....	47
Gambar 24 .Metode Pemasagan Bank Kapasitor Secara <i>Individual Compensation</i> .....	48
Gambar 25 .Diagram Skematik <i>Automatic Power Factor Controller</i> .....	50
Gambar 26 .Rangkaian Kumparan Pengukuran Dan Kumparan Proteksi Pada Trafo Tegangan .....	52
Gambar 27 .Rangkaian Ekuivalen Trafo Tegangan Kapasitif.....	53
Gambar 28 .Rangkaian Trafo Arus .....	54
Gambar 29 .Voltmeter .....	57
Gambar 30 .Amperemeter .....	57
Gambar 31 .Wattmeter .....	58
Gambar 32 .Watt hour Meter .....	58
Gambar 33 .Cos $\phi$ Meter .....	58
Gambar 34 .Pengaman Lebur .....	59
Gambar 35 . <i>Change Over Switch</i> .....	60
Gambar 36 .Panel Distribusi Pada <i>Main Switch Station</i> .....	64
Gambar 37 .Single Line Diagram.....	66
Gambar 38 .Diagram Line Main Switch Station.....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 .Sejarah PT. Bukit Asam, Tbk.....	8
Tabel 2 .Jalur Distribusi Panel Jaringan 20 Kv Dan 6 Kv Pada MSS.....	62
Tabel 3. Nilai Kasitor.....	66
Tabel 4. Step Bank Kapasitor Berdasarkan Perubahan Kondisi Beban....	66

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat Permohonan .....	73
2. Surat Balasan/Konfirmasi .....	74
3. Surat Tugas .....	75
4. Surat Keterangan .....	76
5. Catatan Harian Kegiatan Lapangan.....	77
6 .Dokumentasi Kegiatan .....	79
7 .Datasheet Kapasitor.....	81
8 . Gambar Alat .....	82
9 . Blanko Penilaian Supervisor .....	84
10 . Contoh Menghitung Nilai Kapasitor .....	86

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Energi listrik kini menjadi kebutuhan utama yang dibutuhkan oleh berbagai pihak, baik komersial maupun industri. Energi listrik yang dihasilkan berasal dari pengubahan bentuk energi lain menjadi energi listrik, misalnya pengubahan energi gerak menjadi energi listrik. Energi gerak berasal dari berbagai sumber, seperti angin, air, atau uap, energi gerak tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin generator. Uap sebagai penggerak turbin generator berasal dari pengubahan bentuk zat cair menjadi gas, yang mana dibutuhkan energi panas untuk mengubah zat tersebut. Salah satu contoh energi panas adalah pembakaran batubara. Batubara digunakan sebagai pemanas zat cair agar dihasilkan uap yang dapat memutar turbin generator.

PT. Bukit Asam, Tbk adalah salah satu Badan Usaha Milik Negara yang bergerak di bidang pertambangan batubara. Pada kegiatan operasionalnya, PT. Bukit Asam, Tbk menggunakan motor listrik berkapasitas besar sehingga untuk kebutuhan listriknya dipasok oleh PLTU milik sendiri yang berkapasitas 3X10 MW dan pasokan dari PLN sebesar 21 MW. Penggunaan motor-motor listrik berkapasitas besar akan mempengaruhi besarnya faktor daya pada sistem kelistrikan PT. Bukit Asam, Tbk. Nilai faktor daya yang kecil akan membuat daya yang dikirim dari pembangkit tidak sepenuhnya dipakai oleh beban, sehingga terjadi rugi-rugi daya. Sedangkan nilai faktor daya yang besar (mendekati 1) akan membuat daya yang dikirim dari pembangkit dapat dipakai sepenuhnya oleh beban, sehingga tidak terjadi rugi-rugi daya. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk membahas tentang **SISTEM BANK KAPISITOR MAIN SWITCH STATION TAMBANG AIR LAYA PT. BUKIT ASAM, Tbk.**

## **B. Tujuan Kerja Praktik**

Adapun tujuan dari kerja praktik ini adalah :

- 1) Memenuhi salah satu persyaratan kurikulum serta kelulusan mahasiswa pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang.
- 2) Menerapkan ilmu yang telah didapat pada perkuliahan ke dalam dunia kerja.
- 3) Menambah pengalaman di lapangan tentang sistem tenaga listrik.
- 4) Mengetahui dan mempelajari sistem tenaga listrik yang ada di PT. Bukit Asam, Tbk.
- 5) Mengetahui penggunaan kapasitor sebagai pemroses faktor daya.

## **C. Manfaat Kerja Praktik**

Kerja praktik ini bermanfaat bagi mahasiswa antara lain dapat menambah wawasan, pengalaman kerja, dan kemampuan yang tidak diperoleh mahasiswa dalam perkuliahan. Kerja praktik bisa menjadi sarana mahasiswa sebagai bekal untuk persiapan menghadapi dunia kerja di masa yang akan datang. Dengan kerja praktik di PT. Bukit Asam, Tbk maka mahasiswa dapat melihat ruang lingkup kondisi pertambangan batubara, peralatan atau teknologi yang digunakan untuk sistem operasional tambang, dan sistem distribusi listrik beserta komponennya. Selain itu, kerja praktik juga bermanfaat bagi perusahaan dengan memperoleh masukan dan saran tentang kajian teoritis dari mahasiswa untuk memperbaiki kekurangan yang ada selama kerja praktik.

#### **D. Lokasi Dan Waktu**

Berikut lokasi dan waktu pelaksanaan kerja praktik ini, yaitu :

Lokasi : *Main Switch Station* Tambang Air Laya, *Power Supply*, dan Perawatan Listrik, PT. Bukit Asam Tbk,

Koordinat: 3°44'13.3"S-103°47'26.2"E

Waktu : 26 Desember – 18 Februari 2023.

#### **E. Batasan Masalah**

Masalah yang dibahas oleh penulis pada laporan kerja praktik ini dibatasi pada sistem kapasitor dan jumlah step bank kapasitor pada jalur distribusi beban yang ada di *Main Swith Station* Tambang Air Laya PT. Bukit Asam Tbk.

#### **F. Metodologi Penelitian**

Berikut metodologi penelitian yang dilakukan selama kerja praktik.

##### 1) Metode Literatur

Mengumpulkan sumber-sumber referensi seperti, buku, jurnal, laporan, maupun sumber bacaan lain yang terkait dengan masalah yang dibahas.

##### 2) Metode Observasi

Melakukan pengamatan dan peninjauan langsung ke lokasi untuk pengambilan data yang terkait dengan masalah yang dibahas.

##### 3) Metode Wawancara

Metode ini dilakukan dengan cara tanya jawab atau berdiskusi dengannarasumber yang menangani dan ahli pada bidangnya untuk mendapatkan data yang diperlukan.

## **G. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan kerja praktik ini terdiri dari beberapabagian, yaitu :

### **BAB I                      PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, tujuan, waktu dan pelaksanaan kerja praktik, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan kerja praktik dan berisi tentang sejarah dan profil PT. Bukit Asam, Tbk.

### **BAB III                    LANDASAN TEORI**

Bab ini menguraikan tentang dasar teori yang terkait dengan masalah yang dibahas dan menjelaskan tentang sistem bank kapasitor.

### **BAB III                    PENUTUP**

Bab ini berisi hasil kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan objek penulis dan saran-saran yang membantu.

## **H. Peraturan Keselamatan Listrik**

Adapun 5 Peraturan Keselamatan Listrik yaitu :

1. Memutuskan atau mematikan sumber aliran listrik.
2. Menutup kemungkinan tidak ada penyalaan kembali dari sumber listrik.
3. Memastikan keadaan jaringan listrik sudah tidak bertegangan.
4. Menghubung singkat dan memasang pentanahan pada jaringan listrik guna untuk menghabiskan arus sisa pada peralatan dan saluran serta menutup kemungkinan mencegah penyalaan kembali dari sumber listrik.
5. Menutup dan memberi tanda (*tag out*) pada semua peralatan yang bersangkutan serta diberi sekat isolator sebagai batas antara peralatan dengan sumber listrik.

## **I. Prinsip K3**

Berikut prinsip K3 yang harus ditekuni.

1. Setiap pekerjaan harus dilakukan dengan aman.
2. Tanpa harus ada korban.
3. Memikirkan potensi bahaya yang akan terjadi dan cara pencegahannya bahkan ditiadakan.

## **J. Sejarah Perusahaan**

Pertambangan batubara Tanjung Enim diawali dengan penyelidikan dan eksplorasi yang dilakukan oleh Ir. Manhaat dari Belanda pada tahun 1915- 1919. Operasional pertambangan pertama dimulai pada tahun 1919 dengan metode pertambangan terbuka yang berlokasi di TAL (Tambang Air Laya). Batubara yang berhasil ditambang mampu mencapai 9.700 ton. Batubara tersebut lalu didistribusikan melalui jalur darat ke Stasiun Kertapati. Pada perkembangannya, pertambangan batubara Tanjung Enim terus mengalami perkembangan dan pada tahun 1923 pertambangan dilakukan dengan metode bawah tanah. Pada tahun 1947 para pegawai pertambangan mengajukan tuntutan untuk mengubah kepemilikan pertambangan menjadi pertambangan milik Indonesia seiring dengan berakhirnya kekuasaan kolonial Belanda. Saat kekuasaan kolonial Belanda berakhir, para karyawan Indonesia melakukan penuntutan untuk mengubah status penambangan menjadi penambangan nasional. Pada tahun 1950, Pemerintah RI mengesahkan pembentukan Perusahaan Negara Tambang Arang Bukit Asam (PN TABA). Sejak diterbitkan UU No.86 tentang Nasionalisasi Swasta Belanda di Indonesia, pengelolaan Tambang Batubara Bukit Asam ditangani oleh Biro Urusan Perusahaan Tambang Negara (BUPTAN), kemudian menjadi Badan Pemimpin Umum (BPU).

Berdasarkan peraturan pemerintahan yang bernomor : 86/1961, BPU batubara membawahi :

- 1) PN. Tambang Batubara Bukit Asam di Tanjung Enim, Sumatera Selatan



2) PN. Tambang Batubara Ombilin di Sumatera Barat

3) PN. Tambang Batubara Mahakam di Kalimantan Utara

Pada tahun 1968, berdasarkan PP No : 23/1968, BPU batubara dan ketiga PN. Tambang Batubara tersebut berpusat di Tanjung Enim dan Tambang Batubara Bukit Asam menjadi salah satu unit produksi PN. Batubara. Pada akhir dekade 1960-an, batubara mengalami masa suram karena bersaing dengan bahan bakar minyak yang lebih murah dan jumlahnya melimpah. Akibatnya batubara Bukit Asam nyaris ditutup dan terjadi pengurangan jumlah karyawan serta pengecilan organisasi. Saat krisis energi tahun 1973, batubara kembali menjadi komoditi yang mempunyai masa depan cerah. Oleh karena itu, pemerintah bertekad untuk memanfaatkan kembali penggunaan batubara sebagai sumber energi alternatif dengan tujuan sebagai berikut :

- a) Mengintensifkan pengembangan sumber-sumber energi.
- b) Secara bertahap akan menggeser mono energy economy menjadi poly energy economy (terutama batubara dan gas bumi).
- c) Mengintensifkan pemakaian terhadap bahan bakar minyak dan terus mengikat.

Usaha pemerintah untuk hal tersebut adalah dengan mengadakan kerja sama dengan Shell Mijnbouw BV pada tahun 1974, disamping mengadakan perbaikan terhadap sarana dan prasarana produksi serta berlanjut dengan didirikannya PT. Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk. dengan akte notaris No. 1 tanggal 2 Maret 1981 berdasarkan PP No.42/1980. Dalam Repelita III Pemerintah Indonesia membuat Proyek Pengembangan Pertambangan dan Pengangkutan Batubara (P4BA), yang meliputi kegiatan :

- 1) Pengembangan Tambang Batubara Bukit Asam.
- 2) Pengembangan Pelabuhan Batubara.
- 3) Pengembangan Angkutan Darat (Perumka).
- 4) Pengembangan Angkutan Laut (PT.PANN / PT. Pelayaran Bahtera Adhiguna)

Tujuan Proyek ini terutama untuk memasok kebutuhan Batu bara bagi PLTU Suralaya, di Jawa Barat. Selain itu juga untuk memenuhi industri lainnya baik di dalam maupun luar negeri.

Perseroan memiliki 2 (dua) unit pertambangan yaitu UPTe, untuk Unit Penambangan Tanjung Enim, Sumatera Selatan dioperasikan dengan sistem tambang terbuka dan UPO, untuk Unit Penambangan Ombilin yang berlokasi di Sawahlunto, Sumatera Barat dioperasikan dengan sistem tambang terbuka dan bawah tanah. Selain itu Perseroan mengoperasikan 3 (tiga) pelabuhan/dermaga khusus batubara yaitu Pelabuhan Tarahan di Lampung, Dermaga Kertapati di Sumatera Selatan dan Dermaga Teluk Bayur di Sumatera Barat.

Pada tanggal 15 Desember 1980, dikeluarkan Peraturan Pemerintah No.42 Tahun 1980 tentang penyertaan Modal Republik Indonesia untuk mendirikan Perusahaan Perseroan Tambang Batubara dan pada tanggal 2 Maret 1981 resmi menjadi Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) disingkat PTBA. Pada tahun 1981, PN TABA berubah status menjadi Perseroan Terbatas dengan nama PT Tambang Batubara Bukit Asam (Persero) Tbk, yang lebih dikenal dengan Perseroan. Selanjutnya pada tahun 1990, dalam rangka pengembangan industri batubara di Indonesia, Pemerintah menetapkan penggabungan Perum Tambang Batubara dengan Perseroan. Pertambangan batubara Tanjung Enim telah banyak mengalami perubahan lembaga-lembaga yang mengurus pertambangan, yaitu:

**Tabel 1.** Sejarah PT. Bukit Asam, Tbk

TAHUN	LEMBAGA
1919 – 1942	Pemerintah Hindia Belanda
1942 – 1945	Pemerintah Militer Jepang
1945 – 1947	Pemerintah Belanda
1947 – 1949	Pemerintah Republik Indonesia
1959 – 1960	Badan Usaha Perusahaan Tambang Negara (BUPTAN)
1960 – 1967	Badan Pimpinan Umum(BPU) Perusahaan Tambang Batu Bara
1968 – 1980	PN Tambang Batu Bara
1981 – sekarang	PT. Bukit Asam, Tbk.

Peraturan Pemerintah No. 56 tahun 1990 memutuskan bahwa perusahaan tambang batubara di Indonesia digabung menjadi sebuah perseroan yang diberi nama PT. Tambang Batubara Bukit Asam. Anggaran dasar perseroan telah mengalami beberapa kali pengubahan, dengan pengubahan terakhir adalah nota dengan akta notaris No. 3 tanggal 7 Juni 2005 dari notaris Imas Fatimah, SH dan akta tersebut telah disetujui oleh Menteri Kehakiman dan HAM dalam keputusan No CI-1607 HT.01.04TH.2005 pada tanggal 10 Juni 2005 dan telah diumumkan dalam berita negara Republik Indonesia No. 643 serta tercatat dalam *database* Dirjen Administrasi Hukum Umum, Departemen Kehakiman dan HAM. Pendirian perseroan memiliki tujuan untuk melaksanakan dan mendukung segala kebijakan dan program pemerintah dalam rangka mengembangkan pertambangan negara dalam bidang batubara. Hal tersebut kemudian diterjemahkan dalam kegiatan perseroan, sesuai dengan pasal 3 anggaran dasar perusahaan. Pada tanggal 23 Desember 2002, perseroan menjadi perusahaan terbuka dengan kode saham “PT.BA” yang telah tercatat pada bursa efek Jakarta dan bursa efek Surabaya.

Wilayah penambangan PTBA saat ini mencakup daerah Tanjung Enim dan sekitarnya, Ombilin dan membawahi kontrak kerja sama di Sumatera Barat, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Timur. PTBA memiliki daerah penambangan yaitu Tambang Air Laya (TAL) dan Tambang Non Air Laya (NAL), perbedaannya selain dari lokasi dan alat penambangannya juga berbeda. Tambang Air Laya (TAL) menggunakan dumptruck SHOVEL untuk mengangkut hasil tambangnya. Sesuai dengan program pengembangan ketahanan energi nasional, pada 1993 Pemerintah menugaskan Perseroan untuk mengembangkan usaha briket batubara.

PT. Bukit asam, Tbk, saat ini sedang mengembangkan beberapa Site pertambangan untuk menunjang produksi perusahaan, Site – site tersebut adalah:

- 1) Tambang Air Laya (TAL) merupakan site terbesar di KP PTBA yang dioperasikan dengan teknologi penambangan terbuka secara berkesinambungan (continous mining) menggunakan Bucket wheel ekskavator (BWE) dan secara konvensional menggunakan backhoe and dump truck .
- 2) Tambang Banko Barat, terdiri dari Pit-1 dan Pit-3 yang dioperasikan dengan metode konvensional backhoe and dump truck.
- 3) Tambang Muara Tiga Besar Utara (MTBU), merupakan tambang yang dioperasikan dengan metode penambangan konvensional menggunakan backhoe and dump truck. Di site Muara Tiga Besar Utara bagian Barat saat ini dikerjakan Proyek Pemindahan Bucket Wheel Ekskavator (P2BM). Proyek ini bertujuan menyiapkan jalur pemindahan BWE dari TAL menuju MTB.

Tambang Muara Tiga Besar Selatan (MTBS), merupakan bagian dari Tambang Muara Tiga Besar yang berada di sebelah Selatan. Site ini tidak dioperasikan sementara mulai tahun 2008 sampai saat ini.

#### **K. Visi Dan Misi Perusahaan**

Adapun visi dan misi perusahaan PT. Bukit Asam, Tbk adalah:

a) Visi

Menjadi perusahaan energi berkelas tingkat internasional yang peduli terhadap lingkungan.

b) Misi

Melakukan pengelolaan sumber energi dengan mengembangkan kompetensi kerja sama dan keunggulan tenaga kerja agar dapat memberi nilai maksimal bagi tokoh-tokoh masyarakat dan lingkungan.

#### **L. Nilai**

Visioner, Integritas, Inovatif, Profesional, Sadar Budaya dan Lingkungan.

#### **M. Makna**

Mempersembahkan sumber energi untuk kehidupan dunia dan bumi yang lebih baik

#### **N. Komitmen**

Berkomitmen untuk mewujudkan visi, misi, dan nilai-nilai PT. Bukit Asam demi dan terbentuknya budaya sebagai fondasi kesuksesan jangka panjang.

#### **O. Wilayah Tambang dan Peralatan Tambang**

Pertambangan batubara PT. Bukit Asam, Tbk berlokasi di kecamatan Tanjung Enim, kabupaten Muara Enim. Lokasi penambangan terbagi menjadi, yaitu :

- 1) Lokasi Tambang Muara Tiga Besar Utara (MTBU)
- 2) Lokasi Tambang Air Laya (TAL)
- 3) Lokasi Tambang Banko

Sedangkan kantor besar PT. Bukit Asam, Tbk berada di jalan Parigi nomor 01, kecamatan Tanjung Enim, kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan.

Proyek penambangan batubara merupakan alternatif yang dilakukan pemerintah dalam penghematan pemakaian bahan bakar minyak dan sumber energi lainnya akibat krisis energi yang melanda pada tahun 1973. Oleh karena itu, dalam memaksimalkan penambangan batubara, maka dibentuk proyek Pengembangan dan Pengangkutan Batubara Bukit Asam Tanjung Enim dengan berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 56 tahun 1990, maka ruang lingkup PT. Bukit Asam, Tbk meliputi :

- 1) Tambang batubara Bukit Asam yang terdiri dari TAL, MTBU, Banko Barat dengan alat utamanya yaitu *Bucket Wheel Excavator (BWE), Shovel, dan Truck*
- 2) Tempat tinggal dan pemukiman untuk menampung  $\pm$  3000 karyawan PT. Bukit Asam, Tbk beserta dengan keluarganya.
- 3) Angkutan kereta api untuk mengangkut batubara dari tambang Tanjung Enim ke pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung.
- 4) Unit pertambangan ombilin yang menggunakan sistem penambangan terbuka dan penambangan bawah tanah.
- 5) Pelabuhan Batubara Tarahan, Bandar Lampung.
- 6) Pelabuhan Batubara Kertapati, Palembang.
- 7) Pelabuhan Batubara Teluk Bayur, Padang.
- 8) Bertindak sebagai mitra usaha kontrak kerja sama (KKS) batubara yang beroperasi di Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, dan Sumatera Barat.

Peralatan tambang utama merupakan peralatan yang digunakan untuk melakukan proses penambangan batubara di lokasi tambang Tanjung Enim. Berikut beberapa peralatan tambang utama yang digunakan oleh PT. Bukit Asam, Tbk.

a. *Bucket Wheel Excavator* (BWE)

BWE adalah peralatan tambang yang digunakan untuk mengeruk lapisan tanah hingga ke lapisan batubara, kemudian batubara dikeruk dan diambil untuk di teruskan ke *Belt Wagon* (BW). BWE ini berjumlah 5 unit yang masing-masingnya digabung dengan *Belt Wagon* dan *Cable Reel Car* (CRC) / *Hooper Car* (HC) dan jumlah *bucket* pengeruknya terdapat 14 buah dengan kapasitas masing- masing  $0,8 \text{ m}^3$  dan jangkauan penggalian hingga 90 m di bawah lapisan tanah. Berikut bagian – bagian utama dari *Bucket Wheel Excavator*, yaitu :

- 1) Roda Singkup (*Bucket Wheel*)
- 2) *Front Arm* (Lengan Depan)
- 3) *Back Arm* (Lengan Belakang)
- 4) *Belt Conveyor*
- 5) *Undercarriage*
- 6) Motor penggerak *Crane*
- 7) Kawat *sling*

BWE melakukan penggalian menggunakan roda singkup. Pada roda singkup terdapat mangkuk – mangkuk yang berfungsi untuk mengeruk lapisan tanah dan mengambil batubara yang kemudian diteruskan ke *belt conveyor* yang terdapat pada lengan depan. Setelah itu, batubara dari *belt conveyor* ditampung untuk diangkut ke *Conveyor Excavator* (CE). Untuk mengatur kedalaman galian BWE diatur dari sisi motor penggerak *Crane* melalui kawat *Sling* yang akan menggerakkan lengan depan ke atas / ke bawah atau kanan dan kiri. Namun, perlu diperhatikan juga bahwa BWE hanya bisa mengeruk lapisan tanah yang lunak, jadi inilah kelemahan dari BWE. Selain itu, BWE juga sangat mahal, oleh karena itu pada setiap lokasi tambang minimal hanya ada satu BWE.

b. *Belt Wagon* (BW)

*Belt Wagon* adalah peralatan yang berfungsi untuk menambah jangkauan BWE agar dapat menurangi frekuensi pergeseran (*Shifting*) *belt conveyor* di jalur pengerukan dan sebagai penghubung antara BWE

dengan CE. Sumber tenaga BW menggunakan listrik dengan motor sebagai penggerakannya.

c. *Cable Reel Car (CRC)*

*Cable Reel Car* adalah kendaraan yang mengangkut gulungan kabel listrik bertegangan 20 kV ataupun 6 kV yang akan memasok daya untuk *Bucket Wheel Excavator (BWE)* dan *Belt Wagon (BW)*. Alat ini memiliki fungsi untuk menggerakkan *hopper car* mengikuti arah pergerakan dari lengan BW. CRC juga dapat bergerak maju ataupun mundur di atas rel yang terpasang di sepanjang jalur *conveyor excavating (CE)*. CRC ini bermuatan gulungan kabel tegangan 20 kV dan panjang sekitar 1.100 m.

d. *Hopper Car (HC)*

*Hopper car* adalah peralatan tambang berupa corong yang berfungsi untuk menyalurkan material dari *Belt Wagon* ke *Conveyor Excavating*. *Hopper Car* dapat bergerak di atas rel dan pada bagian bawahnya terdapat deretan rol *impact* yang digunakan sebagai penahan dari beban tumpahan material pada *Belt Conveyor*.

e. *Conveyer System*

*Conveyor System* digunakan untuk mengangkut material hasil galian ke tempat penimbunan tanah atau ke penampungan batubara (*Stockpile/TLS*). Jalur belt conveyor terbagi atas beberapa bagian, antara lain :

1) CE (*Conveyor Excavator*)

CE adalah jalur *conveyor* pertama yang mengangkut material hasil galian yang keluar dari *hopper car*.

2) CS (*Conveyor Shunting*)

*Conveyor Shunting* digunakan sebagai penghubung CE ke CDP (*Central Distribution Point*).



### 3) *Central Distribution Point (CDP)*

CDP berfungsi untuk mengatur jalur distribusi material hasil galian dan membedakan jalur distribusi untuk tanah dan batubara. CDP akan mengatur distribusi batubara dari CS ke CC (*Conveyor Coal*) dan distribusi tanah dari CS ke CD (*Conveyor Dumping*). Pengaturan distribusi dilakukan oleh operator manusia secara manual maupun otomatis.

### 4) *Conveyor Coal (CC)*

CC merupakan alat untuk meneruskan pengangkutan batubara dari CS ke SR (*Stacker Reclaimer*) pada area penampungan batubara.

### 5) *Conveyor Dumping (CD)*

CD merupakan alat yang digunakan untuk meneruskan pengangkutan tanah dari CS ke *spreader* di area penimbunan tanah.

### f. *Spreader*

*Spreader* adalah alat penghampar tanah di daerah penimbunan (*disposal area*). Adapun peralatan yang berhubungan langsung dengan *spreader* adalah *tripper car* dan *belt conveyor CD*. *Spreader* memiliki kapasitas yang mampu melayani penghamparan material tanah yang berasal dari dua jalur penggalian BWE.

### g. *Stacker Reclaimer (SR)*

*Stacker Reclaimer* adalah alat yang berfungsi untuk menimbun dan menggali batubara di *stockpile*. SR beroperasi dengan cara bergerak maju mundur dan memiliki tumpuan di atas rel ganda yang kecepatannya 0-25 m/menit. Adapun peralatan yang langsung terhubung dengan SR adalah *inclined conveyor (IC)*, *elt conveyor CC* dan *tripper car*. Alat ini mampu melayani operasi *stacking* batubara untuk dua jalur penggalian BWE.

### h. *TLS (Train Loading Station)*

TLS berfungsi untuk menampung batubara pada gerbong kereta api yang akan dikirim ke Pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung. TLS terdiri atas tiga bagian, yaitu :

- 1) Kabin Operator: ruangan operator untuk mengoperasikan TLS.
- 2) *Weigh Bin* : penimbangan batubara sebelum dimuat ke gerbong batubara.
- 3) *Surge Bin* : tempat penampungan batubara sebelum batubara ditimbang diruangan *Weigh Bin*.

Penambangan di Tambang Air Laya (TAL) ini menggunakan sistem *Continious Surface Mining* dimana dalam prosesnya dimulai dari tahap penggalian material yang biasanya terdiri atas batubara dan tanah dengan menggunakan *Bucket Wheel Excavator* (BWE). Lalu, akan melalui *Belt Wagon* (BW) yang akan ditumpahkan ke *Conveyor Excavating* (CE) dengan menggunakan perantara *Hooper Car* (HC) dan *Cable Reel Car* (CRC) yang selanjutnya masuk ke daerah CS sampai ke daerah CDP. Kemudian material akan dipisahkan antara batubara dan tanah, selanjutnya tanah akan dibuang melalui *conveyor dumping* (CD) ke tempat pembuangan dengan menggunakan *spreader*. Batubara akan dibawa oleh *conveyor coal* dan ditimbun di *Stockpile*. Setelah itu, batubara akan didistribusikan ke *Train Loading Station* (TLS) untuk dimuat kedalam gerbong kereta api agar dapat didistribusikan, seperti pelabuhan batubara Tarahan Lampung dan pelabuhan kertapati Palembang.

#### **P. Lokasi**

Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT. Bukit Asam Tbk terletak di daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan pada posisi 3° 42' 30" LS – 4° 47' 30"LS dan 103° 45' 00" BT - 103° 50' 10" BT.

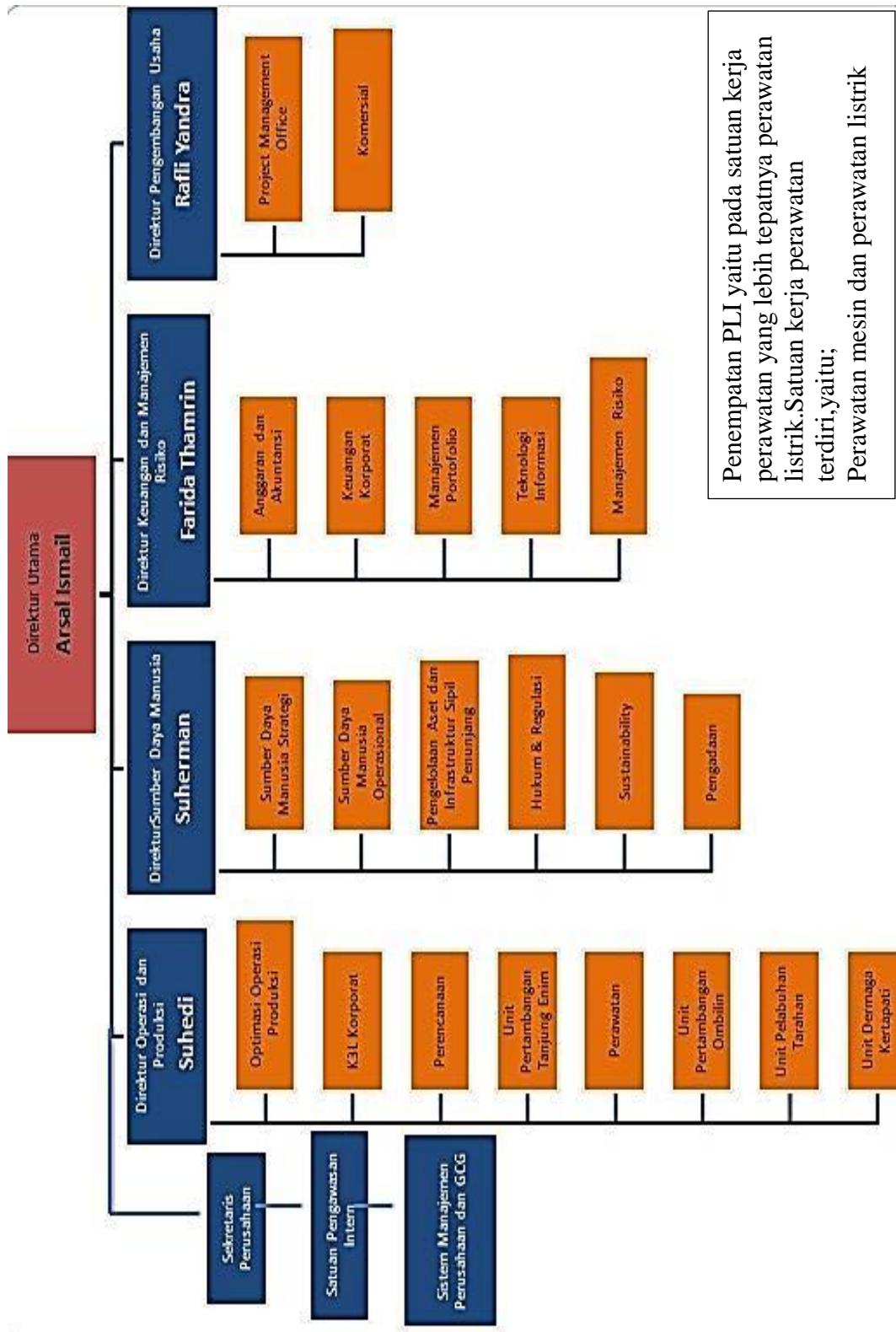


Gambar 1. Lokasi Tambang PT. Bukit Asam Tbk

**Q. Struktur Organisasi PT. Bukit Asam, Tbk**

Dalam menjalankan bisnisnya PT. Bukit Asam, Tbk. Memiliki dewan direksi yang terdiri dari : Direktur Utama, Direktur Pengembangan Usaha, Direktur Keuangan dan Manajemen Resiko, Direktur Sumber Daya Manusia, Direktur Operasi dan Produksi.

Dalam Pembagiannya PT. Bukit Asam, Tbk dipimpin satu direktur utama. Pada setiap direktur terdapat beberapa pembagian departemen yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Organisasi PT Bukit Asam, Tbk

Deskripsi bagian Direktur Operasi Produksi dipimpin Bapak Suhedi sebagai penanggung jawab, terdiri beberapa divisi yaitu;

- 1) Optimasi Operasi Produksi (*Optimization Of Production Operation*)  
Bergerak pada penggunaan faktor-faktor produksi yang seefisien mungkin, seperti modal, mesin, peralatan, tenaga kerja.
- 2) K3L Korporat (*Corporate HSE*)  
Tim yang mendorong komitmen Shell untuk meningkatkan kesadarannya akan keberlanjutan dan wawasan lingkungan.
- 3) Perencanaan (*Planning*)  
Tim untuk perencanaan yang jelas dan terstruktur untuk mencapai tujuan.
- 4) Unit Pertambangan Tanjung Enim (*Tanjung Enim Mining Unit*)  
Tempat atau satuan yang berada pada daerah Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan
- 5) Perawatan (*Maintenance*)  
Bergerak pada kegiatan untuk memonitor dan memelihara fasilitas dengan merancang, mengatur, menangani, dan memeriksa pekerjaan.
- 6) Unit Pertambangan Ombilin (*Ombilin Mining Unit*)  
Tempat atau satuan yang berada pada daerah Kota Sawahlunto, Sumatera Barat
- 7) Unit Pelabuhan Tarahan (*Tarahan Port Unit*)  
Tempat atau satuan yang berada pada daerah Tarahan, Srengsem, Kec. Panjang, Kota Bandar Lampung.
- 8) Unit Dermaga Kertapati (*Karatapati Pier Unit*)  
Tempat atau satuan yang berada pada daerah Palembang, Sumatera Selatan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Daya Listrik

Energi Listrik ( $E$ ) merupakan bentuk energi yang dapat diubah menjadi bentuk energi lainnya, seperti energi listrik menjadi energi cahaya, energi panas, energi gerak dan sebagainya. Jika arus listrik mengalir pada suatu penghantar yang memiliki hambatan  $R$ , maka energi akan terserap pada penghantar tersebut dalam interval waktu ( $t$ ). Jika tegangan listrik ( $V$ ), kuat arus yang mengalir pada penghantar ( $I$ ) dan waktu atau lamanya arus mengalir ( $t$ ), maka persamaan energi listrik dapat dirumuskan dalam bentuk.

$$E = V \times I \times t$$

Daya listrik ( $P$ ) adalah suatu ukuran terhadap penggunaan energi listrik yang dialirkan pada rangkaian tertutup dalam suatu waktu tertentu, di mana :

$$P = \frac{E}{t}$$

Saat suatu rangkaian tertutup dengan beban resistor ( $R$ ) diberikan tegangan( $V$ ), maka besar arus yang mengalir adalah

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

Dan besar daya yang diberikan adalah:

$$P = V \times I$$

$$P = I^2 R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

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. Terdapat perbedaan antara daya dan energi. Energi adalah daya dikalikan waktu sedangkan daya listrik merupakan hasil perkalian tegangan dan arus, dimana satuan daya listrik dinyatakan dengan watt. Pada suatu rangkaian listrik AC, terdapat tiga jenis daya untuk beban yang memiliki impedansi, yaitu:

a. Daya Aktif

Daya aktif adalah besarnya daya yang dibutuhkan oleh beban untuk dapat beroperasi. Daya aktif dihasilkan oleh beban yang memiliki sifat resistif murni. Satuan daya reaktif adalah watt.

$$P = V \times I \times \cos\theta$$

Daya aktif pada sistem tiga fasa adalah:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\theta$$

b. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang disebabkan karena adanya perbedaan fasa antara arus dan tegangan. Daya reaktif juga didefinisikan sebagai jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magner yang akan menghasilkan fluks medan magnet. Satuan daya rekatif adalah VAR.

$$Q = V \times I \times \sin\theta$$

Daya reaktif pada sistem tiga fasa adalah

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin\theta$$

$$Q = P \times \tan\theta$$

### c. Daya Semu

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

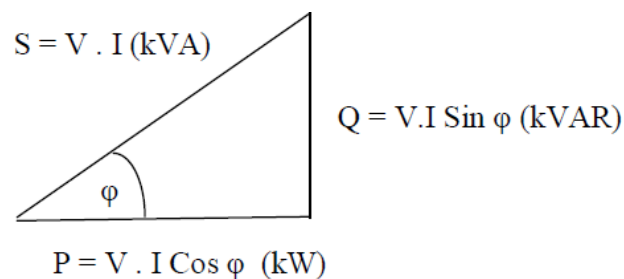
$$S = V \times I$$

Daya semu pada sistem tiga fasa adalah

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

#### 1). Segitiga Daya

Segitiga daya adalah segitiga yang menggambarkan hubungan antara ketiga jenis daya listrik, yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu secara matematis berdasarkan prinsip trigonometri. Hubungan antara ketiga jenis daya tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.13



Gambar 2. Penjumlahan Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Daya Semu Secara Trigonometri

Dimana:

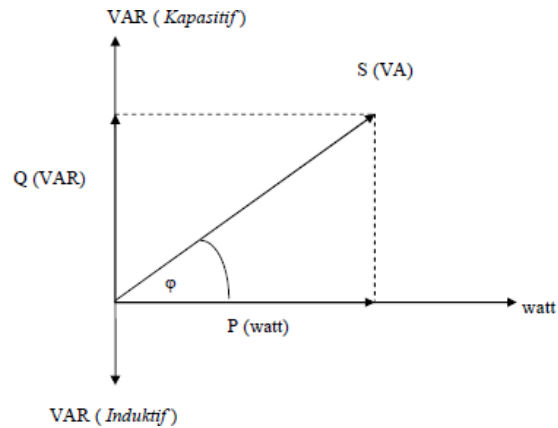
$$S = P + Q$$

$$S = S$$

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



Diagram daya dari hubungan ketiga daya tersebut digambarkan pada Gambar 3.



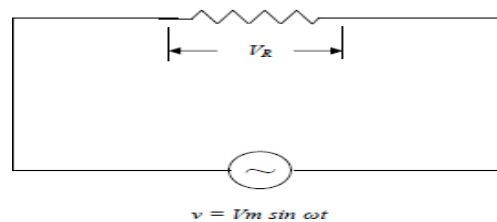
Gambar 3. Diagram Daya

## 2). Daya Pada Elemen Dasar

Semua energi yang dikirim ke resistor terdisipasi. Pada kapasitor dan induktor ideal, energi yang dikirim tidak terdisipasi melainkan tersimpan dalam bentuk medan listrik dan medan magnet, dan saat kapasitor dan induktor tersebut penuh, maka akan energi yang tersimpan akan dilepaskan ke beban. Berikut ini daya listrik pada elemen-elemen dasar:

### a. Beban resistif

Beban resistif yang merupakan suatu beban resistor murni dinyatakan dengan tegangan dan arus yang sefasa. Beban resistif hanya menyerap daya aktif dan tidak menyerap daya reaktif. Sebuah rangkaian dengan beban resistif digambarkan pada di bawah ini.



Gambar 4. Beban Resistif Murni

Dari gambar di atas, terlihat bahwa apabila suatu rangkaian tertutup dengan beban resistor diberikan tegangan bernilai  $V$ , maka:

$$V = V_m \times \sin \omega t$$

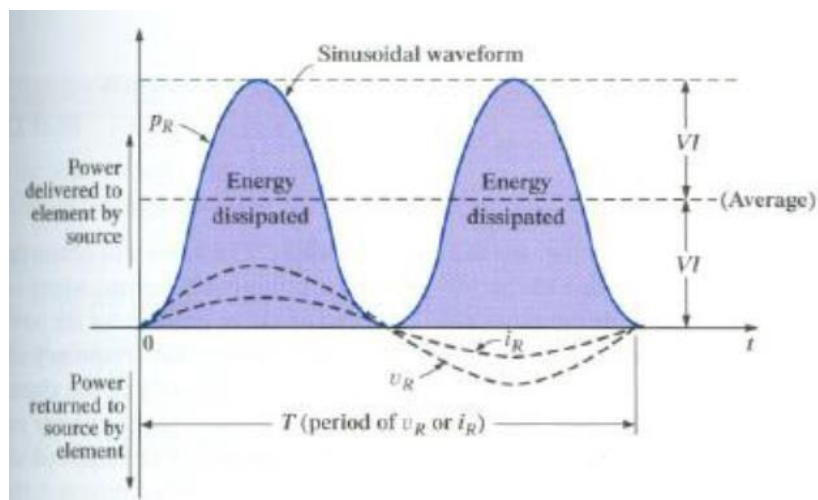
$$V = I \times R$$

Maka arus yang melalui rangkaian tersebut dinyatakan dengan:

$$i = I_m \times \sin \omega t$$

$$I_m = \frac{V_m}{R}$$

Pada gambar 18, menunjukkan fungsi waktu dari arus ( $i_R$ ) dan tegangan ( $v_R$ ) pada resistor. Puncak positif pertama dari kurva daya diperoleh ketika  $v_R$  dan  $i_R$  pada nilai puncak positif. Puncak kedua dari kurva daya terjadi ketika  $v_R$  dan  $i_R$  pada puncak negatif. Terlihat bahwa, kurva daya di atas sumbu horisontal menunjukkan bahwa semua daya yang dikirim terdisipasi oleh elemen resistor. Nilai rata-rata dari kurva daya adalah perkalian nilai efektif dari Perkalian ini dinamakan pula daya real atau daya rata-rata yang dikirim ke resistor.



Gambar 5. Arus Dan Tegangan Pada Beban Resistif

Pada rangkaian resistif murni, besar tegangan dan arus adalah sefasa

sehingga selisih sudut tegangan dan arus adalah  $0^\circ$ , sehingga:

Daya aktif pada resistor adalah:

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

$$P = V \times I \times \cos 0$$

$$P = V \times I \text{ (Watt)}$$

Daya reaktif pada resistor adalah:

$$Q = V \times I \times \sin \theta$$

$$Q = V \times I \times \sin 0$$

$$Q = V \times I \text{ (VAR)}$$

#### b. Beban Induktif

Pada induktor, fenomena yang terjadi adalah bahwa gelombang arus tertinggal dari gelombang tegangan, sehingga terjadi pergeseran fasa  $90^\circ$  (*Lagging*). Apabila sebuah rangkaian tertutup dengan beban induktif murni diberikan tegangan sebesar  $V = V_m \sin \omega t$ , maka arus (i) yang mengalir melalui rangkaian adalah:

Dimana  $I_m$

$$I_m = \frac{V_m}{\omega L} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

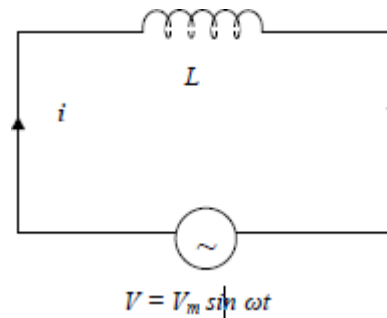
$\frac{V_m}{\omega L}$ , dan  $\omega L$  adalah reaktansi yang ditimbulkan oleh

liilitan.

$\omega L$  merupakan bagian dari resistansi yang disebut dengan reaktansi (induktif) yang dinyatakan dengan ohm. Sedangkan L dinyatakan dengan Henry dan  $\omega$  dalam radian/detik. Besarnya reaktansi induktif ( $X_L$ ) dihitung dengan persamaan:

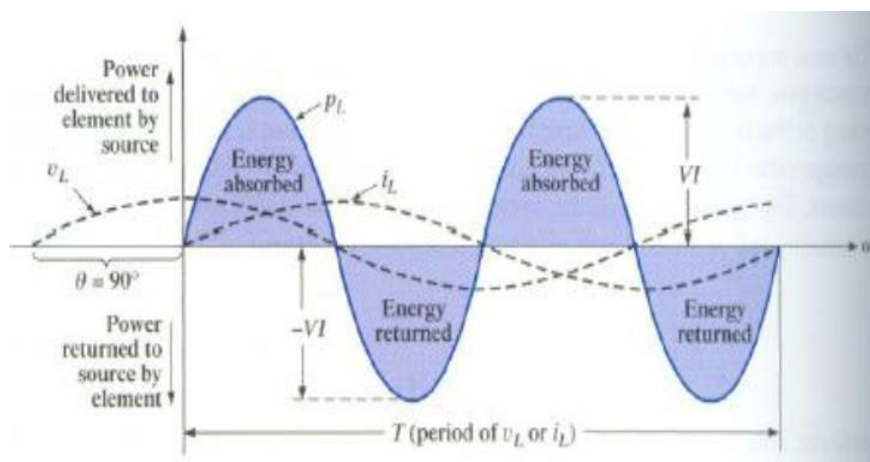
$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

Terdapat daerah dimana arus atau tegangan akan negatif, sehingga akan menghasilkan daya negatif. Kurva daya yang dihasilkan mempunyai pola sinusoidal, akan tetapi frekuensinya dua kali dari frekuensi tegangan atau arus yang diterapkan, sehingga untuk setiap siklus dari tegangan atau arus, maka akan terjadi dua siklus dari kurva daya.



Gambar 6. Rangkaian Beban Induktif

Pada Gambar 19. tampak bahwa kurva daya mempunyai luas yang sama antara di atas dan di bawah sumbu horizontal untuk satu periode penuh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk satu siklus penuh energi yang diserap sama dengan energi yang dikembalikan sehingga tidak ada daya terdisipasi. Meskipun nilai rata-rata dari bentuk gelombang adalah nol watt dan tidak ada daya terdisipasi, akan tetapi daya sesaat tetap ada yang dikirim ke induktor.



Gambar 7 Arus dan Tegangan Pada Beban Induktif

Daya aktif pada induktor adalah:

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

$$P = V \times I \times \cos 0$$

$$P = 0$$

Daya reaktif pada induktor adalah:

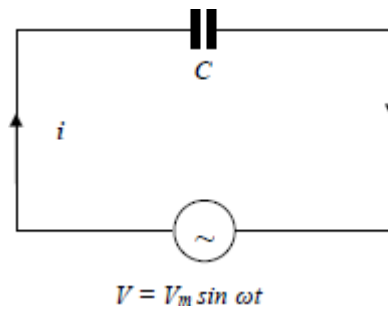
$$Q = V \times I \times \cos \theta$$

$$Q = V \times I \times \cos 0$$

$$Q = V \times I \text{ (VAR)}$$

c. Beban Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang mengandung komponen rangkaian kapasitor, dimana arus mendahului tegangan sebesar  $90^\circ$  (*Leading*). Beban kapasitif menyerap daya aktif (kW) dan mengeluarkan daya reaktif (kVAR).

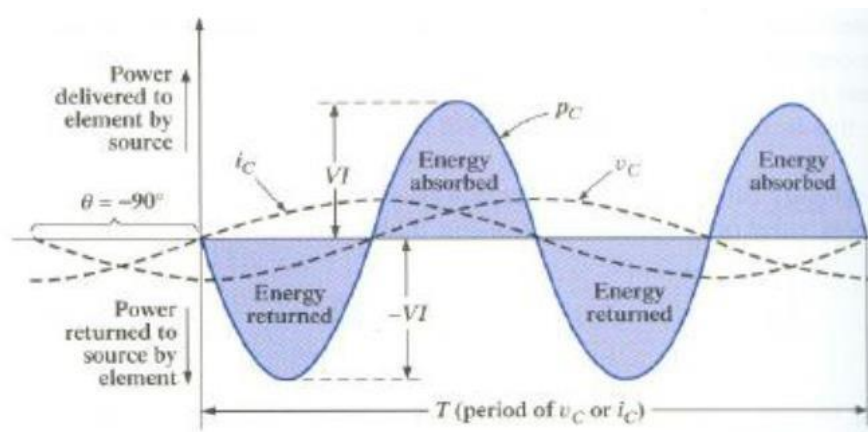


Gambar 8. Rangkaian Beban Kapasitif

Apabila rangkaian diberikan tegangan sebesar  $V = V_m \sin \omega t$ , maka besarnya arus yang melewati rangkaian adalah:

$$i = i_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Kapasitor dan induktor adalah elemen reaktif murni, sehingga kurva dan persamaan untuk kapasitor hampir sama dengan yang diperoleh pada induktor. Kurva daya untuk kapasitor tampak pada Gambar 21 di bawah ini. Sekali lagi bahwa kurva daya yang dihasilkan mempunyai frekuensi dua kali dari frekuensi tegangan atau arus yang diterapkan dan nilai puncak sama dengan induktor adalah perkalian tegangan dan arus efektif. Perbedaan utama antara kurva daya pada kapasitor dan induktor adalah berbeda 180° antara keduanya. Kurva daya pada induktor adalah positif pada seperempat siklus sedangkan kurva daya kapasitor adalah negatif (tapi bentuknya adalah sama).



Gambar 9. Arus dan Tegangan Pada Beban Kapasitif

Daya aktif pada kapasitor adalah:

$$P = V \times I \times \cos \theta$$

$$P = V \times I \times \cos (-90^\circ)$$

$$P = 0$$

Daya reaktif pada kapasitor adalah:

$$Q = V \times I \times \cos \theta$$

$$Q = V \times I \times \cos (-90^\circ)$$

$$Q = V \times I \text{ (VAR)}$$

### 3. Faktor Daya

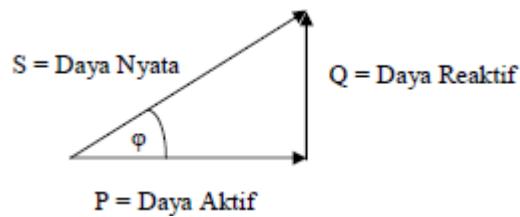
Faktor daya ( $\cos \Phi$ ) adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dan daya reaktif (VA) yang digunakan pada sistem *Alternating Current* (AC) atau beda sudut fasa antara tegangan dan arus. Besarnya nilai faktor daya adalah:

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya aktif (P)}}{\text{Daya reaktif (Q)}}$$

Faktor daya dapat didefinisikan sebagai besaran yang menunjukkan besar efisiensi saluran dalam menyalurkan daya yang dapat digunakan. Faktor daya yang baik akan memiliki nilai yang mendekati 1, sedangkan faktor daya yang buruk memiliki nilai yang mendekati 0, sehingga daya yang dapat digunakan akan semakin berkurang dari jumlah daya semu yang sama. Saluran dengan faktor daya yang buruk akan mengakibatkan pembangkitan daya lebih besar untuk memenuhi permintaan daya aktif. Faktor daya yang rendah disebabkan oleh pengoperasian beban induktif, seperti motor induksi dan unit-unit balas lampu yang memerlukan arus magnetisasi yang aktif.

**a) Faktor Daya Mendahului**

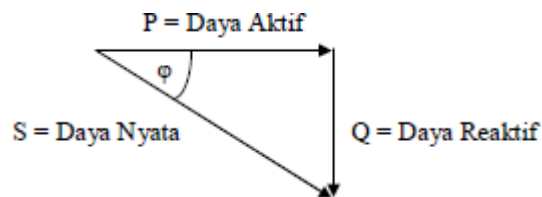
Faktor daya mendahului (*Leading*) dipengaruhi oleh kondisi beban, dimana tegangan diambil sebagai referensi untuk menentukan keadaan leading atau laggin. Faktor daya dinyatakan leading apabila arus mendahului tegangan sebesar  $\Phi^\circ$ . Faktor daya menyerap daya aktif (P) dan menyerap daya reaktif (Q).



Gambar 10. Vektor Arus dan Tegangan Pada Faktor Daya *Leading*

**b) Faktor Daya Tertinggal**

Keadaan faktor daya tertinggal (*lagging*) adalah keadaan dimana arus tertinggal terhadap tegangan sebesar  $\Phi^\circ$ . Faktor daya tertinggal (*lagging*) terjadi apabila beban memerlukan atau menyerap daya reaktif dari jaringan.



Gambar 11. Vektor Arus dan Tegangan Pada Faktor Daya *Lagging*

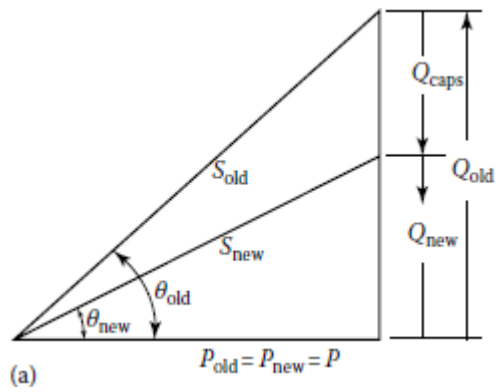


## B. Perbaikan Faktor Daya

Setiap perencanaan sistem transmisi daya adalah sangat berpengaruh terhadap besar arus dalam saluran yang ditentukan oleh beban. Bertambahnya arus akan meningkatkan rugi daya ( $P=I^2R$ ) pada saluran transmisi karena resistansi saluran. Arus yang besar juga membutuhkan konduktor yang besar dengan demikian menambah jumlah diameter yang diperlukan oleh sistem. Oleh karena itu diusahakan untuk menjaga level arus pada nilai minimum. Karena tegangan saluran pada sistem transmisi adalah tetap dan daya semu berhubungan langsung dengan level arus. Semakin kecil daya semu semakin kecil pula arus yang ditarik dari sumber.

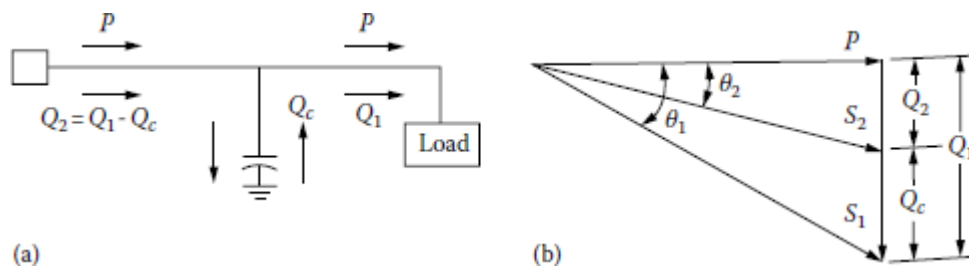
Daya reaktif kapasitor adalah negatif sedangkan daya reaktif induktor adalah positif. Karena karakteristik tersebut, maka apabila beban mengandung induktor seperti motor dan transformator memiliki daya reaktif positif sehingga bila dipasang paralel dengan kapasitor maka kombinasi keduanya akan membutuhkan daya reaktif yang lebih kecil. Demikian pula sebaliknya bila beban bersifat kapasitif, maka penambahan induktor yang paralel dengan beban kapasitif akan mengurangi daya reaktif yang dialirkan dari luar gabungan keduanya. Proses seperti ini dinyatakan sebagai koreksi faktor daya sistem.

Pada umumnya beban bersifat induktif, sehingga perbaikan/koreksi faktor daya sistem dilakukan dengan menambahkan kapasitor di dekat beban. Umumnya kapasitor dipasang paralel dengan beban Z agar beban tidak terganggu. Besar kapasitor harus diperhitungkan agar diperoleh sistem yang paling ekonomis. Pembangkitan daya reaktif pada pembangkit dan penyalurannya ke beban yang sangat jauh dapat menyebabkan rugi-rugi yang besar. Penambahan kapasitor dapat mengkompensasi daya reaktif (Q) yang dikonsumsi oleh saluran apabila diletakkan di pusat beban. Penambahan kapasitor pada saluran dapat mengurangi komponen daya reaktif sehingga daya aktif yang terpakai akan sama besar daya aktif yang dikirim dari pembangkit.



Gambar 12. Perbaikan Faktor Daya

Misalkan suatu beban diberikan daya aktif sebesar  $P$  dan daya reaktif sebesar  $Q$ , pada saluran diberikan kapasitor sebagai pengoreksi faktor daya:



Gambar 13 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor

Besarnya faktor daya pada keadaan lagging adalah

$$\cos\theta_1 = \frac{P}{S_1}$$

Atau

$$\cos\theta_1 = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$$

Saat kapasitor dengan kapasitas  $Q_c$  dipasang secara paralel pada beban, faktordaya dapat ditingkatkan dari  $\cos\theta_1$  menjadi  $\cos\theta_2$ , dimana:

$$\cos\theta_2 = \frac{P}{S_2}$$

$$\cos\theta_2 = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}}$$

Atau

$$\cos\theta_2 = \frac{P}{\sqrt{P^2+(Q^2-Q_c^2)}}$$

Perbaikan faktor daya juga dapat dilakukan dengan metode perhitungan segitiga daya, yaitu:

$$Q_1 = S \times \sin \theta_1$$

$$Q_2 = S \times \sin \theta_2$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

Beberapa keuntungan peningkatan faktor daya:

- 1) Meningkatkan kapasitas distribusi sistem tenaga listrik
- 2) Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem
- 3) Jatuh tegangan (*voltage drop*) berkurang
- 4) Mengurangi arus beban yang tinggi karena adanya faktor daya yang rendah
- 5) Memaksimalkan daya yang disalurkan dari penyalur listrik  
Mengurangi denda akibat pemakaian daya reaktif dari kVARh yang digunakan.

#### 1. Hal Yang Mempengaruhi Faktor Daya

Faktor daya yang memiliki nilai kecil akan membuat daya yang disalurkan tidak sepenuhnya terpakai oleh beban sehingga terjadi rugi-rugi daya. Faktor daya yang rendah disebabkan oleh penggunaan beban-beban yang memiliki sifat induktif, seperti motor induksi, unit-unit ballast lampu, dan alat-alat las busur listrik. Medan magnet dari peralatan tersebut memerlukan arus yang melakukan kerja dan tidak mengakibatkan panas atau daya mekanis, tetapi memerlukan arus untuk membangkitkan medan. Faktor daya sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya komponen arus reaktif, sehingga daya tersebut akan mempengaruhi jatuh tegangan. Apabila faktor daya rendah, maka kestabilan tegangan akan sulit dicapai sehingga menyebabkan jatuh tegangan pada sisi penerima. Sedangkan faktor daya yang besar akan memperbaiki nilai komponen reaktif sehingga jatuh tegangan dapat diminimalisir. Ada beberapa penyebab rendahnya faktor daya, diantaranya:

a) Pemakaian motor induksi

Motor induksi merupakan mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Komponen motor induksi berupa stator dan rotor yang terdiri dari lilitan yang bersifat induktif. Motor induksi mengonsumsi daya reaktif yang dihasilkan oleh pembangkit untuk membentuk medan magnet pada statornya. Besarnya daya reaktif yang digunakan oleh motor induksi bergantung dari kapasitas motor tersebut, semakin besar kapasitasnya maka akan semakin besar pula daya reaktif yang dikonsumsi, sehingga membuat faktor daya sistem menjadi rendah. Selain itu, pembebanan motor induksi juga menyebabkan rendahnya faktor daya karena motor membutuhkan daya reaktif yang lebih untuk memutar rotor agar berputar.

b) Transformator

Transformator merupakan alat listrik yang mentransfer energi listrik dari sisi primer transformator ke sisi sekunder transformator. Transformator terdiri dari kumparan sisi primer, kumparan sisi sekunder, dan inti besi. Pada prinsipnya transformator mentransfer energi listrik dari sisi primer ke sisi sekunder menggunakan fluks yang dihasilkan di sisi primer dan mentransfernya ke sisi sekunder menggunakan inti besi. Fluks yang dihasilkan oleh sisi primer dialibatkan oleh adanya medan magnet yang timbul. Medan magnet ini dibangkitkan pada sisi primer oleh karena adanya daya reaktif yang dikonsumsi oleh transformator. Daya reaktif yang dikonsumsi oleh transformator akan semakin besar apabila kapasitasnya semakin besar, sehingga menyebabkan faktor dayanya rendah.

c) Penyulang (*Feeder*)

Penyulang merupakan saluran jaringan listrik yang menyalurkan daya dari pembangkit ke beban. Konduktor pada penyulang biasanya menggunakan jenis konduktor AAC (*All Aluminium Conductor*), AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*), atau ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*). Pada saluran terdapat beberapa parameter untuk dapat mengetahui besarnya impedansi saluran sehingga besarnya tegangan jatuh dan faktor daya dapat diketahui. Parameter saluran meliputi besarnya resistansi saluran (ohm/km), induktansi saluran (H/km) dan kapasitansi saluran (F/km).

d) Resistansi

Saluran memiliki nilai resistansi yang akan mempengaruhi arus yang mengalir dari sisi pengirim ke sisi penerima, mempengaruhi perhitungan rugi-rugi daya, aliran daya, hubung singkat dan perhitungan rugi-rugi saluran. Pengertian umum dari resistansi adalah suatu kekuatan yang dimiliki benda untuk menahan aliran arus listrik. Pada suatu rangkaian elektrik, besarnya nilai arus tidak dapat digunakan secara bebas sepenuhnya.

Semua jenis konduktor mempunyai nilai hambatan atau resistansi terhadap aliran arus. Adapun hal-hal yang mempengaruhi besar atau kecilnya hambatan tersebut adalah luas penampang konduktor, tahanan jenis konduktor dan panjang konduktor. Konduktor dengan luas penampang yang besar akan memiliki nilai hambatan yang lebih kecil, hal ini dikarenakan luas penampang yang besar akan memberikan wilayah yang lebih besar untuk elektron bergerak sehingga pergerakan elektron akan lebih leluasa. Konduktor yang panjang akan memiliki nilai hambatan yang besar dikarenakan semakin panjang konduktor maka akan semakin banyak atom-atom lain yang menghambat pergerakan elektron.

Besarnya nilai resistansi ditentukan dengan besarnya luas penampang, panjang konduktor serta nilai tahanan jenis konduktor.

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

Dimana:

$R$  = resistansi konduktor ( $\Omega$ )

$\rho$  = tahanan jenis konduktor

$l$  = panjang konduktor (m)

$A$  = Luas Penampang konduktor ( $A = \pi r^2$ )

Diketahui bahwa tahanan jenis dari suatu konduktor merupakan sifat dasar dari material penyusun konduktor itu sendiri. Besarnya nilai  $\rho$  dapat bermacam-macam tergantung dengan jenis material serta suhu kerja material. Pada temperatur yang sama, tahanan jenis aluminium lebih besar apabila dibandingkan dengan tahanan jenis tembaga.

#### e) Induktansi dan Reaktansi Induktif

Saluran memiliki induktansi seri yang terdiri dari dua komponen yaitu induktansi internal dan juga induktansi eksternal. Induktansi tersebut merupakan komponen dari rangkaian yang terjadi akibat pengaruh perubahan induksi elektromagnetik oleh arus rangkaian yang berubah-ubah pada rangkaian. Induktansi Saluran distribusi diartikan sebagai jumlah fluks yang dihasilkan setiap arus yang mengalir pada saluran dalam satuan ampere:

$$L = \frac{\lambda}{I}$$

Dimana:

$L$  = induktansi (H)

$\lambda$  = fluks listrik (weber atau N/C)

$I$  = arus (A)

Nilai induktor pada saluran akan menimbulkan adanya hambatan elektron akibat induksi gaya gerak listrik saat arus mengalir melalui saluran, besarnya hambatan elektron ini disebut dengan reaktansi induktif. Reaktansi induktif dinyatakan dalam satuan ohm ( $\Omega$ ) dan dinotasikan dengan  $X_L$ . Besarnya nilai reaktansi induktif dapat dinyatakan dengan:

$$X_L = j(2f\pi L)$$

Dimana:

$X_L$  = Reaktansi Induktif ( $\Omega$ )

$f$  = frekuensi (Hz)

$\pi$  = 3.14

$L$  = Induktansi (L)

#### f) Kapasitansi dan Reaktansi Kapasitif

Apabila terdapat suatu tegangan pada sepasang konduktor yang dipisahkan oleh suatu material dielektrik udara maka akan muncul suatu muatan yang terakumulasi dengan arah yang berlawanan namun besar muatannya sama.

Pada sistem saluran udara tegangan menengah dengan sumber bolak-balik, saluran akan membawa tegangan dengan perbedaan waktu untuk setiap fasanya. Tegangan variasi waktu ini akan mengakibatkan munculnya nilai muatan yang fluktuatif. Perubahan muatan tersebut akan mempengaruhi besarnya nilai arus pada saluran sehingga berdampak kepada faktor daya dan tegangan jatuh pada saluran.

Reaktansi kapasitif adalah suatu hambatan dari rangkaian listrik yang timbul akibat arus bolak-balik melalui sebuah kapasitor dengan besar frekuensi tertentu. Sama seperti resistansi dan reaktansi induktif, reaktansi kapasitif juga dinyatakan dalam satuan ohm ( $\Omega$ ) dan dinotasikan dengan  $X_C$ . Nilai reaktansi kapasitif dinyatakan dengan persamaan:

$$X_C = \text{reaktansi kapasitif } (\Omega)$$

$$f = \text{frekuensi (Hz)}$$

$$\pi = 3.14$$

$$C = \text{kapasitansi (F)}$$

#### g) Impedansi Saluran

Impedansi merupakan suatu besaran listrik yang mendeskripsikan tentang tingkat penolakan suatu bahan atau material terhadap arus bolak-balik sinusoida dalam satuan ohm ( $\Omega$ ). Impedansi merupakan perluasan konsep dari resistansi AC pada suatu rangkaian, impedansi tidak hanya menjelaskan mengenai fase relatif dari arus dan tegangan tapi juga menjelaskan fase amplitudo relatif. Besarnya tegangan dan arus elektrik pada rangkaian sumber bolak-balik dinyatakan dengan bilangan kompleks dalam fungsi waktu dengan persamaan:

$$v = V_0 e^{j(\omega t + \theta)} \quad V$$

$$i = I_0 e^{j(\omega t + \phi)} \quad A$$



Sedangkan besarnya impedansi merupakan hasil pembagian antara tegangan dan arus sehingga:

$$Z = \frac{V_0 e^{j(\omega t + \theta)}}{I_0 e^{j(\omega t + \phi)}}$$

$$Z = \frac{V_0 e^{j\omega t} e^{j\theta}}{I_0 e^{j\omega t} e^{j\phi}}$$

$$\hat{Z} = Z e^{j\theta}$$

Apabila dinyatakan dalam suatu koordinat kartesian maka impedansi serisaluran dinotasikan dengan:

$$Z = R + j(X_L - X_C)$$

Rugi-rugi daya pada saluran dipengaruhi adanya impedansi.

Besarnya rugi-rugi daya tersebut adalah:

$$S = P + jQ$$

P = Rugi-rugi daya aktif (watt)

Q = Rugi-tugi daya reaktif (VAR)

S = Daya semu (VA)

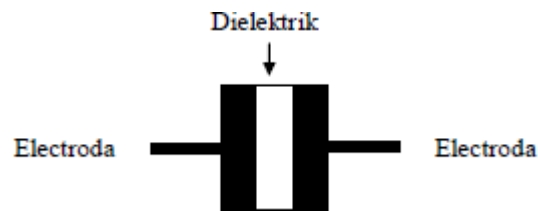
Rugi-rugi daya listrik tersebut di atas ( VA ) akan mempengaruhi faktordaya kerja sistem dan besarnya rugi-rugi daya dinyatakan dengan:

$$P_{rugi} = I^2 R$$

$$Q_{rugi} = I^2 Z$$

### C. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen listrik pasif yang bersifat menyimpan muatan listrik. Satuan kapasitansi suatu kapasitor dinyatakan dengan Farad (F) yang setara dengan  $9 \times 10^{11} \text{cm}^2$  yang berarti luas permukaan kepingan tersebut. Struktur sebuah kapasitor terdiri dari dua pelat yang dipisahkan oleh bahan dielektrik.



Gambar 14. Prinsip Dasar Kapasitor

Kapasitansi pada kapasitor didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron. Kapasitor dinyatakan memiliki kapasitor sebesar 1 farad jika tegangan 1 volt dapat memuat elektron sebanyak 1 coulomb, besar kapasitansinya dinyatakan dengan besarnya muatan yang disimpan dibagi dengan tegangan yang diterapkan pada kapasitor tersebut, atau dapat dirumuskan:

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$V = E \times d$$

Dimana:

C = Kapasitansi kapasitor (F)

Q = Muatan yang tersimpan pada kapasitor  
(Coulomb)

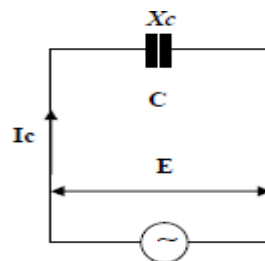
E = Kuat medan elektrik (Volt/meter)

d = jarak antar elektroda kapasitor

Sebuah kapasitor terbuat dari dua buah plat metal yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Bahan dielektrik yang biasanya digunakan adalah keramik, kertas, gelas, mika, kaca, dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan arus searah, maka muatan-muatan positif akan terkumpul pada salah satu kaki elektroda dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal pada elektroda yang lain. Muatan positif tidak bisa menuju ke kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang bersifat non- konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujungnya.

Apabila kapasitor diberi tegangan arus bolak-balik (AC), maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Muatan elektron yang terkumpul diantara konduktornya tidak akan pernah mencapai keseimbangan yang berarti selama kapasitor belum terisi penuh, muatannya harus dilepaskan kembali sehingga arus akan selalu mengalir dalam rangkaian dan kapasitor pada saat itu juga membangkitkan daya reaktif. Semakin besar frekuensi sumber, maka semakin sedikit muatan yang terisi dalam kapasitor sehingga makin kecil pula hambatannya terhadap arus yang mengalir.

Reaktansi merupakan tahanan yang bersifat reaksi terhadap perubahan tegangan atau perubahan arus listrik, dimana nilai tahanannya berubah seiring dengan perbedaan fasa tegangan dan arus. Reaktansi kapasitif dinotasikan dengan  $X_C$  dan didefinisikan sebagai sebuah tahanan yang bersifat reaksi pada sebuah kapasitor jika dihubungkan dengan arus bolak-balik (AC).



Gambar 15. Rangkaian Sebuah Sumber AC dengan Kapasitor Yang Dipasang Secara Seri

Reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) dari rangkaian di atas adalah:

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

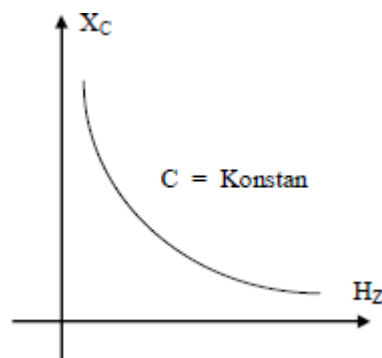
Dimana:

$X_C$  = Reaktansi kapasitif (ohm)

$f$  = Frekuensi sumber (Hz)

$C$  = Kapasitansi (farad)

Besarnya nilai reaktansi kapasitif tersebut bergantung dari besarnya nilai kapasitansi sebuah kapasitor (F) dan frekuensi sumber arus bolak-balik (Hz). Besarnya reaktansi kapasitif berbanding terbalik dengan perubahan frekuensi dan kapasitansi suatu kapasitor, semakin kecil frekuensi dan nilai kapasitansi sebuah kapasitor, maka semakin besar nilai reaktansi kapasitif ( $X_C$ ) pada sebuah kapasitor

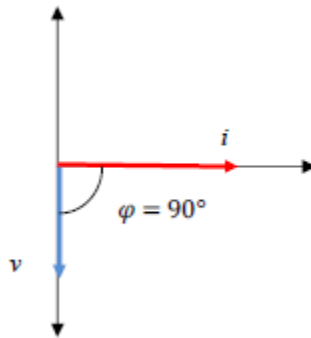


Gambar 16. Hubungan Antara Reaktansi Kapasitif dan Frekuensi

Muatan listrik menimbulkan beda potensial listrik dan untuk memindahkannya dibutuhkan usaha. Untuk memberikan muatan pada suatu kapasitor diperlukan usaha listrik, dan usaha ini disimpan dalam kapasitor sebagai energi. Pemberian muatan dimulai dari nol sampai dengan 1 coulomb. Persamaan energi pada kapasitor adalah

$$W_c = \frac{1}{2} CV^2$$

Arus pada kapasitor selalu bersifat mendahului (*leading*) sebesar  $90^\circ$ . Perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan pada kapasitor adalah sebesar  $90^\circ$  yang berada pada kuadran 4.



Gambar 17. Hubungan Arus dan Teagangan Pada Kapasitor Besarnya

Sifat ini akan berlawanan dengan reaktif induktif dan akan saling menghilangkan atau mengkompensasi jika terpasang secara seri atau paralel.

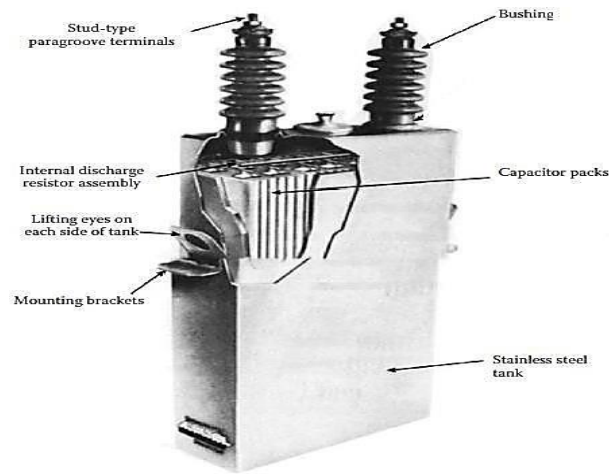
$$P = S \times \cos \phi$$

$$Q = S \times \sin \phi$$

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

#### D. Bank Kapasitor

Bank kapasitor adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor. Kapasitas unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif nominal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar VAR. Bank kapasitor disebut juga kapasitor daya karena digunakan untuk daya yang besar, pemasangan kapasitor bank bertujuan untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitas kapasitor dapat bervariasi mulai dari 15- 25 kVAR, 200-300 kVAR, dan 300-1800 kVAR.



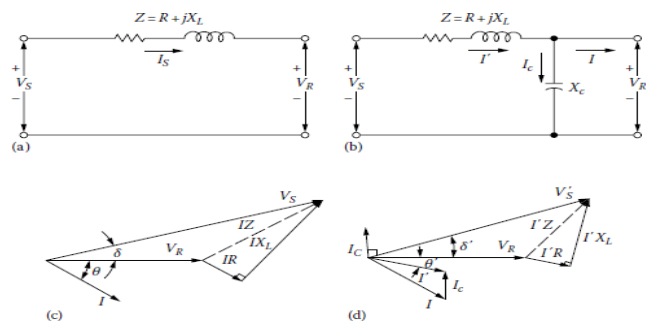
Gambar 18 Bank Kapasitor

### 1. Bank Kapasitor Shunt dan Seri

Bank kapasitor dapat dipasang secara seri maupun paralel terhadap sistem, tergantung dari kebutuhan dari kapasitor itu sendiri. Berikut ini pengaruh dari pemasangan bank kapasitor secara seri maupun paralel:

#### a) Kapasitor Shunt

Kapasitor seri banyak digunakan secara luas terutama pada saluran distribusi. Kapasitor shunt menyuplai daya reaktif untuk menyeimbangkan komponen arus yang tertinggal dari tegangan oleh karena adanya beban induktif. Kapasitor shunt mengubah karakteristik beban induktif dengan menyuplai arus leading yang akan melawan arus lagging dari beban induktif pada sistem. Kapasitor shunt dapat mengurangi arus sumber, meningkatkan faktor daya, dan mengurangi jatuh tegangan antara sisi pengirim dan sisi penerima daya listrik.



Gambar 19 Rangkaian Dan Diagram Fasor Rangkaian: Tanpa Kapsitor

(A) dan (C), dengan Kapsitor (B) dan (C)

Besarnya tegangan jatuh (*voltage drop*) dengan faktor daya lagging adalah:

$$VD = I_R R + I_K X_L$$

Dimana:

R = resistansi (ohm)

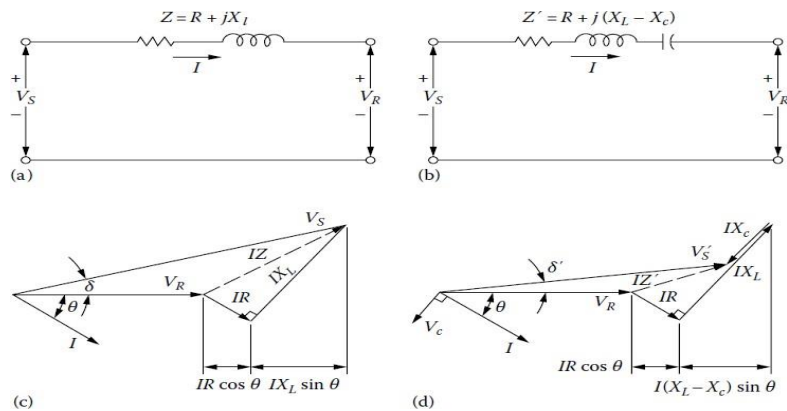
$X_L$  = reaktansi induktif (ohm)

$I_R$  = arus daya aktif (A)

$I_X$  = arus daya reaktif (A)

#### b) Kapsitor Seri

Kapsitor seri tidak banyak digunakan secara luas karena penggunaannya yang rumit dengan kegunaan yang terbatas. Pada umumnya, kapasitor seri jarang digunakan pada sistem tenaga listrik, terutama untuk kapasitor yang memiliki kapasitas kecil. Kapsitor seri akan mengkompensasi reaktansi induktif karena kapasitor menghasilkan reaktansi negatif (kapasitif) yang terhubung seri dengan reaktansi positif (induktif) sehingga kedua komponen reaktansi tersebut saling meniadakan. Sehingga, kegunaan utama kapasitor seri adalah untuk mengurangi jatuh tegangan (*voltage drop*), yang disebabkan oleh reaktansi induktif rangkaian.



Gambar 20. Rangkaian Dan Diagram Fasor Rangkaian: Tanpa Kapasitor

(A) dan (C), dengan Kapasitor (B) dan (C)

Besarnya tegangan jatuh (*voltage drop*) pada rangkaian yang belum terpasang kapasitor adalah:

$$VD = IR \times \cos\Phi + X_L \times \sin\Phi$$

Dimana:

R = resistansi (ohm)

$X_L$  = reaktansi induktif (ohm)

$\cos\Phi$  = faktor daya yang diterima

$\sin\Phi$  = sinus faktor daya yang diterima

Besarnya tegangan jatuh (*voltage drop*) pada rangkaian yang terpasang kapasitor adalah:

$$VD = IR \times \cos\Phi + (X_L - X_C) \times \sin\Phi$$



Rumus untuk menghitung kebutuhan kompensasi daya reaktif ( $Q_C$ ) yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya adalah:

$$Q_C = P \times (\tan_{\phi_1} - \tan_{\phi_2})$$

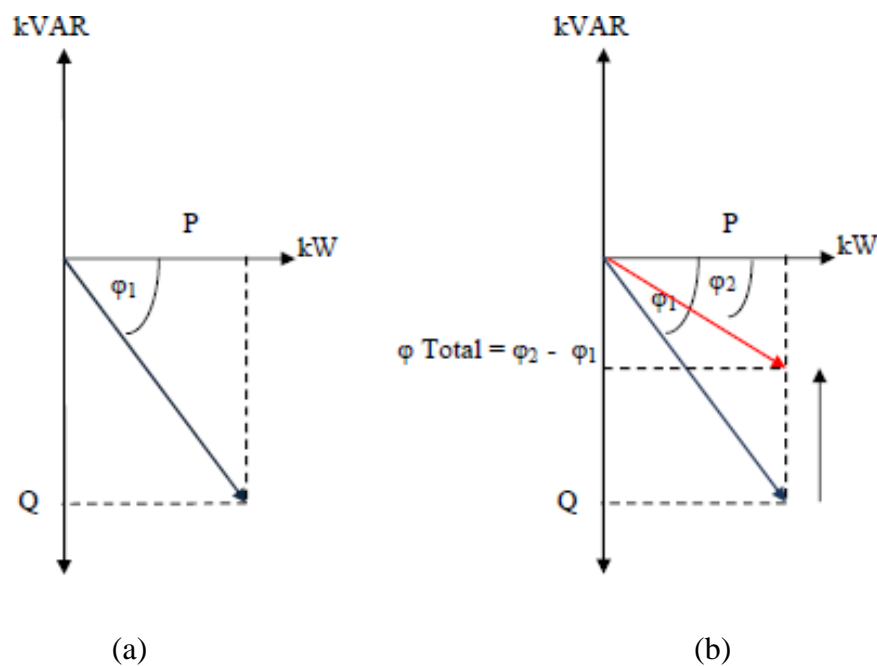
Dimana:

$Q_C$  = Kompensasi daya reaktif yang dibutuhkan (kVAR)

$P$  = Daya aktif (watt)

$\phi_1$  = Daya reaktif pada faktor daya awal

$\phi_2$  = Daya reaktif pada faktor daya diperbaiki



Gambar 21. Segitiga Daya Kompensasi kVAR: Sebelum Pemasangan Kapastior Bank (A) dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Bank (B)

## 2. Peralatan yang Dibutuhkan Pada Bank Kapasitor

Pada bank kapasitor terdapat beberapa komponen untuk menunjang kerja dari bank kapasitor itu sendiri, antara lain:

### 1) *Main Switch/Load Break Switch*

*Main switch* berfungsi untuk peralatan kendali dan isolasi pada saat perawatan panel bank kapasitor. *Main switch* adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya *on load* yaitu dapat diputus dan disambungkan dalam keadaan berbeban.

### 2) *Capacitor Breaker*

*Capacitor Breaker* digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari *breaker* ke bank kapasitor dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas *breaker* yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal.

### 3) *Magnetic Contactor*

*Magnetic Contactor* digunakan sebagai peralatan kendali beban. Beban kapasitor memiliki arus puncak yang tinggi, lebih tinggi dari beban motor. Pemilihan kontaktor magnetik adalah minimal 10% lebih tinggi dari arus nominal.

### 4) *Capacitor Bank*

*Capacitor Bank* adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif.

### 5) *Reactive Power Regulator*

Regulator daya reaktif (*Reactive Power Regulator*) berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disalurkan ke saluran/sistem dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Settingan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama *breaker*, daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan nilai daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban.

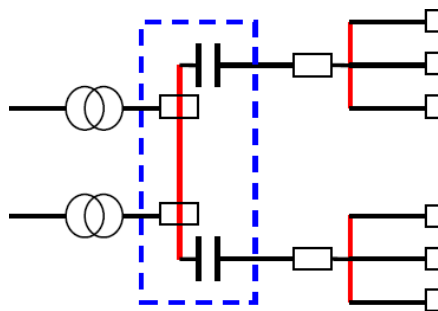
### 3. Metode Pemasangan Kapasitor Bank

Pemasangan kapasitor dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu *Global Compensation*, *Group Compensation*, dan *Individual Compensation*.

#### a) *Global Compensation*

Metode ini dilakukan dengan cara memasang kapasitor pada induk panel distribusi (MDP), sehingga arus yang mengalir turun hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator, sedangkan arus yang lewat setelah tidak terpengaruh.

Kelebihan dari pemasangan secara *global compensation* adalah pemanfaatan kompensasi daya dari kapasitor lebih baik karena beban tidak bekerja pada waktu bersamaan dan biaya perawatan lebih rendah. Sedangkan kekurangan metode ini adalah switching peralatan pengaman yang rentan rusak, timbulnya arus transien yang disebabkan oleh pengosongan muatan unit kapasitor dalam jumlah besar, hanya memberikan kompensasi secara *upstream*.

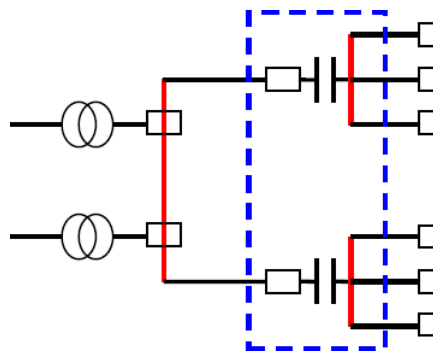


Gambar 22. Metode Pemasangan Bank Kapasitor Secara *Global Compensation*

#### b) *Group Compensation*

Metode ini dilakukan dengan cara memasang kapasitor yang terdiri dari panel kapasitor yang dipasang pada panel subdistribusi (SDP). Metode ini baik dilakukan pada beban dengan kapasitas beban sampai orde ribu kVA. Kelebihan dari

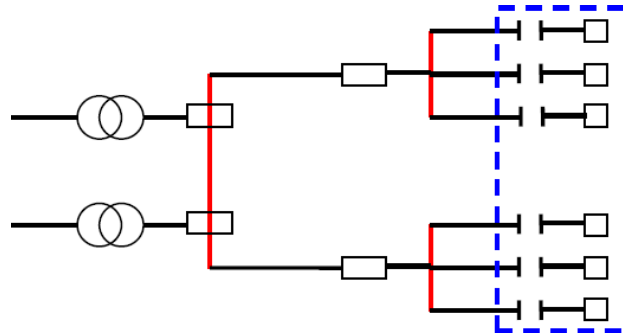
pemasangan metode ini adalah biaya pemasangan yang rendah dan kapasitas pemasangan dapat dipakai sepenuhnya. Kekurangan dari metode ini adalah perlu dipasang kapasitor bank pada setiap SDP dan hanya memberikan kompensasi secara *upstream*.



Gambar 23. Metode Pemasangan Bank Kapasitor Secara *Group Individual Compensation*

c) *Individual Compensation.*

Metode ini dilakukan dengan cara memasang kapasitor pada masing- masing beban, khususnya yang mempunyai kapasitas daya yang besar. Metode ini lebih efektif dan lebih baik karena daya reaktif yang dihasilkan oleh kapasitor langsung terpakai oleh beban. Kelebihan metode ini adalah meningkatkan kapasitas daya saluran, memperbaiki tegangan saluran, dan penyaklaran (*switching*) antara kapasitor dan beban dapat dilakukan bersamaan. Kekurangan metode ini adalah biaya pemasangan besar, kapasitas kapasitor yang terpasang tidak seutuhnya dipakai, arus transien tinggi akibat adanya penyaklaran yangbersamaan.



Gambar 24. Metode Pemasangan Bank Kapasitor Secara Individual

### E. Automatic Capacitor Bank

Sebuah bank kapasitor memerlukan alat yang berfungsi untuk menjaga kondisi faktor daya saluran yang disebut *Automatic Power Factor Controller* (APFC) atau *Power Factor Regulator*. Pada *Automatic Power Factor Controller* terdapat beberapa komponen yang berfungsi sebagai pengukuran, monitoring, dan proteksi. Alat ini dapat menampilkan hasil pengukuran PF jaringan, step kapasitor yang bekerja, tegangan, arus, *Total Harmonic Distortion* (THD), dan pengukuran lain. Pada pengendaliannya, *setting* pada APFC dilakukan dengan cara memasukkan nilai C/K, nilai target faktor daya, konfigurasi step, dan waktu *connect/disconnect*. Pengaturan *setting* C/K yang tepat akan mengoptimalkan kerja APFC. Nilai C/K adalah besar arus step pertama yang mengalir ke APFC, dengan rumus:

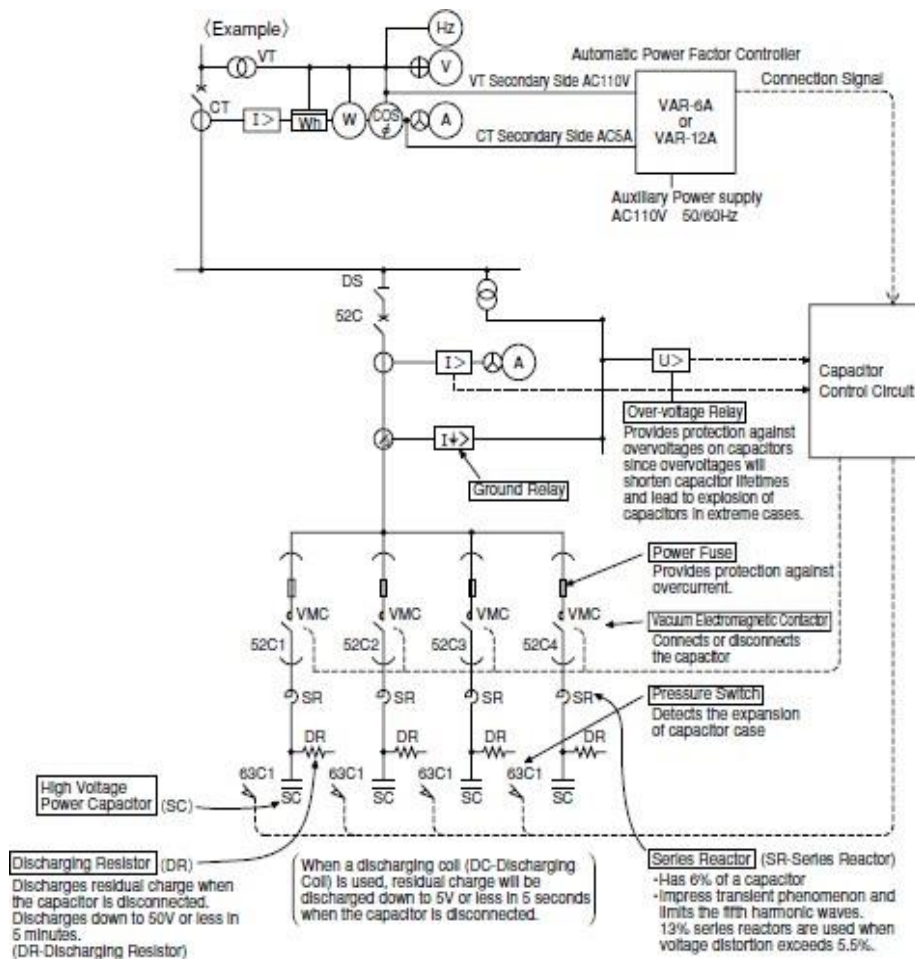
$$C/K = \frac{I_C}{K}$$

Dimana:

$I_C$  = arus kapasitor step pertama

K = rasio CT

Step merupakan parameter yang menunjukkan jumlah *output* relay yang dikendalikan oleh APFC. Relay tersebut akan mengirimkan sinyal ke *breaker* pada sel kapasitor untuk berkerja. Jumlah step pada APFC bervariasi, mulai dari 3 step, 4 step, 6 step, 8 step, 12 step, dan 14 step yang jumlah stepnya bergantung dari pabrikan pembuat. Pengaturan step APFC dapat dikendalikan sesuai dengan karakteristik saluran. Step dapat diatur bersamaan atau bergantian, misalnya 1-1-1, 1-2-2, atau 2-2-2, dan seterusnya. Berikut ini adalah diagram kontrol *Automatic Power Factor Controller* beserta komponen-komponennya:



Gambar 25. Diagram Skematik *Automatic Power Factor Controller*

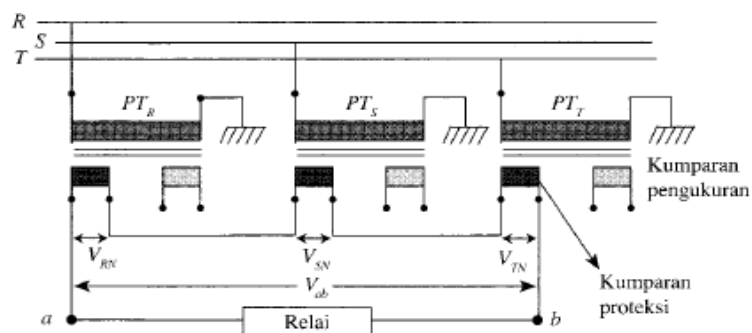
- 1) *Current Transformer* (CT) dan *Potential Transformer* (PT)  
Pengukuran besaran listrik pada panel APFC, membutuhkan transformator tegangan (*Potential Transformer*) dan transformator arus (*Current Transformer*) untuk menurunkan arus dan tegangan menengah ke nilai yang lebih rendah. Alat ukur yang digunakan memiliki keterbatasan pengukuran, sehingga tidak bisa jika langsung dihubungkan ke jaringan sistem tegangan menengah, oleh karena itu diperlukan PT dan CT.

Komponen penyusun utama dari PT adalah belitan primer, belitan sekunder, dan inti besi silikon. Prinsip kerja trafo tegangan samaseperti trafo daya. Saat belitan primer terhubung dengan jaringan tegangan tinggi maupun distribusi, maka arus akan mengalir pada belitan primer dan timbul fluks magnetik bolak-balik pada inti besi trafo. Fluks magnetik tersebut akan menginduksikan gaya gerak listrik yang rendah pada belitan sekunder, sehingga pada sisi terminal belitan sekunder timbul beda potensial yang sebanding dengan tegangan pada jaringan yang sedang diukur. Ada dua jenis trafo tegangan, yaitu trafo tegangan magnetik dan kapasitif. Trafo tegangan magnetik terbagi lagi menjadi tiga, yaitu trafo tegangan kutub tunggal, trafo tegangan kutub ganda dan trafo tegangan tiga fasa. Untuk trafo tegangan tiga fasa, maka digunakan tiga trafo tegangan kutub tunggal dengan perbandingan tegangan  $(V_{ll}/\sqrt{3} - 100/\sqrt{3})$  volt. Lalu, belitan primer dan sekunder trafo tegangan, masing – masing dihubung bintang. Trafo tegangan magnetik kutub ganda lebih dikhususkan untuk pengukuran tegangan pada jaringan sistem tegangan tinggi dan distribusi, terutama untuk mengukur tegangan *line to line* ( $V_{ll}$ ). Konstruksi trafo tegangan kutub ganda juga sedikit lebih rumit dibandingkan trafo tegangan kutub tunggal, karena seluruh

belitan tegangan tinggi harus diisolasi terhadap bagian-bagian yang ditanahkan dengan tebal isolasi yang sama, agar trafo dapat memikul pengujian secara penuh. Selain itu, trafo kutub ganda hanya bisa digunakan untuk pengukuran tegangan sampai 30 kV, sedangkan untuk tegangan yang lebih tinggi menggunakan trafo tegangan kutub tunggal.

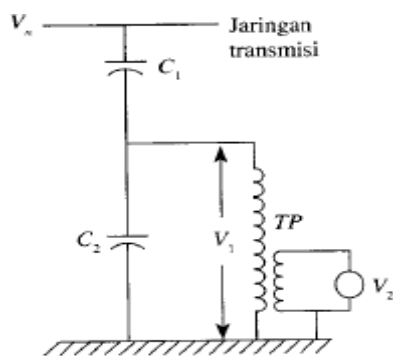
Selain digunakan untuk pengukuran, trafo tegangan kutub tunggal dan trafo tegangan tiga fasa dapat digunakan untuk mencatu tegangan kepada rele-rele proteksi arus gangguan tanah. Agar dapat mendeteksi arus gangguan tanah, trafo tegangan harus dilengkapi dengan belitan tambahan yang disebut dengan belitan proteksi. Pada kondisi normal, tegangan pada ketiga belitan proteksi sama ( $V_{RN} = V_{SN} = V_{TN} = V_n$ ), sehingga jumlah vektoris dari ketiga tegangan belitan proteksi tersebut adalah nol ( $V_{ab} = 0$ ). Namun, saat salah satu fasa terjadi hubung singkat fasa ke tanah (anggap saja fasa S yang mengalami gangguan), maka tegangan pada fasa yang mengalami gangguan tersebut menjadi nol. Hal ini mengakibatkan tegangan pada fasa R dan T naik  $\sqrt{3}$  kali dari tegangan awalnya. Tegangan pada terminal rele proteksi sama dengan resultan vektoris tegangan sekunder trafo tegangan  $PT_R$  dan  $PT_T$  yang besarnya tiga kali nilai tegangan fasa ke netral ( $3V_n$ ), sehingga tegangan ini akan memicu rele proteksi arus gangguan tanah untuk bekerja.





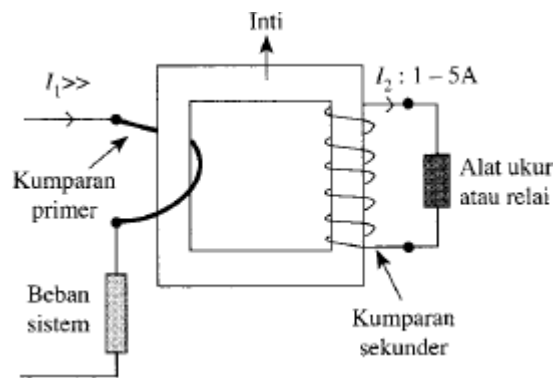
Gambar 26. Rangkaian Kumparan Pengukuran dan Kumparan Proteksi Pada Trafo Tegangan

Trafo tegangan kapasitif sedikit berbeda dengan trafo tegangan magnetik. Trafo tegangan kapasitif digunakan untuk pengukuran tegangan di atas 110 kV. Konstruksi trafo tegangan kapasitif juga lebih sederhana dibandingkan dengan trafo tegangan magnetik. Bagian utama trafo tegangan kapasitif terdiri dari trafo penengah (*intermediate transformer*) dan rangkaian pembagi tegangan kapasitif yang dirancang sedemikian rupa, sehingga tegangan pada kapasitor dapat diperoleh dalam orde puluhan kilo volt.



Gambar 27. Rangkaian Ekuivalen Trafo Tegangan Kapasitif

Selain mengukur tegangan, pada APFC juga dibutuhkan pengukuran arus untuk mengetahui besaran daya dan sebagai alat proteksi. Trafo arus merupakan jenis trafo instrument yang digunakan untuk mengukur besar arus pada sistem jaringan tegangan tinggi dan distribusi. Komponen trafo arus juga sama seperti trafo tegangan, yaitu belitan primer, belitan sekunder, dan inti besi, hanya saja belitan primer trafo arus sangat sedikit dibandingkan belitan sekundernya. Belitan primer trafo arus maksimal hanya lima belitan dan paling sedikit satu belitan. Trafo arus digunakan untuk menurunkan arus kuat menjadi arus lemah dalam orde 1 hingga 5 ampere yang sebanding dengan arus pada sisi primer trafo.



Gambar 28. Rangkaian Trafo Arus

## 2) Voltmeter

Voltmeter merupakan alat ukur besaran listrik yang berfungsi untuk mengukur tegangan pada sistem. Voltmeter pada panel APFC tidak langsung terhubung ke jaringan sistem, melainkan terlebih dahulu terhubung pada terminal sekunder trafo tegangan (PT) yang tegangannya sudah diturunkan ke nilai rendah.



Gambar 29. Voltmeter

### 3) Amperemeter

Amperemeter merupakan alat ukur besaran listrik yang berfungsi untuk mengukur arus listrik pada sistem. Amperemeter pada panel APFC tidak langsung terhubung ke jaringan sistem, melainkan terlebih dahulu terhubung pada terminla sekunder trafo arus (CT) yang arusnya sudah diturunkan ke nilai yang redah.



Gambar 30. Amperemeter

### 4) Wattmeter

Wattmeter merupakan alat ukur besaran listrik yang berfungsi untuk mengukur daya yang terpakai oleh beban. Masukan (*input*) dari wattmeter berasal dari CT dan PT.



Gambar 31. Wattmeter

5) Watthour meter

Watthour meter merupakan alat ukur besaran listrik yang berfungsi untuk mengukur daya yang terpakai oleh beban selama satu jam pemakaian.



Gambar 32. Watthour meter

6)  $\text{Cos}\Phi$  meter

$\text{Cos}\Phi$  meter merupakan alat ukur besaran listrik yang berfungsi untuk mengukur nilai cosinus antara daya aktif (P) dan daya semu (S) atau biasa disebut faktor daya. Pemasangan  $\text{cos}\Phi$  meter pada panel APFC sangat diperlukan untuk memonitoring keadaan faktor daya pada beban.



Gambar 33. Cos $\Phi$  meter

#### 7) Relay

Relay adalah peralatan pengaman yang dapat mendeteksi jika terjadi gangguan atau ketidakstabilan pada sistem jaringan listrik dan memberi sinyal respon kepada pemutus daya atau CB untuk memutus kontak antara jaringan listrik yang mengalami gangguan dengan jaringan listrik yang tidak mengalami gangguan, sehingga gangguan tidak menyebar luas dan tidak merusak peralatan-peralatan yang berada pada sistem jaringan listrik. Pada APFC, terdapat relay untuk proteksi arus lebih (OCR), relay proteksi arus gangguan ke tanah (GFR), dan relay proteksi tegangan lebih (OVR). Relay arus lebih adalah jenis relay proteksi yang dapat mendeteksi kenaikan arus yang melebihi batas nilai yang telah ditentukan.

Relay proteksi arus gangguan ke tanah merupakan jenis relay proteksi yang dapat memberikan respon ketika terjadi gangguan arus hubung singkat ke tanah pada sistem jaringan listrik. Relay proteksi tegangan lebih adalah salah satu jenis relay yang dapat mendeteksi kenaikan tegangan secara tiba-tiba akibat lepasnya beban ataupun akibat kompensasi berlebih pada bank kapasitor. Pada umumnya, fungsi OCR dan GFR sama, yaitu untuk proteksi arus lebih. Namun dalam pemasangan CT, rele OCR

menggunakan 2 atau 3 CT yang terpasang pada jaringan listrik untuk mendeteksi arus lebih pada semua fasa, sedangkan rele GFR hanya menggunakan salah satu CT yang terpasang pada salah satu fasa jaringan listrik untuk mendeteksi arus lebih akibat arus hubung singkat ke tanah.

8) Pengaman Lebur (*Fuse*)

Pengaman lebur pada APFC adalah alat yang berfungsi sebagai pengaman pada saat terjadi gangguan pada sistem. Prinsip kerja pengaman lebur pada APFC sama seperti prinsip kerja pengaman lebur pada umumnya, yaitu elemen lebur yang panas akibat adanya arus gangguan akan menyebabkan kontak terpisah dengan elemen lebur, sehingga peralatan yang dipasang elemen lebur akan terpisah.



Gambar 34. Pengaman Lebur

9) Kontaktor

Kontaktor pada APFC berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan unit bank kapasitor ke sistem. Prinsip kerja kontaktor sama seperti relay, yaitu kontak akan bekerja apabila ada arus yang melewati kumparan pada kontaktor.

10) *Bleeder Resistor*

*Bleeder Resistor* merupakan komponen pada APFC yang berfungsi untuk membuang muatan pada unit bank kapasitor saat unit tersebut tidak terhubung dengan sistem. *Bleeder Resistor* dipasang secara paralel terhadap sel kapasitor agar muatannya dapat terbuang saat kapasitor tidak terpakai.

## F. Sistem Distribusi Pada PT. Bukit Asam, Tbk

PT. Bukit Asam, Tbk menggunakan dua buah sumber daya listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik perusahaan dengan kapasitas 3 x 10 MW dan suplai tenaga listrik dari PLN dengan kontrak daya 21,250 MW tegangan 20 kV untuk memenuhi kebutuhan operasional beban. PT. Bukit Asam, Tbk membangun sebuah gardu induk yang dinamakan dengan *Main Switch Station* (MSS) dan berfungsi untuk menerima suplai energi listrik tegangan menengah 20kV dari PLN maupun PLTU dengan tiga panel incoming yaitu A15:sakura, A17:Kenanga dan A06:kamboja. Pasokan energi listrik yang berasal dari PLTU Bukit Asam dan PLN digunakan secara bergiliran sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan. Pada saat pengalihan tenaga dari PLTU ke sumber PLN atau sebaliknya, digunakan panel hubung yang disebut dengan *Change Over Switch* (COS). Terdapat dua buah *change over switch* pada gardu induk MSS yaitu COS 1 yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dan COS 2 yang berasal dari PLN.

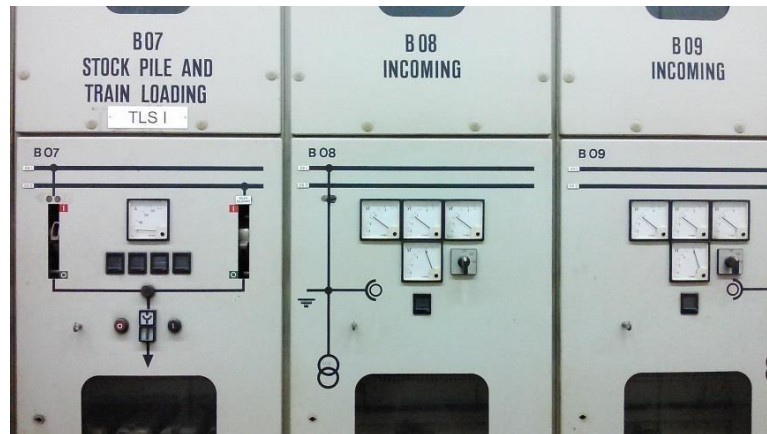


Gambar 35. *Change Over Switch*

Sistem distribusi pada tenaga listrik pada PT. Bukit Asam, Tbk dari MSS menuju ke pusat-pusat beban menggunakan dua jaringan tegangan menengah yaitu 20 kV dan 6 kV. Sistem distribusi tegangan 20kV digunakan untuk mensuplai energi listrik menuju peralatan-peralatan utama di tambang dan jaringan tegangan 6 kV digunakan untuk penerangan dan perkantoran. Panel jaringan 20 kV diberi kode A sedangkan jaringan 6 kV diberi kode B.



(a)



(b)

Gambar 36. Panel Distribusi Pada *Main Switch Station*: (a) 20 kV dan (b) 6kV



Tabel 2 Jalur Distribusi Panel Jaringan 20 Kv dan 6 kV Pada MSS

PANEL A (20 kV)		PANELB (6 kV)	
A1	Jalur Gudang Handak	B01	Jalur Conveyor Distribution Point dan Trafo 6kV/500V. 630kVA
A02	Jalur Tambang 40	B02	Jalur Shunting Head 10
A03	Jalur inpit TLS I	B03	Jalur Shunting Head 30
A04	Jalur MTBU-B	B04	Jalur Shunting Head 50
A05	Jalur SP 01	B05	Jalur Workshop dan Administrasi.
A06	Incoming PLN yang Dapat Disalurkan Ke Busbar I Atau III (Kamboja)	B06	Jalur workshop dan administrasi
A07	<i>Transformer</i> 20kV / 400V / 8 MVA	B07	Stockpile dan TLS I
A08	Jalur MTBU	B08	Dari transformer 20kV/6kV/8MVA terhubung ke Busbar I – II
A09	<i>Auxiliary Transformer</i>	B09	Dari transformer 20kV/6kV/8MVA terhubung ke Busbar II
A10	<i>Bus Couple</i> Antara Busbar I Dan III	B10	Stockpile dan TLS SR
A11	<i>Bus Riser</i>	B11	Water Drainage/WTP/KTT
A12	<i>Auxiliary Transformer</i>	B12	Jalur MOT
A13	Jalur TLS II	B13	Jalur Cadangan
A14	<i>Transformer</i> 20 Kv / 400 V/ 250 kVA	B14	Jalur shunting head 20
A15	<i>Incoming</i> PLN yang Dapat Disalurkan Ke Busbar I Atau III	B15	Jalur shunting head 40
A16	Jalur Bangko Barat	B16	Jalur Service Base North dan Transformer 6kV/425V/400kVA
A17	<i>Incoming</i> PLTU yang dapat Disalurkan Ke Busbar II Atau III		
A18	Jalur line atas MTBU		
A19	Jalur OLC line Bawah		
A20	Jalur GH Bangko Barat		

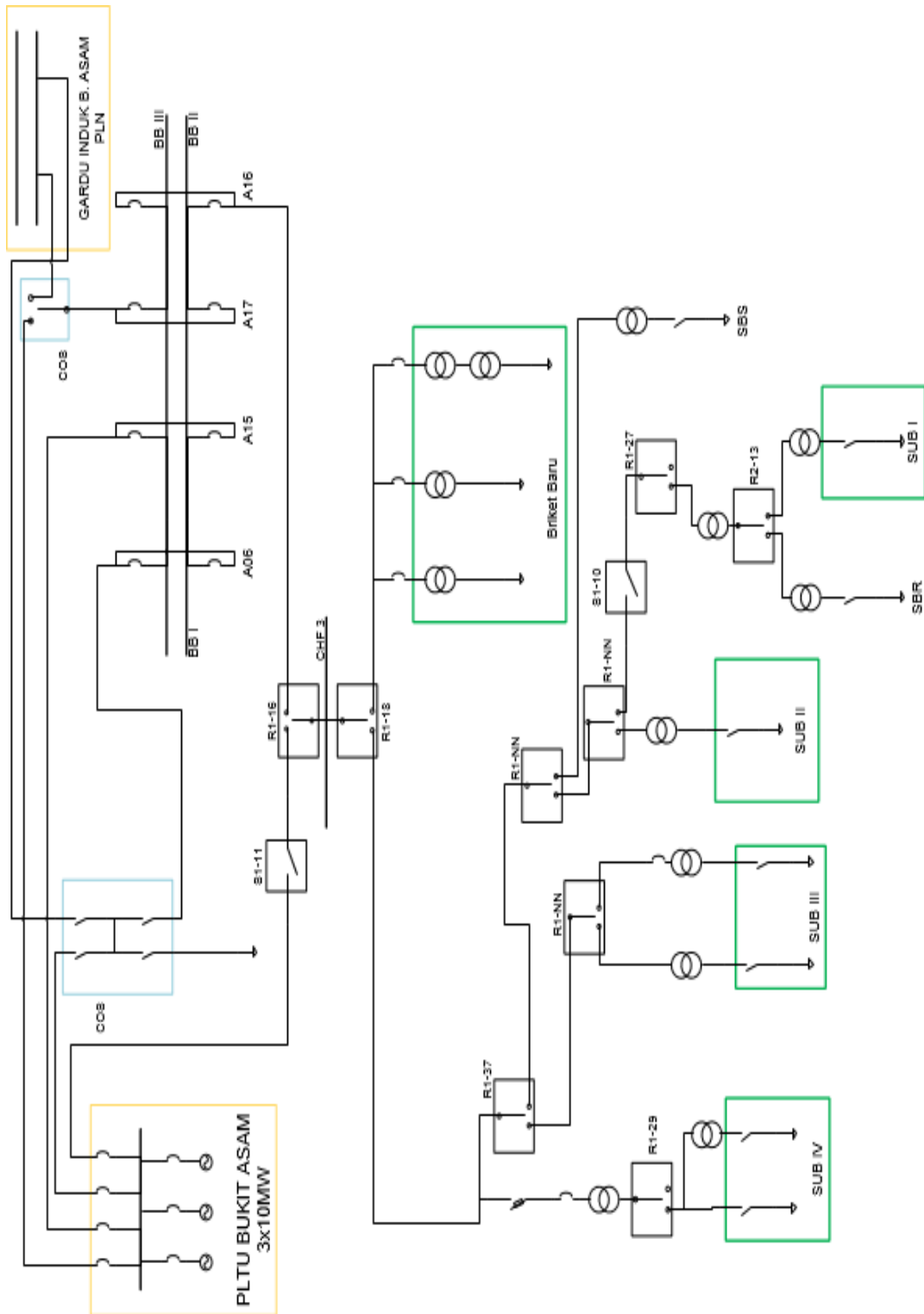
Jalur A18 merupakan salah satu jalur distribusi dengan panjang saluran 11,16 km dan tegangan 20 kV yang memberikan suplai tenaga listrik dari gardu induk *main switch station* (MSS) menuju Ring Main Unit R1-33 untuk disalurkan kembali menuju beban-beban terpasang (16,514 MW) yang ada di area tambang Muara Tiga Besar Utara (MTBU). Untuk mensuplai beban sebesar 16,514 MVA pada area MTBU maka digunakan SKTM dan SUTM 20kV. Saluran Kabel Tegangan Menengah digunakan pada sisi *outgoing* panel A18 MSS menuju Saluran Udara Tegangan Menengah. Panjang SKTM sebagai penghubung panel A18 menuju SUTM kurang lebih berjarak 70meter, setelah itu mode penyaluran daya listrik akan dialihkan menjadi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).

Dalam distribusi tenaga listrik jalur A18 menuju *Ring Main Unit* R1-33 terdapat beberapa lokasi yang tidak memungkinkan untuk dipasang tiang saluran udara tegangan menengah sehingga pada lokasi tersebut mode saluran dialihkan menjadi saluran kabel tegangan menengah (SKTM) dengan panjang saluran total kurang lebih 100 meter dengan jenis dan spesifikasi konduktor yang sama dengan SUTM. RMU atau *Ring Main Unit* merupakan suatu komponen atau peralatan dalam sistem distribusi yang berfungsi untuk menginstalasi jala-jala tertutup 20 kV maupun 6 kV. Dengan menggunakan Ring main Unit maka akan didapatkan dua sisi *outgoing* dari satu *incoming* dengan kata lain, RMU dapat digunakan untuk membagi rangkaian distribusi. pada sistem distribusi PT. Bukit Asam Tbk, *Ring Main Unit* yang digunakan telah diberi nama dan kode untuk memudahkan inisialisasi dan identifikasi jaringan. Kode R1- merupakan kode untuk Ring Main Unit yang bekerja pada sistem 20kV sedangkan kode R2- merupakan Ring Main Unit pada sistem 6 kV.

Pada *outgoing* PLTU perusahaan terdapat jalur distribusi yang langsung terhubung dengan beban dan tidak terlebih dahulu masuk ke MSS. Jalur distribusi ini berada dalam keadaan *stand by* dan terhubung dengan *Ring Main Unit* R1-16 dengan daerah beban berada pada CHF 3. Selain terhubung dengan PLTU, R1-16 juga terhubung dengan jalur A16 yang berasal dari *outgoing* MSS. Pada jalur distribusi ini terdapat banyak beban yang menggunakan motor listrik berkapasitas kecil, seperti motor penggerak *belt plow conveyor*, maupun motor berkapasitas besar seperti motor pompa air dan motor penggerak *conveyor*. Penggunaan motor-motor ini tentu saja menggunakan daya yang tidak sedikit. Daya reaktif yang dibutuhkan motor untuk membuat medan magnetnya dapat lebih besar dari daya reaktif yang dibutuhkan. Sehingga membuat sudut antara daya aktif dan daya reaktif semakin membesar, yang menyebabkan faktor daya akan menjadi mengecil.

#### **G. Aliran Daya MSS**

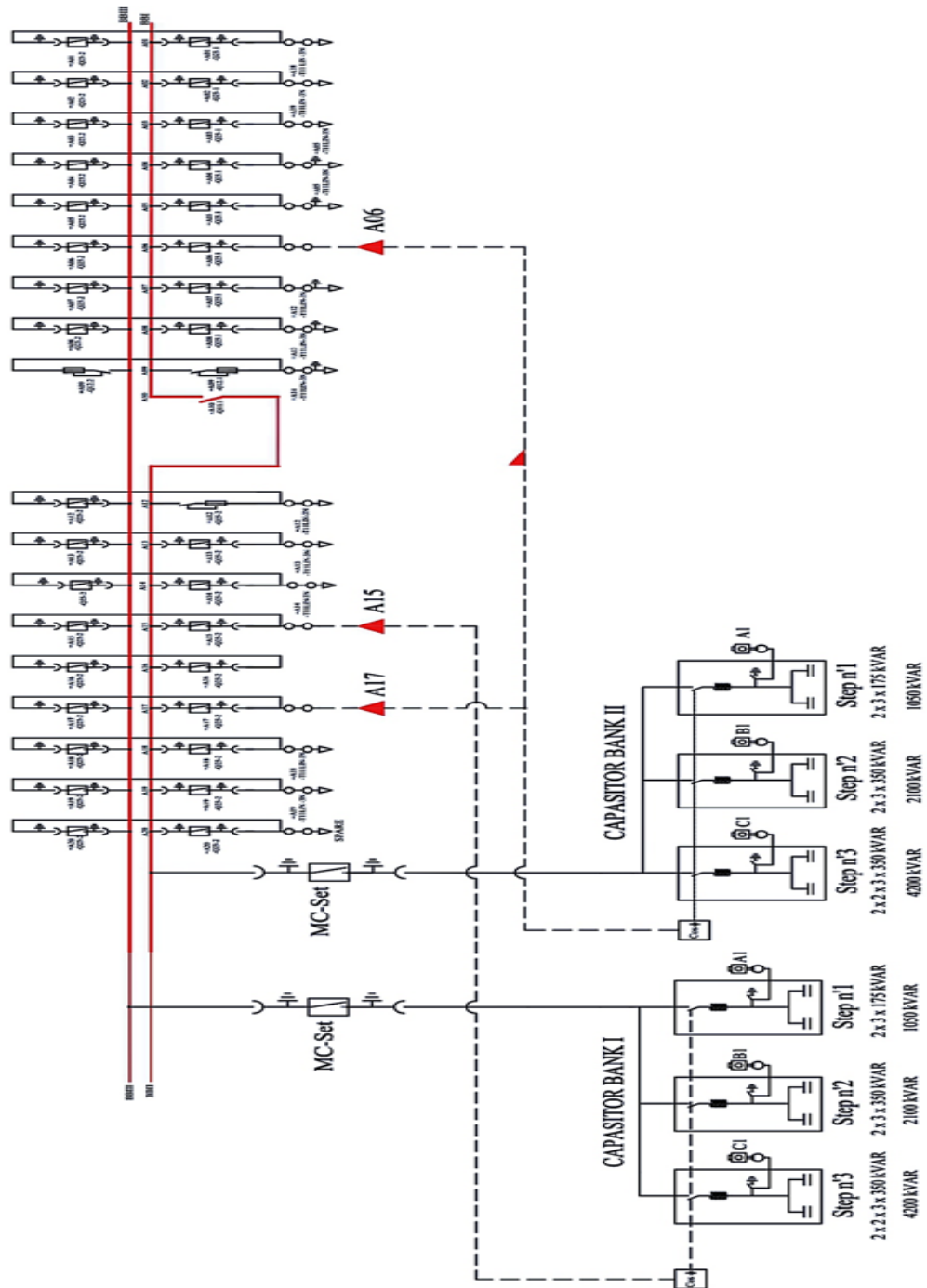
Pada operasionalnya PT. Bukit Asam, Tbk menggunakan dua buah sumber daya listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik perusahaan dengan kapasitas 3 x 10 MW dan suplai tenaga listrik dari PLN dengan kontrak daya 21,250 MW tegangan 20 kV. Pada PLTU PT. Bukit Asam Tbk, terdapat empat keluaran (*outgoing*) yang tiga diantara menuju *Main Switch Station* (MSS), yaitu menuju *Change Over Switch* (COS), menuju panel distribusi A17, dan menuju panel distribus A06. Sedangkan keluaran (*outgoing*) yang keempat langsung menuju beban CHF 3 tanpa menuju MSS terlebih dahulu.



Gambar 37 Single Line Diagram

## H. Sistem Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya dilakukan dengan cara meningkatkan nilai  $\cos\Phi$  sebelum dikoreksi dan  $\cos\Phi$  setelah dikoreksi.



Gambar 38 Diagram *line* Main Switch Station

Faktor Daya 0,75

$$Q = 1.050 \text{ KVAr}$$

$$S = \frac{Q}{\sin(\cos^{-1} 0,75)} = 1.588 \text{ KVA}$$

$$P = S \times \cos 0,75 = 1.191 \text{ KW}$$

$$C = \frac{Q}{2 \times \pi \times f \times v \times v} = \frac{1.050}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 23.157,54 \mu\text{F}$$

Nilai Kapasitor dijadikan **23.000 $\mu$ F**

Faktor Daya 0,95

$$Q = 1.050 \text{ KVAr}$$

$$S = \frac{Q}{\sin(\cos^{-1} 0,95)} = 3.363 \text{ KVA}$$

$$P = S \times \cos 0,95 = 3.195 \text{ KW}$$

Faktor Daya 0,75

$$Q = 2.100 \text{ KVAr}$$

$$S = \frac{Q}{\sin(\cos^{-1} 0,75)} = 3.175 \text{ KVA}$$

$$P = S \times \cos 0,75 = 2.381 \text{ KW}$$

$$C = \frac{Q}{2 \times \pi \times f \times v \times v} = \frac{2.100}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 46.315,08 \mu\text{F}$$

Nilai Kapasitor dijadikan **46.000 $\mu$ F**

Faktor Daya 0,95

$$Q = 2.100 \text{ KVAr}$$

$$S = \frac{Q}{\sin(\cos^{-1} 0,95)} = 6.727 \text{ KVA}$$

$$P = S \times \cos 0,95 = 6.390 \text{ KW}$$

Faktor Daya 0,75

$$Q = 4.200 \text{ KVAr}$$

$$S = \frac{Q}{\sin(\cos^{-1} 0,75)} = 6.351 \text{ KVA}$$

$$P = S \times \cos 0,75 = 4.763,25 \text{ KW}$$

$$C = \frac{Q}{2 \times \pi \times f \times v \times v} = \frac{4.200}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 92.630,16 \mu\text{F}$$

Nilai Kapasitor dijadikan **93.000 $\mu$ F**

Faktor Daya 0,95

$$Q = 4.200 \text{ KVAr}$$

$$S = \frac{Q}{\sin(\cos^{-1} 0,95)} = 13.454 \text{ KVA}$$

$$P = S \times \cos 0,95 = 12.781,3 \text{ KW}$$

Tabel.3 Hasil Perhitungan Nilai Kapasitor

Q (KVAr)	S (KVA)		P (KW)		C ( $\mu$ F)	Hitungan Kapasitor Bank C ( $\mu$ F)		
	0,75	0,95	0,75	0,95		Nilai	Jumlah	Total
1050	1.588	3.363	1.191	3.195	23.000	5.953	3	17.859
2100	3.175	6.727	2.381	6.390	46.000	5.953	6	35.718
4200	6.351	13.454	4.763,25	12.781,3	93.000	5.953	12	71.436

Berdasarkan jumlah perhitungan diatas berbeda dengan selisih yaitu ,pada step 1 berselisih 5.141  $\mu$ F,step 2 berselisih 10.282  $\mu$ F dan step 3berselisih21.564  $\mu$ F.

Tabel di atas, memiliki 2 kapasitor bank dan step kapasitor bank memiliki 3 step. Pemilihan banyaknya step dan kapasitas kapasitor per step didasarkan pada keadaan beban. Hal ini dikarenakan beban tidak selalu menggunakan semua daya reaktif yang diberikan, sehingga penggunaan bank kapastior disesuaikan dengan beban yang digunakan. Step-step kapasitor memiliki kapasitas daya reaktif yang berbeda-beda, step pertama memiliki kapasitas daya reaktif sebesar 1050 kVAR , step kedua memiliki kapasitas daya reaktif sebesar 2100 kVAR , dan step ketiga memiliki kapasitas daya reaktif sebesar 4200 kVAR.

Pada saat beban dalam kondisi (1) dimana kebutuhan daya reaktif beban adalah 1050 KVAr, maka bank kapasitor step 1 akan aktif. Saat kondisi beban berubah menjadi kondisi (2) dimana daya reaktif beban bertambah, bank kapasitor step 2 , sehingga step bank kapasitor yang aktif adalah step 1-2. Saat kondisi beban berubah menjadi kondisi (3) dimana daya reaktif beban bertambah, bank kapasitor step 1-2 sudah mampu menyuplai beban, sehingga step bank kapasitor yang aktif tetap step 1-2. Saat kondisi beban berubah menjadi kondisi (4) dimana kebutuhan daya reaktif beban bertambah, bank kapasitor 3 akan aktif bersamaan dengan step 1-2 ,sehingga step bank kapasitor yang aktif adalah step 1-2-3 dengan besar daya reaktif total. Berikut ini tabel kebutuhan daya reaktif beban beserta step bank kapasitor yang aktif.

Tabel.4 Step Bank Kapasitor Berdasarkan Perubahan Kondisi Beban

Kondisi Beban (KVAR)	Step Bank Kapasitor			C ( $\mu$ F)
	Step 1	Step 3	Step 3	
1050 KVAR	Hidup	Mati	Mati	23.000
2100 KVAR	Hidup	Hidup	Mati	46.000
4200 KVAR	Hidup	Hidup	Hidup	93.000

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya saat dipasang bank kapasitor. Hal ini membuktikan bahwa dengan memasang kapasitor pada jaringan, maka penggunaan daya reaktif sumber dapat dikurangi karena daya reaktif telah disuplai oleh adanya bank kapasitor, sehingga membuat faktor daya meningkat.



## **BAB III**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pembahasan analisis, yaitu:

- 1) Banyak step pada bank kapasitor yang dipasang pada busbar MSS adalah 3 step dengan masing-masing nilai step pertama kapasitas daya reaktif sebesar 1050 kVAR , step kedua memiliki kapasitas daya reaktif sebesar 2100 kVAR , dan step ketiga memiliki kapasitas daya reaktif sebesar 4200 kVAR .
- 2) Kapasitor bank berfungsi untuk memperbaiki  $\cos \phi$  ,menghindari kelebihan beban (*overload*) sehingga memberikan tambahan daya yang tersedia ,menghindari voltage drop pada akhir saluran (*line ends*) dan menghindari kenaikan arus atau temperature pada kabel sehingga mengurangi rugi-rugi.
- 3) Besar faktor daya mempengaruhi besar nilai arus yang mengalir semakin tinggi faktor daya maka besar arus yang mengalir akan semakin turun.

#### **B. Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk perusahaan di masa mendatang adalah:

1. Pemasangan bank kapasitor pada PT. Bukit Asam, Tbk sangat diperlukan mengingat perusahaan banyak menggunakan motor-motor listrik berkapasitas besar yang mana penggunaan motor tersebut akan mengonsumsi daya reaktif yang besar sehingga menyebabkan nilai faktor daya kurang dari 0,85.
2. Bagi mahasiswa kerja praktik, tugas akhir, ataupun prakerin selanjutnya, diharapkan dapat mengoreksi apabila terjadi kesalahan dalam melakukan perancangan besar kapasitas daya reaktif bank kapasitor sehingga rugi-rugi akibat kesalahan perhitungan dapat dikurangi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.”Sejarah Perusahaan”. 1 Agustus 2017.  
<http://www.ptba.co.id/id/about#history>.
- [2] PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.”Struktur Organisasi”. 1 Agustus 2017.  
<http://www.ptba.co.id/id/organization#structure>.
- [3] PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.”Visi dan Misi”. 1 Agustus 2017.  
<http://www.ptba.co.id/id/about#vision>.
- [4] PT. Bukit Asam (Persero) Tbk.”Lokasi”. 1 Agustus 2017.  
<http://www.ptba.co.id/id/about#location>.
- [5] Digilib Unila. “BAB I Pendahuluan”. 2 Agustus 2017.  
<http://digilib.unila.ac.id/4715/13/BAB%20I.pdf>
- [6] Rahmat. 2015. “Analisis Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya”. Skripsi. Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo Kendari
- [7] Wira, Ahmad S. 2016. “Sistem Kontrol dan Koordinasi Rele Proteksi Arus Lebih Pada Panel Distribusi A03 MSS Tambang Air Laya Menggunakan SEPAM Series 40”, Laporan Kerja Praktik. Universitas Lampung
- [8] Ashish, C. And Taru. A (2015). “*Capacitor Bank Designing for Power Factor Improvement*”. International Journal of Emerging Technology and Advance Engineering, Vol.4, Issue 8
- [9] David, T. Dan Masykur S. (2014) “Optimasiasai Penggunaan Kapasitor Bank Pada Jaringan 20 kV Dengan Simulasi ETAP” DTE USU, Vol.9, No.2
- [10] Khadafi, F. Dan Efrita, A. (2013) “Perancangan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Line MESS I Di PT. Bumi Lamongan Sejati (WBL)”. Jurnal Ilmiah, Universitas Negeri Surabaya
- [11] Dinda, A (2014). “Rancang Bangun Panel Capacitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Pabrik Triplex Plywood Industry Desa

Wonosobo”. Artikel Ilmiah, Universitas Jember

- [12] Safrizal (2015). “*Automatic Power Factor Control (APFC) Capacitor Shunt Untuk Optimalisasi Daya Reaktif Menggunakan Metode Invoice (Case Study PDAM)*”. Jurnal DISPROTEK, Vol.6, No.2
- [13] Utpal, Rishav, And Madhu, T. (2016). “*Automatic Power Factor Correction Using Capacitor Banks*”. IJIREEICE, Vol 4, Issue 4
- [14] Circutor. “*MV Power Capacitor Banks and Accesories*”. Spainl
- [15] HDElectric. ”*Capacitor Controls with Communications Options*”. USA
- [16] Mitsubishi. “*Mitsubishi Automatic Power Factor Controller*”. Japan
- [17] Tobing, Bonggas L. 2012. “*Peralatan Tegangan Tinggi*” Pernerbit Erlangga:  
Jakarta
- [18] Jakarta
- [19] Gonen, Turan. 2014. “*Electric Power Distribution Engineering*”. CRC Press London.

## LAMPIRAN 1

### SURAT PERMOHONAN

Print

[http://akama.ft.unp.ac.id/operator/permohonan\\_cetak\\_pengantar\\_ulang](http://akama.ft.unp.ac.id/operator/permohonan_cetak_pengantar_ulang)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171  
Telp. (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628  
website : [www.ft.unp.ac.id](http://www.ft.unp.ac.id) e-mail : [info@ft.unp.ac.id](mailto:info@ft.unp.ac.id)

Nomor : 2470/UN35.2.1/AK/2023

28 November 2022

Hal : Permohonan Pengalaman Lapangan Industri  
Mahasiswa FT UNP

Kepada Yth. Pimpinan BUKIT ASAM  
di Jl. Parigi No.1, Tanjung Enim 31716, Sumatera Selatan

Dengan hormat,

Dengan ini kami sampaikan bahwa Pengalaman Lapangan Industri (PLI) adalah kegiatan intra kurikuler dalam kelompok mata kuliah bidang studi jenjang program Strata 1 (S1), Diploma 4 (D4), dan Diploma 3 (D3) pada semua jurusan di FT UNP. Secara umum pelaksanaan PLI bertujuan agar mahasiswa memahami manajemen industri dan kompetensi tenaga kerja yang dipersyaratkan industri, mendapatkan/menggali pengetahuan praktis di lapangan/industri melalui keterlibatan langsung dalam berbagai kegiatan di dunia usaha/industri, memupuk sikap dan etos kerja mahasiswa sebagai calon tenaga kerja profesional yang siap kerja, mampu membahas suatu kasus yang ditemui di lapangan melalui metoda analisis ilmiah ke dalam laporan Pengalaman Lapangan Industri (PLI) serta mempelajari aspek kewirausahaan di industri

Guna menunjang program ini, kami mohon kiranya Saudara Pimpinan BUKIT ASAM, dapat menerima mahasiswa kami melakukan kegiatan PLI pada Perusahaan/Industri/Instansi yang Saudara Pimpin.

Rencana kegiatan dimulai tanggal 26 Desember 2022 s/d 18 Februari 2023 oleh mahasiswa berikut :

No	Nama	NIM/BP	Program Studi
1	HARDI KURNIAWAN	20064013/2020	Teknik Listrik
2	AFFIZAH RESTU AMANDA	20064002/2020	Teknik Listrik
3	DANIL IQBAL	20064004/2020	Teknik Listrik
4	ABDILLAH MUHYIDIN RAFI	20064001/2020	Teknik Listrik

Demikianlah hal ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasama Saudara diucapkan terimakasih.



## LAMPIRAN 2

### SURAT BALASAN ATAU KONFIRMASI



Tanjung Enim, 12 Desember 2022

Nomor : B/151/14130/HM.03/XII/2022  
Sifat : Biasa  
Lampiran : - Berkas  
Hal : Konfirmasi Surat Permohonan Pelaksanaan  
Kegiatan Pengalaman Lapangan Industri

Yang terhormat,  
Dekan  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang  
Jalan Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171  
Telp. : (0751) 7055644 Faks. : (0751) 7055644

Menjawab surat Saudara Nomor : 2470/UN35.2.1/AK/2022 tanggal 28 November 2022 perihal Permohonan Pelaksanaan Kegiatan Pengalaman Lapangan Industri, dengan ini disampaikan bahwa PT. Bukit Asam Tbk, dapat menerima Mahasiswa / Mahasiswi Saudara, dengan nama :

No	Nama	NIM	Program Studi
1.	Hardi Kurniawan	20064013/2020	Teknik Elektro
2.	Affizah Restu Amanda	20064002/2020	
3.	Danil Iqbal	20064004/2020	
4.	Abdillah Muhyidin Rafi	20064001/2020	

Pelaksanaan Kegiatan Pengalaman Lapangan Industri dimulai pada tanggal 26 Desember 2022 s/d 18 Februari 2023 di PT. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan pada Satuan Kerja Perawatan Listrik.

Selama Kegiatan Pengalaman Lapangan Industri PT Bukit Asam, Tbk hanya menyediakan tempat pelaksanaan saja. Selanjutnya, keperluan yang lain berupa alat tulis kantor, peralatan "safety" (helm, sepatu, dan rompi spotlight), akomodasi dan perlengkapan lainnya menjadi tanggung jawab Mahasiswa/Mahasiswi yang bersangkutan. Guna pengaturan lebih lanjut, agar menghubungi Administrasi Learning Center pada hari dan jam kerja (pukul 08.00 - 16.00 WIB) melalui email [admhc2@bukitasam.co.id](mailto:admhc2@bukitasam.co.id)

Apabila nama yang tersebut di atas tidak datang pada jadwal yang sudah ditentukan dianggap mengundurkan diri.

Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

PH. AVP. Learning and Development



Tembusan:

1. VP SDM Strategik

PT BUKIT ASAM TBK

Kantor Pusat: Jl. Parigi No.1, Tanjung Enim, Muara Enim, Sumatera Selatan 31716, T (0734) 451 096, (0734) 452 352, F (0734) 451 095, (0734) 452 993

Kantor Jakarta: Menara Kadin Lt.15 Jl. HR. Rasuna Said, Blok X-5 Kav.2-3, Jakarta 12950, T (021) 525 4014, F (021) 525 4002

Pelabuhan Tarahan: Jl. Soekarno Hatta Km. 15, Tarahan, Bandar Lampung 35242, T (0721) 31 545, (0721) 31 686, F (0721) 31 577

Dermaga Kertapati: Jl. Stasiun Kereta Api Palembang, Sumatera Selatan 30142, T (0711) 512 617, F (0711) 511 388

Pertambangan Ombilin: Jl. Manan Jatin No.1 Sarinoan Sawahlunto, Sumatera Barat 27421. T (0754) 61 021. F (0754) 61402

## LAMPIRAN 3

## SURAT TUGAS

Print

[http://akama.ft.unp.ac.id/operator/permohonan\\_cetak\\_pengiriman...](http://akama.ft.unp.ac.id/operator/permohonan_cetak_pengiriman...)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25132  
Telp. (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628  
website : [www.ft.unp.ac.id](http://www.ft.unp.ac.id) e-mail : [info@ft.unp.ac.id](mailto:info@ft.unp.ac.id)

Nomor : 2559/UN35.2.1/AK/2023

Lamp. : Blangko Penilaian

Hal : Pengiriman Pengalaman Lapangan Industri  
Mahasiswa FT UNP

Kepada Yth. Pimpinan BUKIT ASAM  
di Jl. Parigi No.1, Tanjung Enim 31716, Sumatera Selatan

Dengan hormat,

Kami mengucapkan terima kasih atas persetujuan Pimpinan BUKIT ASAM menerima mahasiswa kami melaksanakan Program PLI mulai tanggal 26 Desember 2022 s/d 18 Februari 2023 di BUKIT ASAM berdasarkan Persetujuan Pimpinan BUKIT ASAM No. B/154/14130/HM.03/XII/2022, tanggal 12 Desember 2022.

Selanjutnya, kami konfirmasi mahasiswa yang akan datang melaksanakan kegiatan dimaksud yaitu :

No	Nama	NIM/BP	Program Studi	Dosen Pembimbing
1	HARDI KURNIAWAN	20064013/2020	Teknik Listrik	Dr. Ta ali, MT
2	AFFIZAH RESTU AMANDA	20064002/2020	Teknik Listrik	Dr. Mukhlidi Muskhir, S.Pd, M.Kom
3	DANIL IQBAL	20064004/2020	Teknik Listrik	Irma Husnaini, ST, MT
4	ABDILLAH MUHYIDIN RAFI	20064001/2020	Teknik Listrik	Oriza Candra, ST, MT

Selanjutnya kami mohon agar Supervisor mahasiswa tersebut dapat memberikan penilaian setelah kegiatan PLI mahasiswa berakhir dengan menggunakan format penilaian terlampir.

Demikianlah, atas perhatian dan kerjasama Saudara diucapkan terima kasih.



Dekan  
Prof. Dr. Fahmi Rizal, M.Pd., MT.  
NIP. 19591204 198503 1004

## LAMPIRAN 4

## SURAT KETERANGAN



### SURAT KETERANGAN

NOMOR : 304 /B/141320/HM.03/III/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Evi Permata Sari Lase  
Jabatan : Asisten Manajer Pelatihan dan Sarana  
Alamat : Learning Center PTBA  
JL. Bukit Munggu No. 01 Tanjung Enim

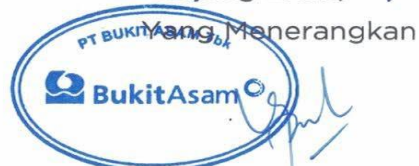
Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Hardi Kurniawan  
NIM : 20064013/2020  
Jurusan : Teknik Elektro  
Lembaga : Universitas Negeri Padang

Telah melaksanakan Kegiatan Pengalaman Lapangan Industri Di Satuan Kerja Perawatan Listrik PT. Bukit Asam Tbk. Tanjung Enim Sumatera Selatan pada tanggal 26 Desember 2022 s/d 18 Februari 2023.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanjung Enim, 21 Maret 2023



Evi Permata Sari Lase

#### PT BUKIT ASAM TBK

Kantor Pusat: Jl. Parigi No.1, Tanjung Enim, Muara Enim, Sumatera Selatan 31716, T (0734) 451 096, (0734) 452 352, F (0734) 451 095, (0734) 452 993  
Kantor Jakarta: Menara Kadin Lt.15 Jl. HR. Rasuna Said, Blok X-5 Kav.2-3, Jakarta 12950, T (021) 525 4014, F (021) 525 4002  
Pelabuhan Tarahan: Jl. Soekarno Hatta Km. 15, Tarahan, Bandar Lampung 35242, T (0721) 31 545, (0721) 31 686, F (0721) 31 577  
Dermaga Kertapati: Jl. Stasiun Kereta Api Palembang, Sumatera Selatan 30142, T (0711) 512 617, F (0711) 511 388  
Pertambangan Ombilin: Jl. Manan Jatin No.1 Saringan Sawahlunto, Sumatera Barat 27421, T (0754) 61 021, F (0754) 61402

## LAMPIRAN 5

### CATATAN HARIAN KEGIATAN LAPANGAN

Nama Mahasiswa : Hardi Kurniawan  
NIM : 20064013  
Nama Perusahaan/Industri : PT. BUKIT ASAM , Tbk.  
Jadwal Kegiatan : 26 Desember 2022 – 18 Februari 2023

No	Hari/Tanggal	Waktu Praktek	Jumlah Jam Praktek	Kegiatan yang Dilakukam
1	Senin/26-12- 2022	08.00-16.00	8 jam	Induksi K3
2	Selasa/27-12- 2022	08.00-16.00	8 jam	Pemberitahuan penempatan dan pengenalan
3	Rabu/28-12- 2022	08.00-16.00	8 jam	Pembersihan gardu induk
4	Kamis/29-12-2022	08.00-16.00	8 jam	Perawatan battery
5	Jumat/30-12- 2022	08.00-16.00	8 jam	Pengecekan isolasi kabel dengan megger
6	Senin/2-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Survey lapangan untuk menentukan titik penerangan
7	Selasa/3-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Memperbaiki pompa listrik
8	Rabu/4-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Instalasi tenaga listrik/jointing kabel 20 KV
9	Kamis/5-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Instalasi tenaga listrik/jointing kabel 20 KV
10	Jumat/6-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Pemasangan tiang penerangan jalan
11	Senin/9-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Perawatan jaringan kabel penerangan
12	Selasa/10-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Instalasi tenaga listrik/jointing kabel 20 KV
13	Rabu/11-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Kunjungan ke gardu induk
14	Kamis/12-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Konsultasi Topik Laporan
15	Jumat/13-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Memperbaiki penerangan
16	Senin/16-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Memperbaiki Penerangan
17	Selasa/17-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Perwatan kabel twist
18	Rabu/18-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Perawatan trafo
19	Kamis/19-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Pemasangan jaringan



				penerangan
20	Jumat/20-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Memasang penerangan
21	Senin/23-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Libur
22	Selasa/24-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Pengecekan isolasi dengan hypo test
23	Rabu/25-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Pemasangan steker
24	Kamis/26-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Perawatan trafo
25	Jumat/27-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Instalasi tenaga lisatrik/jointing kabel 20 KV
26	Senin/30-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Memasang penerangan
27	Selasa/31-1-2022	08.00-16.00	8 jam	Instalasi tenaga lisatrik/jointing kabel 20 KV
28	Rabu/1-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Pemindahan tiang penerangan jalan
29	Kamis/2-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Survey lapangan menentukan titik tiang penerangan jalan
30	Jumat/3-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Perawatan trafo
31	Senin/6-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Instalasi tenaga lisatrik/jointing kabel 20 KV
32	Selasa/7-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Kunjungan ke gardu induk
33	Rabu/8-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Perawatan kabel jaringan penerangan jalan
34	Kamis/9-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Pemindahan kabel 20 KV
35	Jumat/10-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Penukaran pompa listrik
36	Senin/13-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Memasang tiang penerangan jalan
37	Selasa/14-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Pengecekan isolasi kabel dengan megger
38	Rabu/15-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Revisi Laporan
39	Kamis/16-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Pemasangan jaringan penerangan jalan
40	Jumat/17-2-2022	08.00-16.00	8 jam	Laporan akhir

**LAMPIRAN 6**  
**DOKUMENTASI KEGIATAN**



Perawatan Batry



Jointing/Penyambungan Kabel 20 KV



Pengecekan Isolasi Kabel dengan Hypo Test dan Megger

## LAMPIRAN 7

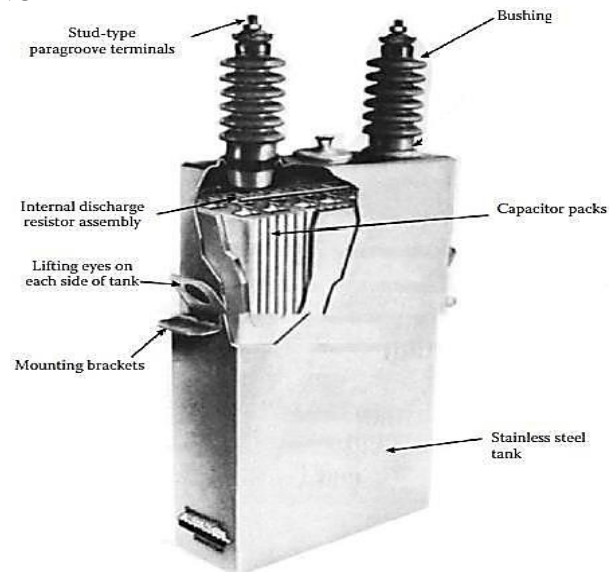
### DATASHEET KAPASITOR

#### MERLIN GERIN

CONDENSATEUR/CAPACITOR

Rectiphase BP 42 F-74 371 Pringy Cedex

MADE IN FRANCE



N	001115046
Q <sub>N</sub>	350 KVA <sub>r</sub>
U <sub>i</sub>	50/125 KV
C <sub>N</sub>	5.926 μF
U <sub>N</sub>	13856 V
T	-25/+55 °C
Imp	SAS -40E
Std	IEC 60871 1997
F <sub>N</sub>	50 Hz

## LAMPIRAN 8

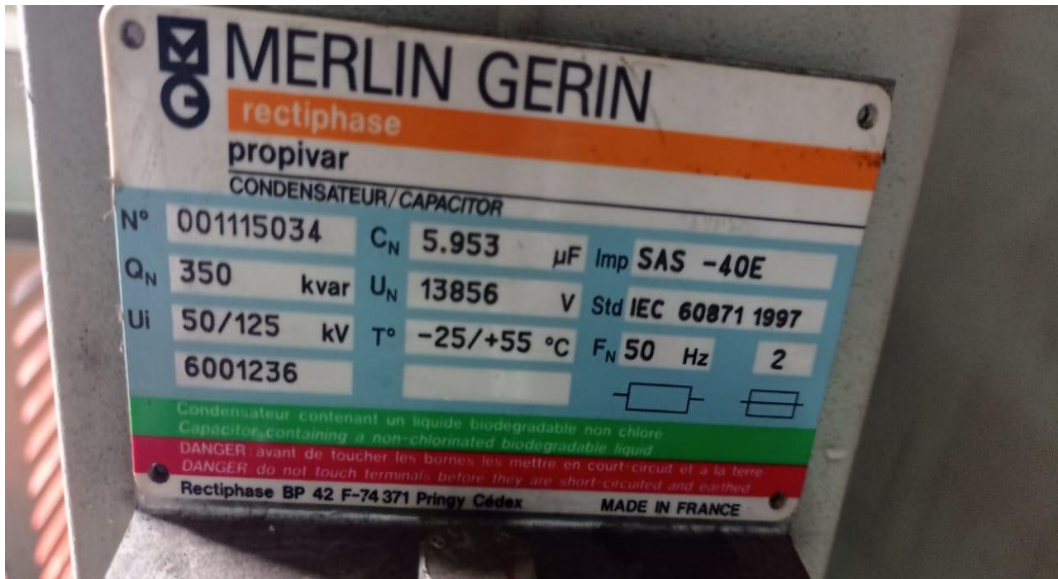
### GAMBAR ALAT



Kapasitor Bank Tampak Luar



Kapasitor Bank Tampak Dalam



Merk Atau Tamplate Kapasitor

LAMPIRAN 9

LEMBAR PENILAIAN SUPERVISOR

LEMBARAN PENILAIAN SUPERVISOR

Nama Mahasiswa (Praktekan) : Horeli Kurniawan NIM 2006013  
 Nama Perusahaan/Industri : PT. Bukit Alam  
 Jadwal Kegiatan : 26 Desember sampai 18 Februari 2023  
 Nama Supervisor : Mahendra Dzulizar  
 Jabatan Supervisor di Perusahaan : Supervisor

ASPEK YANG DINILAI	RANGE PENILAIAN					
	Mengulang <65	Cukup Baik (65-69)	Baik (70-74)	Baik Sekali (75-79)	Sangat Baik Sekali (80-84)	Dengan Pujian (85-100)
1. Penguasaan ilmu bidang studi (teori) penunjang praktek						97
2. Keterampilan membaca gambar kerja/petunjuk dan sejenisnya						96
3. Keterampilan menggunakan alat atau instrumen yang dipakai dalam praktek						93
4. Kapasitas hasil praktek dalam jangka waktu yang disediakan						96
5. Kualitas hasil praktek dibandingkan dengan standar (tolak ukur) yang ditetapkan						95
6. Kemampuan berpraktek secara mandiri						98
7. Inisiatif untuk meningkatkan hasil praktek						97
8. Inisiatif untuk menyelesaikan atau mengatasi masalah yang ditemui						93
9. Kerja sama dengan orang lain selama melaksanakan praktek						94
10. Disiplin dan kehadiran ditempat praktek						92
11. Sikap terhadap petunjuk, kritik, atau anjuran dari pembimbing praktek						98
12. Pelaksanaan program keselamatan kerja bagi diri sendiri dan orang lain						97
13. Pemeliharaan keselamatan alat, bahan dan lingkungan tempat praktek						94
14. Kewajaran penampilan dan berpakaian ditempat praktek						97
15. Adaptasi dengan situasi dan kondisi di tempat praktek						96
Jumlah Skor	=	=	=	=	=	= 1.437
Total Skor (jumlahkan semua Jumlah Skor) =						

Total Skor  
 NILAI AKHIR = 95,3  
 15

Rekomendasi : Untuk bisa berhasil atau lebih berhasil dalam praktek, mahasiswa ini memerlukan (cantumkan tanda V)

- ( ) bimbingan yang lebih intensif
- ( ) pemantapan ilmu penunjang (teori)
- (  ) pemberian waktu praktek yang lebih lama
- ( ) pembinaan sikap dan disiplin yang lebih positif

Catatan:

Isilah kolom penilaian dalam bentuk angka sesuai Dengan range penilaian

Jumat 17 Februari 2023



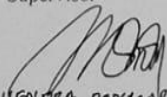
(MAHENDRA DZULIZAR)  
 (Buat/Ubah tanggal tanda tangan sesuai Supervisor/penilai dan stempel perusahaan)

### CATATAN KONSULTASI LAPORAN DENGAN SUPERVISOR

Nama Mahasiswa Harli Kurniawan  
 Jurusan/NIM/TM Teknik Elektro / 20082013  
 Tempat PLI/PKN PT Putri Asam

Tanggal	Topik/Masalah yang dibahas	Saran Perbaikan	Paraf Supervisor
29 Desember 2022	Perawatan Battery		MA
3 Januari 2023	Memperbaiki Pompa Listrik		MA
4 Januari 2023	Menyambung / joining kabel zaku		MA
12 Januari 2023	Topik Laporan		MA
13 Januari 2023	Penerangan		MA
27 Januari 2023	Revisi Laporan		MA
3 Februari	Perawatan Trafo		MA
15 Februari	Revisi Laporan		MA
17 Februari	Laporan Akhir		MA

Supervisor

  
 (..... MAHENDRA DONYKAR .....)  
 (.....)



## LAMPIRAN 10

### CONTOH MINGI HITUNG NILAI KAPASITOR

Sebelum	Sesudah
S = 10 KVA	S = 10 KVA
Cos $\Phi$ = 0,75	Cos $\Phi$ = 0,95
P = 10x0,75 = 7,5 KW	P = 10x0,95 = 9,5 KW
Q = SxSin( $\cos^{-1}0,75$ ) = 6,61 KVAr	Q = SxSin( $\cos^{-1}0,95$ ) = 3,12 KVAr

$$Q_{\text{capasitor}} = Q \text{ sebelum} - Q \text{ sesudah} \\ = 3,49 \text{ KVAr}$$

$$C = \frac{Q_{\text{capasitor}}}{2 \times \pi \times f \times v \times v} \\ = \frac{3,49}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 76,97 \mu\text{F}$$

Nilai Kapasitor dijadikan **75  $\mu\text{F}$**

Sebelum	Sesudah
S = 20 KVA	S = 20 KVA
Cos $\Phi$ = 0,75	Cos $\Phi$ = 0,95
P = 20x0,75 = 15 KW	P = 20x0,95 = 19,0 KW
Q = SxSin( $\cos^{-1}0,75$ ) = 13,22 KVAr	Q = SxSin( $\cos^{-1}0,95$ ) = 6,24 KVAr

$$Q_{\text{capasitor}} = Q \text{ sebelum} - Q \text{ sesudah} \\ = 6,98 \text{ KVAr}$$

$$C = \frac{Q_{\text{capasitor}}}{2 \times \pi \times f \times v \times v} \\ = \frac{6,98}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 153,94 \mu\text{F}$$

Nilai Kapasitor dijadikan **150  $\mu\text{F}$**

Sebelum	Sesudah
S = 30 KVA	S = 30 KVA
Cos $\Phi$ = 0,75	Cos $\Phi$ = 0,95
P = 30x0,75 = 22,5 KW	P = 30x0,95 = 28,5 KW
Q = SxSin( $\cos^{-1}0,75$ ) = 19,83 KVAr	Q = SxSin( $\cos^{-1}0,95$ ) = 9,36 KVAr

$$Q_{\text{capasitor}} = Q \text{ sebelum} - Q \text{ sesudah} \\ = 10,47 \text{ KVAr}$$

$$C = \frac{Q_{\text{capasitor}}}{2 \times \pi \times f \times v \times v} \\ = \frac{10,47}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 230,91 \mu\text{F}$$

Nilai Kapasitor dijadikan **250  $\mu\text{F}$**

Sebelum	Sesudah
---------	---------

S	=40 KVA	S	=40 KVA
CosΦ	=0,75	CosΦ	=0,95
P	=40x0,75=30 KW	P	=40x0,95=38 KW
Q	=SxSin(cos <sup>-1</sup> 0,75)	Q	=SxSin(cos <sup>-1</sup> 0,95)
	=26,45 KVAr		=12,48 KVAr

Q<sub>capasitor</sub> = Q sebelum – Q sesudah  
=13,97 KVAr

$$C = \frac{Q_{capasitor}}{2 \times \pi \times f \times v \times v} = \frac{13,97}{2 \times 3,14 \times 50 \times 380 \times 380} = 308,10 \mu F$$

Nilai Kapasitor dijadikan **300 μF**

Tabel Contoh Menghitung Nilai Kapasitor

S (KVA)	P (KW)		Q (KVAr)		Q <sub>capasitor</sub> (KVAr)	C (μF)
	0,75	0,95	0,75	0,95		
10	7,5	9,5	6,61	3,12	3,49	75
20	15	19	13,22	6,24	6,98	150
30	22,5	28,5	19,83	9,36	10,47	250
40	30	38	26,45	12,48	13,97	300

