



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI SUPLAI TENAGA LISTRIK
DI PT. INDAH KIAT PULP & PAPER**

SKRIPSI

FITRIAL HURI

0706199344

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMALISASI SUPLAI TENAGA LISTRIK
DI PT. INDAH KIAT PULP & PAPER**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar ST

FITRIAL HURI

0706199344

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2010**

PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Fitriah Huri

NPM : 0706199344

Tanda Tangan :

Tanggal : 7 Juli 2010

PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Fitriah Huri
NPM : 0706199344
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Seminar : Optimalisasi Suplai tenaga listrik di PT. Indah Kiat
Pulp & Paper

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Amien Rahardjo, MT ()
Penguji : Ir. I Made Ardita Y, MT ()
Penguji : Ir. Agus R. Utomo, MT ()

Ditetapkan di : Depok

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, saya banyak mendapatkan bantuan baik materil maupun moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- Ir. Amien Rahardjo, MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- Bapak Fikrul selaku pembimbing di PT. Indah Kiat Pulp & Paper;
- Papa, Mama, Adik dan Istriku yang telah memberikan dukungan doa dan motivasi;
- Sahabat seperjuangan yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini;
- Semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Harapan saya kiranya Skripsi ini dapat memberikan pengetahuan yang bermanfaat bagi saya khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah pada kita semua. Amin.

Depok, 7 Juli 2009

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitriah Huri
NPM : 0706199344
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Optimalisasi Suplai tenaga listrik di PT. Indah Kiat Pulp & Paper

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 7 Juli 2010
Yang menyatakan

(FITRIAH HURI)

ABSTRAK

Nama : Fitriani Huri
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Optimalisasi Suplai tenaga listrik di PT. Indah Kiat Pulp & Paper

PT. Indah Kiat Pulp & Paper adalah Perusahaan yang memproduksi kertas yang berlokasi di Serpong, Tangerang Selatan. PT. Indah Kiat Pulp & Paper mendapatkan suplai energy listrik dari dua sumber listrik yaitu PLN dan pembangkit PLTG 2 x 4,9 MVA. PLN berfungsi sebagai suplai cadangan listrik apabila generator terjadi gangguan. Untuk dapat menghubungkan generator dengan system maka harus dilakukan proses sinkronisasi antara generator dengan PLN.

Skripsi ini membahas tentang pengoptimalisasi sumber energi yang dimiliki oleh PT. Indah Kiat Pulp & Paper. Berdasarkan data yang diperoleh dari pengamatan dan pengukuran mengenai koodinasi antar dua sumber listrik. hasil dari pengolahan data didapatkan beberapa macam kemungkinan kombinasi dua pembangkit yang berhubungan dengan proses produksi. Bagaimana cara pengoperasian dan kontrol yang baik agar energi listrik dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin.

Kata kunci : optimasi energi.

ABSTRACT

Name : Fitriani Huri
Study Program: Electrical Engineering
Title : Optimizing the supply of electricity in the PT. Indah Kiat Pulp & Paper

PT. Indah Kiat Pulp & Paper is a company which produces paper that is located in Serpong, Tangerang South. PT. Indah Kiat Pulp & Paper obtain energy supply electrical power from two sources ie PLTG PLN and 2 x 4.9 MVA. PLN functions as a backup power supply interruption occurs when the generator. In order to connect the generator to the system, then the synchronization process must be made between the generator with PLN.

This thesis discusses the Optimizer energy source by PT. Indah Kiat Pulp & Paper. Based on data obtained from observation and measurement of coordination between the two power sources. results from the processing of data obtained some kind of possible combinations of two plants associated with the production process. How does the operation and good control so that electrical energy can be utilized optimally.

Keywords: energy optimization.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Pernyataan Orisinalitas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir	v
Abstrak.....	vi
Abstract	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Sumber Tenaga Listrik PLN.....	5
2.2 Sumber Tenaga Listrik Turbin Gas	5
2.2.1. Penggerak Mula (<i>Prime Mover</i>)	5
2.2.2. Generator	8
2.2.2.1. Kecepatan dan frekuensi	9
2.2.2.2. Faktor daya	10
2.2.2.3. Pengaturan tegangan	11
2.3 Transformator	11
2.3.1 Transformator Daya	12
2.3.2 Transformator Distribusi	13
2.3.3 Transformator Instrumen	14
2.3.3.1. Transformator arus	14
2.3.3.2. Transformator tegangan	15
BAB 3 PENGUMPULAN DATA	17
3.1. Sumber Listrik	17
3.1.1. Sumber Listrik PLN	17
3.1.2. Transformator	17
3.1.3. Turbin Gas Generator.....	19
3.2. Data Beban	20
BAB 4 PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA	30
4.1. Suplai Listrik PLN	30
4.2. Suplai Listrik Generator	30
4.3. Perkiraan Perhitungan Biaya	30
4.3.1. Perkiraan Biaya PLN	31
4.3.1.1. Biaya Tetap	31
4.3.1.2. Biaya Tidak Tetap	32
4.3.2. Perkiraan Biaya Generator Turbin Gas	35
4.3.2.1. Biaya Tetap.....	36

4.3.2.2. Biaya Tidak Tetap	36
4.4. Analisa Perhitungan Tabel	43
BAB 5 KESIMPULAN	45
DAFTAR ACUAN	46
LAMPIRAN	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem kerja turbin.....	6
Gambar 2.2	Prinsip siklus tenaga gas bayton	8
Gambar 2.3	Turbin gas dan generator EGT – BS 5000.....	10
Gambar 2.4	Segitiga daya	11
Gambar 2.5	Rangkaian ekuvalen trafo	12
Gambar 2.6	Transformator daya.....	13
Gambar 2.7	Transformator distribusi	14
Gambar 2.8	Transformator arus (CT).....	15
Gambar 2.9	Transformator tegangan (PT).....	16
Gambar 3.1	Diagram garis tunggal (single line diagram)	25
Gambar 3.2	Kurva beban 1 bulan (bulan april 2010).....	27
Gambar 3.3	Kurva daya terhadap waktu.....	27
Gambar 3.4	Perbandingan pemakaian harian antara turbin dan PLN	28
Gambar 3.5	Kurva data kWh 4 bulan	29
Gambar 4.1	Kurva WBP dan LWBP	33
Gambar 4.2	Perkiraan biaya tiap bulan	34
Gambar 4.3	Perkiraan biaya tiap bulan pemakaian beban 100%	35
Gambar 4.4	Pemakaian Gas dalam 4 bulan	37
Gambar 4.5	Perkiraan biaya generator untuk pemakaian beban 100%	39
Gambar 4.6	Kurva pemakaian kWh bulan februari	40
Gambar 4.7	Kurva pemakaian kWh bulan maret	41
Gambar 4.8	Kurva pemakaian kWh bulan April	42
Gambar 4.9	Kurva pemakaian kWh bulan Mei	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi transformator daya 1 (6000 kVA)	18
Tabel 3.2	Spesifikasi transformator daya 2 & 3 (2000 kVA)	18
Tabel 3.3	Spesifikasi transformator distribusi (600 kVA)	19
Tabel 3.4	Spesifikasi generator	20
Tabel 3.5	Beban – beban tiap feeder	21
Tabel 3.6	Data kWh meter pemakaian listrik bulan april 2010	26
Tabel 3.7	Data kWh 4 bulan	28
Tabel 3.8	Data kWh PLN (rekening)	28
Tabel 4.1	Perkiraan biaya PLN tahun 2010	31
Tabel 4.2	Perkiraan harga gas per m ³ dan MMBTU	31
Tabel 4.3	Biaya beban golongan I – 3 /TM	32
Tabel 4.4	Biaya WBP	32
Tabel 4.5	Biaya LWBP	32
Tabel 4.6	Biaya WBP dan LWBP	33
Tabel 4.7	Biaya pemakaian tiap bulan	33
Tabel 4.8	Perkiraan biaya tiap bulan pemakaian beban 100%	34
Tabel 4.9	Pemakaian bahan bakar gas tiap bulan	36
Tabel 4.10	Penentuan Volume (m ³) per kWh dan MMBTU per kWh	37
Tabel 4.11	Pemakaian gas (m ³ dan MMBTU)	38
Tabel 4.12	Pemakaian gas (Rp. Dan USD)	38
Tabel 4.13	Perkiraan biaya generator untuk pemakaian beban 100%	38
Tabel 4.14	Perhitungan biaya per kWh bulan februari.....	40
Tabel 4.15	Perhitungan biaya per kWh bulan maret	41
Tabel 4.16	Perhitungan biaya per kWh bulan april	42
Tabel 4.17	Perhitungan biaya per kWh bulan mei	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam dunia industri pemakaian energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kelancaran aktifitasnya. Penyediaan sumber energi listrik haruslah handal dan berkesinambungan, sebab energi listrik yang di alirkan ke industri tidak boleh terdapat hambatan atau gangguan. Apabila terjadi hambatan atau gangguan akan mengakibatkan produksi yang di hasilkan akan cacat, rusak bahkan berhenti. Hal ini akan mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi industri.

Untuk mendapatkan kualitas energi listrik yang baik maka kita harus tahu sumber energi listrik yang masuk kedalam suatu industri, misalkan suatu perusahaan mendapatkan asupan energi listrik dari PLN (sumber luar), dan pembangkit sendiri contohnya pembangkit listrik turbin gas, pembangkit listrik diesel dan lainnya.

Perusahaan indah kiat pulp & paper tempat saya ambil data menggunakan sumber energi listrik dari PLN, dan pembangkit turbin gas. Dari dua pembangkit tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Kedua dari sumber tersebut harus disamakan atau di sikronisasi sehingga dapat masuk ke busbar. Untuk itu penulis akan coba membahas tentang pengoptimalisasi pembangkit listrik tenaga turbin gas.

1.2. TUJUAN PENULISAN

Adapun tujuan yang akan dicapai oleh penulis yaitu mengetahui proses penyediaan daya listrik oleh generator dan PLN beserta faktor efisiensi diantara kedua sumber tersebut, dan menghitung jumlah biaya – biaya yang terjadi dari sumber turbin generator dengan PLN sampai ke beban. Dengan mempelajari hal tersebut maka dapat diambil kesimpulan mana yang lebih menguntungkan dalam

pemakaian sumber listrik generator atau PLN sebagai suplai listrik dari beban kWh hingga segi ekonomisnya di PT.INDAH KIAT PULP & PAPER.

1.3. BATASAN MASALAH

Dalam penulisan ini agar tidak menyimpang dari pokok bahasan yang telah ditentukan maka penulis akan membatasi masalah sebagai berikut:

1. Tinjauan ekonomis terhadap pemakaian daya yang bersumber dari generator dan PLN.
2. Membahas perhitungan dan analisis biaya – biaya yang muncul dari PLN dan generator.
3. Membahas dan menganalisa daya yang terpasang dan energy yang terpakai.

1.4. METEDOLOGI PENULISAN

1. Studi Literatur

Penulis mempelajari literatur – literatur yang berhubungan dengan perbandingan penggunaan energi listrik pada industri.

2. pengumpulan data

Penulis melakukan pengumpulan data – data yang terdapat di lapangan. Data yang dikumpulkan yaitu mengenai data generator, transformator dan beban yang digunakan. Mengumpulkan gambar garis tunggal dari sumber energy listrik ke panel hubung bagi (*feeder*).

3. Analisa data

Dengan data – data peralatan yang ada, daya terpasang dan energy yang terpakai, maka penulis akan melakukan analisa, dan kemudian akan mengambil kesimpulan.

1.5. SISTEMATIKA PENULISAN

Penyusunan tugas akhir ini dibagi ke dalam lima Bab, diantaranya adalah Bab 1 yang berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan. Bab 2 berisi tentang landasan teori, dimana landasan teori ini berisi tentang menguraikan teori dasar distribusi tenaga listrik dari turbin gas generator, menjelaskan prinsip kerja dan peralatan pendukungnya. Bab 3 berisi tentang metodologi optimalisasi dilihat dari sisi beban dan pembangkit, serta metode apa saja yang dilakukan dalam pengoptimalisasi. Bab 4 berisi tentang analisa data dari sumber listrik PLN, generator, transformator, beserta daya yang tersambung dan besarnya pemakaian energy listrik, serta menganalisis perhitungan biaya – biaya yang terjadi dari kedua sumber energi listrik dan membandingkan kedua hasil perhitungan dari generator dan PLN. Bab 5 berisi tentang kesimpulan.

BAB 2

LANDASAN TEORI

PT. Indah kiat pulp & paper memakai daya listrik yang cukup besar, yaitu saat beban puncak bisa hingga 11 MW. Sumber listrik yang dipakai oleh perusahaan ini menggunakan sumber listrik dari PLN dan Pembangkit sendiri yaitu pembangkit listrik turbin gas (PLTG). Suplai dari pembangkit turbin gas merupakan sumber listrik utama (*main supply*) untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di industri.

Adapun perbandingan keuntungan dan kerugian dari kedua sumber energi listrik ini adalah sebagai berikut:

Sumber listrik PLN:

Keuntungan:

1. Tidak menimbulkan polusi udara dan kebisingan.
2. Biaya operasional dan perawatan yang cukup murah
3. Usia pemakaian yang relatif lama.
4. Perencanaannya mudah karena hemat tempat.

Kerugian :

1. Kontinuitas sumber energi listrik yang tergantung dari situasi operasional PLN.
2. Biaya beban tertentu (abodemen) yang harus dibayar meskipun jarang pemakaiannya.
3. Biaya denda jika terdapat kVAr yang tinggi yang dikarenakan faktor daya yang kurang dari yang ditentukan oleh PLN.

Sumber listrik generator:

Keuntungan:

1. Kontinuistas sumber energi listrik yang handal.
2. Tegangan mudah diatur.

3. Kestabilan terjamin
4. Usia pemakaian yang relatif lama.

Kerugian:

1. Menimbulkan polusi udara dan kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitar.
2. Tidak dapat menanggulangi kelebihan beban.

2.1. SUMBER TENAGA LISTRIK PLN

Pemakaian sumber listrik PLN yang digunakan pada perusahaan ini untuk memenuhi kebutuhan energi listrik terhadap proses produksi seperti penerangan, motor – motor listrik, AC (*Air Conditioner*) dan lainnya. Suplai listrik dari PLN merupakan suplai listrik tambahan bagi perusahaan ini, yang diambil dari jaringan transmisi yang disalurkan ke gardu induk (GI) yang berada di lokasi perusahaan dengan tegangan 20 kV. Kemudian dari GI didistribusikan ke tegangan 3,3 kV dengan trafo penurun tegangan (*step down transformer*) dan kemudian diterima oleh panel *feeder* distribusi.

2.2. SUMBER TENAGA TURBIN GAS

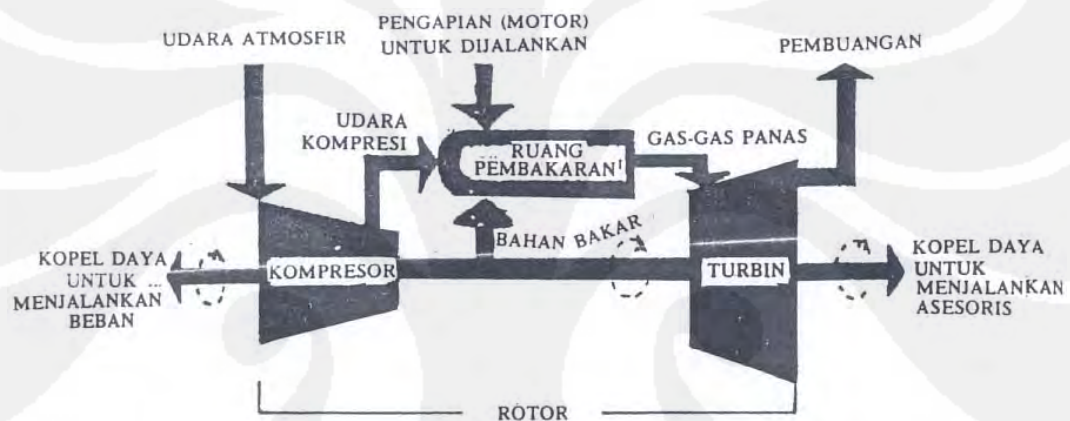
Sistem pembangkit listrik tenaga turbin gas ini menggunakan generator dengan sistem penggerak tenaga turbin gas. PLTG merupakan pembangkit listrik yang terdapat pada perusahaan ini merupakan sumber listrik utama. Sebuah pembangkit tenaga turbin gas terdiri dari dua komponen utama yaitu:

1. Pengerak mula (*prime mover*), dalam hal ini adalah turbin gas
2. Generator

2.2.1. Penggerak Mula (*Prime Mover*)

Prime mover merupakan peralatan yang berfungsi untuk menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Penggerak mula yang dipakai dalam suatu PLTG adalah turbin gas. Sebuah pembangkit listrik tenaga turbin gas terdiri atas beberapa komponen utama yaitu; kompresor, ruang pembakaran dan turbin gas dengan generator listrik.

Cara kerja pembangkit listrik secara garis besar dapat dilihat pada gambar 2.1 adalah, udara dari luar masuk melalui *turbine air inlet filter* menuju kompresor, kemudian udara tersebut ditekan (dimampatkan). Selanjutnya udara yang ditekan dialirkan ke dalam ruang bakar. Didalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar ke dalam arus udara tersebut sehingga terjadi proses pembakaran. Gas hasil pembakaran yang terbentuk itu kemudian dimasukkan kedalam turbin sehingga akan menghasilkan gaya dorong untuk memutar turbin. Turbin yang akan berputar pada gilirannya menggerakkan kompresor kembali dan generator listrik sebagai daya yang dimanfaatkan lebih lanjut. Gas hasil pembakaran ini akan keluar ke udara luar melalui *exhaust silencer*.



Gambar 2.1. sistem kerja turbin

Jenis turbin yang telah dijelaskan pada paragraph sebelumnya, jika dilihat dari perputaran udaranya disebut dengan sistem terbuka.

Keuntungan dari sistem terbuka gas turbine antara lain:

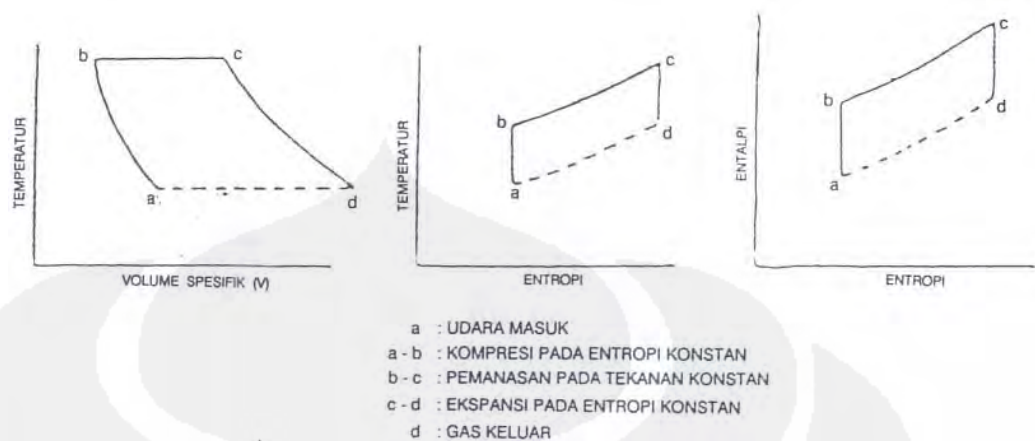
1. Ruang bakarnya ringan, ukurannya kecil tetapi dapat menghasilkan temperatur yang tinggi dibandingkan dengan turbin uap. Sistem awal pengapiannya mudah, hanya membutuhkan penyulutan pertama kali, setelah itu pembakaran akan langsung sendiri. Desain ruang bakarnya yang dapat digunakan untuk membakar hampir semua bahan bakar hidrokarbon, mulai dari gas sampai minyak diesel serta bahan bakar padat walaupun hampir tidak sama sekali digunakan.

2. Pergerakan atau perputaran bagian dari rotor baik turbin maupun kompresor, berada pada satu rotor yang sama, sehingga tidak adanya gaya yang tidak seimbang yang dihasilkan dan secara langsung getaran yang dihasilkan sangat kecil sekali.
3. Pemanasan awal *starting turbine* dilakukan dengan waktu yang tidak terlalu lama.
4. Perawatannya mudah dan biayanya murah.
5. Pelumasannya mudah, karena utamanya hanya dilakukan pada kompresor, bearing turbine, dan pada gear unit.
6. Tidak membutuhkan pondasi yang kuat sekali atau bangunan terlalu baik dan kokoh.
7. Lebih ringkas dibandingkan dengan turbin uap, karena tidak adanya boiler dengan *feed water evaporator* dan *condensing system*.

Kerugian dari sistem terbuka gas turbin:

1. Daya guna tiap bagiannya rendah, tetapi dapat ditingkatkan dengan penambahan *inter cooler* dan pemanasan kembali pada beberapa pembangkit listrik yang menggunakannya.
2. Penurunan efisiensi pada komponennya mempengaruhi penurunan temperatur dari sistem sehingga kerja turbin menjadi menurun.
3. Gas turbin dengan sistem terbuka membutuhkan kuantitas udara yang besar.

Untuk turbin yang dipakai di industri dapat dilihat bahwa turbin, kompresor, generator listrik dan motor untuk start semuanya berada dalam satu poros, pada umumnya ruang bakar diletakkan dibagian belakang *turbine package*. Daya yang dihasilkan turbin gas harus dibagi, yaitu sebagian untuk menggerakkan kompresor udara dan sebagian lagi untuk menggerakkan generator listrik.



Gambar 2.2. prinsip siklus tenaga gas brayton

Turbin gas bekerja atas dasar prinsip siklus tenaga gas brayton atau joule yang merupakan suatu standar siklus udara seperti yang dilihat pada gambar 2.2. proses – proses yang terjadi terdiri atas:

- a – b kompresi isentropic.
- b – c penambahan energi pada tekanan konstan
- c – d pengembangan isentropic.
- d – a pembuangan panas pada tekanan konstan.

2.2.2. Generator

Generator adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik arus searah (DC) atau arus bolak – balik (AC), yaitu dengan mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Untuk menghasilkan energi mekanik dapat diperoleh dari mesin bensin, mesin, diesel, turbin uap, turbin air, turbin gas, dan lain – lain. Sedangkan untuk menghasilkan energi listrik dipergunakan mesin sinkron.

Generator terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu:

- Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar dan dirancang dengan model salient pole yaitu rotor dengan kutub yang menonjol. Rotor terbuat dari besi yang dilaminasi untuk mengurangi arus eddy.

- Stator

Stator adalah bagian yang diam dalam generator, bisa disebut juga dengan rumah rotor. Inti stator dibuat dari lembaran – lembaran besi elektris yang dilaminasi satu dengan lainnya.

Generator bisa juga sebut dengan mesin sinkron, yang prinsip kerjanya dinyatakan oleh faraday : “bila ada penghantar yang bergerak dalam medan magnet dengan kecepatan tertentu, maka akan timbul tegangan pada penghantar tersebut”.

Bagian rotor yang terdiri dari kumparan itu akan dialiri oleh arus listrik searah sehingga akan menimbulkan medan magnet yang berputar, sedangkan statornya adalah kumparan jangkar. Besarnya tegangan induksi yang dihasilkan pada kumparan jangkar adalah:

$$E_a = 4.44 \times K_c \times K_d \times T \times f \times \Phi \quad (2.1)$$

Dimana :

E_a : tegangan efektif per fasa (volt) f : frekuensi (hertz)
 K_c : faktor jarak kumparan
 K_d : factor distribusi Φ : fluks per kutub (webber)
 T : jumlah lilitan per fasa

2.2.2.1. Kecepatan dan frekuensi

Syarat kecepatan generator AC di tentukan oleh :

- Frekuensi keluaran
- Jumlah pole dari generator

Dengan menggunakan rumus :

$$\text{Frekuensi (Hz)} = \frac{N (\text{Kecepatan}) \times P (\text{jumlah pole})}{60 (Polek)} \quad (2.2)$$



Gambar 2.3. Turbin gas dan Generator EGT – BS 5000

2.2.2.2. Faktor daya

Dalam rangkaian listrik arus bolak – balik (AC) pada industri akan terdapat induktansi dan kapasitansi, induktansi disebabkan oleh komponen yang berbentuk kumparan seperti motor – motor listrik dan transformator. Sedangkan kapasitansi di akibatkan dari komponen kapasitor. Sehingga daya pada listrik arus bolak – balik (AC) mempunyai tiga bentuk: daya aktif (P) daya Reaktif (Q) dan daya nyata (S).

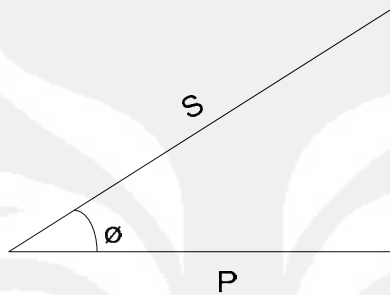
Daya reaktif terjadi karena induktansi dan kapasitansi, pada beban induktif maka arus listrik akan lagging atau tertinggal terhadap tegangan, sedangkan pada beban kapasitif, maka arus listrik akan leading atau mendahului tegangan . hal tersebut akan sangat mempengaruhi faktor daya ($\cos \phi$).

Daya aktif (P) adalah daya yang sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban. Sedangkan daya yang dipasok oleh sumber energi adalah daya nyata (S). untuk meminimalkan pemakaian daya yang masuk maka sebisa mungkin daya reaktif di buat sekecil mungkin. Jika beban bersifat induktif maka perlu di tambah beban kapasitif.

Perbandingan antara daya aktif dengan daya nyata yang disebut juga dengan faktor daya ($\cos \phi$)

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad \text{sehingga} \quad P = V I \cos \phi \quad (2.3)$$

$$S = V I \quad (2.4)$$



Gambar 2.2. Segitiga Daya

2.2.2.3. Pengaturan tegangan

Pengaturan tegangan dari generator dapat didefinisikan sebagai perubahan tegangan dari beban nol ke beban puncak dengan menjaga eksitasi tetap dan putaran tetap. Pengaturan tegangan dilakukan oleh AVR (Automatic Voltage Regulator) dengan membandingkan nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan tegangan dari sistem (busbar). AVR berfungsi untuk menjaga tegangan yang dihasilkan oleh generator tetap konstan.

$$\% \text{ regulasi} = \frac{E_g - V}{V} \times 100\% \quad (2.5)$$

2.3. TRANSFORMATOR

Transormator adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik arus bolak – balik dari satu tingkat tegangan ke tingkat tegangan yang lain. Transformator ini dapat menaikkan, menurunkan atau hanya untuk mengisolasi satu sistem dengan sistem lainnya. Transformator terdiri dari satu kumparan primer dan satu kumparan sekunder. Keduanya terhubung dengan inti besi. Dalam kondisi ideal, daya masuk dan keluar transformator itu sama,

akan tetapi kenyataanya daya masuk tidak sama dengan daya keluar. Hal ini disebabkan dengan adanya rugi – rugi yang terjadi di inti besi dan lilitan. Rugi – rugi tersebut terjadi akibat histerisis, arus eddy, resistansi belitan dan fluks yang bocor. Dari hal tersebut maka transformator dapat dinyatakan dengan rangkaian ekuvalen.

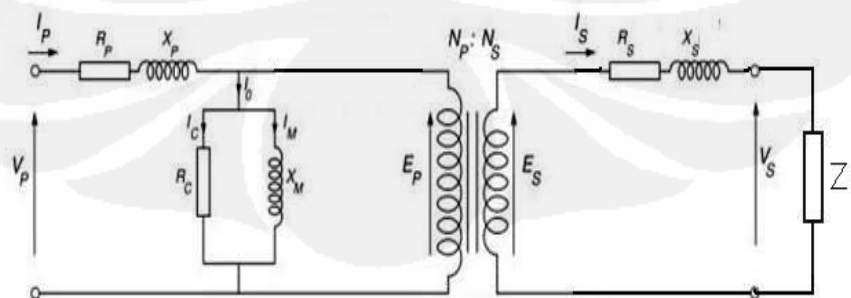
Berdasarkan fungsinya transformator diklasifikasikan sebagai berikut:

- Transformator daya (*power transformer*)
- Transformator distribusi (*distribution transformer*)
- Transformator instrument (*instrument transformer*)

2.3.1. Transformator Daya (*Power transformer*)

Transformator daya merupakan komponen utama dalam gardu induk. Fungsinya untuk mentransformasikan arus dan tegangan yang didistribusikan oleh sumber listrik yang kemudian pada sisi penerima tegangan pada sisi primer dan kemudian dirubah ketegangan yang lebih rendah. Transformator terdiri dari dua macam yaitu transformator penurun tegangan (*step down*) dan penaik tegangan (*step up*). Dalam pengoperasiannya pada sebuah gardu induk, transformator daya dilengkapi dengan perlengkapan – perlengkapan pendukung, antara lain:

- VCB (*Vacuum Circuit Breaker*)
- Relai – relai pengaman
- *Disconnecting switch*
- Arrester
- Sistem petanahan
- Instrumen pendukung, dan sebagainya.



Gambar 2.5. Rangkaian ekuvalen trafo



Gambar 2.6. Tranformator Daya

2.3.2. Transformator distribusi (*distribution transformer*)

Transformator distribusi merupakan trafo daya yang memiliki kapasitas daya yang lebih kecil dari trafo induk, dan peranannya mentransformasikan tegangan menengah yang keluar dari trafo gardu induk ke tegangan rendah untuk selanjutnya disalurkan ke beban



Gambar 2.7. Tranformator Distribusi

2.3.3. Transformator Instrumen (*Instrument Transformer*)

Transformator ini merupakan transformator yang digunakan untuk peralatan pengukuran. Transformator ini dibedakan atas dua jenis yaitu:

2.3.3.1. Transformator arus (CT)

Transformator arus (*Current Transformer*) memiliki fungsi utama, sebagai alat listrik yang berfungsi untuk mengubah atau mentransformasikan besaran listrik (arus) dari besar menjadi kecil, gunanya untuk pengukuran dan proteksi. Dan isolasi dari tegangan pada sistem dengan alat ukur atau alat proteksi. Besaran arus yang besar pada sisi primer (tegangan tinggi / menengah) akan diturunkan pada sisi sekunder (tegangan rendah), sesuai dengan batas (*range*) peralatan yang dipasang pada sisi sekunder transformator arus (CT).

Di panel distribusi selain dipakai untuk mengukur besaran arus dalam suatu sistem, CT digunakan untuk keperluan relai proteksi dari sistem tersebut jika terjadi gangguan. Maka tingkat ketelitian yang diperlukan sampai beberapa kali arus rating. Relai proteksi yang menggunakan arus sekunder CT antara lain:

- Distance relay
- Directional relay
- Synchron relay
- Differential relay

- Restricted earth fault relay
- Standby earth fault
- Over load relay

Dalam CT terdapat ratio yang membandingkan antara arus primer dan arus sekunder. Misalkan trafo arus pada incoming 20 kV dengan ratio 1000/5 artinya pada tegangan maksimum 20 kV dengan arus sebesar 1000 A di turunkan menjadi 5A. Dengan kata lain CT memiliki class yang menentukan tingkat ketelitian dan keakuratan dalam pengukurannya.

Hal ini dapat dilihat dengan persamaan :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad (2.6)$$

Dimana : I1 = Arus primer
I2 = Arus sekunder

N1 = Jumlah lilitan primer
N2 = Jumlah lilitan sekunder



Gambar 2.8. Transformator arus (CT)

2.3.3.2. Transformator tegangan (PT)

Transformator tegangan (PT) merupakan jenis transformator yang digunakan untuk memperkecil atau menurunkan besaran tegangan dari sisi primer (tegangan tinggi / menengah) kesisi sekunder (tegangan rendah), sesuai dengan range peralatan yang dipasang pada sisi sekundernya. Hal ini dapat dilihat pada persamaan:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.7)$$

Dimana : V1 = Tegangan primer
V2 = tegangan sekunder

N1 = Jumlah lilitan primer
N2 = Jumlah lilitan sekunder

Di gardu PT digunakan untuk keperluan relai proteksi. Selain untuk keperluan pengukuran. Relai proteksi yang menggunakan tegangan sekunder PT anantara lain:

- Distance relay
- Synchron relay
- Directional relay
- Frequency relay
- Voltage relay



Gambar 2.9. Transformator tegangan (PT)

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

Perusahaan ini memiliki dua sumber pembangkit, yaitu 2 buah generator dengan penggerak turbin gas dan PLN. Kedua sumber tersebut bekerja dengan sinkron.

3.1. SUMBER LISTRIK

3.1.1. Sumber listrik PLN

Sumber listrik PLN terhubung dengan sambungan listrik yang ada di perusahaan ini. Perusahaan ini memakai sumber listrik dari PLN sebesar 6055 kVA – 20 kV yang termasuk golongan I – 3 yaitu golongan industri dengan daya diatas 200 kVA. Sumber PLN merupakan sumber cadangan perusahaan. Terdapat panel feeder yang terhubung dengan jaringan listrik (busbar) di perusahaan untuk mendistribusikan daya listrik dari PLN yang terhubung dengan transformator step down yang berkapasitas 6000 kVA, 20 / 3,3 kV.

3.1.2. Transformator

Pada perusahaan ini memiliki tiga buah transformator penurun tegangan dengan kapasitas transformator yang berbeda – beda, kapasitas transformator terpakai, pertama transformator dengan kapasitas satu 6000kVA, dan dua transformator dengan kapasitas 2000kVA. Ketiga transformator itu menurunkan tegangan dari 20 kV menjadi 3300 V yang kemudian disalurkan ke system jaringan listrik (busbar), yang di sinkronkan dengan dengan jaringan busbar hanya satu transformator yang kapasitasnya 6000 kVA, sedangkan kedua transformator lainnya hanya untuk cadangan (back up).

Spesifikasi transformator stepdown ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Spesifikasi tranformator daya 1 (6000 kVA)

Merek	FORTUNE ELECTRIK
Tahun Pembuatan	1991
Tegangan Nominal Primer hub. Δ	20000 Volt, 3 phasa, 50 Hz
Tegangan Nominal Sekunder hub. Δ	3450 Volt, 3 phasa, 50 Hz
Arus Nominal Primer	173 A
Arus Nominal Sekunder	1004 A
Daya Nominal Primer	6000 kVA
Daya Nominal Sekunder	6000 kVA
Tegangan Hubung Singkat	7,5%
Kenaikan Suhu Minyak ($^{\circ}\text{C}$)	40
Kenaikan Suhu Kumparan ($^{\circ}\text{C}$)	85
Tingkat Isolasi Dasar Primer	150 kV
Tingkat Isolasi Dasar Sekunder	75 kV
Jumlah berat	10235 kg
Berat minyak	3220 l / 3043 kg
Standard	ANSI C57 12
Pendingin	ONAN
Buatan	Taiwan

Tabel 3.2. Spesifikasi tranformator daya 2 & 3 (2000 kVA)

Merek	SHEN CHAN ELECTRIK
Tahun Pembuatan	1986
Tegangan Nominal Primer hub. Δ	20 kV
Tegangan Nominal Sekunder hub. Δ	3.3 kV
Arus Nominal Primer	57.7 A
Arus Nominal Sekunder	350A
Daya Nominal Primer	2000 kVA
Daya Nominal Sekunder	2000 kVA
Tegangan Hubung Singkat	6,03%
Kenaikan Suhu Minyak ($^{\circ}\text{C}$)	65
Kenaikan Suhu Kumparan ($^{\circ}\text{C}$)	60
Tingkat Isolasi Dasar Primer	125 kV
Tingkat Isolasi Dasar Sekunder	45 kV

Jumlah berat	6000 kg
Berat minyak	1500
Standard	IEC – 76
Pendingin	ONAN
Buatan	TAIWAN

Selain itu terdapat banyak trafo distribusi. Dibawah ini salah satu spesifikasi trafo yang di pergunakan untuk jaringan distribusi 380 V

Tabel 3.3. Spesifikasi tranformator distribusi (600 kVA)

Merek	Shihlin electric
Tahun Pembuatan	1977
Tegangan Nominal Primer hub. Δ	3300 V
Tegangan Nominal Sekunder hub. Y	400 / 230 V
Arus Nominal Primer	105 A
Arus Nominal Sekunder	866.1 A
Daya Nominal Primer	600 kVA
Daya Nominal Sekunder	600 kVA
Tegangan Hubung Singkat	3.6%
Kenaikan Suhu Minyak ($^{\circ}\text{C}$)	55
Kenaikan Suhu Kumparan ($^{\circ}\text{C}$)	40
Tingkat Isolasi Dasar Primer	60 kV
Tingkat Isolasi Dasar Sekunder	60 kV
Jumlah berat	2250 kg
Berat minyak	420 l / 400 kg
Standard	ANSI C57 12
Pendingin	OIL IMMersed / SELF COOLER
Buatan	TAIWAN

3.1.3. Turbin gas generator

Turbin gas generator yang terdapat di perusahaan ini merupakan sumber listrik utama dan bekerja selama 24 jam. Turbin gas generator yang digunakan sebanyak 2 buah dimana, masing – masing generator memiliki kapasitas 4964 kVA, tegangan nominal 3 fasa 3300 V dan frekuensi 50 Hz. Kedua generator ini

disambung secara paralel untuk mendapatkan tenaga listrik secara berkesinambungan. Maka keduanya harus disamakan dan disinkronkan arus dan tegangan listriknya, kedua generator ini bebannya dibagi rata (sharing). Spesifikasi generator turbin gas sebagai berikut:

Tabel 3.4. Spesifikasi generator

Merek	GEC – ALSTROM
Tipe	BS 5000
RPM	1500
Power factor	0.8
Hz	50
kVA	4964
kW	4800
Volt	3300
Phase	3
Efisiensi	98%
Tahun	1994

Generator yang digunakan pada perusahaan ini terdiri dari dua buah yang masing – masing kapasitas 4964 kVA. Tentunya daya kedua generator ini tidak cukup dalam melayani kebutuhan listrik perusahaan yang rata - rata membutuhkan listrik sebesar 8.5 MVA. dikarenakan kedua generator turbin gas hanya mengeluarkan daya sebesar 7MVA. Kedua generator hanya mengeluarkan 7 MVA disebabkan oleh sumber gas yang disalurkan oleh perusahaan gas Negara (PGN) memiliki kualitas dan tekanan yang kurang dari yang ditentukan atau yang diajarkan oleh spesifikasi turbin gas. Maka sisa dari kekurangan daya diambil dari sumber listrik PLN.

3.2. DATA BEBAN

Beban yang terpakai pada perusahaan ini terbagi menjadi Sebelas buah saluran pengisian (feeder) dengan tegangan nominal 3300V. Sepuluh feeder yang dipergunakan untuk produksi dan satu feeder dipergunakan untuk non produksi. Jadi masing – masing feeder mempunyai beban yang terpisah. Feeder ini di bagi berdasarkan lokasi – lokasi:

Tabel 3.5. Beban – beban tiap feeder

Feeder 1

lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
PM 2	trafo panel distribusi 3300/380 V mcc (800kVA)	640	800
	condenser 400 kVAR		0
	horizontal screen 200 hp	150	187.5
	couch nash 125 hp	93	116.25
	pick up high nash 125 hp	93	116.25
	pick up low nash 125 hp	93	116.25
	felt nash 125 hp	93	116.25
	1 st cleaner pump 125 hp	93	116.25
	sucbox nash 75 hp	56	70
	finishing	broke pulper 1 (100hp)	75
broke pulper 2 (100hp)		75	93.75
total		1461	1826.25

Feeder 2

lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
stock preperation	condenser 1 (400kVAR)		0
	condenser 2 (400kVAR)		0
	condenser 3 (300kVAR)		0
	refiner 4 sp 3 (400 hp)	300	375
	refiner 5 sp 3 (400hp)	300	375
	pulper 1 (150hp)	112	140
	pulper 2 (150hp)	112	140
	pulper 3 (150hp)	112	140
	pulper 4 (150hp)	112	140
	refiner 5 sp 2 (400)	300	375
	refiner 6 sp 2 (400)	300	375
	refiner 3 sp 1 (400)	300	375
	refiner 4 sp 1 (400)	300	375
total		2248	2810

Feeder 3

lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
stock preparation	condenser 1 (400kVAR)		0
	refiner 3 sp 3 (400hp)	300	375
	refiner 9 sp 1 (400hp)	300	375
	refiner 8 sp 2 (400hp)	300	375
	refiner 7 sp 2 (400hp)	300	375
waste water treatment	trafo panel distribusi 3300/380 V WWT (500kVA)	400	500
total		1600	2000

Feeder 4

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
stock preparation	trafo panel distribusi 3300/380 V SP 1 & 2 (600kVA)	480	600
	trafo panel distribusi 3300/380 V sp 3 (1000kVA)	800	1000
kompresor	trafo panel distribusi 3300/380 V (1000kVA)	800	1000
total		2080	2600

Feeder 5

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
PM 1	condesor (400kVAR)		0
	horizontal screen 200 hp	150	187.5
	couch nash 125 hp	93	116.25
	pick up high nash 125 hp	93	116.25
	pick up low nash 125 hp	93	116.25
	felt nash 125 hp	93	116.25
	1 st cleaner pump 125 hp	93	116.25
	sucbox nash 75 hp	56	70
	trafo panel distribusi 3300/380 V (800kVA)	640	800
total		1311	1638.75

Feeder 6

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
PM 1	trafo panel distribusi 3300/380 V main ac drive (800kVA)	640	800
	trafo panel distribusi 3300/380 V ac drive(800kVA)	640	800
PM 2	trafo panel distribusi 3300/380 V main ac drive (800kVA)	640	800
	trafo panel distribusi 3300/380 V ac drive(800kVA)	640	800
total		2560	3200

Feeder 7

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
stock preparation	refiner 2 sp 3 (400hp)	300	375
	refiner 1 sp 3 (400hp)	300	375
	refiner 11 sp 2 (400hp)	300	375
	refiner 10 sp 2 (400hp)	300	375
	refiner 1 sp 1 (400hp)	300	375
	refiner 2 sp 1 (400hp)	300	375
	condenser (400kVAR)		0
	trafo panel distribusi 3300/380 V SP3 (600kVA)	480	600
total		2560	2850

Feeder 8

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
PM3	condesor (400kVAR)		0
	horizontal screen 200 hp	150	187.5
	couch nash 125 hp	93	116.25
	pick up high nash 125 hp	93	116.25
	pick up low nash 125 hp	93	116.25
	felt nash 125 hp	93	116.25
	1 st cleaner pump 125 hp	93	116.25
	sucbox nash 75 hp	56	70
	trafo panel distribusi 3300/380 V (600kVA)	480	600
finishing	broke pulper 3 (100hp)	75	93.75
total		2280	1532.5

Feeder 9

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
PM3	trafo panel distribusi 3300/380 V mcc (600kVA)	480	600
	trafo panel distribusi 3300/380 V main ac drive (600kVA)	480	600
	trafo panel distribusi 3300/380 V (600kVA)	480	600
total		1440	1800

Feeder 10

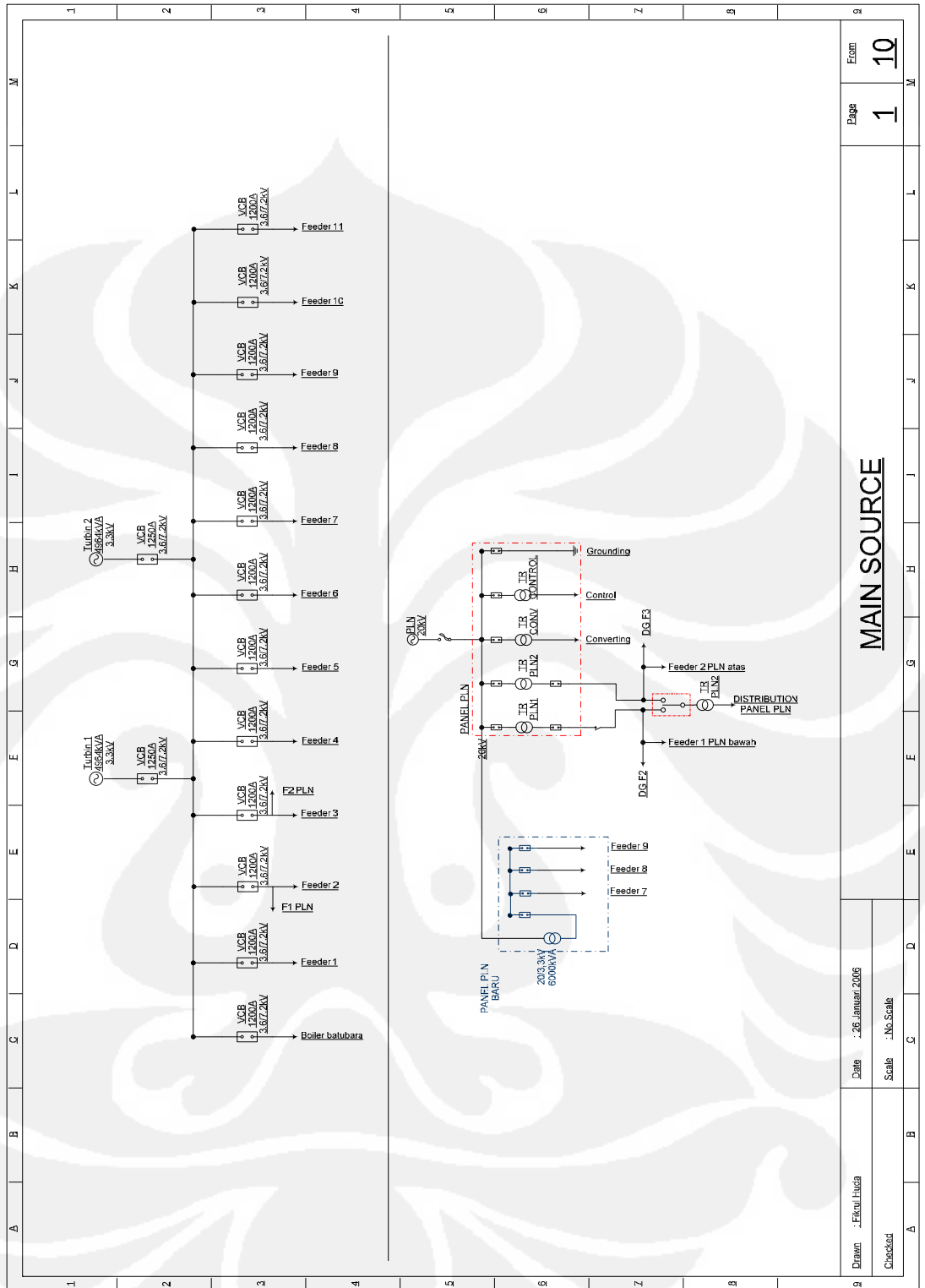
Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
wisma indah kiat	tranformator 3300V/20kV	800	1000

Feeder 11

Lokasi	beban	daya (kW)	daya (kVA)
stock preperation	pulper 5 (270hp)	200	250
	pulper 6 (270hp)	200	250
	pulper 7 (270hp)	200	250
	pulper 8 (270hp)	200	250
	condenser (400kVAR)		0
boiler batu bara	trafo panel distribusi 3300/380 V (1000kVA)	800	1000
total		1600	2000

Sehingga jika di total semua feeder dari feeder 1 sampai 11 daya nyata (S) adalah : $1826.25 + 2810 + 2000 + 2600 + 1638.8 + 3200 + 2850 + 1532.5 + 1800 + 2000 + 1000 = 23257.55$ kVA, factor daya yang terdapat pada data spesifikasi motor adalah 0,8.

Pemakaian daya listrik di tiap feeder tidak sama dikarenakan tidak semua beban bekerja dengan bersamaan, apabila beban bekerja maka daya listriknya akan mencapai beban puncak kurang lebih sebesar 11 MW. Jadi pemakaian daya listrik beban dapat di lihat pada masing – masing lokasi.



MAIN SOURCE

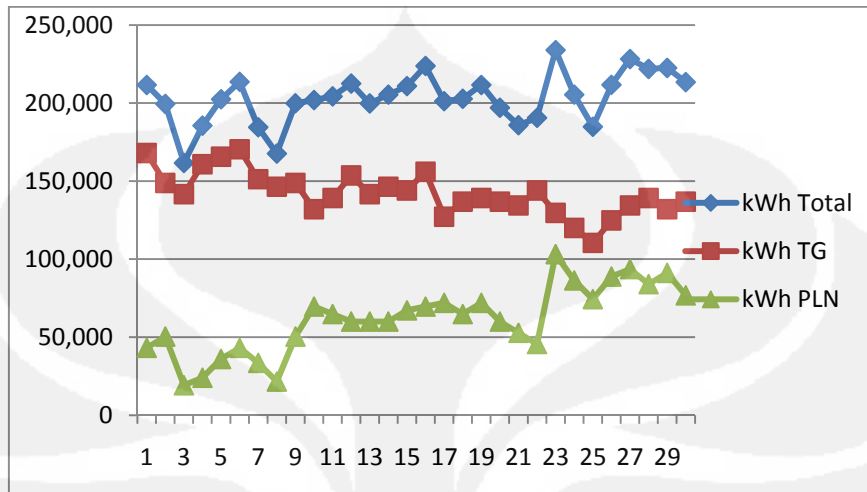
Drawn : Fikri Huda	Date : 26 Januari 2005	Page	1	From	10
Checked :	Scale : No. Scale				

Gambar 3.1. Diagram garis tunggal (single line diagram)

Tabel 3.6. Data kWh meter pemakaian listrik di bulan april 2010

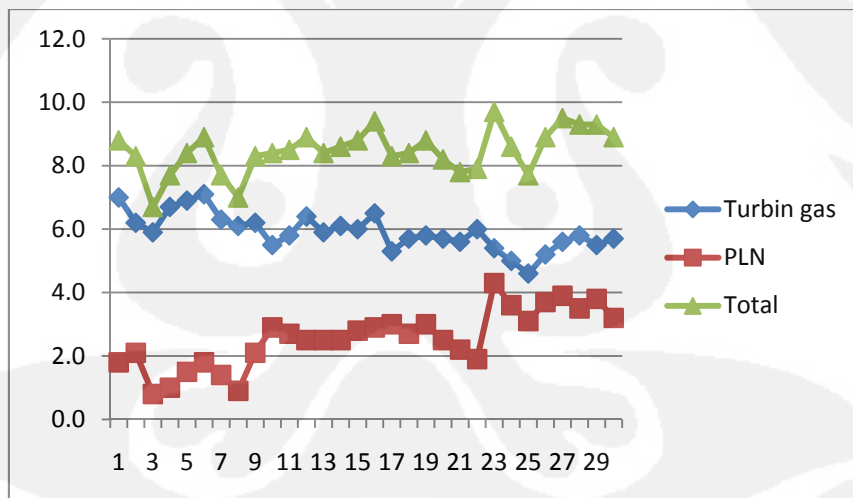
PEMAKAIAN HARIAN LISTRIK BULAN APRIL										
Tanggal	kWh	TG	PLN	kWh						
		MW	MW	SP	PM1	PM2	PM3	FIN	CON	OTHER
1-Apr	211,610	7.0	1.8	68,991	29,506	27,698	32,076	7,974	3,000	42,365
2-Apr	199,420	6.2	2.1	74,235	31,708	25,139	21,658	8,140	2,340	36,200
3-Apr	161,610	5.9	0.8	50,281	29,815	30,273	9,566	7,657	2,610	31,408
4-Apr	185,560	6.7	1.0	51,898	27,847	28,207	34,596	8,085	2,250	32,677
5-Apr	202,440	6.9	1.5	60,600	30,907	24,465	34,524	9,087	2,640	40,217
6-Apr	213,600	7.1	1.8	69,459	28,687	25,933	34,398	7,774	2,880	44,469
7-Apr	184,510	6.3	1.4	57,414	29,863	27,957	15,677	8,079	2,880	42,640
8-Apr	167,630	6.1	0.9	52,785	30,476	27,951	6,048	7,066	2,850	40,454
9-Apr	199,860	6.2	2.1	63,968	29,961	29,943	24,576	8,564	2,610	40,238
10-Apr	201,922	5.5	2.9	70,762	25,747	31,314	31,021	7,683	2,790	32,605
11-Apr	204,310	5.8	2.7	72,546	28,280	29,222	29,983	7,259	3,450	33,570
12-Apr	212,510	6.4	2.5	69,195	27,806	30,672	29,682	9,011	1,200	44,944
13-Apr	199,800	5.9	2.5	68,761	30,633	15,661	30,750	8,489	2,700	42,806
14-Apr	205,400	6.1	2.5	70,448	29,824	29,365	24,803	6,975	2,790	41,195
15-Apr	210,890	6.0	2.8	71,412	30,775	25,183	29,026	7,500	2,460	44,534
16-Apr	223,810	6.5	2.9	75,092	31,814	32,337	32,101	7,880	2,400	42,186
17-Apr	201,180	5.3	3.0	72,329	29,248	27,077	30,063	6,463	2,250	33,750
18-Apr	202,730	5.7	2.7	67,760	29,437	33,255	27,130	7,260	1,800	36,088
19-Apr	211,610	5.8	3.0	67,001	31,278	28,864	31,105	8,848	3,000	41,514
20-Apr	197,010	5.7	2.5	65,155	28,343	27,848	23,262	8,124	3,000	41,278
21-Apr	185,810	5.6	2.2	56,580	21,564	26,162	32,212	8,270	2,100	38,922
22-Apr	190,556	6.0	1.9	52,110	30,126	29,156	29,263	7,604	2,790	39,507
23-Apr	233,960	5.4	4.3	79,933	31,458	32,960	34,145	8,436	2,610	44,418
24-Apr	205,390	5.0	3.6	69,944	30,677	28,776	31,570	7,818	2,640	33,965
25-Apr	184,820	4.6	3.1	64,162	26,829	26,776	24,762	9,862	2,130	30,299
26-Apr	211,660	5.2	3.7	69,520	29,375	26,553	31,588	8,509	2,730	43,385
27-Apr	228,230	5.6	3.9	82,211	31,282	28,441	31,139	8,051	2,550	44,556
28-Apr	221,890	5.8	3.5	77,340	28,837	29,530	32,936	6,586	2,700	43,961
29-Apr	222,500	5.5	3.8	74,561	30,523	28,029	35,826	7,366	2,850	43,345
30-Apr	213,410	5.7	3.2	70,091	30,964	29,624	29,123	7,295	2,700	43,613
Avg	203,188	5.9	2.6	67,218	29,453	28,146	28,154	7,924	2,590	39,704
Total	6,095,638	177.5	76.6	2,016,544	883,590	844,371	844,609	237,715	77,700	1,191,109

Kurva beban 1 bulan (bulan april 2010)



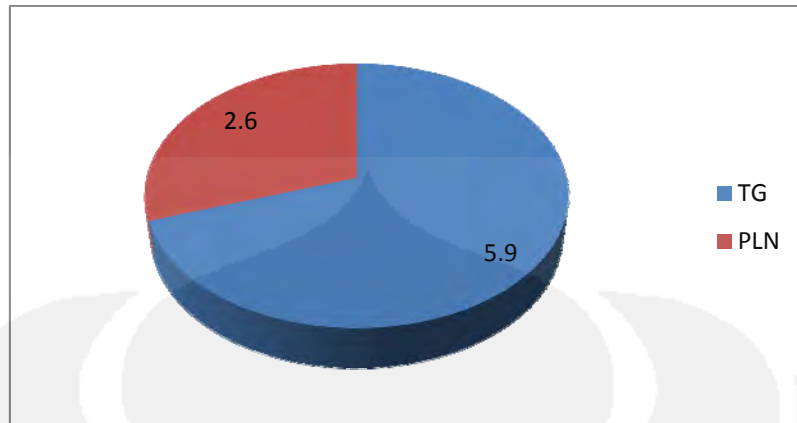
Gambar 3.2. Kurva beban 1 bulan

Kurva daya terhadap waktu



Gambar 3.3. Kurva beban terhadap waktu

Perbandingan pemakaian rata – rata pemakaian listrik harian antara turbin dan gas di bulan april.



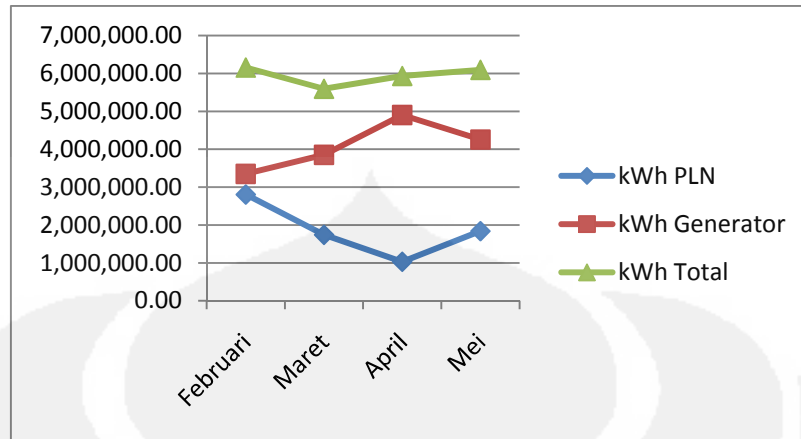
Gambar 3.4. Perbandingan pemakaian harian antara turbin dan PLN bulan april

Tabel 3.7. Data kWh 4 bulan

bulan	kWh PLN	kWh Generator	kWh Total
Februari	2,806,720	3,349,088	6,155,808
Maret	1,742,420	3,852,292	5,594,712
April	1,030,880	4,902,626	5,933,506
Mei	1,840,240	4,255,398	6,095,638
Total	7,420,260	16,359,404	23,779,664
Rata - rata /bulan	1,855,065	4,089,851	5,944,916

Tabel 3.8. Data kWh PLN (rekening)

Bulan	WBP	LWBP	Total
Februari	460,800	2,332,800	2,793,600
Maret	249,120	1,328,160	1,577,280
April	153,920	838,320	992,240
Mei	346,400	1,704,480	2,050,880
Total	1,210,240	6,203,760	7,414,000
Rata - rata / bulan	302,560	1,550,940	1,853,500



Gambar 3.5. Kurva data kWh 4 bulan

BAB 4

PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

PT. Indah Kiat Pulp & Paper ini memiliki dua sumber listrik, yaitu PLN dan 2 buah generator set yang bertenaga turbin gas. Kedua sumber daya listrik tersebut bekerja secara sinkron. Pengaturan dari kerja sinkronisasi dilakukan pada sebuah ruang power panel kontrol.

4.1. SUPLAI LISTRIK PLN

Sumber listrik PLN diambil dari gardu induk yang di hubungkan langsung dengan panel yang berada pada perusahaan ini. Perusahaan ini memakai sumber listrik PLN sebesar 6055 kVA dengan tegangan listrik 20 kV yang termasuk pada golongan I-3 yaitu golongan industry menengah dengan daya diatas 200 kVA. Sumber listrik PLN merupakan sumber listrik cadangan pada perusahaan ini, maka apabila terjadi gangguan dan pemutusan listrik pada pihak PLN maka turbin gas akan memenuhinya. Ada tiga buah transformator yang digunakan di PT. Indah Kiat Pulp & Paper yaitu 6000 kVA sebagai transformator utama dan dua buah 2000 kVA.

4.2. SUPLAI LISTRIK GENERATOR

Turbin gas generator yang digunakan ada dua buah, dimana masing – masing generator memiliki daya dengan kapasitas 4964 kVA, tegangan nominal 3 phasa 3300 V dan frekuensi 50 Hz. Kedua generator tersebut disambung secara paralel untuk mendapat kontinuitas tenaga listrik, disamping itu juga untuk mempunyai daya listrik yang besar dan handal. Kemudian energy listrik disalurkan menuju busbar utama yang kemudian dilanjutkan ke feeder – feeder.

7.3. PERKIRAAN PERHITUNGAN BIAYA

Perkiraan perhitungan biaya yang dipakai sesuai dengan tarif yang di tentukan dengan PLN dan biaya pemakaian dan perawatan turbin gas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Perkiraan biaya PLN tahun 2010

Item	Bulan				Satuan
	Februari	Maret	April	Mei	
Tarif beban	29500	29500	29500	29500	Rp/kVA
Tarif WBP	439	439	439	439	Rp/kWH
Tarif LWBP	439	878	878	878	Rp/kWH
Tarif kVArh	571	571	571	571	Rp/kVArh
PPJ	2.4% x PTL	2.4% x PTL	2.4% x PTL	2.4% x PTL	Rp/bln
Biaya materai	6000	6000	6000	6000	Rp/bln
Biaya adm	4000	4000	4000	4000	Rp/bln

Tabel 4.2. Perkiraan harga gas per M³ dan MMBTU

Item	Periode				Satuan
	Februari	Maret	April	Mei	
Tarif K2 (Rp.)	660.00	660.00	750.00	750.00	M ³
Tarif K2 (USD.)	3.73	3.73	4.30	4.30	M ³
Tarif SKC2 (Rp.)	0	990.00	2,250.00	2,250.00	MMBTU
Tarif SKC2 (USD.)	0	3.73	12.90	12.90	MMBTU

4.3.1. Perkiraan Biaya PLN

4.3.1.1. Biaya tetap

a). Biaya Modal

Berdasarkan keterangan yang didapat, lamanya penyusutan transformator PLN adalah 10 tahun dan masa penyusutannya sudah habis.

Tahun penyambungan jaringan PLN : 1975

Umur ekonomis trafo : 10 tahun

Pada tahun 2010 biaya modal PLN diperkirakan dapat diabaikan karena masa penyusutanya sudah habis.

b). Biaya beban

Februari – April 2010 :

Biaya beban golongan I- 3 adalah :

Tabel 4.3. Biaya beban golongan I-3 / TM (rekening)

Bulan	Rp/kVA	kVA	Rp/bulan
Februari	40,240.34	6055	243,655,230.00
Maret	29,500.00	6055	178,622,500.00
April	29,500.00	6055	178,622,500.00
Mei	49,977.51	6055	302,613,840.00

c). Gaji karyawan

PT. Indah Kiat Pulp & Paper membayar pihak ketiga dalam melaksanakan pengelolaan operasi dan perawatan PLN dan Turbin Gas. Jumlah yang dikeluarkan adalah Rp. 47,070,253.00

4.3.1.2. Biaya Tidak Tetap

a). Biaya kWh PLN

Tabel 4.4. Biaya WBP

Bulan	Rp. / kWh	kWh/bulan	Rp. / bulan
Februari	439	460,800	337,974,390.00
Maret	878	249,120	268,602,240.00
April	878	153,920	110,412,890.00
Mei	878	346,400	422,822,850.00

Tabel 4.5. Biaya LWBP

Bulan	Rp. / kWh	kWh/bulan	Rp. / bulan
Februari	439	2,332,800	1,024,099,200.00
Maret	439	1,328,160	583,062,240.00
April	439	838,320	368,022,480.00
Mei	439	1,704,480	748,266,720.00

Tabel 4.6. Biaya WBP dan LWBP

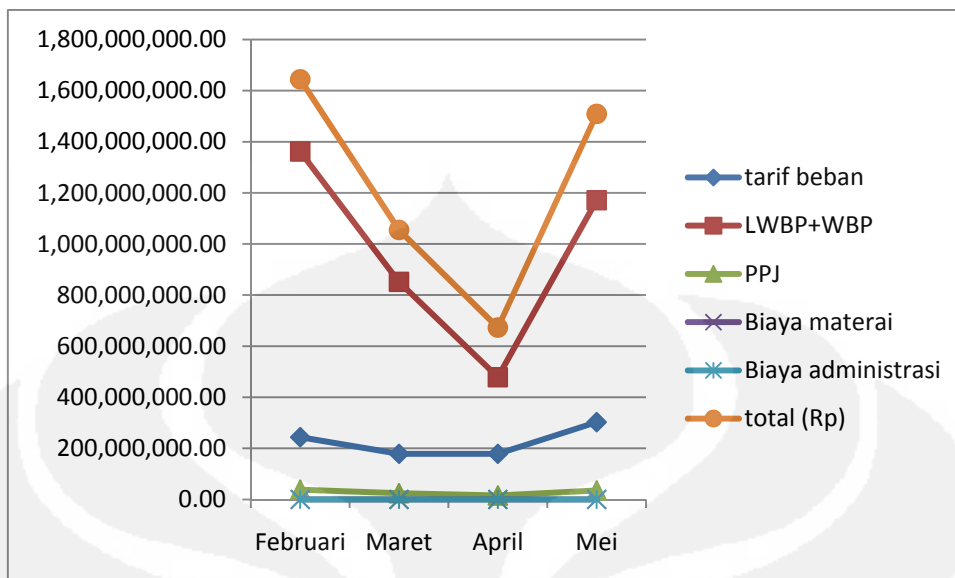
Bulan	Biaya WBP	Biaya LWBP	Rp. / bulan
Februari	337,974,390.00	1,024,099,200.00	1,362,073,590.00
Maret	268,602,240.00	583,062,240.00	851,664,480.00
April	110,412,890.00	368,022,480.00	478,435,370.00
Mei	422,822,850.00	748,266,720.00	1,171,089,570.00
Total			3,863,263,010.00



Gambar 4.1. Kurva WBP dan LWBP

Tabel 4.7. biaya pemakaian tiap bulan

Bulan	Februari	Maret	April	Mei
tarif beban	243,655,230.00	178,622,500.00	178,622,500.00	302,613,840.00
LWBP+WBP	1,362,073,590.00	851,664,480.00	478,435,370.00	1,171,089,570.00
PPJ	38,537,390.00	24,726,885.00	15,769,390.00	35,368,880.00
Biaya materai	6,000.00	6,000.00	6,000.00	6,000.00
Biaya administrasi	4,000.00	4,000.00	4,000.00	4,000.00
total (Rp)	1,644,276,210.00	1,055,023,865.00	672,837,260.00	1,509,082,290.00
kWh PLN	2,793,600.00	1,577,280.00	992,240.00	2,050,880.00
Rp/kWh	588.5868449	668.888127	678.0993107	735.8218375



Gambar 4.2. Perkiraan biaya tiap bulan

b). Gaji karyawan dan Biaya pemeliharaan

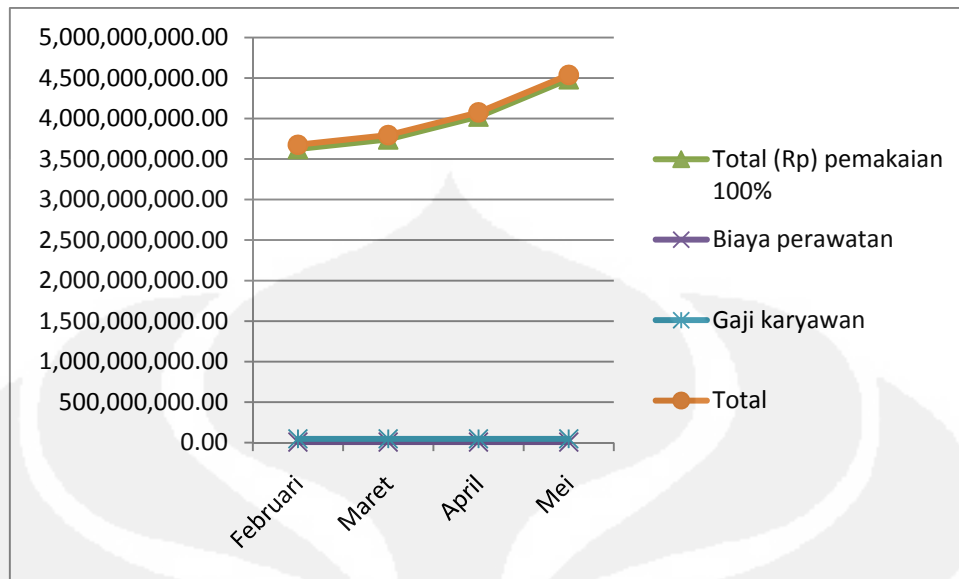
PT. Indah Kiat Pulp & Paper membayar pihak ketiga dalam melaksanakan pengelolaan operasi dan perawatan PLN. Jumlah yang dikeluarkan untuk gaji karyawan adalah Rp. 47,070,253.00

Perkiraan biaya perawatan tahunan PLN adalah Rp. 6,086,000.00/ tahun. Perawatan minyak trafo PLN dilakukan dua kali setahun = Rp. 70,840,000.00. Jadi biaya perawatan 1 bulan adalah sekitar = Rp. 6,410,500.00.

Maka perkiraan total biaya PLN yang terdiri dari biaya tetap dan tidak tetap tiap bulan untuk pemakaian 100% dari kapasitas beban terpasang untuk masing – masing bulan adalah:

Tabel 4.8. Perkiraan biaya tiap bulan pemakaian beban 100%

Bulan	Februari	Maret	April	Mei
Rp/kWh	588.5868449	668.888127	678.0993107	735.8218375
kWh total pemakaian	6,155,808.00	5,594,712.00	5,933,506.00	6,095,638.00
Total (Rp) pemakaian 100%	3,623,227,608.72	3,742,236,430.95	4,023,506,328.34	4,485,303,553.62
Biaya perawatan	6,410,500.00	6,410,500.00	6,410,500.00	6,410,500.00
Gaji karyawan	47,070,253.00	47,070,253.00	47,070,253.00	47,070,253.00
Total	3,676,708,361.72	3,795,717,183.95	4,076,987,081.34	4,538,784,306.62



Gambar 4.3. Perkiraan biaya tiap bulan pemakaian beban 100%

4.3.2. Perkiraan Biaya Generator Turbin Gas

4.3.2.1. Biaya Tetap

a). Biaya modal

Tahun pembelian turbin gas no 1 dan 2 : 1994

Dari keterangan yang di dapat dari perusahaan penyusutan umur ekonomis kedua turbin gas adalah 10 tahun. Untuk perkiraan pada tahun 2010, karena biaya depresiasi untuk ke dua turbin gas telah habis masanya maka dapat diabaikan.

b). Gaji karyawan & Biaya perawatan

PT. Indah Kiat Pulp & Paper membayar pihak ketiga dalam melaksanakan pengelolaan operasi dan perawatan PLN dan Turbin Gas Jumlah yang dikeluarkan adalah Rp. 47,070,253.00 dan USD 26,487.84

4.3.2.2. Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap unit turbin gas meliputi biaya penggunaan bahan bakar gas. Biaya penggunaan bahan bakar gas:

Tabel 4.9. Pemakaian bahan bakar Gas tiap bulan

Bulan Februari

No	Volume (m ³)	MMBTU	Kd harga	Harga Rp	Harga USD	Jumlah Rp.	Jumlah USD
1	1,987,114	64,216.04	K2	660	3.73	1,311,495,240.00	239,525.83

Bulan Maret

No	Volume (m ³)	MMBTU	Kd harga	Harga Rp	Harga USD	Jumlah Rp.	Jumlah USD
1	563,851	18,226.43	Sck2	990	5.595	558,212,490.00	101,976.87
2	2,040,000	65,942.80	K2	660	3.73	1,346,400,000.00	245,966.66
Total	2,603,851	84,169.23				1,904,612,490.00	347,943.53

Bulan April

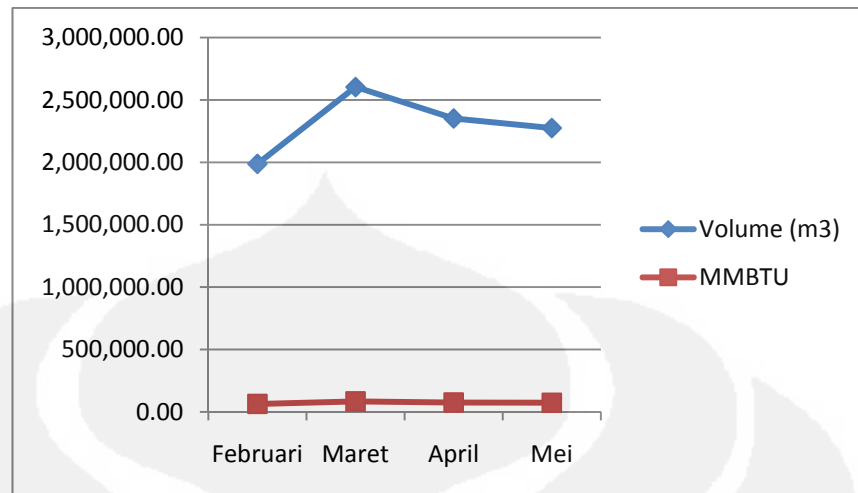
No	Volume (m ³)	MMBTU	Kd harga	Harga Rp	Harga USD	Jumlah Rp.	Jumlah USD
1	167,553	5,375.97	Sck2	2,250.00	12.9	376,994,250.00	69,350.07
2	2,184,000	70,074.12	K2	750	4.3	1,638,000,000.00	301,318.70
Total	2,351,553	75,450.09				2,014,994,250.00	370,668.77

Bulan Mei

No	Volume(m ³)	MMBTU	Kd harga	Harga Rp	Harga USD	Jumlah Rp.	Jumlah USD
1	90,944	2,931.00	Sck2	2,250.00	12.9	204,624,000.00	37,809.92
2	2,184,000	70,387.36	K2	750	4.3	1,638,000,000.00	302,664.63
Total	2,274,944	73,318.36				1,842,624,000.00	340,474.00

Keterangan :

$$1 \text{ MMBTU} = 30.9359 \text{ m}^3$$



Gambar 4.4. Pemakaian Gas dalam 4 bulan

Perkiraan biaya generator per hari untuk pemakaian beban untuk masing – masing bulan :

Tabel 4.10. Penentuan volume (m³) per kWh dan MMBTU per kWh.

Bulan	Februari	Maret	April	Mei
Volume (m ³)	1,987,114.00	2,603,851.00	2,351,553.00	2,274,944.00
MMBTU	64,216.04	84,169.23	75,450.09	73,318.36
kWh	3,349,088	3,852,292	4,902,626	4,255,396
m ³ / kWh	0.5933	0.6759	0.4797	0.5346
MMBTU / kWh	0.0192	0.0218	0.0154	0.0172

Untuk perhitungan diambil nilai m³ / kWh dan MMBTU / kWh per bulan 0.6759 m³/kWh dan 0.0218 MMBTU/kWh, karena untuk mengantifikasi *performance* Gas.

Maka perkiraan biaya generator yang terdiri dari biaya tetap dan tidak tetap setiap bulan untuk pemakaian terhadap beban terpasang untuk masing – masing bulan:

Bulan februari

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= \text{m}^3 / \text{kWh} \times \text{kWh} \\
 &= 0.6759 \times 6,155,808 \\
 &= 4,160,710.6272\text{m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kalori} &= \text{MMBTU} / \text{kWh} \times \text{kWh} \\
 &= 0.0218 \times 6,155,808 \\
 &= 134,196.6144 \text{ MMBTU}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11. Pemakaian Gas (m³ dan MMBTU)

Bulan	Februari	Maret	April	Mei
m ³	4,160,710.63	3,781,465.84	4,010,456.71	4,120,041.72
MMBTU	134,196.61	121,964.72	129,350.43	132,884.91

Tabel 4.12. Pemakaian Gas (Rupiah dan USD)

Bulan	Februari	Maret	April	Mei
Rp/m ³	660	660	750	750
USD/MMBTU	3.73	3.73	4.3	4.3
Total Rp.	2,746,069,013.95	2,495,767,454.93	3,007,842,529.05	3,090,031,293.15
Total USD	500,553.37	454,928.41	556,206.85	571,405.11

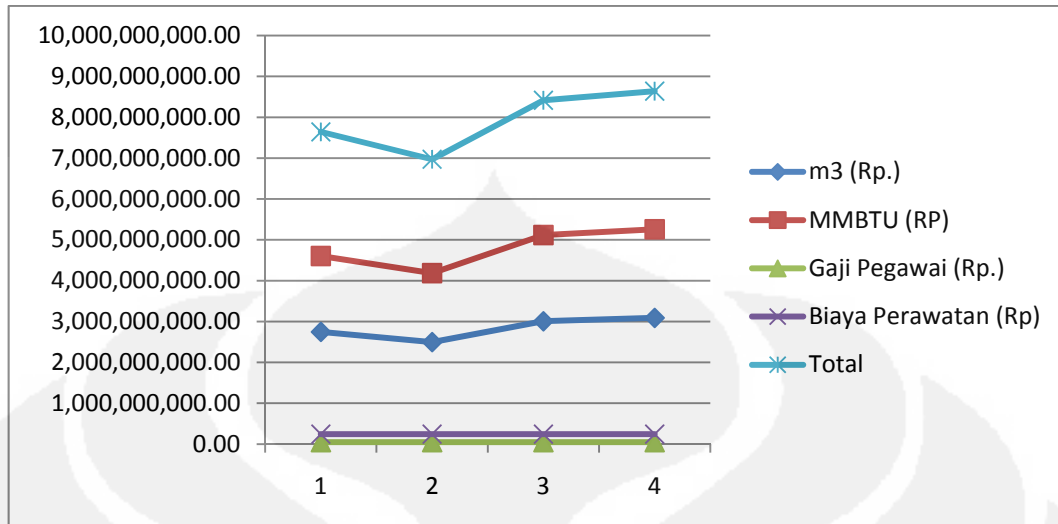
Maka perkiraan biaya pemakaian generator yang terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap setiap bulan untuk pemakaian 100% dari kapasitas beban terpasang untuk masing – masing bulan adalah:

Tabel 4.13. Perkiraan biaya generator untuk pemakaian beban 100 %

Bulan		Februari	Maret	April	Mei
Gas	m ³ (Rp.)	2,746,069,013.95	2,495,767,454.93	3,007,842,529.05	3,090,031,293.15
	MMBTU (USD)	500,553.37	454,928.41	556,206.85	571,405.11
Gaji Pegawai (Rp.)		47,070,253.00	47,070,253.00	47,070,253.00	47,070,253.00
Biaya Perawatan (USD)		26,487.84	26,487.84	26,487.84	26,487.84
Total	Rupiah	2,793,139,266.95	2,542,837,707.93	3,054,912,782.05	3,137,101,546.15
	USD	527,041.21	481,416.25	582,694.69	597,892.95

Jika diasumsikan USD 1 = Rp. 9,200.00 maka,

Bulan		Februari	Maret	April	Mei
Gas	m ³ (Rp.)	2,746,069,013.95	2,495,767,454.93	3,007,842,529.05	3,090,031,293.15
	MMBTU (Rp)	4,605,091,019.75	4,185,341,386.43	5,117,103,042.45	5,256,926,976.30
Gaji Pegawai (Rp.)		47,070,253.00	47,070,253.00	47,070,253.00	47,070,253.00
Biaya Perawatan (Rp)		243,688,128.00	243,688,128.00	243,688,128.00	243,688,128.00
Total		7,641,918,414.70	6,971,867,222.36	8,415,703,952.50	8,637,716,650.45



Gambar 4.5. Perkiraan biaya generator untuk pemakaian beban 100 %

Untuk simulasi penggunaan sumber daya listrik melalui PLN dan Generator pada bulan Februari sampai Mei tahun 2010. Dari hasil perhitungan biaya total dan kWh total tersebut dapat diperoleh hasil rupiah / kWh untuk pemakaian generator dan PLN. Hasil dari perhitungan tersebut adalah

Daya terpasang PLN : 6,055 kVA

Daya terpasang generator : 9,928 kVA

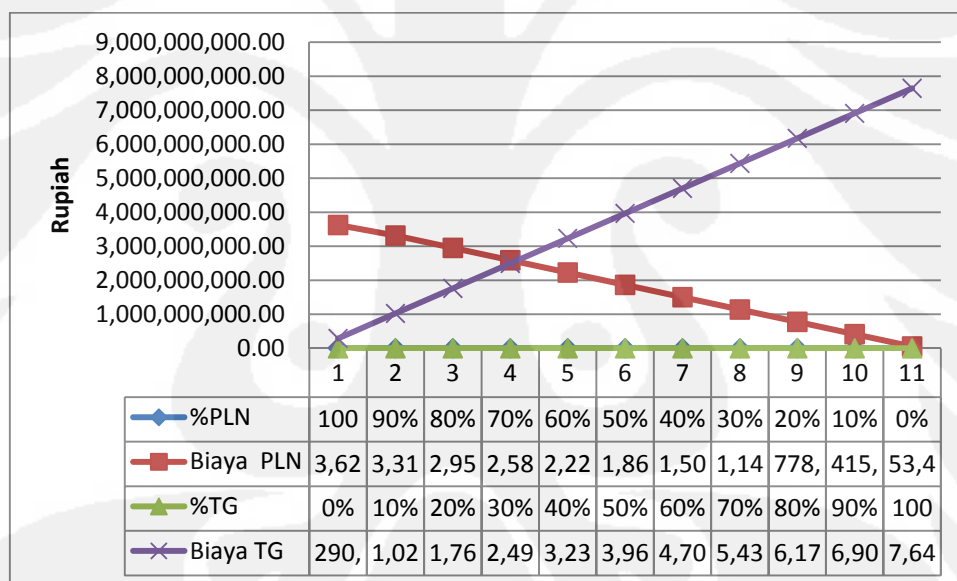
Beban terpasang : 23,257.55 kVA

4.3.3. Perhitungan biaya per kWh untuk setiap kemungkinan kombinasi

Adapun kemungkinan perhitungan biaya untuk setiap kombinasi dapat dilihat dari tabel di bawah ini. Untuk masing – masing per bulan dapat dilihat masing – masing per kWh yang dibutuhkan. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

Tabel 4.14. Perhitungan biaya per kWh bulan februari

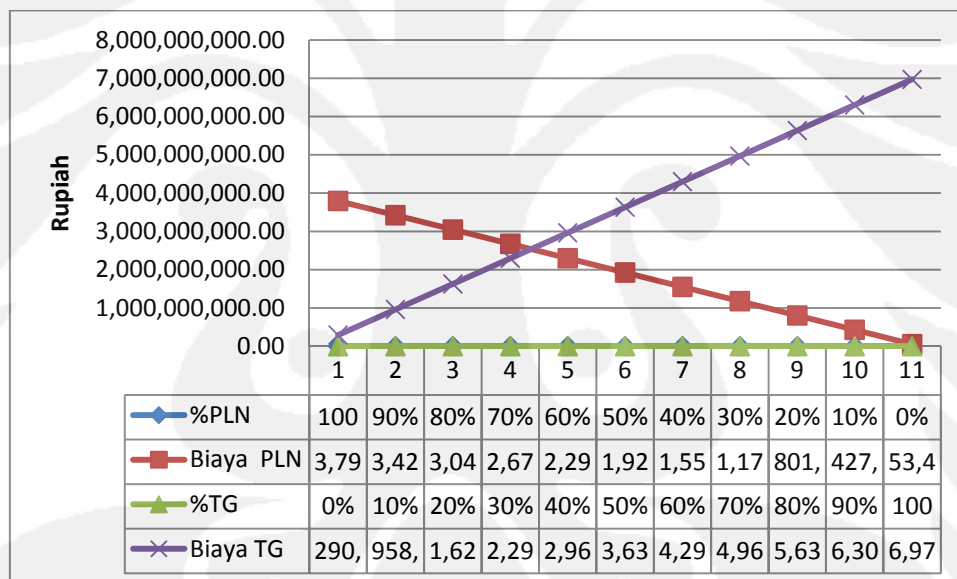
Biaya PLN				Biaya Gas			
% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh	% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh
100%	6,155,808.00	3,676,708,361.72	597.27	0%	0	290,758,381.00	0.00
90%	5,540,227.20	3,314,385,600.85	598.24	10%	615,580.80	1,025,874,384.37	1,666.51
80%	4,924,646.40	2,952,062,839.98	599.45	20%	1,231,161.60	1,760,990,387.74	1,430.35
70%	4,309,065.60	2,589,740,079.10	601.00	30%	1,846,742.40	2,496,106,391.11	1,351.63
60%	3,693,484.80	2,227,417,318.23	603.07	40%	2,462,323.20	3,231,222,394.48	1,312.27
50%	3,077,904.00	1,865,094,557.36	605.96	50%	3,077,904.00	3,966,338,397.85	1,288.65
40%	2,462,323.20	1,502,771,796.49	610.31	60%	3,693,484.80	4,701,454,401.22	1,272.90
30%	1,846,742.40	1,140,449,035.62	617.55	70%	4,309,065.60	5,436,570,404.59	1,261.66
20%	1,231,161.60	778,126,274.74	632.03	80%	4,924,646.40	6,171,686,407.96	1,253.22
10%	615,580.80	415,803,513.87	675.47	90%	5,540,227.20	6,906,802,411.33	1,246.66
0%	0	53,480,753.00	0.00	100%	6,155,808.00	7,641,918,414.70	1,241.42



Gambar 4.6. kurva pemakaian kWh bulan februari

Tabel 4.15. perhitungan biaya per kWh bulan maret

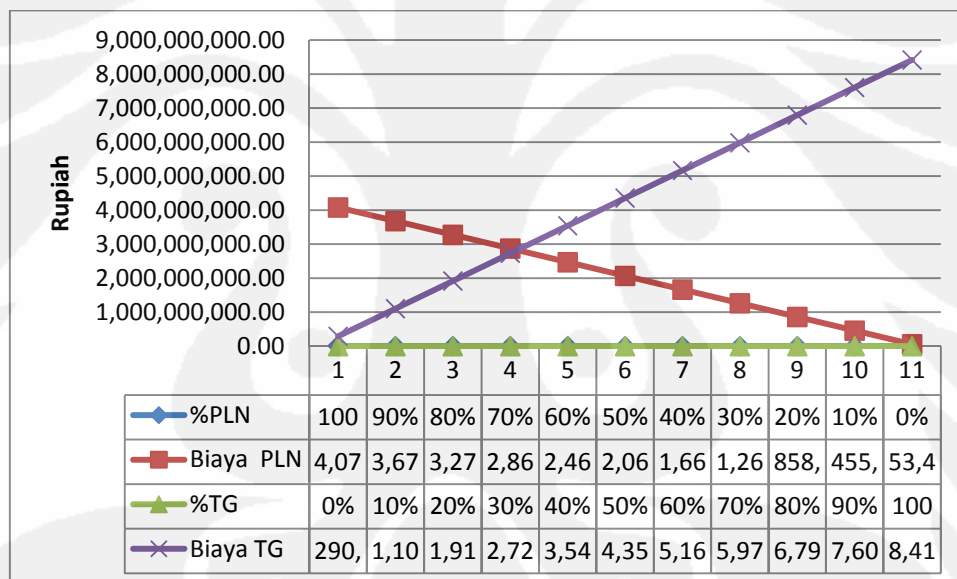
Biaya PLN				Biaya Gas			
% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh	% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh
100%	5,594,712.00	3,795,717,183.95	678.45	0%	0.00	290,758,381.00	0.00
90%	5,035,240.80	3,421,493,540.86	679.51	10%	559,471.20	958,869,265.14	1,713.88
80%	4,475,769.60	3,047,269,897.76	680.84	20%	1,118,942.40	1,626,980,149.27	1,454.03
70%	3,916,298.40	2,673,046,254.67	682.54	30%	1,678,413.60	2,295,091,033.41	1,367.42
60%	3,356,827.20	2,298,822,611.57	684.82	40%	2,237,884.80	2,963,201,917.54	1,324.11
50%	2,797,356.00	1,924,598,968.48	688.01	50%	2,797,356.00	3,631,312,801.68	1,298.12
40%	2,237,884.80	1,550,375,325.38	692.79	60%	3,356,827.20	4,299,423,685.82	1,280.80
30%	1,678,413.60	1,176,151,682.29	700.75	70%	3,916,298.40	4,967,534,569.95	1,268.43
20%	1,118,942.40	801,928,039.19	716.68	80%	4,475,769.60	5,635,645,454.09	1,259.15
10%	559,471.20	427,704,396.10	764.48	90%	5,035,240.80	6,303,756,338.22	1,251.93
0%	0.00	53,480,753.00	0.00	100%	5,594,712.00	6,971,867,222.36	1,246.15



Gambar 4.7. kurva pemakaian kWh bulan maret

Tabel 4.16. perhitungan biaya per kWh bulan april

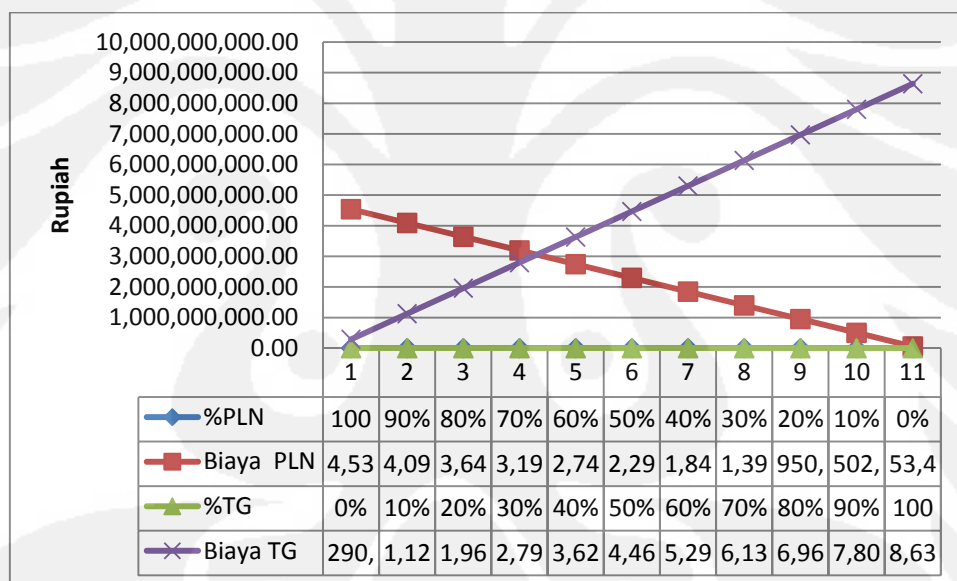
Biaya PLN				Biaya Gas			
% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh	% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh
100%	5,933,506.00	4,076,987,081.34	687.11	0%	0.00	290,758,381.00	0.00
90%	5,340,155.40	3,674,636,448.51	688.11	10%	593,350.60	1,103,252,938.15	1,859.36
80%	4,746,804.80	3,272,285,815.67	689.37	20%	1,186,701.20	1,915,747,495.30	1,614.35
70%	4,153,454.20	2,869,935,182.84	690.98	30%	1,780,051.80	2,728,242,052.45	1,532.68
60%	3,560,103.60	2,467,584,550.00	693.12	40%	2,373,402.40	3,540,736,609.60	1,491.84
50%	2,966,753.00	2,065,233,917.17	696.13	50%	2,966,753.00	4,353,231,166.75	1,467.34
40%	2,373,402.40	1,662,883,284.34	700.63	60%	3,560,103.60	5,165,725,723.90	1,451.00
30%	1,780,051.80	1,260,532,651.50	708.14	70%	4,153,454.20	5,978,220,281.05	1,439.34
20%	1,186,701.20	858,182,018.67	723.17	80%	4,746,804.80	6,790,714,838.20	1,430.59
10%	593,350.60	455,831,385.83	768.23	90%	5,340,155.40	7,603,209,395.35	1,423.78
0%	0.00	53,480,753.00	0.00	100%	5,933,506.00	8,415,703,952.50	1,418.34



Gambar 4.8. kurva pemakaian kWh bulan april

Tabel 4.17. perhitungan biaya per kWh bulan mei

Biaya PLN				Biaya Gas			
% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh	% pemakaian	kWh	Biaya	Rp/kWh
100%	6,095,638.00	4,538,784,306.62	744.60	0%	0.00	290,758,381.00	0.00
90%	5,486,074.20	4,090,253,951.26	745.57	10%	609,563.80	1,125,454,207.95	1,846.33
80%	4,876,510.40	3,641,723,595.90	746.79	20%	1,219,127.60	1,960,150,034.89	1,607.83
70%	4,266,946.60	3,193,193,240.53	748.36	30%	1,828,691.40	2,794,845,861.84	1,528.33
60%	3,657,382.80	2,744,662,885.17	750.44	40%	2,438,255.20	3,629,541,688.78	1,488.58
50%	3,047,819.00	2,296,132,529.81	753.37	50%	3,047,819.00	4,464,237,515.73	1,464.73
40%	2,438,255.20	1,847,602,174.45	757.76	60%	3,657,382.80	5,298,933,342.67	1,448.83
30%	1,828,691.40	1,399,071,819.09	765.07	70%	4,266,946.60	6,133,629,169.62	1,437.48
20%	1,219,127.60	950,541,463.72	779.69	80%	4,876,510.40	6,968,324,996.56	1,428.96
10%	609,563.80	502,011,108.36	823.56	90%	5,486,074.20	7,803,020,823.51	1,422.33
0%	0.00	53,480,753.00	0.00	100%	6,095,638.00	8,637,716,650.45	1,417.03



Gambar 4.9. kurva pemakaian kWh bulan mei

4.4. ANALISA PERHITUNGAN TABEL

1. Harga per kWh PLN bulan februari adalah Rp. 597.27/ kWh saat pemakaian beban 100% dan harga per kWh Gas bulan februari adalah Rp. 1,241.42/ kWh, merupakan harga kWh terendah dalam 4 bulan.
2. Kombinasi terbaik dengan biaya kompetitif adalah kombinasi PLN 70% total beban dan 1 buah generator turbin gas dengan 30% total beban. Kombinasi ini dapat dipakai pada waktu proses produksi dalam keadaan beban penuh.

3. Apabila terjadi pemadaman PLN maka generator akan bekerja 100 % dengan biaya Rp. 31,667,206,240.01 per 4 bulan, atau rata – rata per bulan Rp. 7,916,801,560.00.



BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa hasil perhitungan pada sistem kelistrikan di PT. Indah Kiat pulp & paper, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Total perhitungan didapatkan dari besar beban rata – rata bulanan periode february sampai mei sebesar 6,095,638 kWh atau rata – rata 203,188 kWh/hari atau 8466.16 MW per jam.
2. Perhitungan biaya per kWh untuk masing – masing pembangkit ditentukan berdasarkan dengan memperhatikan biaya tetap dan biaya tidak tetap. Yang termasuk biaya tetap antara lain biaya modal dan penyusutan dari PLN dan Generator yang disusutkan pada tahun berjalan, biaya beban PLN dan karyawan. Dan biaya tidak tetap meliputi biaya kWh PLN, dan penggunaan bahan bakar gas, dan biaya perawatan.
3. Dari segi biaya total pengeluaran dengan Pemakaian energi listrik dari sumber PLN akan lebih murah dari generator turbin gas mencapai kurang lebih 40 %.
4. Dari beberapa simulasi kombinasi perhitungan pada bab 4 didapatkan kombinasi antara sumber pembangkit yang paling efisien yaitu PLN rata – rata 70% terhadap beban total dan 1 buah generator turbin gas terhadap 30 % beban total , dari masing – masing pembangkit dapat menyuplai beban pada saat dalam keadaan beban maksimal.

DAFTAR ACUAN

B.L. Theraja (1988), Text Book of Electrical Technology, Nirja Construction & Development, Ram Nagar, New Delhi

Ashfaq Husain (2002), Fundamentals of Electrical Engineering, Dhanpat Rai & Co., Nai Sarak, New Delhi

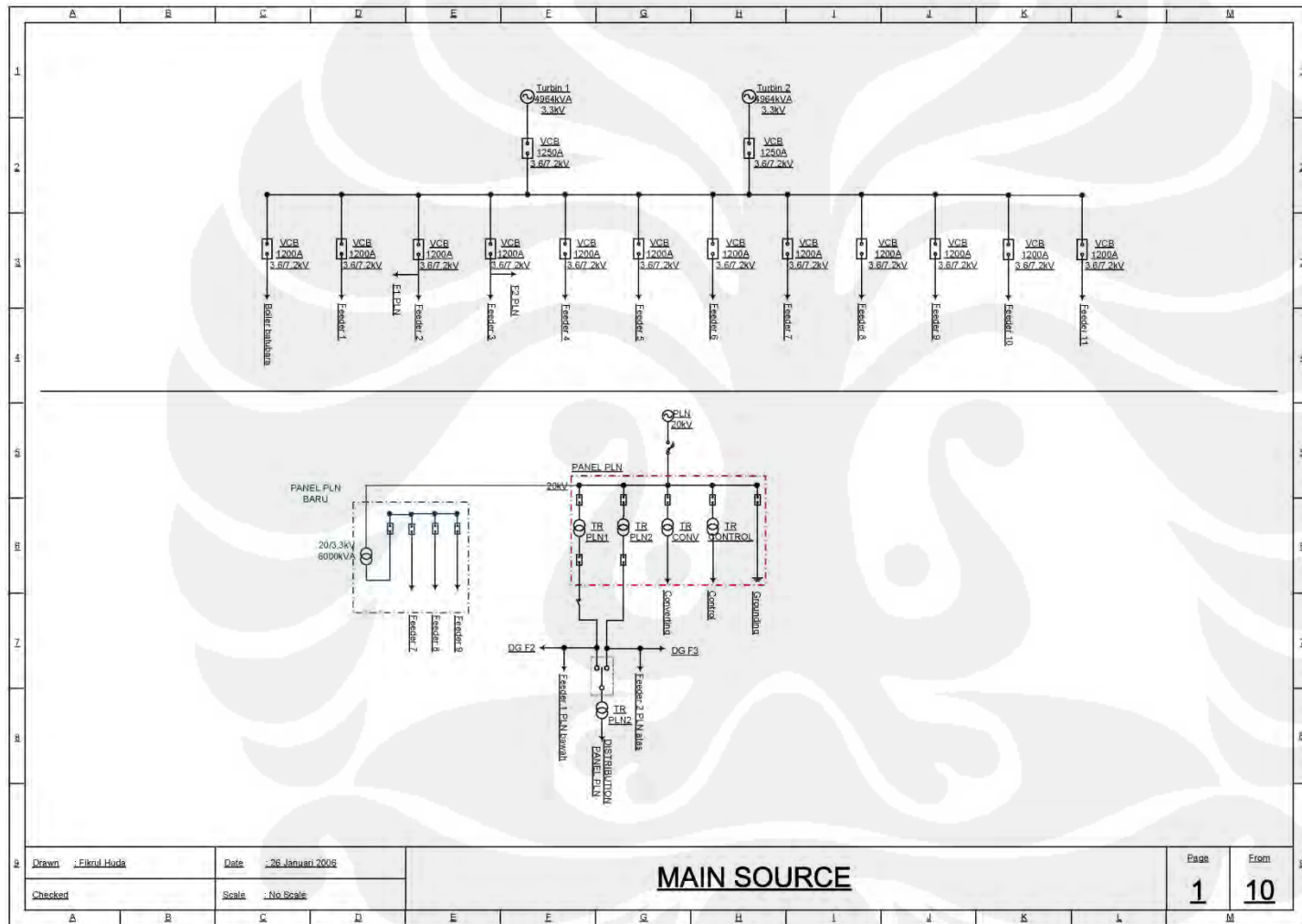
Zuhal (2000), Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

DEIF A/S, Installation Instructions – Multi-line 2, Generator Paralleling Controller, <http://www.deif.com>

GE Multilin, Generator Protection System – three phase and ground protection for small generators, <http://www.GEMultilin.com>



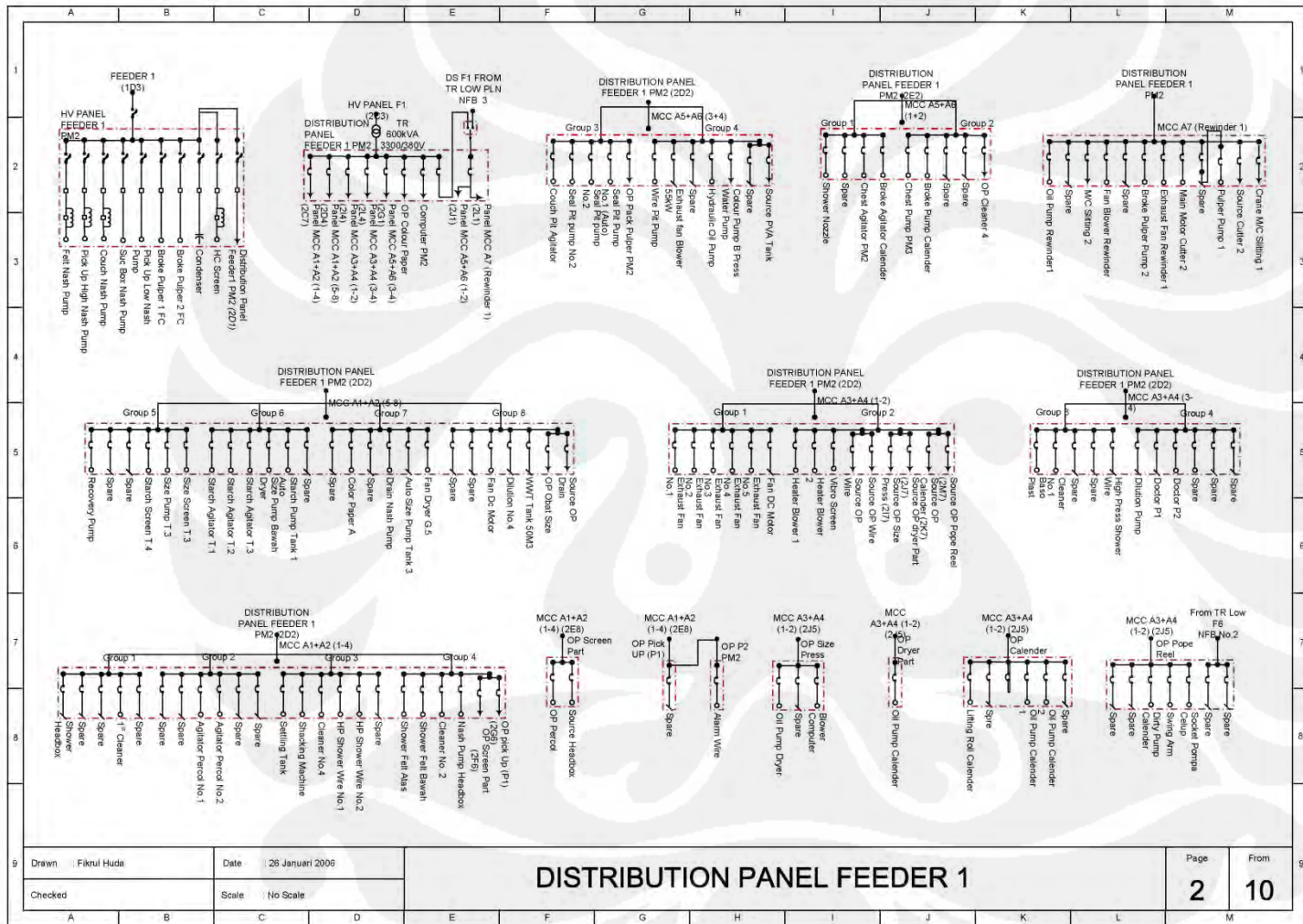
LAMPIRAN

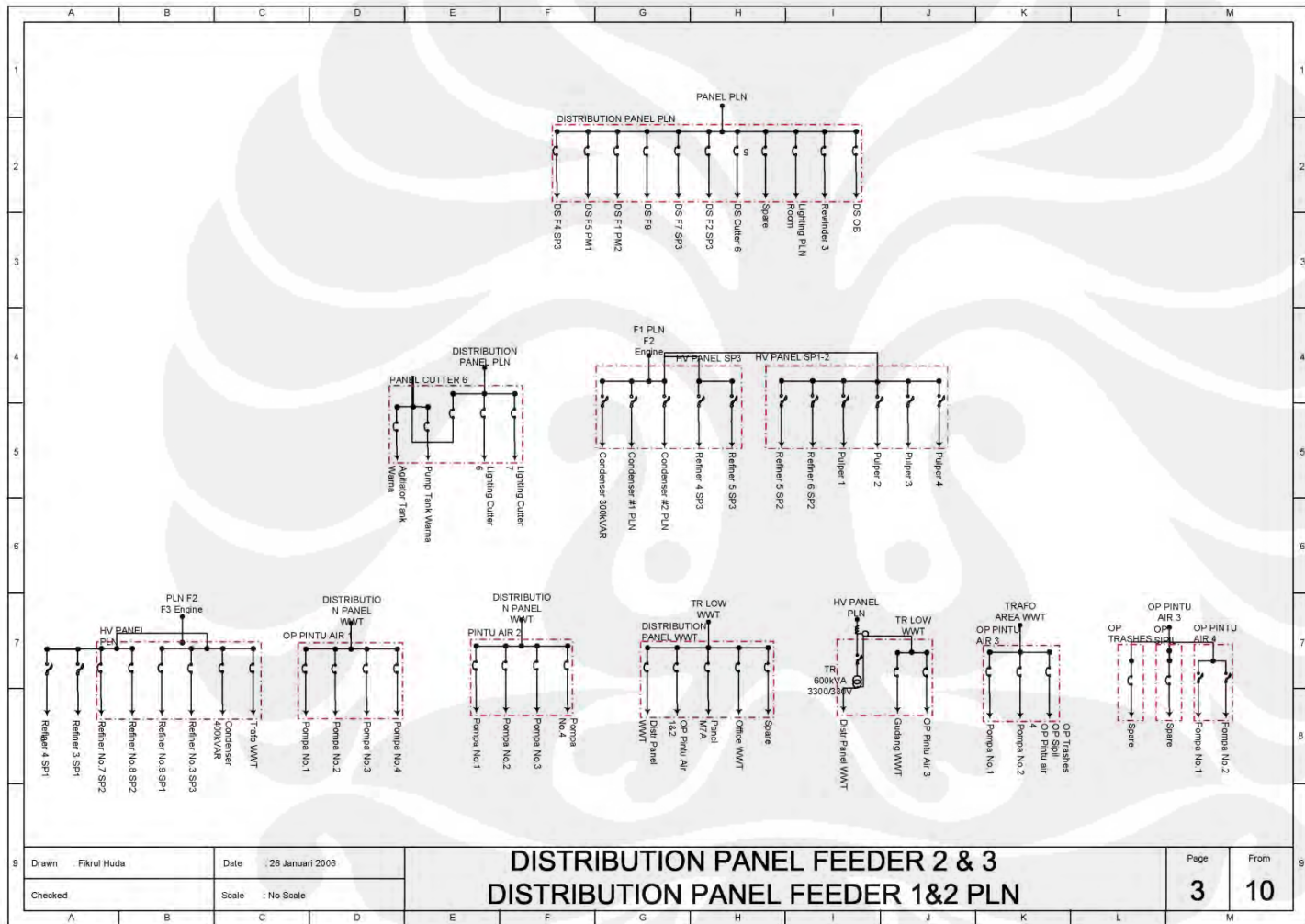


Drawn : Fikri Huda	Date : 26 Januari 2009
Checked :	Scale : No Scale

MAIN SOURCE

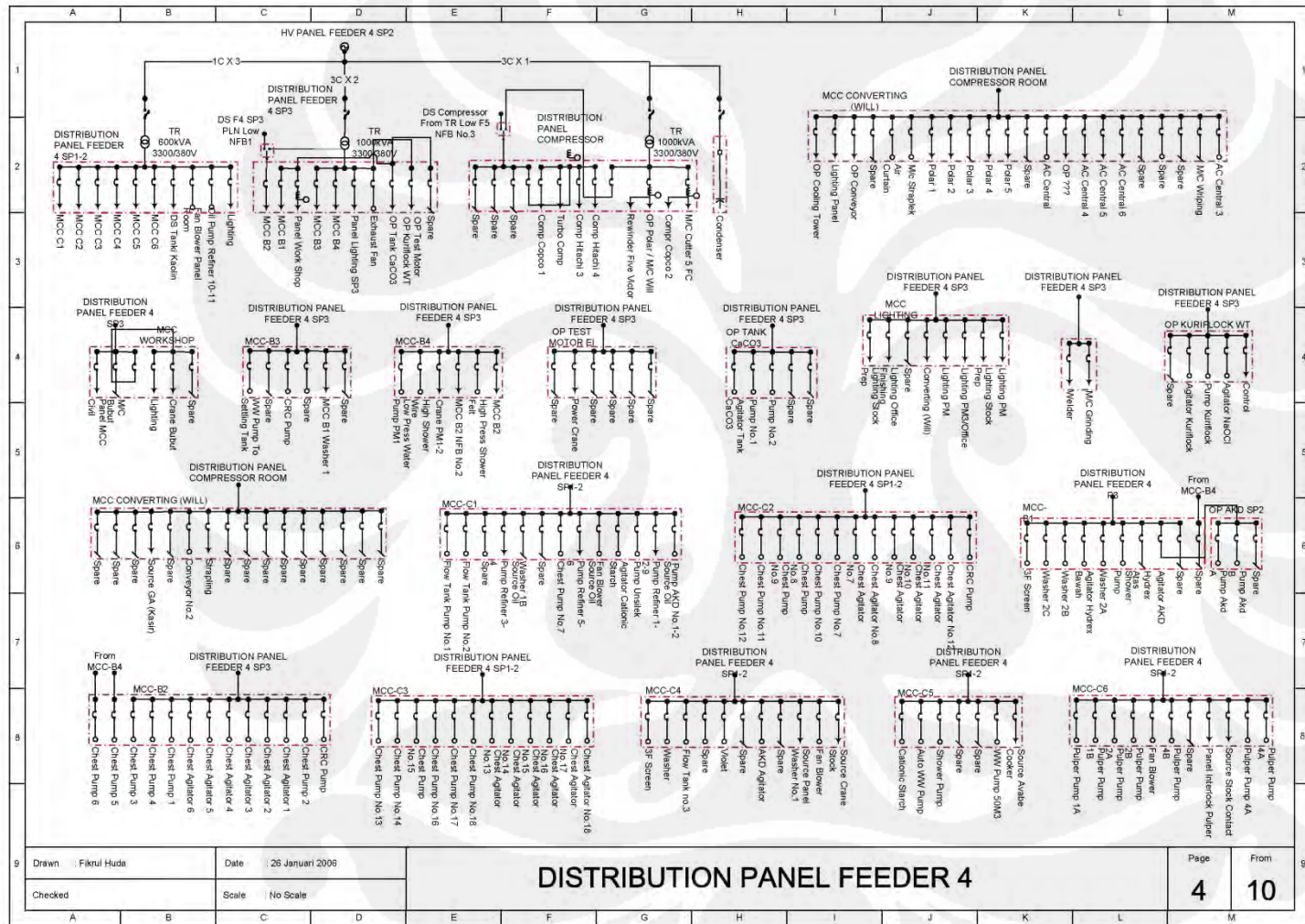
Page	From
1	10





Drawn : Fikrul Huda	Date : 26 Januari 2006
Checked :	Scale : No Scale

**DISTRIBUTION PANEL FEEDER 2 & 3
DISTRIBUTION PANEL FEEDER 1&2 PLN**

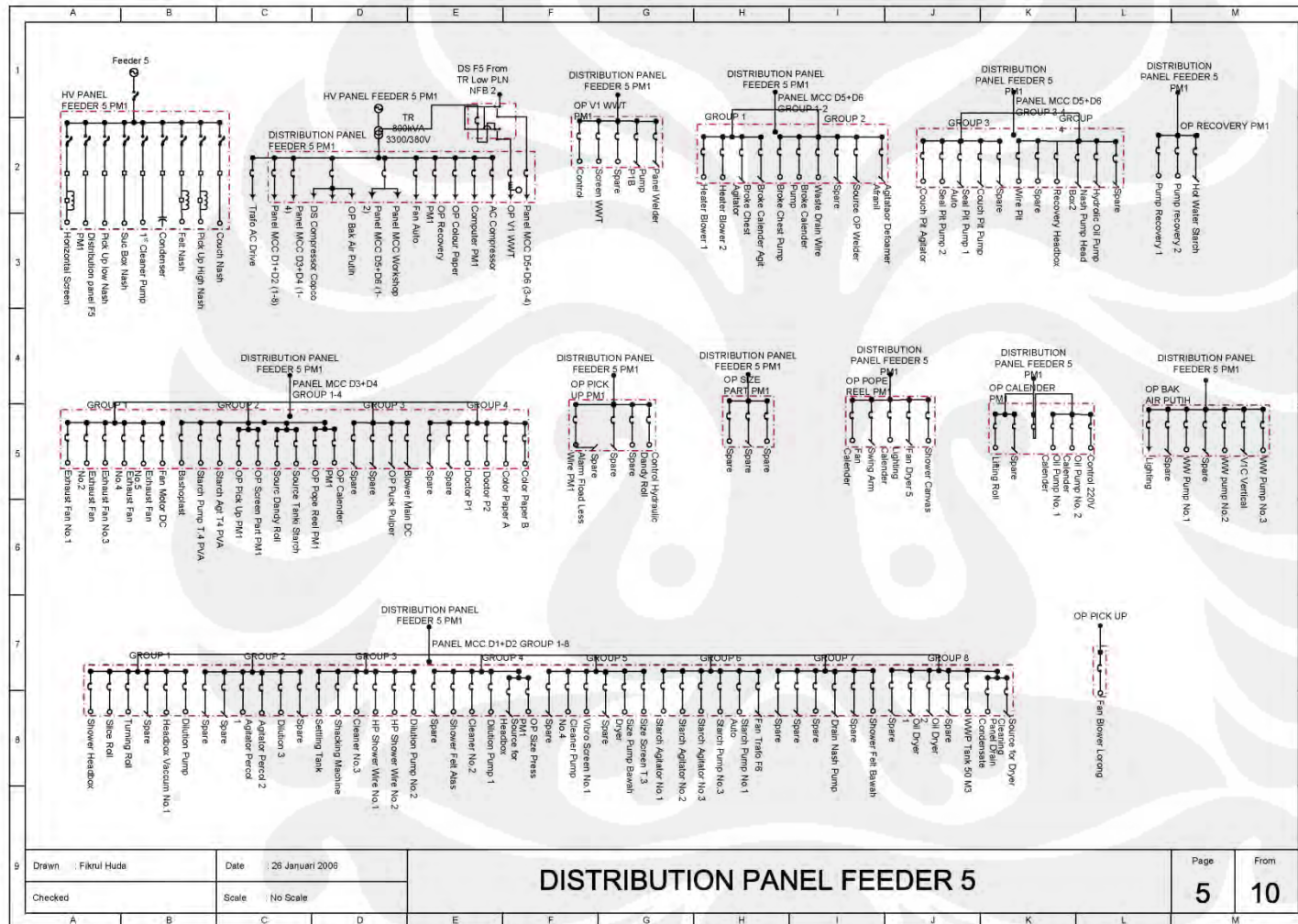


Drawn : Fikrul Huda
 Checked :

Date : 26 Januari 2006
 Scale : No Scale

DISTRIBUTION PANEL FEEDER 4

Page : 4
 From : 10

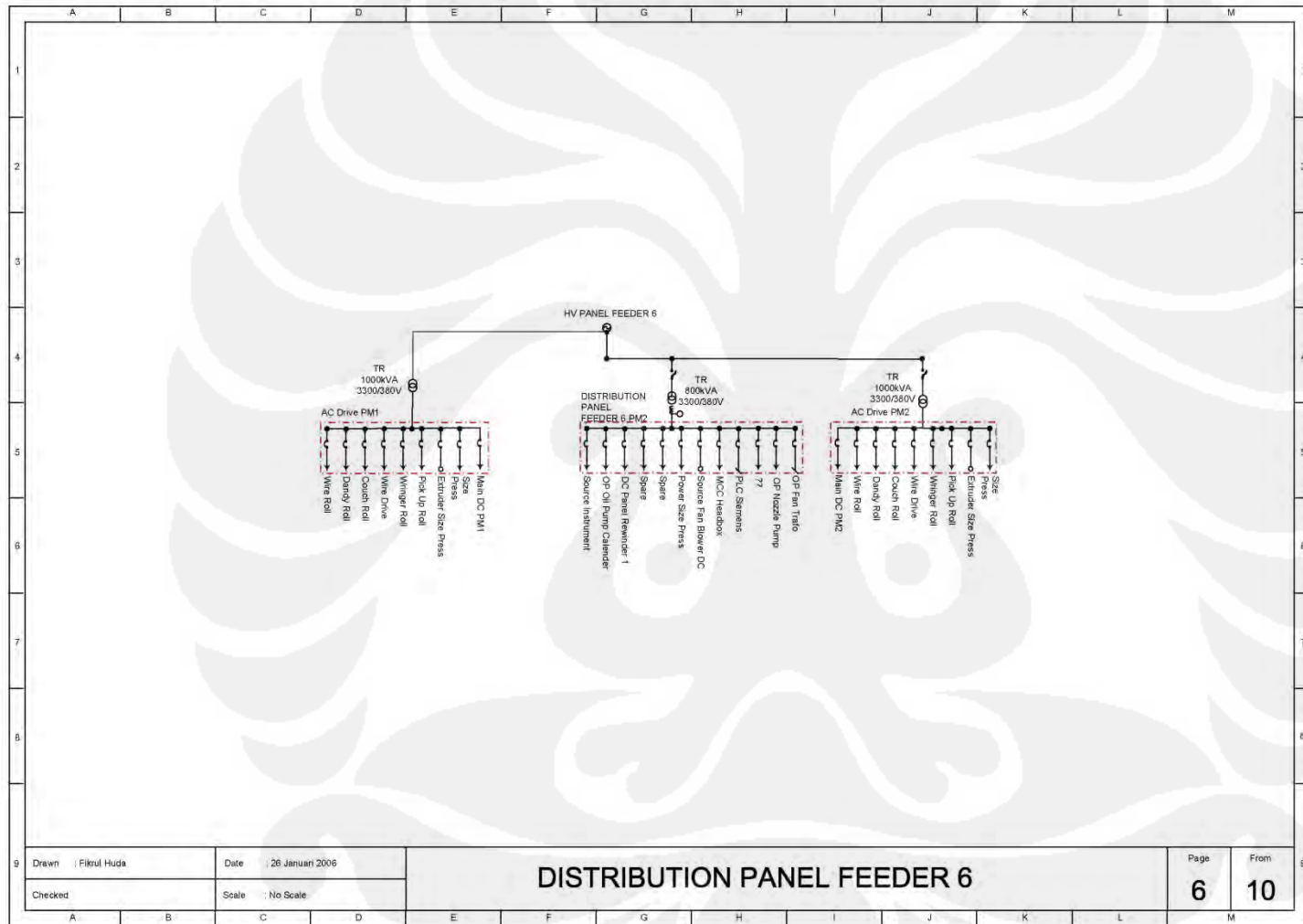


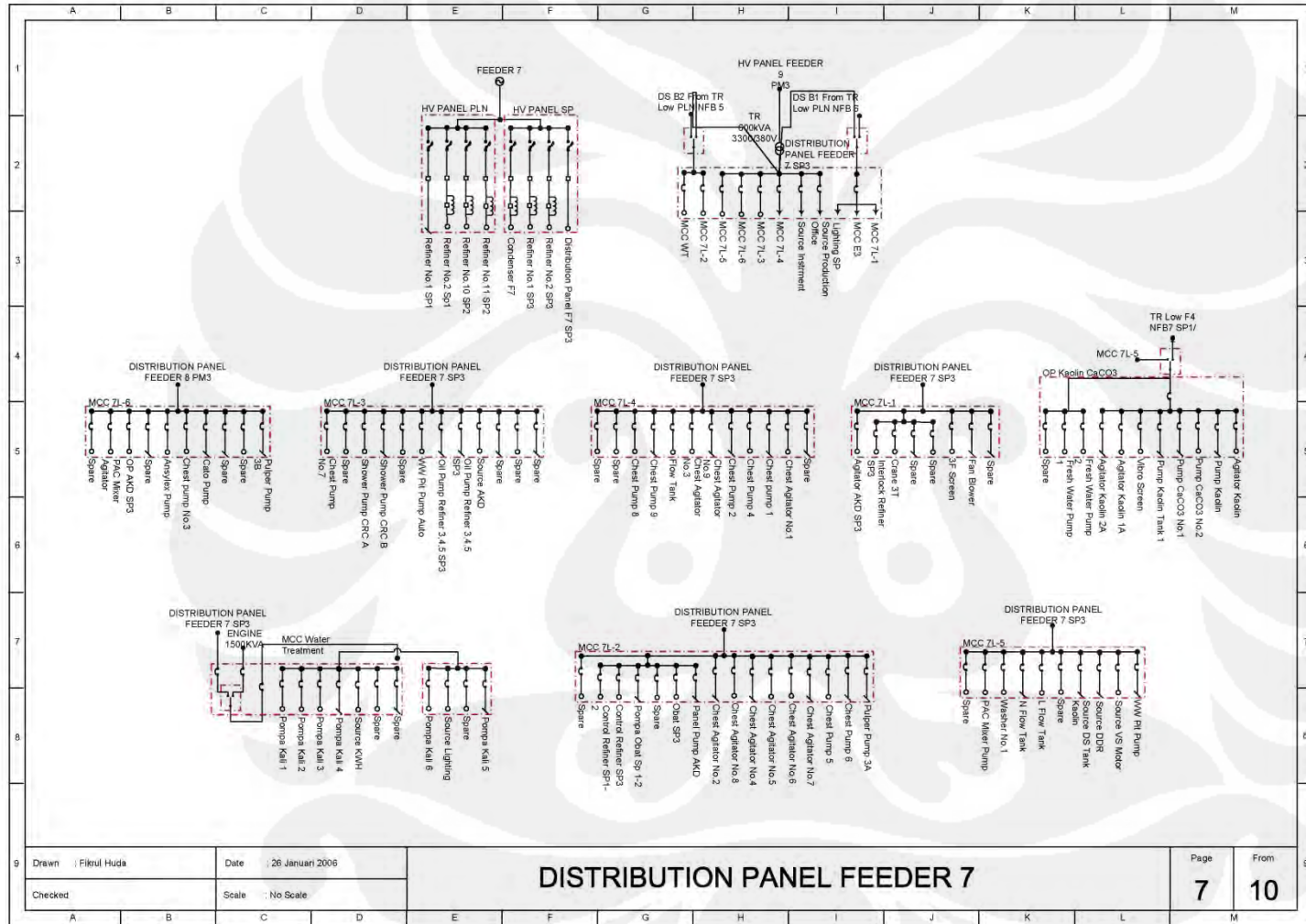
Drawn : Fikrul Huda
 Checked :

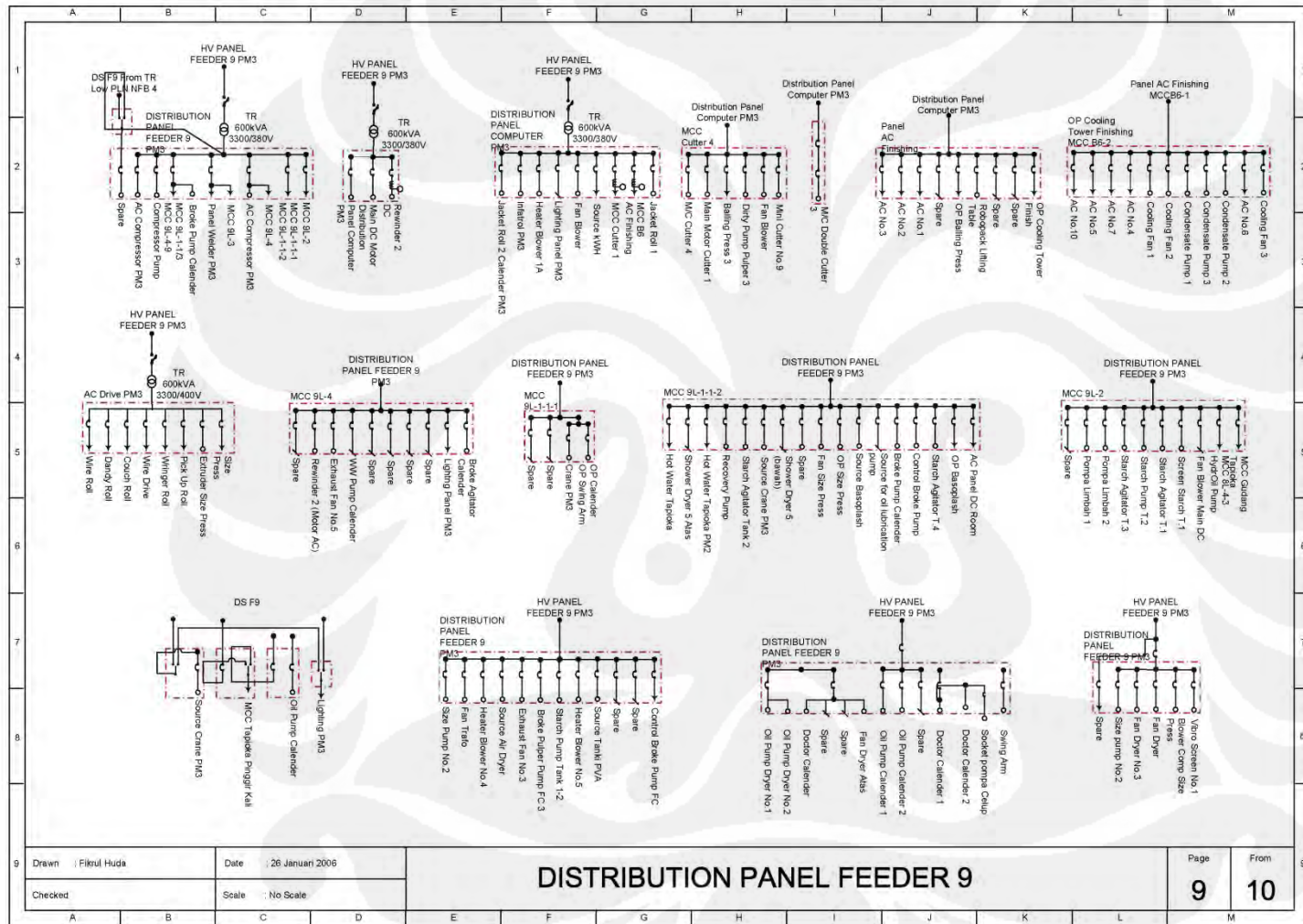
Date : 26 Januari 2006
 Scale : No Scale

DISTRIBUTION PANEL FEEDER 5

Page : 5
 From : 10

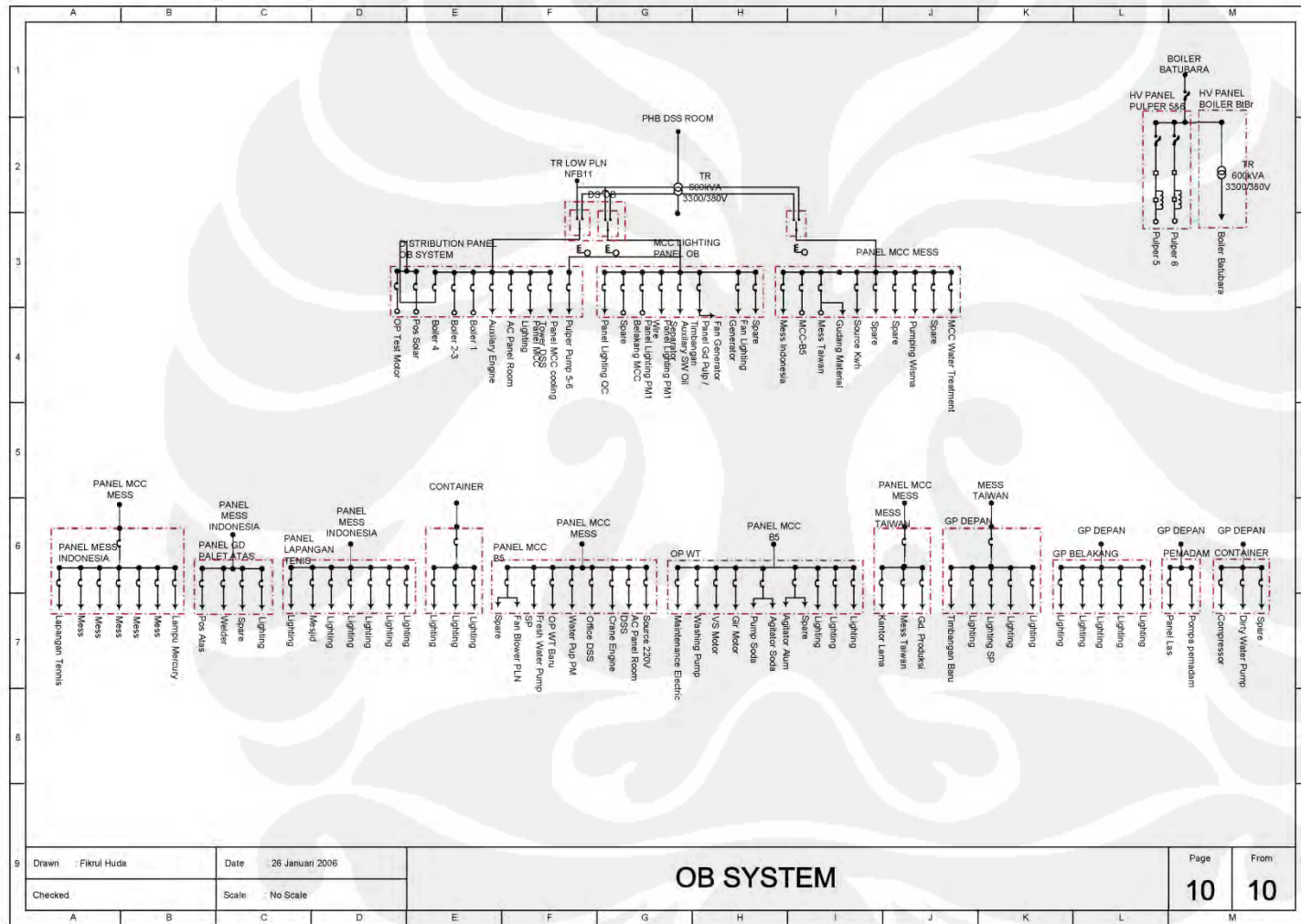


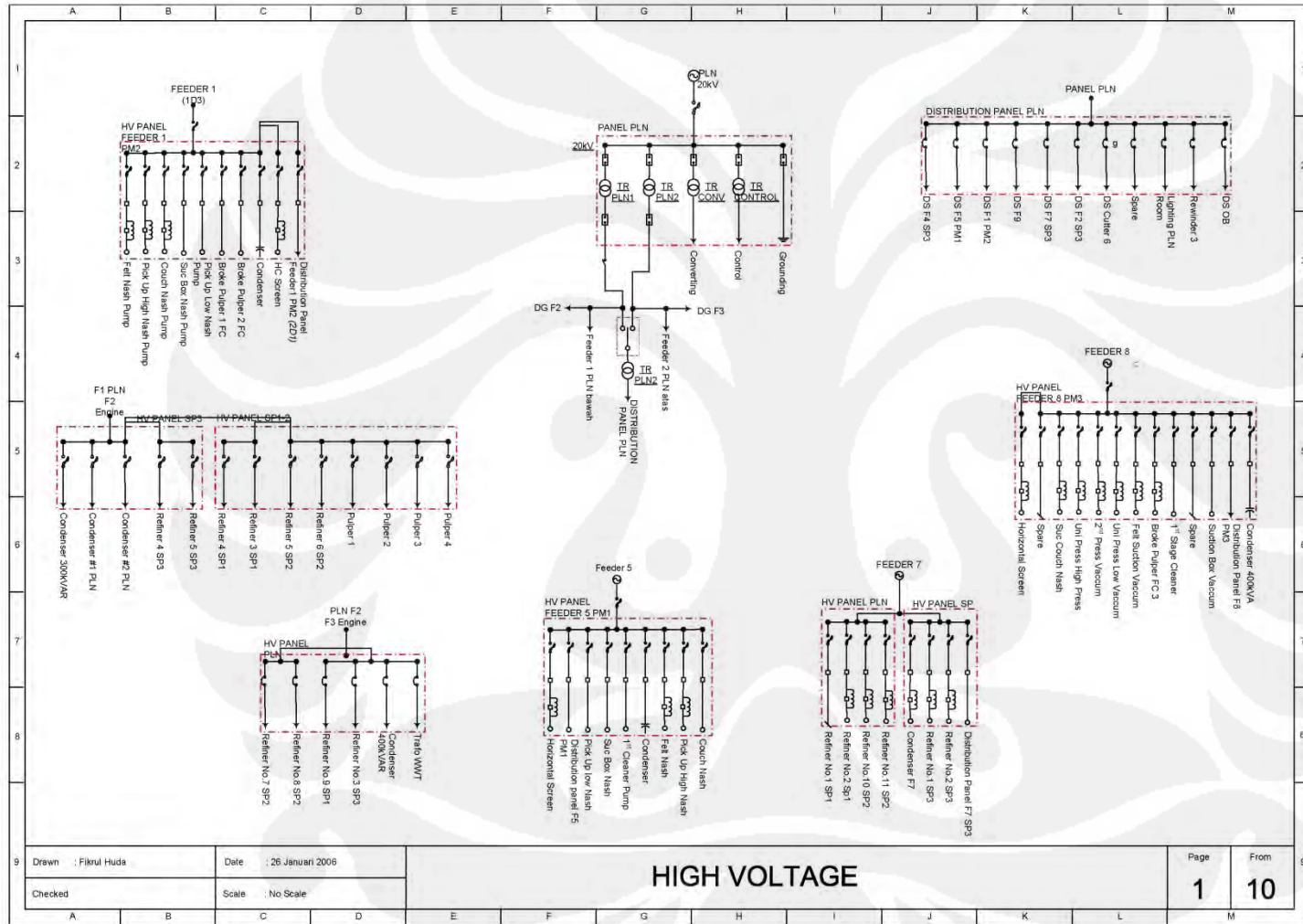




Drawn : Filtrul Huda
 Date : 26 Januari 2006
 Checked :
 Scale : No Scale

DISTRIBUTION PANEL FEEDER 9





Drawn : Fikrul Huda	Date : 26 Januari 2006
Checked	Scale : No Scale

HIGH VOLTAGE

Page	From
1	10

