

SKRIPSI

ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*.



Disusun oleh :
FAJAR ANDI SUTOWO
03.12.037



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

SEPTEMBER 2008

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION.*

SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*


Disusun Oleh :
Fajar Andi Sutowo
03.12.037

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189


(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP. Y. 1028700172



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


(Ir. F.X. Yudi Jampraptono, MT)
NIP. Y. 1039500274

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

ABTRAKSI

ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*.

(Fajar Andi Sutowo, Nim 03.12.037, Teknik Elektro/T.Energi Listrik S-1)
(Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT- Ir. Eko Nurcahyo)

Kata Kunci : PFC, Filter, VTHD,Faktor bekerja dengan baik.

Suplai listrik dari PLN secara normal mempunyai bentuk sinyal yang mendekati sinusoidal murni dan power factor 0.88. Di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono, terdapat peralatan listrik seperti pengatur kecepatan motor induksi yang merupakan salah satu sumber utama harmonisa. yang menyebabkan power factor turun atau dibawah standar PLN. Akibatnya PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono. harus membayar denda pada PLN sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku

Pengendalian Motor induksi 3 fasa. Dengan pengaturan frekwensi didalam sistem industri listrik di PTPN XII Kertowono salah satunya yang dapat menimbulkan suatu harmonisa yang akan berdampak cacat pada gelombang tegangan dan arus.

Dari penelitian ini dapat di simpulkan bahwa dengan pemasangan harmonic filter dan PFC, distorsi harmonisa dapat di redam dari 6,70% menjadi 4,32% dan menurunkan daya reaktif dari 47,55 menjadi 41.35 serta dapat memperbaiki profil tegangan 0.902 menjadi 0.9942 .dan pemasangan PFC di gunakan untuk mengontrol besarnya VAR yang di gunakan ato di minta pada tiap tiap beban sehingga dapat memperbaiki faktor daya mendekati kisaran 93.03%.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Nasional Malang. Penyusun menyadari bahwa penyusun Skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, sehingga sangat diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyelesaian penyusunan Skripsi ini. Dalam penyusunan laporan Skripsi ini, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak. Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Orang Tua yang tercinta atas semangat, motivasi serta do'a yang diberikan.
7. Teman-temanku yang telah memberikan bantuan, motivasi dan do'a.
8. Semua pihak yang telah membantu terselesainya Skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya pada jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, September 2008

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
ABSTRAKSI	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR GRAFIK	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.1.1. Sistem Distribusi Primer (JTM).....	6
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (JTR)	6
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	7
2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	7
2.2.1.1. Sistem Radial Pohon.....	8
2.2.1.1. Sistem Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah... ..	8
2.2.1.3. Sistem Radial Dengan Pembagi <i>Phasa Area</i>	9
2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat	10

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (<i>Loop</i>).....	11
2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i>	12
2.3. Kualitas Daya Elekerik	13
2.3.1. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listerik	13
2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga	13
2.4.1. Daya Nyata (<i>Real Power</i>).....	15
2.4.2. Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>)	15
2.4.3. Daya Semu (<i>Apparent Power</i>).....	16
2.5. <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	17
2.5.1. Penyebab <i>Voltage Sag</i>	18
2.5.2. penyebab <i>Voltage Swell</i>	19
2.5.3. Penghitungan Nilai <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i> Sistem	20
2.6. Faktor Daya	21
2.7. Peralatan Elekeronika Daya	23
2.7.1. <i>Transistor Bipolar</i>	23
2.7.2. <i>Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET)</i>	24
2.7.3. <i>Insuletet Gate Bipolar Transistor (IGBT)</i>	24
2.7.4. Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET dan IGBT	24
2.8. Perkembangan Teknologi Telah Mengalami Dua Generasi Menghasilkan Lima Jenis Peralatan.....	29
2.8.1. Power Faktor Corection (PFC)	29
2.8.2. NGH – <i>Sub Synchronous Resonanse (SSR)</i>	30
2.8.3. <i>Thyristor Conteroled Series Capasitor (TCSC)</i>	30
2.8.4. <i>Static Condenser (STATCON)</i>	31
2.8.5. <i>Thyristor Controlled Phase Angle Regulator (TCPR)</i> ...32	
2.9. <i>Dynamic Voltage Restorer (DVR) Dan Distribution Static Compensator (D-STATCOM)</i>	33
2.9.1. Model DVR.....	33
2.9.2. Model D-Statcom	34

BAB III TEORI DASAR HARMONISA

3.1. Pengertian Harmonisa	36
3.2. Sumber Harmonisa	38
3.2.1. Konverter	38
3.2.2. Tanur Busur Listrik (<i>Electric Arc Furnace</i>)	39
3.2.3. Transformator	39
3.2.4. Mesin-Mesin Berputar	40
3.2.5. Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik	40
3.2.6. Pengaruh Harmonisa Pada Motor	41
3.2.7. Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya	42
3.2.8. Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Telekomunikasi	44
3.2.9. Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan	45
3.3. Standar Harmonisa	46
3.4. Indeks Harmonisa	47
3.4.1. <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i>	47
3.5. Resonansi	48
3.6. Filter Harmonisa	48
3.6.1. Tipe Filter	49
3.6.2. <i>Jenis-Jenis Filter Pasif</i>	50
3.6.3. Single-Tuned Filter	53
3.6.4. Double-Tuned Filter	54
3.6.5. High Pass Filter	55
3.7. Tujuan dari Pemasangan PFC	57
3.8. <i>Penggunaan Softwer PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation</i> ..	58
3.9. Tampilan Utama PSCAD Power Simulation	59
3.10. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida	61
3.10.1. PWM Sinusoida	61
3.10.2. Aksi Konterol PWM Sinusoida Terhadap PFC	62
3.11.3. Aksi Konterol Peropr Intergeral (PI)	62
3.11.1. Umum	62

3.11.2. Perinsip Perinsip Pengendalian	65
3.11.3. Prinsip Kerja Pengendali.....	65
3.11.4. Pengendali Proporsional (<i>Proporsional Controller</i>)	66
3.11.5. Pengendali Internal (<i>Integrator Conteroler</i>)	69
3.11.6. Pengendali Peroporsional Integral (<i>PI Conteroller</i>)	71
3.12. Kompensasi PFC Pada Pada Sistem Industri	72
3.12.1. Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi PFC	72
3.12.2. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi PFC	71
3.13. <i>Flowchart</i>	74
3.13.1. <i>Flowchart</i> Desain dan Simulassi Sistem Dengan PFC.....	73
3.14. <i>Input Data Dalam PSCAD POWER SIMULATION</i>	75
3.14.1. <i>Input Data Terafomator dan Fixed Load</i>	75
3.14.2.1. <i>Input Data Pengendali IP dan SPWM pada PFC</i>	76

BAB IV SIMULASI DAN ANALISA HASIL

4.1. Keadan Awal PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) kertowono	77
4.1.1. Menentukan Parameter Generator	77
4.2. <i>Singgel Line</i> Sistem Pabrik	79
4.3. Solusi Perbaikan Kualitas Daya dengan <i>PSCAD</i>	80
4.4. Analisa parameter filter	84
4.5. Hasil pengukuran dan simulasi sebelum kompensasi filter harmonik dan PFC.....	87
4.6. Dasar penempatan filter dan PFC	88

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	89
5.2. Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jaringan Distribusi Tegangan Menengah, Tegangan Rendah dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	5
Gambar 2.2	Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	7
Gambar 2.3	Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Tie</i> Dan <i>Switch</i> Pemisah	9
Gambar 2.4	Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Phasa Area</i>	10
Gambar 2.5	Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat.....	11
Gambar 2.6	Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i>	11
Gambar 2.7	Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i>	12
Gambar 2.8	Segitiga Daya.....	16
Gambar 2.9	Gambaran Terjadinya <i>Voltage Sag</i>	19
Gambar 2.10	Model Pembagi Tegangan untuk <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	20
Gambar 2.11	Fasor Arus Pada Rangkaian Ac	22
Gambar 2.12	Fasor Daya Pada Rangkaian Ac	23
Gambar 2.13	Proses PFC	29
Gambar 2.14	NGH- <i>Subsynchronous Resonance</i>	30
Gambar 2.15	<i>Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)</i>	31
Gambar 2.16	<i>Static Condenser (STATCON)</i>	32
Gambar 2.17	<i>Thyristor Controlled Phase Angle Regulator (TCPR)</i>	33
Gambar 2.18	Diagram Blok Fungsional Untuk DVR	33
Gambar 2.19	Diagram Blok Fungsional D-STATCOM	34
Gambar 3.1	Rangkaian Distribusi yang Sederhana	45
Gambar 3.2	Pemasangan Filter Harmonisa	49
Gambar 3.3	Bentuk Fisik <i>Harmonic Filter Aktive</i>	49

Gambar 3.4	Bentuk Fisik <i>Harmonic Filter Pasif</i>	50
Gambar 3.5	Jenis Jenis Filter Pasif Dan Umum	51
Gambar 3.6	(a) Rangkaian Filter Penalaan Tunggal, (b) Grafik Impedansi Filter Terhadap Frekuensi	53
Gambar 3.7	Rangkaian Filter Penalaan Ganda, (a) Transformasi dari dua buah filter penalaan tunggal, (b) Filter penalaan tunggal, (c) Filter penalaan ganda yang ditala pada orde lima dan	55
Gambar 3.8	High Pass filter (a) Orde satu (b) Orde dua (c) Orde tiga (d) Type C	56
Gambar 3.9	Proses <i>PFC</i>	57
Gambar 3.10	Tampilan utama <i>Software PSCAD</i>	59
Gambar 3.11	Tampilan Modul Utama	59
Gambar 3.12	Tampilan Master Library	59
Gambar 3.13	<i>Single Line</i> PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono Dalam <i>PSCAD</i>	60
Gambar 3.14	Kontroler dan diagram kontaknya	66
Gambar 3.15	Diagram Blok Kontroler Proporsional	67
Gambar 3.16	Response Sebuah Pengendali Proporsional	68
Gambar 3.17	Blok Diagram Kontroler Integral	70
Gambar 3.18	Diagram Kotak Pengendali PI	71
Gambar 3.19	Hubungan Input-Output Pengendali PI Dalam Fungsi waktu	71
Gambar 3.20	<i>Flowchart</i> Analisa Perbaikan Kualitas Daya Dengan <i>Filter Harmonik</i> dan <i>PFC</i>	74
Gambar 3.21	Tampilan Input Data Transformator	75
Gambar 3.22	Tampilan Input data Fixed Load	75
Gambar 3.23	(a) Rangkaian Pengendali PI untuk mengendalikan PFC (b) Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan PFC (c) Rangkaian Komparator Untuk Mengendalikan PFC	76
Gambar 4.1	Single Line Pabrik TEH Yang Sudah Disimulasikan	79
Gambar 4.2	Analisa parameter filter	80

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1	Ilustrasi <i>Voltage Sag</i> dan <i>Voltage Swell</i>	17
Grafik 2.2	Ilustrasi <i>Voltage Sag</i>	18
Grafik 2.3	Ilustrasi <i>Voltage Swell</i>	20
Grafik 2.4	Tegangan Drop Kondisi Menyambung Untuk Sebuah MOSFET Dan dua IGBT	28
Grafik 3.1a	Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar	37
Grafik 3.1b	Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar Dan Frekuensi Harmonisa	37
Grafik 3.1c	Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisanya	38
Grafik 3.2	Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa	79
Grafik 4.1	Perbandingan Daya Reaktif (tanpa kompensasi)	83
Grafik 4.2	Perbandingan Daya Reaktif (dengan kompensasi)	83
Grafik 4.3	Perbandingan Tegangan (tanpa kompensasi).....	84
Grafik 4.4	Perbandingan Tegangan (dengan kompensasi).....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Tiga Piranti Penyalak Daya Untuk Kemampuan (rating) Yang Setara	25
Tabel 2.2	Perbandingan Karakteristik Piranti Penyalak Daya	26
Tabel 2.3	Perbandingan Tegangan Drop Dan Rating Tegangan Antara IGBT Dan MOSFET	27
Tabel 3.1	<i>Voltage Distortion Limits</i>	46
Tabel 3.2	Standar Untuk Arus Harmonisa	46
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Tanpa Kompensasi	85
Tabel 4.2	Hasil simulasi Tanpa Kompensasi	85
Tabel 4.3	Hasil Simulasi Menggunakan Filter Dan PFC	86
Tabel 4.4	Perbandingan Kompensasi Filter Dengan Kompensasi PFC	87



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suplai listrik dari PLN secara normal mempunyai bentuk sinyal yang mendekati sinusoidal murni dan *power factor* 0.88. Di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono, terdapat peralatan listrik seperti pengatur kecepatan motor induksi yang merupakan salah satu sumber utama harmonisa. yang menyebabkan *power factor* turun atau dibawah standar PLN. Akibatnya PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono. harus membayar denda pada PLN sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku^[1]

Selain itu, Harmonisa dalam sistem tenaga listrik dapat menimbulkan pengaruh yang tidak di inginkan. Pengaruh tersebut antara lain: peralatan menjadi panas, *life time* peralatan menjadi berkurang, bahkan dapat menyebabkan peralatan menjadi rusak, interferensi sinyal (seperti *noise* yang terjadi pada saluran telepon) dan dapat menyebabkan *over voltage*.

Dengan menggunakan bantuan *software pscad power system simulation* versi 4.2.0 kita dapat menganalisa harmonisa dan *power factor* yang di butuhkan sebagai unjuk kerja pada sistem kelistrikan pada PTPN XII Kertowono menggunakan filter marmonic dan PFC (Power Factor Corection) dan mengimputkan parameter – parameter yang dibutuhkan.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membuat rangkaian PFC (Power Factor Corection) pada sistem distribusi
2. Bagaimana cara mengukur Total Harmonic Distortion pada sistem yang menyebabkan timbulnya rugi rugi yang mengakibatkan turunya faktor daya Pada sistem, sehingga sangat berpengaruh padah kualitas daya yang adah dalam sistem.
3. Bagaimana cara menentukan nilai dari harmonic filter, dalam hal ini kita menggunakan tuned filter.
4. Bagaimana cara membuat rangkaian simulasi di dalam *pscad power system simulation*.
5. Seberapa besar dampak dari pemasangan *harmonic filter* dan PFC (Power Factor Corection) dapat meminimalisasi perofile tegangan.
6. Bagaimana hasil perbandingan antara sebelum dan sesudah di pasang *harmonic filter* dan PFC (Power Factor Corection)

1.3. Tujuan

Berdasarkan pernyataan yang dikemukakan di atas, maka tujuan dari penulisan skripsi ini menganalisa pemasangan filter harmonisa untuk meminimalisasi distorsi tegangan harmonik dan pemasangan PFC untuk pengontrolan besar kecilnya VAR sesuai beban yang bekerja pada saat itu. dengan pemasangan filter harmonisa dan PFC dapat memaksimalkan asupan daya ke beban serta dapat mereduksi harmonisa yang dihasilkan oleh kontrol motor dan beban-beban yang tidak linier lainnya, sehingga *Total Harmonic Distortion (THD)* pada tegangan tidak melebihi batas yang di ijinakan yaitu sebesar $\leq 5 \%$.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Pehitungan dan simulasi dilakukan dengan *PSCAD*.
2. Sistem kelistrikan yang dibahas adalah sistem kelistrikan pada PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO.
3. Analisa dilakukan dengan menganggap sistem dalam keadaan normal.
4. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.
5. Pengaruh harmonik dan faktor daya pada sistem diperhitungkan.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah:

1. Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar-dasar dari peralatan yang digunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameter elektronika daya yang digunakan.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program *PSCAD*.
 - a. Analisis distorsi tegangan dan arus harmonik
 - b. Analisis factor daya ($\cos \varphi$)
4. Mengambil kesimpulan dari perbandingan sistem sebelum dan sesudah pemasangan *filter harmonisa* dan *PFC*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian yang digunakan, serta sistematika penulisan.

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Disini akan dibahas masalah sistem jaringan distribusi, daya dalam sistem tenaga listrik dan harmonisa.

BAB III : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*Power Factor Corection*) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA

Berisi penguraian tentang perbandingan kualitas tegangan sistem yang menggunakan alat kompensasi harmonisa Filter dan *PFC* dengan tanpa menggunakan kompensasi Filter harmonisa dan *PFC*

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini berisi data dan analisa hasil simulasi dari *PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*

BAB V : PENUTUP

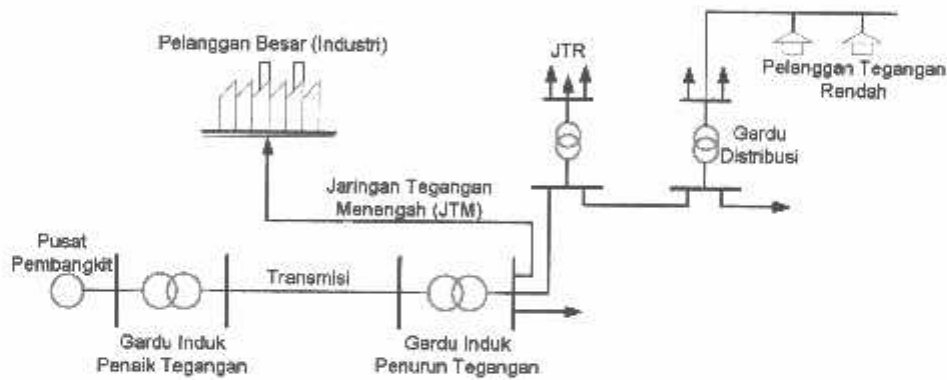
Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.



BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik^[2]

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator dari pembangkit ke konsumen yang membutuhkan energi listrik.



Gambar 2.1
Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan ^[2]

Jaringan setelah keluar dari G.I. biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan menengah dan tegangan rendah, kemudian disalurkan ke industri-industri, rumah-rumah atau pelanggan (konsumen).

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV, sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/ 380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

2.1.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan 20 kV, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah yaitu 127/ 220 Volt atau 220/ 380 Volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan dua kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

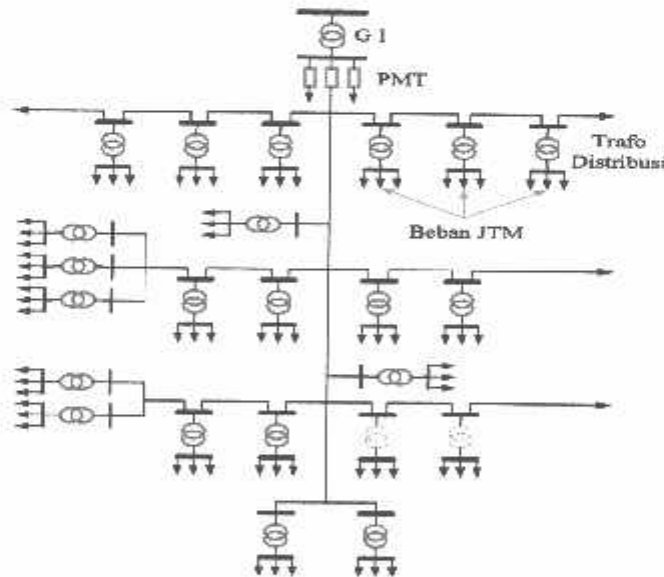
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik^[2]

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.

2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial^[2]

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling banyak digunakan dan yang paling sederhana. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-pusat beban atau konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*main feeder*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2
Sistem Jaringan Distribusi Radial^[2]

Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator disebarkan titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan mengakibatkan jatuhnya sebagian atau bahkan keseluruhan beban sistem.

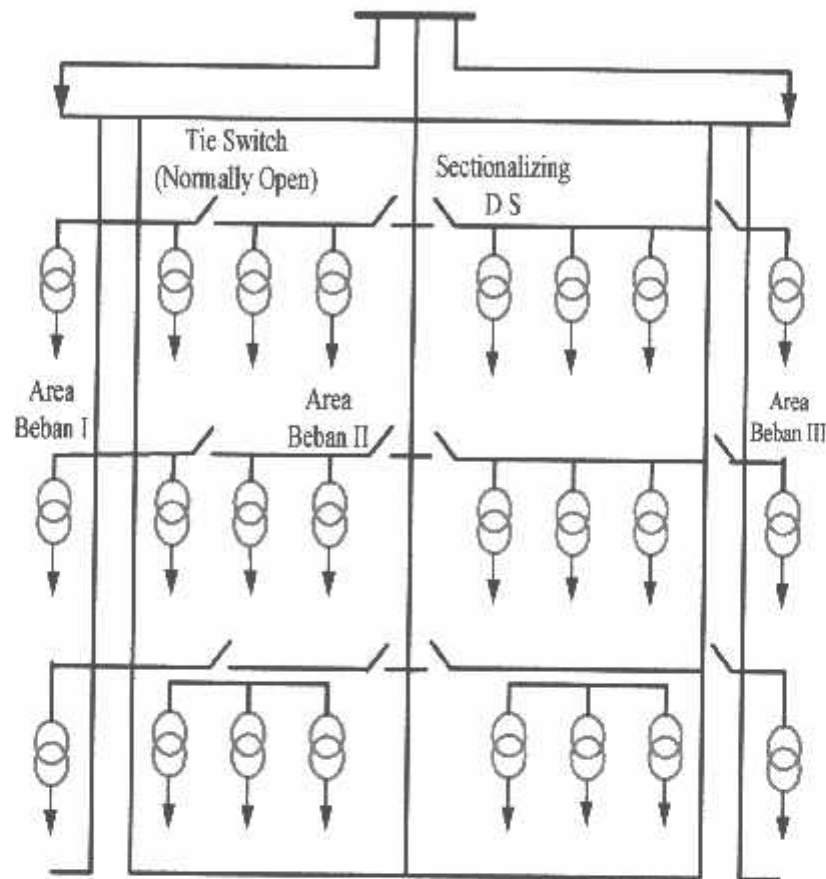
2.2.1.1.Sistem Radial Pohon

Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu gardu induk sesuai dengan kebutuhan kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub-lateral feeder*). Ukuran dari masing-masing saluran tergantung dari kerapatan arus yang ada pada sistem. Dari gambar 2.2, *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada tiap cabang tergantung dari besarnya beban.

2.2.1.2.Sistem Radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadinya gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani oleh *feeder*

tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.3.

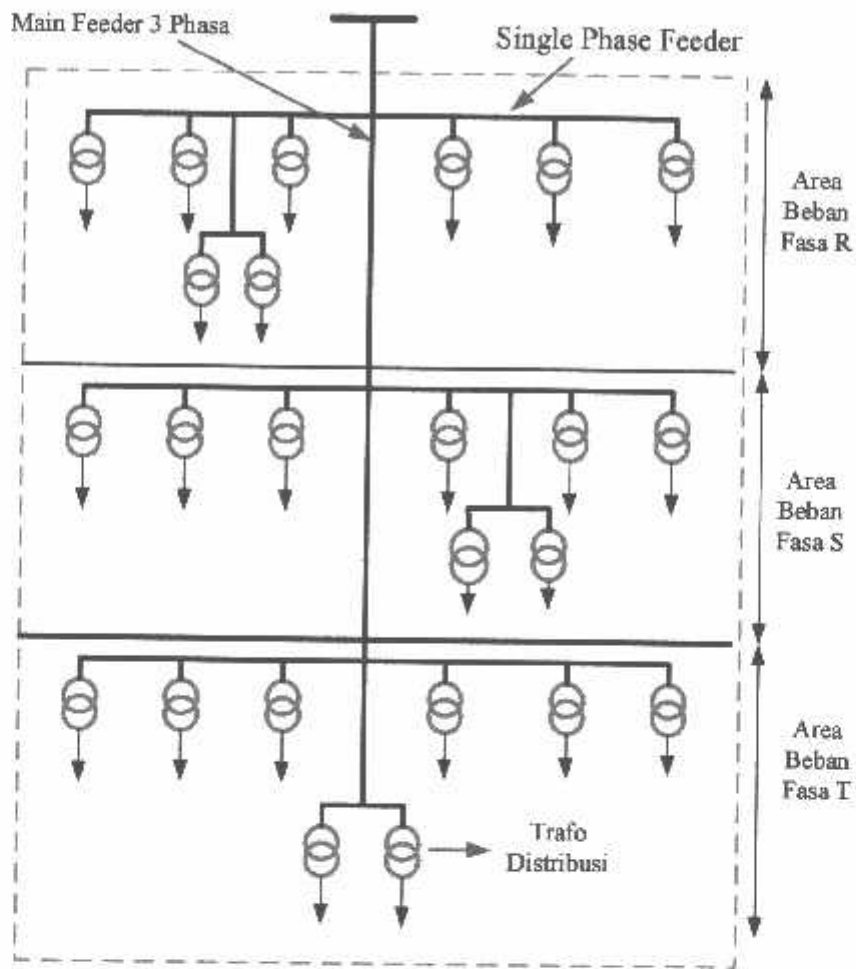


Gambar 2.3

Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah ^[2]

2.2.1.3. Sistem Radial dengan Pembagian *Phasa Area*

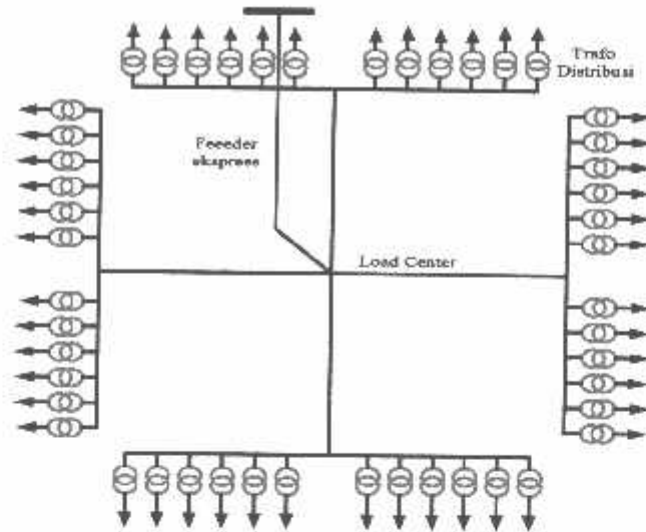
Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas untuk melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Jaringan Distribusi Radial Dengan Phasa Area^[2]

2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

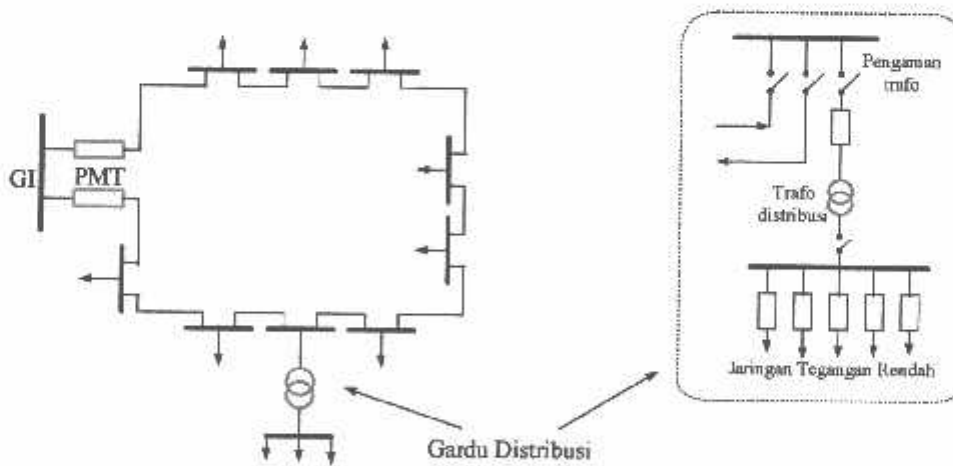
Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini dikirim ke beban menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5
Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat^[2]

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (*Loop*)

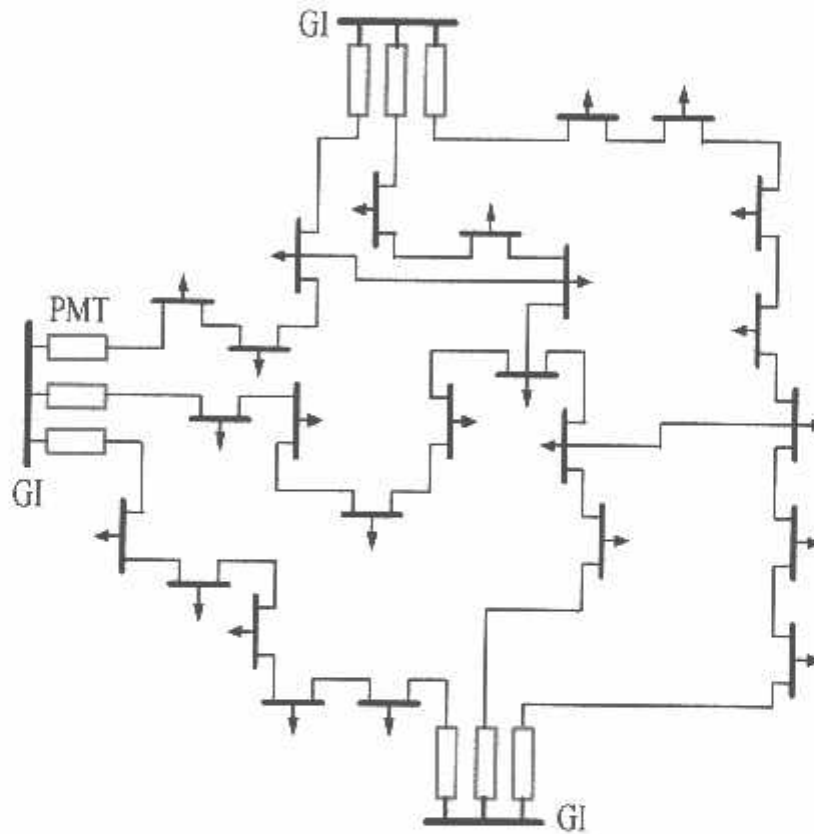
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian *loop*, seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6
Sistem Jaringan Distribusi *Loop*^[2]

2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi *Mesh*

Jaringan distribusi *mesh* merupakan jaringan yang strukturnya kompleks, dimana kelangsungan penyaluran dan pelayanannya diutamakan. Struktur jaringan ini umumnya digunakan pada jaringan tegangan rendah yang kepadatan bebannya cukup tinggi.



Gambar 2.7
Sistem Jaringan Distribusi *Mesh* [2]

2.3. Kualitas Daya Elektrik

Dengan semakin tingginya biaya atau tarif listrik, maka tuntutan keandalan kualitas daya listrik menjadi pertimbangan utama. Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu, salah satunya pemakaian beban non linier. Dengan adanya pengoperasian beban seperti ini maka akan menghasilkan kualitas tegangan yang buruk dan dampaknya mempengaruhi kualitas daya, sehingga menimbulkan banyak kerugian-kerugian. Untuk mendapatkan kualitas tenaga listrik yang baik, maka perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan kualitas daya, yaitu dengan cara melakukan audit *power quality* guna menentukan langkah-langkah serta upaya yang tepat untuk mengurangi kualitas tegangan yang buruk, contohnya dengan menggunakan alat kompensasi Filter Harmonisa dan PFC. Sehingga kerugian dapat diminimalkan agar kualitas tenaga listrik dapat optimal sehingga kontinuitas pelayanan semakin terjaga.

2.4 Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Pada dasarnya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan yang bersifat permanen, gangguan yang bersifat sementara atau *temporary* biasanya hanya terjadi dalam waktu yang sebentar, kemudian normal kembali. Sehingga apabila terjadi gangguan sementara maka diusahakan tidak sampai trip pada sistem secara keseluruhan, karena menyangkut kontonuitas pelayanan ke beban.

Secara umum jenis gangguan yang dapat terjadi dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu:

- a. Gangguan shunt
 1. Gangguan tiga fasa (3ϕ)
 2. Gangguan *line to line* (L-L)
 3. Gangguan *double line to ground* (2L-G)
 4. Gangguan *single line to ground* (SL-G)

- b. Gangguan seri
 - 1. Gangguan satu saluran terbuka
 - 2. Gangguan dua saluran terbuka
 - 3. Impedansi seri tak seimbang
- c. Gangguan simultan, merupakan dua jenis gangguan yang terjadi pada waktu yang bersamaan, berupa:
 - 1. Gangguan shunt dengan gangguan shunt
 - 2. Gangguan shunt dengan gangguan seri
 - 3. Gangguan seri dengan gangguan seri

Dari bermacam-macam gangguan di atas tersebut, gangguan dapat dikelompokkan lagi menjadi dua bagian yaitu:

- 1. Gangguan hubung singkat simetris

Gangguan hubungan singkat tiga fasa merupakan jenis gangguan hubungan singkat simetris, sedangkan gangguan yang lain merupakan gangguan tidak simetris. Gangguan arus hubung singkat ini menyebabkan timbulnya arus yang sangat besar yang melewati kapasitas arus yang diijinkan, adapun akibat-akibat yang ditimbulkan dengan adanya gangguan hubung singkat tersebut:

- Rusaknya peralatan-peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan arus-arus yang besar, arus tidak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
- Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan tersebut sampai mengakibatkan terputusnya *circuit* yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.

Untuk menganalisa gangguan pada rangkaian tiga fasa seimbang, maka menganalisanya dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan rangkaian setara fasa tunggal.

- 2. Gangguan hubung singkat tak simetris

Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah merupakan gangguan tidak simetri. Gangguan tidak simetri ini terjadi sebagai akibat dari gangguan satu fasa ke tanah, gangguan antar fasa atau gangguan dua fasa ke tanah.

2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga^[7]

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada, dan hal yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap (konstan). Dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya.

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

2.5.1. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \theta \dots\dots\dots(2.1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \cos \theta \dots\dots\dots(2.2)$$

2.5.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (VAR).

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \theta \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \sin \theta \dots\dots\dots(2.4)$$

2.5.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

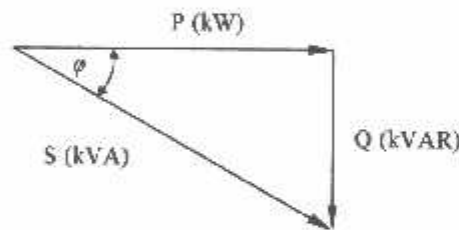
$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

- **Power Factor**

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dan daya semu, dinyatakan oleh persamaan:

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata(kW)}}{\text{Daya Semu(kVA)}}$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini dapat digambarkan dalam diagram vektor berikut:



Gambar 2.8
Segitiga Daya

Dengan Faktor Daya:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}}$$

$$\text{kW} = \text{kVA} \cos \varphi$$

$$\text{kVAR} = \text{kVA} \sin \varphi = \text{kW} \tan \varphi$$

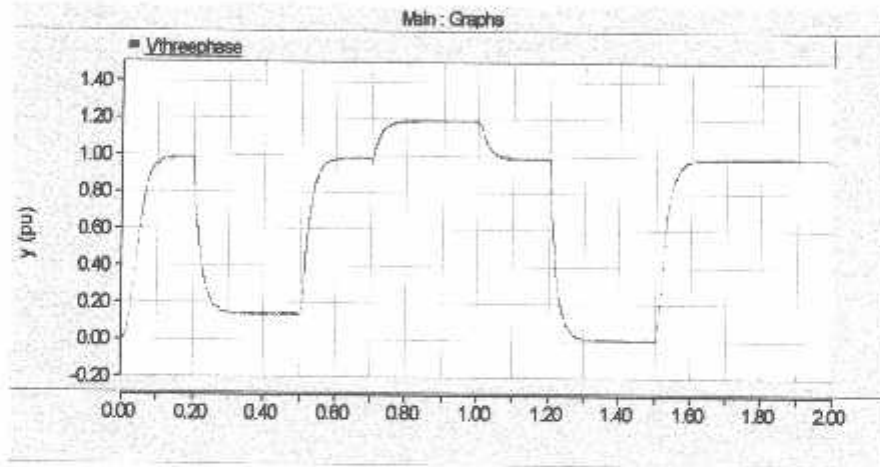
$$\tan \varphi = \frac{\text{kVAR}}{\text{kW}}$$

dengan:

- $\cos \phi$ = Faktor Daya
- P = Daya Nyata (kW)
- S = Daya Semu (kVA)
- Q = Daya Reaktif (kVAR)

2.6 *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*

Kebutuhan akan energi listrik yang terus berkembang menghendaki suatu kontinuitas pencatutan dan juga memerlukan kualitas dari bentuk tegangannya. Gangguan terhadap tegangan yang biasa terjadi antara lain, *Voltage Sag*, *Voltage Swell*, fluktuasi tegangan, harmonisa, dan juga ketidakseimbangan tegangan. Gangguan yang sangat berpengaruh pada kualitas tegangan adalah *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*.

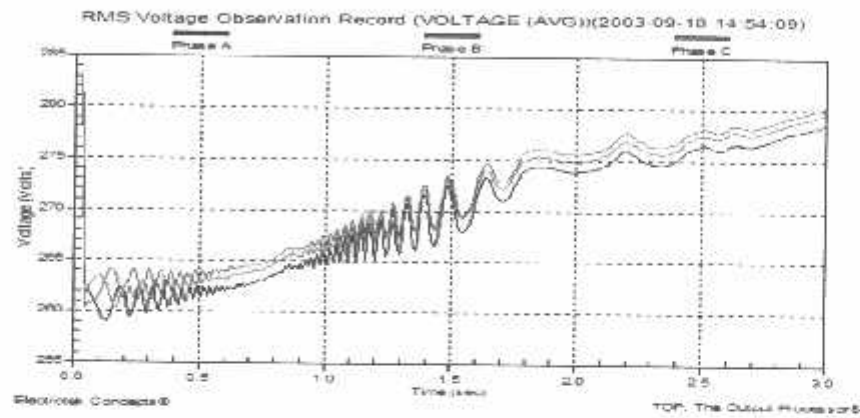


Grafik 2.1
Ilustrasi *Voltage Sag* dan *Voltage Swell*

2.6.1 Penyebab *Voltage Sag*

Voltage Sag atau *Voltage Dip* merupakan penurunan tegangan pada frekuensi daya antara 0.1 dan 0.9 pu selama durasi waktu dari 0.5 cycles hingga 1 menit yang disebabkan oleh :

1. Starting beban-beban yang besar seperti motor listrik, dimana hal ini akan menghasilkan perubahan yang cepat dari tegangan.



Grafik 2.2
Ilustrasi *Voltage Sag*

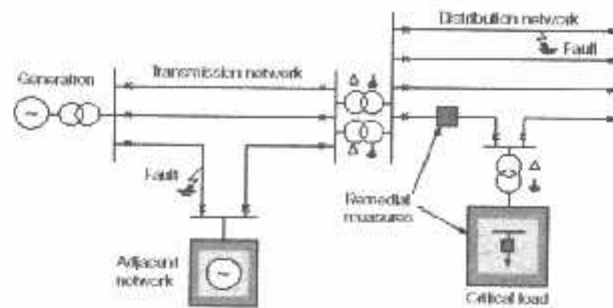
Gambar 2.2 di atas menunjukkan suatu besaran rms *voltage sag* untuk suatu peristiwa *motor starting*. Peristiwa ini direkam dengan *Dranetz-BMI 5530 DataNode* [4].

2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat
4. Pengoperasian pemanas elektrik
5. Umumnya karena adanya kehilangan koneksi

Besaran *voltage sag* tergantung pada

1. Lokasi gangguan
2. Tipe gangguan: satu-, dua- atau tiga-fasa; ditanahkan atau tidak ditanahkan
3. Impedansi gangguan / resistansi

Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.9



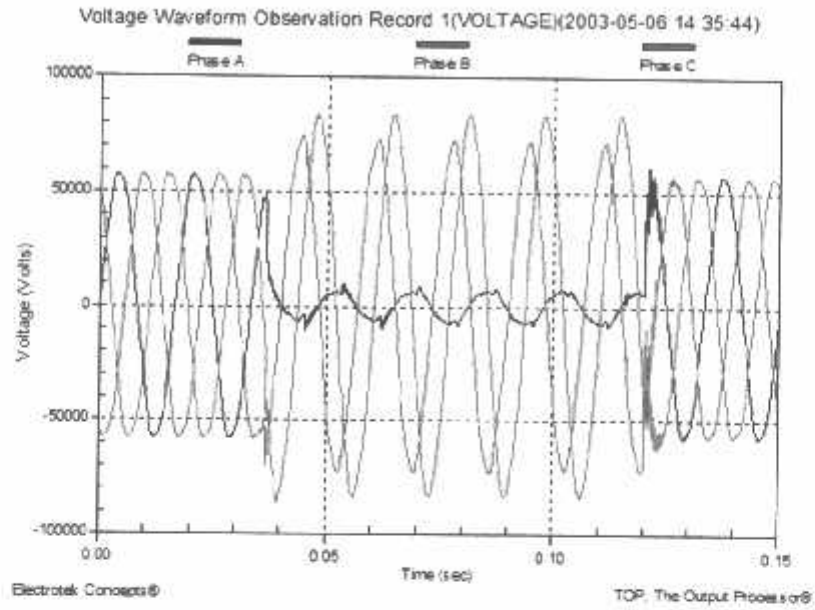
Gambar 2.9
Gambaran terjadinya *voltage sag*

2.6.2 Penyebab *Voltage Swell*

Voltage Swell didefinisikan sebagai kenaikan tegangan rms atau arus pada frekuensi daya antara 1.1 dan 1.8 pu untuk durasi dari 0.5 *cycle* hingga 1 menit. *Swell* biasanya timbul saat :

1. Bersama-sama dengan kondisi gangguan sistem
2. Dapat juga terjadi karena adanya kenaikan tegangan temporer pada fasa yang tidak terganggu selama gangguan satu fasa ke tanah
3. Saat energisasi kapasitor

Voltage swells banyak disebabkan karena adanya reduksi beban pada suatu rangkaian dengan regulator tegangan yang jelek, dan dapat juga karena disebabkan kehilangan koneksi netral.

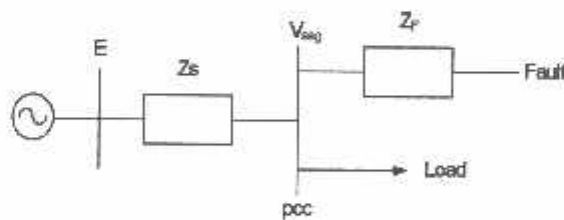


Grafik 2.3
Ilustrasi *Voltage Swell*

Gambar 2.3 di atas menunjukkan terjadinya *Voltage Swell* yang dekat dengan titik gangguan. Bentuk gelombang ini direkam dengan *Dranetz-BMI 5530 DataNode* [4].

2.6.3 Perhitungan Nilai *Voltage Sag* dan *Voltage Swell* Sistem

Untuk menghitung besaran *voltage sag* dan *voltage swell* pada sistem radial dapat dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10
Model pembagi tegangan untuk *voltage sag* dan *voltage swell*

atau menembus celah udara pada motor induksi, daya reaktif yang dihasilkan diukur dalam satuan VAR.

Fasor diagram kedua komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan 2.12. Gambar ini memperlihatkan penjumlahan secara vektoris dari arus aktif dan arus reaktif yang menghasilkan arus total. Yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

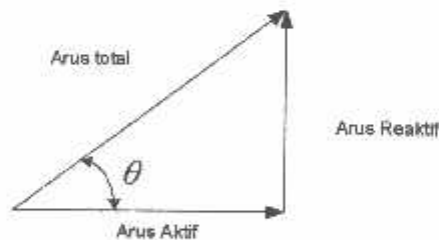
$$I_t (\text{ arus total}) = \sqrt{(\text{ arus aktif})^2 + (\text{ arus reaktif})^2}$$

$$I_t = \sqrt{(I \cos \theta)^2 + (I \sin \theta)^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Pada suatu tegangan V, daya aktif, daya reaktif dan daya total adalah sebanding dengan arus dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Daya Total (VA)} = \sqrt{(\text{ daya aktif})^2 + (\text{ daya reaktif})^2}$$

$$VI = \sqrt{(VI \cos \theta)^2 + (VI \sin \theta)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$



Gambar 2.11.
Fasor arus pada rangkaian ac [6]

Dari Gambar 2.10 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu; Z_s (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan Z_f (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan). Titik kopling bersama (*point of common coupling* atau PCC) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi off dari arus gangguan. Jadi besaran kedip tegangan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sag} = \frac{Z_f}{Z_s + Z_f} \cdot E \quad \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan $Z_f = Z \cdot L$, dimana Z adalah impedansi dari saluran per unit panjang dan L adalah jarak antara kesalahan dan PCC. Besaran kedip tegangan sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sags} = \frac{zL}{Z_s + zL} \cdot E \quad \dots\dots\dots(2)$$

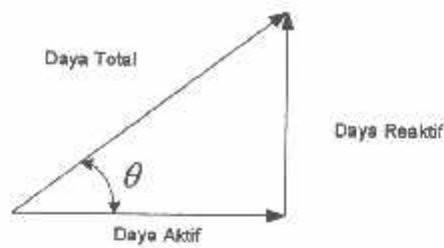
Perhitungan nilai *voltage sag* di atas juga dapat diterapkan untuk perhitungan *voltage swell*.

2.7. Faktor Daya ^[6]

Sebagian besar peralatan memerlukan dua komponen arus. Kedua komponen arus tersebut adalah sebagai berikut :

a. Arus yang menghasilkan daya kerja, yaitu arus yang dikonversikan oleh peralatan menjadi kerja, umumnya dalam bentuk panas, cahaya dan daya mekanik. Satuan daya kerja yang dihasilkan adalah Watt.

b. Arus magnetisasi, juga disebut wattless, reaktif, adalah arus yang diperlukan peralatan untuk menghasilkan fluks pada pengoperasian peralatan elektromagnetis. Tanpa arus magnetisasi, energi tidak akan mengalir melalui trafo



Gambar 2.12.

Fasor daya pada rangkaian ac ^[6]

Dalam penghitungan daya, faktor daya memegang peranan yang sangat penting. Faktor daya merupakan ukuran kualitas daya yang dikirim dari sumber menuju beban. Faktor daya bervariasi antara 0 sampai dengan 1. Faktor daya yang baik adalah yang nilainya mendekati satu.

Secara umum faktor daya dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya rata - rata}}{(\text{Tegangan rms})(\text{arus rms})} \dots\dots\dots(2.9)$$

atau bisa dirumuskan sebagaimana perumusan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor daya (PF)} &= \text{cosinus sudut antara daya aktif dan daya total} \\ &= \cos \theta \end{aligned}$$

$$\text{Faktor daya} = (\text{daya aktif/daya total}) = \text{kW/kV} \dots\dots\dots(210)$$

2.8 Peralatan Elektronika Daya

2.8.1. *Transistor Bipolar*

Transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur,

dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

2.8.2 Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET)

Power MOSFET adalah piranti elektronika daya konvensional yang beroperasi pada tegangan tinggi dan rugi konduksi yang rendah. Sebelum adanya kemajuan kinerja *power MOSFET*, gelanggang penyalur daya dulunya memang didominasi oleh BJT (*bipolar junction transistor*), dan SCR yang sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. MOSFET merupakan piranti elektronik yang dikemudikan oleh tegangan, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikemudikan oleh arus, ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.

Dalam hal kapasitansi masukan, untuk MOSFET, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitansi ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitansi yang besar ini. Rugi penyaluran (*switching losses*) dari piranti ini sangat kecil, hal ini menandakan bahwa MOSFET memiliki transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat.

2.8.3 Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)

IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), merupakan piranti atau komponen aktif pokok yang kini banyak digunakan dalam bidang Elektronika Daya; seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*), dan sistem pengendali daya atau motor-motor besar di bidang industri.

Adanya suatu kendala tentang kecepatan respon penyalur (*Switching Devices*) antara lain sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. Maka dalam hal ini dipilih IGBT yang memiliki kemampuan lebih baik.

2.8.4 Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET dan IGBT

Perbandingan kinerja penyakelaran MOSFET dan IGBT secara singkat dinyatakan dalam Tabel 2.1. Untuk tujuan komparasi, Tabel 2.1 tersebut juga menyertakan pula perbandingannya dengan transistor bipolar. Besaran tegangan kolektor-emitor dalam kondisi menyambung atau jenuh (V_{CEsat}) yang biasa digunakan untuk menggambarkan karakter suatu IGBT, dalam Tabel 2.1. tersebut ditranslasikan ke dalam besaran resistansi kolektor-emitor dalam kondisi menyambung (R_{on}).

Tabel 2.1.
Perbandingan tiga piranti penyakelar daya untuk kemampuan (rating) yang setara

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Kemampuan arus (A)	20	20	20
Kemampuan tegangan (V)	500	600	500
R_{on} (ohm) Pada 25° C	0,2	0,24	0,18
R_{on} (ohm) Pada 150° C	0,6	0,23	0,24
Waktu turun (nanodetik)	40	200	200

Dua fakta yang bersumber pada Tabel 2.1 tersebut adalah bahwa; pertama, transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

Tabel 2.2 menyatakan perbandingan yang lebih umum mengenai karakteristik penyakelarnya. Disebabkan oleh struktur masukan gate-nya,

MOSFET dan IGBT merupakan piranti elektronik yang dikendalikan oleh tegangan, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikendalikan oleh arus, ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.

Dalam hal kapasitansi masukan, untuk MOSFET dan IGBT, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitansi ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitansi yang besar ini.

IGBT tampaknya memang menawarkan rating kemampuan arus yang lebih baik. Namun demikian, kekurangan dan kelebihan masing-masing piranti yang tercantum pada Tabel 2.2 tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih salah satu di antara ketiganya.

Tabel 2.2
Perbandingan Karakteristik Piranti Penyalur Daya

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Tipe pengemudi	Tegangan	Tegangan	Arus
Daya pengemudi	minimum	Minimum	Besar
Tingkat kerumitan pengemudi	Sederhana	Sederhana	Cukupan atau sedang
Kemampuan arus pada nilai tegangan drop di ujung-ujung terminal piranti	Tinggi pada teg. rendah; rendah pada teg. tinggi	Sangat tinggi (terpengaruh oleh kecepatan penyaluran)	Cukupan (sangat terpengaruh oleh kecepatan penyaluran)
Rugi penyaluran	Sangat rendah	Rendah sampai sedang (dipengaruhi oleh rugi konduksi)	Sedang sampai tinggi (dipengaruhi oleh rugi konduksi)

Untuk mempertahankan nilai resistansi yang tetap rendah, pembuat IGBT membuat kemampuan arus yang lebih rendah untuk tipe yang lebih cepat. Sebagai contoh, Perusahaan *International Rectifier* (IR) di pasaran menawarkan tiga tipe IGBT; yakni tipe standar, cepat dan ultra cepat. IR mendeskripsikan kemampuan arus dengan perbandingan terbalik terhadap kecepatan penyalurannya. Parameter terakhir dalam Tabel 2.2 tersebut adalah rugi penyaluran (*switching*

losses), yang mencerminkan kecepatan penyakelaran dari ketiga piranti elektronik tersebut. Untuk MOSFET, baik transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat. Sedang untuk IGBT, kita dihadapkan pada kenyataan bahwa ada perimbangan dalam hal kecepatan penyakelaran versus kemampuan arus; jenis yang lebih cepat akan mengalami rugi konduksi yang lebih tinggi.

Waktu penyakelaran pada IGBT sebagian besar didominasi oleh waktu saat menyambung, sehingga secara garis besar membatasi penggunaannya dalam sistem yang beroperasi pada laju penyakelaran yang lebih rendah daripada 100 kHz.

Tabel 2.3
Perbandingan tegangan drop dan rating tegangan antara IGBT dan MOSFET

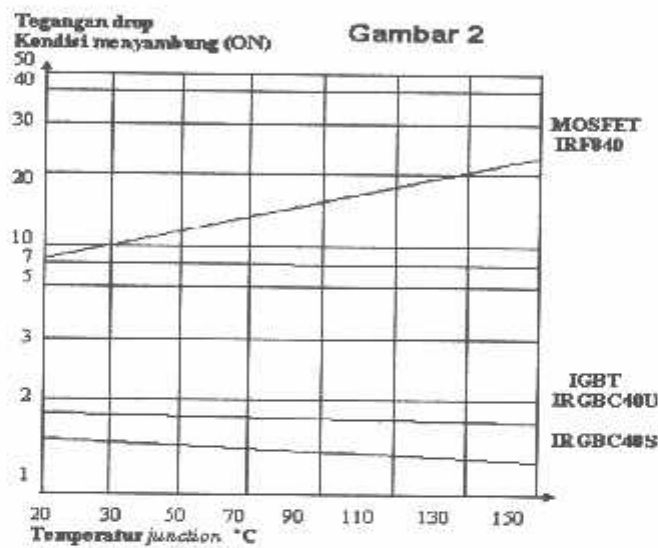
Rating Tegangan (Volt)	IGBT	100	300	600	1200
	MOSFET	100	250	500	1000
Tegangan drop untuk 1,7 ampere per mm ² pada temperatur 100°C (Volt)	IGBT	1,5	2,1	2,4	3,1
	MOSFET	2,0	11,2	26,7	100

Tabel diatas menunjukkan perbandingan IGBT dengan MOSFET dalam hal rugi konduksi yang dinyatakan dalam bentuk tegangan drop (tegangan yang terdapat pada kedua ujung terminalnya saat pirantai tersebut dalam keadaan menyambung) untuk kondisi kemampuan arus pada luasan (area) piranti maupun temperatur yang sama. Pada MOSFET, untuk kemampuan arus yang sama per satuan luasan silikon, resistansi dalam kondisi menyambung naik secara ekponensial terhadap rating tegangannya. Sementara itu, untuk piranti IGBT (yang dinyatakan dalam besaran tegangan kolektor-emitor jenuh ketimbang

resistansi dalam kondisi menyambung) lebih mampu mempertahankan rugi konduksi yang rendah untuk semua rating tegangan. Dari Tabel 2.3 tersebut juga dapat diketahui bahwa MOSFET memiliki rating tegangan yang sedikit lebih rendah daripada IGBT.

Perbandingan MOSFET dan IGBT untuk luasan die (irisan tipis bahan semikonduktor yang dipakai untuk membuat transistor atau piranti semikonduktor

lainnya) yang sama, secara grafis dinyatakan dalam Grafik 2.4. Pada grafik tersebut, jelas tampak bahwa IGBT memiliki rugi pada kondisi menyambung lebih rendah. Grafik tersebut menunjukkan tegangan drop dalam kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT hasil produksi IR untuk arus beban 10 ampere. Piranti yang memiliki rugi yang paling rendah dalam gambar tersebut adalah IRGBC40S, yakni IGBT tipe standar. Tipe ultra cepatnya; IRGBC40U menawarkan penyakelaran yang lebih cepat, namun rugi dalam kondisi menyambungnya juga lebih tinggi.

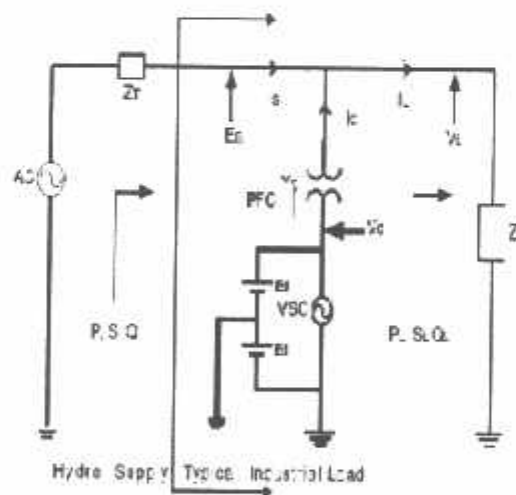


Grafik 2.4
Tegangan drop kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT

2.9. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI TELAH MENGALAMI DUA GENERASI MENGHASILKAN LIMA JENIS PERALATAN

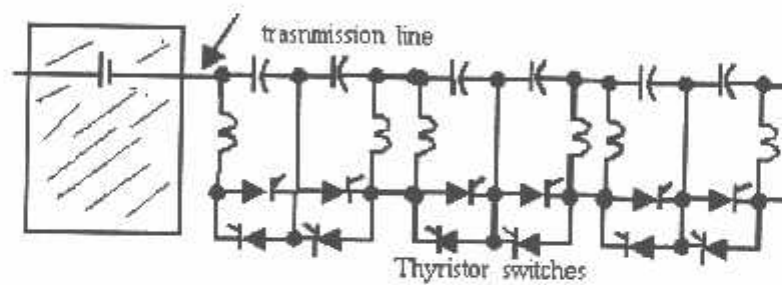
2.9.1 POWER FAKTOR CORECTION (PFC)

yang sudah diimplementasikan pada distribusi listrik semenjak pertengahan tahun. PFC berfungsi sebagai pemelihara kestabilan kondisi *steady state* dan dinamika tegangan dalam batasan yang sudah ditentukan pada jaringan distribusi dan berbeban tinggi (*heavily loaded*). Fungsi PFC diperoleh dengan menggunakan IGBT yang secara cepat dapat menghubungkan atau memutuskan induktor ataupun kapasitor pada jaringan distributor. Namun kelebihan, alat ini dapat dipergunakan sebagai alat pengendali aliran daya listrik reaktif (*reactive power*) dalam sistim jaringan distribusi listrik AC. Lain dari itu, PFC juga di dapati sangat rendah efisiensinya jika terjadi turunnya tegangan dari transmisi secara drastis. Demonstrasi pertama pemasangan PFC dilaksanakan tahun 200 pada jaringan industri 380kV Minnesota Power & Light dan telah berhasil menunjukkan perbaikan kendali stabilisasi dan tegangan pada jaringan industri tersebut.



Gambar 2.13
Peroses PFC^[8]

ditempuh dengan cara penambahan kapasitor dan induktor secara seri. Penghubungan kapasitor secara seri akan berakibat pengurangan impedansi pada transmisi sedangkan penghubungan induktor secara seri akan berarti kenaikan impedansi pada transmisi yang sama. Gambar 2.14 menunjukkan contoh dari TCSC yang telah dipasang pada jaringan transmisi 500kV milik Bonneville Power Administration (BPA) di negara bagian Oregon. Studi kasus pemasangan TCSC yang telah dilaksanakan oleh Electric Power Research Institute (EPRI) pada satu jaringan transmisi menunjukkan bahwa TCSC berhasil meningkatkan kuantitas aliran daya (dalam MW) sebanyak 30% dengan sekaligus menjaga stabilitas sistem jaringan transmisi tersebut.



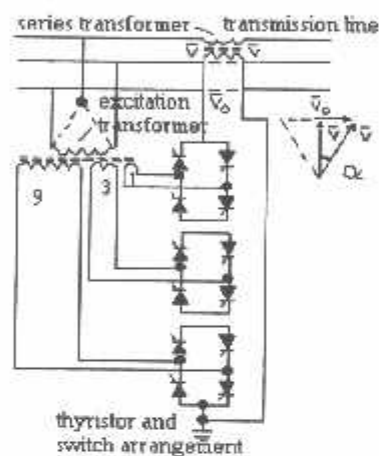
Gambar 2.15
Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)

2.9.4 Static Condenser (STATCON)

Alat yang kedua diberi nama *Static Condenser* (STATCON) dan berfungsi sebagai penyedia Volt Amp Reactive (VAR) untuk menjaga kestabilan tegangan pada jaringan transmisi yang panjang dan berbeban tinggi (*heavily loaded*). Pada akhirnya nanti, STATCON diharapkan untuk dapat menggantikan pemakaian alat *Rotating Synchronous Condensers* yang kini umum dipasang. STATCON adalah alat FACTS pertama yang menggunakan tipe thyristor berbeda dari peralatan FACTS sebelumnya. Jenis thyristor yang dipakai adalah jenis GTO (*Gate Turned-Off*). Pada dasarnya, STATCON adalah alat yang berbasis inverter tiga fasa yang dihasilkan oleh tegangan satu arah (dc) dari kapasitor seperti yang diilustrasikan

tegangan secara seri pada jaringan transmisi listrik. Gambar 2.17 menunjukkan konsep dari TCPR ini. Penambahan sudut fasa α pada tegangan transmisi V dicapai dengan cara menambahkan tegangan V_q yang tegak lurus terhadap V . Tegangan V_q sendiri dihasilkan dari tegangan skunder dari transformer yang dihubungkan ke dua fasa dari sistim transmisi tiga fasa ini. Percobaan

pemasangan TCPR telah dilaksanakan dengan sukses diberbagai lokasi jaringan transmisi di Amerika Serikat. Salah satu contoh adalah pemasangan TCPR di jaringan transmisi 230kV milik Minnesota Power yang telah terbukti mampu menghasilkan selisih sudut fasa dengan sangat cepat.

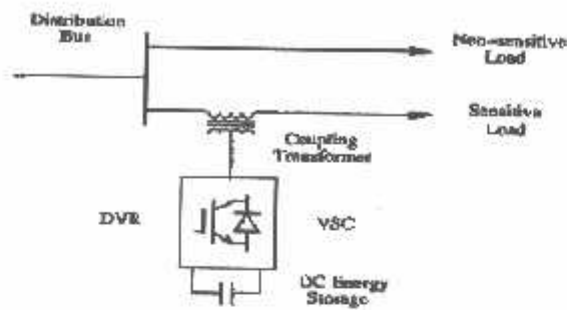


Gambar 2.17
Thyristor Controlled Phase angle Regulator (TCPR)

2.10 Dynamic Voltage Restorer (DVR) dan Distribution Static Compensator (D-STATCOM)

2.10.1 MODEL DVR

Dynamic Voltage Restorer merupakan pengontrol yang biasanya digunakan untuk meminimalisasikan *Voltage Sag*. DVR biasanya bekerja pada bagian yang sama dengan D-STATCOM dimana trafo penghubung dihubungkan secara urut dengan sistem arus bolak-balik seperti yang terlihat pada gambar 2.19

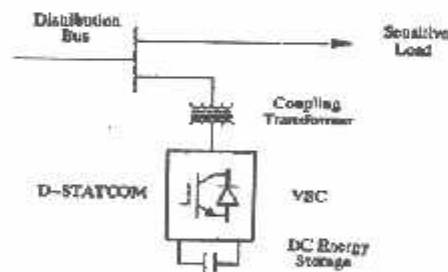


Gambar 2.18
Diagram blok fungsional untuk DVR

VSC menghasilkan suatu output tegangan arus bolak-balik tiga fasa yang dikontrol pada fasa dan besarnya. Tegangan diberikan ke dalam sistem distribusi arus bolak-balik untuk menjaga tegangan beban sesuai dengan yang diinginkan.

2.10.2 MODEL D-STATCOM

Bentuk umum dari *Distribution Static Compensator* terdiri dari suatu gabungan dua level VSC, suatu sumber DC dan trafo penggabungan yang dihubungkan secara *shunt* dengan sistem arus bolak-balik dan unit kontrol yang terhubung. Bentuknya dapat dirancang lebih canggih menggunakan *multipulse* atau konfigurasi *multilevel*.



Gambar 2.19
Diagram blok fungsional D-STATCOM



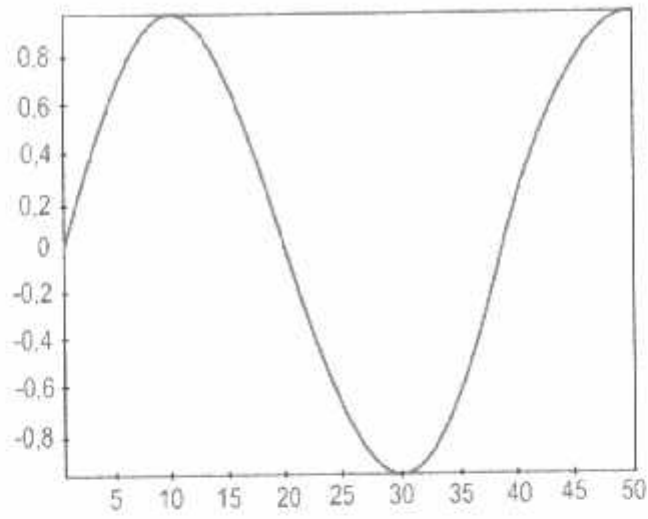
BAB III

ANALISA PEMASANGAN *FILTER HARMONIK* DAN *PFC (POWER FACTOR CORECTION)* UNTUK PERBAIKAN *PROFILE* TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA

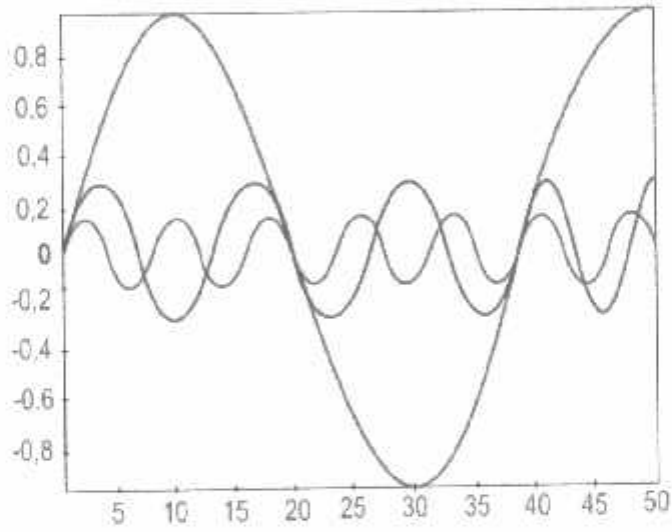
3.1. TEORI DASAR HARMONISA⁽⁴⁾

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya.

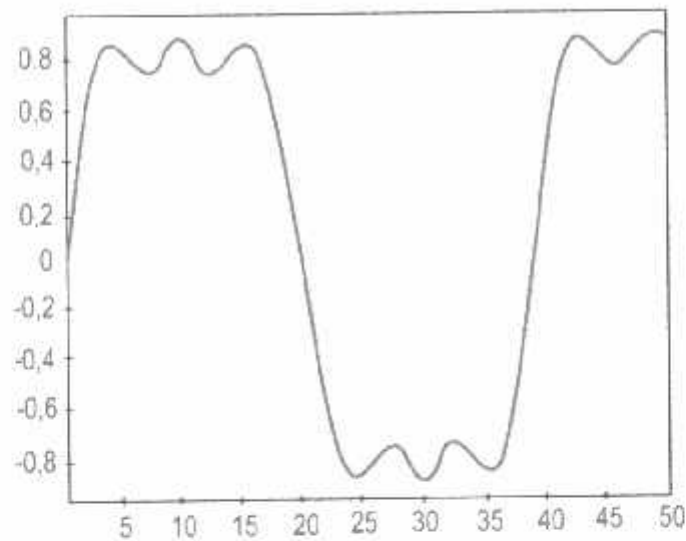
Hal ini disebut frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya seperti pada gambar 3.1a sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz. harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang aslinya seperti pada gambar 3.1b sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah resultan antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisanya seperti tampak pada gambar 3.1c.



Grafik 3.1a
Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar ^[4]



Grafik 3.1b
Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar Dan Frekuensi Harmonisa ^[4]



Grafik 3.1c
Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisnya ^[4]

3.2. SUMBER HARMONISA ^[4]

3.2.1. Konverter

Kebanyakan beban yang menimbulkan cacat gelombang (*deforming loads*) adalah beban-beban yang mengandung konverter (*static converter*). Beberapa contoh yang umum antara lain :

- a. Lampu *flourescent*, dimmer.
- b. Komputer.
- c. Perangkat elektronik untuk rumah tangga (TV, *microwave*, pemanas).
- d. *Variable speed drive* (VSD).
- e. *Charger* baterai.
- f. *Uninterruptible Power Supply* (UPS).

3.2.2. Tanur Busur Listrik (*Electric Arc Furnace*)^[4]

Tanur busur listrik berfungsi untuk melebur biji besi dalam industri logam. Tanur busur listrik adalah elemen beban yang tidak linier dan inilah yang menyebabkan timbulnya arus harmonisa yang cukup besar pada jaringan yang terhubung dengan tanur busur listrik.

Penggunaan tanur busur listrik sering kali menimbulkan gangguan terhadap jaringan. Gangguan tersebut antara lain :

- a. Distorsi harmonisa.
- b. Kedip tegangan (*flicker*).
- c. Goncangan frekuensi.
- d. Ketidakseimbangan tegangan.

Busur listrik yang terjadi selama tanur busur listrik beroperasi hampir selalu tidak dalam keadaan stabil. Hal ini disebabkan oleh pengaruh perubahan elektroda, interaksi gaya elektromagnetik busur dan pengaruh riak permukaan biji yang telah melebur.

3.2.3. Transformator

Saturable devices, seperti transformator dan peralatan elektromagnetik lainnya dengan inti besi (*steel*), termasuk juga motor-motor (mesin-mesin berputar) juga termasuk sumber harmonisa. Harmonisa dibangkitkan oleh karakteristik magnetisasi besi yang non-linier.

Distorsi bentuk gelombang terutama disebabkan oleh harmonisa ketiga. Untuk menjaga tegangan suplai agar berbentuk sinusoidal diperlukan jalur khusus untuk arus harmonisa ketiga dan biasanya didapat dengan menggunakan belitan hubungan delta. Untuk alasan ekonomis, transformator biasanya dirancang dengan memakai bahan inti yang memiliki sifat-sifat magnetis yang baik.

panas tersebut akan menurunkan kekuatan isolasi. Pada transformator yang digunakan oleh PLN hubungan primer sekundernya menggunakan delta-star, karena memiliki keuntungan dapat mencegah harmonisa pada hubungan deltanya (primer) masuk pada hubungan star (sekunder). Sehingga harmonisa tidak sampai masuk ke jaringan sekunder pada trafo tersebut.

- *Circuit breaker*

Pada *circuit breaker* konvensional menggunakan panas untuk membuat kawat didalam *circuit breaker* tersebut menjadi panas dan pada akhirnya akan putus. Arus harmonisa yang melewati *circuit breaker* tersebut masih dapat diamankan oleh *circuit breaker* yang konvensional ini. Hal ini dikarenakan panas yang terjadi karena arus harmonisa tersebut sama dengan panas yang timbul pada peralatan yang diproteksi tersebut. Namun sebagai sarana penyediaan koordinasi pengamanannya yang lebih baik, telah dikembangkan peralatan *circuit breaker* yang lebih baik. Dimana *circuit breaker* tersebut dioperasikan secara elektronik sehingga mampu mendeteksi level arus yang secara otomatis akan memutus arus apabila arus rms terlalu tinggi.

3.2.6. Pengaruh Harmonisa Pada Motor ^[5]

Harmonisa pada tegangan dan arus memberikan tambahan kerugian energi kumparan stator, rotor, dan juga pada inti besi rotor maupun statornya. Macam-macam pengaruh harmonisa pada motor yang muncul adalah:

- *Rugi-rugi arus bocor*

Kerugian atau *losses* arus bocor yang di alami pada kumparan stator dan rotor jauh lebih besar dibanding yang disebabkan *eddy current* dan *skin effect*. Hal ini disebabkan oleh arus harmonisa memperbesar arus bocor yang telah terjadi di stator dan rotor. Stator difungsikan untuk menginduksi tegangan dan rotor menimbulkan arus pada slot-slotnya.

- *Rugi-rugi besi dan tembaga*

Fluks yang timbul dari penginduksian tegangan dan stator yang kemudian timbul arus yang ada di slot-slot rotor dapat menimbulkan gerak relatif putar. Perubahan fluks yang terjadi pada rotor dan stator akan menimbulkan frekuensi harmonisa yang tinggi yang akan menghasilkan rugi-rugi besi dan tembaga pada stator dan rotor tersebut.

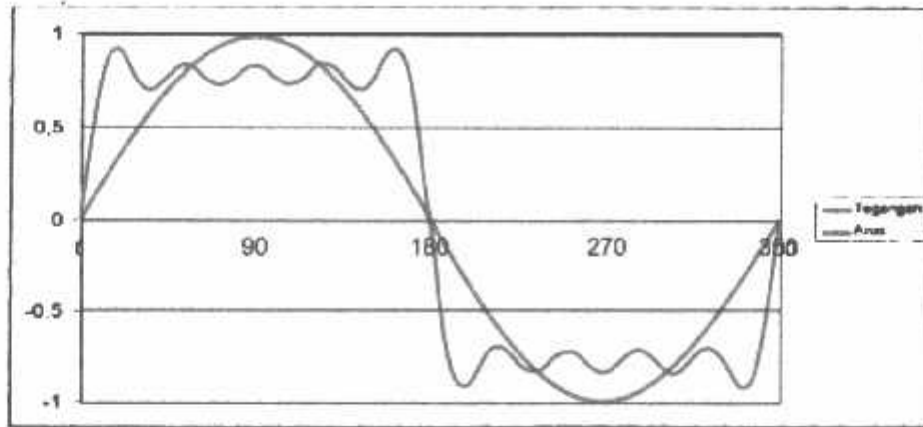
- *Beda fasa*

Selain itu, motor induksi yang biasa disebut dengan motor asinkron merupakan motor yang kecepatan putarnya tidak sesuai atau tidak sama dengan medan putar dan stator. Melihat kenyataan ini, maka akan timbul beda fasa antara tegangan dan arus. Karena motor induksi ini termasuk beban induktif maka arus yang mengalir tertinggal dengan tegangannya. Apabila sumber yang menyuplai motor mengandung harmonisa maka beda fasa yang terjadi pada motor induksi ini menjadi lebih besar.

3.2.7. Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya^[4]

Arus harmonisa membuat peningkatan total arus rmsnya. Dan karena mempengaruhi harga arus total rmsnya, maka secara otomatis juga akan mempengaruhi faktor dayanya juga. Hal ini dikarenakan daya total dengan daya nyata itu terdapat selisih sudut antara tegangan dan arusnya. Pada daya total tidak terjadi pergeseran sudut antara tegangan dan arusnya. Tetapi untuk daya nyata, terdapat beda sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus.

Misalkan ada beban yang menyebabkan bentuk gelombang arusnya tidak sinusoidal yang seperti terlihat pada gambar 3.2, tetapi untuk tegangannya masih berbentuk sinusoidal dan tidak terdapat beda fasa.



Grafik 3.2
Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa^[4]

Maka bentuk faktor daya (*power factor*) tegangan dengan arus dapat dicari dengan rumus :

$$Fp_{total} = \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}} \dots\dots\dots(3.1a, b, c)$$

$$= \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD.f}{100\%}\right)^2}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$= \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD.f}{100\%}\right)^2}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dari persamaan faktor daya total dapat dibedakan menjadi 2 komponen. Komponen pertama yang disebut dengan “Pergeseran Faktor Daya” (*disp*) dan yang kedua disebut dengan “Distorsi Faktor Daya” (*dist*).

$$Fp, disp = \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}} \dots\dots\dots(3.1)$$

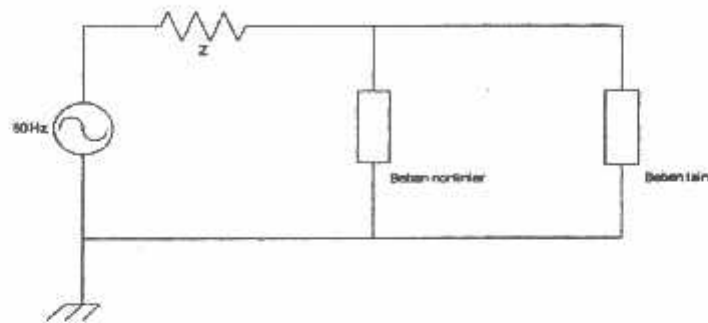
$$Fp, dist = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD.f}{100\%}\right)^2}} \dots\dots\dots(3.2)$$

3.2.8. Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Telekomunikasi

Dalam beberapa tahun ini ditemukan bahwa harmonisa pada sistem tenaga listrik mampu mengganggu sistem telekomunikasi, karena pada pemasangan, kabel listrik yang kebanyakan ditanam didalam tanah selalu bersebelahan dengan kabel telekomunikasi. Arus listrik yang mengalir di dalam konduktor selalu menginduksikan medan elektromagnetik. Dan apabila arus yang dihantarkan mengandung harmonisa maka akan terjadi noise pada saluran telepon atau data transmisi komunikasi gagal terkirim. Hukum Farraday menjelaskan bahwa tegangan yang menginduksi disekeliling kawat konduktor sesuai dengan perubahan fluks magnetik. Jadi perubahan harga frekuensi tinggi yang cepat akan membuat tingkat harmonisanya menjadi lebih tinggi pula dan juga harga tegangan harmonisanya semakin tinggi.

3.2.9. Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan^[4]

Peralatan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik, seperti contoh yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.1
Rangkaian Distribusi yang Sederhana^[2]

Sebuah suplai energi listrik yang disalurkan ke beberapa beban yang terhubung paralel melalui kawat penghantar (*Transmission Lines*) yang mengandung impedansi sebesar Z . Apabila ada arus harmonisa yang melalui impedansi Z dan sumber, akan menimbulkan tegangan harmonisa yang besar, amplitudo tegangannya akan semakin meningkat disertai juga dengan peningkatan frekuensinya. Karena terdapat impedansi hambatan saluran, maka terdapat selisih tegangan yang dapat secara signifikan terdistorsi oleh beban, bisa berasal dari beban nonlinier yang terbagi kecil-kecil. Dimana arus akan timbul pada saat tegangan suplai mencapai titik maksimum saja. Hal ini akan menyebabkan turunnya tegangan yang melewati impedansi Z dan akan menjadi lebih besar pula apabila tegangan pada sumber mencapai titik maksimum. Sehingga tegangan yang dikirimkan pada akhirnya akan menjadi turun.

3.3. Standar Harmonisa ^[4]

Standar harmonisa yang digunakan adalah standar IEEE 519. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yang pertama adalah batasan harmonisa arus, dan yang kedua adalah batasan harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio ISC/IL.

VTHD adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya, dan % ITHD adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya.

Untuk tegangan, standard harmonisanya ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Voltage Distortion Limits ^[10]

Voltage at PCC	Individual voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3,0	5,0
69 kV – 161 kV	1,5	1,5
161 kV	1,0	2,5

Sedangkan untuk arus, standard harmonisanya ditentukan oleh Max short circuit current dan Max load current seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Standar untuk arus harmonisa ^[10]

I_w/I_L	orde harmonisa dalam % terhadap I_L				
	<11	11≤h≤17	17≤h≤23	23≤h≤35	35≤h
<20*	5.0	2.0	1.5	0.6	0.3
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4

dimana:

I_{sc} = Max short circuit current at PCC (Point of Common Coupling)

I_L = Maxload current (Fundamental Frequency) at FCC

3.4. Indeks Harmonisa ^[4]

Dalam analisa harmonisa terdapat beberapa indeks yang penting untuk menggambarkan efek dan harmonisa pada komponen sistem tenaga.

3.4.1. *Total Harmonic Distortion (THD)*

Pendefinisian rasio nilai rms komponen harmonisa ke nilai rms komponen dasar biasanya dinyatakan dalam bentuk persen. Indeks ini digunakan untuk mengukur deviasi bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna. Pada saat terjadi gelombang sinus sempurna, nilai THD adalah nol.

Indeks yang umum digunakan adalah:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^k V_n^2}}{V_1} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

V_n = komponen harmonisa

V_1 = komponen fundamental

k = komponen harmonisa maksimum yang diamati

3.5. Resonansi ^[4]

Dengan mengasumsikan beban nonlinier sebagai masuknya arus harmonisa, maka harmonisa tegangan pada setiap bus di sistem tenaga dapat diperoleh dengan memecahkan matrik atau persamaan admitansi berikut untuk semua kasus harmonisa.

$$V_h = Z_h I_h \dots\dots\dots(3.5)$$

Atau

$$I_h = Y_h V_h \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana

V_h : adalah tegangan harmonisa ke-h pada setiap bus harus ditentukan.

Z_h : adalah matrik impedansi harmonisa sistem,

I_h : adalah representasi arus harmonisa beban pada bus yang terhubung, dan

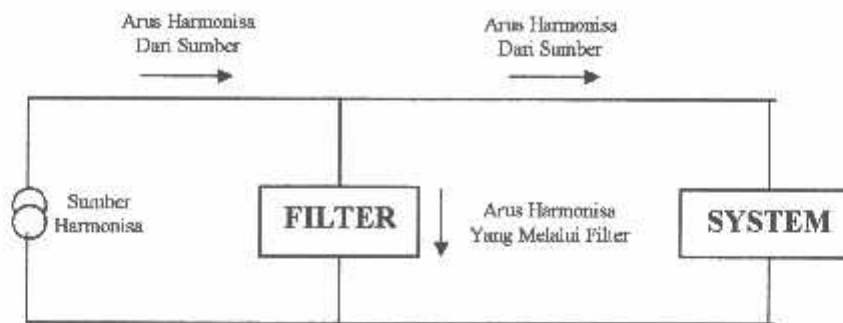
Y_h : adalah matrik admitansi harmonisa sistem.

Pada persamaan 3.8, Z_h dapat diperoleh dengan menggunakan algoritma Z-bus untuk setiap harmonisa. Z_h dapat pula diperoleh dari invers Y_h dalam persamaan 3.9. Impedansi harmonisa memainkan peranan penting dalam sistem distribusi tenaga listrik khususnya ketika resonansi terjadi dalam sistem.

3.6. Filter Harmonisa ^[4]

Tujuan dari pemasangan filter harmonisa adalah untuk mereduksi amplitudo frekuensi tertentu dari sebuah tegangan dan arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh jaringan dapat

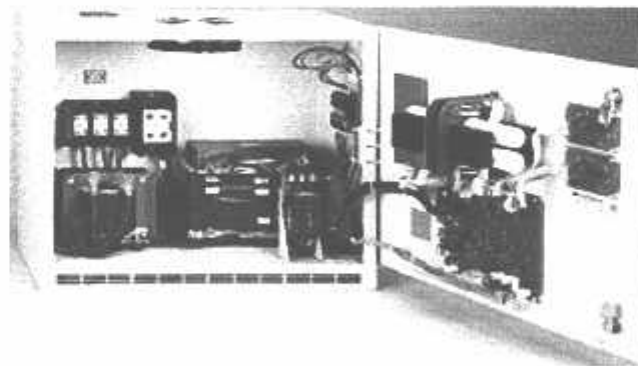
ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi dasar dapat mengkompensasi daya reaktif dan digunakan untuk memperbaiki faktor daya.



Gambar 3.2
Pemasangan Filter Harmonisa^[4]

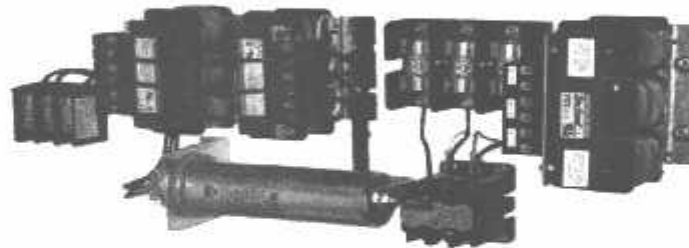
3.6.1. Tipe Filter^[4]

Ada dua tipe dasar dari filter yaitu aktif dan pasif. Filter aktif ini dapat bekerja untuk mengeliminasi timbulnya harmonisa dalam suatu sistem tenaga listrik 3 fasa, baik dengan kawat netral maupun tidak. Filter aktif ini bekerja dengan cara mengkompensasi arus harmonisa yang timbul pada sistem tenaga yang diakibatkan oleh penggunaan beban-beban non linier. Selain dapat mengeliminasi harmonisa yang timbul, filter aktif ini juga dapat memperbaiki faktor daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Saat ini, filter aktif paralel sudah banyak dikembangkan untuk memperbaiki kualitas sistem tenaga listrik.



Gambar 3.3.
Bentuk Fisik *Harmonic Filter Active*^[4]

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter pasif sebagian besar didisain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Ada dua macam filter pasif yaitu filter pasif seri dan filter pasif paralel. Filter pasif seri memiliki karakteristik sebagai resonansi paralel dan merupakan tipe filter yang bersifat sebagai penghalang, yang memiliki impedansi tinggi pada frekuensi tertentu. Sebagai contohnya adalah penggunaan komponen penghalus atau perata gelombang pada peralatan elektronika daya. Sedangkan filter pasif paralel memiliki karakteristik sebagai resonansi seri dan merupakan filter yang bertipe *trap* yang memiliki impedansi yang rendah pada frekuensi tertentu.

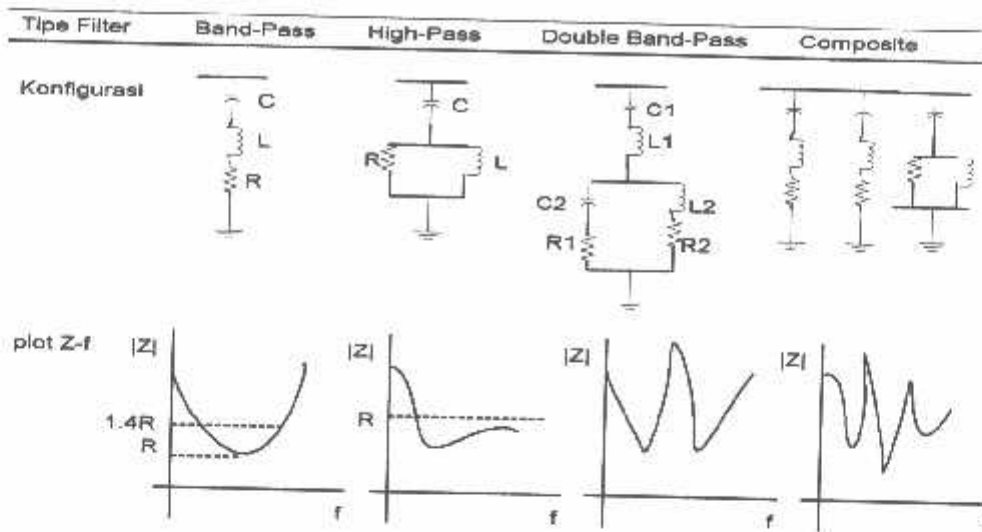


Gambar 3.4.
Bentuk Fisik *Harmonic Filter Pasif*^[4]

3.6.2. *Jenis-Jenis Filter Pasif*

Gambar 3.4 memperlihatkan beberapa jenis filter pasif yang umum beserta konfigurasi dan plot impedansinya. Secara umum filter pasif dapat dibedakan dalam tiga jenis :

1. *Single-Tuned / Band Pass Filter* (filter penalaan tunggal)
2. *Double-Tuned / Double Band Pass Filter* (filter penalaan ganda)
3. *High Pass Filter Type*



Gambar 3.5.
Jenis-Jenis Filter Fasif yang Umum ^[4]

Plot impedansi dari sebuah *high-pass* filter orde dua (orde satu terdiri dari resistor seri dan kapasitor) memperlihatkan bahwa impedansi minimum *passband* filter ini lebih tinggi daripada sebuah *single-tuned* filter. Sebuah *high-pass* filter akan menarik sejumlah komponen harmonisa dengan frekuensi di atas frekuensi *notch*-nya. Hal ini menyebabkan rating yang tinggi pada frekuensi fundamentalnya dan rugi-rugi energi yang besar pada resistornya. Filter jenis ini biasanya digunakan untuk harmonisa orde tinggi.

Composite filter terdiri dari dua *bandpass* filter dan sebuah *high-pass* filter untuk frekuensi tinggi. Konfigurasi ini biasanya digunakan untuk beban tanur busur listrik (*arc-furnace*).

Dengan mengetahui tegangan fundamental dan harmonisa pada busbar, maka rating arus dan tegangan kapasitor, induktor dan resistor dapat ditentukan. Selain itu juga daya reaktif dan aktif serta rugi-ruginya dapat ditentukan pula.

Untuk mencegah kerusakan komponen-komponen ini, rating dari komponen harus didasarkan kepada beberapa kondisi yang ada yaitu tegangan fundamental tertinggi, keberadaan frekuensi tertinggi serta arus harmonisa dari

sumber-sumber lain dan dari resonansi yang mungkin terjadi antara filter dan sistem ac.

Kapasitor tersusun dari unit standar yang dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh rating tegangan dan KVA yang diinginkan. Hal-hal pokok dari kapasitor adalah :

- a. Koefisien suhu dari komponen kapasitor.
- b. Daya reaktif per unit volume.
- c. Rugi-rugi daya.
- d. Reliability.
- e. Harga.

Koefisien suhu yang sangat rendah dari kapasitor lebih diharapkan untuk menala filter dalam orde penalaan supaya dapat dihindari penalaan ulang karena perubahan kapasitansi oleh perubahan suhu di sekeliling atau oleh pemanasan sendiri oleh kapasitor tersebut.

Kapasitor mendapatkan *daya reaktif* yang besar per unit volume dengan cara memiliki losses yang rendah dan dengan dioperasikan pada tegangan tinggi. Untuk alasan ini maka operasi yang lama pada tegangan lebih harus dihindari untuk mencegah terjadinya kerusakan dielektrik akibat panas. Rating *daya reaktif* kapasitor adalah penjumlahan daya reaktif pada masing-masing frekuensi yang diinginkan.

Induktor yang digunakan dalam rangkaian filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi diantara efek kulit dan rugi-rugi histerisis harus dimasukkan dalam perhitungan rugi-rugi daya. Begitu juga efek dari level fluks dari inti besi, yaitu penalaan ulang yang disebabkan oleh magnetisasi yang tidak linier sehingga harus dipertimbangkan. Komponen induktor pada filter lebih baik dirancang dengan inti non magnetic. Rating induktor terutama tergantung pada arus rms maksimum dan pada level isolasi yang dibutuhkan agar tahan terhadap surja hubung. Umumnya R dan L ditempatkan di bagian bawah dari filter.

3.6.3. Single-Tuned Filter

Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa (biasanya pada orde harmonisa rendah). Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, reaktor dan resistor (RLC). Impedansi dari rangkaian *Single-Tuned filter* dinyatakan dalam persamaan :

$$Z(\omega) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \dots\dots\dots(3.7)$$

Rangkaian filter ini mempunyai impedansi yang rendah pada frekuensi resonansinya. Sebuah shunt filter dikatakan ditala pada sebuah frekuensi jika pada frekuensi tersebut reaktansi induktif dan kapasitifnya sama dengan nol.

Kualitas sebuah filter (Q) menentukan ketajaman penalaan (*tuning*). Filter dengan Q tinggi ditala secara tajam pada suatu frekuensi harmonisa (contohnya ke-5). Filter dengan Q yang rendah biasanya bernilai 0.5 sampai 5 dan memiliki impedansi yang rendah pada jangkauan frekuensi yang lebar.

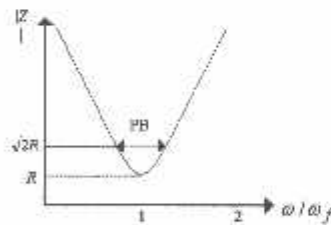
Faktor kualitas (Q) didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi (atau kapasitansi) pada saat resonansi dengan resistansi.

$$Q = \frac{X_0}{R} \dots\dots\dots(3.8)$$

dengan $X_0 = nX_L = \frac{X_C}{n}$ pada keadaan resonansi.



(a)



(b)

Gambar 3.6. (a)Rangkaian Filter Penalaan Tunggal (b) Grafik Impedansi Filter Terhadap Frekuensi⁽⁴⁾

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6, *passband* (PB) filter didefinisikan sebagai batas frekuensi filter sama dengan resistansinya, yaitu sudut impedansinya sebesar 45° dan impedansi sama dengan $\sqrt{2}R$. Hubungan Q dan PB dinyatakan sebagai :

$$Q = \frac{\omega_0}{PB} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan ω_0 adalah frekuensi sudut penalaan dalam rad/sec.

3.6.4. Double-Tuned Filter

Sebuah impedansi ekuivalen dari dua buah filter penalaan tunggal ditunjukkan pada Gambar 3.6.a) yang memiliki frekuensi resonansi yang berdekatan dalam prakteknya sama dengan konfigurasi sebuah filter penalaan ganda yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. (b). Hubungan antara kedua rangkaian filter ini adalah sebagai berikut :

$$C_1 = C_a + C_b \dots\dots\dots(3.6)$$

$$C_2 = \frac{C_a C_b (C_a + C_b)(L_a + L_b)^2}{(L_a C_a - L_b C_b)^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$L_1 = \frac{L_a L_b}{L_a + L_b} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$L_2 = \frac{(L_a C_a - L_b C_b)^2}{(C_a + C_b)^2 (L_a + L_b)^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$R_2 = R_a \left[\frac{a^2(a - X^2)}{(a + aX^2)^2(1 + X^2)} \right] + R_b \left[\frac{a - X^2}{(1 + aX^2)^2(1 + X^2)} \right] \dots\dots\dots(3.6)$$

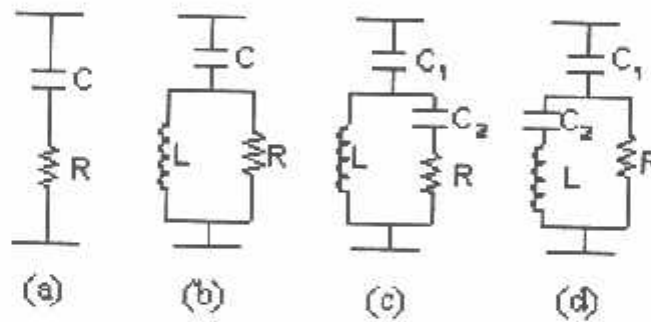
$$+ R_1 \left[\frac{(1 - X^2)^2(1 - aX^2)}{(1 + X^2)^2(1 + aX^2)} \right]$$

- c. Penggunaan filter penalaan sering mengakibatkan resonansi parallel antara filter dengan admitansi dari sistem pada frekuensi orde harmonisa dibawah penalaan filter yang lebih rendah. Dalam hal ini penggunaan satu atau lebih high pass filter menjadi alternatif yang dapat diterima.

Selain itu kelemahan dari high pass filter adalah :

- a. Dengan level filter yang sama perancangan high pass filter untuk VA rating yang besar (VA rating pada frekuensi fundamentalnya) akan mengalami kesulitan. Padahal dalam hal ini unjuk kerja yang baik dari suatu peralatan filter termasuk didalamnya adalah masalah koreksi faktor daya.
- b. Pada high pass filter rugi-rugi resistor dan reaktansi secara umum adalah besar.

Ada empat jenis dari high pass filter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.16. yaitu high pass filter orde satu, orde dua, orde tiga dan jenis high pass filter tipe-C.



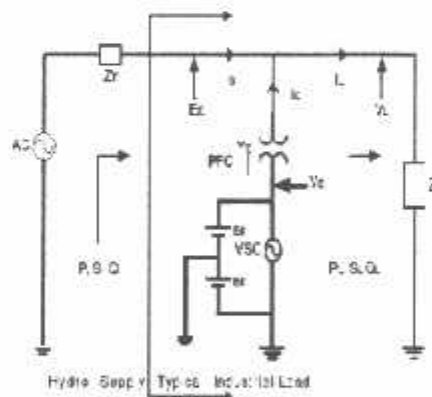
Gambar 3.8.
High Pass filter (a) Orde satu (b) Orde dua (c) Orde tiga (d) Type C ^[4]

- a. Filter orde satu tidak biasa digunakan, jenis ini akan memerlukan kapasitor yang besar dan akan terjadi kerugian daya pada frekuensi dasarnya.
- b. Filter orde dua memberi unjuk kerja yang baik tetapi memiliki rugi-rugi yang lebih besar dibandingkan dengan high pass filter orde tiga.

- c. Filter orde tiga mempunyai keunggulan dibanding high pass filter orde dua yaitu mampu mereduksi rugi-rugi pada frekuensi dasar yang disebabkan oleh naiknya impedansi pada frekuensi tersebut. Hal ini karena kehadiran C_2 dan lagi disini rating dari C_2 .
- d. Unjuk kerja dari filter jenis C adalah modifikasi dari filter orde dua dan filter orde tiga. Kelebihan high pass filter jenis C adalah mampu mereduksi rugi-rugi pada frekuensi dasar ketika C_2 dan L ditala seri dibawah frekuensi ini. Filter jenis C lebih mudah terpengaruh pada penyimpangan (deviasi) frekuensi dasar.

3.7. PFC (Power Factor Corection)

Tujuan dari pemasangan PFC (*Power Factor Corection*) adalah untuk mereduksi mengontrol daya VAR tertentu dari sebuah tegangan dan arus. Dengan pemasangan PFC (*Power Factor Corection*) pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber Capacitip maka penyebaran arus beban ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu PFC (*Power Factor Corection*) pada mengontrol daya VAR dasar dapat mengkompensasi daya reaktif dan digunakan untuk memperbaiki faktor daya



Gambar 3.9^[8]
Peroses PFC

3.8. *Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation*

PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan PSCAD/EMTDC:

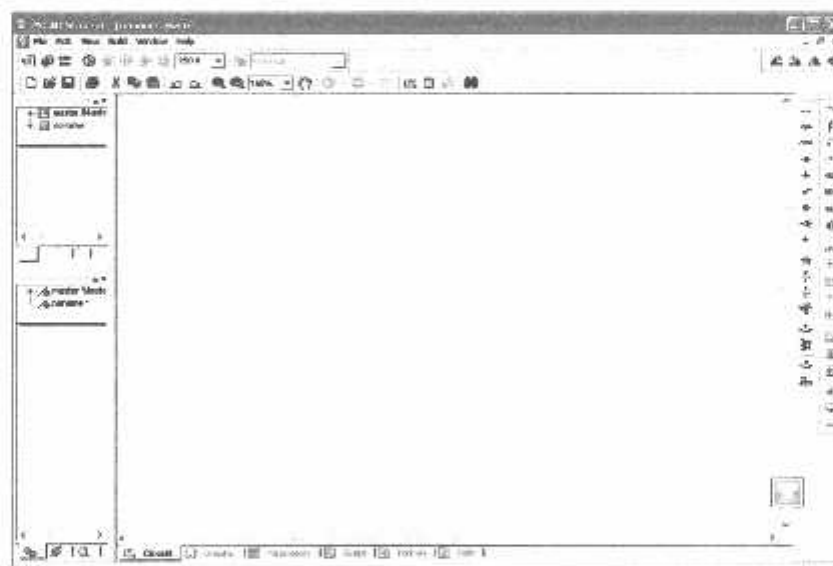
- *Resistors, inductors, capacitors*
- *Mutually coupled windings, such as transformers*
- *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world)*
- *Current and voltage sources*
- *Switches and breakers*
- *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs*
- *Analog and digital control functions*
- *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models*
- *Meters and measuring functions*

3.9. Memulai *PSCAD/EMTDC Power Simulation*

Tampilan Utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10
Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*



Gambar 3.11
Tampilan Modul Utama

3.10. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida

3.10.1. PWM Sinusoida^[7]

Gelombang sinusoidal pada tiga *PFC* dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasarakan *PWM* berkenaan dengan *PFC* diterangkan pada bagian ini. Rencana Kendali untuk *PFC* mengikuti prinsip yang sama. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara *magnitude* tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan di titik beban dan pengukuran daya reaktif. strategi penyakelaran *PFC* adalah di dasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal, yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan rms pengukuran di titik beban. pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan (δ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut δ . Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dalam rangka menghasilkan sinyal penyakelaran untuk *PFC*. parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi (*ma*) pada sinyal $V_{control}$, dan sinyal segi tiga pada index modulasi frekuensi (*mf*). Index Amplitudo *Ma* dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan. pada pengontrol keluaran. frekwensi *Switching* ditetapkan pada 350 Hz, dan kasus pengujian dilakukan pada pabrik yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut 120° dan

240°. Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi.

3.10.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap PFC^[8]

Prinsip dari PFC adalah menerima dan memproses sinyal *error* dari sumber. Hasilnya kemudian dimasukkan ke PWM *Voltage Source Converter* tiga fasa pada rangkaian utama. Dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal *error* antara tegangan beban dengan tegangan referensi. Jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*).

Sinyal *error* ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*.

Output dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian *switching* yang terdiri atas 6 IGBT tiap fasa terdiri dari 2 IGBT.

3.11. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)

3.11.1. Umum

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian penting dan terpadu dari proses-proses

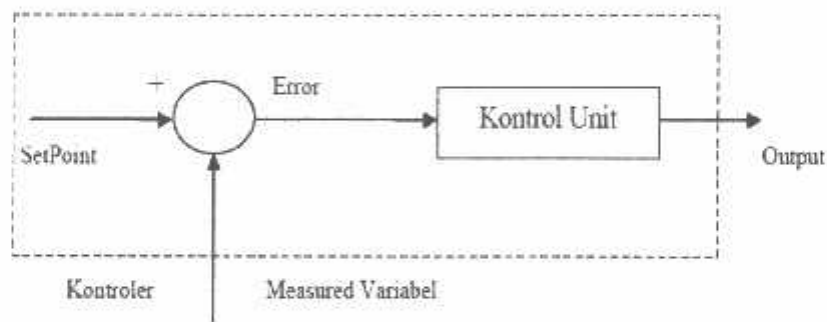
Hazen, yang memperkenalkan istilah servomekanis untuk sistem kontrol posisi, membahas desain servomekanis relay yang mampu mengikuti dengan baik masukan yang berubah. Selama dasawarsa 1940-an, metode respon frekuensi memungkinkan para insinyur untuk mendesain sistem kontrol linier berumpan balik yang memenuhi persyaratan kinerja. Metode respon frekuensi dan tempat kedudukan akar, yang merupakan inti teori kontrol fisik, akan membawa sistem yang stabil dan memenuhi seperangkat persyaratan kinerja yang hampir seimbang.

Hampir semua proses dalam industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak saja diperlukan demi operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih merupakan kebutuhan pokok. Kelak akan dipelajari alat tidak mungkin menjalankan suatu proses industri tanpa bantuan sistem pengendali. Contohnya adalah pengendalian penggilingan TEH. Proses disuatu penggilingan TEH tidak mungkin dapat dijalankan tanpa bantuan fungsi sistem dari pengendalian.

Ada banyak parameter yang baru dikendalikan di dalam suatu proses. Diantaranya yang paling umum adalah tekanan (*pressure*) didalam sebuah *vessel* atau pipa, aliran (*flow*) didalam pipa, suhu temperatur di unit proses seperti *heat exchanger*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki. Ada beberapa parameter lain diluar keempat parameter diatas yang cukup penting dan perlu dikendalikan karena kebutuhan spesifik proses, di antaranya : PH di industri TEH, *water cut (w&w)* di pabrik TEH dan sebagainya.

bentuk kombinasi, yaitu P+I disingkat PI, P+D disingkat PD, dan P+I+D disingkat PID. Ketiga jenis pengendali ini memberikan respon yang berbeda-beda. Pada dasarnya, tugas sebuah pengendali kontinu terbagi dalam dua tahap, yaitu membandingkan dan menghitung.

Pembandingan itu sendiri dilakukan dengan mengurangi besarnya *set point* dengan besaran *measurement variabel*, yang hasilnya adalah besaran yang disebut *error*. Karena set point bisa lebih besar atau lebih kecil dari *measurement variable*, nilai *error* bisa positif dan bisa juga negatif. Jadi *error* adalah input unit kontrol dan *manipulated variable* adalah output unit kontrol. Besarnya *manipulated variable* dihitung berdasarkan *error* dan *transfer function* unit kontrol. Bentuk *transfer function* dari unit kontrol terhitung pada “mode” yang ada dikontroler.



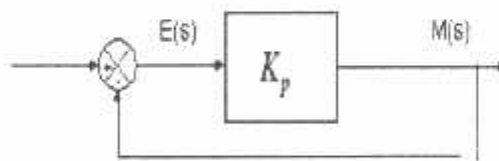
Gambar 3.14
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

3.11.4. Pengendali Proporsional (*Proporsional Controller*)

Salah satu dari ketiga unit kontrol yang paling populer dan paling banyak dipakai adalah unit kontrol P, seperti tercermin dari namanya, besar *output* unit kontrol P selalu sebanding dengan besarnya *input*. Bentuk *transfer function* unit kontrol *proporsional* oleh karenanya akan sederhana sekali, sehingga bentuk

transfer function-nya juga sederhana. Unit kontrol P adalah unit kontrol yang paling banyak dipakai, baik tersendiri dalam bentuk pengendali *P-only* maupun dalam kombinasi dengan mode integral (I) dan differensial (D).

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Gambar 3.15 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran *actual* dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negative (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Gambar 3.15
Diagram Blok Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, yaitu pita proporsional (*proporsional band*) dan konstanta proporsional.

Hubungan antara pita proporsional (*PB*) dengan konstanta proporsional (K_p) ditunjukkan secara prosentase oleh persamaan berikut ini :

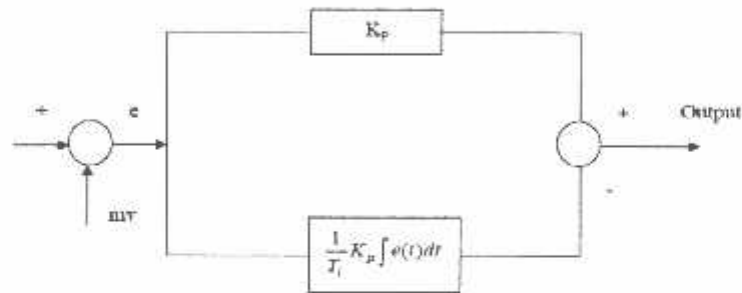
Contoh pengendali integral proporsional yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pengisian tangki penampung air di kloset. Hal yang perlu diperhatikan pada contoh ini adalah bahwa kontrol unit di contoh bekerja secara proporsional. Artinya, koreksi dalam hal ini buka tutupnya *control valve* akan selalu sebanding dengan ketinggian level. *Set point* dalam hal ini adalah sama dengan ketinggian level maksimum.

3.11.5. Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

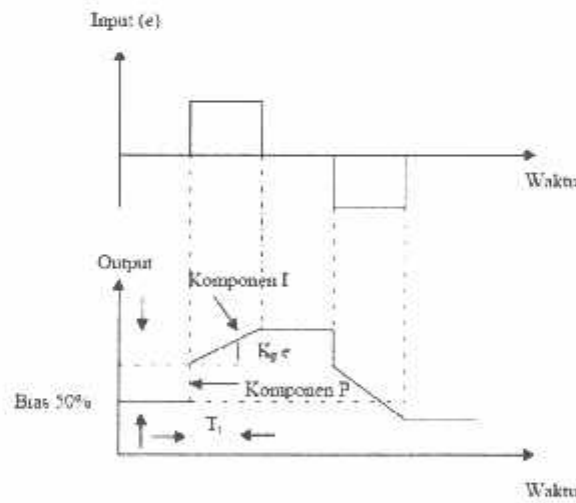
Setelah pengendali proporsional diketahui “gagal” mengendalikan sistem secara sempurna dalam arti masih adanya *offset*. Dikarenakan sifat dasar pengendali proporsional yang masih memerlukan *error* untuk menghasilkan *output*. Oleh karena itu, untuk menghilangkan *offset*, diperlukan pengendali lain yang dapat menghasilkan *output* walaupun sudah tidak ada *input* lagi. Sifat unit inilah yang dimiliki oleh pengendali integral. Sayangnya, kemampuan pengendali integral menghilangkan *offset* tidak disertai kemampuan bereaksi secara cepat. Karena lambatnya reaksi tersebut maka pengendali integral biasanya dipakai dalam kombinasi dengan pengendali proporsional. Kedua pengendali tersebut dipasang secara paralel sehingga kelebihan kedua pengendali dapat dimanfaatkan secara serempak. Kalau diteliti dengan seksama, *offset* dapat terjadi di sistem pengendali proporsional, karena pengendali proporsional selalu membutuhkan *error* (dalam hal ini *input* ke *unit control*) untuk menghasilkan suatu *output*. Kalau tidak ada *error*, *output* yang keluar dari pengendali proporsional hanyalah bias yang biasanya disetel 50%.

3.11.6. Pengendali Proporsional Integral (PI Controller)

Karena sifatnya yang tidak mengeluarkan *output* sebelum selang waktu tertentu, pengendali integral jadi memperlambat respon, walaupun *offset* hilang oleh karenanya. Untuk memperbaiki lambatnya respon, umumnya pengendali integral dipasang paralel dengan pengendali proporsional seperti *gambar 3.18*. Gabungan kedua pengendali tersebut lazim disebut dengan pengendali PI atau PI kontroler, dan pengendali dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I.



Gambar 3.18
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 3.19
Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

3.12. Kompensasi PFC Pada Sistem industri

3.12.1 Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi PFC^[8]

Hampir semua beban dalam sistem tenaga listrik didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan kestabilan tegangan. Untuk mengatasi permasalahan ini *PFC* menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controlable* dan penggunaannya dapat di padukan ke dalam sistem tenaga listrik tegangan rendah. Dalam hal ini *PFC* dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol PWM.

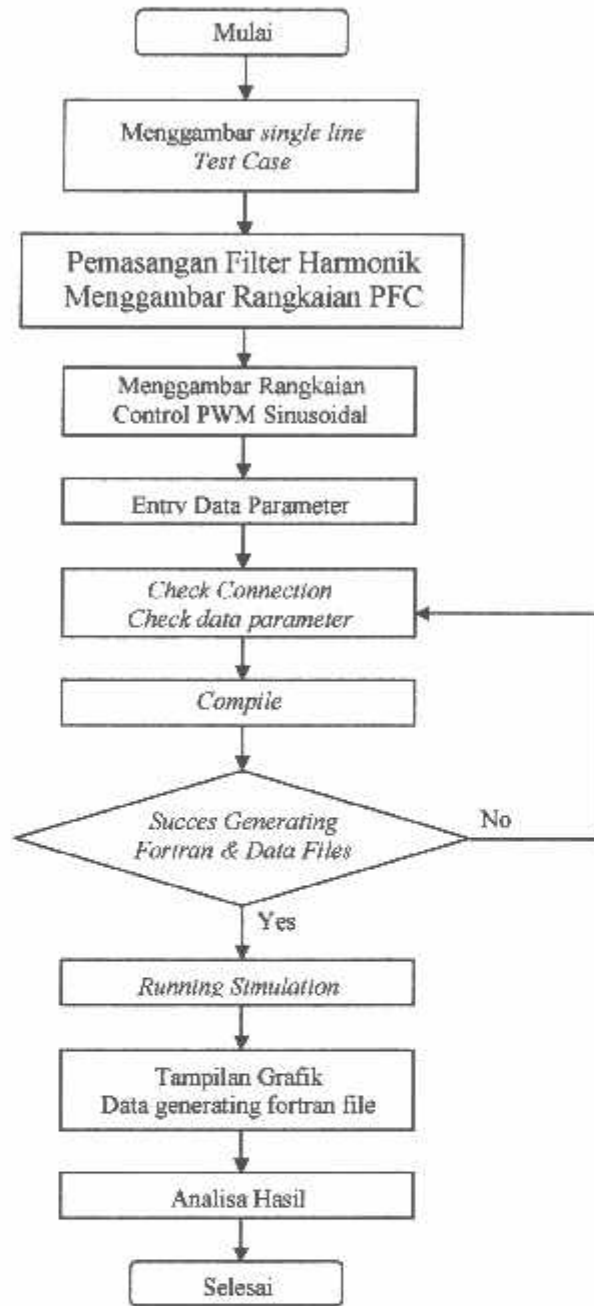
3.12.2. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi PFC

Ketidakstabilan tegangan dalam sistem distribusi bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidakstabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fase lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pemborosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga bisa menyebabkan pertama kerusakan isolator peralatan yang dipakai. Ke dua memperpendek daya isolasi pada lilitan. Sementara itu dengan ketidakseimbangan sebesar 3% saja dapat memperbesar suhu motor yang sedang beroperasi sebesar 18% dari keadaan semula. Hal ini tentunya akan menimbulkan suara bising pada motor dengan kecepatan tinggi.

Untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik bisa digunakan beban-beban tiruan berupa LC yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian. Sehingga ketepatan dan keandalan dalam mendeteksi kualitas daya listrik bisa diperoleh. pengendali itu berfungsi untuk mengolah komponen-komponen yang menentukan kualitas tenaga listrik. Seperti keseimbangan beban antar fasa dan harmonik. Apabila terdapat ketidakseimbangan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya, maka pengendali akan memerintahkan beban-beban LC untuk membuka atau menutup agar arus disuplai ke fasa satu sehingga selisih arus antara fasa satu dengan fasa yang lainnya tidak ada. Banyaknya L atau C yang dibuka atau ditutup tergantung dari kondisi ketidakseimbangan beban yang terdeteksi oleh pengontrol. Komponen LC yang dimaksudkan diatas sudah terintegrasi dalam peralatan *PFC*.

3.13. Flowchart

3.13.1. Flowchart Desain dan Simulasi Sistem dengan PFC

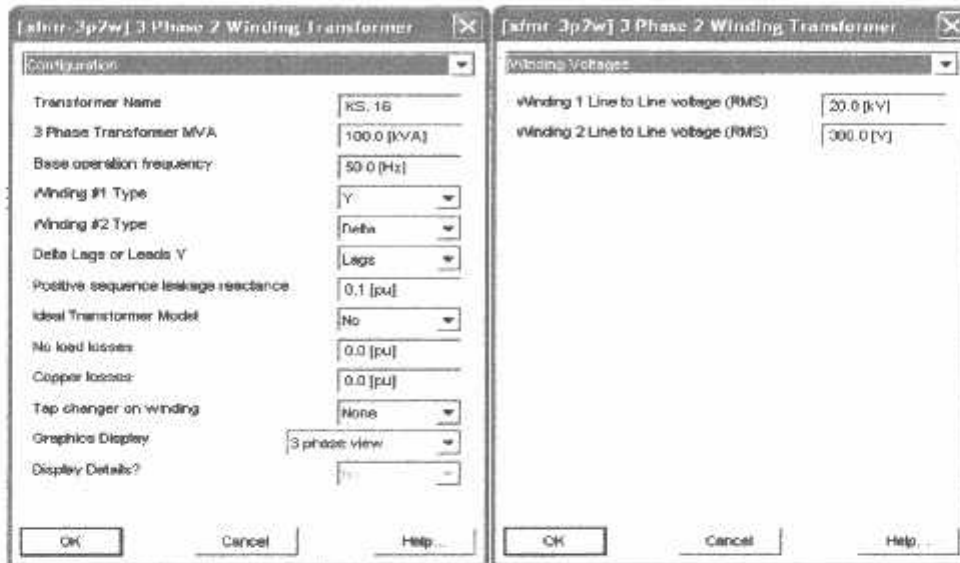


Gambar 3.20
Flowchart Analisa Perbaikan Kualitas Daya Dengan Filter Harmonik Dan PFC

3.14. Input Data Dalam PSCAD/EMTDC Power Simulation

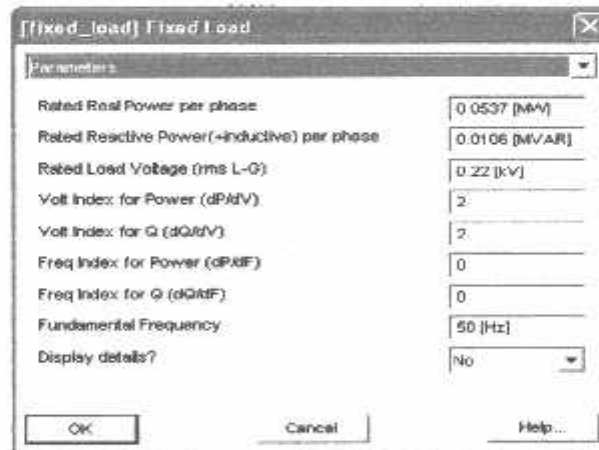
3.14.1. Input Data Transformator dan Fixed Load

1. Data Transformator



Gambar 3.21
Tampilan Input Data Transformator

2. Data Fixed Load



Gambar 3.22
Tampilan Input Data Fixed Load



BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Keadan Awal PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono

PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono mempunyai dua sumber yaitu dari PLN dan PLTD, sumber yang dihasilkan dari PLTD sebesar 476 KVA, PTPN XII (Persero) Kertowono mempunyai faktor daya 0,88, dengan kompensasi kapasitor sebesar 250 kVar, akan tetapi kapasitasnya belum cukup atau memadai untuk menaikkan nilai faktor daya yang diinginkan karena daya yang dibutuhkan PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono. sangat besar untuk menghasilkan produksi TEH yang baik. Salah satu cara yang di tempuh adalah dengan pemasangan *harmonic filter dan PFC*.

4.1.1. Menentukan Parameter Generator

A. Generator Sumber 1

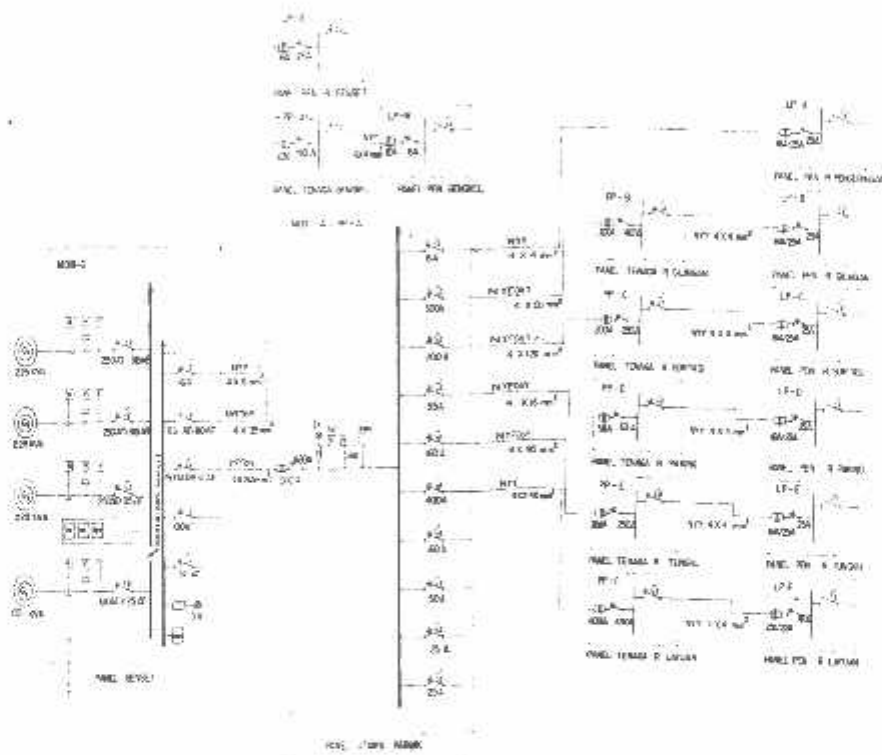
Merek	: Mercedes (Tipe OM 0404 A)
Tegangan	: 220/440 Volt
Arus	: 474 Amp
Cos θ	: 0,8
Frekwensi	: 50 Hz
Putaran kutub	: 4
Kelas isolasi	: F

B. Generator Sumber 2

Merek	: Mercedes (Tipe OM 0403 A)
Tegangan	: 220/ 440 Volt
Arus	: 226 Amp
Cos θ	: 0,8
Frekwensi	: 50 Hz
Daya	: 156 kVa
Putaran	: 1500 rpm
Kutub	: 4
Kelas isolasi	: F
Kutub	: 4
Kelas isolasi	: F

4.2. Single Line Sistem Pabrik

Untuk mensimulasi sistem Pabrik dalam *software PSCAD Power Simulation* maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian Pabrik tersebut ke dalam lembar kerja pada *software* kemudian disimulasi sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut adalah gambar *single line* pabrikan TEH yang digambarkan pada lembar kerja dan di simulasikan.



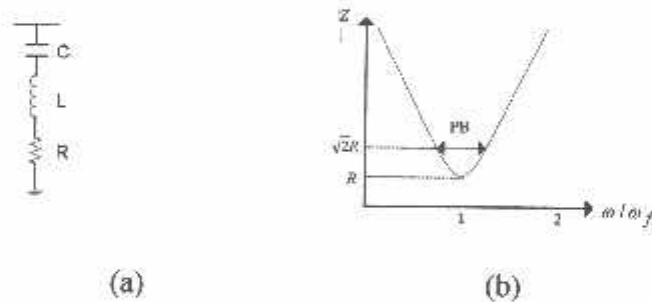
Gambar 4.1. *Single Line* Pabrik TEH yang digambarkan pada lembar kerja

4.3. Solusi Perbaikan Kualitas Tegangan dengan *Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation*

Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerful*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada PTPN XII (persero) Kertowono dan solusi yang ingin di berikan dapat dilakukan dengan *software* PSCAD.

4.4. Analisa Parameter Filter^[4]

Dengan data yang ada, maka di tentukan jenis Filter yang di pakai adalah jenis tuned filter. Yaitu terdiri dari rangkain R,L,C dengan data dibawa ini:



Gambar 4.2. (a)Rangkaian Filter Penalaan Tunggal (b) Grafik Impedansi Filter Terhadap Frekuensi

Dimana diketahui :

$$R = 1.515 \Omega$$

$$L = 36.53 e^{-3} H$$

$$C = 1.592 e^{-6} F$$

$$\text{Orde} = 5$$

$$\text{Frek} = 50 \text{ Hz}$$

$$Q = 100$$

$$\frac{1}{2\pi fc}$$

$$f_{Hr 5} = 5 \cdot 50 = 250 \text{ Hz}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor } Q &= \frac{Teg.x}{Teg.Ys} = \frac{Wo.L.I}{R.I} = \frac{Wo.L}{R} = \frac{2\pi f l}{R} \\ &= \frac{2.3,14.250.36.53e^{-3}}{1,515} = 37,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 37,85 &= \frac{1}{Wo.C.R} = \frac{1}{2\pi.C.R} = \frac{1}{2.3,14.250.C.1,515} \\ &= \frac{1}{2378.55.C} \end{aligned}$$

$$1 = 237340,22.C$$

$$C = \frac{1}{237340,22} = 4,213e^{-6}$$

$$100 = \frac{2\pi.f.c}{R} = \frac{2.3,14.250.L}{R}$$

$$100 k = 1570.L$$

$$100 = \frac{1570.L}{R} = \frac{1}{2\pi.f.c.R}$$

$$100 = \frac{1}{1570.c.R}$$

$$1570.c.R = 1$$

$$R = \frac{1570.c}{100} = \frac{1}{1570.c}$$

$$= \frac{L}{100} = \frac{1}{100.c}$$

$$100.c.L = 100$$

$$C = \frac{100}{100.L}$$

$$= \frac{1}{L}$$

$$R = \frac{1}{1570.c}$$

C = ikut dari nilai terpasang

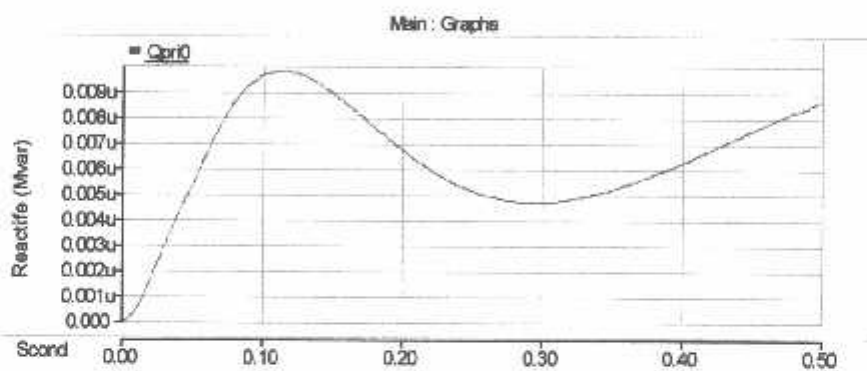
Dimana total 600 Mvar

Bank, 5th , 7th , 20th

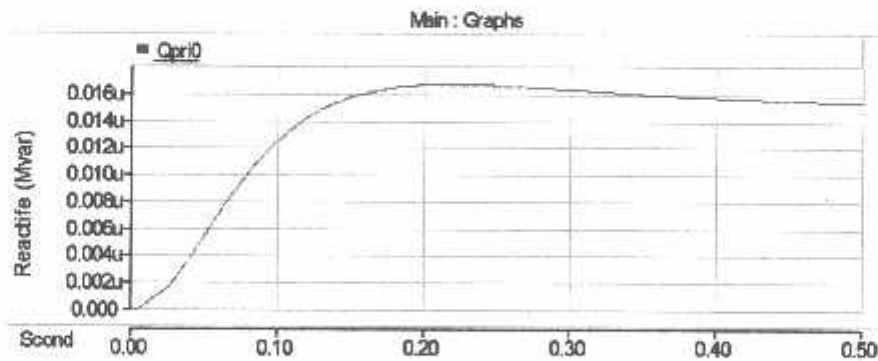
$$50 + 150 + 350$$

4.5. Hasil Pengukuran dan Simulasi Sebelum Kompensasi Filter Harmonik Dan PFC

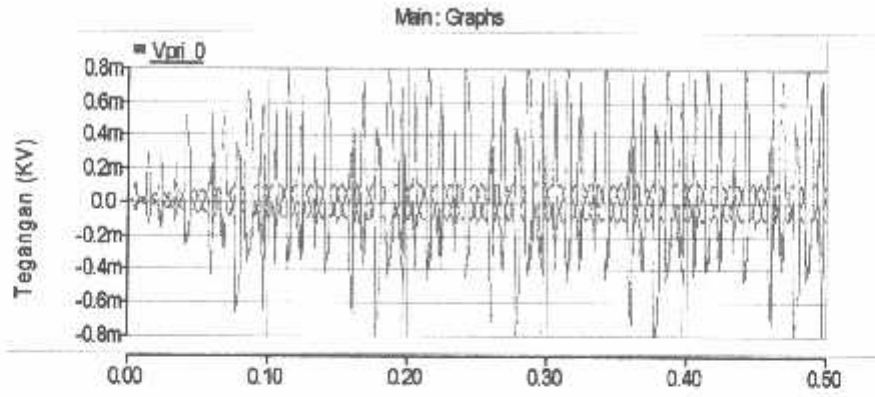
Pada simulasi awal, Komponen Filter Harmonik Dan *PFC* tidak melakukan kompensasi sama sekali. Filter Harmonik ini belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban, *PFC* tidak memberikan suplai VAR maupun Penyerapan VAR pada beberapa kondisi pengujian, maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan *Filter Harmonik Dan PFC*:



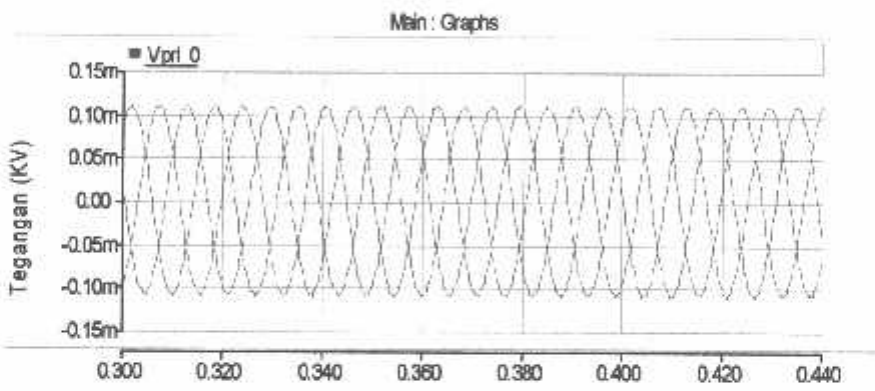
Grafik-1
Bentuk Gelombang Reactife Terhadap Waktu (Tanpa Kompensasi)



Grafik-2.
Bentuk Gelombang Reactife Terhadap Waktu
(dengan kompensasi *Harmonik Filter dan PFC*)



Grafik- 3
Bentuk Gelombang Tegangan Terhadap Waktu (Sebelum Kompensasi)



Grafik- 4
Bentuk Gelombang Tegangan Terhadap Waktu
(dengan kompensasi Harmonik Filter dan PFC)

Tabel 4.7. Hasil Pengukuran Tanpa Kompensasi

BUS	V_{RMS}	VTHD (%)	I_{RMS}	ITHD (%)	PF
INDUK	395	6.7	137.8	7.5	88.42
PENGGILINGAN	397	7.3	81.3	10.7	90.45
SORTASI	399	7.8	35.7	9.2	87.15
PENGEMASAN	395	5.2	30.4	7.2	91.23
PENGERINGAN	396	3.3	87.1	12	92.15
PELAYUAN	397	2.1	81.3	10.5	93.17

Tabel 4.8. Hasil Simulasi Tanpa Kompensasi

BUS	Sebelum Dipasang Filter				
	Tegangan (pu)	THD (%)	ORDER	MVAR	PF
PANEL INDUK	0.902	6.70	5	47.55	88.42
PANEL PENGGILINGAN	0.904	7.30	5	61.87	90.45
PANEL SORTASI	0.985	7.80	5	32.50	87.15
PANEL PENGEMASAN	0.903	5.20	5	30.22	91.23

Berdasarkan tabel 4.7 dan 4.8 dapat dilihat bahwa tanpa kompensasi THD lebih dari 5% dan faktor daya 0,88 rugi daya reaktif sebesar 0.47 Mvar, disebabkan karena suplai Var dari beban yang terpasang tidak merata karena terpisahkan oleh bus maupun saluran (kabel) yang juga menimbulkan *drop voltage*

Tabel 4.9. Hasil Simulasi menggunakan Filter Dan PFC

BUS	Setelah Dipasang Filter dan PFC				
	Tegangan (pu)	THD (%)	ORDER	MVAR	PF
PANEL INDUK	0.9942	4.75	5	17.98	99.03
PANEL PENGGILINGAN	0.9942	4.83	5	17.94	95.70
PANEL SORTASI	0.9942	4.08	5	12.95	94.64
PANEL PENGEMASAN	0.9942	3.98	5	12.03	95.32

Berdasarkan simulasi table 4.9 di atas tampak bahwa tegangan, arus dan daya mengalami penurunan dan kenaikan.

Keadaan sistem jauh lebih stabil dengan penempatan Filter Dan *PFC* pada bus induk Hal ini dapat diamati pada simulasi sistem dengan kondisi yang stabil.

4.6. Dasar Penempatan Filter Dan PFC

Dasar penempatan *Filter Harmonik* dan *PFC* pada bus induk adalah untuk mempermudah pengontrolan tiap bus dan bisah mereduksi harmonic serta dapat menaikkan ($\cos \varphi$) dan kesetabilan kondisi *setesdey state* pada sistem.

Tabel 4.10. Perbandingan Kompensasi Filter Dengan Kompensasi PFC

BUS	Sebelum Di Kompensasi					Setelah Dipasang Filter dan PFC				
	Tegangan (pu)	THD (%)	ORDER	Kvar	PF	Tegangan (pu)	THD (%)	ORDER	Kvar	PF
PANEL INDUK	0.902	6.70	5	47.55	88.42	0.9942	4.75	5	17.98	99.03
PANEL PENGGIJINGAN	0.904	7.30	5	61.87	90.45	0.9942	4.83	5	17.94	95.70
PANEL SORTASI	0.985	7.80	5	32.50	87.15	0.9942	4.08	5	12.95	94.64
PANEL PENGEMASAN	0.903	5.20	5	30.22	91.23	0.9942	3.98	5	12.03	95.32

Berdasarkan tabel 4.10 di atas bahwa penyaturan daya lebih optimal dengan penurunan THD dari 6.7 di reduksi menjadi 4.7 dan meningkatnya PF dari 88.42 menjadi 99.03. dan mengalami perbaikan pada saat menggunakan kompensasi Filter dan PFC. dimana sistem dalam keadaan setabil.



BAB V

P E N U T U P

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa pemasangan *harmonic* filter dan PFC untuk kompensasi pada sistem kelistrikan di PTPN XII kertowono, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemasangan *harmonic* filter mampu menurunkan VTHD sistem dari 6.70 % menjadi 4.75 %.
Dengan menurunnya VTHD pada sistem, maka dapat menurunkan kebutuhan daya reaktif sebesar : 29.53 KVar
2. Pemasangan PFC (*Power Faktor Corection*) mampu Menaikkan ($\text{Cos } \varphi$) sistem dari 0.88 menjadi 0.99
3. Tegangan dalam pada sistem kelistrikan di PT. Perkebunan Nusantara XII (Persero) Kertowono, mengalami peningkatan dari 396 V menjadi 437 V

5.2. Saran

Untuk menganalisis *harmonisa*, jika memungkinkan sebaiknya dapat di peroleh data Perusahaan agar dapat di ketahui karakteristik beban yang dipakai Di perusahaan dengan melihat penurunan dan kenaikan tegangan.



DAFTAR PUSTAKA

1. Fathor Rahman, ASS. Teknik/ Pengolahan di PTPN XII Kertowono
2. Basri, Hasan, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta : ISTN, 1997).
3. Djiteng, Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik* (Jakarta : ISTN, 1990).
4. J. Arrillaga, D.A. Bradley dan P.S. Brodger, "*Power System Harmonics*", Jhon Wiley & Sons,1985.
5. Roger C. D., Mark F., McGragnaghan dan H. Wayne Beaty, "*Electrical Power System Quality*", McGraw-Hill, New York, 1996.
6. Saadat, Hadi. "*Power System Analysis*", Singapore: McGraw Hill Inc, 1999, p.20.
7. .Dr. Shaahin Filizadeh "*Disegen and implemetation of vector PWM Control*."
8. William D. Stevensen. JR "*desigen and impelementation of solid power faktor corection*
http://www.power_faktor_corection/capacitors/ener.html



LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Fajar Andi Sutowo

lahir di Kota Lumajang pada tanggal 05 Mei 1984.

Penulis adalah anak pertama dari 4 bersaudara.

Bapak bernama Fathur Rahman dan ibu bernama Lilik.

Sedangkan adik bernama: yulia diwi rahmawati

Tofan andi sutowo

Fehri andi sutowo

Penulis tinggal di sebuah desa di lumajang yaitu

di Dawuhanlor Rt 53 Rw 15 Dawuhan

Kecamatan Sukodono Kabupaten Lumajang.

Selama ini penulis telah menyelesaikan pendidikan di :

TK GUCLALIT Kertosono Lumajang (tahun 1989 - 1991)

SDN 05 Sukodono Lumajang (tahun 1991 - 1997)

SMPN 01 Sukodono Lumajang (tahun 1997 - 2000)

Smk 17 Lumajang (tahun 2000 - 2003)

Institut Teknologi Nasional Jurusan Sistem Tenaga (tahun 2005 - 2008)

"Waktu yang berjalan takkan dapat terulang kembali, karena itu gunakanlah waktu sebaik-baiknya. Dan jangan biarkan waktu terbuang begitu saja. Sebisa mungkin buatlah hari ini menjadi lebih baik dari hari kemarin. Dan waktu esok lebih baik dari waktu ini."



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : FAJAR ANDI SUTOWO
NIM : 03.12.037
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN
PFC (*POWER FAKTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN
PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA
DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA12 (PERSERO)
KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION.

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 18 Maret 2008
Dengan Nilai : 84.75 (A) *84*



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP.Y. 1018100036

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1039500274

Penguji Pertama

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP. Y. 1028400082

Anggota Penguji

Penguji Kedua

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)
NIP. Y. 1018800188



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1)
yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 24 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Fajar Andi Sutowo
2. NIM : 03.120.37
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION.*

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket.
1.	Abstrak di perbaiki	
2.	Latar belakang pustakanya belum ada	
3.	Dasar penentuan menggunakan filter jenis single apa	
4.	Masukkan BAB III PWM dasar menggunakan IGBT	
5.	Halaman 78 Gambar 4.1 single line	
6.	Jelaskan 84 – 88 jelaskan secara hasil penelitian dg teori ato jurnal	

Anggota Penguji

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP. Y. 1028400082

Dosen Pembimbing I

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP.Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.Y. 1028700172



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Fajar Andi S.
NIM : 0312037
Perbaikan meliputi :

- Abstraknya diperbaiki ?
- Latar belakang sustanya belum ada ?
- Dasar Perencanaan menggunakan Filter jenis Single Apa ?
- Struktur BAB III, u/ PWM dasar menggunakan 1GBT
- hal 78 Gambar 4.1 Single line ?
- hal 84-88 ~~ditik~~. Jelaskan secara hasil penelitian dg teori atau jurnal

Malang, 24 sept. 2008

(_____)



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 24 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Fajar Andi Sutowo
2. NIM : 03.120.37
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Gambar grafik diberi keterangan	
2.	Dasar penempatan filter dan PFC	

Anggota Penguji

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)
NIP. Y. 1018800188

Dosen Pembimbing I

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP.Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP.Y. 1028700172



Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Fajar Andi S
NIM : 0312037
Perbaikan meliputi :

- Gambar grafik diberikan keterangan
- Dasar penempatan filter dan PFC.

Malang, 24 Sept 2008

()



FORMULIR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/T. ENERGI LISTRIK S-1

1.	Nama Mahasiswa : Fajar Andi Sutowo	Nim : 03.12.037		
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal	Bulan	Tahun
			Juni	2008
Spesifikasi Judul *)				
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektro Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. Lainnya		
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :	Ketua Jurusan,		
	<i>Ir. Yusuf Ismail N, MT</i>		Ir. Yudi Linpraptono, MT NIP. Y. 1039500274	
5.	Judul yang diajukan Mahasiswa :	ANALISIS PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (POWER FAKTOR CONTROL) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 12 (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULAION		
6.	Perubahan Judul yang Disetujui Dosen materi bidang ilmu :			
7.	Cacatan :			
8.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, Dosen	, 2008	
			Ir. Yusuf Ismail Nakhoda MT NIP. Y. 1018900189	

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* ... setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. *) dilingkari a, b, c, ... atau f, sesuai bidang Keahlian.
3. **) diisi oleh Jurusan.

Form.S-2

ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 12 (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*



SKRIPSI

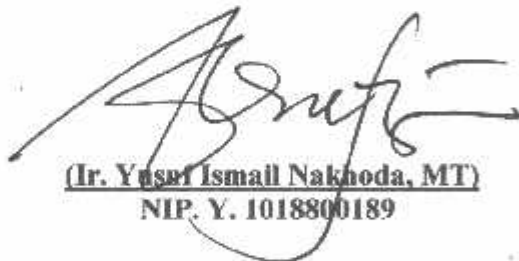
Disusun Oleh :

FAJAR ANDI SUTOWO
03.12.037

Malang, September 2008

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I



(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II





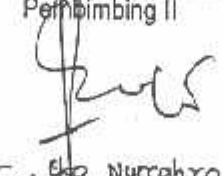
(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP. Y. 1028700172

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S - 1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: FAJAR AMDI SUTOWO		Nim: 03.12.037	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	23-06-08		Ruang:
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang**)				
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a.	Sistem Tenaga Elektrik	<input type="checkbox"/> e.	Elektronika & Komponen
	<input type="checkbox"/> b.	Energi & Konversi Energi	<input type="checkbox"/> f.	Elektronika Digital & Komputer
	<input type="checkbox"/> c.	Tegangan Tinggi & Pengukuran	<input type="checkbox"/> g.	Elektronika Komunikasi
	<input type="checkbox"/> d.	Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> h.	lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (POWER FACTOR CONTROL) UNTUK PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PY 12 (PERCERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
6.	Catatan:			
Persetujuan Judul Skripsi				
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
	Mengetahui, Ketua Jurusan.		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs	
	 <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274		Pembimbing I  <u>Yusuf Ismail Nakhid</u> (NIP. Y. 1012800183)	Pembimbing II  <u>Eko Nurcahyo</u> (NIP. Y. 102870094)

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c,atau g sesuai bidang keahlian



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

RSEKRO MALANG
JAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553016 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 25 Agt, 2008

or : ITN-275/LTA/2/08
piran : -
ial : BIMBINGAN SKRIPSI

ada : Yth. Sdr. **IR. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : FAJAR ANDI SUTOWO
Nim : 0312037
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

03 Mei 2008 s/d 03 Nopember 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 4039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S 4a



PERNYATAAN KESEDIAAN SEBAGAI DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :

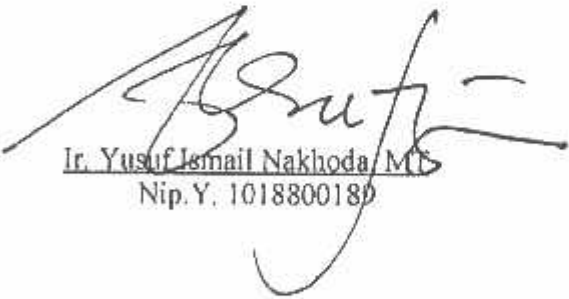
Nama : Fajar Andi Sutowo
Nim : 03.12.037
Semester : X
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : ENERGI LISTRIK

Dengan ini menyatakan bersedia / tidak bersedia *) menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping *) , untuk penyusunan Skripsi Mahasiswa tersebut dengan judul :

"ANALISIS PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (POWER FAKTOR CONTROL) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 12 (PERSERO)KERTOWONO MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION"

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, Juni 2008
Yang Membuat Pernyataan,



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Nip. Y. 1018800180

Catatan

1. Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan mahasiswa/l yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut.
2. *) Coret yang tidak perlu



Malang, 11 Juni 2008

Lampiran : Satu Lembar
Perihal : **Kesediaan Sebagai
Dosen Pembimbing**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Dosen Jurusan Elektro/ T.Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
di-
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fajar Andi Sutowo
Nim : 03.12.037
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : ENERGI LISTRIK

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / ~~Pendamping~~ dari 1 atau 2 Dosen Pembimbing, untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

**“ANALISIS PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC
(POWER FAKTOR CONTROL) UNTUK PERBAIKAN PROFILE
TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN
NUSANTARA 12 (PERSERO)KERTOWONO MENGGUNAKAN
SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION”**

Seperti proposal terlampir.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sjana Teknik pada jurusan Teknik Elektro.

Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Malang, 11 Juni 2008

Pemohon,

Fajar Andi Sutowo
Nim : 03.12.037



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : FAJAR ANDI SUTOWO
Nim : 03.12.037
Masa Bimbingan : 3 Mei 2008 s/d 3 Desember 2008
Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	04 - 08 - 2008	Bimbingan Bab I,II,III & IV	
2	08 - 08 - 2008	Bimbingan Bab IV .	
3	09 - 08 - 2008	Bimbingan Perbaikan Bab IV	
4	15 - 08 - 2008	Bimbingan Perbaikan Analisa Grafik & Penambahan Kesimpulan	
5	16 - 08 - 2008	Bimbingan Perbaikan Bab IV dan Pengajuan Makalah Seminar	
6	17 - 08 - 2008	Periksa Kembali Format Penulisan Makalah Seminar	
7	15 - 09 - 2008	Acc Makalah Seminar Hasil	
8	20 - 09 - 2008	Konsultasi seluruh Bab	
9	22 - 09 - 2008	Acc Ujian Skripsi	
10			

Malang, September 2008
Dosen Pembimbing I

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189

Form S-4b



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

INI (PERSERO) MALANG
ANK NIAGA MALANG

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 25 Agt, 2008

Nomor : ITN-276/I.TA/2/08
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr. **IR. EKO NURCAHYO**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : FAJAR ANDI SUTOWO
Nim : 0312037
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai
tanggal :

03 Mei 2008 s/d 03 Nopember 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a



PERNYATAAN KESEDIAAN SEBAGAI DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :


Nama : Fajar Andi Sutowo
Nim : 03.12.037
Semester : X
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : ENERGI LISTRIK

Dengan ini menyatakan **bersedia / tidak bersedia** *) menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping *) , untuk penyusunan Skripsi Mahasiswa tersebut dengan judul :

"ANALISIS PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (POWER FACTOR CONTROL) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA 12 (PERSERO)KERTOWONO MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION"

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 11 Juni 2008
Yang Membuat Pernyataan,


Ir. Eko Nurcahyo
Nip. Y. 1028700172

Catatan :

1. Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan mahasiswa/l yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut.
2. *) Coret yang tidak perlu



Malang, 11 Juni 2008

Lampiran : Satu Lembar
Perihal : **Kesediaan Sebagai
Dosen Pembimbing**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. Eko Nurcahyo
Dosen Jurusan Elektro/ T.Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
di-
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fajar Andi Sutowo
Nim : 03.12.037
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : ENERGI LISTRIK

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping dari 1 atau 2 Dosen Pembimbing, untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

**"ANALISIS PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC
(POWER FAKTOR CONTROL) UNTUK PERBAIKAN PROFILE
TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN
NUSANTARA 12 (PERSERO)KERTOWONO MENGGUNAKAN
SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION"**

Seperti proposal terlampir.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sajana Teknik pada jurusan Teknik Elektro.


Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Malang, 11 Juni 2008

Pemohon,


Ir. F. Yudi Simpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274


Fajar Andi Sutowo
Nim : 03.12.037



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : FAJAR ANDI SUTOWO
Nim : 03.12.037
Masa Bimbingan : 3 Mei 2008 s/d 3 Desember 2008
Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN PFC (*POWER FACTOR CORECTION*)UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO MENGGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	04 - 08 - 2008	Konsultasi Bab I,II,III	
2	08 - 08 - 2008	Konsultasi Bab IV.	
3	09 - 08 - 2008	Konsultasi Perbaikan Analisa Grafik & Penambahan Kesimpulan	
4	15 - 08 - 2008	Konsultasi Perbaikan Bab IV dan Kesimpulan	
5	16 - 08 - 2008	Periksa Kembali Format Penulisan Makalah Seminar dan Perbaikan Abstrak	
6	14 - 09 - 2008	Acc Makalah Seminar Hasil	
7	22 - 09 - 2008	Konsultasi seluruh Bab dan Acc Ujian Skripsi	
8			
9			
10			

Malang, September 2008
Dosen Pembimbing II

Ir. Eko Nurcahyo
NIP. Y. 1028700172

Form S-4b



SURAT PERMOHONAN

Dengan Hormat,

Yang bertandatangan sebagai pemohon, saya mahasiswa dengan Identitas sebagai berikut :

Nama : Fajar Andi. S
Nim : 03.12.037
Jurusan : Teknik Elektronika S1
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Keperluan : Pengukuran Power Faktor
Waktu : Tgl 17 April 2008

Mengajukan permohonan peminjaman dan penggunaan alat untuk keperluan sebagaimana yang tercantum diatas.

Daftar Peralatan Yang Dipinjam

No	Kode Alat	Nama Alat	Trade Mark
1	3286-20	CLAMP ON POWER HI TESTER	HIOKI
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Catatan : 1. Sanggup mentaati tata tertib Laboratorium Konversi Energi Elektrik
2. Apabila terjadi kerusakan pada alat yang digunakan saya sanggup mengganti.

Demikian surat permohonan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat dipertanggung jawabkan, Terima Kasih.

Asisten Pendamping

Anduk Sandra
03.12.078

Ka. Lab. Konversi Energi Elektrik



Pemohon

Fajar Andi S
03.12.037

SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1
Hari / Tanggal : Senin / 23 Juni 2008

No	Waktu	Nama / Nim	Judul Makalah	Pembimbing Kebompok Dosen Keahlian	Ruang
1	09.00 - 09.45	<u>Fipit Pibransig</u> 0212024	Perancangan dan Pembuatan Alat Pengatur Putaran Motor DC Menggunakan Algorithm Pid Controller Berbasis Mikrokontroler AT mega 8535	Ir. Widodo Pudji M, MT Ir. Eko Nurcahyo 1. Ir. M. Abdul Hamid, MT 2. Teguh Herbasuki, MT	
2	09.45 - 10.30	<u>Dito Handiyo</u> 0012152	Analisa Penempatan Kapasitor Shunt Untuk Mereduksi Rugi Rugi Daya Menggunakan Metode Fuzzy Dynamic Programming Pada Gardu Induk Pakis Malang	Ir. Teguh Herbasuki, MT Ir. H. Choirul Saleh, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	
3	10.30 - 11.15	<u>Dicki Imansyah</u> 0212084	Analisa Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Generator Induksi 3 Fasa di Laboratorium Konversi Energi Listrik ITN Malang Dengan Menggunakan Software Matlab	Ir. M. Abdul Hamid, MT Bambang Prio Hartono, ST, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. H. Choirul Saleh, MT	Seminar Lantai 1
4	11.15 - 12.00	<u>Fajar Andi S</u> 0312037	Analisa Pemasangan Filter Harmonik dan PFC (Power Factor Control) Untuk Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya Di PT Perkebunan Nusantara 12 (Persero) Kertowono Menggunakan Software PSCAD Power System Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Ir. Eko Nurcahyo 1. Ir. H. Choirul Saleh, MT 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	
5	12.00 - 12.45	<u>Abdul Somad</u> 0312024	Analisa Pemasangan Filter Harmonik dan SVC (Static Var Compensator) Untuk Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya di PT Pupuk Kalimantan Timur Menggunakan Software PSCAD Power System Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Ir. H. Choirul Saleh, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	



Mengetahui

Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT

Nip. Y. 1039500274

Hari / Tanggal : Selasa / 16 September 2008

No	Waktu	Nama / Nim	Judul Makalah	Dosen Pengamat & Moderator	Ruang
1.	09.00 - 09.45	<u>Dimas Risiyono B</u> 0012088	Analisa Koordinasi Relay Arus Lebih Menggunakan Metode Neider Mend Siptex Pada Sistem Interkoneksi Saluran 70 Kv Di UPT Malang	Ir. Teguh Herbasuki, MT Irrine Budi S, ST, MT 1. Ir. M. Abdul Hamid, MT 2. Bambang Prio H, ST, MT	AMPL 2 LANTAL 3
2.	09.45 - 10.30	<u>Bambang Setiawan</u> 0212034	Analisa Kualitas Tegangan Pada Sistem Motor Induksi Akibat Adanya Voltage SAG Menggunakan Matlab Simulink	Ir. M. Abdul Hamid, MT Irrine Budi S, ST, MT 1. Ir. Teguh Herbasuki, MT 2. Bambang Prio H, ST, MT	
3.	10.30 - 11.15	<u>Holilul Rahman</u> 0112134	Kecepatan Motor Induksi Tiga Phasa Dengan Metode Direct Torque Control Di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang	Ir. M. Abdul Hamid, MT Ir. Teguh Herbasuki, MT 1. Irrine Budi S, ST, MT 2. Bambang Prio H, ST, MT	
4.	11.15 - 12.00	<u>Khairuddin</u> 0112162	Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Metode Field Oriented Control Di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang	Ir. M. Abdul Hamid, MT Bambang Prio H, ST, MT 1. Ir. Teguh Herbasuki, MT 2. Irrine Budi S, ST, MT	
5.	12.00 - 12.45	<u>Yudhy Tri N</u> 0312047	Analisa Pengaturan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Sogfware Station Di PT Perkebunan Nusantara XII (Persero)	Ir. M. Abdul Hamid, MT Ir. Yusuf Ismail Nkhoda, MT 1. Ir. H. Choirul Saleh, MT 2. Ir. Eko Nurcahyo	
6.	12.45 - 13.30	<u>Hendri Irawan</u> 0312003	Analisa Perbandingan Static Var Compasator (Svc) Dan Power Factor Correction (PFC) Untuk Mereduksi Daya Reaktif Pada Perusahaan Total E&P Indonesia Menggunakan Software Pscad/Emtic Power Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nkhoda, MT Ir. H. Choirul Saleh, MT 1. M. Abdul Hamid, MT 2. Ir. Eko Nurcahyo	
7.	13.30 - 14.15	<u>Isjar Andi S</u> 0312037	Analisa Pemasangan Filter Harmonik dan PFC (Power Factor Correction) Untuk Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya Di PT Perkebunan Nusantara 12 (Persero) Kertowono Menggunakan Software PSCAD Power System Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nkhoda, MT Ir. Eko Nurcahyo 1. Ir. H. Choirul Saleh, MT 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	

Catatan :

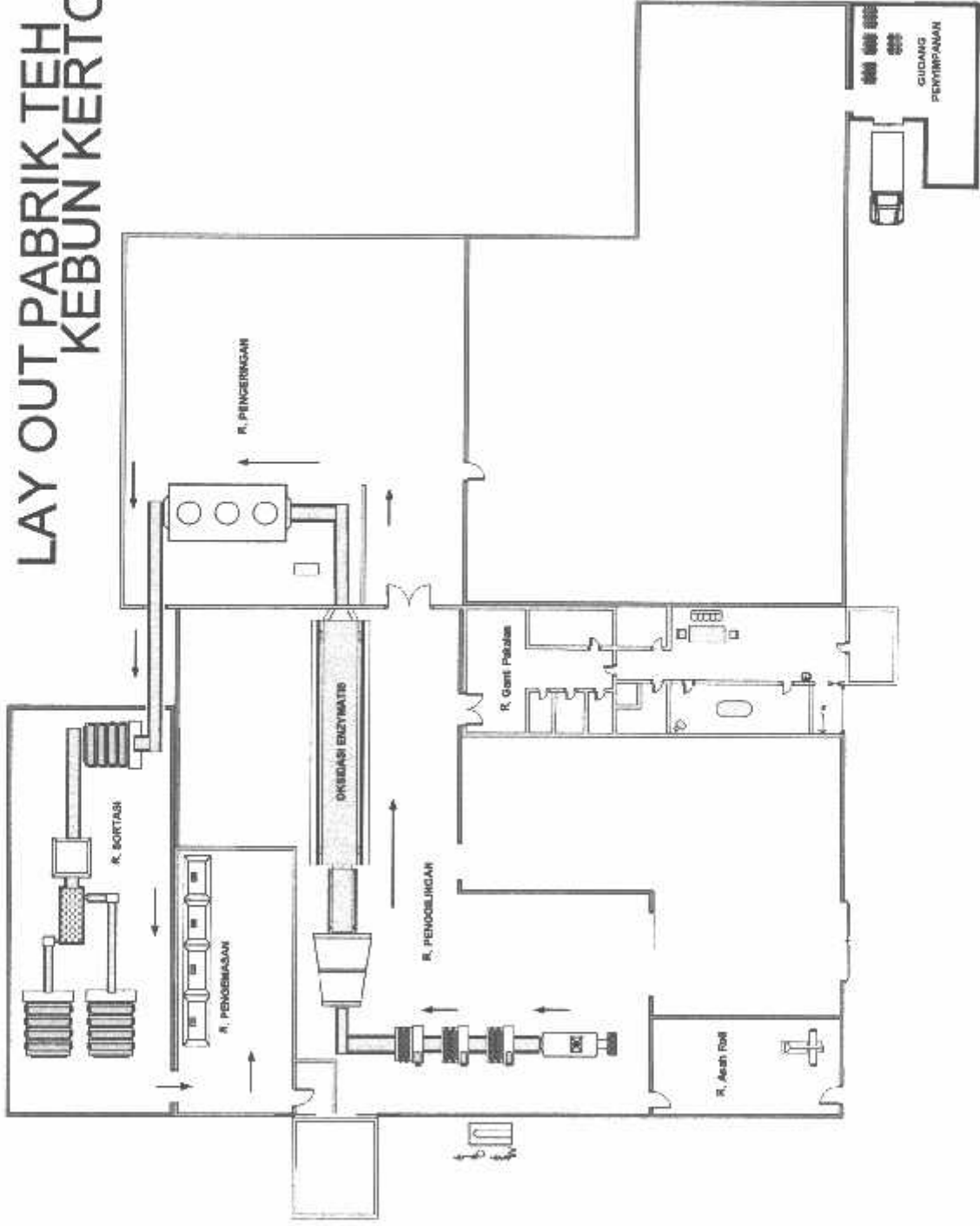
- Peserta seminar wajib membawa kartu seminar, semua mahasiswa tingkat akhir wajib hadir
- ada absensi kehadiran
- Pakaian rapi baju putih, bewaham hitam, berdasai dan besepatu hitam



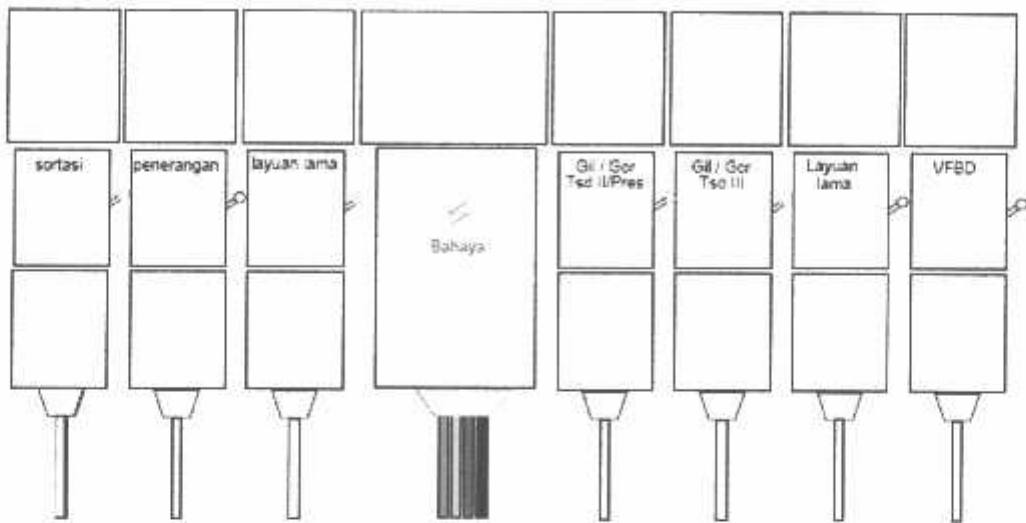
Mengetahui
Kepetua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y.1039500274

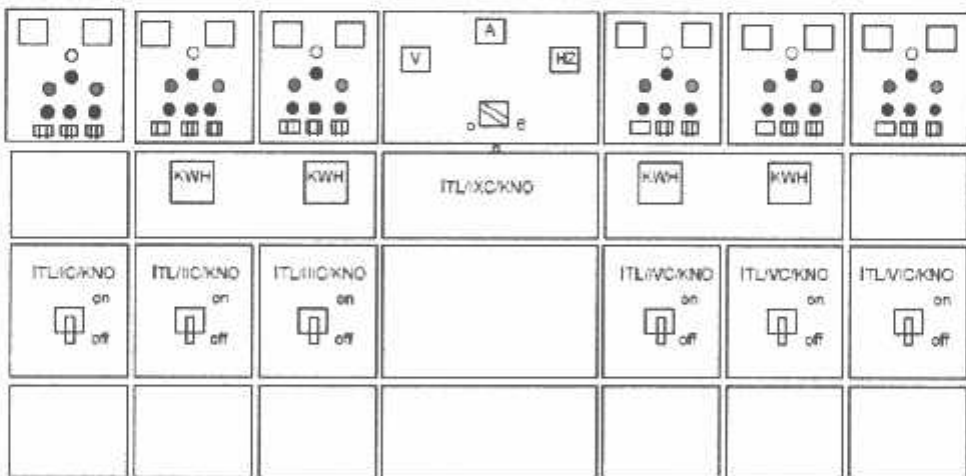
LAY OUT PABRIK TEH KEBUN KERTOWONO



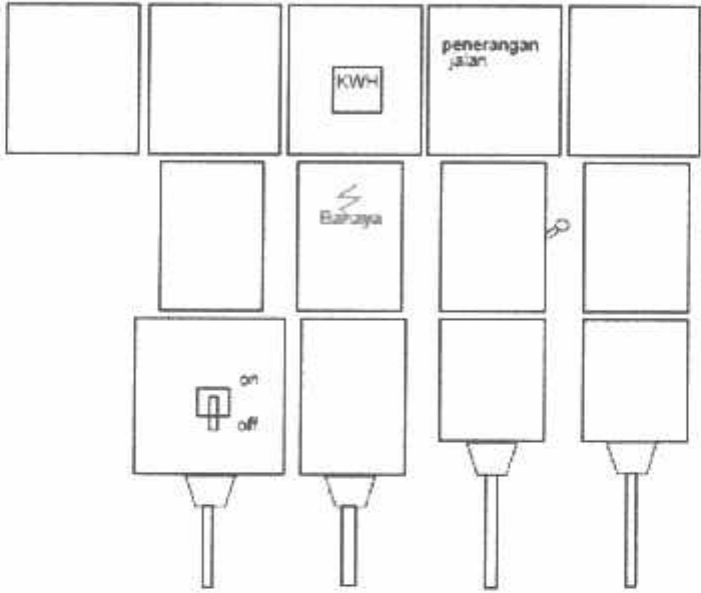
TATA LETAK PANEL
DI RUANG PLTD



TATA LETAK PANEL
DI RUANG PLTD



TATA LETAK PANEL
DI RUANG PLTD



DATA HASIL PENGUKURAN *TOTAL HARMONIC DISTORTION* (THD)
DI PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO

BUS	V _{RMS}	VTHD (%)	I _{RMS}	ITHD (%)	PF
INDUK	395	6.7	137.8	7.5	88.42
PENGGILINGAN	397	7.3	81.3	10.7	90.45
SORTASI	399	7.8	35.7	9.2	87.15
PENGEMASAN	395	5.2	30.4	7.2	91.23
PENGERINGAN	396	3.3	87.1	12	92.15
PELAYUAN	397	2.1	81.3	10.5	93.17

Pengukuran dilakukan pada bus-bus besar yang dianggap merupakan penghasil harmonisa terbesar, yaitu peralatan yang mempunyai *drives* di DI PT.PERKEBUNAN NUSANTARA XII (PERSERO) KERTOWONO.

Di ukur oleh:

Nama : Fajar Andi S
NIM : 0312037
Mahasiswa : Institut Teknologi Nasional Malang
Jurusan : Teknik Elektro Energi Listrik S-1

Kertowono, 12 Mei 2008

MANAJER,



M. H. SUBARTO A. OMPOKO

ASS. TEKNIK/ PENGOLAHAN,



FATHOL RAHMAH

TABEL DATA PANEL INDUK

ORDE HARMONISA	ARUS						TEGANGAN	
	I_R		I_S		I_T		V	%
	A	%	A	%	A	%		
1	32.3	100	32.2	100	33.8	100	398	100
2	1	0.4	1	0.4	-	0.1	-	0.1
3	9	0.8	5	1.6	7	2.1	-	0.2
4	-	0.3	-	0.2	-	-	-	-
5	21	6.4	19	5.9	22	6.2	10	2.6
6	8	0.1	-	-	-	0.1	0	-
7	-	2.3	5	1.5	8	2.5	4	1.1
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1	0.1	-	0.1	2	0.6	-	0.1
10	1	-	-	-	-	-	-	-
11	-	0.4	1	0.4	3	0.8	-	0.3
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	0.2	2	0.6	-	0.1
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	0.2	-	-	1	0.3	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	0.2	-	0.2	-	0.3	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	0.2	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-
THD %	7.4		7.6		7.6		6.7	

Panel Induk				
PR	127.4	PI	32.6	KW
SR	133.2	SI	137.2	KVA
QR	38.9	QT	133.3	
COSQ	0.956	COSQ	0.237	LOG
V	397	V	399	A
I	336	I	344	V
COSQ TOTAL : 0.88				

KERTOWONO, 12 MEI 2008

TABEL DATA PENGGILINGAN

ORDE HARMONISA	ARUS						TEGANGAN	
	I_R		I_S		I_T		V	%
	A	%	A	%	A	%		
1	86.2	100	102.3	100	101.4	100	396	100
2	1	1.1	0.7	0.7	0.5	0.5	1	0.3
3	0.4	0.4	1	1	0.5	0.5	1	0.3
4	0.3	0.4	0.2	0.2	0	0	-	0.1
5	4.6	5.4	6	5.8	5.2	5.1	6	1.6
6	0.2	0.3	0.1	0.1	0	0	-	0.1
7	2.7	3.2	3.5	3.5	2.3	2.2	7	1.8
8	-	0.1	0	0	0	0	-	-
9	0.1	0.2	1	1	0.1	0.1	-	-
10	0.1	0.2	0	0	0	0	-	-
11	0.2	0.2	0.9	0.9	0.3	0.3	-	0.1
12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-
13	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	-	-
14	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-
15	0.1	0.1	0.4	0.4	0	0	-	-
16	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	-	-
17	-	-	0.4	0.4	0	0	-	-
18	-	-	0	0	0	0	-	-
19	0.1	0.2	0.2	0.2	0	0	-	-
20	-	-	0	0	0	0	-	-
THD %	9.8		9.8		9.7		7.3	

Panel penggilingan				
PR	3.5	PI	31.7	KW
SR	34.1	SI	37.1	KVA
QR	33.9	QT	19.2	
COSQ	0.103	COSQ	0.856	LOG
V	86.1	V	92.6	A
I	396	I	400	V
COSQ TOTAL : 0,90				

KERTOWONO, 12 MEI 2008

TABEL DATA PANEL SORTASI

ORDE HARMONISA	ARUS						TEGANGAN	
	I_R		I_S		I_T		V	%
	A	%	A	%	A	%		
1	34.4	100	34.6	100	37.7	100	402	100
2	0.5	1.4	0.3	0.9	0	0.2	2	1.5
3	0.5	1.5	0.2	0.6	1.1	2.9	2	1.5
4	0.2	0.7	0.1	0.4	0.2	0.5	0	2.3
5	1.3	3.9	1.3	3.7	1.9	5.4	9	2.3
6	0.1	0.4	0	0.2	0.2	0.6	0	0.2
7	0.9	2.5	0.6	1.8	0.4	1.1	5	1.3
8	0.1	0.3	0	0.2	0	0.2	0	0
9	0.1	0.4	0.1	0.3	0.4	1	0	0.1
10	0	0.2	0	0.1	0	0.2	0	0
11	0	0.3	0	0.3	0.2	0.4	1	0.3
12	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.1
13	0	0.1	0	0.1	0.2	0.5	0	0
14	0	0.1	0	0.1	0	0.2	0	0
15	0	0.2	0	0.2	0.2	0.4	0	0
16	0	0.2	0	0.1	0	0.2	0	0
17	0	0	0	0.1	0.1	0.4	0	0
18	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0
19	0	0.3	0	0	0	0.2	0	0
20	0	0.1	0	0	0	0.2	0	0
THD %	9.8		9.8		9.7		7.8	

Panel sortasi				
PR	1.7	PI	11.8	KW
SR	13.7	SI	14.4	KVA
QR	13.6	QT	8.3	
COSQ	0.121	COSQ	0.818	LOG
V	34.1	V	36	A
I	403	I	401	V
COSQ TOTAL : 0,87				

KERTOWONO, 12 MEI 2008

TABEL DATA PANEL PENGEMASAN

ORDE ARMONIS.	ARUS						TEGANGAN	
	I_R		I_S		I_T		V	%
	A	%	A	%	A	%		
1	32.3	100	32.2	100	33.8	100	398	100
2	1	0.4	1	0.4	-	0.1	-	0.1
3	9	0.8	5	1.6	7	2.1	-	0.2
4	-	0.3	-	0.2	-	-	-	-
5	21	6.4	19	5.9	22	6.2	10	2.6
6	8	0.1	-	-	-	0.1	0	-
7	-	2.3	5	1.5	8	2.5	4	1.1
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1	0.1	-	0.1	2	0.6	-	0.1
10	1	-	-	-	-	-	-	-
11	-	0.4	1	0.4	3	0.8	-	0.3
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	0.2	2	0.6	-	0.1
14	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	0.2	-	-	1	0.3	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	0.2	-	0.2	-	0.3	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	0.2	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-
THD %	7.4		7.5		7.5		5.2	

Panel pengemasan				
PR	127.4	PI	32.6	KW
SR	133.2	SI	137.2	KVA
QR	38.9	QT	133.3	
COSQ	0.956	COSQ	0.237	LOG
V	397	V	399	A
I	336	I	344	V
COSQ TOTAL : 0,91				

KERTOWONO, 12 MEI 2008

TABEL DATA PENGERINGAN

ORDE HARMONISA	ARUS						TEGANGAN	
	I_R		I_s		I_T		V	%
	A	%	A	%	A	%		
1	86.5	100	90.3	100	88.2	100	397	100
2	0.8	0.9	0.4	0.4	0.4	0.4	1	0.3
3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.4	0	0.1
4	0.1	0.1	0.1	0.2	-	0.1	-	-
5	0.1	7.1	6.3	7	6.3	7.1	9	2.3
6	0.6	0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	-	-
7	2.2	2.6	1.5	1.7	1.9	2.2	5	1.3
8	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-
9	0.3	0.4	0.1	0.1	-	-	0	0.1
10	0.2	0.3	-	-	-	-	-	-
11	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3	0.4	1	0.3
12	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	-	0.2
14	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-
15	0.2	0.2	-	-	0.1	0.1	-	-
16	0.3	0.3	-	0.1	0.1	-	-	-
17	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	-	-
18	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	-	-	-
19	-	0.1	-	-	-	-	-	-
20	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	-	-
THD %	9.9		9.8		9.9		3.3	

Panel pengeringan				
PR	31.8	PI	7.2	KW
SR	34.3	SI	35.7	KVA
QR	12.8	QT	35	
COSQ	0.92	COSQ	0.201	LOG
V	86	V	89.1	A
I	399	I	401	V
COSQ TOTAL : 0,92				

KERTOWONO, 12 MEI 2008

TABEL DATA PANEL PELAYUAN

ORDE HARMONISA	ARUS						TEGANGAN	
	I_R		I_S		I_T		V	%
	A	%	A	%	A	%		
1	82.1	100	80.8	100	81.1	100	400	100
2	0.5	0.7	0.3	0.3	-	-	-	-
3	0.6	0.7	0.5	0.6	1.2	1.5	-	0.1
4	0.2	0.2	0.1	0.1	-	-	-	-
5	3.8	4.7	3.5	4.4	4.2	5.2	9	2.3
6	0.2	0.2	-	-	0.1	0.2	-	-
7	1.8	2.2	1.2	1.5	1.1	1.4	7	1.9
8	0.1	0.2	-	-	-	-	-	-
9	0	0	-	-	0.4	0.5	-	-
10	-	-	-	-	0	0	-	-
11	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	0.1
12	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	0.2	0.2	0.3	0.4	-	0.2
14	-	0.1	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	0.1	0.2	-	-
16	-	-	0	0.1	-	-	-	-
17	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	0.1	0.1	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-
THD %	9.8		9.8		9.7		2.1	

Panel pelayuan				
PR	30.8	PI	2.1	KW
SR	34.7	SI	35.5	KVA
QR	16	QT	35.5	
COSQ	0.887	COSQ	0.06	LOG
V	407	V	403	A
I	86	I	88.2	V
COSQ TOTAL : 0.93				

KERTOWONO, 12 MEI 2008

DATA SALURAN KABEL

BUS	Diameter Kabel	Panjang saluran (M)	Impedansi	
			R	XL
INDUK	4 X 125 mm ²	8	6.61	0.0012
PENGGILINGAN	4 X 16 mm ²	63.5	7.19	0.0013
SORTASI	4 X 10 mm ²	13.4	2.07	0.00038
PENGEMASAN	4 X 10 mm ²	18	2.07	0.00038
PENGERINGAN	4 X 16 mm ²	63.5	2.13	0.00038
PELAYUAN	4 X 10 mm ²	122	9.26	0.0017

DATA MOTOR LISTRIK R.PENGEMASAN

No	Jenis Alat/ Sarana Pengolahan	Merek/ Type	Kapasitas (kg)	Motor Penggerak				Keterangan
				Daya (HP)	Volt	Ampere	Rpm.	
1	Conveyor VFBD 1	FA TEHA	450	1	380 Y	2	1500	Beroperasi
2	Conveyor VFBD 2	FA TEHA	450	2	380 Y	3	1500	Beroperasi
3	Pengeringan/ VFBD	INDIA	450	4	380 Y	6	1400	Beroperasi
4	Siklon Basah 1	INDIA	-	7.5	380 Y	8	1500	beroperasi
5	Siklon Basah 2	INDIA	-	7.5	380 Y	8	1500	beroperasi
3	Siklon Basah 3	INDIA	-	7.5	380 Y	8	1500	beroperasi
7	Pendorong/ vibro	INDIA	-	5	380 Y	7	1500	beroperasi
3	Motor Esentrik	INDIA	-	15	380 Y	20	1500	beroperasi
3	Main Fan VFBD	INDIA	-	40	380 Y	58.5	1460	beroperasi
0	Cristin/ Blower asap	INDIA	-	5	380 Y	7	1440	beroperasi
1	Conveyor Pengeluar Kering 1	FA TEHA	200	1	380 Y	2	1500	Beroperasi
2	Conveyor Pengeluar Kering 2	FA TEHA	-	1	380 Y	2	1500	Beroperasi
3	Coveyor FBD	FA TEHA	-	3	380 Y	4	1500	Beroperasi
4	Pengering FBD/ Fid Belt Dier	BT SURABAYA	-	3	380 Y	4	960	Beroperasi
5	Pendingin FBD	BT SURABAYA	-	5	380 Y	7	1500	Beroperasi
6	Main Fan FBD	BT SURABAYA	-	25	380 Y	30	1460	beroperasi
7	Exhaust Fan Cristin FBD	BT SURABAYA	-	15	380 Y	20	1500	beroperasi
8	Esentrik	BT SURABAYA	-	4	380 Y	6	1460	Beroperasi
9	Exhaust Fan Room	IN KEMAJUAN	-	15	380 Y	20	1500	beroperasi
0	Conveyor Sambung FBD	FA TEHA	-	3	380 Y	4	1500	beroperasi
1	Conveyor Keluar	FA TEHA	-	3	380 Y	4	1500	beroperasi
2	Blower Pembuang Udara Bekas	BT SURABAYA	-	7.5	380 Y	8	1460	Beroperasi

**DATA MOTOR LISTRIK
R.PENGGILINGAN**

No	Jenis Alat/ Sarana Pengolahan	Merek/ Type	Kapasitas (kg)	Motor Penggerak				Keterangan
				Daya (HP)	Volt	Ampere	Rpm.	
1	Conveyor GLS	KERTOWONO	-	3	380 Y	4	1450	Beroperasi
2	GLS	KERTOWONO	1000	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
3	Exhaust Fan GLS	FA TEHA	18000 CFM	7.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
4	Rotor Vane 15 inci	FA TEHA	1000-1500	25	380	20	970	beroperasi
5	CTC Triplex 1	INDIA	1000	20	380	25	725	Beroperasi
6	CTC Triplex 2	INDIA	1000	20	380	25	725	Beroperasi
7	CTC Triplex 3	INDIA	1000	20	380	25	725	Beroperasi
8	Conveyor Googie 1	FA TEHA	-	1	380	2	1425	beroperasi
9	Conveyor Googie 2	FA TEHA	-	3	380	4	1425	beroperasi
10	Googie	SARIWANGI	1100	3	380	4	1500	beroperasi
11	Conveyor In Fermentasi	SARIWANGI	-	1	380	2	1500	beroperasi
12	Fermenting Machine 1	SARIWANGI	-	1	380	2	1500	beroperasi
13	Fermenting Machine 2	SARIWANGI	-	1	380	2	1500	beroperasi
14	Fermenting Machine 3	SARIWANGI	-	1	380	2	1500	beroperasi
15	Fermenting Machine 4	SARIWANGI	-	3	380	4	1500	beroperasi
16	Fermenting Machine 5	SARIWANGI	-	3	380	4	1500	beroperasi
17	Fermenting Machine 6	SARIWANGI	-	3	380	4	1500	beroperasi
18	Humidifier 1	BROMOLI	18 l/ jam	0.5	380	1	1500 ct	Beroperasi
19	Humidifier 2	BROMOLI	18 l/ jam	0.5	380	1	1500 ct	Beroperasi
20	Humidifier 3	BROMOLI	18 l/ jam	0.5	380	1	1500 ct	Beroperasi
21	Humidifier 4	BROMOLI	18 l/ jam	0.5	380	1	1500 ct	Beroperasi
22	Humidifier 5	BROMOLI	18 l/ jam	0.5	380	1	1500 ct	Beroperasi
23	Humidifier 6	BROMOLI	18 l/ jam	1	380	2	1500 ct	Beroperasi
24	Humidifier 7	BROMOLI	18 l/ jam	1	380	2	1500 ct	Beroperasi
25	Water Ciller	JEPANG	-	5	380	7	1500	Beroperasi
26	Water Ciller	JEPANG	-	1	380	2	1500	Beroperasi

**DATA MOTOR LISTRIK
R.PELAYUAN**

No	Jenis Alat/ Sarana Pengolahan	Merek/ Type	Kapasitas (kg)	Motor Penggerak				Keterangan
				Daya (HP)	Volt	Ampere	Rpm.	
1	Monorel	BOMA	2500	15	380 Δ	12	850	Beroperasi
2	Wethering Trought 1	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
3	Wethering Trought 2	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
4	Wethering Trought 3	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
5	Wethering Trought 4	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
6	Wethering Trought 5	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
7	Wethering Trought 6	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
8	Wethering Trought 7	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
9	Wethering Trought 8	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
10	Wethering Trought 9	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
11	Wethering Trought 10	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
12	Wethering Trought 11	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
13	Wethering Trought 12	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
14	Wethering Trought 13	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
15	Wethering Trought 14	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
16	Wethering Trought 15	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
17	Wethering Trought 16	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
18	Wethering Trought 17	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
19	Wethering Trought 18	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
20	Wethering Trought 19	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
21	Wethering Trought 20	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
22	Wethering Trought 21	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
23	Wethering Trought 22	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
24	Wethering Trought 23	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
25	Wethering Trought 24	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
26	Wethering Trought 25	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
27	Wethering Trought 26	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
28	Wethering Trought 27	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
29	Wethering Trought 28	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
30	Wethering Trought 29	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
31	Wethering Trought 30	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
32	Wethering Trought 31	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
33	Wethering Trought 32	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
34	Wethering Trought 33	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
35	Wethering Trought 34	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
36	Wethering Trought 35	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
37	Wethering Trought 36	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
38	Wethering Trought 37	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
39	Wethering Trought 38	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
40	Wethering Trought 39	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
41	Wethering Trought 40	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
42	Wethering Trought 41	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
43	Wethering Trought 42	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
44	Wethering Trought 43	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
45	Wethering Trought 44	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
46	Wethering Trought 45	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi

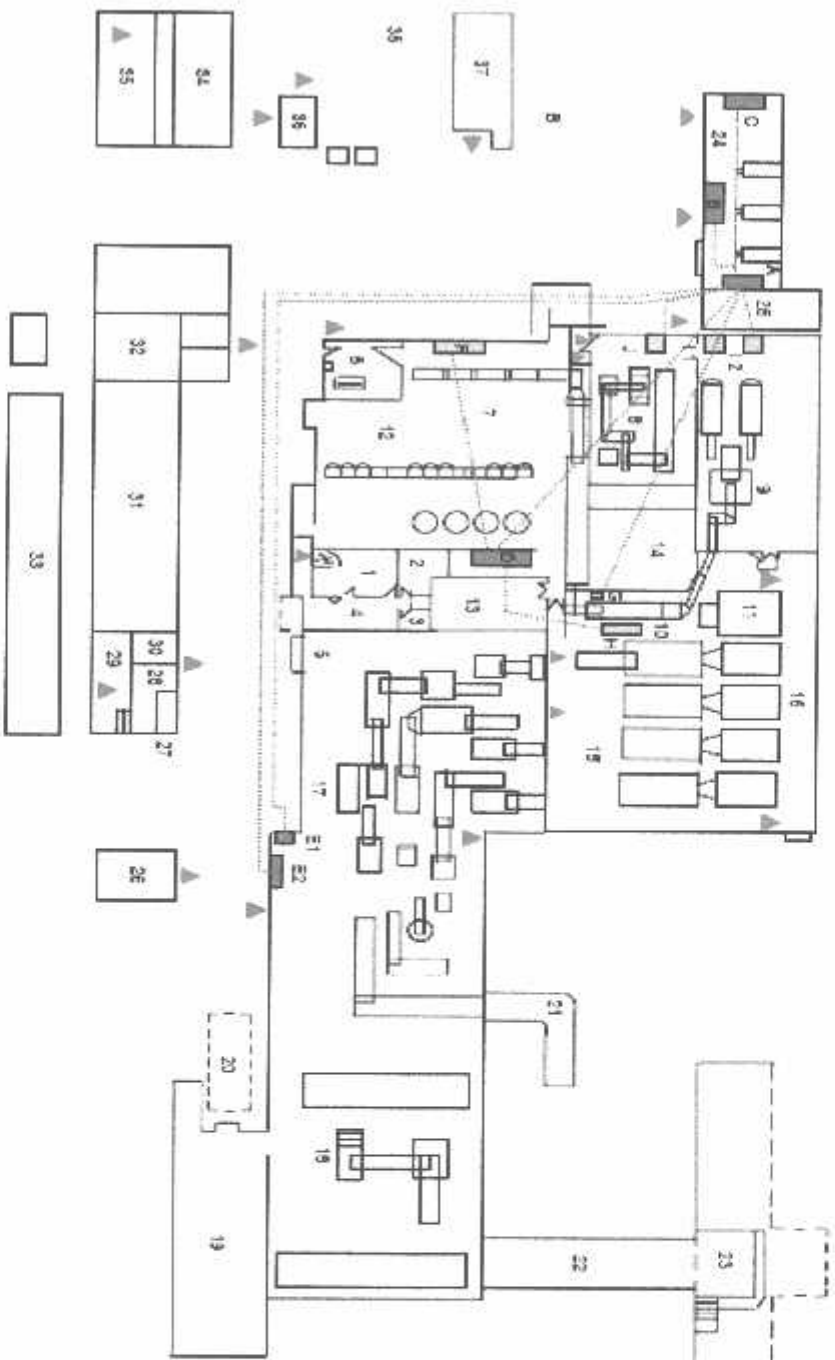
47	Wethering Trought 46	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
48	Wethering Trought 47	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
49	Wethering Trought 48	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
50	Wethering Trought 49	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Beroperasi
51	Wethering Trought 50	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
52	Wethering Trought 51	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
53	Wethering Trought 52	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
54	Wethering Trought 53	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
55	Wethering Trought 54	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
56	Wethering Trought 55	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
57	Wethering Trought 56	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
58	Wethering Trought 57	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
59	Wethering Trought 58	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
60	Wethering Trought 59	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
61	Wethering Trought 60	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
62	Wethering Trought 61	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
63	Wethering Trought 62	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
64	Wethering Trought 63	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
65	Wethering Trought 64	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
66	Wethering Trought 65	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
67	Wethering Trought 66	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
68	Wethering Trought 67	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
69	Wethering Trought 68	FA TEHA	750	5.5	380 Y	7	1500	Tidak Beroperasi
70	Pendorong Panas 1	BT NAIB	-	15	380 Y	20	1500	Beroperasi
71	Pendorong Panas 2	BT NAIB	-	7.5	380 Y	8	1500	Beroperasi

**DATA MOTOR LISTRIK
R.PENGASAHAN**

No.	Jenis Alat/ Sarana Pengolahan	Merek	Kapasitas (kg/ jam)	Motor Penggerak				Keterangan
				Daya (HP)	Volt	Ampere	Rpm.	
1	Pengasahan 1	INDIA	-	0.5	380Y	1	1500	Beroperasi
2	Pengasahan 2	INDIA	-	3	380Δ	1	1500	Beroperasi
3	Pengasahan 3	INDIA	-	1	380Y	2	1500	Beroperasi
4	Pengasahan 4	INDIA	-	1	380Y	2	1500	Beroperasi

DATA MOTOR LISTRIK R.SORTASI

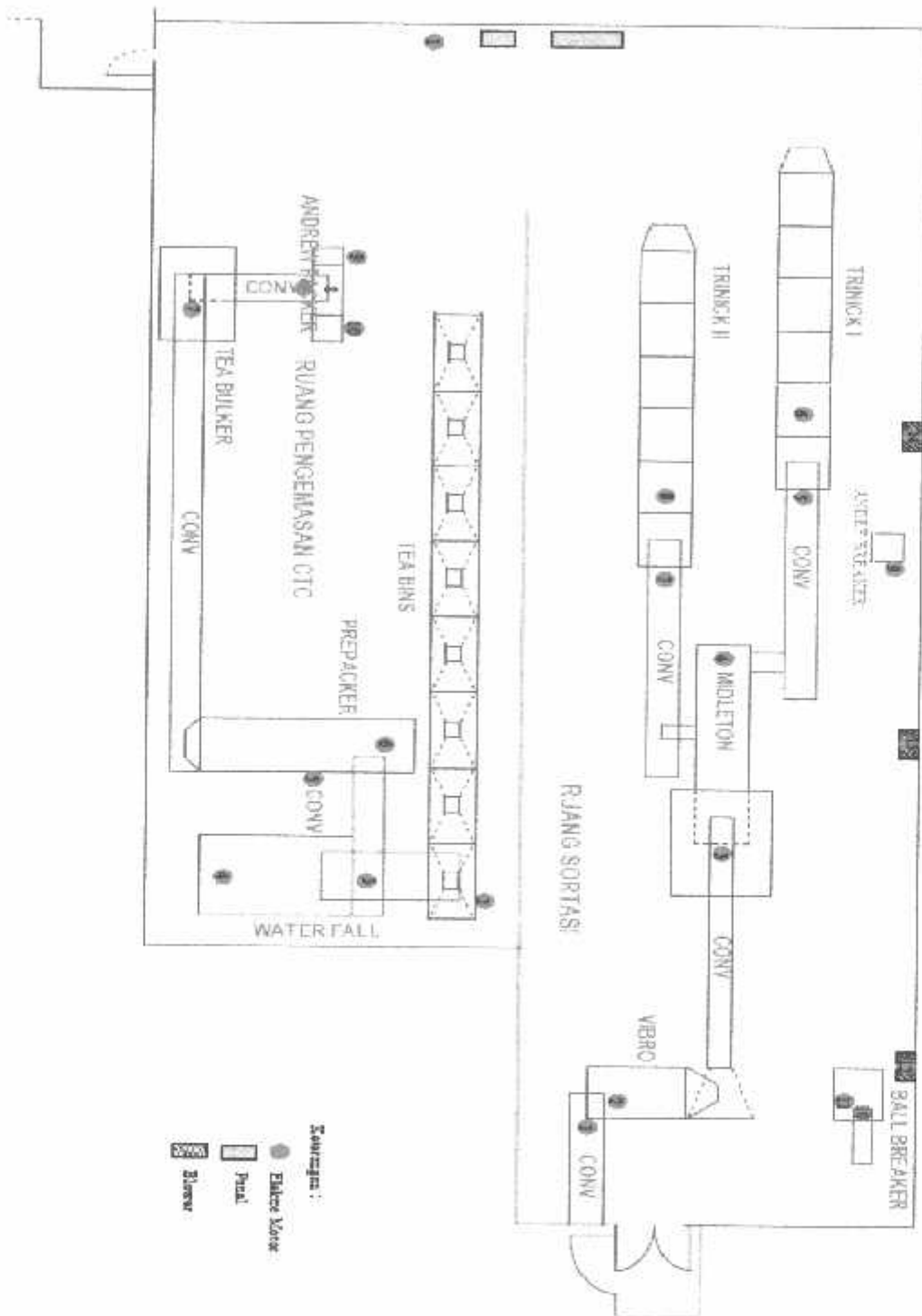
Jenis Alat/ Sarana Pengolahan	Merek/ Type	Kapasitas (kg)	Motor Penggerak				Keterangan
			Daya (HP)	Volt	Ampere	Rpm.	
Conveyor Vibro Jumbo	FA TEHA	-	1	380 Y	2	1500	Beroperasi
Vibro Jumbo Extract	SARIWANGI	400-600	3	380 Y	4	1500	Beroperasi
Conveyor Holding Tank	KERTOWONO	750	1	380 Y	1	1500	beroperasi
Bouble Try	FA TEHA	750	3	380 Y	7	1500	Beroperasi
Conveyor Tririk 1	SARIWANGI	450	1	380	3	1500	beroperasi
Tririk 1	SARIWANGI	400-450	3	380 Y	3	1500	Beroperasi
Conveyor Tririk 2	SARIWANGI	450	1	380	3	1500	beroperasi
Tririk 2	SARIWANGI	450	3	380 Y	3	1500	Beroperasi
Andrew Breaker 1	SARIWANGI	200	3	380 Y	4	1450	Beroperasi
Conveyor Ball Breaker	SARIWANGI	200	1	380	12	1450	Beroperasi
Ball Breaker	SARIWANGI	200	15	380	12	1450	Beroperasi
Exhaust Fan Room 1	SARIWANGI	-	2	380	3	1500	Beroperasi
Exhaust Fan Room 2	SARIWANGI	-	2	380	3	1500	Beroperasi
Exhaust Fan Room 3	SARIWANGI	-	2	380	3	1500	Beroperasi
Conveyor Peti Miring	SARIWANGI	-	1	380	2	1500	beroperasi



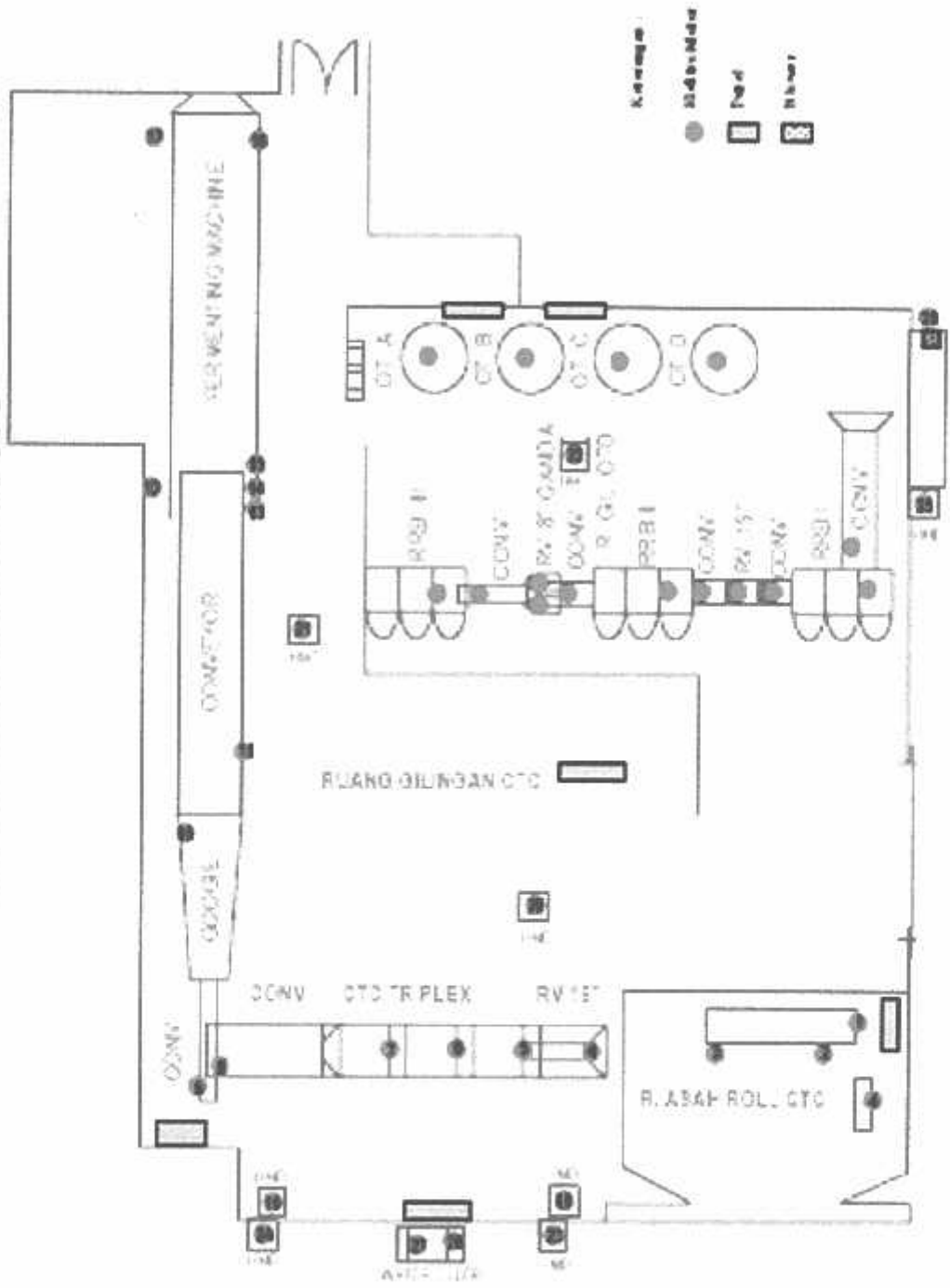
- Keterangan:**
1. 2 TBSA TETAP
 2. 2 SUCTION
 3. 2 QUANT. PEGASAN
 4. 2 TANGKUPAN BAKOR/STANDAR
 5. 1 T. DUCIKAN/ DESA/ UDAK JAMBU
 6. 5. ASAM POLY. CTG
 7. R. CTG TEMBEK
 8. R. PENSIKSIAN TEH CTG
 9. R. SORTASI TEH CTG
 10. R. PENSIKSIAN TEH CTG
 11. R. HEATER PENSIKSIAN TEH CTG
 12. R. SANGKAI TEH CTG
 13. R. PENSIKSIAN TEH CTG
 14. R. CUCI SAKU PENSIKSIAN TEH CTG
 15. R. PENSIKSIAN TEH CTG
 16. R. HEATER PENSIKSIAN TEH OTG
 17. R. SORTASI TEH OTG
 18. R. PENSIKSIAN TEH OTG
 19. R. PRODUKSI TEH EXPORT
 20. T. PENSIKSIAN
 21. RUMAH KECIL
 22. JERUKAN KONCOLO
 23. T. PENSIKSIAN PUCUK/BAKSAH
 24. MAKAN WAREN P/ITD
 25. DANDU RUM
 26. R. TUKANG LISTRIK
 27. TOILET
 28. R. SABLON PAPER BACK
 29. R. BERSAL
 30. R. TUKANG KAYU/SAATU
 31. R. PRODUKSI TEH LOKAL
 32. GUDANG KAYU/ALAT
 33. GUDANG
 34. KANTOR KOPERASI S/ U
 35. BENSIN
 36. PISANO
 37. KANTOR INDIK

- Keterangan**
- 1. Panel Listrik
 - 2. Panel Genset
 - 3. Panel Saringan
 - 4. Panel Saringan 5
 - 5. Panel Saringan FSD
 - 6. 1 S E 2 Panel R Spons CTG
 - 7. S-Teluran Plastik Bera
 - 8. Panel Near Glergen
 - 9. Panel pengemul F/FC
 - 10. Panel saringan FSD
 - 11. Panel Mesin Spons
 - 12. 6 pelirum air
 - 13. 1 Pans. Masak Pengemul

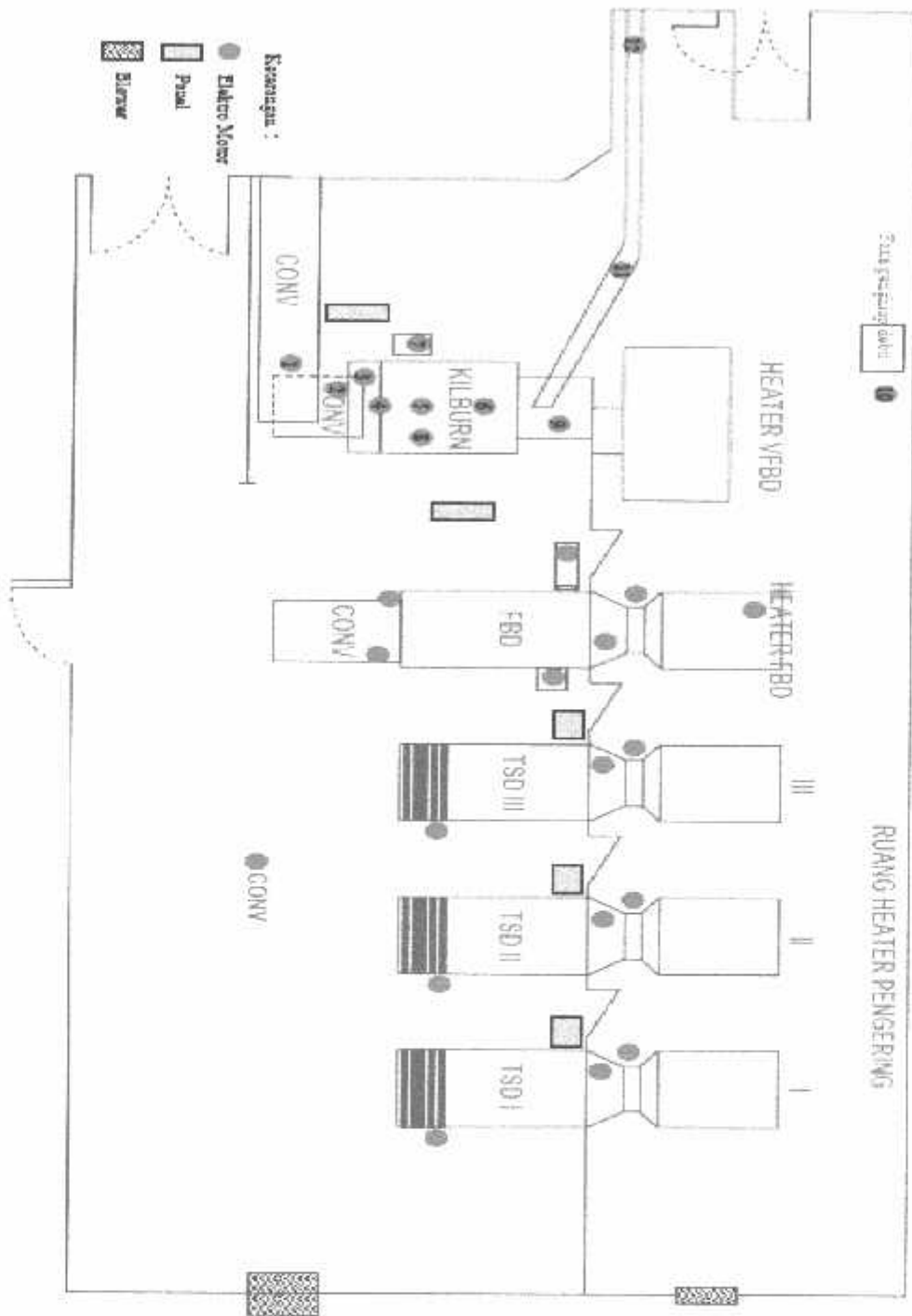
TATA LETAK MOTOR LISTRIK MESIN SORTASI & PENGEMASAN CTC



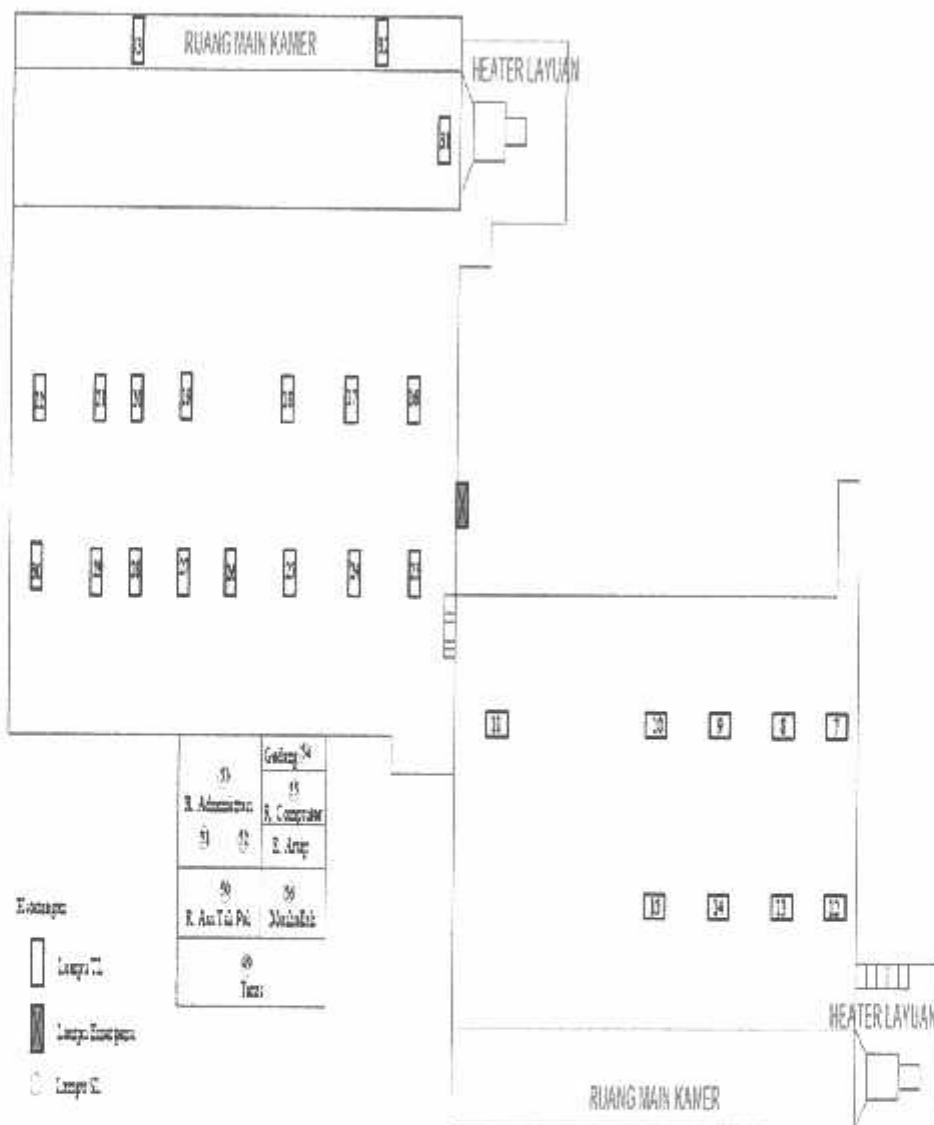
TATA LETAK MOTOR LISTRIK MESIN GILINGAN CTC
 KEBUN KERTOWONO



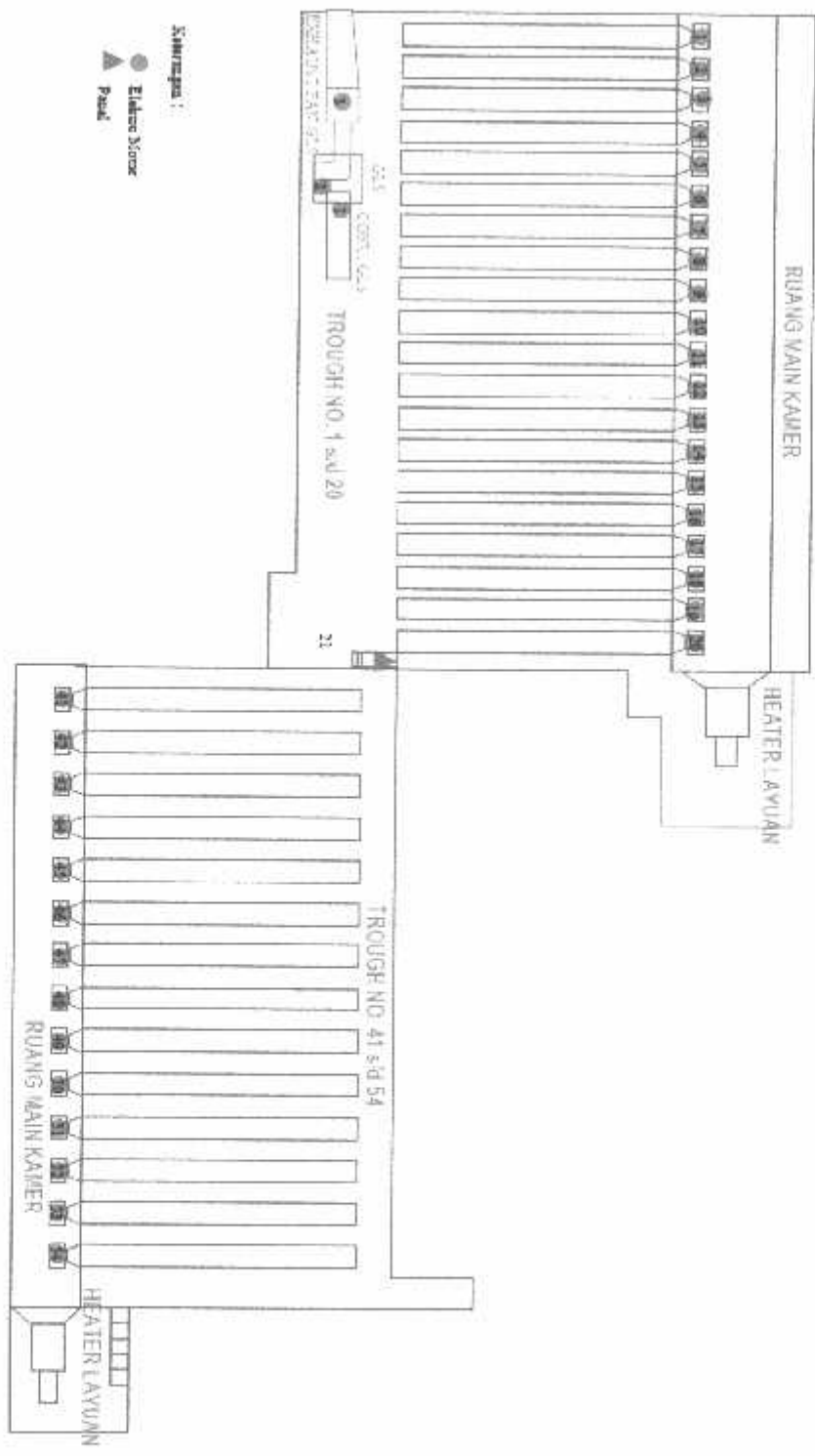
TATA LETAK MOTOR LISTRIK MESIN PENGERINGAN



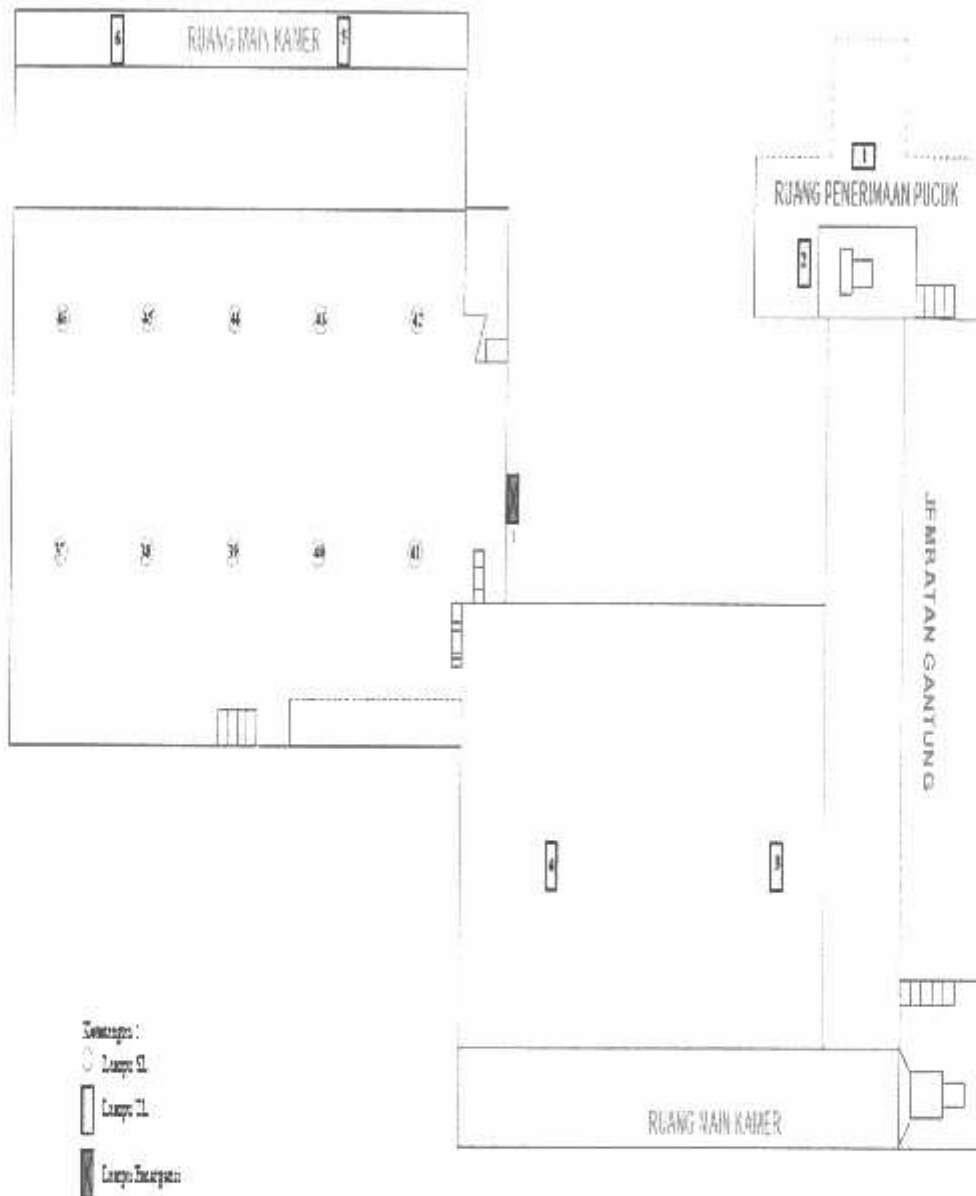
UNIVERSITAS BINA SARASWATI
 KEBUN KERTOWONG



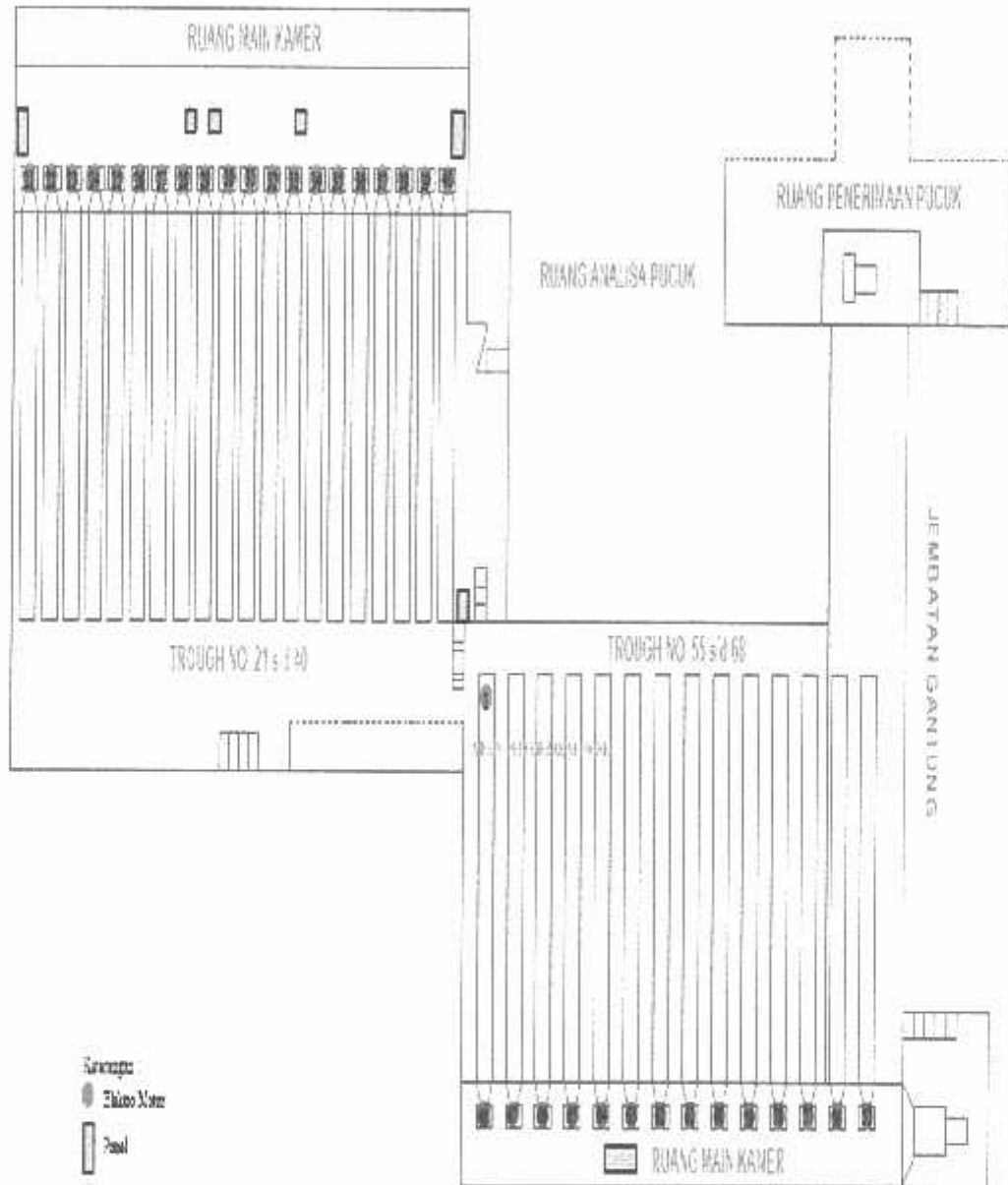
TATA LETAK APAR LAYUAN LANTAI II



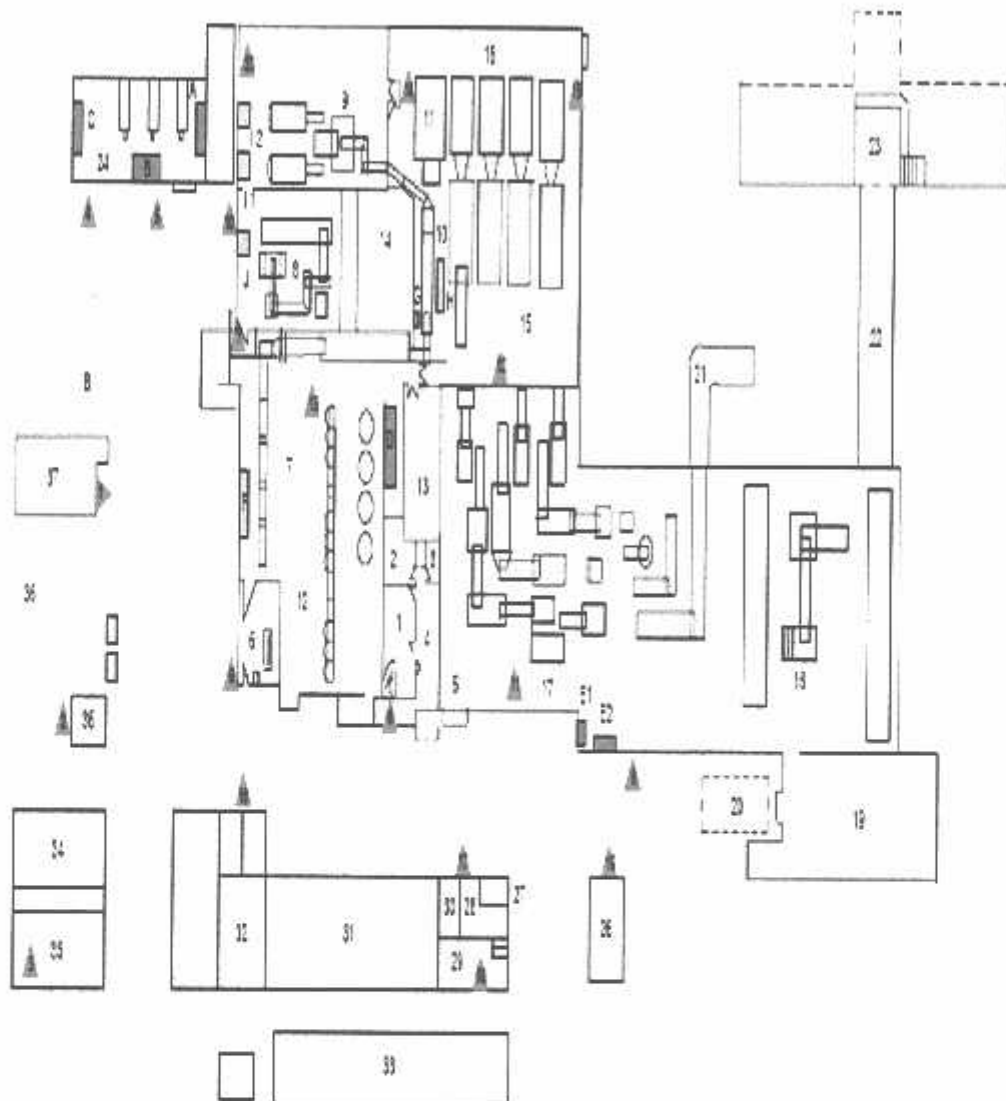
PERENCANAAN SUDUT PEMERIKSAAN RUMAH SAKIT
KEBUN KERTOWONO



TATA LETAK MOTOR LISTRIK MESIN LAYUAN LANTAI III
KEBUN KERTOWONO



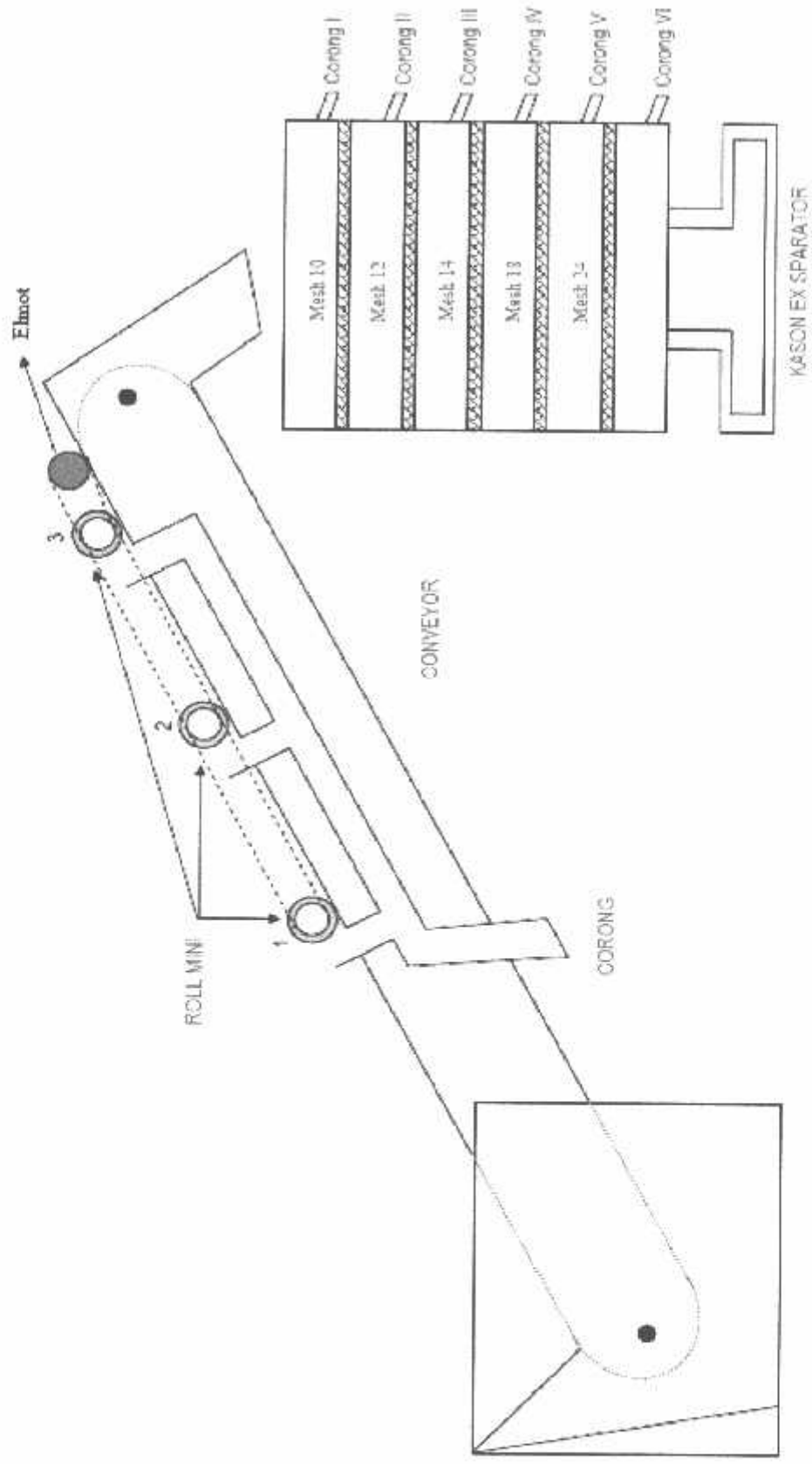
TATA LETAK APAR DI EMPLASEMEN PABRIK TEH PTP NUSANTARA XII KEBUN KERTOWONO



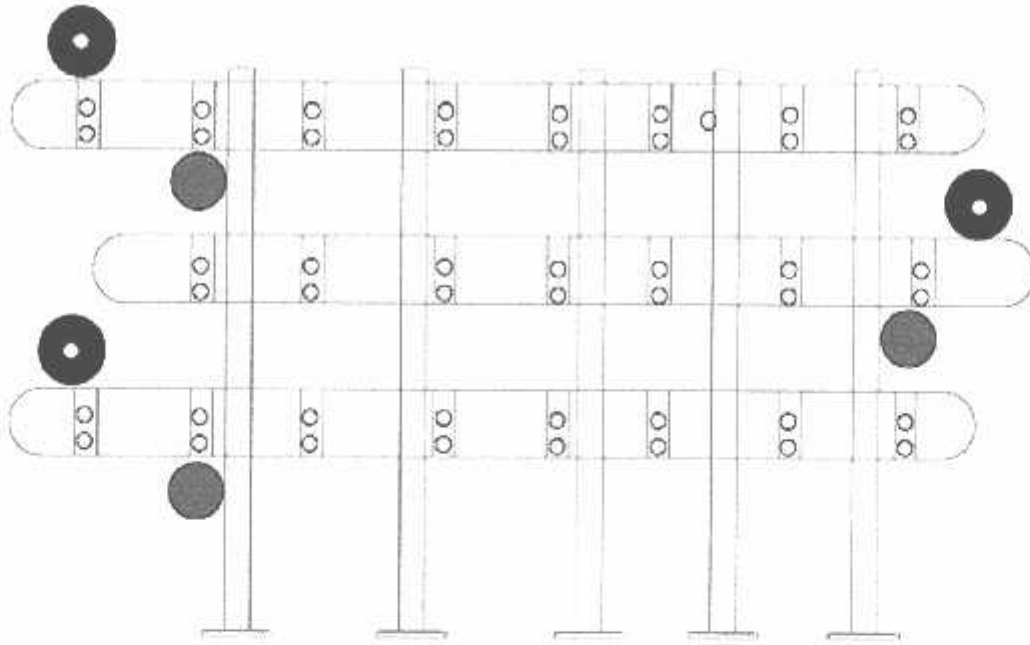
Geometri nomor APAR:

- | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1. R. TEA TESTER | 8. R. ADAM ROLL OTG | 17. R. HEATER PENGEMASAN TEH OTG | 26. R. TUKANG LUTIK | 31. R. PRODUKSI TEH LONJAL |
| 2. R. AJUCTA | 9. R. OTG TRIPLEX | 18. R. HEATER PENGEMASAN TEH OTG | 27. TOILET | 32. BUDENGO KATAMAT |
| 3. R. DAMP PAKMAN | 10. R. PENGEMASAN TEH OTG | 19. R. SORTAS TEH OTG | 28. R. BAWA PAPER BACK | 33. BANGUN |
| 4. R. TAMPILAN WINDORAMBOOR | 11. R. PENGEMASAN TEH OTG | 20. R. PENGEMASAN PULUK BONGH | 29. R. BONGH | 34. KONTOR KOPERASI/OLU |
| 5. T. DUKUNG OT. BERSI DAN BANGAL | 12. R. SORTAS TEH OTG | 21. KAMPUNG | 30. R. TUKANG KULUBAT | 35. BENGKEL |
| | 13. R. CUCI DAN FERMENTASI TEH OTG | 22. GARDU PLN | | 36. PONDOK |
| | 14. R. PENGEMASAN TEH OTG | 23. T. PENYIRMAN | | 37. KANTOR INDUK |

MESIN KASON EX SPARATOR



MESIN FERMENTIT UNIT



Keterangan

-  Elektro Motor
-  Pully
-  Lager Pilo Blok

Alat dan Mesin Pengolahan Produksi Teh Hitam CTC

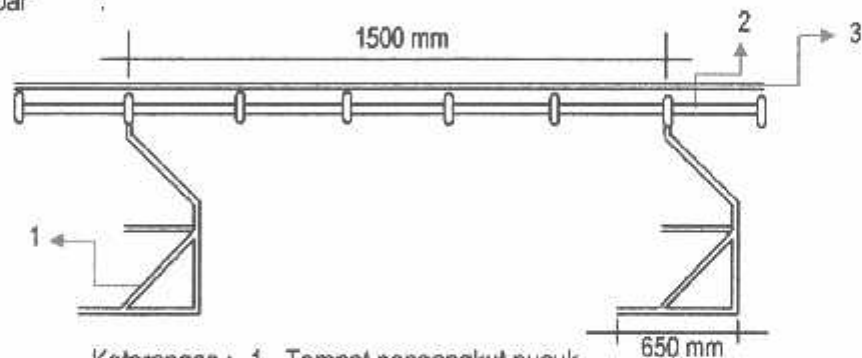
Dalam hal ini alat dan mesin pengolahan digunakan untuk membantu manusia dalam melaksanakan proses produksi. Mesin adalah suatu peralatan yang digunakan untuk membantu manusia dalam mengerjakan produk tertentu atau bagian produk tertentu. Adanya mesin-mesin ini sangat membantu manusia dalam melaksanakan proses produksi suatu barang. Sehingga barang-barang dapat dihasilkan dalam waktu yang pendek dengan jumlah dan mutu yang lebih baik.

Penanganan Pengolahan Basah

a. Monorail Conveyor

- 1) Fungsi : Sebagai alat pengangkut pucuk teh menuju Whitering Trough
- 2) Prinsip kerja : Jika motor listrik di hidupkan maka monirel conveyor akan berjalan Dan di tempat dudukannya dapat diletakkan pucuk yang akan yang akan dipindahkan
- 3) Spesifikasi : Tinggi : 0.9 M
Lebar : 0.65 M
Jarak antara trolly : 1.5 M
Panjang lintasan : 300 M
Kapasitas : 30 kg / trolly
Tenaga Motor : 10 HP
Tegangan : 380 / 660 Volt

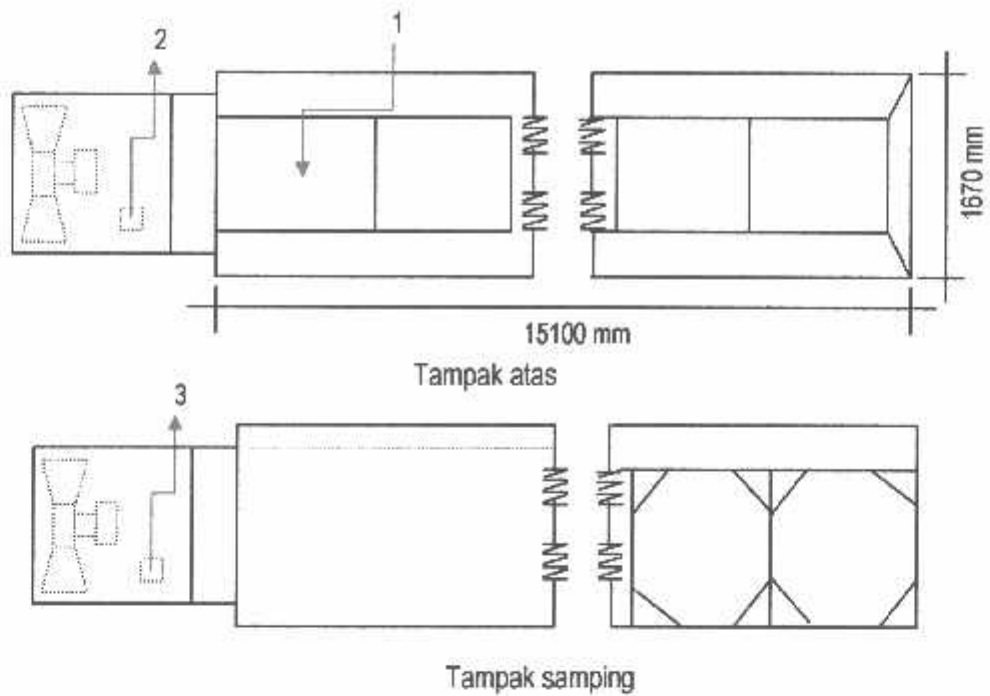
4) Gambar :



- Keterangan :
1. Tempat pengangkut pucuk
 2. Kawat baja
 3. Rel

b. Withering Trough

- 1) Fungsi : Sebagai alat untuk melakukan pelayuan terhadap pucuk daun teh
- 2) Prinsip kerja : Hidupkan kipas kemudian kompor pemanas dijalankan sehingga diperoleh udara panas. Udara panas ini akan menguapkan sebagian air dari daun teh karena adanya perbedaan kelembaban relatif antara udara luar dengan udara dalam palung pelayuan
- 3) Spesifikasi : Panjang : 15.1 m
Lebar : 1.67 m
Tinggi : 1.03 m
Kapasitas : 600-750 kg pucuk basah
- 4) Gambar :

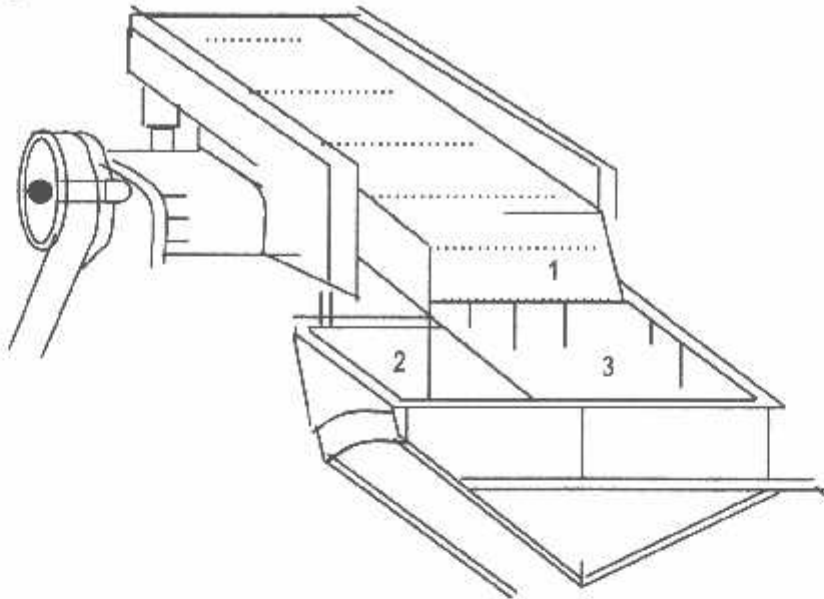


- Keterangan : 1. Tempat penghamparan pucuk
 2. Saluran udara panas
 3. Kipas

c. Green Leaf Sifter

- 1) Fungsi : Sebagai alat untuk memisahkan kotoran-kotoran yang terikat pada pucuk teh segar agar penggilingan tidak terhambat.
- 2) Prinsip kerja : Pucuk yang telah turun layu dilewatkan pada ayakan yang bergoyang sehingga kotoran yang terikat akan terpisah dari pucuk dan dihasilkan pucuk bersih yang siap digiling.
- 3) Spesifikasi : Panjang : 3.5 m
 Lebar : 1.7 m
 Tinggi : 0.53 m
 Kapasitas : 1000-1100 kg pucuk layu/jam

4) Gambar :

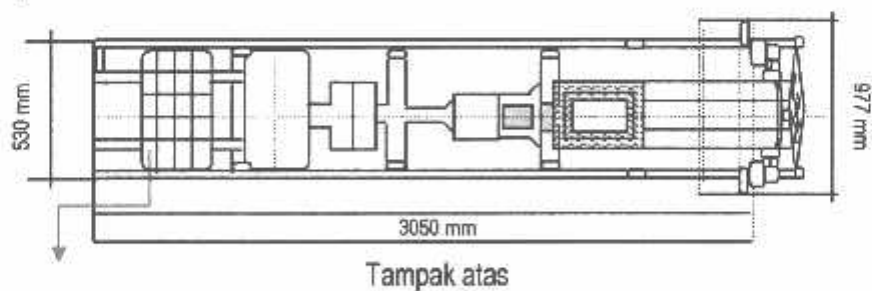


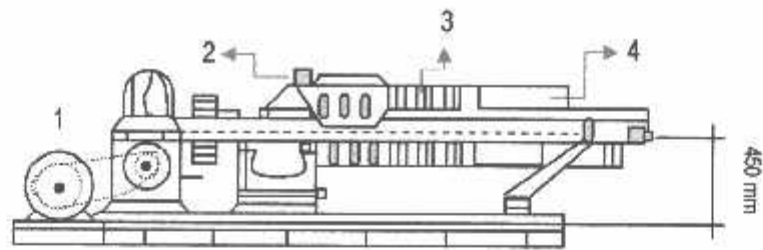
Keterangan : 1. Unit ayakan
2. Penampungan kotoran
3. Lubang pengeluaran pucuk teh bersih

d. Rotorvane

- 1) Fungsi : Melakukan penggilingan/pegecilan ukuran daun teh layu
- 2) Prinsip kerja : Bubuk masuk melalui corong pada ujung atas Rotorvane. Poros reward (sirip) dihubungkan dengan motor listrik sehingga diperoleh gerakan memutar. Sirip yang terdapat pada poros dan reward yang terpasang statis pada dinding silinder bekerja sama dalam menggiling daun teh. Gerakan memutar reward berseling dengan reward sedemikian rupa menghasilkan gaya memotong, menyobek dan selanjutnya mendorong daun-daun yang sudah hancur keluar dari silinder.
- 3) Spesifikasi : Merk : Teha Bandung
Diameter : 15"
Kapasitas/putaran : 1100-1400 kg bubuk basah
Putaran baling-baling: 40 rpm
Tenaga motor : 25 HP
Tegangan : 220 Volt

4) Gambar :





Tampak samping



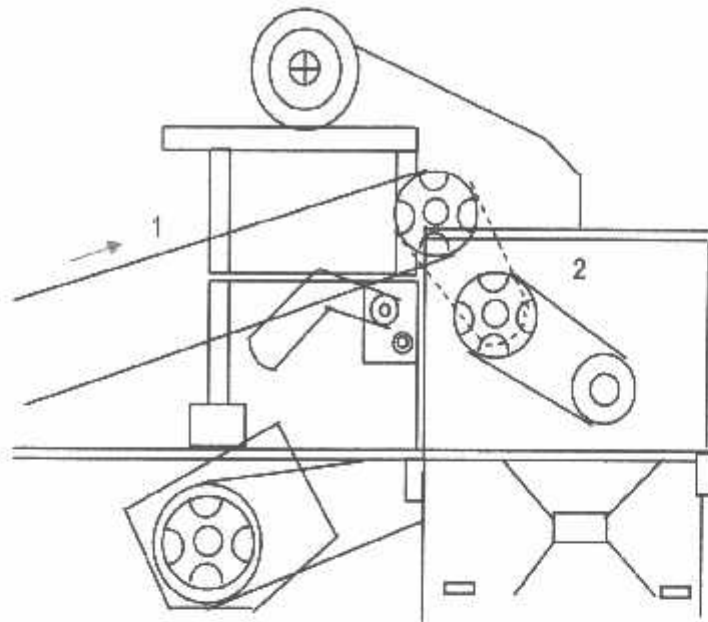
Tampak depan

- Keterangan : 1. Elektromotor
 2. Ullir penghantar
 3. Baling-baling
 4. Tabung
 5. Corong pemasukan
 6. Pengeluaran bubuk

e. CTC Triplex

- 1) Fungsi : Untuk menggiling bubuk teh yang berasal dari pengecilan Rotor Vane sehingga dihasilkan partikel bubuk yang kecil dan seragam
- 2) Prinsip kerja : Hancuran daun teh yang keluar dari rotorvane akan langsung diterima oleh conveyor ctc triplek menuju roll ctc yang akan menggiling, menggulung dan membentuk butiran bubuk teh.
- 3) Spesifikasi : Jumlah roll : 3 bh
 Diameter/panjang roll : 209.5 mm/762 mm
 Hilling engsel : 65 – 70°C
 Motor per cutting 3 unit : 20/20/15 HP

4) Gambar :



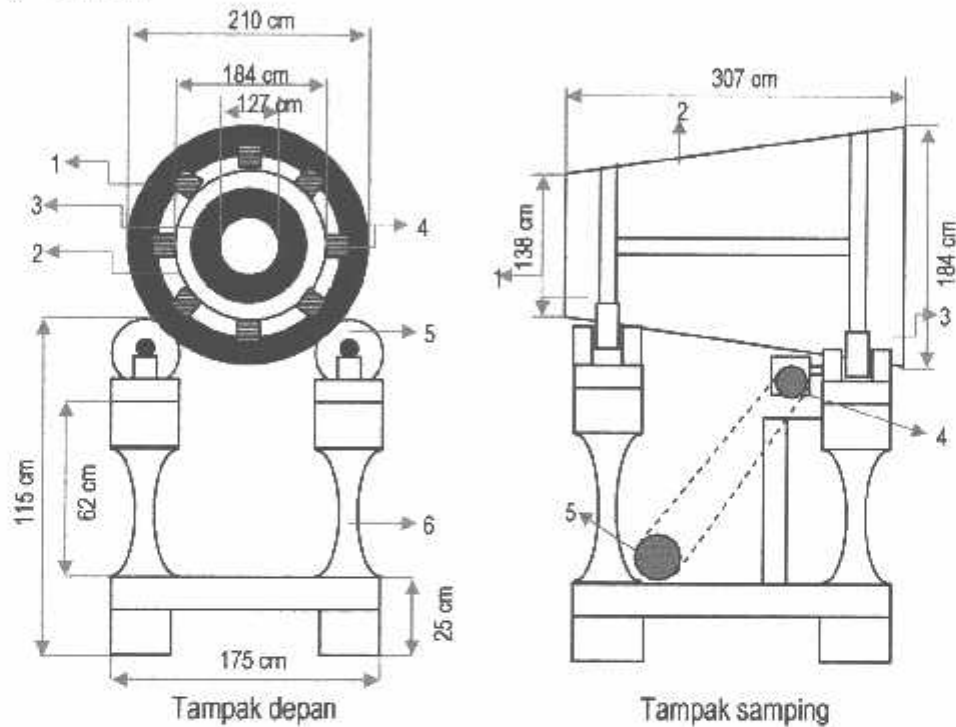
Keterangan : 1. Conveyor
2. Roll CTC

f. Google

- 1) Fungsi : Untuk menarik serat/membentuk granulator (partikel) butiran teh yang keras
- 2) Prinsip kerja : Poros engkol berputar karena adanya tenaga penggerak dari motor listrik. Putaran poros engkol mengakibatkan perputaran tabung silinder yang searah. Partikel butiran teh yang dimasukkan ke dalam alat ini akan menarik serat dan membuat butiran (granular) yang keras akibat adanya putaran tersebut.
- 3) Spesifikasi :

Merk	: Sariwangi
Panjang	: 307 cm
Tinggi	: 220 cm
Tebal plat alumunium	: 3 mm
Diameter muka	: 184 cm
Diameter belakang	: 138 cm
Putaran	: 14 – 15 Rpm/menit
Tenaga motor listrik	: 3 HP
Tegangan	: 220 volt – 380 volt

4) Gambar :



Keterangan :

- 1 . Pipa roll pemutar silinder
- 2 . Silinder gogie bagian depan
- 3 . Silinder gogie bagian belakang
- 4 . Plat penghubung antara pipa roll dengan silinder
- 5 . Roda pemutar silinder
- 6 . Penyanga silinder

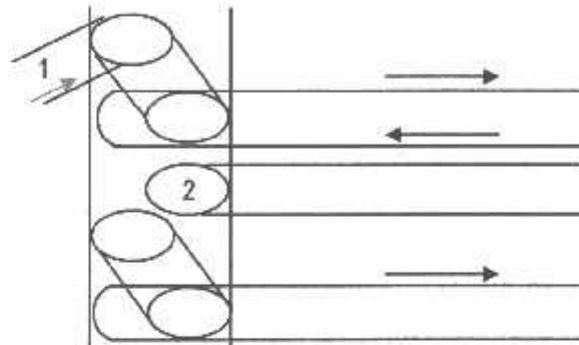
Keterangan :

- 1 . Bubuk teh masuk
- 2 . Silinder almunium tbl. 3 mm
- 3 . Bubuk teh keluar
- 4 . Pully radikon
- 5 . Elmot

g. Fermenting unit

- 1) Fungsi : Sebagai alat untuk mengantar proses fermentasi di dalam ruangan fermentasi
- 2) Prinsip kerja : Bubuk teh yang telah dibentuk oleh Gogie akan menuju ke conveyor fermentasi unit I . dan diatas conveyor diberi lubang untuk hembusan udara (oksigen bebas) dari luar . Alat ini disusun menjadi tiga tingkatan untuk memberikan waktu berlangsungnya proses oksidasi enzimatis .
- 3) Spesifikasi : Jumlah tingkat : 3 tingkat
Lebar bed conveyor : 1.45 m
Jarak antar drum : 9.5 m
Frem : Galvanis, alumunium

4) Gambar :

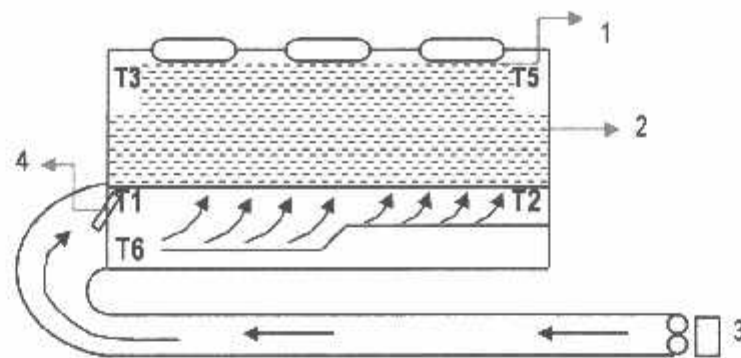


Keterangan : 1. Conveyor
2. Roda pemutar

h. Vibro Fluid Bed Drier (VFBD) Kliburn

- 1) Fungsi : Sebagai alat untuk mengeringkan bubuk teh basah setelah proses fermentasi
- 2) Prinsip kerja : Udara panas dari heater ditekan oleh fan menuju mesin dryer. Sebelum bubuk teh dimasukan, klep pengatur volume dan tekanan udara diatur sedemikian rupa sehingga diperoleh tekanan dan arah aliran udara yang sesuai. Bubuk teh yang dimasukan akan dikeringkan dan sekaligus didorong kearah pintu pengeluaran oleh aliran udara yang panas yang dihembuskan tersebut. Karena tekanan udara pada sistem ini cukup kuat maka debu dan bulu-bulu terpisah dari bubuk dan dihembus keluar. Pada alat pengering ini dilengkapi dengan corong-corong penghisap debu pada bagian atas mesin pengering.
- 3) Spesifikasi : Panjang : 4.5 m
Lebar : 2.5 m
Tinggi : 2 m

4) Gambar : T4

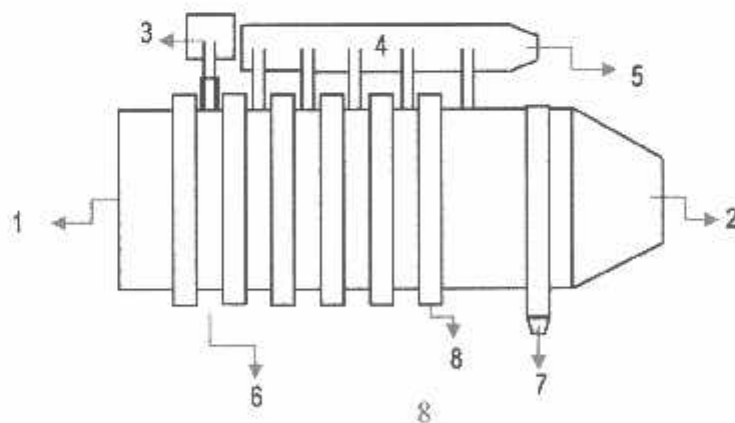


- Keterangan gambar :
1. Penghisap udara luar
 2. Ruang pengeringan
 3. Udara panas
 4. Katup : T1 = suhu masuk dari bagian bawah ke drier 1:120-25°C
T2 = suhu masuk dari bagian atas : 118-120°C
T3 = suhu ex udara bubuk I masuk : 45 – 50° C
T4 = suhu udara luar
T5 = suhu outlet bubuk kering 80 – 85° C
T6 = T 1

Penanganan Pengolahan Kering

a. Vibro Jumbo Extractor

- 1) Fungsi : Untuk memisahkan gumpalan-gumpalan kotoran dan fraksi-fraksi yang masih basah sehingga diperoleh fraksi-fraksi teh yang dapat diproses lebih lanjut
- 2) Prinsip kerja : Apabila motor listrik berputar, Silinder yang berlapis wool da meja ayakan yang berhubungan dengan stang penerus juga ikut bergetar. Bentuk teh yang melewati silinder berbentuk wool akan dipisahkan serat-serat dan tangkainya menemoel pada wool. Bentuk teh yang lolos dari silinder akan terayak sesuai dengan ukurannya.
- 3) Spesifikasi : Panjang x Lebar x Tinggi : 14 x 745 x 60 inchi
Single deck, 1 dubble, 2 mesh : Stainless steel
Motor : 3 Hp
- 4) Gambar :

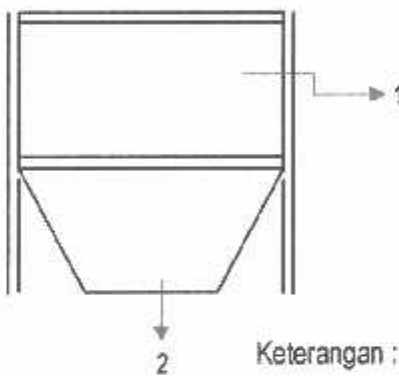


- Keterangan :
1. Pemasukan bubuk teh
 2. Pengeluaran bubuk
 3. Corong untuk teh ampas
 4. Corong I. ex roll
 5. Corong II. Ex roll
 6. Corong untuk gumpalan kotoran
 7. Corong untuk gumpalan fraksi-fraksi besar
 8. Mni extractor

b. Holding Tank

- 1) Fungsi : Untuk menampung fraksi-fraksi teh yang dilanjutkan oleh Bubble tray
- 2) Prinsip kerja : Fraksi teh yang akan disortasi lebih lanjut dibawa oleh conveyor menuju holding tank sampai jumlah fraksi teh tersebut banyak, setidaknya berisi $\frac{3}{4}$ dari holding tank. Setelah itu fraksi teh bisa di keluarkan untuk diproses lebih lanjut
- 3) Spesifikasi : Panjang : 2.5 m
Lebar : 2 m
Tinggi : 2.7 m

4) Gambar :

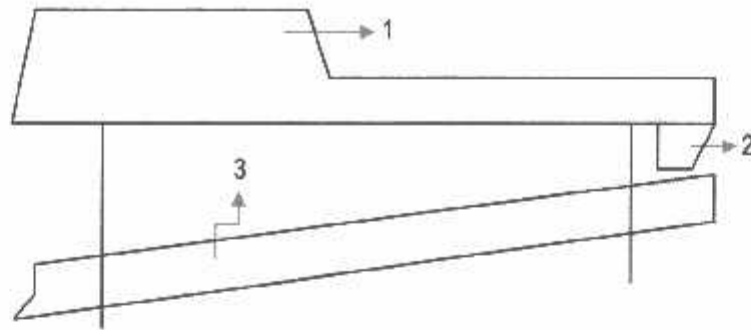


- Keterangan :
1. Pemasukan bubuk
 2. Pengeluaran bubuk

c. Midletone (Buble Tray)

- 1) Fungsi : Untuk memproses fraksi-fraksi teh yang dilanjutkan oleh Bubble Tray
- 2) Prinsip kerja : Alat dihidupkan sehingga akan bergerak maju mundur untuk mengayak teh dimasukkan dengan bantuan conveyor sedikit demi sedikit. Pada bagian atas mempunyai ukuran 6 mesh, jika lolos dilanjutkan ke trinik I. jika tidak lolos akan masuk ke bagian bawah yang mempunyai ukuran 3 mesh, jika lolos dilanjutkan ke trinik II. Jika termasuk teh yang kasar harus dihancurkan dengan ball breaker atau andrew breaker
- 3) Spesifikasi : Type ayakan : 2 tingkat
Motor : 2 Hp
Rangka dasar : besi UNP

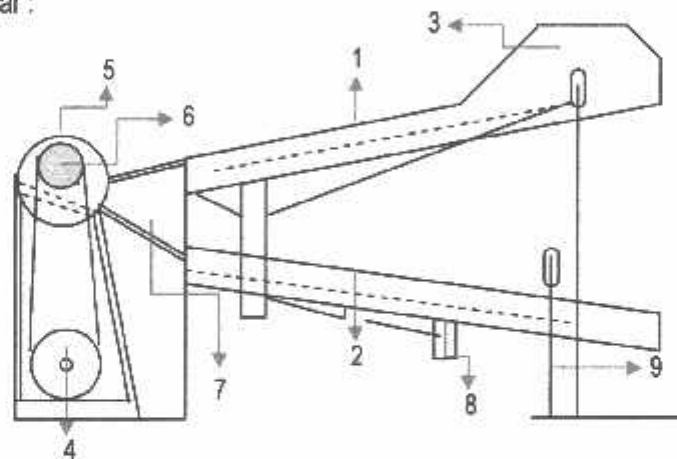
4) Gambar :



Keterangan : 1. Pemasukan bubuk
2. Pengeluaran bubuk
3. Pengeluaran bubuk akhir

d. **Bubble Tray**

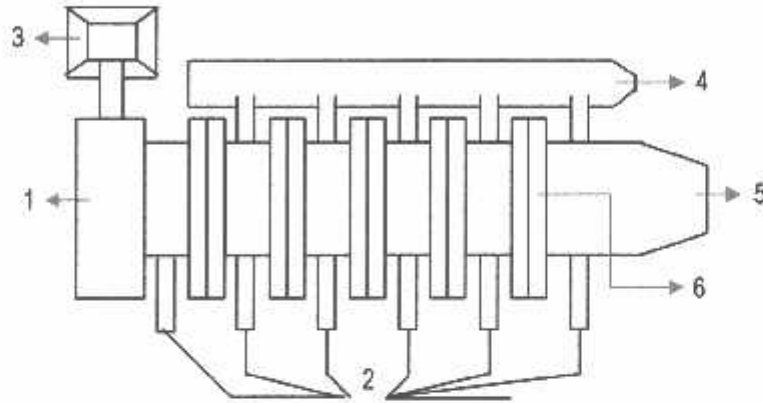
- 1) Fungsi : Sebagai alat sortasi pendahuluan untuk memudahkan proses sortasi pada Tririk
- 2) Spesifikasi : Panjang : 4 m
Lebar : 2 m
- 3) Gambar :



Keterangan : 1. Ayakan 1
2. Ayakan 2
3. Pemasukan bubuk
4. Elektromotor
5. Roda gila
6. Pulli
7. Stang As Cruck
8. Corong bubuk
9. Pegas

e. Trinik

- 1) Fungsi : Untuk memisahkan fraksi teh berdasarkan jenis mutunya
- 2) Spesifikasi : 1. Trinik I
 - Jumlah roller : 5 bh, 12 inchi2. Trinik II
 - Jumlah roller : 5 bh, 12 inchi
 - Ukuran mesh : 50-40 25 16-14-12
- 3) Prinsip kerja : Apabila motor listrik berputar silinder yang berlapis wool dan meja ayakan yang terhubung dengan stang penerus juga ikut bergerak. Bubuk teh yang melewati silinder berlapis wool akan dipisahkan serat-serat dan tangkainya menempel pada wool, bubuk teh
- 4) Gambar :

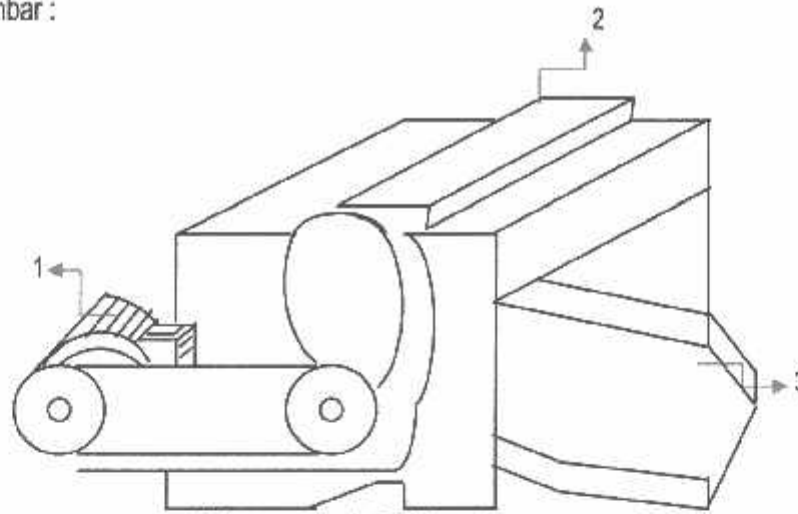


- Keterangan :
1. Bubuk masuk
 2. Corong jenis mutuh teh
 3. Corong I
 4. Bubuk berasal dar ex-roll
 5. Bubuk keluar lolos ayakan
 6. Roll mini extractor

f. Ball Breaker

- 1) Fungsi : Untuk mengecilkan fraksi-fraksi teh yang bersal dari ex-roll trinik agar dapat diproses kembali oleh trinik menghasilkan mutu II
- 2) Prinsip kerja : Partikel teh yang besar lolos ayakan dihancurkan dengan melewati pada dua roll yang permukaannya bergelombang dan bergerak berlawanan arah sehingga dapat memantulkan partikel teh yang besar tersebut dan hasilnya akan disortasi kembali
- 3) Spesifikasi : Frame : Cast Iron
Motor : 10 Hp

4) Gambar :

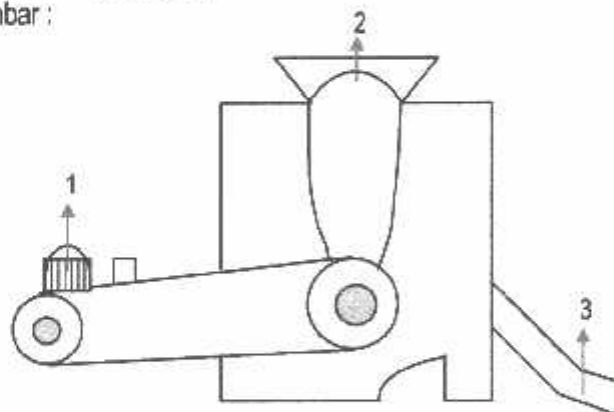


Keterangan : 1. Elektromotor
2. Bubuk masuk
3. Bubuk keluar

g. Andrew Breaker

- 1) Fungsi : Untuk mengecilkan fraksi-fraksi teh yang tidak lolos ayakan di trinik agar dapat diproses kembali oleh trinik menghasilkan mutu I
- 2) Prinsip kerja : Partikel teh yang besar yang tidak lolos ayakan dihancurkan dengan melewati pada dua roll yang permukaannya halus dan bergerak berlawanan arah sehingga dapat menghancurkan partikel teh yang besar tersebut dan hasilnya akan di sortasi kembali
- 3) Spesifikasi : Frame : Cast Iron
Motor : 2 HP

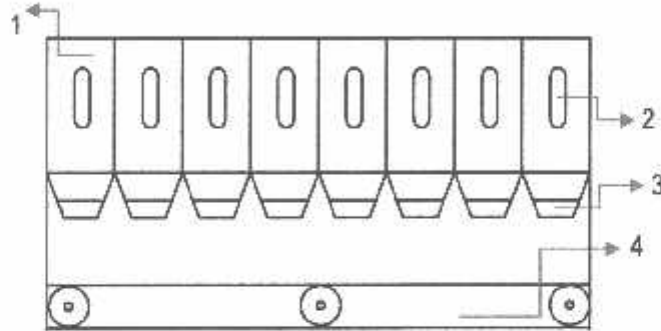
4) Gambar :



Keterangan : 1. Electromotor
2. Bubuk masuk
3. Bubuk keluar

h. Tea Bin

- 1) Fungsi : Untuk menyimpan sementara teh hasil sortasi
- 2) Prinsip kerja : fraksi teh dengan mutu tertentu yang telah di sortasi dimasukkan ke dalam Tea Bin melalui conveyor sampai jumlah 1 chop. Setelah teh mencapai 1 chop maka teh di proses lebih lanjut untuk dikemas
- 3) Spesifikasi : Panjang x Lebar x Tinggi : 12.20 x 2.00 x 2.75 m
Tebal plat alumunium : 2.80 mm
Frame : siku 40.40.4 mm
Penyangga : siku 100.100.10 mm
Lubang pengisi : UK 300 x 600 mm
Lubang kontrol bagian depan : Kaca bening PLS tebal 5 mm
Lubang pengeluaran : UK 200 x 200 x 200 mm
Panjang cat walk : UK 12.20 mm
Lebar : UK 600 mm
Tangga : Pipa galvanis UK 21/4
- 4) Gambar :

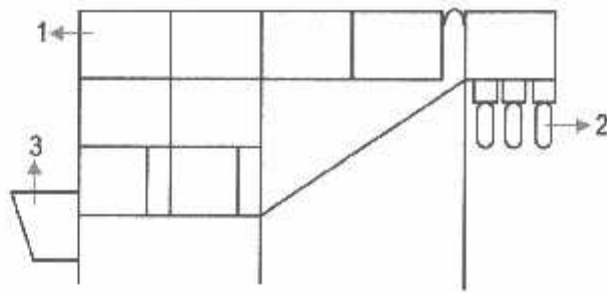


- Keterangan : 1. Pemasukan bubuk
2. Kaca pengontrol isi
3. Pengeluaran bubuk
4. Belt conveyor

i. Water Fall

- 1) Fungsi : Untuk memisahkan teh dengan debu dan fluff
- 2) Prinsip kerja : Teh yang akan dikemas dimasukkan pada water fall dengan bantuan conveyor dengan ketinggian tertentu dan teh akan jatuh pada conveyor lain yang terletak dilantai sehingga teh akan jatuh seperti air terjun. Pada water fall dilengkapi dengan fan dengan kekuatan rendah yang dapat menarik debu saat teh jatuh
- 3) Spesifikasi : Panjang : 5 m
Lebar : 2.5 m
Tinggi : 3 m

4) Gambar :

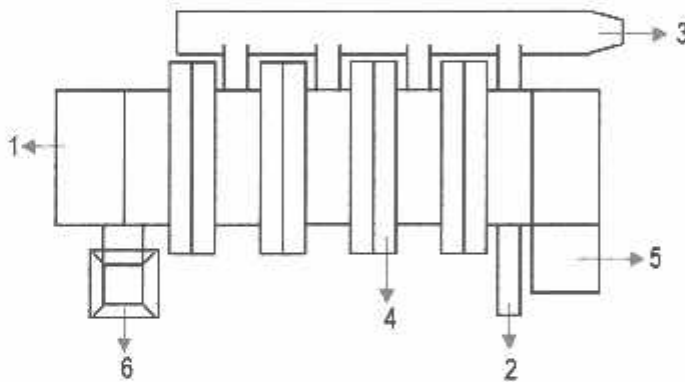


Keterangan : 1. Pemasukan bubuk
2. Penampungan debu
3. Pengeluaran bubuk

J. Pre Packer

- 1) Fungsi : Untuk mengikat debu dan fluff
- 2) Prinsip kerja : Prinsipnya sama seperti tritik yaitu apabila motor listrik berputar, silinder yang berlapis wool dan meja ayakan yang berhubungan dengan stang penerus juga ikut bergerak. Bubuk teh yang melewati silinder berlapis wool akan mengangkat tangkal yang mungkin tertinggal dan terdapat saringan untuk menyaring debu sehingga teh yang akan dikemas bersih dan homogen.
- 3) Spesifikasi : Panjang x Lebar : 14 x 15 inchi
Sistem sortir : Single deck. 5 mesh staninless stell
Motor : 2 Hp

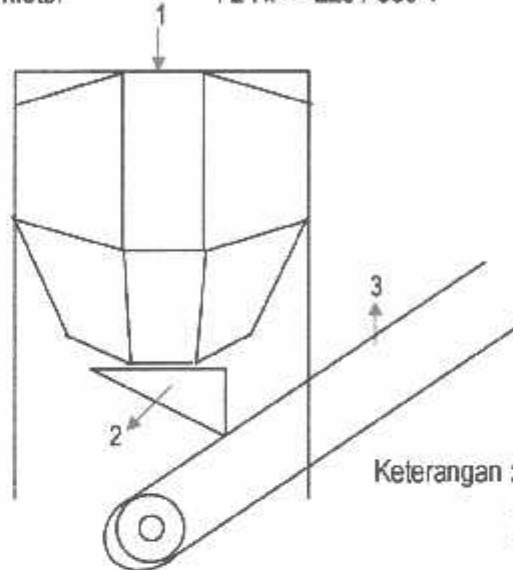
4) Gambar :



Keterangan : 1. Pemasukan bubuk
2. Corong I
3. Debu dan fluff yang berasal dari ex-roll
4. Mini extractor
5. Pengeluaran bubuk

k. Tea Bulking

- 1) Fungsi : Untuk mencampur teh hasil sortasi yang sejenis agar homogen
- 2) Prinsip kerja : Setelah teh bersih akan dibawa dengan conveyor menuju pemasukan bubuk tea bulking sampai didapatkan teh sejumlah 1 chop $\frac{3}{4}$ tea bulking baru bisa dikeluarkan untuk proses selanjutnya
- 3) Spesifikasi : Jumlah section : 8 section
Bahan : almunlum 3 mm
Tinggi : 3.160 mm
Lebar : 2.750 mm
Frame conveyor : 100.100.10 mm
Belt : 600 mm
Motor : 2 HP - 220 / 380 V
- 4) Gambar :

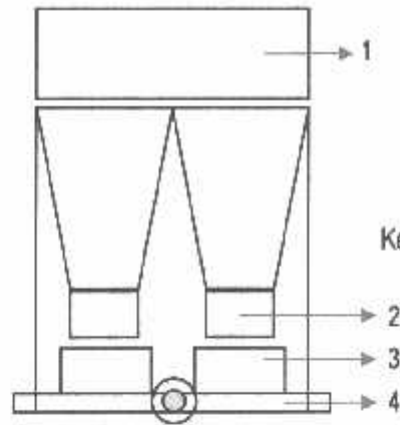


Keterangan : 1. Pemasukan bubuk
2. Pengeluaran bubuk
3. Belt conveyor

l. Packer Vibrator

- 1) Fungsi : Mengisi dan memadatkan kemasan
- 2) Prinsip kerja : Teh yang akan dikemas dimasukkan sedikit demi sedikit melalui conveyor. Teh dikeluarkan melalui pengeluaran bubuk untuk dimasukkan ke kemasan sampai standart. Pengisian paper sack dan ditutup setelah proses pengemasan selesai teh diletakkan dipeti untuk kemudian dipadatkan dengan menggunakan getaran pada tempat paper sack.
- 3) Spesifikasi : Tipe : Vibrasi 4 ball
Penggerak : Vibration motor
Frame : Cast iron
Roller conveyor : 16 buah
Frame : L. 75. 75. 7
Type : Portable tanpa roda
Frame : UNP. 10. 50.5 mm
Motor : 2 x 11 / 2 kw / 2 HP

4) Gambar :



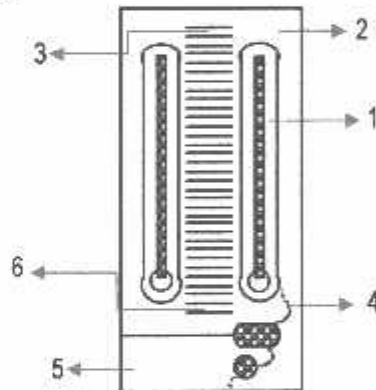
Keterangan : 1. Pemasukan bubuk
2. Pengeluaran bubuk
3. Paper sack
4. Tempat paper sack

m. Thermometer Higroskopis

Untuk kelancaran proses dan terjaganya mutu digunakan juga peralatan pendukung lain seperti :

a. Thermometer Higroskopis

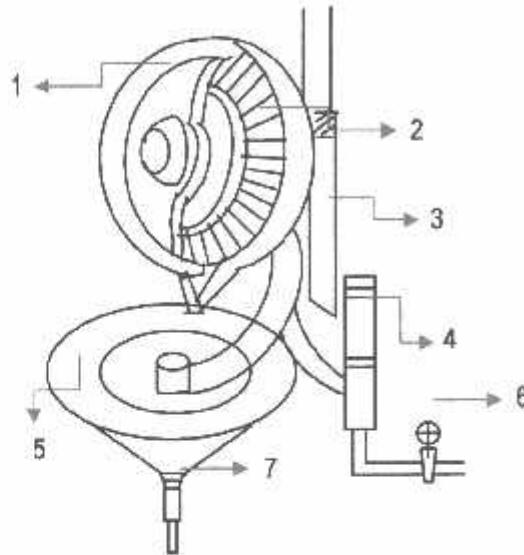
- 1) Fungsi : Untuk mengukur suhu/kelembaban pada keadaan kering dan basah
- 2) Prinsip kerja : Dengan adanya termometer bola kering .Suhu udara akan terukur dengan basis kering dan dengan termometer bola basah , suhu akan terukur dengan basis basah . Selisih antara keduanya dapat digunakan untuk melihat suhu udara ruang dan kelembabannya.
- 4) Spesifikasi : Telah dijelaskan
- 5) Gambar :



Keterangan : 1. Thermometer bola kering
2. Tempat penahan thermometer bola kering
3. Skala suhu dan RH
4. Sumbu air
5. Tangki air
6. skala suhu dan RH

n. Dish Humidifier

- 1) Fungsi : Untuk memberikan kelembaban dalam ruang giling dan ruang oksidasi enzimatis.
- 2) Prinsip kerja : Air yang masuk ke pengabut terlebih dahulu akan melalui filter, kemudian air tersebut diputar oleh piringan. Selanjutnya oleh kipas yang ada di belakang piringan tersebut air dihembuskan, sehingga keluar berupa kabut melalui sidu-sidu yang ada
- 3) Spesifikasi : Telah dijelaskan
- 4) Gambar :



Keterangan :

1. Dish (piringan)
2. Sudu - sudu
3. Kipas (vann)
4. Filter
5. Penampungan air
6. Kran air masuk
7. Saluran pembuangan air

a) Listrik

Sumber listrik pada pabrik teh ini berasal dari PLTN dan didukung PLTD. Listrik ini digunakan untuk proses pengolahan dan aktivitas di pabrik juga sumber penerangan di perumahan karyawan.

- Kekuatan : 860 KVA
- Kecepatan : 1500 rpm
- Tegangan : 220/440 volt
- Kuat arus : 1600 ampere

b) Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan di kebun kertowono lumajang berupa solar untuk mesin diesel, tetapi hanya diperlukan jika aliran listrik PLTN terputus. Mesin diesel yang dipergunakan untuk PLTD ada 2 tipe yaitu :

- Merk Mercedes tipe OM 0404 A sebanyak 3 unit :
 - Kekuatan : 320 KVA
 - Kecepatan : 1500 rpm
 - Tegangan : 220/440 volt
 - Kuat arus : 474 ampere
- Merk Mercedes OM 0403 A sebanyak 3 unit :
 - Kekuatan : 156 KVA