BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengambil data primer yang telah ditentukan. Penelitian dan pengambilan data ini dilaksanakan pada tanggal 23 sampai 25 November 2017. Data yang diambil penulis dalam penelitian ini berupa besar daya yang dikeluarkan oleh generator tenaga uap di PT. Madubaru dan pengambilan data beban yang dibutuhkan oleh mesin operasional yang ada di PT. Madubaru.

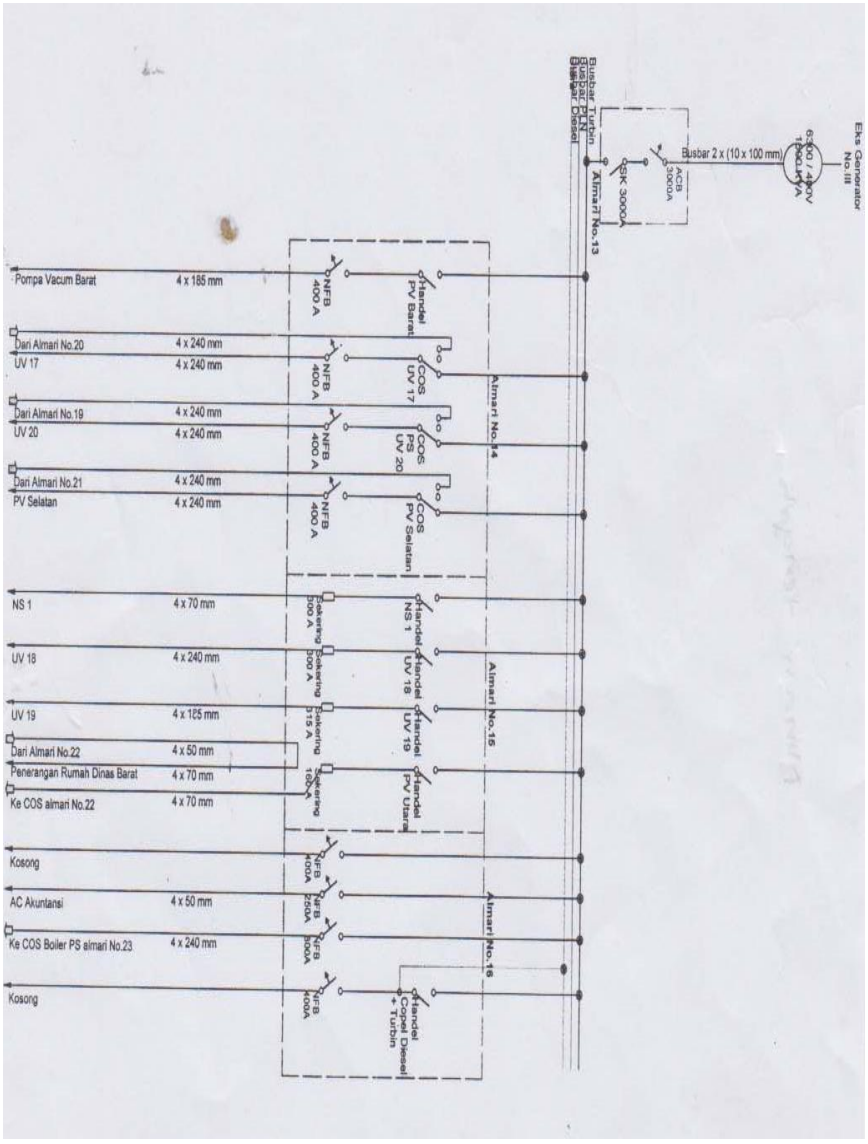
Data yang telah diperoleh kemudian di analis untuk mengetahui apakah daya yang dihasilkan oleh generator tenaga uap dapat memenuhi kebutuhan listrik di PT. Madubaru. Selain itu, peneliti juga ingin membahas lebih lanjut tentang faktor-faktor apa saja yang menjadi pendukung dan penghambat dalam pemenuhan daya listrik di PT. Madubaru.

Generator tenaga uap di PT. Madubaru terdiri dari 3 buah turbin, ketiga turbin tersebut digunakan untuk menggerakan generator listrik 1, 2 dan 3. Selain itu generator tenaga uap juga digunakan untuk menggerakan *cane cutter* 1 dan 2, *shredder hamer* , gilingan *(roll mill)* 1 sampai 6, dan penggerak pompa air pada ketel uap 1, 2 dan 3.

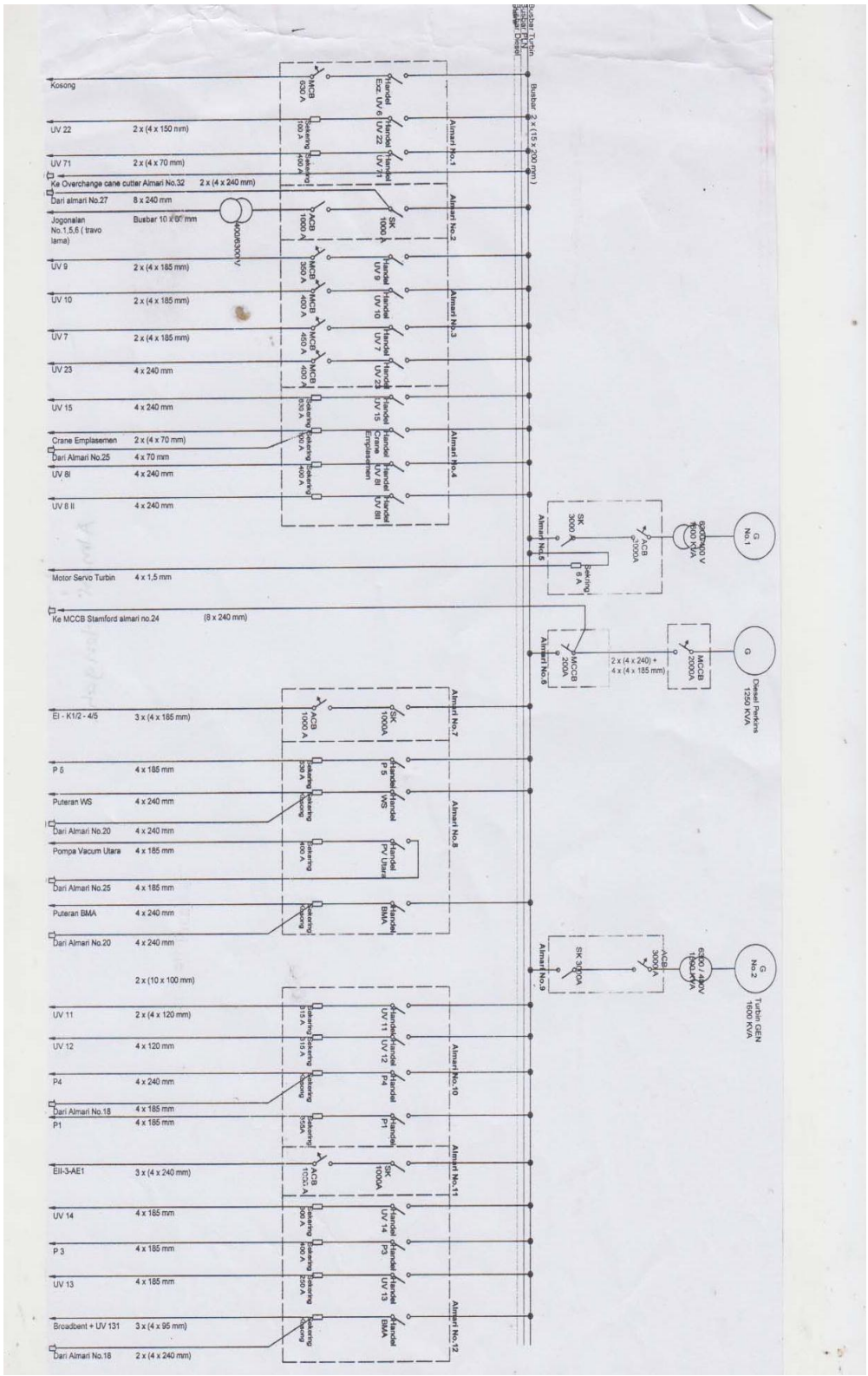
PT. Madubaru mempunyai tiga buah turbin penggerak generator. Ketiga generator listrik akan beroperasi semua pada saat musim giling, karena dibutuhkan energi listrik yang besar untuk menggerakan seluruh peralatan pabrik. Sedangkan pada saat tidak giling ketiga generator tersebut tidak ada yang beroperasi dan hanya memanfaatkan suplai listrik dari PLN. Penggunaan turbin uap sebagai penggerak generator listrik didasari oleh alasan sebagai berikut :

a. Lebih hemat bahan bakar, karena turbin uap tidak membutuhkan bahan bakar secara langsung.
b. Ukuran lebih sederhana bila dibandingkan dengan mesin lain yang menghasilkan daya yang sama.
c. Memiliki rendemen mekanis yang tinggi karena pada turbin uap tidak banyak bagian yang bergerak dan gerakannya lebih teratur karena turbin uap bukan merupakan gerakan translasi.
d. Perawatan pada turbin uap dirasa mudah.
e. Khusus pada pabrik gula, penggunaan turbin uap sangat efisien karena uap yang dikeluarkan dari turbin dimanfaatkan juga untuk proses pembuatan gula.

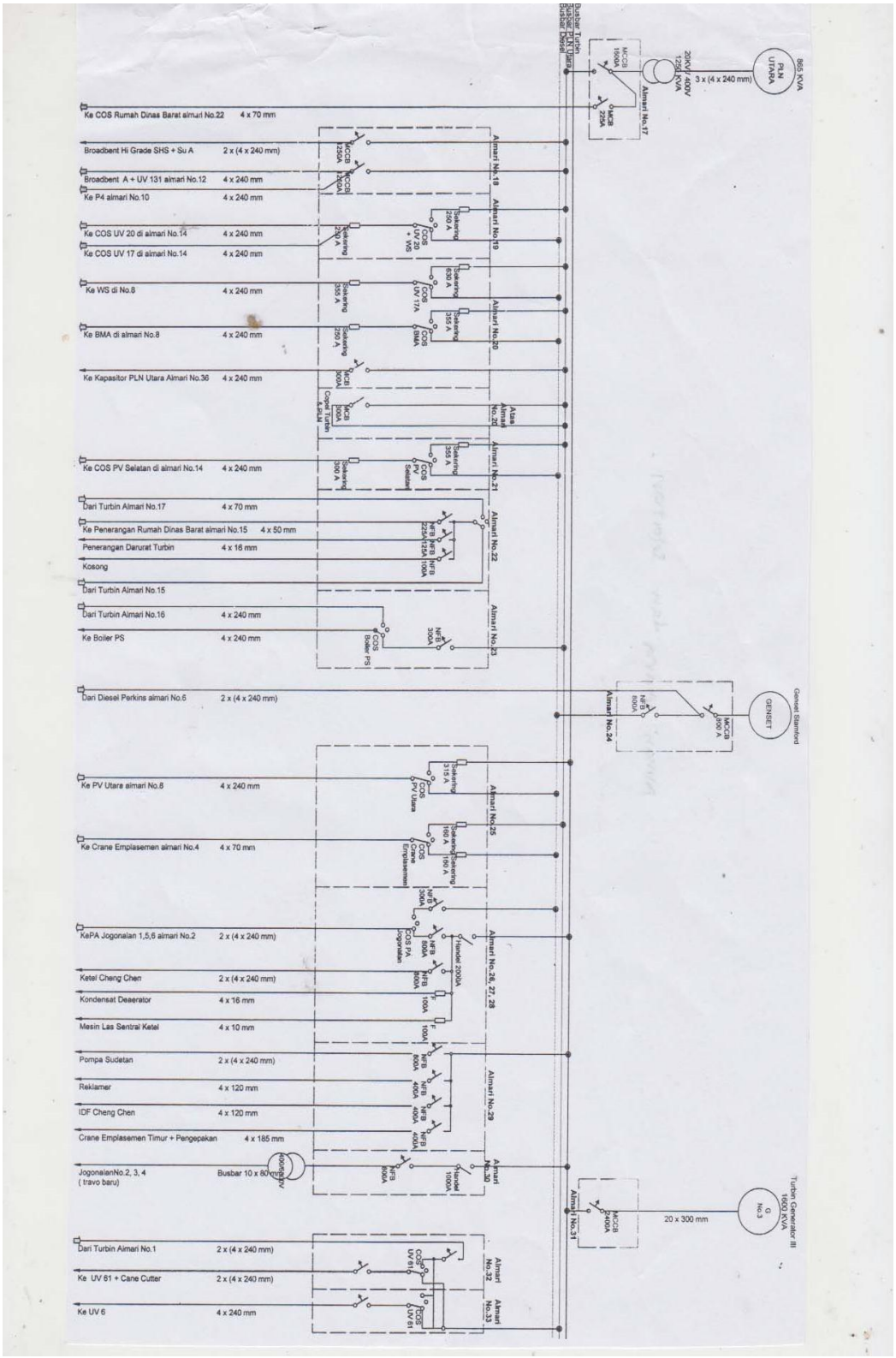
4.2 Bagan Sistem Kelistrikan di PT. Madubaru



Bagan 4.1 Single Line Listrik PT. Madubaru (Almari Tengah)



Bagan 4.2 Single Line Listrik PT. Madubaru (Almari Tengah)



Bagan 4.3 Single Line Listrik PT. Madubaru (Almari Utara & Selatan)

Keterangan bagan :

Almari No 1 : stasiun gilingan

Almari No 2 : stasiun pabrik tengah

Almari No 3 : stasiun pabrik tengah

Almari No 4 : crane emplaseement

Almari No 5 : output generator I

Amari No 6 : output diessel perkins

Alamari No 7 ,8 : stasiun pabrik tengah

Almari No 9 : output generator II

Almari No 10,11,12 : stasiun pabrik belakang

Almari No 13 : output generator III

Almari No 14 : stasiun pabrik belakang

Almari No 15 : stasiun pabrik tengah dan penerangan rumah dinas PT. Madubaru

Almari No 16: kantor PT. Madubaru

Almari No 17 : output PLN

Almari No 18 : stasiun pabrik belakang

Almari No 19 : stasiun pabrik belakang

Almari No 20 : satsiun pabrik tengah

Almari No 21,22,23 : penerangan rumah dinas PT. Madubaru

Almari No 24 : output genset stamfoid

Almari No 25 : input ke alamari nomor 8

Almari No 26,27,28 : stasiun ketel

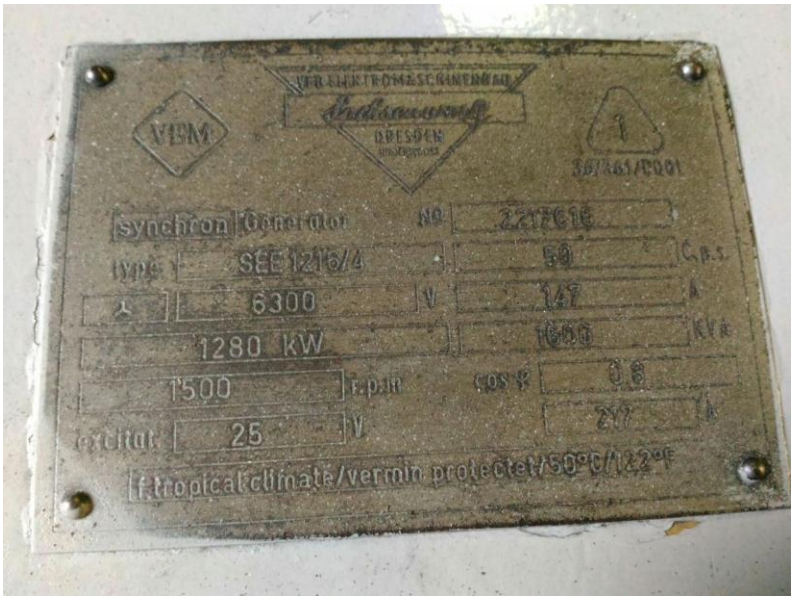
Almari No 29,30 : stasiun ketel

Almari No 32,33 : stasiun gilingan

4.3 Jenis Generator Tenaga Uap di PT. Madubaru

Jenis Generator tenaga uap yang digunakan oleh PT. Madubaru adalah jenis turbin implus yang mana proses ekpansi dari fluida kerja (proses penurunan tekanan) hanya terjadi di dalam sudu-sudu tetap atau nosel saja. Sedangkan dalam tingkat tekanan, turbin tersebut termasuk turbin bertekanan yang bertingkat banyak (empat tingkat tekanan) dengan lima baris sudu gerak yang terpasang pada rotor. Dalam hal ini, uap mengalir melalui baris sudu gerak yang pertama sampai sudu gerak ke empat, tetapi sebelum mengalir ke sudu gerak berikutnya uap mengalir melalui sudu yang bersatu dengan rumah turbin atau rumah tetap dan dengan katup yang bertingkat.

Arah aliran uap aksial, dimana uap mengalir ke dalam arah sejajar terhadap sumbu turbin. Turbin tersebut termasuk jenis turbin tekanan lawan (*back pressure turbines*) karena *exhaust steam* yang dihasilkan masih memiliki tekanan dan suhu yang masih cukup relatif tinggi sehingga uap tersebut dapat digunakan untuk proses pemasakan yang kemudian di kondensasikan dan di kirim kembali ke boiler. Pemasangan poros turbin di pasang secara horizontal dan dengan menggunakan roda gigi. Pada PT. Madubaru terdapat tiga buah turbin uap penggerak generator listrik dengan jenis spesifik yang sama dan berasal dari satu perusahaan yaitu : VEB. TURBINE FABRIC DRESDEN. EKM yang berasal dari Jerman. Untuk spesifikasi turbin generator di ambil pada turbin generator yang ke tiga. Adapun spesifikasi dari turbin ketiga adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 *Nameplate* pada generator tenaga uap di PT. Madubaru

a. Tipe Generator Tenaga Uap

Tipe : Horizontal, implus bertingkat banyak (*multistage*) berkatup banyak (*multi-valve*), aliran terputus (*axial flow*), tekanan balik (*back pressur*) dan tranmisi roda gigi (*geared*). Nomor model pabrik : B6-R5-R.

b. Daya

1) Daya maksimal : 1280 KW
2) Plat nama : 1,280 MW

c. Kondisi Pengoperasian

1) Kecepatan (turbin/generator) : 6162/1500 rpm
2) Tekanan uap masuk : 15 kg/cm^2 G
3) Temperatur masuk : 320˚ C
4) Konsumsi uap (*) : 10000 kg/jam 13000 kg/jam
5) Konsumsi uap (*) : 11 kg/800 KW 9,1 kg/1000 KW

(*) Nilai-nilai konsumsi uap yang telah diukur adalah dasar batasan toleransi ± 3% untuk penunjuk dan kesalahan orang.

d. Kondisi Rencana Mesin

1) Bagian uap masuk : 15 kg/cm^2 G pada 320˚C

2) Bagian uap keluar : 1,5 kg/cm^2 G pada 300˚C

3) Bagian alat pendingin : 5,0 kg/cm^2 G pada 60˚C

e. Bagian Governor dan Minyak Pelumas

1) Tipe pelumas : pelumas dengan tekanan

2) Tekanan oli pelumas : 1.0 – 1.5 kg/cm^2 G

3) Tekanan minyak pengawas : 4.0 kg/cm^2 G

4) Tekanan minyal ke governor : 10 kg/cm^2 G

5) Minyak yang dibutuhkan : 350 liter/menit

4.4 Urutan Cara Kerja Generator Turbin Uap di PT. Madubaru

Adapun urutan cara kerja generator turbin uap di PT. Madubaru Yogyakarta secara singkat adalah sebagai berikut :

1. Air dari kondisioner di pompa masuk ke dalam stasiun boiler (ketel).
2. Di dalam boiler air dipanaskan dengan suhu yang tinggi sehingga menjadikan air tersebut berubah menjadi uap.
3. Uap panas yang berasal dari stasiun boiler disalurkan ke turbin sehingga energi panas tersebut berubah menjadi energi mekanik dan membuat turbin dapat berputar.

4. Karena turbin berada satu poros dengan generator maka generator ikut berputar dan menghasilkan energi listrik.
5. Sisa uap yang digunakan untuk memutar turbin disalurkan untuk proses pengolahan gula.

4.5 Komponen Sistem Generator Tenaga Uap di PT. Madubaru

Tabel 4.1 Besar Daya Maksimal pada Generator Tenaga Uap

Jenis Pembangkit	Besar Daya Maksimal
Generator 1	1.000 KW
Generator 2	1.000 KW
Generator 3	1.000 KW
Jumlah daya yang dihasilkan	**3.000 KW**

Pada Tabel 4.1 diatas dapat diketahui bahwa generator tenaga uap yang ada di PT. Madubaru terbagi menjadi tiga bagian, yaitu generator 1, generator 2, generator 3. Generator 1, 2 dan 3 menghasilkan daya maksimal yang sama yaitu sebesar 1.000 KW. Sehingga besar daya maksimal yang dihasilkan dari tiga generator yang ada di PT. Madubaru berjumlah 3.000 KW. Daya yang dihasilkan oleh ketiga generator yang ada di PT. Madubaru disingkronkan menjadi satu untuk mengoperasasikan motor-motor produksi yang ada. Motor-motor produksi yang ada di PT. Madubaru mempunyai kapasitas daya yang berbeda-beda.

Generator tenaga uap di PT. Madubaru memiliki output tegangan sebesar 380 Volt. Beban tengangan motor mempunyai input yang sama yaitu sebesar 380 Volt. Generator tenaga uap dan motor-motor produksi mempunyai tegangan yang stabil.

4.6 Data Beban yang dibutuhkan di PT. Madubaru

Tabel 4.2 Data Beban Motor dalam Pabrik

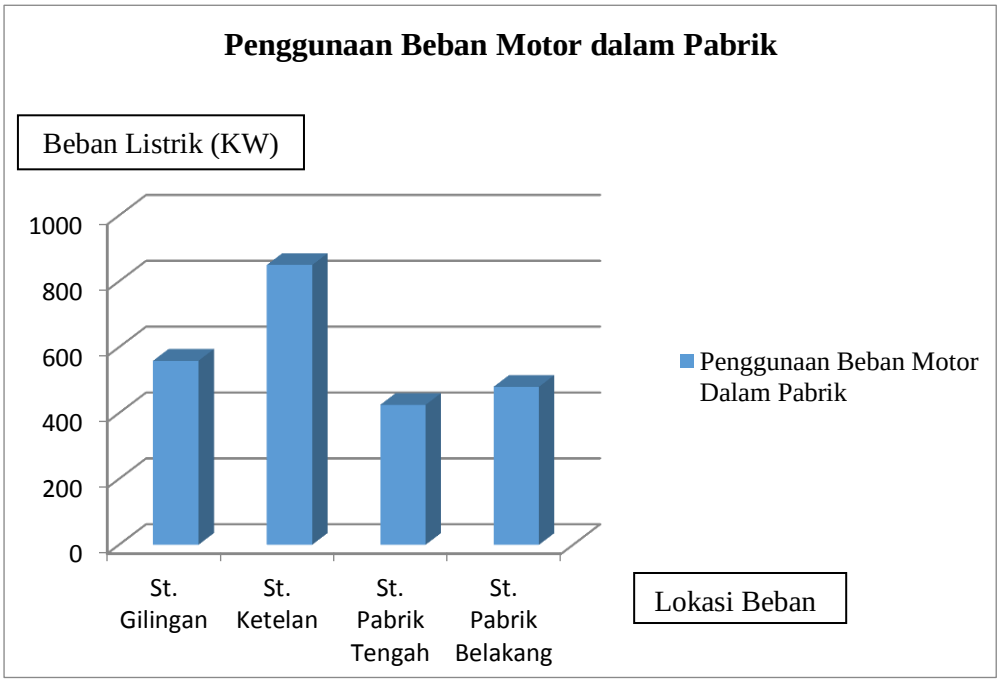
No	Digunakan	Besar Beban	Total Beban
1	St. Gilingan		
	- Canecutter	400 KW	
	- Meja Tebu	30 KW	
	- Motor Kickers	30 KW	559 KW
	- Derek Lori	10 KW	
	- Motor IMC	44 KW	
	- Motor RWS	45 KW	
2	St. Ketelan		
	- Motor Zogzug	225 KW	
	- Motor KAD	170 KW	
	- Motor Krepyak	76,5 KW	
	- Motor Transport Ban	22 KW	
	- Motor Pelempar Ampas Ketel	13,5 KW	
	- Motor Sumuran	18,5 KW	
	- Motor Pompa Air Bersih	5,5 KW	
	- Motor Pompa Fuding	80 KW	849,54 KW
	- Motor Blowers	165 KW	
	- Motor BFW Pump	75 KW	
	- Motor STOH	15 KW	
	- Motor HP Chemical	0,29 KW	

	(Lanjutan Tabel 4.2) - Motor Dust Colector - Motor Drum Ash Rotary Valve - Motor Air Heater As Rotary Valve - Motor Grade Ash Konveyor	 1,5 KW 0,75 KW 1,5 KW 1,5 KW	
3	St. Pabrik Tengah - Motor Dunsa p - Motor Washring - Motor Pompa RWS ges - Motor pompa injeksi - Motor pompa vacuum - Motor Pompa Torak - Motor Pompa Kondensials - Motor Pompa Vakum	 30 KW 115 KW 30 KW 30 KW 30 KW 30 KW 30 KW 130 KW	425 KW
4	St. Pabrik Belakang - Motor Pompa Air - Motor Putaran SU group SHS - Motor Putaran Hi Grade SHS	 130 KW 200 KW 150 KW	480 KW
Jumlah Beban			**2.313,54 kW**

Sumber : Data PT. Madubaru

Tabel 4.2 data beban motor dalam pabrik diatas bersumber dari data yang ada di PT. Madubaru. Tiga unit generator tenaga uap yang berada di PT. Madubaru digunakan untuk menyuplai empat stasiun yang ada yaitu stasiun gilingan, stasiun ketelan, stasiun pabrik tengah dan stasiun pabrik belakang.

Keseluruhan beban yang digunakan dalam empat stasiun tersebut berjumlah 2.313,54 KW. Dari empat stasiun yang berada di PT. Madubaru beban terbesar digunakan pada stasiun ketelan yang berjumlah 849,54 KW. Stasiun gilingan juga menyerap beban yang besar yaitu 559 KW. Sedangkan, stasiun pabrik tengah menyerap beban sebesar 425 KW dan pabrik belakang menyerap beban sebesar 480 KW. Akan tetapi, motor-motor produksi tersebut tidak selalu menyala bersamaan. Adapun diagram penggunaan beban motor dalam pabrik adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Diagram Penggunaan Beban Motor dalam Pabrik

Pada gambar diagram 4.2 diatas dapat diketahui bahwa beban terbanyak digunakan oleh stasiun ketelan sebesar 849,54 KW. Selain stasiun ketelan, stasiun gilingan juga menggunakan daya yang cukup besar yaitu

sebesar 559 KW. Penggunaan beban di stasiun pabrik belakang sebesar 480 KW. Dan penggunaan daya terendah yaitu di pabrik tengah yaitu sebesar 425 KW.

4.7 Data Penggunaan Beban Setiap Shift Kerja

Untuk mengetahui data penggunaan beban listrik setiap shift kerja di PT. Madubaru Yogyakarta, penulis mengambil sampel data selama 4 hari berturut-turut. Penggambilan data tersebut dilakukan guna untuk mengetahui besar daya yang dibutuhkan setiap jam dan untuk mengetahui puncak beban.

Data yang diperoleh penulis dari penelitian langsung dilapangan berupa data penggunaan beban dalam setiap jam, kemudian penulis hitung rata-rata beban pada setiap generator dalam setiap shift kerja (setiap delapan jam). Adapun rumus perhitungan rata-rata sebagai berikut :

$$\overline{X} = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8}{8}$$

Dimana : $\overline{X}$ = Rata-rata

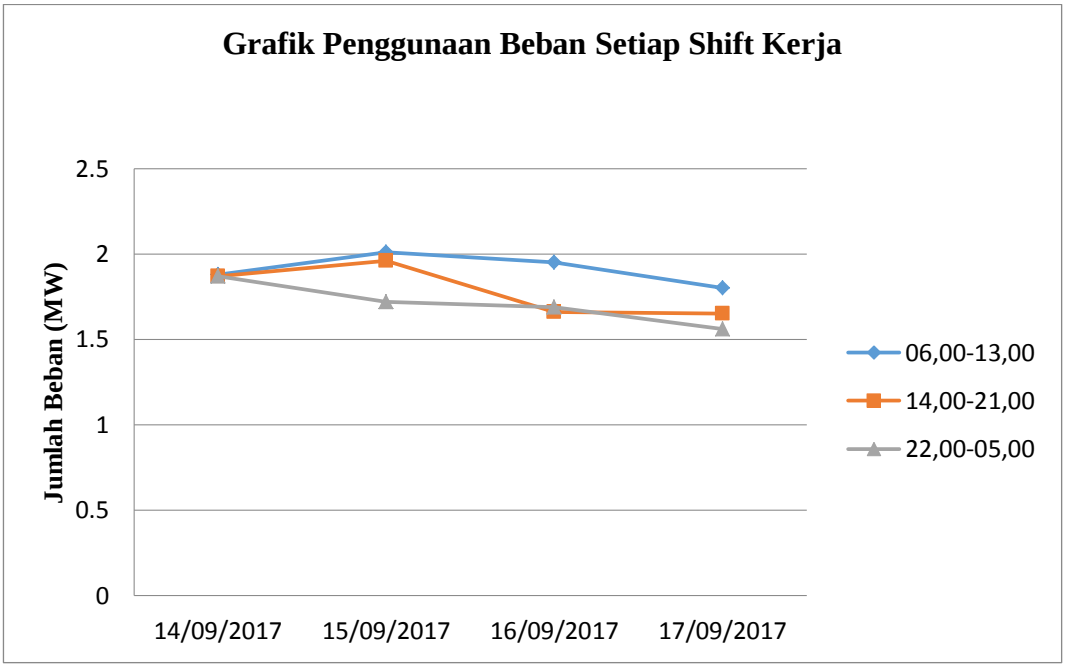
P = Daya/Beban (MW)

Setelah diperoleh hasil rata-rata beban dalam setiap generator pada masing-masing shift kerja kemudian dijumlahkan. Hasil dari penjumlahan tersebut yang akan digunakan untuk mengetahui puncak beban. Adapun hasil dari perhitungan tersebut dituliskan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 4.3 Penggunaan Beban Listrik Setiap Shift Kerja

No	Tanggal	Waktu	$\overline{X}$ GI (MW)	$\overline{X}$ GII (MW)	$\overline{X}$ GIII (MW)	Total Beban
1	14 Sept 2017	**06.00-13.00**	**0,65**	**0,65**	**0,58**	**1,88**
		14.00-21.00	0,62	0,63	0,62	1,87
		22.00-05.00	0,63	0,62	0,62	1,87
2	15 Sept 2017	**06.00-13.00**	**0,69**	**0,68**	**0,64**	**2,01**
		14.00-21.00	0,63	0,66	0,67	1,96
		22.00-05.00	0,62	0,63	0,47	1,72
3	16 Sept 2017	**06.00-13.00**	**0,66**	**0,66**	**0,63**	**1,95**
		14.00-21.00	0,49	0,59	0,58	1,66
		22.00-05.00	0,57	0,56	0,56	1,69
4	17 Sept 2017	**06.00-13.00**	**0,59**	**0,60**	**0,67**	**1,80**
		14.00-21.00	0,56	0,54	0,55	1,65
		22.00-05.00	0,52	0,52	0,53	1,56

Pada tabel 4.4 diatas dapat diketahui bahwa beban tertinggi selalu berada pada pada pukul 06.00-13.00. Dengan demikian, beban puncak berada pada pukul 06.00 sampai pukul 13.00. Hal tersebut dikarenakan pada pukul 06.00 sampai dengan pukul 13.00 motor-motor listrik banyak digunakan untuk melakukan proses pembuatan gula. Dalam wawancara yang penulis lakukan dengan Bapak Kayono, juga dijelaskan hal demikian bahwa pada pukul 06.00 sampai dengan pukul 13.00 membutuhkan daya listrik paling besar. Adapun grafik dari penggunaan beban listrik setiap shift kerja adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Penggunaan Beban Setiap Shift Kerja

4.8 Hasil dan Pembahasan

Dari data yang penulis peroleh saat penelitian langsung di PT. Madubaru maka dapat diketahui bahwa generator tenaga uap yang ada di PT. Madubaru dapat mencukupi dalam pemenuhan kebutuhan daya listrik untuk mengoperasikan motor-motor produksi yang ada. Hal tersebut dapat diketahui dari output daya yang dihasilkan oleh ketiga generator tenaga uap yang ada di PT. Madubaru dan besar daya yang dibutuhkan oleh motor-motor produksi yang ada di PT. Madubaru.

Besar daya yang dihasilkan oleh masing-masing generator sebesar 1.000 KW, jadi tiga generator tenaga uap yang ada di PT. Madubaru

menghasilkan daya sebesar 3.000 KW. Dari 3.000 KW daya yang dihasilkan oleh generator tenaga uap tersebut yang digunakan langsung oleh motor-motor produksi antara 1.500 KW sampai 2.000 KW. Sisa daya dari generator tenaga uap digunakan untuk mengantisipasi bertambahnya beban atau muatan listrik. Stasiun ketelan dan stasiun gilingan mempunyai peran utama dalam berjalanya produksi sekaligus mempunyai beban motor yang besar dibandingkan dengan stasiun lainya.

Dari hasil perhitungan penggunaan beban setiap shift kerja dapat diketahui bahwa beban puncak berada pada shift padi yaitu pukul 06.00 sampai dengan pukul 13.00. Hal tersebut dikarenakan pada pukul 06.00 sampai dengan pukul 13.00 motor-motor produksi banyak yang beroperasi dalam proses pembuatan gula.

Motor-motor produksi yang berada di PT. Madubaru memiliki kecepatan rotasi putaran yang bebeda-beda, pada motor-motor besar yang ada di PT. Madubaru mempunyai rotasi putaran sebesar ±1.500 rpm. Perbedaan rotasi putaran motor tersebut dikarenakan kebutuhan kapasitas asumsi pemakaian produksi yang berbeda-beda.

4.9 Faktor Pendukung dan Penghambat dalam Pemenuhan Daya Listrik di PT. Madubaru

Dari wawancara yang telah saya lakukan dengan Bapak Kayono selaku bagian operasional instalasi listrik di PT. Madubaru, tentu saja

terdapat faktor pendukung dan penghambat dalam pemenuhan daya listrik di PT. Madubaru. Adapun faktor pendukung dan penghambat dalam pemenuhan daya listrik di PT. Madubaru adalah sebagai berikut :

a. Faktor Pendukung

1) Generator tenaga uap yang ada di PT. Madubaru masih dapat mencukupi sampai saat ini, sehingga dapat memenuhi kebutuhan daya listrik pada di PT.Madubaru.
2) Pada generator tenaga uap ini sumber utama yang digunakan adalah uap dari pembakaran limbah (ampas) tebu, sehingga bahan baku utama untuk pengoperasian generator dapat terpenuhi.
3) Generator tenaga uap menghasilkan daya yang besifat kontinyu dan dapat diandalkan, sehingga generator tenaga uap yang berada di PT. Madubaru dapat mengoperasikan motor produksi yang ada.

b. Faktor Penghambat

1) Frekuensi sering menurun dikarenakan tekanan uap pada stasiun ketel tidak stabil yang mengakibatkan output pada generator turbin uap ikut menurun.
2) Beban motor pada alat produksi yang mempunyai kapasitas besar menyala secara bersamaan menyebabkan pemakaian daya meningkat.

4.10 Sumber Lain dalam Pemenuhan Daya Listrik di PT. Madubaru

Dalam pemenuhan daya listrik di PT. Madubaru selain menggunakan generator tenaga uap sebagai sumber utama juga diguanakan aliran listrik dari PLN dan diesel. Aliran listrik dari PLN dan diesel digunkan untuk menyalakan motor-motor produksi ketika sedang terjadi suatu masalah atau kendala pada generator. Tidak semua motor produksi yang bersumber listrik dari generator mampu dipindahkan dengan aliran listrik PLN dan diesel. Adapun motor produksi yang dapat dipindahkan dengan menggunakan sumber lain dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel 4.4 Alat-Alat yang ikut PLN Utara

No	Nama Alat	Daya yang Digunakan
1	Putaran SU Group SHS	200 KW
2	Putaran SU Low Grade	120 KW
3	Putaran SU Group Gula B	150 KW
4	Putaran HI Grade SHS 1	150 KW
5	Putaran HI Grade SHS 2	150 KW
6	WS 1	35 KW
7	WS 2	50 KW
8	BMA 2300	75 KW
9	WS CC6	50 KW
10	BMA 1	30 KW
11	BMA 2	30 KW
12	BMA 3	30 KW
13	Pompa Tetes	30 KW
14	Pompa Air Panas	6 KW
15	Pompa Vakum Selatan	115 KW
16	Boiler PS	105 KW
17	UV 20 PS	105 KW
Total Daya		**1.431 KW**

Tabel 4.5 Alat-alat yang Ikut PLN Selatan

No	Nama Alat	Daya yang Digunakan
1	Putaran K 850	37 KW
2	Putaran FC 1000 No.5	50 KW
3	Putaran K 1100	37 KW
4	Pompa Vakum Utara	115 KW
5	Pompa Rogocolo No. 1	90 KW
6	Pompa Rogocolo No. 2	100 KW
7	Pompa Rogocolo No. 3	122 KW
8	Pompa Rogocolo No. 5	132 KW
9	Gilingan	110 KW
10	Kompresor Hi Grade	23 KW
11	Kompresor Su Group	2,2 KW
12	Pancaran	132 KW
13	Cool Trog	40 KW
14	Encek-encek atas sampai gudang	45 KW
15	Pompa Mixer	18 KW
Total Beban		**1.113,2 KW**

Tabel 4.6 Alat-alat yang Bisa Menggunakan Diesel

No	Nama Alat	Daya yang Digunakan
1	PA. Jogonalan No.4	100 KW
2	PA. Jogonalan No.5	100 KW
3	PA. Jogonalan No.1	90 KW
4	Pompa Vakum Utara	115 KW
5	Krane Implasemen Halaman	37 KW
6	Putaran FC.1000 No.5	50 KW
7	BMA 1	30 KW
8	BMA 2	30 KW
9	BMA 3	30 KW
10	WS 1	35 KW
11	WS 2	50 KW
12	BMA 2300	75 KW

Lanjutan Tabel 4.6		
13	WS CC6	50 KW
14	Pompa Vakum Selatan	115 KW
Total Beban		**907 KW**

Dari Tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 diatas dapat diketahui bahwa terdapat beberapa motor produksi yang aliran daya listriknya dapat dirubah dari generator tenaga uap ke PLN atau diesel. Selain digunakan untuk membackup alat-alat tersebut diatas ketika generator tenaga uap mengalami penurunan *output*, aliran listrik dari PLN juga digunakan untuk membantu menyingkronkan beban pada saat pengoperasian alat produksi pada awal giling.

Pada saat awal produksi atau awal giling memerlukan daya yang sangat besar untuk menghidupkan dan menyingkronkan motor-motor listrik untuk operasional produksi giling dan suling di PT.Madubaru. Singkronasi tersebut juga berguna untuk membantu meringankan beban pada generator tenaga uap agar tidak terjadi trip atau lepas kontrol pada governor yang disebabkan belum stabilnya antara uap yang masuk ke turbin dengan torsi awal motor khususnya di stasiun ketelan dan stasiun gilingan.

4.11 Proses Singkronisasi Generator Tenaga Uap

Standart operasional panel syncron manual adalah sebagai berikut :

1. Pastikan modul DK6 309 pada posisi auto.

2. Pastikan selector switch pada panel incoming breaker auto.
3. Start turbin secara local dan pastikan tegangan dan frekuensi stabil.
4. Pastikan modul GK6 309 tidak ada alarm.
5. Untuk mensyncronasikan, putar key syncron pada posisi on (kunci kontak).
6. Samakan frekuensi dengan menggunakan volt adjuster.
7. Samakan frekuensi dengan menggunakan volt adjuster (potensio).
8. Apabila lampu indicator syncron scope memutar kearah kanan dengan lambat dan tepat pada jarum jam 12, kemudian tekan tombol push button ON (hijau).
9. Putar speed adjuster ke kanan untuk menambah beban atau ke kiri untuk mengurangi beban daya (di panel PG. no 3).
10. Untuk meng OFF kan breaker : dengan cara mengurangi beban terlebih dahulu kemudian putar speed adjuster.