



MAGANG INDUSTRI - VM 191667

**DESAIN TATA LETAK DAN BENTUK MOBILE FLOOD
CONTROL PUMP (TORISHIMA PUMP CDM 450LN X CAT
ENGINE C9.3) DI PT. TORISHIMA GUNA INDONESIA**

**M. RAYHAN HIDAYAT TADJRI
10211710010104**

**Dosen Pembimbing
Ir. Suhariyanto, M.Sc
19620424 198903 1 005**

**Program Studi S1 Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020**

**LAPORAN MAGANG INDUSTRI
PT. TORISHIMA GUNA INDONESIA**



Disusun oleh,
M. Rayhan Hidayat T
10211710010104

**PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI
ENERGI**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBERR

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Deni Wendiaman

Jabatan: General Manager PT. Torishima Guna Indonesia

Menerangkan bahwa mahasiswa

Nama : M. Rayhan Hidayat T

NRP : 10211710010104

Prodi : S1 Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah menyelesaikan Magang Industri di

Nama Perusahaan : PT. Torishima Guna Indonesia

Alamat Perusahaan : JL Rawa Sumur Timur No.1 Jakarta Industrial Estate
Pulogadung, Jakarta Timur, DKI Jakarta, 139230

Bidang : Engineering Department

Waktu Pelaksanaan : 05 Oktober 2020 – 05 Desember 2020

Jakarta, 04 Desember 2020

Deni Wendiaman

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Magang Industri Dengan Judul
Desain Mobile Flood Control Pump dan Simulasi Desain Mobile
Flood Control Pump Di Area Shop Test PT. Torishima Guna
Indonesia

Telah Disetujui dan Disahkan Pada Presentasi Laporan Magang Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dosen Pembimbing,



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN
TEKNIK MESIN INDUSTRI

Ir. Suhariyanto, MT

NIP 19620424 198903 1 005

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT. sehingga kami dapat menyelesaikan praktek kerja di PT. Torishima Guna Indonesia sampai dengan selesainya penyusunan laporan ini.

Dalam rangka memenuhi salah satu syarat kurikulum tingkat sarjana terapan di Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, maka kami selaku mahasiswa dapat mengambil kesempatan dalam magang industri ini untuk menyelesaikan dan membandingkan antara ilmu yang telah diperoleh di perguruan tinggi dan penerapannya di bidang industri. Laporan ini disusun berdasarkan hasil magang industri di PT. Torishima Guna Indonesia dari tanggal 5 Oktober 2020 s.d. 5 Desember 2020.

Selama melakukan magang industri, kami mendapat bimbingan, dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada

1. Ayah dan Ibu serta keluarga tercinta atas doa, dukungan moral, dan materialnya.
2. Bapak Deni Wendiaman selaku General Manager PT. Torishima Guna Indonesia.
3. Bapak Guruh Sulistyono selaku Manager Engineering PT. Torishima Guna Indonesia.
4. Bapak Muhammad Tsani selaku pembimbing lapangan magang industri PT. Torishima Guna Indonesia.
5. Bapak Ovie selaku pembimbing lapangan magang industri PT. Geteka Founindo.
6. Seluruh Karyawan PT. Torishima Guna Indonesia khususnya dibidang Produksi.
7. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

-
8. Ibu Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
 9. Bapak Alm.Ir. Syamsul Hadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama di Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
 10. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Pengganti di Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
 11. Teman-teman Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2017 atas bantuan dan dukungannya
 12. Seluruh pihak yang telah membantu kami selama melakukan magang industri dan dalam penyusunan laporan ini

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak untuk menyempurnakan laporan ini.

Akhirnya, kami selaku penyusun mohon maaf kepada semua pihak apabila dalam melakukan magang industri dan dalam penyusunan laporan ini terdapat kesalahan. Kami berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Desember 2020

M. Rayhan Hidayat T

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	x
1.1 Profil Perusahaan.....	x
1.1.1 Visi dan Misi Perusahaan	xi
1.1.2 Struktur Organisasi.....	xi
1.1.3 Strategi Bisnis.....	xi
1.1.4 Aspek Manajemen	xii
1.1.4.1 Aspek Produksi.....	xii
1.1.4.2 Aspek Keuangan.....	xxxii
1.1.4.3 Aspek Pemasaran.....	xxxii
1.1.4.4 Aspek SDM	xxxiii
1.2 Lingkup Unit	xxxiii
1.2.1 Lokasi Unit Kerja Praktek (Magang Industri).....	xxxiii
1.2.2 Lingkup Penugasan	xxxiv
1.2.3 Rencana Penjadwalan	xxxiv
BAB 2 KAJIAN TEORITIS.....	xxxv
2.1 Pengertian Pompa.....	xxxv
2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal.....	xxxvi
2.2.1 Jenis Jenis Pompa Sentrifugal	xxxvii
2.3 Klasifikasi Pompa Sentrifugal	xl
2.4 Kontruksi dan Komponen Pompa	xli
2.4.1 Bagian Pompa Sentrifugal yang Tidak Bergerak	xlii
2.4.2 Bagian Pompa Sentrifugal yang Bergerak.....	xlvi
2.5 Jenis-Jenis Suction Pompa	xlvi

2.6	Parameter-parameter dalam Perhitungan Pompa	xlvi
2.6.1	Kapasitas Pompa	xlvi
2.6.2	Head Efektif Instalasi Pompa	xlvi
2.6.3	Head Statis	xlvi
2.6.4	Head Dinamis	li
2.6.5	Daya Penggerak.....	lvi
2.6.5.1	Daya Pompa / Daya Fluida (WHP).....	lvi
2.6.5.2	Daya Poros (Pshaft).....	lvii
2.6.5.3	Daya Nominal Penggerak.....	lvii
2.6.6	Kavitasi	lviii
2.6.7	NPSH (Net Positive Suction Head)	lxi
2.6.7.1	Net Positive Suction Head Available (NPSH _A)	lxi
2.6.8	Kurva Karakteristik Pompa.....	lxii
2.6.8.1	Karakteristik Utama	lxii
2.6.8.2	Karakteristik Kerja	lxiii
2.6.8.3	Karakteristik Universal	lxiv
BAB 3	AKTIVITAS PENUGASAN MAGANG INDUSTRI	lxvi
3.1	Realisasi Kegiatan Magang Industri	lxvi
3.2	Relevansi Teori dan Praktek.....	lxix
3.3	Permasalahan.....	lxix
BAB 4	REKOMENDASI.....	lxix
BAB 5	TUGAS KHUSUS	lxxii
5.1	Desain Tata Letak dan Bentuk Mobile Flood Pump	lxxii
5.1.1	Spesifikasi Mesin Caterpillar C4.4 Radiator Engine.....	lxxii
5.1.2	Spesifikasi Pompa Torishima CAM 250-250.....	lxxii
5.2	Desain Tata Letak dan Bentuk Trailer Mobile Flood Control Pump.....	Error!
	Bookmark not defined.	
5.3	On Truck Mobile Flood Control Pump	lxxiii
DAFTAR PUSTAKA		lxxv
LAMPIRAN.....		ix

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Gedung Utama PT. Torishima Guna Indonesia	x
Gambar 1. 2 Flow Diagram Proses Produksi Pompa PT. Torishima Guna Indonesia.....	xii
Gambar 1. 3 Proses Pembuatan Pattern	xiii
Gambar 1. 4 Proses Pembuatan Molding dan Core.....	xiv
Gambar 1. 5 Proses Coating dengan Zat Pelarut Air dan Zat Pelarut Metahmol	xiv
Gambar 1. 6 Proses Assembly Molding	xv
Gambar 1. 7 Proses Melting.....	xv
Gambar 1. 8 Uji Lab Menggunakan Spectrometer	xvi
Gambar 1. 9 Proses Pouring Pada Molding	xvi
Gambar 1. 10 Proses Pembongkaran.....	xvii
Gambar 1. 11 Proses Shoot Blasting	xvii
Gambar 1. 12 Proses Finishing dan Quality Control PT. Getekan Founindo	xviii
Gambar 1. 13 Proses Painting PT. Geteka Founindo	xviii
Gambar 1. 14 Proses Turning/Bubut	xx
Gambar 1. 15 Proses Milling	xxi
Gambar 1. 16 Proses Drilling.....	xxi
Gambar 1. 17 Quality Control	xxii
Gambar 1. 18 Assembly Pompa End Suction	xxiv
Gambar 1. 19 Assembly Multi Stage	xxv
Gambar 1. 20 Contoh Pemasangan Sensor Grade 1(kiri) dan Grade 2(kanan)	xxvi
Gambar 1. 21 Tata Letak Pompa dan Sumber Air Menurut JIS B8301	xxvi
Gambar 1. 22 Shop Test PT. Torishima Guna Indonesia	xxvii
Gambar 1. 23 Proses Painting	xxviii
Gambar 1. 24 Pompa CEN.....	xxix
Gambar 1. 25 Pompa CAL	xxix
Gambar 1. 26 Pompa CAR.....	xxix
Gambar 1. 27 Pompa CDM	xxx
Gambar 1. 28 Pompa MMO	xxx
Gambar 1. 29 Pompa MMK/MML	xxxi
Gambar 1. 30 Pompa MHD	xxxi
Gambar 1. 31 Pompa SPV	xxxii
Gambar 1. 32 Lokasi PT.Torishima Guna Indonesia Pada Maps.....	xxxiv

Gambar 2. 1 Prinsip kerja pompa sentrifugal	xxxvii
Gambar 2. 2 Pompa End Suction	xxxviii
Gambar 2. 3 Pompa Multi Stage	xxxviii
Gambar 2. 4 Pompa Double Suction	xxxix
Gambar 2. 5 Konstruksi dan Komponen Pompa	xlii
Gambar 2. 6 Gland Packing Seal	xliv
Gambar 2. 7 Mechanical Seal.....	xlv
Gambar 2. 8 Jenis Jenis Impeller.....	xlvi
Gambar 2. 9 Positive Suction	xlvii
Gambar 2. 10 Negative Suction	xlvii
Gambar 2. 11 Head Efektif Instalasi Pompa.....	xlix
Gambar 2. 12 Instalasi Suction lift	li
Gambar 2. 13 Instalasi <i>Suction Head</i>	lii
Gambar 2. 14 Moody Diagram	lv
Gambar 2. 15 Nilai koefisien (K) berbagai jenis fitting	lvi
Gambar 2. 16 Cara Pemasangan Pipa Isap.....	lx
Gambar 2. 17 Pemasangan Katup Isap	lxi
Gambar 2. 18 Pemasangan Reducer	lxi
Gambar 2. 19 Karakteristik Utama	lxiii
Gambar 2. 20 Karakteristik Kerja	lxiv
Gambar 2. 21 Karakteristik Universal	lxv
.Gambar 4. 1 Sketsa Percobaan Pertama Sebelum di Bypass.....	lxx
Gambar 4. 2 Sketsa Percobaan Kedua Setelah di Bypass.....	lxxi
Gambar 5. 1 General Arrangement Mesin CAT C4.4 Radiator Engine X Pompa Torishima CAM 250-250	lxxiii
Gambar 5. 2 Tampak Atas Trailer Mobile Flood Control Pump	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 3 Tampak Samping Kiri Trailer Mobile Flood Control Pump	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 4 Tampak Samping Kanan Trailer Mobile Flood Control Pump.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 5 Tampak Depan Trailer Mobile Flood Control Pump	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 6 Tampak Belakang Trailer Mobile Flood Control Pump ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 7 General Arrangement On Truck Mobile Flood Control Pump.....	lxxiv

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Standar Waktu Hold.....	xxii
Tabel 1. 2 Grade Pada JIS B 8301	xxv
Tabel 1. 3 Rencana dan Pendjadwalan Kerja	xxxv

Tabel 1. 4 Jadwal Praktik Kerja Lapangan	xxxv
Tabel 3. 1 Log Book	lxvi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Profil Perusahaan

PT. Torishima Guna Indonesia merupakan *joint venture* antara Torishima Pump Mfg., Co., Ltd Japan dan PT. Guna Elektro Indonesia. PT. Torishima Guna Indonesia merupakan perusahaan Penanaman Modal Asing. Sejak didirikan pada tahun 1984, PT. Torishima Guna Indonesia telah menyediakan berbagai macam produk yang dibutuhkan oleh customernya, mulai dari *handling clean water system* hingga *handling high slurry content liquid*, dari pemasangan fasilitas untuk air dingin dan panas pada Gedung bertingkat hingga menyediakan sistem pompa pada daerah terpencil.



Gambar 1. 1 Gedung Utama PT. Torishima Guna Indonesia

Di dunia industri dikenal dengan tuntutan pelayanan yang terbaik, PT. Torishima Guna Indonesia dengan bangga diakui secara luas sebagai

manufaktur pompa yang handal. kemampuan PT. Torishima Guna Indonesia diperkuat dengan budaya perusahaan yang selalu melakukan peningkatan secara terus menerus dan memiliki komitmen menjadi yang terbaik.

PT. Torishima Guna Indonesia telah memiliki sertifikasi ISO 9001 : 2008, ISO 14001 : 2004 dan OHSAS 18001 : 2007 dan menerapkan *Total HES management, Quality Management*, PT. Torishima Guna Indonesia memastikan melindungi dan mempertahankan keamanan dan Kesehatan dan selalu memberikan produk yang terbaik dan pelayanan yang luar biasa. Selain itu dengan kerja Bersama perusahaan PT. Torishima Guna Engineering dan PT. Geteka Founindo, Bekerja Bersama dengan support penuh dari induk perusahaan, PT. Torishima Guna Indonesia mampu menyediakan solusi kebutuhan pompa.

Perusahaan selalu memberikan solusi untuk menghadapi tantangan di dunia industri. Dengan menggunakan fasilitas *manufacturing*. PT. Torishima Guna Indonesia merupakan perusahaan pompa yang mampu memproduksi pompa industri berkelas dunia. Produk yang dihasilkan diantaranya *End Suction, Multi Stage High Pressure, Double Suction* dan *Vertical Mixed Flow Pump*. Dan memiliki kontrol pada semua kualitas produk dari awal proses *casting* hingga selesai menjadi pompa.

PT. Torishima Guna Indonesia memiliki koneksi penjualan dan distribusi yang kuat dengan membangun *dealership* dan *sales channels*, yang mana dapat menyediakan semua kebutuhan pelanggan. PT. Torishima Guna Indonesia tidak hanya mendistribusikan produknya terhadap pasar dalam negeri tetapi juga mendistribusikan hingga pasar asia tenggara. Dan juga perusahaan memiliki kebijakan untuk menyediakan pelayanan garansi internasional untuk seluruh pruduk.

PT. Torishima Guna Indonesia adalah satu satunya perusahaan lokal yang menyediakan berbagai macam jenis pompa lokal dengan kualitas terbaik, standar internasional dan memiliki sertifikat TKDN.

1.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

Visi perusahaan yaitu Untuk diakui sebagai perusahaan pompa berkelas dunia yang memegang teguh komitmen untuk memberikan yang terbaik.

Misi Perusahaan yaitu Menyediakan dan mengembangkan pompa industry yang berkualitas tinggi, untuk memenuhi kebutuhan pelanggan di bidang infrastruktur dan industri untuk pasar domestic dan internasional.

1.1.2 Struktur Organisasi

PT. Torishima Guna Indonesia ini sebenarnya tergabung dalam suatu group Torishima yang terdiri dari tiga perusahaan, yaitu PT. Torishima Guna Engineering, PT. Torishima Guna Indonesia, dan PT. Geteka Founindo. Ketiga perusahaan ini beroperasi di lokasi yang sama yaitu di Kawasan Industri Pulo Gadung dengan peran yang berbeda-beda. PT. Torishima Guna Engineering bergerak dalam bidang *pump services*, PT. Torishima Guna Indonesia bergerak dalam bidang manufaktur pompa, sedangkan PT. Geteka Founindo bergerak dalam bidang pengecoran logam yang sekaligus menyediakan bahan baku bagi sebagian besar kebutuhan dari produksi pompa di PT. Torishima Guna Indonesia ini. PT. Torishima Guna Indonesia sendiri terdiri dari beberapa divisi di dalamnya. Untuk bagian office, divisi ini terbagi menjadi divisi penjualan, management, dan engineering. Sedangkan untuk di bagian produksi di lapangan, divisi terbagi dua menjadi produksi bagian machining, dan produksi bagian assembly.

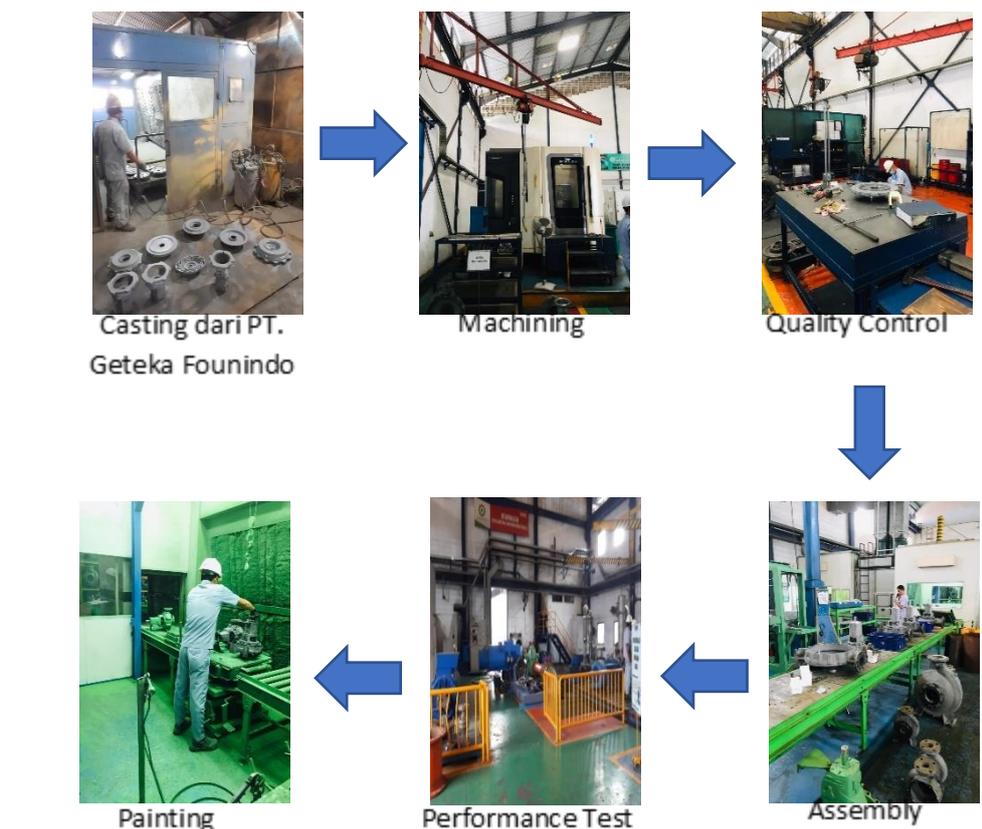
1.1.3 Strategi Bisnis

Melakukan strategi bisnis Market Development yaitu strategi perusahaan untuk memperkenalkan produk pada lingkungan pasar baru yang potensial di pasar regional khususnya untuk produk Pompa agar perusahaan dapat memaksimalkan keunggulan kompetitif dibandingkan pesaing pada perusahaan sejenis yang selama ini melayani pasar tersebut.

1.1.4 Aspek Manajemen

1.1.4.1 Aspek Produksi

Pada produksi pompa di PT. Torishima Guna Indonesia terdapat beberapa tahapan produksi, antara lain:



Gambar 1. 2 Flow Diagram Proses Produksi Pompa PT. Torishima Guna Indonesia

1. Proses Casting

Proses paling awal dari pembuatan pompa adalah pembuatan casting. Casting pompa Torishima dibuat di PT. Geteka Founindo yang masih satu grup dengan PT. Torishima Guna Indonesia. Pembuatan casting pompa sendiri memiliki beberapa tahapan proses sebagai berikut yaitu

A. Proses Pattern

Proses pattern adalah proses pembuatan pola yang akan digunakan pada proses molding dan proses core. Pola ini dibuat dengan bahan baku kayu atau streofoam, bahan baku tersebut dibentuk sesuai dengan bentuk yang akan digunakan untuk membentuk molding dan core. Untuk membuat pattern maka harus sesuai dengan gambar yang ada sehingga dimensinya sesuai.



Gambar 1. 3 Proses Pembuatan Pattern

B. Proses Molding

Proses Molding adalah proses pembuatan cetakan menggunakan pasir khusus yang dicampur dengan resin furan dan katalis. Pada proses ini terdapat dua jenis pasir yang berbeda yaitu pasir kasar yang biasanya digunakan untuk membuat molding volute casing, bearing hosung, dll. kemudian untuk pasir halus yang biasanya digunakan untuk membuat molding impeller



Gambar 1. 4 Proses Pembuatan Molding dan Core

C. Proses Coating

Proses Coating adalah proses pemberian lapisan pada molding yang berfungsi untuk menahan pengikisan akibat logam cair sehingga permukaan produk casting lebih halus. Terdapat dua jenis zat pelarut coating yaitu methanol dan air, untuk zat pelarut methanol dikeringkan dengan cara dibakar sedangkan untuk yang zat pelarut air dikeringkan dengan cara di oven biasanya digunakan pada molding impeller.



Gambar 1. 5 Proses Coating dengan Zat Pelarut Air dan Zat Pelarut Metahnol

D. Proses Assembly

Proses Assembly adalah proses menggabungkan antara molding bagian bawah, core, dan molding bagian atas. Proses ini dilakukan setelah proses coating, pada proses assembly dibutuhkan lem untuk mencegah kebocoran logam cair pada molding.



Gambar 1. 6 Proses Assembly Molding

E. Proses Melting

Proses Melting adalah proses peleburan material dengan cara memanaskannya pada furnace hingga mencapai titik lebur material tersebut. Pada proses ini ada dua jenis cast iron yang diproduksi yaitu FC dan FCD. Adapun raw material yang dilebur return scrap, stell scarp, carburaizer, Fe Si, Fe Mn



Gambar 1. 7 Proses Melting

F. Proses Uji Lab

Porses Uji Lab adalah proses pengujian pada beberapa sampel seperti komposisi pasir dan komposisi produk yang dimelting. Namun pada proses uji lab hal yang paling sering dilakukan adalah uji komposisi kimia cast iron yang dimelting yaitu menggunakan spectrometer untuk mengetahui kadar komposisi kima apakah ada unsur yang perlu ditambahkan pada saat proses melting.



Gambar 1. 8 Uji Lab Menggunakan Spectrometer

G. Proses Pouring

Proses Pouring adalah proses penuangan logam cair yang sudah menapai suhu $\pm 1400^{\circ}\text{C}$ ke molding yang telah disiapkan sebelumnya.



Gambar 1. 9 Proses Pouring Pada Molding

H. Proses Pembongkaran

Proses Pembongkaran adalah proses yang dilakukan untuk membongkar molding atau pasir jika logam cair sudah membeku membentuk casting. Pembongkaran dilakukan pada mesin Sand Crusher.



Gambar 1. 10 Proses Pembongkaran

I. Proses Shoot Blasting

Proses Shoot Blasting adalah proses pembersihan casting terhadap sisa-sisa pasir yang ada, yaitu dengan cara memasukan casting kepada mesin shoot blasting maka casting akan ditembakkan dengan biji-biji besi sehingga pasir yang menempel akan lepas dengan sendirinya.



Gambar 1. 11 Proses Shoot Blasting

J. Proses Finishing dan Quality Control

Pada Proses ini yang dilakukan adalah memotong logam yang tidak dibutuhkan pada casting menggunakan gerinda. Dan pada proses quality control dilakukan pengecekan pada visual casting apa ada kerusakan atau tidak dan melakukan pengecekan terhadap dimensi casting.



Gambar 1. 12 Proses Finishing dan Quality Control PT.
Getekan Founindo

K. Proses Painting

Proses Painting adalah proses pengecatan pada casting sebelum dikirim menuju PT. Torsihima Guna Indonesia. Proses ini dilakukan agar menghindari terjadinya karat pada casting sehingga tidak menurunkan kualitas produk.



Gambar 1. 13 Proses Painting PT. Geteka Founindo

2. Proses Machining

Proses yang pertama dilakukan pada sistem produksi di PT. Torishima Guna Indonesia merupakan proses machining karena pencetakan bahan baku sudah dilakukan oleh PT. Geteka Founindo dari bahan baku setengah jadi. Pada proses machining terdapat beberapa proses yaitu

A. Proses Turning

Proses turning atau yang biasa dikenal di Indonesia dengan nama proses bubut ini, adalah proses pembentukan produk yang akan dihasilkan dengan metode pengikisan bagian tertentu sesuai dengan rancangan dan standar yang berlaku pada produk. Untuk melakukan pengikisan pada suatu produk dengan material tertentu, digunakan pula *insert* (mata pahat) dengan spesifikasi sesuai dengan material tersebut. Penyesuaian ini dilakukan agar mata pahat tidak mengalami deformasi saat proses bubut dilakukan.

Pada proses produksi pompa di PT. Torishima Guna Indonesia, proses turning ini merupakan proses yang pertama dilakukan pada system produksi. Bahan baku setengah jadi seperti *casing* dan *impeller* dari berbagai vendor disesuaikan kembali bentuk dan ukurannya pada proses turning ini menyesuaikan dengan rancangan produk yang dimaksud. Untuk proses turning ini, digunakan mesin bubut manual dengan operator yang telah terlatih. Mata pahatnya sendiri dapat disesuaikan sesuai dengan material benda kerja yang digunakan walaupun benda kerja yang paling umum digunakan adalah material besi tuang.



Gambar 1. 14 Proses Turning/Bubut

B. Proses Milling

Pada proses turning, tidak semua kontur permukaan pompa dapat disesuaikan. Karena memang proses turning memiliki mata pahat yang statis dan yang bergerak adalah benda kerjanya. Maka dari itu proses dilanjutkan menuju proses milling, dimana pada proses milling ini benda kerja yang statis sedangkan mata pahatnya yang berputar. Hal ini memungkinkan untuk penyesuaian bentuk pompa yang diproduksi dengan lebih detail. Untuk mesin milling yang digunakan adalah mesin milling CNC yang dapat melakukan beberapa langkah pembentukkan pada tiap prosesnya sehingga proses produksi dapat dilakukan lebih cepat dan lebih mudah.



Gambar 1. 15 Proses Milling

C. Proses Drilling

Setelah melalui proses milling, proses produksi kemudian berlanjut ke proses drilling. Proses drilling adalah proses pembuatan lubang pada bagian tertentu pada produk sesuai dengan rancangan dan standar spesifikasi yang dimaksud. Lubang-lubang ini yang menjadi titik penyambungan yang semuanya menggunakan baut dan mur. Mesin yang digunakan pada proses drilling ini adalah mesin bor manual dengan ukuran mata bor sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.



Gambar 1. 16 Proses Drilling

D. Quality Control

Proses terakhir setelah semua proses machining selesai dilakukan adalah proses quality control. Pada tahap ini setiap bagian hasil proses machining diukur ketepatan dimensinya di beberapa titik menggunakan pengukuran manual. Selain itu, tiap bagian pompa pun dilakukan uji hidrostatis dengan tujuan untuk mencari kebocoran pada setiap permukaan materialnya. Uji hidrostatis ini menggunakan standar JIS B8313 dengan proses uji yang berbeda pada setiap bagian pompa seperti yang terdapat pada table berikut:

Tabel 1. 1 Data Standar Holding Time

Pump Type	Part Name	P(kgf/cm ²)	Hold Time (m)
CEN/CER/CPC -CPEN	Volute Casing, Casing Cover	15	5
CA	Volute Casing, Casing Cover	15	10
MMO	Suction Casing, Discharge Casing, Stage Casing	60	5
MMK/MML	Suction Casing, Discharge Casing, Stage Casing	15	5



Gambar 1. 17 Quality Control

E. Proses Assembly

Pada proses *assembly* ada tiga jenis pompa yang diassemble yaitu pompa *end suction*, *double suction* pompa *multi-stage*. Untuk proses assembly pada pompa *end suction* akan dijabarkan dalam tahapan berikut ini:

1. Pemasangan Bearing Cover pada Bearing Housing

Part pertama yang dipasang adalah bearing cover yang berguna untuk menahan beban shaft pada saat shaft dipasang pada bearing housing

2. Pemasangan Bearing Pada Shaft

Pemasangan bearing pada shaft ini dilakukan dengan bantuan proses pemanasan. Bearing yang akan dipasang dipanaskan terlebih dahulu hingga memuai agar lebih mudah saat dipasangkan kepada shaft.

3. Pemasangan Shaft

Shaft yang telah dipasangkan bearing kemudian dipasang kepada bearing housing dengan bantuan alat press hidrolik.

4. Pemasangan Impeller

Kemudian impeller dipasangkan kepada shaft setelah dipasang part pendukung seperti washer dan sealnya.

5. Pemasangan Volute Casing

Part terakhir yang dipasang adalah volute casing dan proses assembly selesai.



Gambar 1. 18 Assembly Pompa End Suction

Untuk pompa tipe *multi-stage* tahapan yang dilakukan secara teknikal sama saja. Hanya karena impeller yang digunakan jumlahnya lebih dari satu, maka untuk point pemasangan impeller dan volute casing dilakukan berulang sesuai dengan jumlah impeller yang digunakan. Selain itu terdapat perbedaan mengenai lini produksi dari pompa end suction dan multi-stage. Yaitu pada end suction, assembly dilakukan pada lima pos produksi yang telah dijabarkan sebelumnya. Sedangkan pada

multi-stage, assembly dilakukan pada satu pos khusus dengan satu operator ahli.



Gambar 1. 19 Assembly Multi Stage

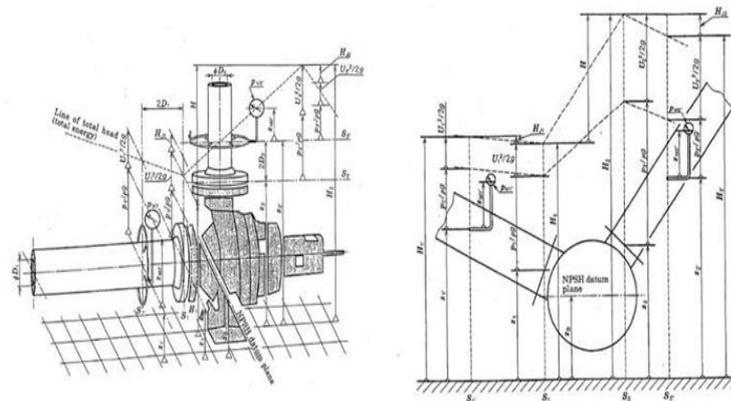
F. Proses Performance Test

Produk pompa yang sudah selesai diproduksi kemudian harus melewati Performance Test untuk menguji apakah pompa tersebut dapat beroperasi sesuai dengan kapasitas yang diinginkan. Menurut JIS B8301 terdapat 2 grade dalam pengetesan performance pompa. Yang membedakan grade satu dan dua antara lain, nilai flow, head, dan efficiency yang dicapai harus memenuhi nilai tersebut. Data nilai bisa di lihat pada tabel di bawah ini

Tabel 1. 2 Grade Performance Pada JIS B 8301 *Sumber : Japanese Industrial Standard B 8301*

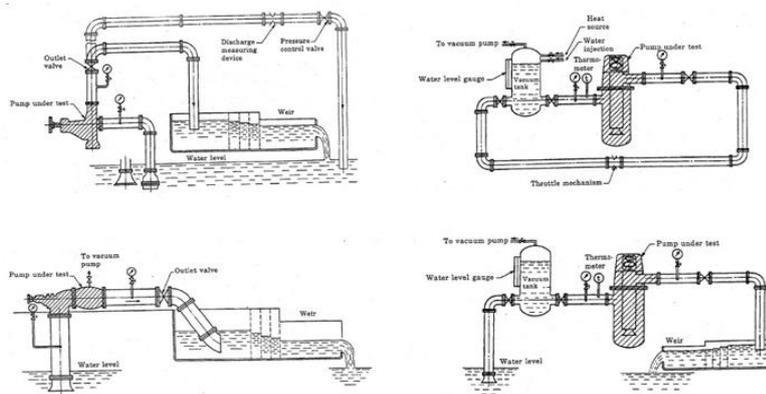
	Flow	Head	Efficiency
Grade 1	$\pm 4.5\%$ Q at rated head	$\pm 3\%$ H at rated flow	$\geq 3\%$ η at specified point
Grade 2a (tolerance specially specified)	$\pm 8\%$ Q at rated head	$\pm 5\%$ H at rated flow	$\geq 5\%$ η at specified point
Grade 2b (for general pumps)	The flow at the rated head shall be equal to or more than the rated flow		

Standar persentase nilai flow, head, dan efficiency antara grade satu dan dua berbeda karena jumlah sensor yang digunakan untuk mengukur jumlahnya juga berbeda. Pada grade satu terdapat empat sensor pada satu tempat pengukuran sedangkan pada grade dua hanya terdapat satu sensor.



Gambar 1. 20 Contoh Pemasangan Sensor Grade 1(kiri) dan Grade 2(kanan) Sumber : Japanese Industrial Standard B 8301

Selain banyak sensor, JIS B8301 juga menjelaskan tata letak pompa dan sumber air atau fluida yang akan dipompa serta jenis sumber baik itu jenisnya sumber yang berbentuk kolam atau sumber fluida yang ditempatkan pada tangki tertutup.



Gambar 1. 21 Tata Letak Pompa dan Sumber Air

Menurut JIS B8301 Sumber : Japanese Industrial Standard B 8301

Dari standar JIS B8301 yang digunakan, maka PT. Torishima Guna Indonesia mendesain enam line untuk pengetesan pompa.

Dari keenam line pengetesan pompa yang didesain dan dibuat oleh PT. Torishima Guna Indonesia, line yang masih berfungsi hingga saat ini yaitu line A, C, D, E, F

Pompa yang akan ditest diperhatikan kapasitas dan diameter suction & discharge-nya untuk kemudian penggunaan line test dapat menyesuaikan spesifikasi pompa tersebut. Setelah itu pompa dikoneksikan ke pipa bagian suction dan discharge-nya dengan tanki pengetesan dengan pipa konektor yang sesuai. Terakhir, pompa disambungkan dengan motor dengan kapasitas daya yang sesuai dengan kebutuhan pompa dan pengetesan performa pun siap untuk dilaksanakan. Dari pengetesan ini diperoleh hasil performa yang menjadi tolak ukur apakah pompa tersebut sudah dapat beroperasi dengan optimal sesuai kebutuhan atau belum. Dari proses pengetesan ini nilai-nilai yang diukur antara lain, rpm shaft, tekanan suction dan discharge-nya, temperatur air, serta flow fluida pada pipa.



Gambar 1. 22 Shop Test PT. Torishima Guna Indonesia

G. Proses Painting

Setelah pompa dinyatakan lulus uji coba performa, pompa kemudian masuk ke dalam proses pengecatan. Pompa dicat dengan warna sesuai standar spesifikasi perusahaan. Pada PT. Torishima Guna Indonesia, pengecatan dilakukan pada dua line, jadi setelah pompa dicat pada line yang sama selanjutnya pompa dikeringkan. Untuk pompa dengan ukuran besar pengecatan dilakukan secara manual dan dikeringkan pada ruangan khusus.



Gambar 1. 23 Proses Painting

3. Produk Pompa PT. Torishima Guna Indonesia

Torishima Pump sendiri memiliki lini produksi pompa dengan tipe pompa yang sangat beragam. Pompa-pompa tersebut memiliki berbagai variasi jenis dan ukuran sesuai dengan kebutuhan penggunanya. Namun untuk di Indonesia ini sendiri, pompa yang diproduksi oleh PT. Torishima Guna Indonesia adalah pompa dengan ukuran yang relative kecil hingga menengah dan secara umum dibagi menjadi 3 jenis. Berikut adalah produk pompa hasil produksinya :

A. Pompa End suction :

1. CEN



Gambar 1. 24 Pompa CEN

Pompa centrifugal umum, dengan spesifikasi maksimal

- a. Head : 98 Meter
- b. Kapasitas : 550 m³/h

2. CAL



Gambar 1. 25 Pompa CAL

Produk Eco Pump dengan efisiensi tinggi, dengan spesifikasi maksimal

- a. Head : 100 Meter
- b. Kapasitas : 600m³/h

3. CAR



Gambar 1. 26 Pompa CAR

Produk pompa dengan bahan full stainless untuk fluida korosif (air laut, cairan kimia), dengan spesifikasi maksimal

-
- a. Head : 100 Meter
 - b. Kapasitas : 600m³/h

4. Pompa CDM



Gambar 1. 27 Pompa CDM

Pompa double-suction untuk kebutuhan kapasitas yang besar misal pada sistem distribusi air, dengan spesifikasi performa maksimal :

- a. Head : 160 Meter
- b. Kapasitas : 6000 m³/h

B. Pompa Multi Stage

1. MMO

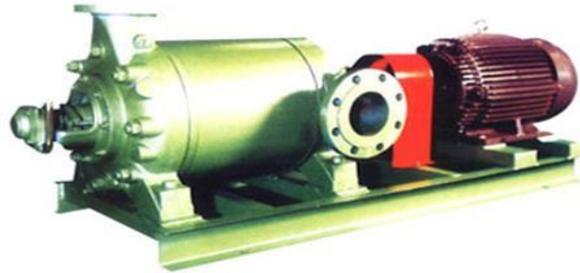


Gambar 1. 28 Pompa MMO

Memiliki performa maksimal :

- a. Head : 400 Meter
- b. Kapasitas : 112 m³/h

2. MMK / MML



Gambar 1. 29 Pompa MMK/MML

Memiliki performa maksimal :

- a. Head : 420 Meter
- b. Kapasitas: 240 m³/h

3. MHD



Gambar 1. 30 Pompa MHD

Memiliki performa maksimal :

- a. Suction Pressure : 30 bar
- b. Discharge Pressure : 100 bar
- c. Kapasitas: 150 m³/h

C. Pompa Vertikal

1. SPV



Gambar 1. 31 Pompa SPV

Pompa vertical yang memiliki konfigurasi *single stage* dengan spesifikasi performa maksimal :

- a. Head : 420 Meter
- b. Kapasitas: 240 m³/h

1.1.4.2 Aspek Keuangan

Sumber Keuangan PT. Torishima Guna Indonesia berasal dari Penanaman Modal Asing (PMA) yaitu dari Torishima Pump Mfg. Co., Ltd. dan Modal dari PT. Guna Elektro Indonesia total sebesar USD 5.000.000 (Lima Juta Dollar Amerika) dengan pembagian saham 70% Torishima Pump Mfg.Co.,Ltd dan 30% PT. Guna Elektro Indonesia. Pada setiap tahun PT. Torishima Guna Indonesia melakukan audit keuangan bekerjasama dengan Kantor Akuntan Publik sebagai Eksternal Audit sehingga seluruh keuangan dilaporkan secara transparan.

1.1.4.3 Aspek Pemasaran

PT. Torishima Guna Indonesia memiliki strategi pemasaran yaitu dengan memiliki Divisi Marketing yang bertugas memasarkan produk-produknya melalui *offline* dan *social media*. PT. Torishima Guna Indonesia juga dilengkapi dengan Sales Engineering yang bertugas jika ada pelanggan yang perlu konsultasi terkait kebutuhan Pompa yang akan dibeli. Untuk penetapan harga jual, saluran

distribusi, dan strategi promosi dilakukan oleh bagian *Bussines Development*.

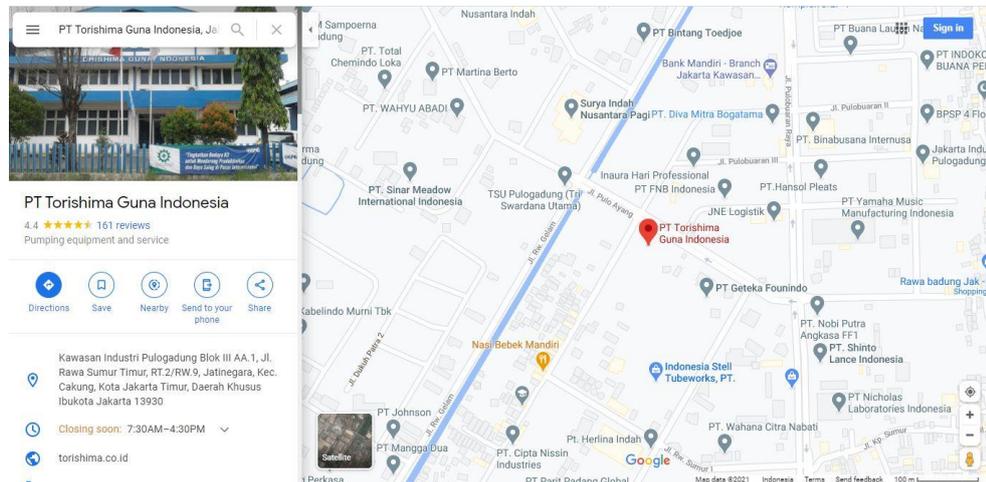
1.1.4.4 Aspek SDM

Proses rekrutmen karyawan sendiri akan dibuka jika terdapat kekosongan posisi pada department yang membutuhkan, kemudian akan dilakukan seleksi terhadap karyawan yang telah mendaftar yaitu terdapat beberapa Ujian yang dilakukan Psikologi, Keahlian, Interview, dan Kesehatan. Pada setiap karyawan baru akan dilakukan kontrak kerja selama 18 bulan kemudian dilihat bagaimana performa kerjanya jika memuaskan maka akan diangkat sebagai karyawan tetap PT. Torishima Guna Indonesia. PT. Torishima Guna Indonesia memiliki standar jenjang Pendidikan dan gaji pada setiap karyawan yaitu untuk operator dengan minimal jenjang Pendidikan SMK/STM dengan gaji minimal sebesar Rp. 5.500.000 (Lima Juta Lima Ratus Ribu Rupiah) diluar tunjangan kemudian untuk bagian Kantor seperti Engineering, Accounting, Sales dan lain-lain minimal jenjang Pendidikan Sarjana dengan gaji minimal sebesar Rp. 8.500.000 (Delapan Juta Lima Ratus Ribu Rupiah) diluar tunjangan. Untuk operator sendiri mendapatkan pelatihan sesuai dengan bidangnya dan beberapa orng yang terpilih akan di kirim untuk traning ke perusahaan induk di Jepang yaitu Torishima Pump Mfg. Co., Ltd. selama kurang lebih 9 bulan, sedangkan untuk bagian engineering harus memiliki sertifikat keahlian di bidangnya.

1.2 Lingkup Unit

1.2.1 Lokasi Unit Kerja Praktek (Magang Industri)

Lokasi Kegiatan Magang Industri yaitu di PT. Torishima Guna Indonesia yang terletak pada JL Rawa Sumur Timur No.1 Jakarta Industrial Estate Pulogadung, Jakarta Timur, DKI Jakarta, 139230



Gambar 1. 32 Lokasi PT.Torishima Guna Indonesia Pada Maps

Lokasi Unit Kerja Magang Industri pada PT. Torishima Guna Indonesia pada Engineering Department

1.2.2 Lingkup Penugasan

Objek penugasan pada magang industri yaitu pada Engineering Department, bagian tersebut dibagi menjadi dua yaitu Project Engineering dan Produksi Engineering untuk Project Engineering sendiri memiliki tugas merencanakan dan mengatasi masalah proyek-proyek yang ada diluar perusahaan sedangkan untuk Produksi Engineering bertugas untuk mengontrol dan mengatasi masalah produksi yang sedang berlangsung di perusahaan. Untuk kami sendiri diletakan pada bagian Project Engineering dengan pekerjaan yang diberikan yaitu Desain Mobile Flood Control Pump.

1.2.3 Rencana Penjadwalan

Tanggal Pelaksanaan Magang pada PT. Torishima Guna Indonesia berlangsung pada tanggal 5 Oktober 2020 – 5 Desember 2020. Dengan jam kerja sebagai berikut

Tabel 1. 3 Rencana dan Pendjadwalan Kerja

Hari Kerja	Jam Kerja
Senin - Kamis	07.30 – 15.30
Jumat	07.30 – 15.00

Tabel 1. 4 Jadwal Praktik Kerja Lapangan

PT TORISHIMA GUNA INDONESIA		JADWAL PRAKTEK KERJA LAPANGAN												CATATAN	
Nama Siswa : IM Rayhan Hidayat I. Nama Sekolah : ITS Surabaya Jurusan/Program Studi : Teknik Konversi Energi		Tahun : 2020 Waktu Pelaksanaan : 5 Okt 2020 - 5 Des 2020 Total : 3 minggu													
No	DESCRIPSI	PIC	OKTOBER				NOVEMBER				DESEMBER				
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
1	Penelitian dasar produk pompa - Studi Perawatan & Proses Blaris - Penelitian product spesifikasi pompa Torishima	M MT													Tujuan : Mendapatkan informasi mengenai PT TGI Mendapatkan informasi mengenai jenis-jenis aplikasi pompa Torishima
2	Proses Casting (foundry) - Penjelasan umum proses casting - Proses Casting	DT /Obs													Tujuan : Mengetahui proses pembuatan casting dari part pompa
3	Proses Machining (part pompa) - CNC Lathe machine - CNC Milling machine	HE HF													Tujuan : Mengetahui proses machining part pompa
4	Pengelasan Part (GDI) - Penjelasan umum proses GDI - Aki, Lupa + Pengelasan E-mers WPT proses	SE SE SE													Tujuan : Mengetahui tahapan proses pengelasan ke-3 pada part pompa
5	Proses Assembly - Penjelasan umum proses Assembly - Test Modulasi Pumps Modulasi Pumps	DH DH DH													Tujuan : Mengetahui proses perakitan pompa
6	Proses Testing Pompa - Penjelasan umum proses Testin - Testin Pumps Test Station - Testin Pumps Modulasi	DH DH DH													Tujuan : Mengetahui gambaran proses percobaan pompa
7	Pembuatan Laporan - Pembuatan Text laporan - Pembuatan Gambar - Pengambilan Data - Pembuatan Laporan	US/MT GS/MT GS/MT GS/MT													Tujuan : Menambatkan serta dan penulisan laporan
8	Presentasi Laporan	A/ PIC													Tujuan : Presentasi Laporan Magang Praktis dan final internship laporan TGI

Jakarta, 5 Oktober 2020

Disetujui Oleh :
 Dani Nur Hafidhan

Disetujui Oleh :
 Gusni Sulistyanti

BAB 2

KAJIAN TEORITIS

2.1 Pengertian Pompa

Pompa adalah suatu mesin yang menambahkan energi ke cairan dengan tujuan untuk menaikkan tekanannya atau memindahkan cairan tersebut melalui

pipa. (Sularso,2004)

Jenis pompa yang paling banyak digunakan di bidang industri adalah jenis pompa sentrifugal. Dan PT. Torishima Guna Indonesia juga hanya memproduksi jenis pompa sentrifugal. Diantaranya pompa produksi PT.Torishima Guna Indonesia ini digunakan pada:

1. *Energy Industry*
2. *Chemical Industry*
3. *Water Work Environments*
4. *Construction and Utility Industry*
5. *General Industry*

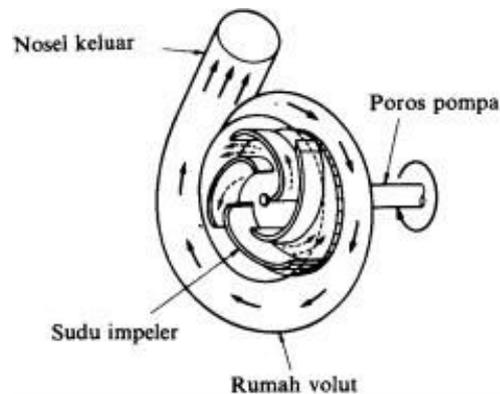
Performa sebuah pompa bisa dinyatakan berdasarkan jumlah fluida yang dapat dialirkan per energi angkat (Head) dan Kapasitas. Berikut adalah spesifikasi pompa berdasarkan rumus-rumus yang digunakan :

1. **Kapasitas (Q)** merupakan laju aliran volume dalam satuan waktu. Dalam pengujian pompa, kapasitas fluida diukur menggunakan ventumeter, adapun satuan dari kapasitas (Q) adalah m^3/s , liter/s, m^3/h , gpm dan ft^3/s .
2. **Putaran (n)** yang diukur dalam pompa merupakan putaran poros (impeller) pompa yang dinyatakan dalam satuan rpm (Revolusi per Menit) yang diukur menggunakan alat bernama *tachometer*.
3. **Torsi (T)** merupakan ukuran kekuatan atau gaya dikali lengan yang menyebabkan objek berputar sekitar sumbu. Untuk menghitung Torsi alat yang digunakan adalah *dynamometer* dan hasilnya dikalikan dengan lengan pengukur momentum (L). Adapun satuan dari Torsi (T) adalah Nm.
4. **Daya (P)** pada pompa dibagi menjadi tiga yaitu daya fluida/daya pompa, daya prosa, dan daya nominal penggerak. Adapun satuan dari daya (P) adalah KW.

2.2 Prinsip Kerja Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa non positive displacement. Prinsip kerjanya adalah mengubah energi mekanik dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetik akibat adanya gaya sentrifugal yang ditimbulkan oleh impeller yang berputar. Energi kecepatan fluida kemudian diubah menjadi energi potensial atau tekanan didalam *volute* atau melali *diffuser* dengan cara memperlambat laju kecepatan cairan. Tekanan ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan disepanjang aliran.

Pompa sentrifugal dilengkapi dengan sudu-sudu dipasang pada poros dan ditutup dengan casing. Bila poros berputar cairan masuk ke dalam impeller oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar, maka zat cair akan terlempar keluar yang dari impeller karena gaya sentrifugal. Zat cair yang keluar impeller ditampung oleh saluran yang berbentuk rumah keong disekeliling impeller dan disalurkan lagi melalui *nozzle*.



Gambar 2. 1 Prinsip kerja pompa sentrifugal

2.2.1 Jenis Jenis Pompa Sentrifugal

Pompa Centrifugal pada umumnya dibagi lagi menjadi beberapa tipe berdasarkan posisi pompa dan juga jumlah impeller pada pompa. Jenis – jenis pompa tersebut antara lain :

1. End Suction



Gambar 2. 2 Pompa End Suction

Pompa end suction adalah tipe pompa sentrifugal yang paling umum digunakan. Pompa jenis ini umumnya memiliki satu impeller dan casing tipe *volute*. Pompa ini bekerja sehingga cairan bergerak pada permukaan impeler, sehingga meningkatkan kecepatan aliran fluida atau cairan . lalu dari fluida yang dari fluida yang bergerak ke *volute casing*, kecepatan tinggi aliran fluida diubah menjadi tekanan yang lebih tinggi dengan proses difusi.

2. Multi Stage



Gambar 2. 3 Pompa Multi Stage

Pompa multi stage ini adalah pompa yang dapat menghasilkan nilai head paling tinggi jika dibanding dengan pompa single stage, pada posisi penggunaan horizontal normal. Pompa multi stage ini memiliki impeler lebih dari dua yang dipasang secara seri. Fluida yang mengalir pada pompa ini, bergerak dari satu stage ke stage lainnya dengan *volute* atau *difuser* yang terhubung langsung ke

setiap impeler. Sehingga head dapat meningkat seiring berjalannya pompa.

Biasanya pompa jenis multistage ini digunakan untuk mencapai head yang tinggi dengan efisiensi yang tinggi juga. Selain itu pompa jenis ini jika dibanding dengan pompa jenis *positive displacement* untuk perawatannya lebih murah. Pompa multi *stage* ini paling banyak digunakan *untuk boiler feed, high pressure process application, spraying system, pressure booster for high rise building*, dan masih banyak lagi.

3. Double Suction



Gambar 2. 4 Pompa Double Suction

Pompa *double suction* ini memiliki dua sisi inlet, serta inlet dan outletnya sejajar. Pompa jenis ini dari cara kerjanya, nilai NPSH-nya lebih rendah jika dibanding dengan pompa *single suction*. Pompa ini juga dapat digunakan pada aliran tinggi, kebanyakan pompa ini digunakan pada *plant raw water supply, cooling water supply, cooling tower pump, fire water pump*, dan masih banyak lagi. Dan pada umumnya pompa jenis ini dapat mengalirkan fluida hingga 70.000 gallon per menit, dengan head hingga 2000 ft. Umumnya pada produksi pompa jenis *double suction* ini material yang digunakan adalah iron, bronze, dan semua 316 stainless steel. Pada konstruksi pompa jenis ini, umumnya memiliki dua lengan shaft yang berfungsi untuk

meletakkan impeller pada titik yang tepat pada shaft, agar shaft terlindung dari fluida yang mengalir pada pompa sehingga shaft terhindar dari korosi dan abrasi.

2.3 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

A. Berdasarkan Kapasitas

1. Kapasitas rendah : $< 20 \text{ m}^3/\text{jam}$
2. Kapasitas menengah : $> 20-60 \text{ m}^3/\text{jam}$
3. Kapasitas tinggi : $> 60 \text{ m}^3/\text{jam}$

B. Berdasarkan Tekanan Discharge

1. Tekanan rendah : $< 5 \text{ kgf/cm}^2$
2. Tekanan menengah : $> 5-50 \text{ kgf/cm}^2$
3. Tekanan tinggi : $> 50 \text{ kgf/cm}^2$

C. Berdasarkan Jumlah Tingkat

1. Single Stage : Terdiri dari satu impeller dalam satu casing
2. Multi Stage : Terdiri dari beberapa impeller tersusun berlawanan arah dalam satu casing
3. Multi Impeller : Terdiri dari beberapa impeller tersusun berlawanan arah dalam satu casing
4. Multi Impeller & Stage : Kombinasi antara keduanya

D. Berdasarkan Cara Pemasukan Fluida

1. Single Suction : Cairan masuk pompa lewat satu impeller
2. Double Suction : Cairan masuk pompa melalui dua sisi impeller

E. Berdasarkan Rancang Bangun Casing

1. Single Casing : Terdiri dari satu casing dapat vertical split maupun horizontal split
2. Multi Casing : Terdiri dari beberapa casing yang tersusun secara vertical split

F. Berdasarkan Posisi Poros

1. Vertical Shaft : Poros pompa tegak lurus

2. Horizontal : Poros pompa mendatar

G. Berdasarkan Suction Lift

1. Self Priming Pump : Pompa dilengkapi dengan *vacuum device*

2. Non Priming Pump : Pompa perlu dipancing saat start

H. Berdasarkan Kecepatan Spesifiknya

1. Pompa Putaran Rendah : $n_{sl} = 40:80$

2. Pompa Putaran Menengah : $n_{sl} = 80:150$

3. Pompa Putaran Tinggi : $n_{sl} = 150:300$

4. Pompa Mixed Flow : $n_{sl} = 300:600$

Untuk menentukan kecepatan spesifiknya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$N_{sl} = \frac{N}{Hl^{0.75}} Q_s^{0.5}$$

Dimana :

N_{sl} = Putaran spesifik (rpm)

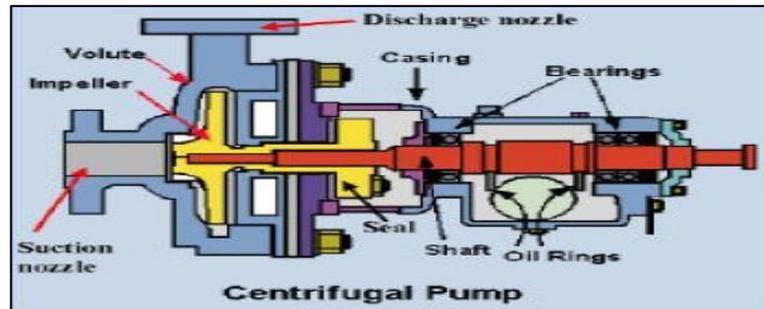
N = Putaran impeller (rpm)

Q_s = Kapasitas pompa (m³/s)

H = Head yang dihasilkan pompa (m)

2.4 Kontruksi dan Komponen Pompa

Melihat fungsi dari pompa yang cukup kompleks, pompa terdiri dari beberapa komponen. Dan pada konstruksi pompa terdapat berbagai komponen seperti pada gambar di bawah ini



Gambar 2. 5 Konstruksi dan Komponen Pompa

Sumber <https://artikel-teknologi.com/bagian-bagian-pompa-sentrifugal/>

Seperti kita lihat pada gambar di atas, terdapat beberapa komponen antara lain. Shaft, yang berfungsi mentransfer putaran dari motor ke impeller sehingga pompa dapat berfungsi sesuai fungsinya. Pada kedua sisi shaft terdapat bearing, yang berfungsi memperhalus dan menahan beban putaran dari shaft. Selain itu juga terdapat seal, yang berfungsi sebagai penyekat agar tidak terjadi kebocoran antara bagian *casing* pompa dan rotornya. Seal ini ada berbagai jenis, dan akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya. Lalu pada bagian *casing* pompa terdapat impeller yang berfungsi untuk memberikan gaya atau tekanan kepada fluida. Impeller juga terdapat berbagai macam, yang akan dijelaskan pada sub-bab selanjutnya. *Suction nozzle* adalah bagian tempat masuknya fluida. Dan *discharge nozzle* adalah bagian tempat keluarnya fluida.

2.4.1 Bagian Pompa Sentrifugal yang Tidak Bergerak

A. Base plate dan frame

Base Plate dan *frame* berfungsi untuk mendukung seluruh bagian pompa, dari tempat kedudukan pompa terhadap pondasi. Pompa yang dihubungkan langsung dengan unit penggerak diletakkan diatas satu unit *bad plate*, di mana unit *bad plate* dan *plate frame* harus kuat menahan beban (pompa dan penggerak pompa).

B. Casing

Merupakan bagian terluar dari sebuah pompa yang memiliki fungsi seperti berikut:

1. Pelindung elemen-elemen yang berputar.
2. Tempat kedudukan *guide valve* atau *diffuser* masuk dan keluar *nozzle*.
3. Tempat kedudukan yang memberikan arah aliran dari impeller dan megkonversikan energi kecepatan menjadi energi dinamis.

C. Diffuser Guide Valve

Bagian ini biasanya menjadi satu kesatuan dengan *casing* atau dipasang pada *casing* dengan cara dibaut, yang memiliki fungsi :

1. Mengarahkan aliran zat cair menuju ruang *volute* (untuk *single stage*) atau menuju *stage* berikutnya (*multi stage*).
2. Merubah energi kinetis cairan menjadi energi dinamis.

D. Stuffing Box

Fungsi *Stuffing Box* adalah untuk mencegah terjadinya kebocoran pada daerah poros pompa yang menembus *casing*. Jika pompa bekerja pada *suction lift* dan tekanan pada ujung interior *stuffing box* lebih rendah dari tekanan atmosfer, maka *stuffing box* berfungsi mencegah kebocoran udara masuk kedalam pompa (kavitasi). Dan bila tekanan lebih besar atau diatas tekanan atmosfer, maka berfungsi untuk mencegah kebocoran cairan keluar dari pompa.

E. Wearing Ring

Ring yang dipasang pada casing (tidak berputar) sebagai wearing ring casing. Fungsinya adalah untuk memperkecil kebocoran yang melewati bagian sisi impeller yang berdekatan dengan casing dengan cara memperkecil celahnya. Wearing ring bila rusak dapat diganti dengan yang baru atau dapat diperbaiki sehingga lebih ekonomis.

F. Seal

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya fungsi seal ini sangat penting dalam menjaga tekanan dari pompa, dan terhindar dari kebocoran. Seal sendiri terdapat beberapa jenis antara lain.

1. Gland Packing Seal

Gland packing seal ini termasuk salah satu sistem sealing yang paling lama dan paling biasa digunakan pada pompa sentrifugal. Pada umumnya *gland packing seal* ini terpisah dari shaftnya, namun ditempatkan pada *stuffing box* terpisah. Sehingga pada saat penggantian seal, tidak perlu melepas shaft. Karena kemudahan dalam pengantiannya, Packing Gland Seal ini masih menjadi andalan untuk digunakan pada pompa yang penggunaannya di daerah yang relative terpencil seperti di perkebunan atau pertanian.



Gambar 2. 6 Gland Packing Seal

Sumber <https://www.justdial.com/Mumbai/Gland-Packing-Seal>

2. Mechanical Seal

Untuk *Mechanical Seal* ini, termasuk model yang lebih baru di banding dengan *Gland Packing Seal*. Ada beberapa kelebihan dari Mechanical Seal ini, antara lain. Mengurangi mechanical losses akibat gesekan akibat putaran shaft, sehingga meningkatkan efisiensi dari kerja pompa. Mengurangi beban pemakaian pada *sleeve* pompa. Mechanical seal juga mengurangi kebocoran lebih baik dari seal lainnya, dan hal ini sangat penting pada saat pompa bekerja untuk cairan yang *corrosive*, mudah menguap, *toxic*, dan *radioactive*. Selain itu, mechanical seal ini juga periode *maintenance*-nya cukup jarang dibanding seal lainnya. Dan kelebihan lain dari mechanical seal

adalah seal jenis ini dapat menerima tekanan tinggi serta dapat digunakan pada pompa dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2. 7 Mechanical Seal

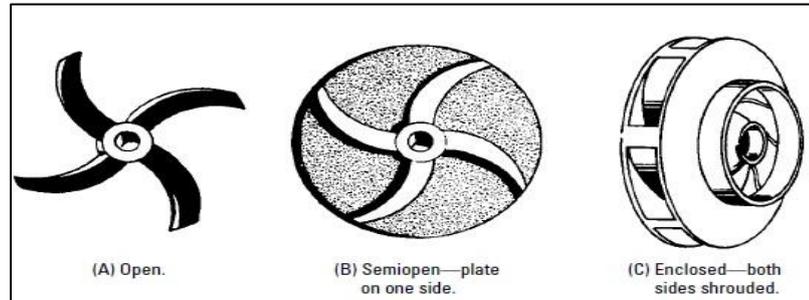
Sumber <https://www.pumpproducts.com/blog/importance-mechanical-seals/>

2.4.2 Bagian Pompa Sentrifugal yang Bergerak

A. Impeller

Berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang dipompakan secara terus menerus. Impeller biasanya di cor dalam satu kesatuan dan terbuat dari besi cor, brom dan lain-lain. Untuk cairan khusus impeller ini dapat dibuat dari bahan baja tahan karat atau lainnya sesuai dengan kebutuhan. Pada pompa sentrifugal yang umum terdapat tiga jenis impeller, yaitu impeller terbuka, impeller semi terbuka, dan impeller tertutup. Untuk bentuk dari ketiga jenis impeller yang sudah disebutkan, dapat dilihat pada gambar di atas. Impeller jenis terbuka biasanya baik digunakan untuk fluida yang mengandung bahan solid atau berserat. Sedangkan untuk impeller jenis tertutup atau *enclosed* biasanya baik digunakan untuk fluida yang bersih yang tidak mengandung bahan-bahan yang solid atau dapat mengakibatkan abrasi . Dan pada beberapa produksi pompa, beberapa impeller jenis terbuka disebut impeller jenis semi terbuka. Walau semi terbuka yang dimaksudkan adalah seperti yang sudah dijelaskan pada gambar, bagian belakang dari impeller tertutup.

Pada impeller saat ini sudah banyak dibuat *balancing hole*. *Balancing hole* ini berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan yang berlebih pada impeller



Gambar 2. 8 Jenis Jenis Impeller

Sumber <http://uripgumulya.com/berbagai-jenis-impeller-dalam-pompa-sentrifugal/>

B. Poros (Shaft)

Poros pompa berfungsi :

1. Meneruskan momen puntir atau tenaga dari penggerak selama pompa beroperasi
2. Tempat kedudukan (sebagai pendukung) impeller, bearing dan bagian yang berputar lainnya.

C. Shaft Sleeve

Berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan yang diakibatkan oleh gesekan langsung dengan cairan. Dan juga sebagai tempat kedudukan dari mechanical seal.

D. Bantalam (Bearing)

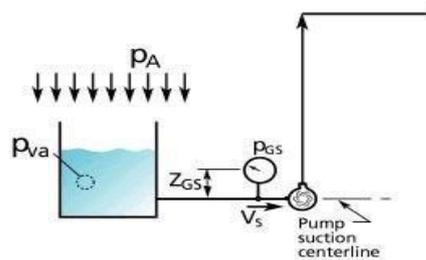
Berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros yang berputar. Bantalan juga untuk memungkinkan poros berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian akibat gesekan sangat kecil.

2.5 Jenis-Jenis Suction Pompa

Posisi suction merupakan posisi dari sumber air terhadap pompa yang akan dihisap. Posisi sumber air ini nantinya akan sangat mempengaruhi performa dari pompa itu sendiri karena akan berkaitan dengan NPSH available. Terdapat dua tipe posisi suction, antara lain:

1. Positive Suction

Positive Suction ini memiliki sumber air dengan ketinggian yang lebih tinggi dari posisi *suction* pompa. Posisi ini dapat menyediakan NPSH available yang lebih besar.

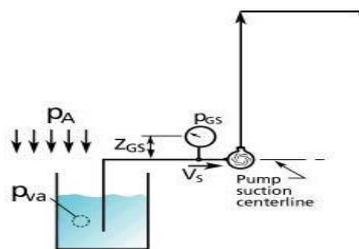


Gambar 2. 9 Positive Suction

Sumber https://www.pumpfundamentals.com/npsa_for_those.htm

2. Negative Suction

Sedangkan pada *Negative Suction*, sumber air yang akan dihisap oleh pompa memiliki ketinggian yang lebih rendah dari posisi *suction* pompa.



Gambar 2. 10 Negative Suction

Sumber https://www.pumpfundamentals.com/npsa_for_those.htm

2.6 Parameter-parameter dalam Perhitungan Pompa

Parameter-parameter yang terkait dengan unjuk kerja pompa sentrifugal antara lain meliputi : Kapasitas (Q), Head(H), NPSH, daya (N), dan efisiensi (η).

2.6.1 Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa adalah banyaknya cairan yang dapat dipindahkan oleh pompa setiap satuan waktu. Kapasitas pada umumnya dinyatakan dalam satuan volume persatuan waktu, misalnya:

- Barrel perhari (barrel per *stream day*) sering disebut BPSD.
- Gallon peminute (GPM).
- Meter Cubic persecond (m^3/s)

Kapasitas dari suatu pompa dapat ditentukan dengan rumus

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

Dimana :

Q = Kapasitas Aliran (m^3/s)

V = Volume (m^3)

t = Waktu (Second)

2.6.2 Head Efektif Instalasi Pompa

Merupakan besarnya *head* yang harus diatasi oleh pompa dari seluruh komponen yang ada, diantaranya adalah karena perbedaan tekanan, perbedaan kecepatan, perbedaan kerugian (kerugian mekanis, volumetris, dinamis dan kerugian listrik). Persamaan *head* instalasi sebagai berikut :

$$H_{eff} = \sum h_s + \sum h_d$$

$$H_{eff} = \left(\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (H_d - H_s) \right) + \left(\left(\frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} \right) + \sum H_{LT} \right)$$

Dimana :

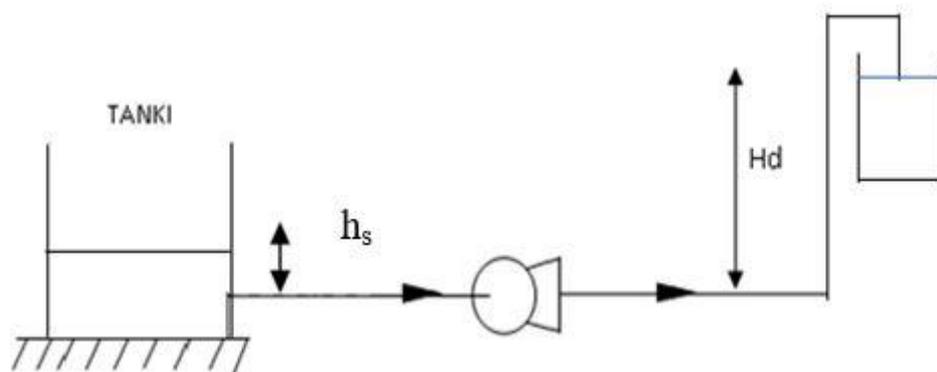
H_{eff} = Head Total Head

h_d = Head Discharge

h_s = Head Suction

P_2 = Tekanan Discharge

- P_1 = Tekanan Suction
 γ = Berat Jenis Fluida
 H_{LD} = Head Loss Discharge
 H_{LS} = Head Loss Suction
 V_d = Kecepatan Aliran Discharge
 V_s = Kecepatan Aliran Suction
 g = Garvitasi



Gambar 2. 11 Head Efektif Instalasi Pompa

2.6.3 Head Statis

Adalah perbedaan tinggi permukaan fluida pada bagian hisap dengan bagian tekan. *Head statis* tidak dipengaruhi oleh debit, hanya pada perbedaan tekanan dan ketinggian.

$$\sum H_{st} = \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right) + (H_d - H_s)$$

Dimana :

H_{st} = Head Statis Total (m)

P_1 = Tekanan Pada Kondisi Suction (Pa)

P_2 = Tekanan Pada Kondisi Discharge (Pa)

h_d = Jarak/Ketinggian Sisi Discharge (m)

h_s = Jarak/Ketinggian Sisi Suction (m)

γ = Berat Jenis Fluida ($\frac{N}{m^2}$)

Head Statis terdiri dari

1. Head Tekanan

Merupakan energi yang terdapat di dalam *fluida* akibat perbedaan tekanan antara *discharge reservoir* dan *suction reservoir*.

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma}$$

Dimana :

H_p = Head Statis Total (m)

P_1 = Tekanan pada kondisi suction (Pa)

P_2 = Tekanan pada kondisi discharge (Pa)

γ = Berat Jenis Fluida ($\frac{N}{m^2}$)

2. Head Ketinggia (Elevation Head)

Merupakan perbedaan ketinggian dari permukaan *fluida* pada sisi *discharge reservoir* dan *suction reservoir* dengan acuan garis sumbu tengah pompa.

$$H_z = H_d - H_s$$

Dimana :

H_z = Head Elevasi (m)

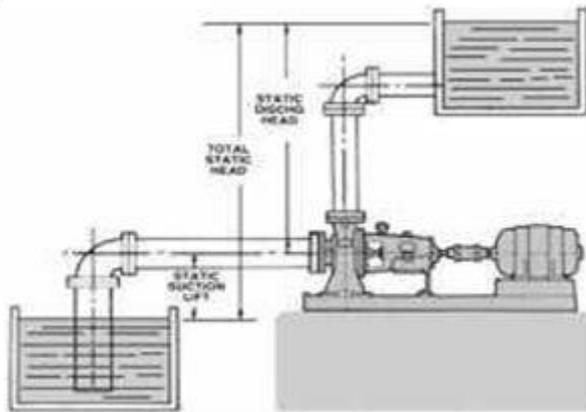
H_d = Jarak/Ketinggian Sisi Discharge (m)

H_s = Jarak/Ketinggian Sisi Discharge (m)

Terdapat dua macam ketinggian head instalasi, yaitu :

a. Suction Lift

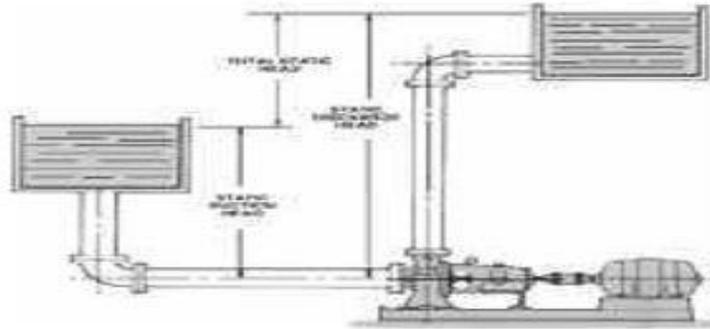
Suction lift adalah jarak vertical dalam satuan feet atau meter dari permukaan fluida yang harus dipompakan terhadap garis sumbu tengah pompa. Suction lift diperoleh mulai dari garis tengah sumbu pompa sampai permukaan sumber suplai (suction tank). Dilihat pada gambar dibawah merupakan contoh instalasi suction lift. Nilai $(H_d - H_s)$ bernilai positif (+), karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih rendah dari sumbu tengah pompa.



Gambar 2. 12 Instalasi Suction lift Sumber : Hicks, *Pump Application Engineering*, 1971

b. Suction Head

Suction head adalah jarak vertical dalam satuan feet atau meter dari garis sumbu tengah pompa hingga ketinggian fluida yang dipompakan. Suction head diperoleh mulai dari permukaan sumber suplai (suction tank) yang berada di atas garis tengah sumbu pompa. Gambar dibawah merupakan contoh instalasi suction head. Nilai $(H_d - H_s)$ bernilai negatif (-), karena permukaan zat cair pada sisi hisap lebih tinggi dari sumbu tengah pompa.



Gambar 2. 13 Instalasi *Suction Head* Sumber :Hicks, *Pump Application Engineering*, 1971

2.6.4 Head Dinamis

Head dinamis adalah *head* yang terdiri dari *velocity head* dan *head loss*. Untuk penjelasannya dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

$$\sum H_{din} = \left(\frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} \right) + \sum H_{LT}$$

Dimana :

$\sum H_{din}$ = Head Elevasi (m)

$\sum H_{LT}$ = Jarak/Ketinggian Sisi Discharge (m)

V_d = Kecepatan Aliran Discharge (m/s)

V_s = Kecepatan Aliran Suction (m/s)

g = Percepatan Garvitasi (9,81 m/s²)

Head dinamis terdiri dari :

1. Velocity Head

adalah *head* yang disebabkan karena adanya perbedaan kecepatan yang keluar dari *suction reservoir* dan masuk ke dalam *discharge reservoir*. *Velocity head* ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$H_v = \left(\frac{V_d^2 - V_s^2}{2 \cdot g} \right)$$

Dimana :

V_d = Kecepatan Aliran Discharge (m/s)

V_s = Kecepatan Aliran Suction (m/s)

g = Percepatan Garvitasi (9,81 m/s²)

2. Total Kerugian Tinggi-Tekan (Head Loss Total)

Head Loss Total (total kerugian tinggi tekan) merupakan jumlah suatu kerugian yang dialami aliran *fluida* selama bersirkulasi dimana kerugian itu tergantung pada geometri penampang saluran dan parameter-parameter *fluida* serta aliran itu sendiri. Kerugian tinggi tekan (*Head loss*) dapat dibedakan atas, kerugian dalam pipa (*major losses*) dan kerugian pada perubahan geometri (*minor losses*). Untuk persamaan total kerugian tinggi tekan adalah :

$$\Sigma H_{LT} = H_l + H_{lm}$$
$$\Sigma H_{LT} = \left(f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \right) + \left(K \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$$

a. Head Loss Mayor

Kerugian aliran *fluida* yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara *fluida* dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran *fluida* (kerugian kecil). Kerugian *head* akibat gesekan dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari rumus berikut :

Persamaan Darcy - Weisbach

$$H_l = \left(f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$$

Dimana :

H_l = Kerugian head karena gesekan (m)

f = factor gesekan

D = Diameter pipa (m)

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan Garvitasi (9,81 m/s²)

Untuk aliran laminar, faktor gesekan dapat dinyatakan dengan rumus :

$$f = \frac{64}{Re}$$

Untuk aliran *turbulen*, faktor gesekan dibedakan menjadi :

- Untuk pipa halus, hubungan antara bilangan *reynold* dengan faktor gesekan :

$$\text{Blasius} : f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

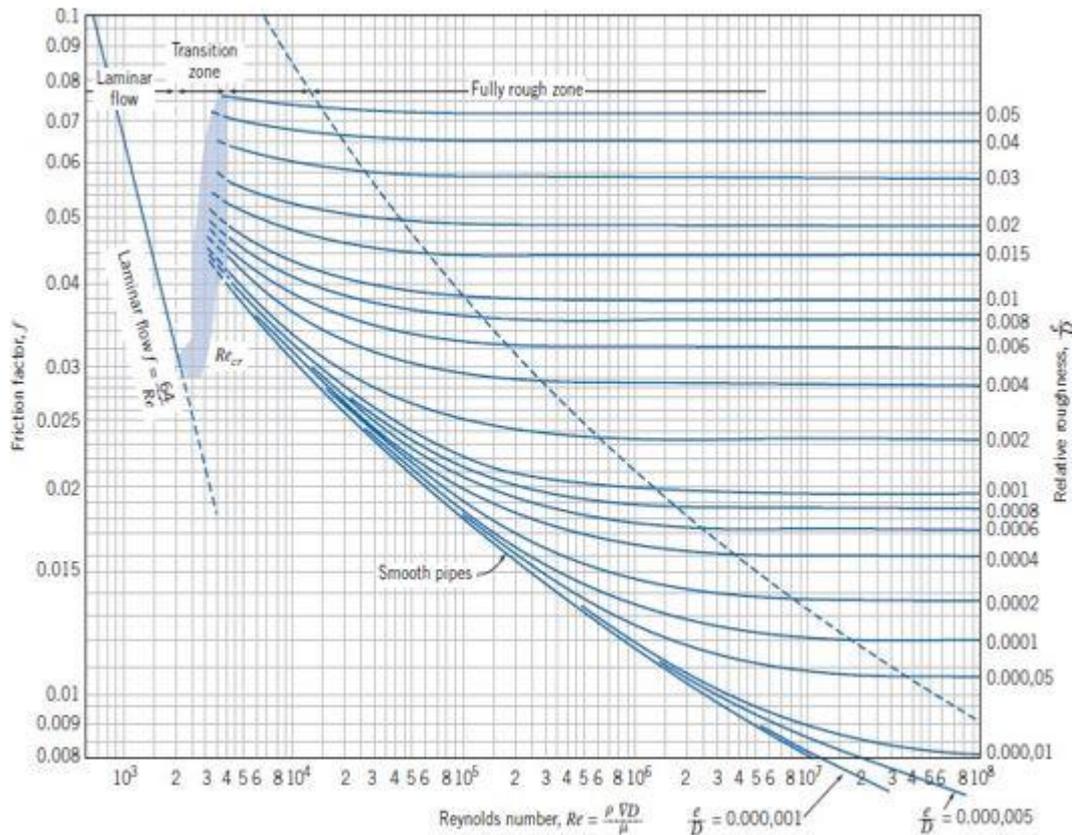
Untuk $3000 \leq Re \leq 100000$

- Untuk pipa kasar dan halus , hubungan antara bilangan *reynold* dengan faktor gesekan :

Colebrook-White :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{e/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right)$$

Untuk menggunakan persamaan ini dilakukan dengan menggunakan iterasi yang membuat harga f dapat lebih akurat. Adapun cara lain untuk mempermudah mencari harga *friction factor* (f), dapat menggunakan *moody diagram* dengan fungsi *reynold number* (Re) dan e/d terhadap *friction factor* (f).



Gambar 2. 14 Moody Diagram Sumber : Fox and McDonal, *Intruduction to Fluid Mechanics*

b. Head Loss Minor

Selain kerugian *head loss mayor*, juga terdapat kerugian energi karena perubahan menampang pipa, entrance, sambungan, elbow, katup, dan asesoris perpipaan lainnya yang disebut dengan kerugian kecil (*Head Loss Minor*). Besarnya kerugian minor, yaitu :

$$\Sigma H_{lm} = \left(K \times \frac{V^2}{2.g} \right)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan Garvitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

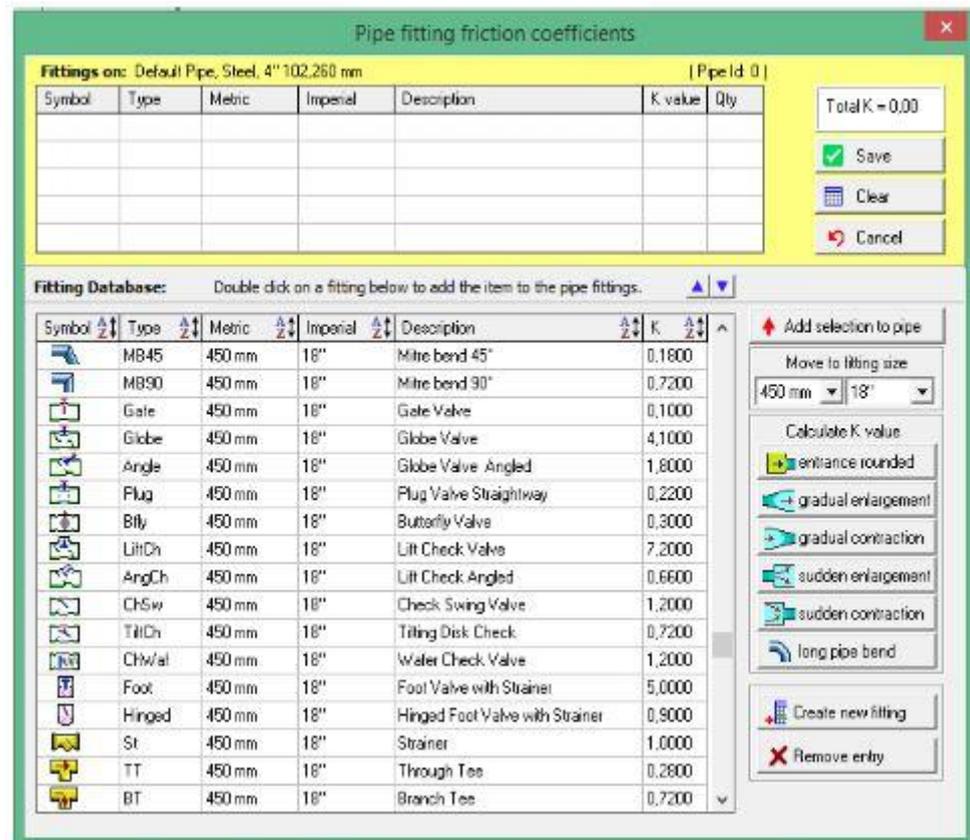
K = Koefisien kerugian (minor losses) pipa

Dimana harga K dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$K = \left(f \times \frac{L_e}{D} \right)$$

Dimana harga K dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\sum H_{lm} = \left(K \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \right)$$



Pipe fitting friction coefficients

Fittings on: Default Pipe, Steel, 4" 102,260 mm [PipeId: 0]

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K value	Qty

Total K = 0,00

Save Clear Cancel

Fitting Database: Double click on a fitting below to add the item to the pipe fittings.

Symbol	Type	Metric	Imperial	Description	K
MB45	450 mm	18"	Mitre bend 45°	0,1800	
MB90	450 mm	18"	Mitre bend 90°	0,7200	
Gate	450 mm	18"	Gate Valve	0,1000	
Globe	450 mm	18"	Globe Valve	4,1000	
Angle	450 mm	18"	Globe Valve Angled	1,8000	
Plug	450 mm	18"	Plug Valve Straightway	0,2200	
Butly	450 mm	18"	Butterfly Valve	0,3000	
LiftCh	450 mm	18"	Lift Check Valve	7,2000	
AngCh	450 mm	18"	Lift Check Angled	0,6600	
ChSw	450 mm	18"	Check Swing Valve	1,2000	
TiltCh	450 mm	18"	Tilting Disk Check	0,7200	
ChWal	450 mm	18"	Water Check Valve	1,2000	
Foot	450 mm	18"	Foot Valve with Strainer	5,0000	
Hinged	450 mm	18"	Hinged Foot Valve with Strainer	0,9000	
St	450 mm	18"	Strainer	1,0000	
TT	450 mm	18"	Through Tee	0,2800	
BT	450 mm	18"	Branch Tee	0,7200	

Add selection to pipe

Move to fitting size: 450 mm 18"

Calculate K value

- entrance rounded
- gradual enlargement
- gradual contraction
- sudden enlargement
- sudden contraction
- long pipe bend

Create new fitting Remove entry

Gambar 2. 15 Nilai koefisien (K) berbagai jenis fitting Sumber : *Pipe Flow Expert*

2.6.5 Daya Penggerak

2.6.5.1 Daya Pompa / Daya Fluida (WHP)

Daya fluida adalah kenaikan energi aliran fluida yang mengalir melalui pompa per satuan waktu yang akan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$WHP = \gamma \times Q_{act} \times H$$

Dimana :

WHP = Daya Air / Daya Pompa (Watt)

Q_{act} = Kapasitas Aktual Pompa (m^3/s)

H = Head Pompa (m)

γ = Berat Jenis Fluida (N/m^3)

2.6.5.2 Daya Poros (Pshaft)

Daya poros adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa. Hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_{shaft} = \frac{WHP}{\eta_p}$$

Dimana :

P_{shaft} = Daya Poros (Watt)

WHP = Daya Pompa / Daya Air (Watt)

η_p = Efisiensi Pompa

2.6.5.3 Daya Nominal Penggerak

Daya nominal dari penggerak mula yang dipakai untuk menggerakkan pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_m = \frac{P(1 + \alpha)}{\eta_t}$$

Dimana :

P_{shaft} = Daya Nominal Penggerak Mula (kW)

α = Faktor Cadangan (kW)

η_t = Efisiensi Transimis

Faktor cadangan dan efisiensi transmisi dapat dicari dengan melihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2. 1 Faktor Cadangan

Jenis Penggerak Mula	
Motor Induksi	0,1-0,2
Motor Bakar Kecil	0,15-0,25
Motor Bakar Besa	0,1-0,25

Tabel 2. 2 Faktor Cadangan

Jenis Transmisi		
Sabuk Rata		0,9-0,93
Sabuk - V		0,95
Roda Gigi	Roda gigi lurus satu tingkat	0,92-0,95
	Roda gigi miring satu tingkat	0,95-0,98
	Roda gigi kerucut satu tingkat	0,92-0,96
	Roda gigi planiter satu tingkat	0,95-0,98
Kopling Hidrolik		0,95-0,97

Sumber : Sularso,HT. Pompa dan Kompresor

2.6.6 Kavitasasi

Kavitasasi adalah proses terjadinya gelembung uap atau gas didalam saluran isap hingga gelembung itu pecah saat menumbuk impeller. Secara umum kavitasasi dimulai bila (P_s) sama dengan tekanan penguapan cairan (P_v) yang dipompakan pada suatu temperature sehingga diharapkan supaya tekannan pada saluran isap jangan sampai sama dengan uap cairan atau tekanan isap harus lebih besar dari tekanan penguapan cairan ($P_s < P_v$). Bila tekanan penguapan lebih besar daripada tekanan isap pompa maka akan timbul kavitasasi yang merugikan pompa.

Akibat kavitasasi :

- a. Performa pompa menurun
- b. Rusak / cacatnya impeller
- c. Suara bising saat operasi

d. Getaran semakin tinggi

Kondisi di atas berkaitan dengan tinggi angkat maksimum (maksimum suction lift)

Hal hal yang dapat menimbulkan kavitasi:

- a. Naiknya temperature perpompaan
- b. Kerugian tekanan pada saluran isap terlalu besar
- c. Putaran pompa lebih tinggi dari putaran desain
- d. Adanya udara yang masuk pada bagian suction pompa

Langkah langkah untuk memperkecil terjadinya kavitasi :

- a. Bagian yang masuk kedalam rumah pompa harus *stream line*, menghindari belokan yang tajam dan elemen yang menghalangi aliran.
- b. Diusahakan aliran pada saat masuk impeller memiliki aliran yang kontinu.
- c. Menghindari terjadinya aliran terpecah (vortex)
- d. Mengarahkan kecepatan cairan saat masuk impeller
- e. Ketinggian letak pompa dari permukaan cairan yang dihisap harus dibuat serendah mungkin agar head hisap static menjadi rendah pula.
- f. Pipa hisap harus dibuat sependek mungkin, jika terpaksa maka sebaiknya memakai pipa yang berdiameter lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek.

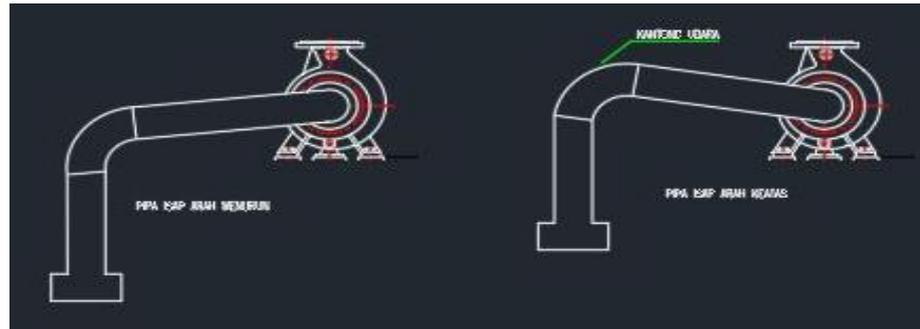
Hal hal yang perlu diperhatikan dalam pemasangan saluran hisap :

a. Pencegahan kebocoran

Pengamanan khusus yang diberikan terhadap kemungkinan masuknya udara kedalam pipa hisap, karena hal ini tidak mudah terdeteksi. Bila mungkin penggunaan pipa dengan sambungan ulir dihindari dan sebagai gantinya diganti dengan sambungan lensa.

b. Pencegahan kantong udara

Dalam hal pompa beroperasi menghisap zat cair seperti diperhatikan dalam gambar, pipa hisap harus dipasang dengan cara demikian hingga pipa akan mempunyai arah menurun dari pompa ke pipa hisap dengan kemiringan tertentu (1:50 s/d 1:100), hal ini dimaksudkan untuk menghindari terbentuknya kantong udara.



Gambar 2. 16 Cara Pemasangan Pipa Isap

c. Pemasangan saringan

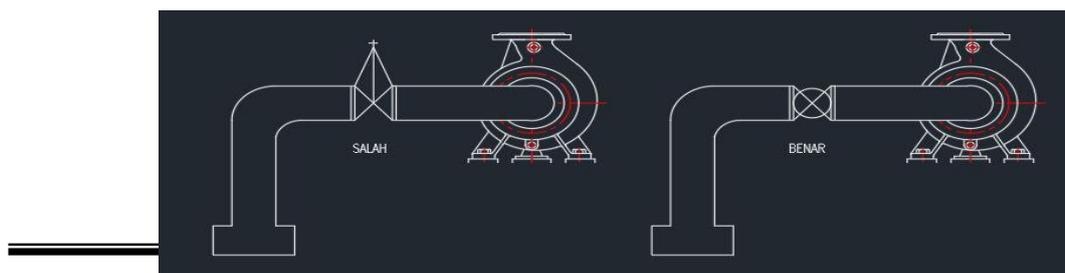
Untuk mencegah benda benda asing terhisap kedalam pompa, bak isap baru boleh di isi setelah dibersihkan secara sempurna.

d. Kedalaman ujung pipa

Ujung pipa harus dibenamkan di bawah permukaan zat cair dengan kedalaman tertentu untuk mencegah terhisapnya udara dari permukaan. Kedalaman ini harus cukup meskipun permukaan cairan di dalam bak saluran isap turun hingga batas minimum.

e. Katup sorong

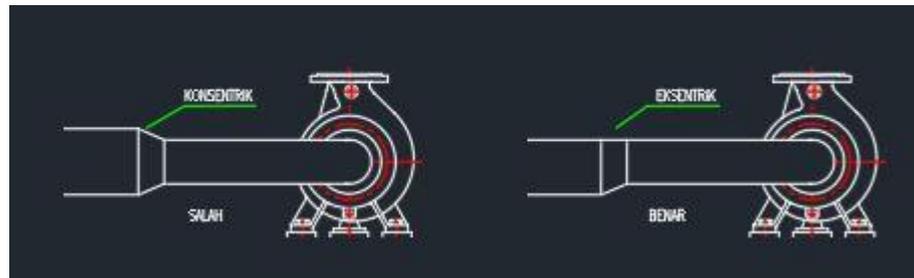
Katup sorong (gate valve) diperlukan waktu pompa harus dilepas atau di periksa namun pemasangan katup ini harus dilakukan dengan cara yang benar yaitu dengan menempatkan roda pemutarnya di bawah atau di samping. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kantong udara



Gambar 2. 17 Pemasangan Katup Isap

f. Reducer

Apabila pemakaian reducer, dalam menyambung pipa hisap yang diameternya lebih besar daripada diameter lubang isap pompa, harus dipakai reducer jenis eksentrik seperti dilihat gambar dibawah ini.



Gambar 2. 18 Pemasangan Reducer

Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kantong udara. Disini reducer dipasang dengan sisi lurus di sebelah atas. Jika diperlukan belokan, jumlahnya diusahakan sedikit mungkin dengan sudut belokan yang sehalus mungkin. Belokan (elbow) harus diletakan sejauh mungkin dari pompa. Untuk reducer jenis konsentrik biasanya dipasang pada saluran tekan.

2.6.7 NPSH (Net Positive Suction Head)

Net Positive Suction *Head* (NPSH) merupakan selisih antara *total suction head* absolut dengan *vapour pressure* absolute. Nilai NPSH harus selalu positif dan dinyatakan dalam ft atau m cairan yang dipompa. NPSH ini dipakai sebagai ukuran keamanan pompa terhadap terjadinya kavitasi.

2.6.7.1 Net Positive Suction Head Available (NPSH_A)

NPSH_A merupakan NPSH yang tersedia pada instalasi pompa yang besarnya dapat ditulis :

$$NPSH_A = \frac{P_a - P_v}{\gamma} - h_s - \sum H_{ls}$$

Dimana :

$NPSH_A$ = Net Positive Suction Head tersedia

P_a = Tekanan Absolut di atas Permukaan cairan pada reservoir Suction

P_v = Tekanan Uap Jenuh Cairan yang dipompa pada temperatur pemompaan

h_s = Head Hisap Statis

$\sum H_{ls}$ = Head Loss pada pipa hisap

2.6.7.2 Net Positive Suction Head Required (NPSH_R)

NPSHR adalah NPSH yang diisyaratkan pompa yang bersangkutan supaya bisa bekerja. NPSHR ini ditentukan oleh pabrik pembuat pompa tersebut yang besarnya tergantung dari banyak faktor, antara lain : desain impellernya, kecepatan putaran, sifat fluida yang dipompa. Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

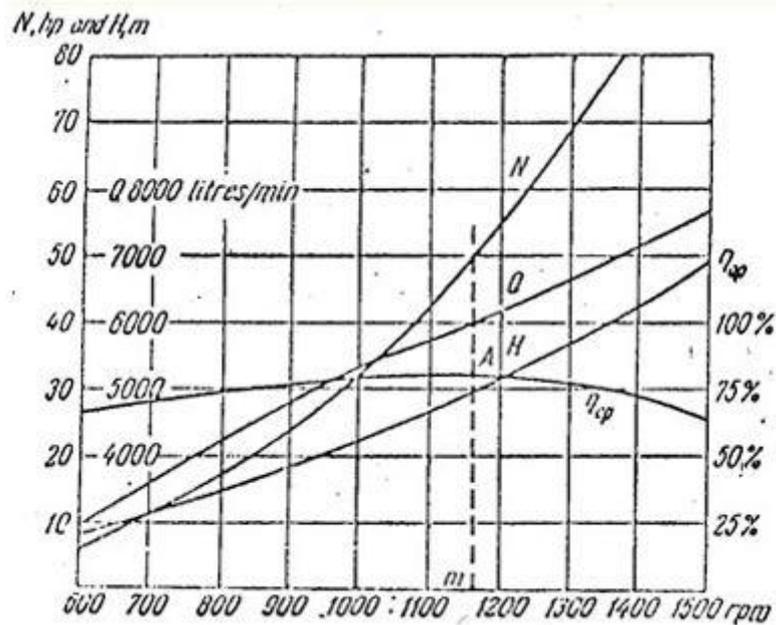
$$NPSH_A > NPSH_R$$

2.6.8 Kurva Karakteristik Pompa

Karakteristik pompa adalah kurva yang menghubungkan suatu performa dengan performa yang lainnya saat beroperasi. Performa pompa yaitu *head* (H), kapasitas (Q), daya pompa dan efisiensi (η). Secara umum karakteristik pompa sentrifugal terbagi menjadi 3, yaitu :

2.6.8.1 Karakteristik Utama

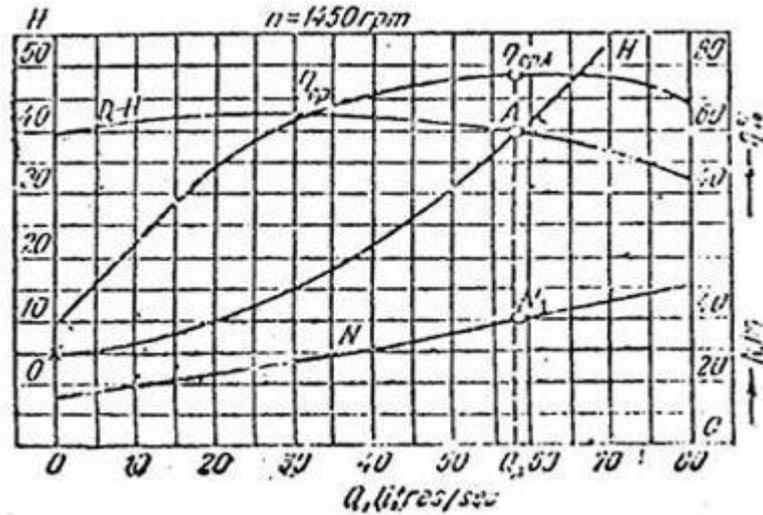
Merupakan kurva karakteristik yang menunjukkan hubungan *head* dan kapasitas dengan perubahan putaran- putaran pompa yang dapat menyebabkan perubahan kecepatan impeller. Di bawah ini adalah grafik karakteristik utama :



Gambar 2. 19 Karakteristik Utama Sumber : Sularso, HT. Pompa dan Kompresor

2.6.8.2 Karakteristik Kerja

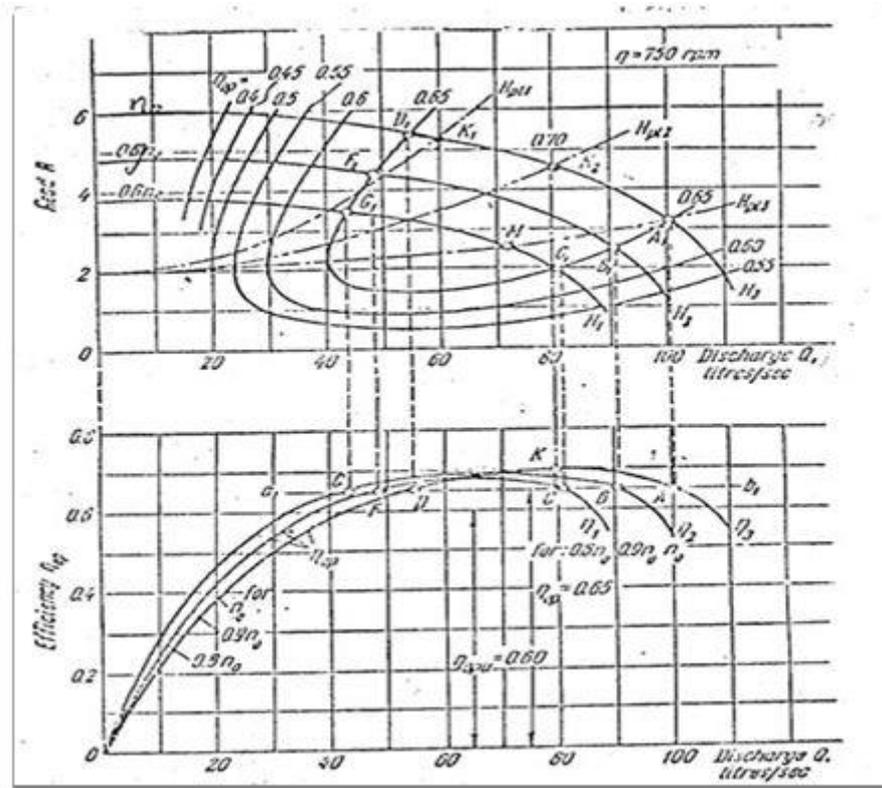
Adalah kurva karakteristik yang diplot berdasarkan kecepatan impeller (putaran pompa) yang konstan. Kurva ini divariasikan harga kapasitasnya dengan membuka/menutup valve-valve yang ada agar bisa mendapatkan titik kerja yang optimal dengan kurva kapasitas (Q) fungsi head.



Gambar 2. 20 Karakteristik Kerja Sumber : Sularso, HT. Pompa dan Kompresor

2.6.8.3 Karakteristik Universal

Adalah kurva yang merupakan gabungan dari karakteristik utama dan karakteristik kerja. Kurva ini digunakan untuk menentukan parameter-parameter pompa untuk berbagai kondisi operasi.



Gambar 2. 21 Karakteristik Universal Sumber : Sularso,HT. Pompa dan Kompresor

BAB 3

AKTIVITAS PENUGASAN MAGANG INDUSTRI

3.1 Realisasi Kegiatan Magang Industri

Kegiatan magang industri diawali dari membuat Proposal Magang Industri dan Surat Pengantar Magang, kemudian menerima Surat Balasan dari perusahaan (Lampiran 1). Adapun Surat Keterangan Selesai Magang Industri PT. Torishima Guna Indonesia (Lampiran 2). Kemudian adapun Laporan Kerja Praktek di PT. Pertamina Rinery Unit VI Balongan pada 17 Juni – 17 Juli 2019 (Lampiran 3) dan Laporan Kerja Praktek di PPSDM MIGAS Cepu pada 01 September – 30 September 2020. (Lampiran 4). Kegiatan magang industri di PT. Torishima Guna Indonesia dilaksanakan pada Oktober s/d Desember ditampilkan pada log book berikut ini :

Tabel 3. 1 Log Book

No	Tanggal	Jenis Aktivitas	Tugas Yang Diberikan	Pencapaian Tugas
1.	5 Oktober 2020	Pengenalan HSE di PT. Torishima Guna Indonesia	Mengenal peraturan yang ada Di PT. Torishima Guna Indonesia	Mengetahui peraturan yang ada di PT. Torishima Guna Indonesia
2.	6-9 Oktober 2020	Pengenalan profil dan produk dasar pompa	Mengenal profil perusahaan dan mekanisme kerja pompa	Mengetahui profil dasar perusahaan
3.	12 Oktober 2020	Proses casting dan penjelasan umumnya.	Memahami alur produksi produksi casting	Mengetahui alur proses casting
4.	13 Oktober 2020	Proses pembuatan pattern.	Memahami proses pembuatan pattern	Mengetahui proses pembuatan pattern
5.	14 Oktober 2020	Proses pembuatan molding dan core.	Memahami proses pembuatan molding dan core.	Mengetahui proses pembuatan molding dan core.

6.	19 Oktober 2020	Proses coating pada molding	Memahami proses coating	Mengetahui proses dan praktek coating
7.	20 Oktober 2020	Proses pouring.	Memahami proses pouring.	Mengetahui proses pouring
8.	21 Oktober 2020	Proses uji sample.	Mengamati Proses pengujian specimen dengan spectrometer,	Mengetahui proses uji specimen
9.	26 Oktober 2020	Proses sand blasting	Memahami proses sand blasting-	Mengetahui proses sand blasting.
10.	27 Oktober 2020	Izin bertemudosen Pembimbing (TA)	-	-
11.	28 Oktober 2020	Libur	-	-
12.	2 November 2020	Proses machining	Mengamati proses proses machining	Memahami proses machining apa saja yg dilakukan.
13.	3 November 2020	Proses Quality control pompa double suction.	Memahami proses quality control pompa double suction	Dapat mengetahui dan mem praktekkan proses pengukuran dimensi
14.	4 November 2020	Proses Quality control pompa end suction.	Memahami proses quality control pompa end suction	Dapat mengetahui dan mem praktekkan proses pengukuran dimensi
15.	9 November 2020	Proses Quality control impeller..	Memahami proses quality control impeller	Dapat mengetahui dan mem praktekkan proses pengukuran dimensi
16.	10 November 2020	Proses Quality control casing cover.	Memahami proses quality control casing cover	Dapat mengetahui dan mem praktekkan proses

				pengukuran dimensi
17.	11 November 2020	Proses Quality control stage casing	Memahami proses quality control stage casing	Dapat mengetahui dan mem praktekan proses pengukuran dimensi
18.	16 November 2020	Proses Quality control bearing housing.	Memahami proses quality bearing housing	Dapat mengetahui dan mem praktekan proses pengukuran dimensi
19.	17 November 2020	Proses assembly end suction	Memahami proses assembly end suction	Dapat mengetahui dan mem praktekan proses assembly
20.	18 November 2020	Proses assembly double suction	Memahami proses assembly double suction	Dapat mengetahui dan mem praktekan proses assembly
21.	23 November 2020	Proses assembly multi stage	Memahami proses assembly multi stage	Dapat mengetahui dan mem praktekan proses assembly
22.	24 November 2020	Proses testing pump end suction.	Mengamati proses testing pump end suction.	Telah terlaksana proses testing pump
23.	25 November 2020	Proses testing pump double suction.	Mengamati proses testing pump double suction	Telah terlaksana proses testing pump
24.	30 November 2020	Proses testing pump multi stage.	Mengamati proses testing pump multi stage	Telah terlaksana proses testing pump
25.	1 Desember 2020	Desain Project Pompa Banjir 500 Lps	Mendesain Pompa Banjir dengan konsep dapat dibawa berpindah-pindah tempat	Dapat mengetahui tugas sebenarnya sebagai Tim Engineering
26.	2 Desember 2020	Runing Test Project Pompa BANjir	Menngsimulasikan Desain Project Pompa Banjir	Dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan

				desain yang telah dibuat
27.	3 Desember 2020	Penulisan Laporan dan Membuat Bahan Presentasi		
28.	4 Desember 2020	Presentasi Hasil Magang Selama di PT. Torishima Guna Indonesia		

3.2 Relevansi Teori dan Praktek

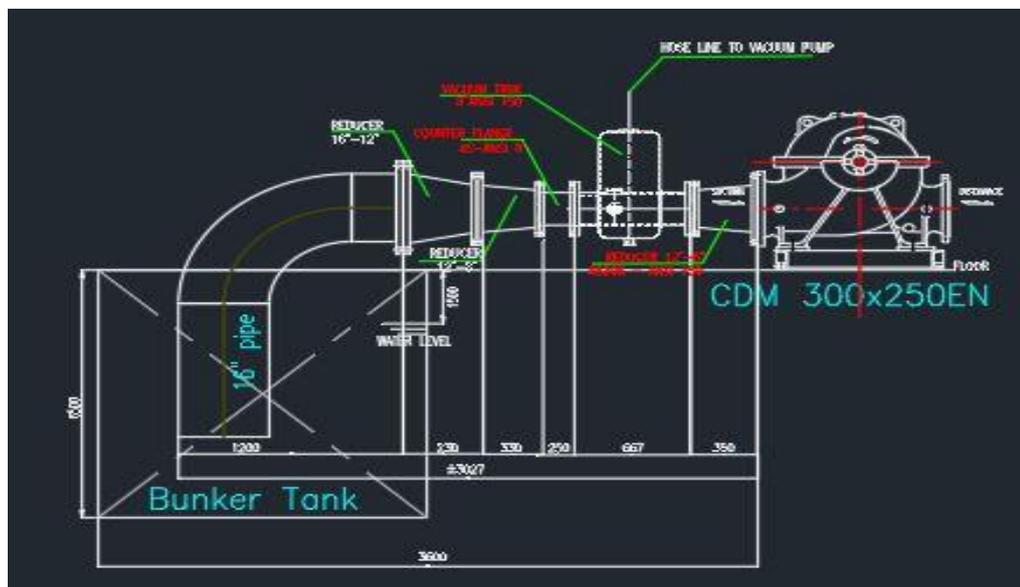
Pada magang industri kali ini, antara teori dan praktek dilakukan secara relevan. Teori dan praktek yang telah diterapkan pada kegiatan magang industri kali ini adalah mengenai mata kuliah Pompa dan Mekanika Fluida yang mana teori pada saat perkuliahan sangat membantu dalam melaksanakan kegiatan magang industri dimana dibutuhkan pemahaman mengenai mekanisme kerja pompa serta pemahaman mengenai fungsi fungsi komponen pada pompa dan juga untuk menganalisa kegagalan pada saat dilakukan pengujian performa test pompa tersebut. Kemudian relevan dengan mata kuliah Gambar Teknik dan Computer Aided Drawing dikarenakan kami diberikan tugas khusus menggambar *desain mobile flood control pump* yang digunakan untuk tender pada tahun 2021.

3.3 Permasalahan

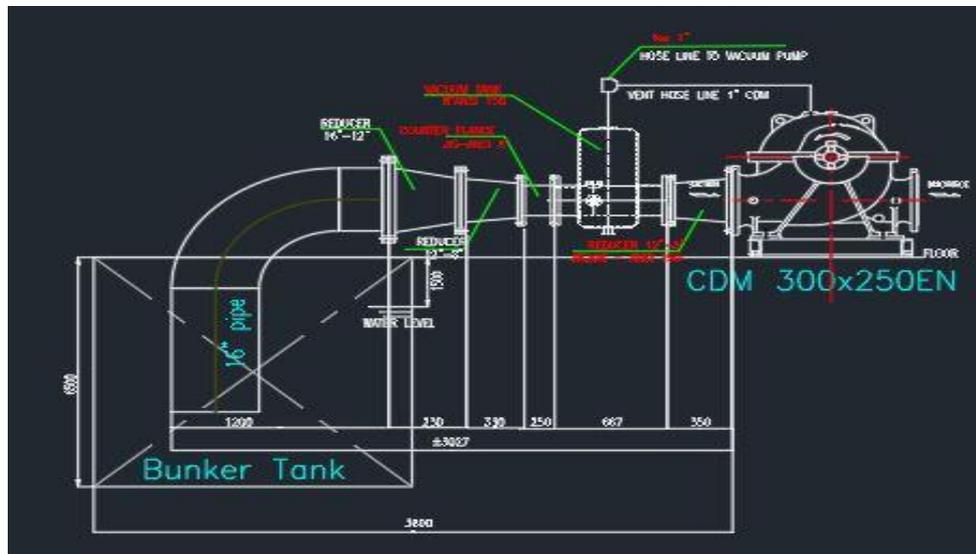
Sistem kerja pompa centrifugal sendiri umumnya adalah non self priming atau harus dipriming terlebih dahulu agar volute casing pada pompa dapat terisi air sehingga pompa dapat bekerja dengan baik. Maka dari itu dibutuhkan pompa vakum pada pompa banjir karena kondisi suction lift sehingga dibuatlah *vacuum tank* yang berguna sebagai pengatur tekanan vakum agar dapat mengoptimalkan npsH. Akan tetapi penggunaan vacuum tank tidak dapat berfungsi maksimal untuk menaikkan air kedalam volume volute casing karena ketinggian vacuum tank tidak lebih tinggi dari volute casing sehingga air belum dapat masuk kedalam impeller maka dari itu dibutuhkan suatu mekanisme yang dapat menyedot air kedalam volute casing.

BAB 4 REKOMENDASI

Trial sistem priming sendiri dilakukan dibagian shop test PT. Torishima Guna Indonesia dengan menggunakan pompa CDM 300X250EN ditambahkan dengan *Vacuum Tank Type DnD200* pada bagian suction dan untuk *vacuum pump* sendiri menggunakan *vacuum pump* yang telah tersedia di PT. Torsihima Guna Indonesia. Sebelum melakukan trial makan terlebih dahulu membuat sketsa rancangan untuk trial tersebut.



.Gambar 4. 1 Sketsa Percobaan Pertama Sebelum di Bypass



Gambar 4. 2 Sketsa Percobaan Kedua Setelah di Bypass

Dari hasil sketsa percobaan di atas dapat ditarik kesimpulan untuk penyelesaian permasalahan di atas adalah :

1. Tetap menggunakan saluran bypass antara vacuum tank dan volute casing bagian atas yang menuju ke vacuum pump agar udara di volute casing dapat keluar
2. Menyesuaikan dimensi vacuum tank agar ideal dengan ukuran pompa.
3. Tidak menggunakan vacuum tank hanya menggunakan vacuum pump untuk priming, tetapi untuk footvalve harus sangat baik agar menjaga air pada suction tidak kembali ke sungai. Namun hal ini perlu dilakukan percobaan sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya.

BAB 5

TUGAS KHUSUS

Dalam Magang Industri di PT. Torishima Guna Indonesia kami mendapatkan tugas khusus dari perusahaan untuk mendesain Mobile Flood Control Pump, desain yang kami buat rencananya akan digunakan untuk tender pada tahun 2021 dan jika tender dimenangkan oleh PT. Torishima Guna Indonesia maka desain kami akan dibuat dengan wujud sesungguhnya.

5.1 Desain Tata Letak dan Bentuk Mobile Flood Pump

Dengan sering terjadinya banjir di Jakarta setiap tahunnya maka Suku Dinas Sumber Daya Air DKI Jakarta membutuhkan 1000 unit Pompa Banjir *Mobile* dengan kapasitas 100 lps, 250 lps, 500 lps, 1000 lps maka dari itu PT. Torishima Guna Indonesia menginginkan memasuki pasar penjualan pompa banjir *mobile*. Sehingga kami membantu PT. Torsihima Guna Indonesia dengan mendesain *Trailer* dan *On Truck Mobile Flood Control Pump* secara umum. Kami mendesain pompa banjir mobile menggunakan mesin Caterpillar C9.3 Radiator Engine dan pompa Torishima CDM 450LN.

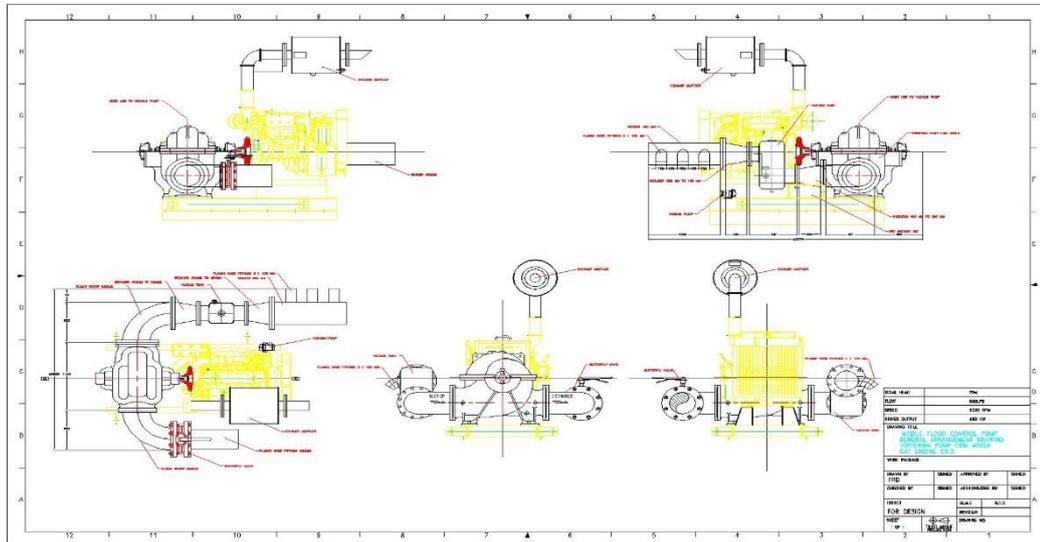
5.1.1 Spesifikasi Mesin Caterpillar C9.3 Radiator Engine

- a. Jumlah Silinder : Inline 4
- b. Jumlah Langkah : 4
- c. Daya : 200 kW @ 1500rpm
- d. Dimensi : 1687mm x 1245mm x 974mm

5.1.2 Spesifikasi Pompa Torishima CDM 450LN

- a. Total Head : 20 Meter
- b. Kapasitas : 500 liter per second
- c. Speed : 1200 rpm

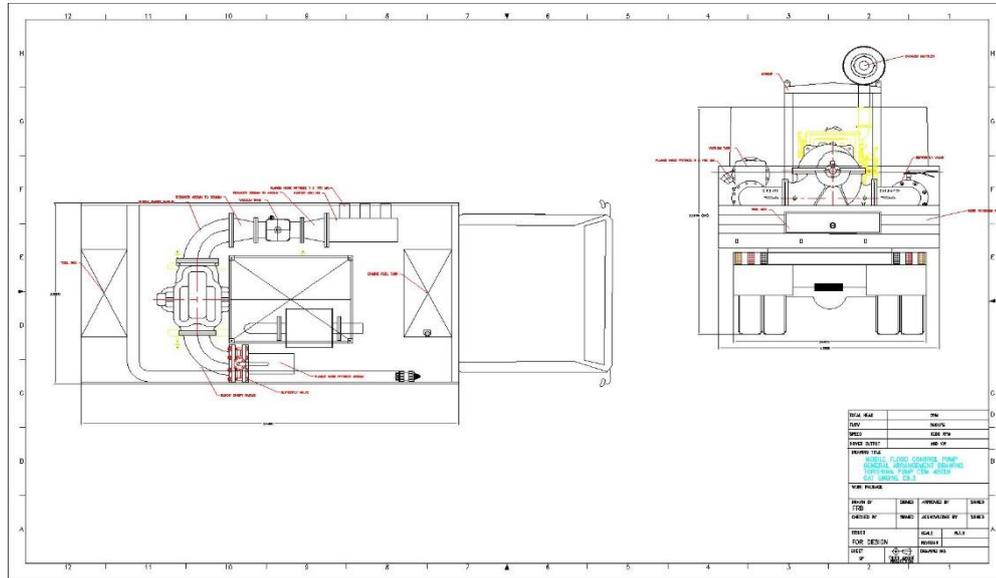
d. Driver Output : 94,4 kW



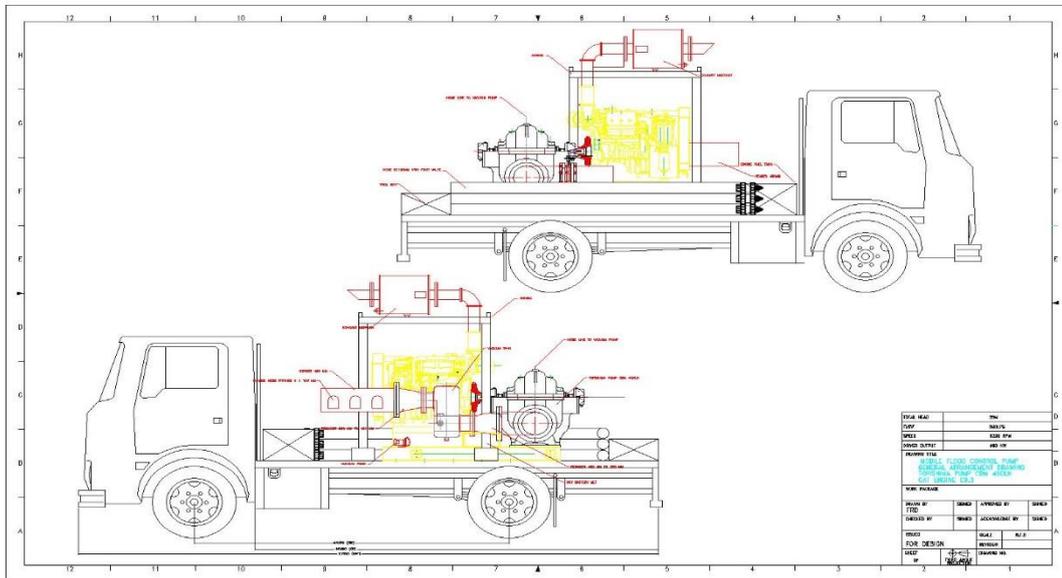
Gambar 5. 1 General Arrangement Mesin CAT C4.4 Radiator Engine X Pompa Torishima CAM 250-250

5.2 On Truck Mobile Flood Control Pump

On Truck Mobile Flood Control Pump memiliki beberapa tambahan yang ada diantaranya yaitu selang flexible sebanyak dua buah untuk suction dan discharge, kemudian terdapat juga panel box untuk mesin Caterpillar C4.4 Radiator Engine. Untuk tangki bahan bakar terdapat bagian depan bak truck dan tool box terdapat pada bagian belakang bak truck. Pada on truck mobile flood control pump sendiri terdapat awning atau atap pada bagian mesin untuk melindungi mesin dari air hujan. Dimensi karoseri truck sendiri yaitu panjang 4.6 meter, lebar 2.05 meter, dan tinggi 2.75 meter.



Gambar 5. 2 General Arrangement On Truck Mobile Flood Control Pump



Gambar 5. 3 General Arrangement On Truck Mobile Flood Control Pump

DAFTAR PUSTAKA

Fritz, Dietzel. 1988. Turbin Pompa dan Kompresor. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Ir. Sularso, MSME dan Prof. Dr. Haruo Tahara. 2000. Pompa dan Kompresor. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Japanese Industrial Standard. 2000. *Rotodynamic pumps Hydarulic performance acceptance test Grade 1 and 2, JIS B 8301.*

Konstruksi dan Komponen Pompa. Diakses pada 19 November 2020, dari <https://artikel-teknologi.com/bagian-bagian-pompa-sentrifugal/>

Gland Packing Seal. Diakses pada 24 November 2020, dari <https://www.justdial.com/Mumbai/Gland-Packing-Seal>.

Mechanical Seal. Diakses pada 24 November 2020, dari <https://www.pumpproducts.com/blog/importance-mechanical-seals/>

Jenis Jens Impeller. Diakses pada 24 November 2020, dari <http://uripgumulya.com/berbagai-jenis-impeller-dalam-pompa-sentrifugal/>

Positive Suction. Diakses pada 20 November 2020, dari https://www.pumpfundamentals.com/npsa_for_those.htm

Negative Suction Diakses pada 20 November 2020, dari https://www.pumpfundamentals.com/npsa_for_those.htm

History Perusahaan PT. Torishima Guna Indonesia. Diakses pada 23 November 2020, dari <https://www.torishima.co.id>

LAMPIRAN



PT TORISHIMA GUNA INDONESIA
Pump Manufacturer

Jakarta, 08 September 2020

No. : 0109/HRD/TGI/IX/2020
Hal : Konfirmasi Program Magang Industri

Kepada Yth.

Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
Di tempat

Dengan hormat,

Menjawab surat Bapak/Ibu mengenai permohonan tempat Program Magang Industri yang bernama :

1. M. Rayhan Hidayat T. NRP - 10211710010104
2. Farid Ramadhani. NRP - 10211710010109

Bersama ini kami beritahukan bahwa permohonan untuk Magang Industri dapat dilaksanakan pada tanggal 05 Oktober s/d 05 Desember 2020 (selama 3 bulan). Perlu juga kami beritahukan bahwa selama melaksanakan Magang Industri kepada yang bersangkutan:

- Diharuskan mematuhi semua peraturan yang berlaku di Perusahaan kami.
- Memenuhi Protokol kesehatan menunjukkan bukti Rapid Test sebelum Magang Industri dimulai

Demikian pemberitahuan dari kami, atas perhatian dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,

Iwan Kurniawan SE
HR GA Manager



PT TORISHIMA GUNA INDONESIA

Head Office : Jl. Rawa Sumur Timur No. 1, Pulogadung Industrial Estate, Jakarta 13930 - Indonesia

Phone : +62 21 460 3963, Fax : +62 21 460 3964, Email : tgi-info@torishima-guna.co.id



PT TORISHIMA GUNA INDONESIA
Pump Manufacturer

SURAT KETERANGAN

No : 0148/HRD/TGI/XII/2020

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : IWAN KURNIAWAN, SE

Jabatan : HRD MANAGER

Menerangkan bahwa :

Nama : M. RAYHAN HIDAYAT T.

NRP : 10211710010104

UNIVERSITAS : ITS. SURABAYA

Adalah benar telah melakukan PKL. Berupa Magang/Riset pada PT TORISHIMA GUNA INDONESIA terhitung sejak 05 Oktober sampai dengan 05 Desember 2020. dan yang bersangkutan telah melaksanakan tugasnya dengan baik dan penuh tanggung jawab.

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan benar untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 04 Desember 2020

Hormat Kami,



IWAN KURNIAWAN, SE
cc. : HRD sabagai arsip



PT TORISHIMA GUNA INDONESIA

Head Office : Jl. Rawasumur Timur No. 1, Pulogadung Industrial Estate, Jakarta 13930 - Indonesia

Phone : +62 21 460 3963, Fax : +62 21 460 3964, Email : tg-info@torishima-guna.co.id

Website : www.torishimaguna.com

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

**PROSES PRODUKSI PLTGU, SISTEM AUXILIARY DAN
MAINTENANCE PADA PLTGU
di PT. PJB UP, Gresik**

PT. PJB UP

(12 Juni – 12 Juli 2019)

Disusun oleh:

M. Rayhan Hidayat T

10211700000104

Telah disahkan dan disetujui:

Supervisor Mesin

PLTGU PT. PJB UP Gresik

Pembimbing Lapangan

PLTGU PT. PJB UP Gresik

(Rudi Dwi Prasetyo)

NIP. 7193226JA

(Ragil Adi Setiawan)

NIP. 9316205ZJY

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA
PROSES PRODUKSI PLTGU, SISTEM AUXILIARY DAN
MAINTENANCE PADA PLTGU
di PT. PJB UP, Gresik

PT. PJB UP

(12 Juni – 12 Juli 2019)

Disusun oleh:

M.Rayhan Hidayat T

1021170000104

Dosen Pembimbing Magang
Industri



Ir. Suhariyanto, M.T

NIP. 19620424 198903 1 005

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

II

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kegiatan Praktek Kerja Praktek PJB UP Gresik dengan judul “ **PROSES PRODUKSI PLTGU , SISTEM AUXILERY DAN MAINTENANCE PADA PLTGU** ” pada bagian HAR Mekanik PLTGU di PT. PJB UP Gresik tepat pada waktunya.

Kegiatan Praktek Kerja Industri ini merupakan syarat kelulusan sesuai dengan kurikulum yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri ITS.

Laporan Praktek Kerja Industri ini dapat disusun dengan baik berkat bantuan dari pihak - pihak yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sebagai bahan masukan untuk kami. Untuk itu pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang tidak henti memberikan doa dan dukungannya
2. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT selaku ketua Departemen Teknik Mesin Industri FV ITS
3. Bapak Dedy Zulhidayat Noor. ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing Kerja Praktek
4. Bapak Ragil Adi Setiawan, ST selaku pembimbing Kerja Praktek dan seluruh karyawan PT. PJB UP Gresik yang telah membantu kami selama kegiatan di PT. PJB UP Gresik

Dengan selesainya laporan kerja praktek ini, kami mengharapkan laporan ini dapat membawa manfaat bagi penulis, pembaca dan PT. PJB UP Gresik sebagai tempat kerja praktek. Penulis sadar bahwa dalam penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran guna penyempurnaan laporan ini.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan	2
1.2.1. Tujuan Umum	2
1.2.2. Tujuan Khusus	2
1.3. Batasan Masalah Kerja Praktek.....	2
1.4. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	3
1.5. Metode Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II PROFIL UMUM PERUSAHAAN	5
2.1 Sejarah Singkat PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik.....	5
2.2 Nama dan Lokasi Perusahaan	5
2.3 Kegiatan Usaha.....	6
2.4 Deskripsi dan Struktur Organisasi.....	8
2.4.1 Deskripsi Organisasi	8
2.4.2 Struktur Organisasi	8
2.5 Visi Misi Perusahaan	9
2.5.1 Visi Perusahaan :.....	9
2.5.2 Misi Perusahaan :.....	9
2.6 Profile Tenaga Kerja	9
2.6.1 Jumlah tenaga kerja.....	9
2.6.2. Jam Kerja	10
2.7 Fasilitas PT. PJB UP Gresik	10
2.8 Unit - Unit Pembangkit PT. PJB UP Gresik.....	13
2.8.1 Unit Pembangkit PLTU	13
2.8.2 Unit Pembangkit PLTG	14
2.8.3 Unit Pembangkit PLTGU.....	14
BAB III PROSES PRODUKSI PLTGU UP GRESIK	17

3.1	<i>Turbin Gas</i>	22
3.1.1	Prinsip Utama pada Unit Turbin Gas	22
3.1.2	Siklus pada Unit Turbin Gas	23
3.1.3	Komponen Utama Unit Turbin Gas	24
3.2	<i>Heat Recovery Steam Generator (HRSG)</i>	30
3.2.1	Peralatan Utama pada HRSG	32
3.2.2	Peralatan Pendukung pada HRSG.....	35
3.2.3	Prinsip Kerja pada HRSG.....	30
3.3	<i>Turbin Uap</i>	40
3.4	<i>Alat</i>	46
3.4.1	Boiler Feed Pump	51
3.4.2	Circulating Water Pump.....	38
3.4.3	Proses Pemanfaatan Air Laut	39
BAB IV AUXILIARY GAS TURBIN DAN SISTEM PELUMASAN		56
4.1	<i>Auxiliary pada Unit Turbin Gas</i>	56
4.1.1	Starting Device	56
4.1.2	Control Oil System.....	62
4.1.3	Lube Oil System.....	65
4.2	<i>Sistem Bearing dan pelumasannya</i>	67
BAB V PROSES PEMELIHARAAN PADA PLTGU		69
5.1	<i>Defini Pemeliharaan</i>	69
5.2	<i>Pemeliharaan Tak Terencana</i>	69
5.2.1	First Line Maintenance	69
5.2.2	Corrective Maintenance	69
5.2.3	Emergency Maintenance	70
5.3	<i>Pemeliharaan Terencana</i>	70
5.3.1	Preventive Maintenance	70
5.3.2	Predictive Maintenance	70
5.3.3	Overhaul (OH)	72
5.4	<i>Overhaul Pada PLTGU PT PJB UP Gresik</i>	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		57
6.1	<i>Kesimpulan</i>	57
6.2	<i>Saran</i>	57
DAFTAR PUSTAKA		78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta lokasi PT. PJB	6
Gambar 2.2. Topologi pembangkit jaringan JAMALI.....	7
Gambar 2.3. Bagan struktur organisasi PT. PLN.....	8
Gambar 2.4. Bagan struktur organisasi PT PJB UP Gresik	9
Gambar 2.5. Alur proses PLTU UP Gresik.....	13
Gambar 2.6. Alur proses PLTG UP Gresik.....	14
Gambar 2.7. Alur proses PLTGU UP Gresik.....	15
Gambar 3.1. Flowchart proses produksi PLTGU	21
Gambar 3.2. Diagram alir PLTGU.....	21
Gambar 3.3. Turbin Gas	22
Gambar 3.4. Skema diagram P-v, diagram T-s (C) dan siklus Brayton.....	23
Gambar 3.5. <i>Combustion Basket</i>	27
Gambar 3.6. <i>Transition Piece</i>	28
Gambar 3.7. Diagram HRSG	31
Gambar 3.7. Distribusi temperature pada HRSG.....	34
Gambar 3.8. Diagram alir HRSG	35
Gambar 3.9. HP Boiler Circulating Pump (BCP)	38
Gambar 3.10. Spesifikasi LP Drum	38
Gambar 3.11. LP Boiler circulating Pump (BCP)	39
Gambar 3.12. Spesifikasi Turbin Uap.....	42
Gambar 3.13. Deaerator Turbn Uap.....	44

Gambar 3.14. Skema Sederhana Peranan dan Penggunaan Air Laut di PT PJB UP Gresik.	51
Gambar 3.15. Skema Sederhana Proses Desalinasi.	54
Gambar 3.16. Skema Proses Treatment Air Destilat.	55
Gambar 4.1. Outline Unit Gas Turbin.....	56
Gambar 4.2. Diagram Proses Starting Gas Turbin.....	58
Gambar 4.3. Pony Motor yang ada di PLTGU PJB Gresik	58
Gambar 4.4. Starting Motor	59
Gambar 4.5. Torque Converter yang Ada Di PLTGU PJB Gresik.....	59
Gambar 4.6. Auxiliary Gear pada PLTGU PJB Gresik	60
Gambar 4.7. AC Turning Motor pada PLTGU PJB Gresik.....	60
Gambar 4.8. Jacking Oil Pump pada PLTGU PJB Gresik.....	61
Gambar 4.9. Cooling Oil Cooler pada PLTGU PJB Gresik	61
Gambar 4.10. Diagram Sistem Control Oil.....	62
Gambar 4.11. Main Control Oil Pump (MCOP) pada PLTGU PJB Gresik	63
Gambar 4.12. Control Oil Reservoir PLTGU PJB Gresik.....	64
Gambar 4.13. Bagian dalam control oil reservoir	64
Gambar 4.14. Auxiliary Lube Oil Pump (AOP) pada PLTGU PJB Gresik.....	65
Gambar 4.15. Main Lube Oil Pump (MOP) pada PLTGU PJB Gresik.....	66
Gambar 4.16. <i>Journal Bearing</i> Pada Turbin Gas.....	68
Gambar 5.1. <i>Frame Work</i> manajemen OH MI GT 3.1	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Daftar unit dan kapasitas pembangkit.....	6
Tabel 2.2. data tenaga kerja PT. PJB UP Gresik.....	10
Tabel 2.3. Data Fasilitas.....	11
Tabel 2.4. Undang-undang dan Peraturan Kegiatan Usaha	11
Tabel 2.5. Data parameter kesuksesan	13

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia dewasa ini cukup pesat. Sehubungan dengan hal itu, perguruan tinggi sebagai tempat yang menghasilkan sumber daya manusia berkualitas, berkepribadian mandiri, dan memiliki kemampuan intelektual yang baik harus semakin meningkatkan mutu output-nya.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sebagai salah satu institusi (perguruan tinggi) di Indonesia berupaya untuk mengembangkan sumber daya manusia dan IPTEK guna menunjang pembangunan industri, serta sebagai research university untuk membantu pengembangan kawasan timur Indonesia. Lulusan dari ITS Surabaya diharapkan siap untuk dikembangkan ke bidang yang sesuai dengan disiplin ilmunya. Sejalan dengan upaya tersebut, kerjasama dengan industri perlu untuk ditingkatkan, yang dalam hal ini bisa dilakukan dengan jalan Study Ekskursi, Kerja Praktek, Magang, Joint Research, dan lain sebagainya.

Kerja praktek merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa D3 Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selain itu kegiatan tersebut diharapkan dapat menempuh pengetahuan mahasiswa di dunia industri.

Wawasan mahasiswa tentang dunia kerja yang berkaitan dengan industrialisasi sangat diperlukan. Hal ini sehubungan dengan kondisi Indonesia yang merupakan negara berkembang, dimana teknologi masuk dan diaplikasikan oleh industri terlebih dahulu sebelum dikembangkan lebih lanjut. Selain itu energi yang dibutuhkan oleh industri – industri tersebut yang semakin meningkat maka diperlukannya pengembangan lebih lanjut mengenai sumber energi dan efisiensi sistem kelistrikan.

Pemahaman tentang permasalahan di dunia industry diharapkan dapat menunjang pengetahuan terioritis yang didapat dari materi kuliah, sehingga mahasiswa dapat menjadi salah satu sumber daya manusia yang siap bersaing untuk menghadapi tantangan di era globalisasi.

PT. Pembangkit Jawa Bali (PJB) Unit Pembangkitan Gresik sebagai suatu pembangkit listrik yang memproduksi energi listrik sangat besar untuk kemudian disalurkan ke system interkoneksi Jawa – Bali. Dalam prinsip operasinya, system ini banyak berkaitan dengan mechanical, electrical, maupun telecommunication, dimana sebagian besar dasar – dasar dari ilmu dan operasi tersebut telah dapat didapatkan di bangku kuliah. Selain itu dengan adanya kerja praktek ini diharapkan mahasiswa dapat mengenal kondisi serta situasi secara nyata di lingkungan kerja.

PT. PJB UP Gresik menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Gas, Pembangkit Listrik Tenaga Uap, dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap. Pada kasus pemeliharaan unit pembangkit disini mahasiswa akan mempelajari bagaimana overhaul itu dan dapat mengambil data dan ilmu sebanyak mungkin.

1.2. Tujuan

Tujuan pelaksanaan kerja praktek di PLTGU PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik dapat dibagi menjadi dua bagian, yakni tujuan umum dan tujuan khusus :

1.2.1. Tujuan Umum

Secara umum tujuan umum dari pelaksanaan kerja praktek ini antara lain :

1. Terwujudnya pola hubungan yang jelas dan terarah antara dunia perguruan tinggi sebagai pencetak tenaga kerja profesional dan pelaku dunia industri sebagai pengguna outputnya.
2. Dunia industri mampu mewujudkan kepedulian dan partisipasinya dalam upayanya untuk ikut memberikan kontribusi pada sistem pendidikan nasional.
3. Membuka wawasan mahasiswa agar dapat mengetahui dan memahami sistem kerja di dunia industri sekaligus mampu mengadakan pendekatan, penyerapan dan pemecahan masalah yang berasosiasi dengan dunia kerja secara utuh.
4. Menumbuhkembangkan pola berpikir konstruktif yang berwawasan bagi mahasiswa untuk persiapan memasuki dunia kerja.

1.2.2. Tujuan Khusus

Secara khusus tujuan umum dari pelaksanaan kerja praktek ini antara lain :

1. Untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Jurusan Teknik Mesin ITS.
2. Mengetahui lebih jauh tentang teknologi yang sesuai dengan bidang yang dipelajari di Jurusan Teknik Mesin ITS.
3. Mengetahui secara langsung tentang proses-proses “Konversi Energi” yang berkaitan dengan Mechanical Engineering di PT. PJB UP Gresik.

1.3. Batasan Masalah Kerja Praktek

Mengingat luasnya bidang kerja yang ada serta terbatasnya alokasi waktu yang tersedia, maka akan diambil beberapa batasan masalah dalam laporan kerja praktek ini. Adapun batasan masalahnya antara lain :

1. Hal-hal formal seperti profil, departemen dan lain-lain didapatkan dari penjelasan petugas yang dikunjungi serta studi literatur di perpustakaan PJB.
2. Penjelasan sistem dan proses kerja didapatkan dari pembimbing kerja praktik dan disesuaikan dengan pengamatan secara langsung di lapangan

khususnya berbagai sektor yang berhubungan dengan pengawasan pembimbing.

1.4. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Tempat dan waktu dilaksanakannya kerja praktek yaitu :

- Tempat : PT PJB UP Gresik, Jl. Harun Tohir Gresik 61112
- Waktu : 12 Juni – 12 Juli 2019.

1.5 Metode Penelitian

Dalam pengumpulan data, penulis menggunakan metode – metode sebagai berikut :

1. Metode Studi Literatur
Merupakan metode pengumpulan data dengan cara membaca, mempelajari, dan memahami buku – buku referensi dari berbagai sumber, baik itu dari Perpustakaan PT. PJB Bagian UP dan UPHT Gresik, manual book perusahaan, pencarian di buku atau diktat kuliah, dan mencari sumber literature di internet.
2. Metode Observasi
Merupakan metode pengumpulan dengan cara pengamatan langsung pada objek penelitian.
3. Metode Interview
Merupakan metode pengumpulan dengan cara mewawacarai karyawan dan staff yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.
4. Metode Survei
5. Merupakan metode pengumpulan dengan cara mendatangi objek secara langsung yang berkaitan dengan materi laporan sebagai bahan pertimbangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan kerja praktek ini, penulis membaginya dalam enam bab dan tiap–tiap bab terdiri dari beberapa sub bab. Sistematika laporan kerja praktek ini adalah sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah kerja praktek, waktu dan tempat pelaksanaan, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab 2 Profil Perusahaan

Bab ini berisi tentang segala hal yang berkaitan dengan perusahaan tempat dilaksanakannya kerja praktek.

Bab 3 Proses Produksi PLTGU UP Gresik

Berisi tentang penjelasan fungsi komponen penyusun dalam tiap bagian PLTGU serta alur proses kerja produksi listrik dari sektor PLTGU

Bab 4 Sistem Auxiliary gas turbin dan Pelumasan

Berisi Tentang start awal gas turbin dan pelumasannya

Bab 5 Proses Pemeliharaan

Berisi tentang penjelasan pemeliharaan yang ada di PLTGU UP Gresik.

BAB II

PROFIL UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah Singkat PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan kebutuhan manusia maka terjadi pertumbuhan alat - alat pemenuhan kebutuhan dan penunjang kehidupan manusia. Teknologi yang digunakan juga semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan perkembangan industri untuk melakukan proses produksi dengan teknologi - teknologi tersebut. Sebagian besar teknologi yang digunakan diperusahaan tersebut menggunakan energi listrik untuk pengoperasiannya. Selain itu sarana dan prasarana perkantoran juga banyak mengandalkan suplai energi listrik. Di pihak lain, alat - alat penunjang kebutuhan manusia sebagian besar merupakan alat - alat elektronik yang membutuhkan suplai energi listrik juga. Sehingga dapat dikatakan untuk kondisi saat ini, manusia hidup sangat memerlukan energi listrik.

Di Indonesia pengelolaan dan distribusi energi listrik ke masyarakat maupun ke perusahaan-perusahaan dilakukan oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN) persero. PT. PLN (persero) selain sebagai distributor juga sebagai regulator dalam jasa penggunaan energi listrik oleh konsumen. PT. PLN (persero) bukanlah pihak yang menghasilkan energi listrik nasional. Energi listrik nasional dihasilkan atau diolah oleh 2 anak perusahaan PT. PLN (persero) yaitu PT. Pembangkit Jawa Bali (PT. PJB) dan PT. Indonesia Power. Beberapa unit pembangkitan PT. PJB yaitu terdapat di Paiton, Muara Karang, Muara Tawar, Ciraka dan Brantas serta Gresik.

Unit Pembangkitan (UP) Gresik terbentuk berdasarkan Surat Keputusan Direksi PT. Perusahaan Listrik Negara (persero) No. 030.K/023/DIR/1980 tanggal 15 Mei 1980, merupakan unit kerja yang dikelola oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (persero) atau sering disingkat dengan PT. PLN (persero) Pembangkitan dan Penyaluran Jawa Bagian Timur dan Bali (PLN KITLUR JBT) yang dikenal dengan sektor Gresik.

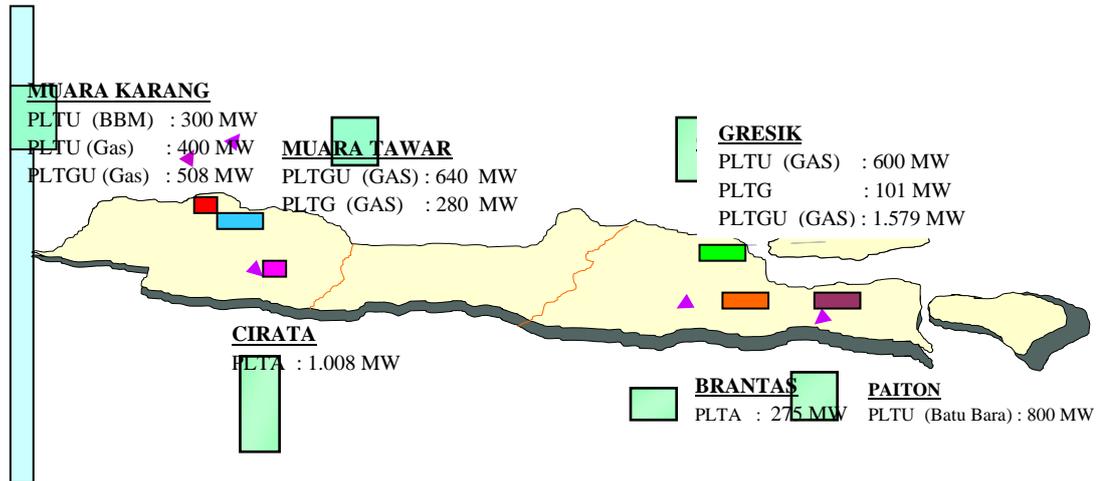
2.2 Nama dan Lokasi Perusahaan

Nama industri adalah PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PJB) Unit Pembangkitan Gresik terletak di Desa Sidorukun, Kec. Gresik, Kab. Gresik berada di Jl. Harun Tohir No.1 Gresik, Jawa Timur, Indonesia. Beberapa alasan pemilihan lokasi PT. PJB UP Gresik adalah sebagai berikut :

1. Lokasi PT. PJB UP Gresik berada di pantai untuk mempermudah pengangkutan peralatan dan transportasi bahan bakar, selain menggunakan bahan bakar gas alam juga menggunakan bahan bakar HSD atau solar dan MFO (Marine Fuel Oil) atau bahan bakar residu. Selain itu, proses Desalination plant (pemurnian air laut menjadi air tawar) mudah dilakukan untuk proses produksi maupun operasi.

2. Lokasi di kota Gresik, dekat dengan kota Surabaya dan kawasan industri Gresik, Sidoarjo, serta Mojokerto sehingga tidak membutuhkan biaya transportasi yang tinggi untuk melakukan pengiriman peralatan produksi.

Berikut adalah peta lokasi PT. PJB dan PT. PJB UP Gresik :



Gambar 2.1. Peta lokasi PT. PJB

2.3 Kegiatan Usaha

Kegiatan inti UP Gresik adalah memproduksi tenaga listrik. Dengan total daya terpasang 2.255 MW, UP Gresik mampu memproduksi energi listrik rata - rata 10.859 GWh pertahun yang disalurkan melalui jaringan transmisi tegangan tinggi 150 kV dan jaringan transmisi tegangan ekstra tinggi 500 kV.

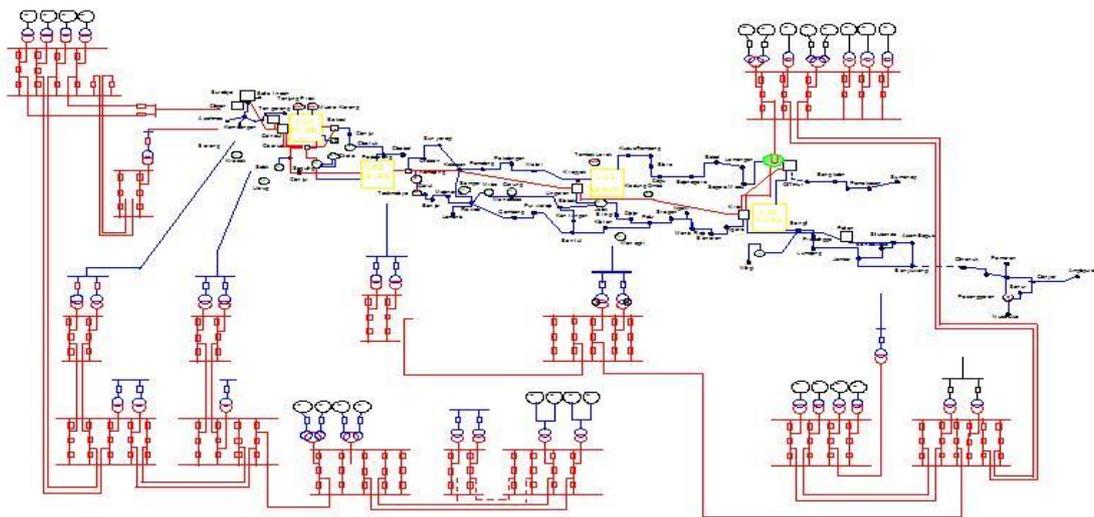
Tabel 2.1. Daftar unit dan kapasitas pembangkit

NO	GENERATION UNIT	Installed Capacity (MW)	MANUFACTURER	INITIAL OPERATION	
				OIL FIRING	GAS FIRING
1	PLTG 1 (17 MW)	20,10	ALSTOM-FRANCE	07 Juni 1978	04 Juli 1995
2	PLTG 2 (17 MW)	20,10	ALSTOM-FRANCE	09 Juni 1978	04 Juli 1995
3	PLTG 3 (17 MW)	21,35	ALSTOM-FRANCE	20 Agustus 1984	19 April 2001
4	PLTG 4 (17 MW)	20,00	GE - USA	02 September 1994	17 Oktober 1994
5	PLTG 5 (17 MW)	21,00	GE - USA	24 Februari 1995	20 Februari 1995
	PLTG	102,55			
6	PLTU 1 (85 MW)	100,00	TOSHIBA - JPN	31 Agustus 1981	30 Agustus 1997
7	PLTU 2 (85 MW)	100,00	TOSHIBA - JPN	14 Nopember 1981	12 Agustus 1997
8	PLTU 3 (165 MW)	200,00	TOSHIBA - JPN	15 Maret 1988	19 April 1994
9	PLTU 4 (165 MW)	200,00	TOSHIBA - JPN	01 Juli 1988	28 Agustus 1993
	PLTU	600,00			
10	PLTGU GT 1.1 (106,6 MW)	112,45	MHI - JPN	30 Maret 1992	24 April 1994
11	PLTGU GT 1.2 (106,6 MW)	112,45	MHI - JPN	01 Mei 1993	02 Mei 1994
12	PLTGU GT 1.3 (106,6 MW)	112,45	MHI - JPN	02 Juni 1992	01 Mei 1994
13	PLTGU ST 1.0 (176,6 MW)	188,91	MHI - JPN	10 April 1993	
	BLOK I	526,26			
14	PLTGU GT 2.1 (95 MW)	112,45	MHI - JPN	20 Juli 1992	01 Mei 1994
15	PLTGU GT 2.2 (95 MW)	112,45	MHI - JPN	14 Agustus 1992	22 April 1994
16	PLTGU GT 2.3 (95 MW)	112,45	MHI - JPN	19 September 1992	03 Mei 1994
17	PLTGU ST 1.0 (165 MW)	188,91	MHI - JPN	05 Agustus 1993	
	BLOK II	526,26			

18	PLTGU GT 3.1 (106,6 MW)	112,45	MHI - JPN	-	14 Januari 1993
19	PLTGU GT 3.2 (106,6 MW)	112,45	MHI - JPN	-	19 Januari 1993
20	PLTGU GT 3.3 (106,6 MW)	112,45	MHI - JPN	-	13 Januari 1993
21	PLTGU ST 1.0 (176,6 MW)	188,91	MHI - JPN		30 Nopember 1993
	BLOK III	526,26			
	TOTAL KAPASITAS	2281,33			
	SEKARANG	2259,98			

Energi listrik yang hasil UP Gresik melalui saluran udara transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET) dan saluran udara transmisi tegangan tinggi (SUTT) terkoneksi dengan jaringan jawa-madura-bali (JAMALI). Sehingga UP Gresik ikut andil dalam hal suplai energi listrik di Jawa Timur khususnya dan diwilayah Jawa-Madura-Bali. Berikut

bagan topologi jaringan JAMALI :



Gambar 2.2. Topologi pembangkit jaringan JAMALI

Bisnis energi listrik saat ini hanya ada single buyer yaitu PT. PLN (persero). Adapun persyaratan dan ekspektasi utama adalah keandalan, ketersediaan dan efisiensi yang diukur dengan variabel dan target sebagai berikut:

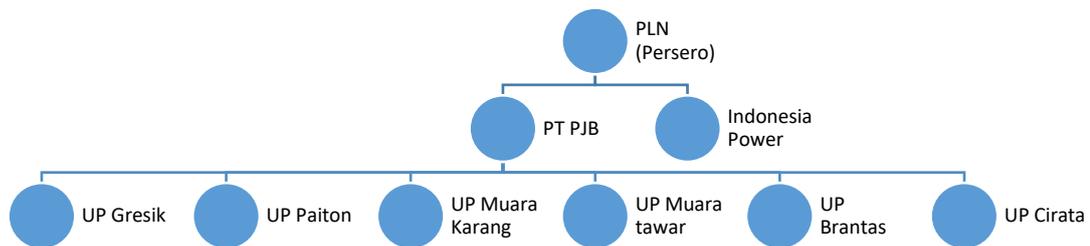
- EAF (Equivalent Availability Factor) = 88 %
- EFOR (Equivalent Force Outage Rate) = 2 %
- SdOF (Shut down Out Force) = 3 kali
- NPHR (Net Plant Heat Rate) = 2298,98 kcal/kwh

Dengan bervariasinya mesin-mesin pembangkit yang dimiliki dan energi primer yang tersedia PT. PJB UP Gresik mempunyai fleksibilitas untuk berkompetisi dalam penyediaan energi listrik.

2.4 Deskripsi dan Struktur Organisasi

2.4.1 Deskripsi Organisasi

Secara organisasi PT. PJB UP Gresik merupakan salah satu unit pembangkitan yang dimiliki PT. Pembangkit Jawa Bali (PT. PJB) untuk memasok energi listrik di wilayah Jawa-Madura-Bali. Sedangkan PT. PJB merupakan anak perusahaan dari PT. PLN (persero) dalam bidang usaha penghasil energi listrik. Hal ini akan diperjelas dengan bagan struktur organisasi PT. PJB sebagai berikut :



Gambar 2.3. Bagan struktur organisasi PT. PLN

Tujuan PT. PJB UP Gresik adalah menyelenggarakan usaha ketenagalistrikan dengan mengoperasikan dan memelihara unit-unit pembangkit secara handal dan efisien sebagaimana motto “Your Reliable Power Plant”.

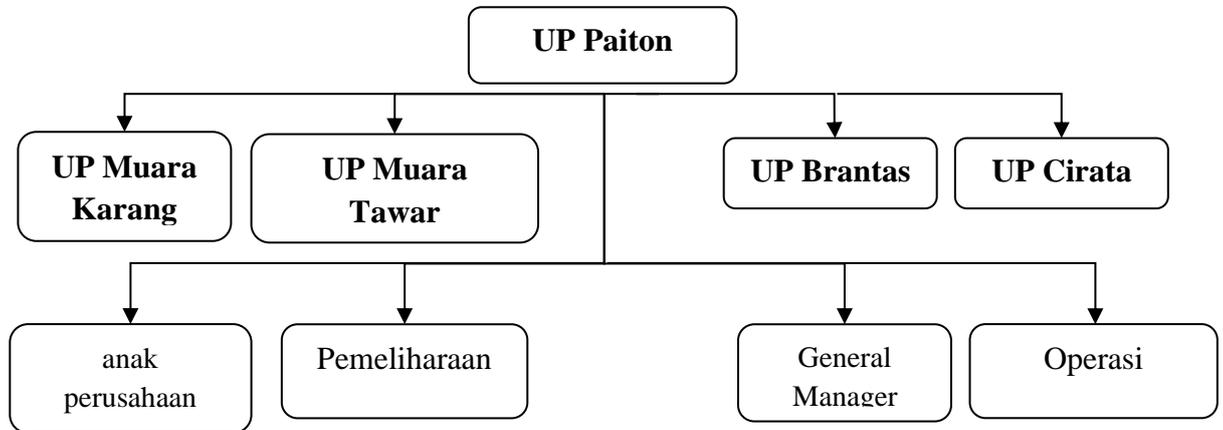
Untuk mencapai tujuan tersebut UP Gresik membangun nilai-nilai dasar budaya organisasi mencakup perilaku praktis, strategis dan budaya kerja serta tata nilai yang telah ditetapkan dan dikembangkan oleh PT. PJB Kantor Pusat, yaitu :

1. **Integritas** :jujur, dedikasi dan konsisten.
2. **Keunggulan** :ide, efisien dan efektif
3. **Kerjasama** :apresiasi, pembelajaran bersama dan aktif terlibat.
4. **Pelayanan** :motivasi, perbaikan berkelanjutan dan cepat tanggap.
5. **Sadar lingkungan** :lingkungan hidup, lingkungan masyarakat dan lingkungan kerja.

2.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi PT PJB Unit Pembangkit Gresik telah disempurnakan pada tanggal 21 Oktober 1999, kemudian disempurnakan pada 25 Februari 2003, kemudian mendapat penyempurnaan kembali pada

19 Januari 2006 dan terakhir pada 11 Maret 2011 sesuai dengan surat keputusan direksi PT. PJB no : 032.K/020/DIR/2010. Struktur organisasi PT PJB Sektor Gresik yang baru dapat dilihat pada bagan berikut :



Gambar 2.4. Bagan struktur organisasi PT PJB UP Gresik

2.5 Visi Misi Perusahaan

2.5.1 Visi Perusahaan :

Visi dari PT. PJB UP Gresik yaitu :

Menjadi perusahaan pembangkit tenaga listrik di Indonesia yang terkemuka dengan standar kelas dunia.

2.5.2 Misi Perusahaan :

Misi dari PT. PJB UP Gresik yaitu :

- Memproduksi tenaga listrik yang handal dan berdaya saing.
- Meningkatkan kinerja secara berkelanjutan melalui implementasi tata kelola pembangkitan dan sinergibusiness partner dengan metode best – practice dan ramah lingkungan;
- Mengembangkan kapasitas dan kapabilitas SDM yang mempunyai kompetensi teknik dan manajerial yang unggul serta berwawasan bisnis.

2.6 Profile Tenaga Kerja

2.6.1 Jumlah tenaga kerja

Berikut merupakan data mengenai tenaga kerja yang terdapat di PT. PJB UP Gresik sampai dengan data tahun 2009 :

Tabel 2.2. data tenaga kerja PT. PJB UP Gresik

Nama Kelompok/ Segmen Tenaga Kerja	Jml	Level Pendidikan	Keberagaman Tenaga Kerja dan Pekerjaan	Faktor Kunci yg Memotivasi Tenaga erja Untuk melaksanakan Misi	Persyaratan Kesehatan dan Keselamatan Khusus
Karyawan Tetap	391	SMP – S2	Keberagaman berdasarkan struktur: Manajemen Strategis Manajemen Atas Manajemen Menengah Manajemen Dasar Pelaksana Senior Pelaksana	<ul style="list-style-type: none"> • Memperoleh imbalan (gaji dan tunjangan) yang layak sesuai bobot dan tanggung jawab, • Kesempatan yang sama untuk meniti jenjang karir, pendidikan dan pelatihan, • Cuti tahunan, cuti hamil, cuti besar dan tunjangan cuti, fasilitas perawatan kesehatan dan pengobatan serta jaminan sosial sesuai ketentuan yang berlaku • Manfaat pensiun, fasilitas kesenian, rohani, rekreasi dan olah raga, bantuan hukum • Membentuk serikat pekerja dan perjanjian kerja bersama • Uang saku, tunjangan yang layak • Asuransi kesehatan, kematian dan kecelakaan, • Istirahat tahunan 	<ul style="list-style-type: none"> • Aspek Kesehatan : Lingkungan kerja yang memenuhi standar 5 S • Aspek Keselamatan Kerja yaitu <i>safety briefing</i> dan melengkapi <i>working permite</i> serta APD yang diatur dalam Prosedur GR-PR-8-03-41
<i>Pre Employment Training</i> (program magang)	13	D3 – S1	Berdasarkan basic pendidikan : Bidang teknik (listrik, mesin, Kimia) dan non teknik (psikologi, manajemen, akuntansi, hukum, komunikasi)	<ul style="list-style-type: none"> • Imbalan (upah) • Asuransi tenaga kerja (Jamsostek) 	
<i>Outsourcing</i>	73	SLTA	Pekerja <i>Non Core (helper)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Imbalan (upah) • Asuransi tenaga kerja (Jamsostek) 	
Jumlah	477				

Dimana dari tabel diatas tampak bahwa karyawan PT. PJB UP Gresik terdiri dari Karyawan Tetap, Pre Employment Training (magang), dan outsourcing. Sehingga total Karyawan PT. PJB UP Gresik adalah sebanyak 477 orang.

2.6.2. Jam Kerja

Jam kerja karyawan yang berlaku di PT PJB UP. Gresik terdiri dari dua macam kerja yaitu :

1. Jam kerja yang berlaku bagi karyawan yang bekerja bagian produksi, diberlakukan jam kerja Shift. Dalam satu hari dibagi menjadi 3 shift yaitu :
 - a. Shift I jam kerja dari jam 07.30 s/d 15.30
 - b. Shift II jam kerja dari jam 15.30 s/d 22.30
 - c. Shift III jam kerja dari jam 22.30 s/d 07.30
2. Jam kerja yang berlaku bagi karyawan yang bekerja di bagian non produksi, diberlakukan jam kerja biasa yaitu bekerja mulai jam 07.30 a/d 16.00 setiap hari, kecuali hari sabtu dan minggu (libur).

2.7 Fasilitas PT. PJB UP Gresik

Beberapa fasilitas utama dan fasilitas pendukung yang terdapat di PT. PJB UP Gresik yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.3. Data Fasilitas

Jenis Pembangkit	Macam Perangkat Utama	Fasilitas	Teknologi
PLTG, PLTU & PLTGU	Boiler/HRSG, Turbin Uap / Gas, Generator, Trafo, Emergency Diesel Generator. Desalt Plant, H2 Plant, Water Treatment, Chlorination Plant, Waste Water Treatment. Diesel Sea Water Fire Pump & Fresh water Fire Pump, Dermaga Unloading and Storage bahan bakar	Gedung Utama Power Plant, Workshop, Gedung Administrasi, Gedung Knowledge Center & Perpustakaan, Gudang, Sarana olah raga, Gedung Spare Part, Kantor Koperasi, Transportasi, Poliklinik dan Masjid	Teknologi Pengendali Pengoperasian Mesin-mesin Pembangkit, Teknologi Maintenance Mesin-mesin Pembangkit, Sistem Informasi Terpadu (SIT) Ellipse, ME, OA, Pb Views, SCADA

Dalam menjalankan kegiatan usaha, PT PJB UP Gresik terikat oleh sejumlah Undang-undang, Peraturan dengan penjelasan sebagai berikut :

Tabel 2.4. Undang-undang dan Peraturan Kegiatan Usaha

Nama Badan Regulator	Nama Hukum & Regulasi	Frekuensi Peninjauan	Penanggung Jawab
(1)	(2)	(3)	(4)
REGULASI LINGKUNGAN			
<ul style="list-style-type: none"> Undang-undang tentang BUMN, Peraturan Pemerintah tentang Anak Perusahaan di lingkungan BUMN, Undang-undang tentang Ketenagalistrikan, Undang-undang tentang Ketenagakerjaan, Undang-undang tentang Pemanfaatan Energi Primer, Undang-undang tentang Perseroan Terbatas. 			
Persyaratan K3			
Departemen Tenaga Kerja & Transmigrasi	Permenaker No. 05/96 tentang Sistem Manajemen K3 (SMK3), OHSAS 18001:2007	1 x 1 tahun	DM K LK3
Persyaratan Lingkungan Hidup			
Meneg Lingkungan Hidup	AMDAL : Kep Men LH No 45/MENLH/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Pelaksanaan RKL dan RPL	1x 5 tahun (review)	DM K LK3
Meneg Lingkungan Hidup	PENGELOLAAN LIMBAH B3 : 1. PP No 18/1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun 2. PP No 74/2001 tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun 3. Kep Bapedal No 02/BAPEDAL/01/1998 tentang Tata Laksana Pengelolaan Limbah B3	1 x 1 tahun	DM K LK3

Meneg Lingkungan Hidup	PENCEMARAN AIR : 1.PP No 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air 2.Kep Men LH No 51/Men.LH/10/1995 tentang Baku Mutu Effluent Limbah Cair	1 x 1 tahun	DM K LK3
Meneg Lingkungan Hidup	PENCEMARAN UDARA : 1.PP No 41/1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara 2.Kep Men LH No 02/Men.LH/01/1998 tentang Baku Mutu Ambient dan Emisi Udara	1 x 1 tahun	DM KLK3
Menteri Tenaga Kerja	KEBISINGAN : Nilai ambang batas intensitas kebisingan berdasarkan keputusan Menaker no 51/Men/1999 untuk delapan jam kerja per hari	4 x 1 tahun	DM KLK3
Persyaratan Standar Industri			
Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral	Grid Code Permen. ESDM No. 03 tahun 2007	1 bulanan dalam rapat koordinasi Operasi & Alokasi Energi	DM Operasi
Pemerintah	UU No. 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan	-	DM Umum
Departemen Tenaga Kerja & Transmigrasi	Sertifikasi peralatan	1 x 1 tahun	DM K LK3
Dirjen LPE	Sertifikasi Laik Operasi	Major OH (1 x 4 tahun)	DM Enjiniring
Persyaratan Finansial			
Ikatan Akuntan Indonesia	Standar Akuntansi Indonesia	1 x 1 tahun	DM Keuangan

PT PJB UP Gresik mempunyai beberapa faktor utama yang akan menentukan kesuksesannya dalam bersaing dengan para kompetitor. Dalam produk energi listrik PT PJB UP Gresik memiliki keunggulan – keunggulan diantaranya :

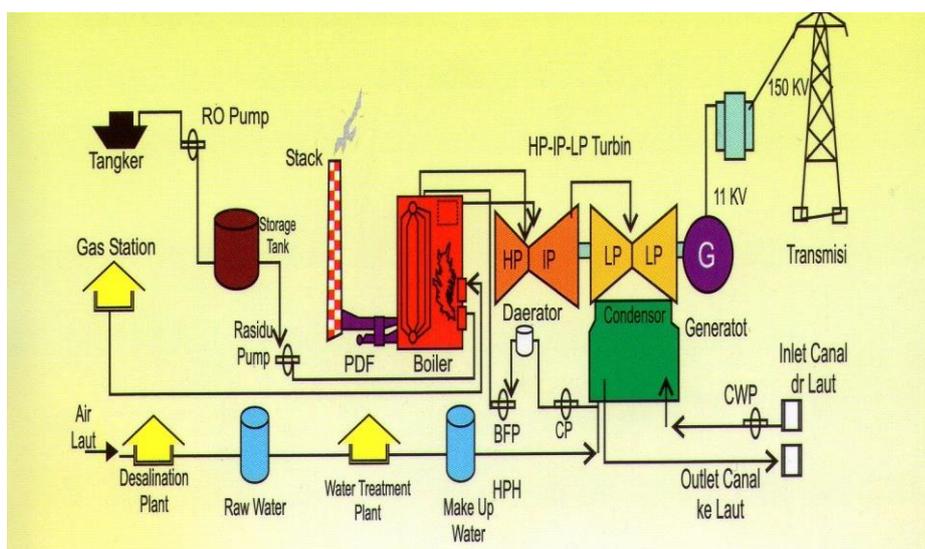
- Jenis Mesin yang dimiliki yaitu PLTG = 4 unit, PLTU= 4 unit & PLTGU (PLTG = 9 unit, Steam Turbine = 3 unit), total 20 mesin pembangkit dengan total kapasitas terpasang 2.260 MW.
- Masing – masing Pembangkit bisa beroperasi dual Firing (BBG & BBM), kecuali Blok III PLTGU hanya bisa bereoperasi Gas Firing dan PLTG Gilitimur dengan bahan bakar HSD. beberapa data terdapat pada tabel berikut :

Tabel 2.5. Data parameter kesuksesan

No	Unit	Faktor Utama yang menentukan Kesuksesan	Kompetitor	
			Internal PT PJB	External PT PJB
1	PLTG # 1,2& PLTG Giiltimur @ 20 MW	Fungsi Black Start bila terjadi black out sistem jaringan 150KV & 500KV	Belum ada	Belum ada
2	PLTU # 3,4 @ 200 MW	Memiliki sistem House Load		
3	PLTGU Block I s/d III @ 500 MW	Memiliki ramping rate 25 MW/menit		
4	Gas Turbine PLTGU @ 112 MW	Rotor Inspection memiliki sistem Roll In - Roll Out	Belum ada	Belum ada
5	PLTU #1,2; #3,4 dan PLTGU Blok I&II	Hasil assessment tahun 2008 oleh Badan Independen Internasional The Nuclear Service Group Inc.(NSGI) Aspek Asset Wellness dinyatakan masuk 25% Worldwide untuk pembangkit sejenis	Ada	Belum ada
6	PLTGU Blok III	Hasil assessment th 2008 oleh Badan Independen Internasional The Nuclear Service Group Inc.(NSGI) Aspek Asset Wellness dinyatakan masuk 10% Worldwide untuk pembangkit sejenis	Belum ada	Belum ada ditingkat Nasional
7	Memiliki 3 jenis pembangkit thermal dengan type yang berbeda dan sistem kontrol Manual & Automatic dengan jumlah pembangkit 20 unit	Dimanfaatkan sebagai Unit Teaching Power Plant untuk mempercepat <i>knowledge, skill</i> (kompetensi) SDM melalui pembelajaran sistem <i>best practises</i>	Belum ada	Belum ada

2.8 Unit - Unit Pembangkit PT. PJB UP Gresik

2.8.1 Unit Pembangkit PLTU

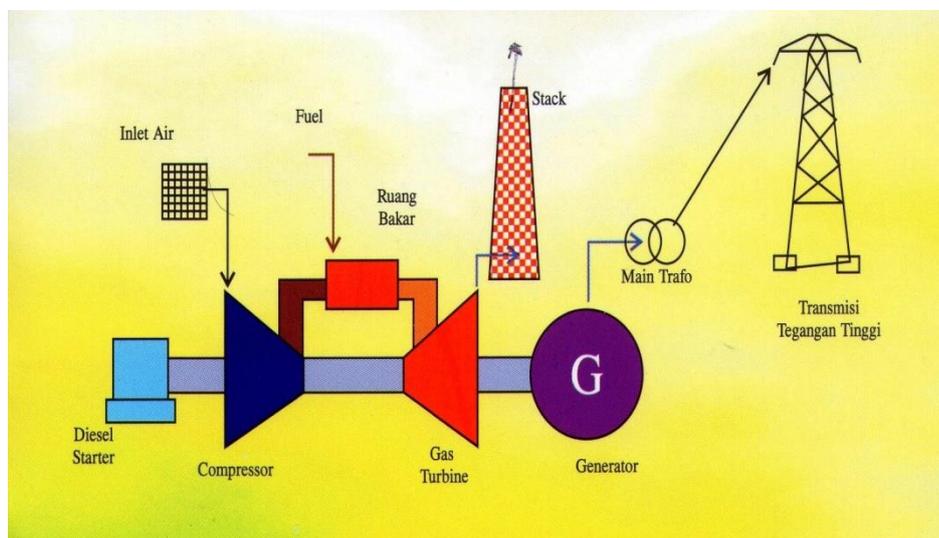


Gambar 2.5. Alur proses PLTU UP Gresik

Peralatan utama PLTU UP Gresik adalah boiler, turbin dan Generator. Sedangkan untuk peralatan pembantunya adalah desalination plant, water treatment, deaerator, Boiler Feed Pump (BFP), Circulating Water Pump (CWP) dll. Dalam proses produksi energi listrik, air tawar yang digunakan sebagai media diperoleh dari air laut yang diolah melalui peralatan desalination plant, diolah lagi melalui peralatan water treatment hingga air tersebut memenuhi syarat untuk boiler. Air tawar yang memenuhi syarat disalurkan dan dipanaskan ke dalam boiler dengan menggunakan bahan bakar gas atau bahan bakar residu. Uap hasil proses produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu disalurkan ke turbin. Uap yang disalurkan ke turbin akan menghasilkan tenaga mekanis untuk memutar generator dan menghasilkan tenaga listrik disalurkan ke sistem Jawa Bali.

2.8.2 Unit Pembangkit PLTG

Putaran awal proses turbin gas diperoleh dari diesel starter, selanjutnya bahan bakar disalurkan ke ruang bakar melalui nozzle bersama udara bakar yang dihasilkan compressor. Campuran udara dan bahan bakar ini dibakar dengan pembakaran awal dari busi. Gas panas yang dihasilkan digunakan untuk memutar turbin gas. Selanjutnya untuk memutar generator sehingga menghasilkan tenaga listrik bertegangan 11 kV. Tegangan keluaran PLTG dinaikkan menjadi 150 kV melalui main transformer, selanjutnya masuk transmisi tegangan tinggi sistem interkoneksi Jawa - Bali.



Gambar 2.6. Alur proses PLTG UP Gresik

2.8.3 Unit Pembangkit PLTGU

Dalam proses produksi energi listrik, PLTGU UP Gresik menggunakan sistem daur ganda (combined cycle) yang peralatannya

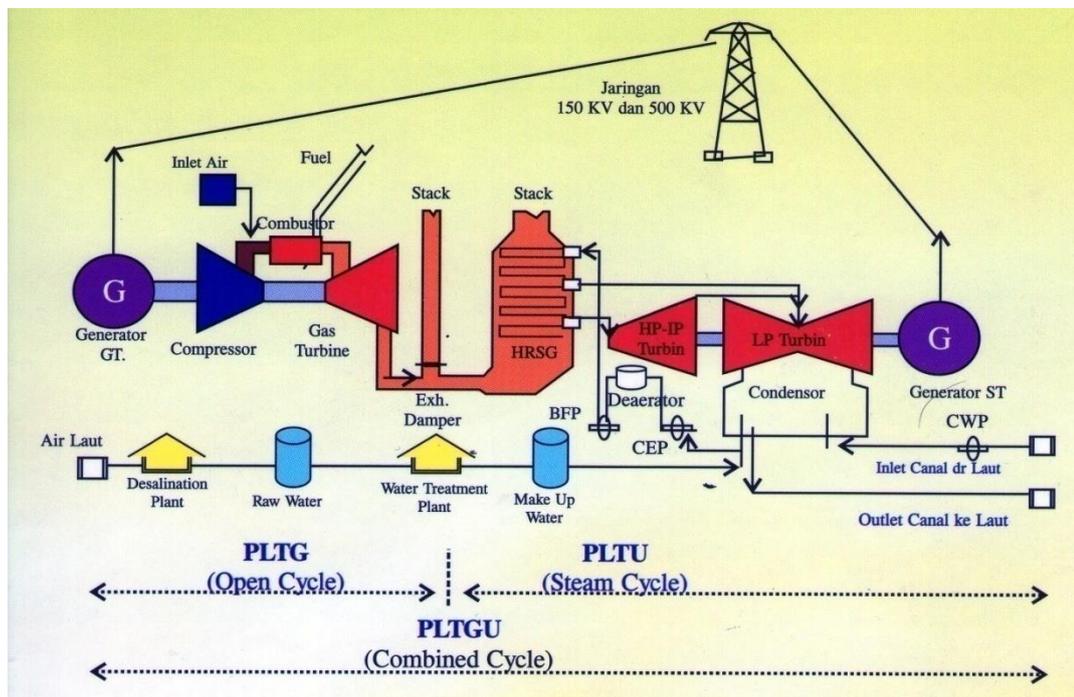
terdiri dari turbin gas dengan generatornya, HRSD (Heat Recovery Steam Generator), turbin uap dengan generatornya dan alat pendukungnya.

1. Turbin Gas

Diawali dengan menjalankan motor starter (penggerak mula) memutar compressor untuk memampatkan udara pada ruang bakar diinjeksikan bahan bakar gas bumi atau HSD (High Speed Diesel-solar kualitas utama), kemudian dinyalakan dengan igniter (untuk awal pembakaran) maka terjadilah pembakaran diruang bakar. Setelah gas hasil pembakaran mampu memutar turbin, compressor dan generator, secara otomatis motor starter akan mati pada putaran 2100 rpm. Putaran turbin compressor terus naik hingga 3000 rpm, selanjutnya generator menghasilkan energi listrik untuk diparalelkan dengan jaringan interkoneksi Jawa Bali. Disamping menghasilkan listrik, turbin gas juga menghasilkan gas buang.

2. Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

Gas buang dari turbin gas (dengan temperatur diatas 500oC) dialirkan melalui HRSG sehingga menghasilkan uap tekanan tinggi dan tekanan rendah. Proses pemanasan air di HRSG tidak menggunakan bahan bakar tambahan, jadi semata - mata menggunakan gas buang dari turbin gas.



Gambar 2.7. Alur proses PLTGU UP Gresik

3. Turbin Uap

Uap hasil produksi HRSG digunakan untuk menggerakkan turbin uap, uap dari saluran tekanan rendah masuk ke turbin tekanan tinggi selanjutnya bersama - sama uap dari tekanan rendah masuk ke dalam turbin tekanan rendah untuk dikondensasikan di kondensor. Air kondensor dipanaskan kembali ke HRSG sehingga kembali terbentuk uap untuk memutar turbin. Energi mekanik turbin digunakan memutar generator dan menghasilkan energi listrik kemudian diparalelkan dengan jaringan interkoneksi Jawa Bali. Demikian sehingga terjadi proses kombinasi turbin gas dan turbin uap.

BAB III

PROSES PRODUKSI PLTGU UP GRESIK



Gambar 2.8 PLTGU UP Gresik

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) adalah gabungan antara PLTG dengan PLTU . Pada dasarnya Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap menggunakan sistem gabungan (combined cycle) pada proses produksi. Bagian utama dari PLTGU adalah Unit Turbin Gas, Heat Recovery Steam Generator (HRSG) dan unit Turbin Uap. Siklus yang digunakan adalah siklus kombinasi dari Bryton dan Rankine.

Pada Unit Turbin Gas, proses produksi listrik dihasilkan dari konversi energi dari hasil pembakaran bahan bakar gas dari ruang bakar untuk menggerakkan turbin yang dikopel langsung dengan generator.

Sementara pada HRSG, proses produksi listrik dihasilkan dengan memanfaatkan gas buang dari turbin gas untuk memanaskan air. Panas dari exhaust gas turbin sekitar 500°C sehingga masih mampu digunakan untuk memanaskan air.

Pada unit turbin uap, listrik diproduksi dengan mengambil energi panas yang terkandung di dalam bahan bakar untuk memproduksi uap kemudian uap tersebut dialirkan kedalam turbin sehingga turbin bergerak mengubah energi panas menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Selain dari PLTU, energi uap yang diterima turbin uap juga berasal dari HRSG.

Pada PT. PJB UP Gresik terdapat 3 blok PLTGU yang beroperasi. Setiap bloknya memiliki 3 turbin gas, 3 HRSG dan 1 turbin uap, dengan kapasitas produksi listrik untuk satu blok yaitu 300MW untuk 3 unit PLTG dan 200 MW untuk 1 unit PLTU. Sehingga total kapasitas produksi yang dihasilkan 3 blok PLTGU adalah sebesar 1500 MW

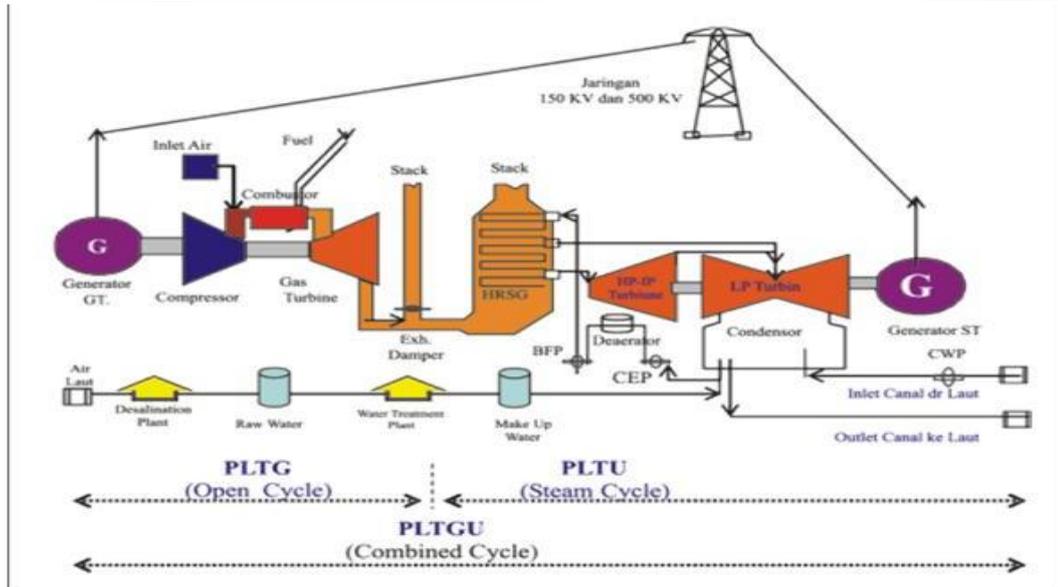
Pada PLTGU gresik ini dimana menggunakan gabungan dari turbin gas dan turbin uap itu sendiri dibantu dengan HRSG dimana memiliki alur kerja seperti gambar diagram dibawah ini :

Pada produksinya dijelaskan sebagai berikut :

1. Udara dari lingkungan sekitar disaring oleh *Inlet Air Filter* (IAF) agar debu-debu dan kotoran tidak masuk kedalam ruang bakar.
2. Udara yang telah di saring oleh *Inlet air Filter* (IAF) tersebut kemudian dimampatkan oleh compressor sehingga menghasilkan udara bertekanan tinggi yang digunakan untuk proses pembakaran pada *Combustor*.
 - *Pressure* : 12 kg/cm²
 - *Temperatur* : 407°C
3. Bahan bakar Gas / HSD dialirkan ke *combustion chamber*, dan siap untuk proses pembakaran. Proses pembakaran membutuhkan 3 unsur yaitu Udara, Bahan Bakar dan Sumber Api (*igniter*).
4. *Starting* unit Gas Turbin awal mulanya menggunakan Peralatan Bantu (*Auxiliary Package*) setelah Turbin menghasilkan energi putar, penggerak utama (*Starting motor*) tersebut lepas dengan sendirinya, kemudian diambil alih oleh putaran Turbin itu sendiri.
5. Hasil pembakaran pada gas turrbin ini digunakan untuk memutar gas turbin.
6. Poros pada Gas Turbin dikopel dengan Generator, sehingga putaran Generator sama dengan putaran Gas Turbin, dimana Generator berfungsi untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik.
7. Dari Generator listrik di naikan tegangannya oleh Trafo *Step Up* pada blok I dari tegangan 10.5 KV menjadi 150 KV dan pada blok II dan blok III dari tegangan 10,5 KV menjadi tegangan 500KV dan dialirkan ke konsumen lewat SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi).

8. Gas buang dari Gas Turbin dimanfaatkan lagi untuk memanaskan air di HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*).
9. Kebutuhan air di HRSG di dapat dari air laut.
10. Air laut dipompa menuju ke *Desalination Plant* menggunakan *Sea Water Booster Feed Pump*. *Desalination Plant* bertujuan untuk merubah air laut menjadi air tawar dengan sistem pemanasan, penguapan dan pengembunan melalui proses kondensasi. Air hasil proses tersebut disebut air destilate dengan *standart Conductivity* < 25 .
11. Air *destilate* dipompa dengan *Destilate Pump* lalu ditampung di *Raw Water Tank*.
12. Air dari *Raw Water Tank* diolah kembali di *Water Treatment Plant*, berfungsi untuk mengolah air destilate menjadi air bebas mineral (*demin water*) dengan *standart Conductivity* $< 1 \mu\text{s}/\text{cm}^2$.
13. Hasil dari *Water Treatmeant Plant* ditampung di *Make Up Water Tank*, yang digunakan untuk pengisi air di *Hotwell* atau sebagai air penambah dan juga sebagai media pendingin (*Cooling*).
14. Air dari *Hotwell* di pompa oleh *Condensate Extraction Pump* (CEP) melewati *Main Air Ejector* dan *Gland Steam Condensor* (GSC) untuk pemanasan awal.
15. Setelah itu air dialirkan menuju ke *Preheater*.
16. Kemudian air dialirkan ke *Deaerator* untuk memisahkan kadar O₂ dan gas - gas lain yang terbawa dalam air.
17. Setelah dari *Deaerator* air dipompa oleh *Low Pressure Boiler Feed Pump* (LP BFP) dan *High Pressure Boiler Feed Pump* (HP BFP).
18. Dari LP BFP, air dialirkan menuju LP *Economizer*, LP *Drum*, LP *Evaporator* dengan dipompa oleh LP *Boiler Circulating Pump*, kemudian ke LP *Drum* lagi.
19. Kemudian uap dari LP *Drum* dapat langsung dialirkan menuju LP Turbin.
20. Dari HP BFP, air dialirkan menuju HP *Primary Economizer* dan HP *Secondary Economizer*, ke HP *Drum*, HP *Evaporator* dengan dipompa oleh HP *Boiler Circulating Pump* kemudian ke HP *Primary SuperHeater* dan HP *Secondary SuperHeater* dan langsung dapat menuju HP Turbin.

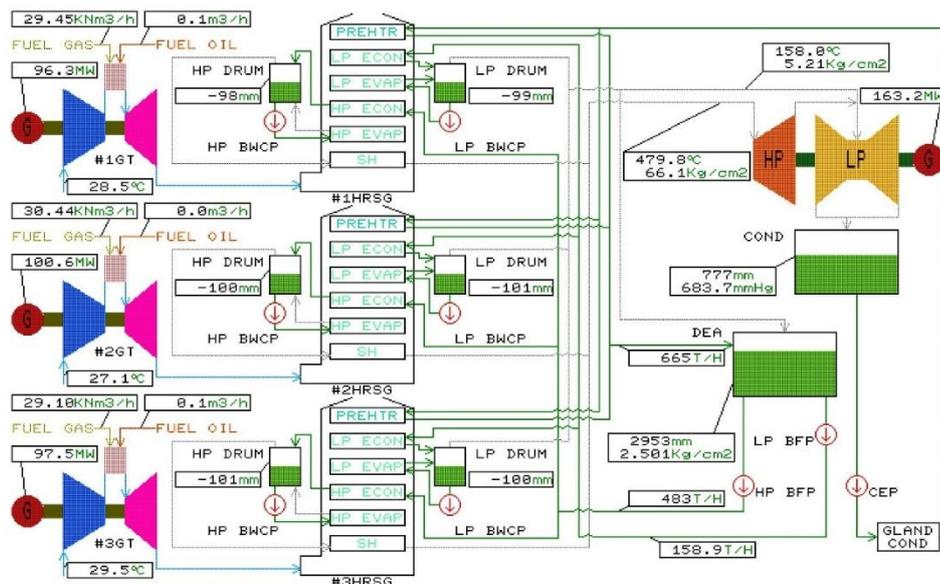
21. Sisa uap dari HP Turbin akan masuk ke LP Turbin.
22. Turbin uap merupakan alat pengkonversi energi potensial (uap) menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah mejadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros Turbin yang dikopel dengan generator, sehingga putaran generator sama dengan putaran Turbin (3000 Rpm).
23. Generator akan menghasilkan listrik dan dinaikkan tegangannya oleh *Transformator Step Up*, dimana blok 1 menghasilkan 15,75 KV diubah menjadi 150 KV, sedangkan blok 2 dan blok 3 menghasilkan 15,75 KV diubah menjadi 500 KV.
24. Kemudian Trafo menyalurkan menuju GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi) kemudian langsung disalurkan ke SUTET (Saluran Udara Teganagn Ekstra Tinggi).
25. Sisa uap dari LP turbin kemudian dikondensasikan melalui condenser.
26. Proses kondensasi pada *condensor* ini menggunakan air laut disaring melalui *Bar Screen* untuk memisahkan air dari sampah / kotoran laut, kemudian air laut diinjeksi dengan *Chlorine* untuk melemahkan biota laut agar tidak berkembang biak, air laut disaring lagi melalui *Travelling Screen* untuk menyaring kotoran - kotoran yang lolos dari *Bar Screen* sebelum dipompa oleh *Circulating Water Pump* (CWP).
27. CWP (*Circulating Water Pump*) akan memompa air laut menuju ke *tube-tube Condensor*.
28. Air yang sudah terkondensasi tersebut akan ditampung di *Hotwell* kemudian akan di sirkulasikan kembali.



Gambar 2.9. Flowchart proses produksi PLTGU

Pengabungan dari turbin gas (PLTG) dan turbin uap (PLTU) memanfaatkan gas buang hasil sisa pembakaran yang masih bersuhu cukup tinggi (1000 F atau 500 C) yang keluar dari exhaust turbin gas guna memanaskan HRSG atau ketel uap, akan dapat dicapai efisiensi termal yang keseluruhan relatif tinggi dari suatu instalasi Power plant.

Berikut adalah bagan proses secara umum, dimana tiap blok pada unit PT.PJB Up gresik ini memiliki 3 buah gas Turbin, 3 buah HRSG(Boiler) dan 1 buah Steam Turbin.



Gambar 3.0. Diagram alir PLTGU

3.1 Turbin Gas

Pada unit gas turbin, udara (oksigen) dan bahan bakar digunakan untuk memproduksi energi. Bahan bakar yang digunakan berupa gas sebagai bahan bakar utama dan minyak sebagai bahan bakar cadangan. Terdapat lima komponen utama, yaitu air inlet, kompresor aliran axial, combustion system (sistem pembakaran), turbin dan bagian pembuangan (exhaust). Kompresor dan turbin terhubung dengan in-line single shaft rotor dan dibantu pelumasan pada bagian bearing. Bearing pada rotor shaft dicouple dengan auxiliary gear yang terdapat dalam auxiliary package. Selain auxiliary gear, unit turbin gas juga dibantu oleh starting device, pompa bahan bakar, dan pompa pelumasan.



Gambar 3.1. Turbin Gas

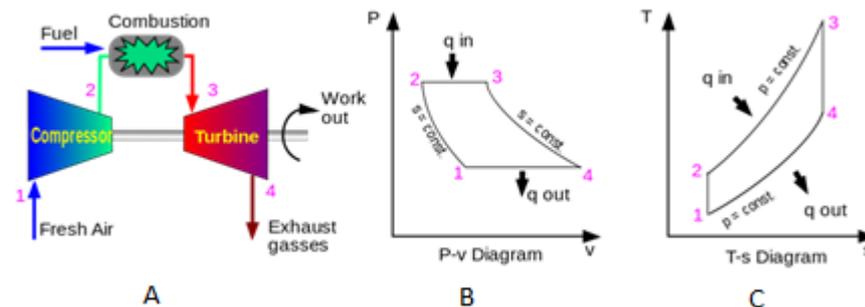
3.1.1 Prinsip Utama pada Unit Turbin Gas

Udara masuk kedalam kompresor melalui saluran masuk udara (inlet). Kompresor berfungsi untuk menghisap dan menaikkan tekanan udara tersebut, sehingga temperatur udara juga meningkat. Kemudian udara bertekanan ini masuk kedalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar dilakukan proses pembakaran dengan cara mencampurkan udara bertekanan dan bahan bakar. Proses pembakaran tersebut berlangsung dalam keadaan tekanan konstan sehingga dapat dikatakan ruang bakar hanya untuk menaikkan temperatur. Gas hasil pembakaran tersebut dialirkan ke turbin gas, tepatnya

ke sudu-sudu turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin gas tersebut digunakan untuk memutar kompresornya sendiri dan memutar beban lainnya seperti generator listrik, dll. Setelah melewati turbin ini gas tersebut akan dibuang keluar melalui saluran buang (exhaust).

3.1.2 Siklus pada Unit Turbin Gas

Siklus yang digunakan pada unit turbin gas sampai saat ini adalah siklus Brayton. Siklus ini merupakan siklus daya termodinamika ideal untuk turbin gas, sehingga saat ini siklus ini yang sangat populer digunakan oleh pembuat mesin turbine atau manufacturer dalam analisis untuk performance upgrading. Siklus Brayton ini terdiri dari proses kompresi isentropik yang diakhiri dengan proses pelepasan panas pada tekanan konstan. Pada siklus Bryton tiap-tiap keadaan proses dapat dianalisis secara berikut.



Gambar 3.2. Skema (A), Diagram P-v (B) dan Diagram T-s (C) Siklus Brayton

Secara umum proses yang terjadi pada suatu sistem turbin gas adalah sebagai berikut:

- Pemampatan (compression) udara di hisap dan dimampatkan
- Pembakaran (combustion) bahan bakar dicampurkan ke dalam ruang bakar dengan udara kemudian di bakar.
- Pemuaiian (expansion), gas hasil pembakaran dialirkan ke turbin.
- Pembuangan gas (exhaust) gas hasil pembakaran dikeluarkan lewat saluran pembuangan.

Siklus Brayton melibatkan tiga komponen utama yakni kompresor, ruang bakar (combustion chamber), dan turbin. Media kerja udara atmosfer masuk melalui sisi inlet kompresor, melewati ruang bakar, dan keluar kembali ke atmosfer setelah melewati turbin. Fenomena-fenomena termodinamika yang terjadi pada siklus Brayton ideal adalah sebagai berikut:

a. Proses Kompresi Isentropik (1-2)

Udara atmosfer masuk ke dalam sistem turbin gas melalui sisi inlet kompresor. Oleh kompresor, udara dikompresikan sampai tekanan tertentu diikuti dengan volume ruang yang menyempit. Proses ini tidak diikuti dengan perubahan entropi, sehingga disebut proses isentropik. Proses ini ditunjukkan dengan angka 1-2 pada kurva di atas.

b. Proses Pembakaran Isobarik (2-3)

Pada tahap 2-3, udara terkompresi masuk ke ruang bakar. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar, dan diikuti dengan proses pembakaran bahan bakar tersebut. Energi panas hasil pembakaran diserap oleh udara (q_{in}), meningkatkan temperatur udara, dan menambah volume udara. Proses ini tidak mengalami kenaikan tekanan udara, karena udara hasil proses pembakaran bebas berekspansi ke sisi turbin. Karena tekanan yang konstan inilah maka proses ini disebut isobarik.

c. Proses Ekspansi Isentropik (3-4)

Udara bertekanan yang telah menyerap panas hasil pembakaran, berekspansi melewati turbin. Sudu-sudu turbin yang merupakan nozzle-nozzle kecil berfungsi untuk mengkonversikan energi panas udara menjadi energi kinetik. Sebagian energi tersebut dikonversikan turbin untuk memutar kompresor. Pada sistem pembangkit listrik turbin gas, sebagian energi lagi dikonversikan turbin untuk memutar generator listrik. Sedangkan pada mesin turbojet, sebagian energi panas dikonversikan menjadi daya dorong pesawat oleh sebetuk nozzle besar pada ujung keluaran turbin gas.

d. Proses Pembuangan Panas (4-1)

Tahap selanjutnya adalah pembuangan udara kembali ke atmosfer. Pada siklus Brayton ideal, udara yang keluar dari turbin ini masih menyisakan sejumlah energi panas. Panas ini diserap oleh udara bebas, sehingga secara siklus udara tersebut siap untuk kembali masuk ke tahap 1-2 lagi.

3.1.3 Komponen Utama Unit Turbin Gas

A. Air Inlet

Berfungsi untuk menyaring kotoran dan debu yang terbawa dalam udara sebelum masuk ke kompresor. Bagian ini terdiri dari:

- Air Inlet Housing, merupakan tempat udara masuk di mana di dalamnya terdapat peralatan pembersih udara dari debu-debu atau partikel yang terbawa bersama udara masuk.

- Filter, merupakan penyaring yang terdapat pada bagian dalam inlet house, udara yang sudah melewati filter akan masuk ke dalam kompresor aksial.
- Inlet Guide Vane, merupakan blade yang berfungsi sebagai pengatur jumlah udara yang masuk agar sesuai dengan yang diperlukan.



Gambar 3.3. *Intake Air Filter*

B. Kompresor

Komponen utama pada bagian ini adalah Axial Flow Compressor yang terdiri dari 19 tingkat, berfungsi untuk mengkompresikan udara yang berasal dari inlet air section hingga bertekanan tinggi sehingga pada saat terjadi pembakaran dapat menghasilkan gas panas berkecepatan tinggi yang dapat menimbulkan daya output turbin yang besar. Kompresor ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian rotor assembly dan stator. *Compressor Rotor Assembly* merupakan bagian dari kompresor aksial yang berputar pada porosnya. Sementara *Compressor Stator* merupakan bagian dari casing gas turbin. Bagian casing ini harus dirawat untuk menutup toleransi sehubungan dengan bagian ujung sudu rotor agar tidak cepat rusak dan menghasilkan efisiensi secara maksimum. Kompresor stator terdiri dari:

- *Inlet Casing*, merupakan bagian dari casing yang mengarahkan udara masuk dari *Inlet Guide Vane (IGV)*. IGV terletak di ujung belakang dari *Inlet Casing*. Posisi dari vane ini dapat mengatur kuantitas dari udara kompresor yang masuk. IGV digerakkan oleh

- silinder hidrolik yang tersambung dengan IGV ring yang memutar *Individual pinion gears* yang terletak di ujung tiap vane.
- *Compressor Casing*, bagian ini di dalamnya terdapat 10 stage kompresor.
 - *Discharge Casing*, merupakan bagian casing yang berfungsi sebagai tempat keluarnya udara yang telah dikompresi. Bagian ini terdiri dari 7 stage terakhir dari kompresor. Di dalamnya terdapat inner dan outer kompresor diffuser yang menghubungkan antara kompresor dengan stator turbin, serta mendukung bagian terluar dari *combustion cans*. Discharge casing terdiri dari silinder luar sebagai casing dari kompresor serta silinder dalam sebagai casing dari rotor. Diffuser ini terbentuk oleh *annulus* yang lancip diantara silinder luar dan silinder dalam dari discharge casing. Diffuser mengubah sebagian kecepatan keluar dengan tekanan tambahan.



Gambar 3.4 Kompresor

C. *Combustion Chamber*

Combustion chambers memiliki 18 *combustion basket* dengan bentuk memutar (*cannular*). *Combustion basket* memiliki bentuk yang beragam tergantung dari fungsinya. Udara bertekanan masuk kedalam *combustion basket* dan bercampur dengan bahan bakar yang melewati *nozzle* untuk mendapatkan campuran yang tepat. Pada *basket* ke 11 dan 12 terdapat *ignitor* berupa *spark plug*. Bagian ini memercikkan api untuk menghasilkan pembakaran. Pembakaran menyebar ke tiap-tiap *basket* melalui *cross flame tube* kemudian berakhir pada *combustion basket* yang terletak pada ujung

lain, yaitu basket ke 2 dan ke 3. Pada *basket* ini terdapat *flame detector* yang berfungsi mendeteksi pembakaran. Jika tidak terdeteksi api pada *flame detector*, pembakaran dianggap tidak merata dan tidak akan berlanjut ke proses selanjutnya serta dianggap proses pembakaran gagal. Jika sudah terdeteksi berarti pembakaran sudah merata.



Gambar 3.5. *Combustion Basket Pada Saat Overhaul*

Setelah proses pembakaran terjadi secara sempurna, gas hasil pembakaran dialirkan ke *turbine* melalui *transition piece* yang kemudian akan diteruskan menuju ke *turbine first stage nozzle*. Pada nozzle ini udara panas dibagi ke ruang secara merata. *Transition piece* memiliki segel di kedua bagian ujungnya sehingga meminimalisir terjadinya kebocoran dari hasil keluaran udara panas.



Gambar 3.6. *Transition Piece*

D. *Turbine*

Turbine section merupakan tempat terjadinya konversi energi kinetik berupa dorongan udara panas yang kuat dari kompresor dan *combustion section* menjadi energi mekanik. Setiap *stage* turbin terdiri dari nozzle dan *wheel* yang sesuai dengan ruang tersebut. Komponen-komponen pada turbin section adalah sebagai berikut :

- *Turbine Rotor*

Bagian rotor turbin terdiri dari *distance piece*, *first stage wheel*, *spacer*, *second stage wheel*, *spacer*, *third stage wheel*, dan poros *wheel* belakang. Pada poros *wheel* belakang terhubung langsung dengan *load coupling*, termasuk *N2 journal bearing*. Kedua spacer tersebut memberikan posisi aksial dari tiap-tiap *wheel* yang membawa pita penyegel diafragma. Diafragma ini difungsikan untuk proses pendinginan turbin. Pendinginan difungsikan untuk menjaga suhu agar tetap pada batasnya sehingga dapat memperpanjang umur kerja turbin. Pendinginan pada turbin stage 1, 2 dan 3.

- *Turbine Shell*

Turbine shell berfungsi untuk mengontrol posisi axial dan radial dari *shrouds* dan *nozzle*, sehingga bagian ini mengatur *clearance* turbin dan posisi dari *nozzle* pada turbine buckets. Aliran udara panas yang masuk melewati *turbine shell* menuju *turbine stage* harus dikurangi dengan mendesain *turbine shell* agar udara panas yang masuk sesuai dengan batasannya.

- *Turbine Nozzle*

Didalam turbin, terdapat terdapat 3 *stagesnozzle* tetap yang mengalirkan udara panas dengan kecepatan tinggi secara langsung berlawanan menuju *turbine buckets*, menyebabkan rotor berputar.

First stage nozzle, mengarahkan gas panas ke *first stage turbine wheel* sehingga menyebabkannya berputar dan dapat mengkonversikan energi kinetik dari aliran udara yang berkecepatan tinggi menjadi energi mekanik berupa putaran rotor. *First stage nozzle* memiliki 18 segmen dengan masing-masing memiliki dua *airfoils*. Pada *second stage nozzle* berfungsi untuk mengatur aliran gas panas ke *second stage turbine wheel* dengan 16 segmen dan masing-masing memiliki tiga *airfoils* yang menyebabkan udara panas yang dialirkan semakin besar, dan menyebabkan *second stage turbine* berputar dengan kecepatan putar rotor yang lebih besar. Begitu pula dengan *third stage nozzle* yang memiliki 16 segmen dan masing-masing memiliki empat *airfoils*. Kenaikan kecepatan aliran udara panas ini juga dipicu oleh *pressure drop*.



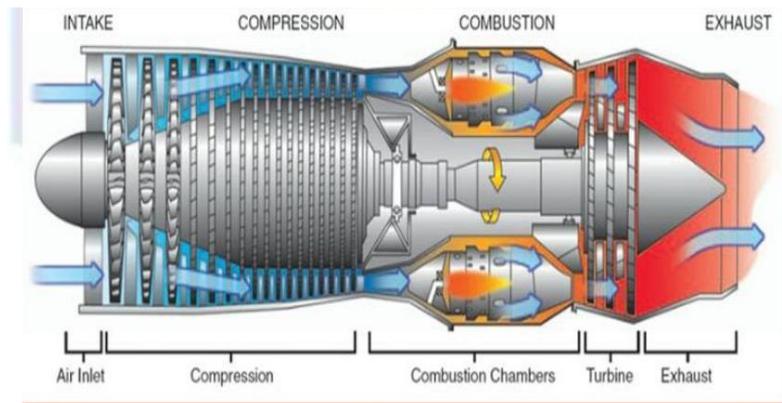
Gambar 3.7 Turbin pada saat Overhaul

E. *Exhaust*

Exhaust section adalah bagian akhir turbin gas yang berfungsi sebagai saluran pembuangan gas panas sisa yang keluar dari turbin gas. Exhaust section terdiri dari beberapa bagian yaitu : (1) Exhaust Frame Assembly, dan (2)Exhaust gas keluar dari turbin gas melalui exhaust diffuser pada exhaust frame assembly, lalu mengalir ke exhaust plenum dan kemudian didifusikan

dan dibuang ke atmosfer melalui exhaust stack, sebelum dibuang ke atmosfer gas panas sisa tersebut diukur dengan exhaust thermocouple di mana hasil pengukuran ini digunakan juga untuk data pengontrolan temperatur dan proteksi temperatur trip. Pada exhaust area terdapat 18 buah termokopel yaitu, 12 buah untuk temperatur kontrol dan 6 buah untuk temperatur trip.

- Spesifikasi Komponen pada Unit Turbin Gas
 - Merek : mitsubishi heavy industri Co
 - Type : MX 701 D, axial flow reaction Type
 - Putaran : 3000 rpm, pada keadaan maksimum 3750 rpm
 - Jumlah tingkat : 4
- Spesifikasi ruang bakar
 - Type : canular type
 - Jml ruang bakar : 18
- Spesifikasi kompresor
 - Type : axial flow type
 - Jml tingkat : 19



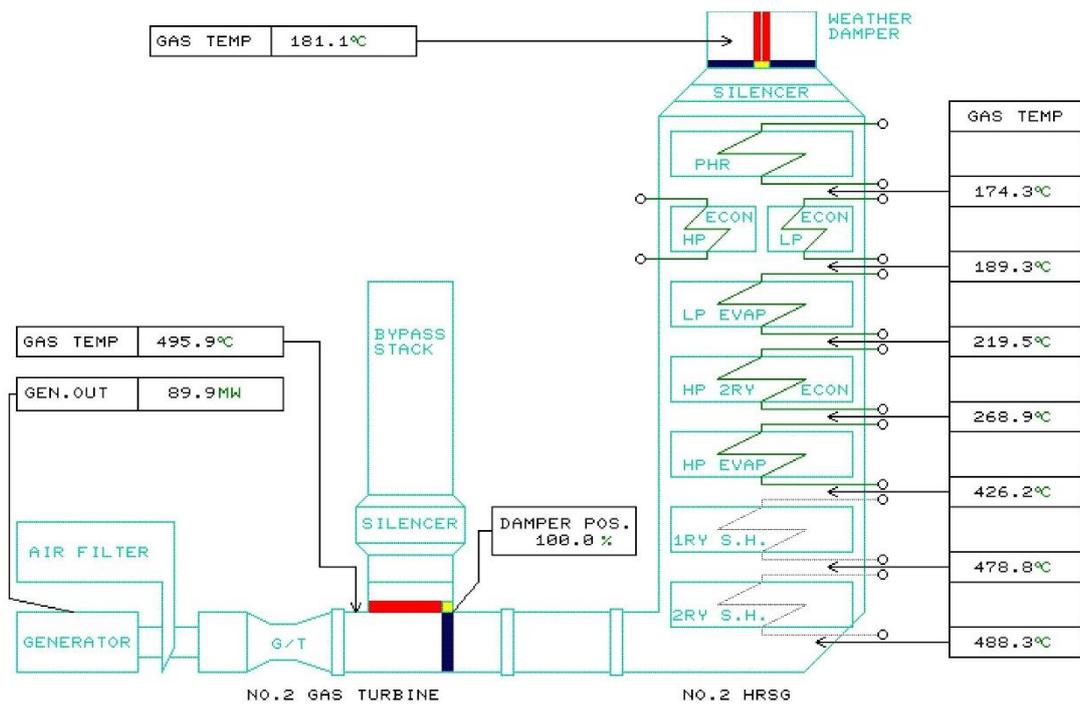
Gambar 3.8 Exhaust

3.2 Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

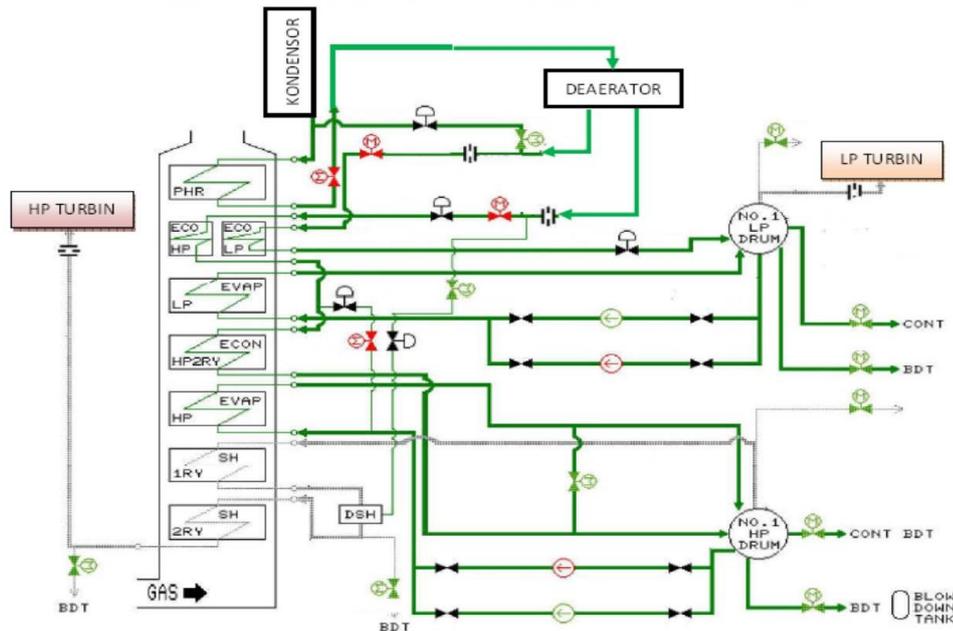
Energi panas yang terkandung dalam gas buang/saluran keluaran turbin gas yang temperaturnya masih cukup tinggi (sekitar 563°C) dialirkan masuk ke dalam HRSG untuk memanaskan air di dalam pipa-pipa pemanas (*Evaporator*), selanjutnya keluar melalui cerobong dengan temperatur sekitar 150°C. Air di dalam pipa-pipa pemanas yang berasal dari *Drum* mendapat pemanasan dari gas panas tersebut, sebagian besar akan berubah menjadi uap dan yang lain masih berbentuk air. Campuran air dan uap selanjutnya masuk kembali ke dalam *Drum*. Di dalam *Drum*, uap dipisahkan dari air dengan menggunakan pemisah uap yang disebut *Separator*. Uap

yang sudah terpisah dari air selanjutnya dipanaskan lebih lanjut, sehingga kemudian dapat digunakan untuk menggerakkan turbin uap, sedangkan air yang tidak menjadi uap disirkulasikan kembali ke pipa-pipa pemanas, bersama-sama dengan air pengisi yang baru. Demikian proses ini berlangsung terus menerus selama unit beroperasi. Adapun Spesifikasi HRSG sebagai berikut :

Merk : CMI,Belgium
 Type : Vertical Gas Flow Word Circulating Dual Pressure
 Kemampuan Penguapan : HP = 19,1 Ton/H ; LP = 48,5 Ton/H
 Batas Tekanan Uap : HP = 77 Kg/cm² ; LP = 5,5 Kg/cm²
 Batas Temperatur Uap : HP = 507°C ; LP = Saturation
 Jumlah Gas : 1500 Ton/H
 Temperatur Gas : Input = 532°C ; Output = 99°C



Gambar 3.9. Diagram HRSG



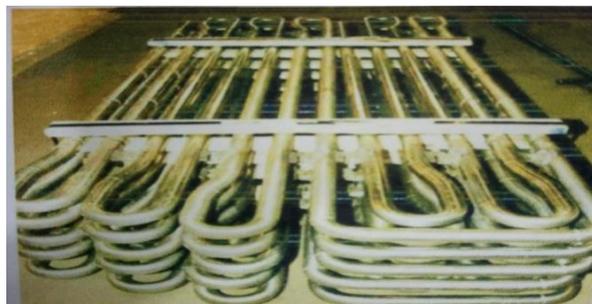
Gambar 3.10. Siklus Fluida Pada HRSG

3.2.1 Peralatan Utama pada HRSG

Peralatan utama HRSG adalah sebagai berikut : SuperHeater, HP Evaporator, LP Evaporator, HP Economiser, LP Economiser, dan Preheater.

A. Superheater

Superheater merupakan alat penukar kalor pada HRSG yang menghasilkan uap panas lanjut (superheated steam). Superheater dapat terdiri dari satu atau penukar kalor, sebagaimana di PLTGU Grati superheater ada 2 tahap yaitu primary dan secondary nya superheater. Pada dilengkapi superheater biasanya dilengkapi dengan temperature control yang menjaga temperature uap yang keluar dari superheater agar tidak melebihi batas high temperature, sistem ini dinamakan Desuperheater. Desuperheater ini fungsinya menjaga temperature keluar HRSG yang masuk ke dalam turbin (HP Turbin) agar tidak melebihi set temperature material turbin.



Gambar 3.11 Superheater

B. Evaporator

Evaporator atau boiler bank merupakan alat penukar kalor dimana akan menghasilkan uap jenuh (saturated) dari feed water. Pada Vertikal HRSG dengan sirkulasi paksa yang menggunakan pompa sirkulasi, air sirkulasi akan mengalir dari drum masuk deaerator dan kembali ke drum kembali. Air feed water dalam fase saturated yang ada dalam pipa akan ke drum dan terbisa antara yang masih berupa fase cair dan fase saturated steam. Evaporator sendiri dibagi 2 yaitu LP Evaporator dan HP Evaporator



Gambar 3.12. Evaporator

C. Economizer

Economiser ini merupakan pemanas awal untuk air pengisi HRSG (feed water), dimana air pengisi akan mengalir dari deaerator menuju steam drum. Pada Economiser ini proses yang terjadi yaitu pemanasan sensible, yaitu menaikkan temperature air tanpa merubah fase. Pada pipa-pipa economiser dijaga agar tidak terjadi penguapan (mencapai titik uap air) atau dalam bahasa pembangkit dijaga agar tidak terjadi steaming. Pada beban-beban Gas Turbine rendah hal ini bisa menyebabkan terjadi steaming, sehingga perlu adanya Economiser Recirculating untuk menjaga agar tidak terjadi penguapan.



Gambar 3.13 Economizer

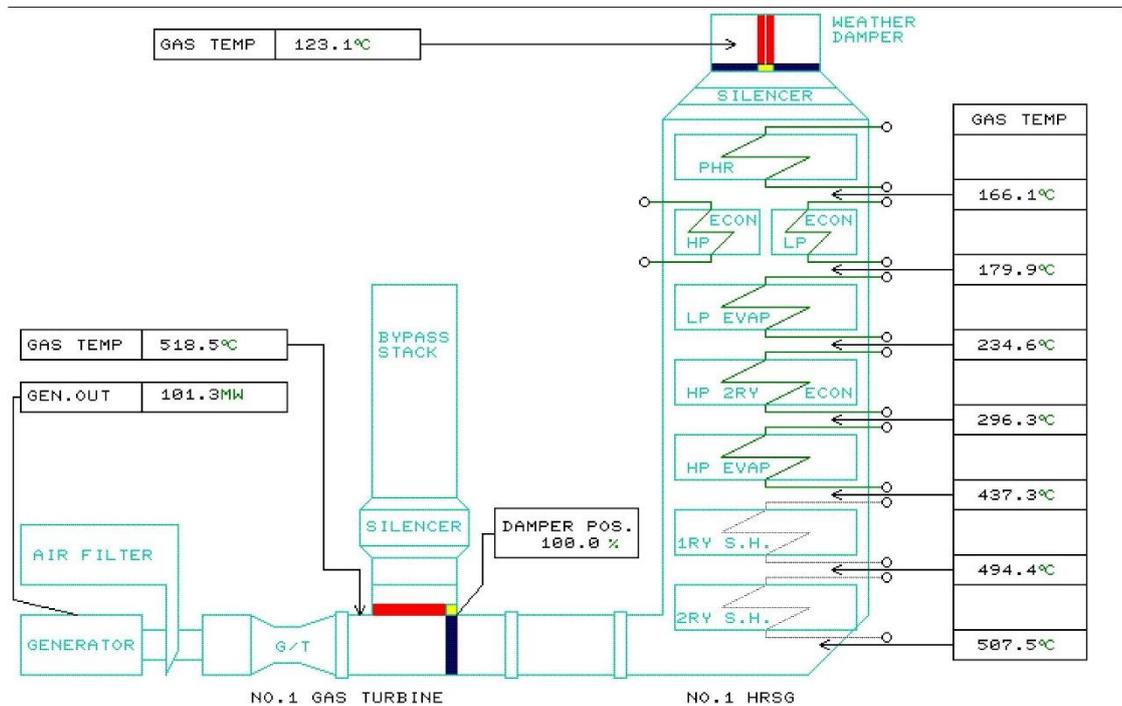
D. Pre-Heater

Preheater merupakan penukar kalor yang sebagai pemanas awal untuk air kondensat dari kondensasi di kondensor sebelum siap untuk menjadi air pengisi di deaerator. Preheater ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi dari HRSG itu sendiri. Preheater berada pada bagian akhir atau paling atas dari HRSG untuk menyerap energi terendah dari gas buang.

Dengan pengoperasian preheater ini maka proses deaerasi air pengisi di deaerator akan membutuhkan lebih sedikit LP Auxillary Steam, sehingga energi steam bisa dimanfaatkan dalam turbin.



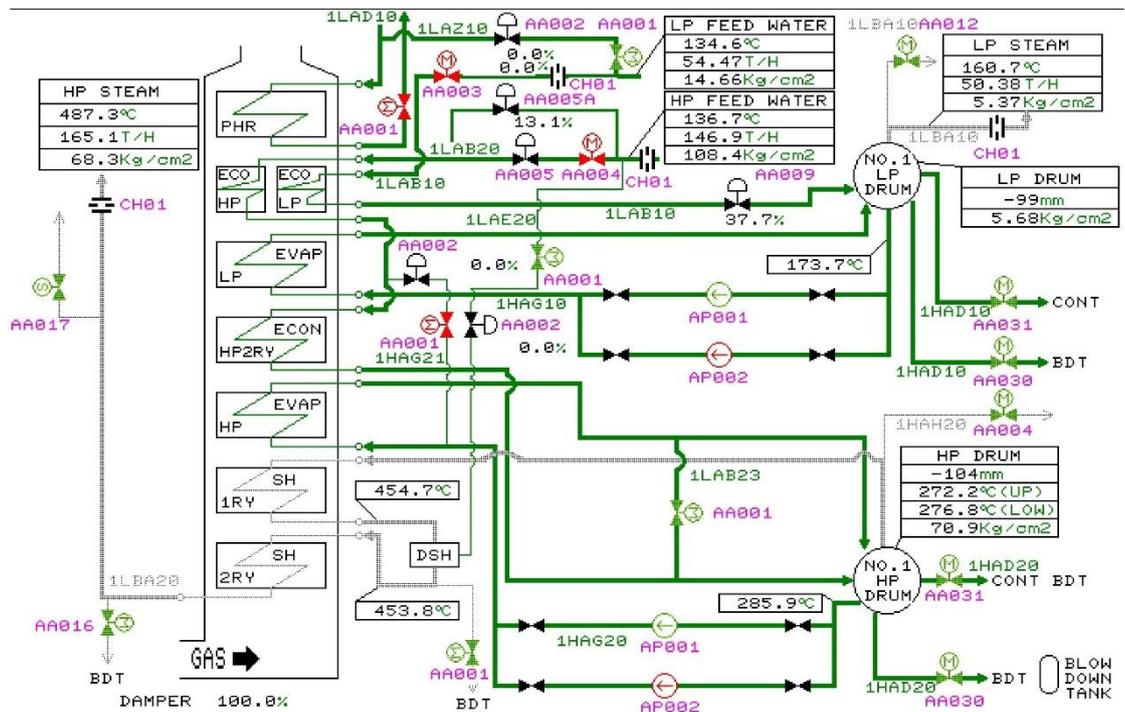
Gambar 3.14. Pre-Heater



Gambar 3.15. Distribusi temperature pada HRSG

Keterangan :

- Posisi damper menutup saat terjadi overhaul pada HRSG atau turbin gas, sehingga gas buang dari turbin gas langsung di bypass eluar untuk dibuang
- Sudut bukaan damper dapat disesuaikan dengan kebutuhan, antara lain 0', 20', 45', 70', dan 90'.



Gambar 3.16. Diagram alir HRSG

Keterangan :

- Desuperheater (lingkaran merah) adalah alat pendukung untuk menjaga temperatur uap kering agar tetap konstan sebelum masuk ke HP steam
- Properties pada HP steam, LP steam, HP drum, LP drum dapat diketahui disini.

3.2.2 Peralatan Pendukung HRSG

A. Exhaust Damper

Berfungsi sebagai pengatur laluan gas buang dari Gas Turbin menuju *bypass stack* untuk *open cycle* atau menuju HRSG untuk *combined cycle*.



Gambar 3.17. Exhaust Damper

B. Weather Damper

Berfungsi untuk menutup outlet HRSG apabila tidak beroperasi agar tidak kemasukan air hujan.



Gambar 3.18. *Weather Damper*

C. Boiler Circulating Pump

BCP terdiri dari LP BCP dan HP BCP, yang berfungsi sebagai alat untuk memompa dan atau mensirkulasi air dari *Steam Drum* melalui *Evaporator* dan selanjutnya kembali ke *Steam Drum*.



Gambar 3.19. Boiler Circulating

3.2.3 Prinsip Kerja HRSG

Pada prinsipnya, HRSG sebagai pembentuk uap bertekanan, dengan media panas berasal dari gas buang turbin gas. Kemudian uap bertekanan tersebut dipergunakan untuk menggerakkan turbin uap, dan selanjutnya memutar generator.

Secara garis besar, HRSG pada PLTGU Gresik terdiri atas dua tingkat sesuai dengan uap yang dihasilkan, yaitu :

- High Pressure (HP)
- Low Pressure (LP)

Kedua uap tersebut dipisahkan dengan peralatan yang berbeda sesuai dengan gas buang yang dilaluinya. Di bagian bawah adalah peralatan HP, dan dilalui gas buang paling panas. Sementara peralatan LP terletak di bagian atas. Komponen HRSG dalam membentuk High Pressure Steam adalah sebagai berikut :

A. HP Steam Drum

Befungsi untuk menampung hasil uap bertekanan tinggi dan air, kemudian dialirkan pada bagian berikutnya

B. HP Economizer

Befungsi untuk menaikkan temperature air bertekanan tinggi yang masuk ke dalamnya. Terdiri dari HP Primary Economizer dan HP Secondary Economizer.

C. HP Evaporator

Befungsi untuk menguapkan air bertekanan tinggi yang masuk ke dalamnya, sehingga berubah dari fase cair mmenjadi fase uap.

D. Primary Super Heater

Befungsi untuk menaikkan temperature uap yang berasal dari HP Evaporator, sehingga menjadi uap kering Superheat.

E. Secondary Super Heater

Fungsinya sama dengan Primary Super Heater. Prosesnya uap dari Primary Super Heater menuju Secondary Super Heater, dan selanjutnya superheat tersebut masuk ke HP Steam Turbin

F. HP Boiler Circulating Pump

Berfungsi memompa air dari HP Drum menuju ke HP Evaporator.



Gambar 3.9. HP Boiler Circulating Pump (BCP)

Sedangkan komponen dari Heat Recovery Steam Generator yang membentuk Low Pressure Steam (LP) adalah sebagai berikut :

A. LP Steam Drum

LOW PRESSURE DRUM		DRUM TEKANAN RENDAH	
KKS NO		13 HAD10 00001	
ORDER NO/SERIE /YEAR		BP2729	1992
CODE		T.R.D.	
PRESSURE DESIGN	(Kg/cm ² g)	10	
SERVICE	(Kg/cm ² a)	7	
TESTING	(Kg/cm ² g)	15	
TEMPERATURE DESIGN	(°C)	183	
SERVICE	(°C)	181.2	
TESTING	(°C)	20	
VOLUME	(m ³)	35.8	
WEIGHT EMPTY / FULL	(T)	9.8	43.8

Gambar 3.10. Spesifikasi LP Drum

Berfungsi untuk menampung hasil uap bertekanan rendah dan air, kemudian disalurkan ke bagian berikutnya.

B. LP Boiler Circulating Pump



Gambar 3.11. LP Boiler circulating Pump (BCP)

Befungsi untuk memompa air dari LP Drum menuju ke LP Evaporator

C. LP Economizer

Befungsi untuk menaikkan temperature air bertekanan rendah yang masuk ke dalamnya sebelum ke LP Drum.

D. LP Evaporator

Befungsi untuk menguapkan air bertekanan rendah yang masuk ke dalamnya, sehingga dari fase air berubah menjadi fase uap kering. Selanjutnya uap tersebut masuk ke LP Drum untuk dipisah antara air dan uap. Uap masuk ke LP Steam Turbin.

Sistim kerja HRSG diawali dengan masuknya gas buang dari hasil proses turbin gas (Open Cycle) ke dalam HRSG. Gas buang yang masuk mempunyai temperature yang masih tinggi yaitu sekitar 515oC sehingga dapat digunakan untuk memanaskan air dan membentuk uap HRSG.

Di dalam HRSG terdapat pipa-pipa yang kecil melintang atau yang disebut dengan tube-tube. Pipa kecil atau tubes tersebut, berisi air yang nantinya akan dipanasi oleh gas buang yang masuk. Dengan begitu terjadi heat transfer dari gas buang panas menuju ke air di dalam tube yang kemudian air berubah fase menjadi uap.

Proses pemanasan air dimulai dari bagian paling atas, yaitu air kondensat dipompa oleh Condensate Extraction Pump menuju ke preheater. Di dalam preheater, air kondensat dipanaskan yang kemudian air dari preheater masuk menuju ke Deaerator. Ketika masuk Deaerator, kandungan udara dan zat-zat terlarut pada air kondensat dihilangkan dengan cara aair

kondensat yang masuk Deaerator di-spray dengan uap tekanan rendah sehingga juga menaikkan temperature air kondensat. Kemudian dari deaerator, untuk air bertekanan rendah Low Pressure (LP) dipompa oleh LP Boiler Feed Pump (LP BFP) masuk ke LP Economizer, lalu masuk ke LP Drum. Selanjutnya dipompa dengan LP Boiler Circulating Pump (LP BCP), dan dilewatkan melalui LP Evaporator. Disini air bertekanan rendah tersebut, akan meningkat temerturnya, dan selanjutnya dialirkan ke LP Steam Drum untuk dipisahkan antara air dan uap oleh Demister. Untuk airnya ditampung di bagian bawah Drum, sedangkan untuk fluida yang sudah menjadi uap dialirkan langsung menuju LP Steam Turbin.

- Spesifikasi Peralatan HRSG
 - Merk : CMI,Belgium
 - Type : vertical gas flow up word circulation dual press
 - Kemampuan penguapan : HP = 18,1 ton/h ; LP = 48,5 ton/h
 - Limit Tek. Uap : HP = 77 kg/cm² ; LP = 5,5 kg/cm²
 - Limit Suhu Uap : HP = 5070 C ; LP = saturation
 - Jumlah Gas : 1500 ton
 - Suhu Gas : input = 532 C ; output = 99 C

3.3 Turbin Uap

Turbin uap merupakan peralatan pembangkit tenaga yang memanfaatkan uap keering hasil pemanasan air dalam boiler (Heat Recovery Steam Generator) oleh gas panas yang keluar dari turbin gas, sehingga mempunyai nilai ekonomi yang sangat tinggi.

Peralatan utama dari turbin uap antara lain :

1. Pompa Air Condensat.
Pompa pada sistem ini digunakan untuk mengalirkan air dari kondensor ke pemanasan awal.
2. Turbin
Merupakan peralatan utama yang diputar oleh uap dari HRSG untuk menghasilkan power yang akan dimanfaatkan untuk menggerakkan generator.

Bagian-bagian dari turbin antara lain :

A. Sudu Turbin

Sudu yang digunakan adalah sudu reaksi aliran tunggal untuk HP turbin dan sudu aliran ganda untuk LP turbin. Sudu reaksi digunakan untuk turbin dengan kapasitas besar karena sudu tersebut mempunyai efisiensi yang tinggi. Pada sudu reaksi, kecepatan uap relative rendah akibat tekanan turun dan pengaruh efisiensi aerodinamik. Sudu jenis reaksi mempunyai clearance.

B. Rotor

Rotor turbin memiliki tekanan tinggi dibuat dari solid alloy steel forging yang mempunyai sifat creep nature strength yang baik. Rotor ini mempunyai trust balance piston, alat ini sangat baik untuk melawan gaya reaksi dari sudu-sudu tekanan tinggi. Demikian juga halnya dengan rotor tekanan rendah dibuat dari bahan yang sama sehingga kekuatan tariknya cukup tinggi. Geometri rotor dirancang dengan cermat sehingga kekuatan tariknya cukup tinggi. Geometri rotor dirancang dengan cermat sehingga konsentrasi tegangannya sekecil mungkin agar tegangan thermal transient sama dengan tegangan banding. Perlu diketahui bahwa sifat dari rotor mempunyai karakter yang stabil karena tidak ada tegangan sisa pada proses pembuatan rotor.

Suatu flens kopling tipe rigid digunakan diantara rotor tekanan tinggi dan tekanan rendah, dimana kedua rotor tersebut diletakan secara axial terhadap trust bearing HP turbin. Rotor tekanan rendah dihubungkan dengan generator melalui rigid kopling dan elemen-elemen putar utama didukung dengan enam bearing.

C. Casing

Casing adalah bejana dimana rotor ditempatkan yang juga berfungsi sebagai pembatas pada sudu turbin. Casing mempunyai sebuah lubang pada rotor keluar seolah-olah menembus casing sehingga memungkinkan penempatan bantalan pengunjung rotor diluar casing.

Casing biasanya terdiri dari dua bagian yang ter[isah yaitu casing atas (cover) dan casing bawah (base). Keduanya ditangkupkan menjadi satu kemudian diikat menjadi baut-pengikat. Bentuk ini memudahkan pemasangan awal serta pembongkaran untuk pemeliharaan. HP turbin terbuat dari logam baja, untuk mengimbangi adanya masalah yang timbul karena perubahan temperature dan getaran yang ditimbulkan mesin.

D. Bantalan (bearing)

Turbin memiliki dua buah bantalan pada masing-masing rotor dan satu buah trust bearing, dengan tipe pelumas paksa. Bantalan ini berfungsi sebagai penyangga rotor agar tetap stabil pada posisinya sehingga rotor dapat berputar dengan aman.

E. Turning Gear

Saat turbin berhenti beroperasi, uap dengan temperature rendah cenderung berkumpul didalam slinder bagian bawah dan membuat rotor bagian bawah lebih cepat dingan dibanding bagian atas sehingga dapat menyebabkan distorsi. Untuk menghindari hal ini, turning gear diputar pelan-pelan sekitar 3rpm sampai bagian atas rotor dingin (60°C).

F. Pompa minyak pelumas, terdiri dari :

- Pompa-pompa oil (Main Oil Pump)
- Auxillary oil pump
- Turning gear oil pump
- Emergency oil pump

G. Seal Oil Unit

Media pendingan oli pelumas adalah cooling water (sama seperti gas turbin_ dan terjadi perbedaan temperature yang signifikan antara sebelum dan sesudah oil cooler.



Gambar 3.12. Spesifikasi Turbin Uap

- Spesifikasi Turbin Uap :
 - Merk : Mitsubishi Heavy Industry Co.
 - Type : TC 2F-33,5
 - Kapasitas : 188,91 KW
 - Putaran : 3000 rpm
 - Hampa Kondensor : 697 mmHg
 - Tek. Uap Masuk : HP = 74 kg/cmG ; LP = 4,1 kg/cmG
 - Limit Suhu Masuk : HP = 505 C ; LP = 179,5 C

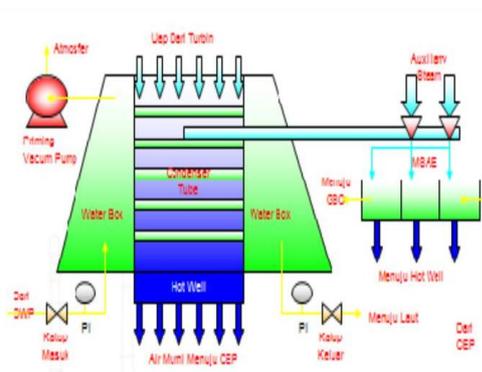
H. Kondensor

Merupakan peralatan untuk mengembunkan kembali uap yang telah dimanfaatkan untuk memutar turbin. Hal ini untuk menghemat penggunaan air serta menjaga kemurnian air yang digunakan dalam sistem HRSG. Untuk pendinginan kondensor tersebut menggunakan air laut



Gambar 3.13 Kondensor

Oleh karena kondensator merupakan salah satu komponen utama turbin yang sangat penting, maka kemampuan kondensator dalam mengkondensasikan uap keluaran turbin harus benar-benar diperhatikan, sehingga perpindahan panas antara fluida pendingin dengan uap keluaran turbin dapat maksimal dan pengkondensasian terjadi dengan baik. Agar uap dapat bergerak turun dengan lancar dari sudu terakhir turbin, maka vakum kondensator harus dijaga. Dengan adanya vakum dikondensator maka tekanan udara pada kondensator menjadi rendah. Dengan tekanan yang lebih rendah tersebut maka uap akan bergerak dengan mudah menuju kondensator. Akibat kondensasi ini sisi uap kondensator termasuk *hotwell* berada pada kondisi *vacuum*.



Gambar 3.14 Sistem Pendinginan di Kondensator

Fungsi Utama Condensator :

1. Merubah uap bekas dari turbin menjadi air
2. Menambah energi ke turbin (dengan adanya *vacuum*)
3. Menampung dan mengontrol air kondensat
4. Mengeluarkan udara / gas gas yang tidak terkondensasi

Kondensator terdiri dari *tube-tube* kecil yang melintang. Pada *tube-tube* inilah air pendingin dari laut dialirkan. Sedangkan uap mengalir dari atas menuju ke bawah agar mengalami kondensasi atau pengembunan. Sebelum masuk kedalam kondensator, air laut biasanya melewati debris *Filter* yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang terbawa air laut.

- Spesifikasi Kondensator :

- Type : Radial Flow Cooling Surface.
- Luas perm. pendingin : 14,15 m²
- Aliran Air Pendingin : 46,07 m³/h
- T in Air Pendingin : 30 C
- Vacuum : 697 mmHg
- Kec. Air Pendingin : 2,1 m/s (dalam tube)
- Disolved O₂ Content < 0,01 cm³/liter

I. Deaerator

Merupakan alat untuk menyingkirkan gas-gas yang tidak terlarut dalam air. Gas-gas ini timbul karena adanya kebocoran dari atmosfer atau gas-gas yang terbentuk dari dekomposisi air menjadi oksigen dan hydrogen akibat reaksi termal.



Gambar 3.13. Deaerator Turbin Uap

Alat yang dipakai untuk mengontrol kualitas air pada proses di deaerator adalah :

- pH Meter
Alat ini digunakan untuk mengetahui pH air dari proses deaerator, sehingga dapat ditentukan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengatasi terjadinya penyimpangan. Batasan harga pH air proses pada deaerator adalah 8,50 – 9,30.
- Conductivity Meter
Alat ini selain sebagai control dari konduktivitas air proses dalam deaerator juga sebagai injeksi N_2H_4 kedalam air proses. Batasan Konduktivitas air proses di deaerator adalah 5,0 $\mu\text{s/cm}$.
- DO Meter
Alat ini digunakan untuk mengontrol kandungan oksigen dalam air proses, sehingga bisa diketahui secara dini apabila dalam air proses terikat oksigen. Oksigen dalam air proses tidak dikehendaki karena sangat berbahaya terhadap alat-alat yang digunakan. Kandungan oksigen dalam air proses tertinggi disyaratkan adalah 5ppb.

- Spesifikasi Deaerator :
 - Merk : Mitsubishi Heavy Industry Co.
 - Type : Spray Try dengan Direct contact interval vent condense
 - Kapasitas : 700.000 kg/day
 - Volume St. Tank : 120 m³
 - Disolve O₂ di feed water < =0,005 cc/lit

J. Generator

Generator adalah peralatan yang mengubah tenaga mekanis putaran menjadi tenaga listrik. Generator yang digunakan adalah jenis generator sinkron tiga fasa yang memiliki rotor silindris dan di dalamnya terdapat belitan peredam (*Damper winding*) serta dihubungkan langsung dengan turbin.

Bagian-bagian utama dari generator terdiri dari :

1. Stator

- Berbentuk kumparan yang terdiri dari 2 lapisan
- Terbuat dari tembaga berlapis rangkap dan tipis
- Komponen terletak dalam alur dengan posisi ujung yang dibalik untuk mengurangi arus pusar

2. Rotor

- Berbentuk silindris dan memiliki sepasang katup
- Terbuat dari baja dengan kualitas tinggi
- Mempunyai kumparan sebagai pembangkit medan utama

3. Bearing

- Terletak di bagian atas dan bagian bawah dengan sistem pelumasan dan pendinginan oleh turbin
- Kedua bearing dilengkapi hydraulic shaft lift oil system untuk mencegah terjadinya gesekan saat start up.

- Spesifikasi Generator turbin gas

- Merek : Siemens
- Type : TLRI 108/36/SIEMENS
- Output : 153,75 KW
- Tegangan : 10,5 + 5 %
- Arus : 2454 – SI
- Faktor Daya : 0,8
- Sambungan : YY
- Phase : 3 Phase

- Spesifikasi Generator turbin uap
 - Merek : Siemens
 - Type : M 127534 SIEMENS THRI 100/42
 - Output : 251,75 KW
 - Tegangan : 15,75 + 5 %
 - Arus : 9228 – SI
 - Faktor Daya : 0,8
 - Sambungan : YY
 - Phase : 3 Phase

3.4 Alat Pendukung di PLTGU

3.4.1 Boiler Feed Pump

Boiler Feed Pump adalah berfungsi untuk memompa air pengisi dari *Deaerator Storage Tank* ke *Steam Drum Economizer*, serta mensuplay *water spray* untuk *SuperHeater Control Temperature* dan dilengkapi *Valve Minimum Flow* yang berfungsi sebagai pengaman pompa pada *Flow* rendah

Penggerak BFP juga ada 2 macam, BFP yang digerakkan oleh motor listrik, BFP digerakkan oleh turbin uap. BFP yang digerakkan dengan turbin uap biasanya banyak digunakan untuk pembangkit yang berkapasitas besar karena lebih efisien. Dalam hal ini BFP dikopel langsung dengan turbin uap khusus penggerak BFP. Untuk mendapatkan variasi aliran air pengisi maka dilakukan dengan merubah putaran BFP. Bila aliran uap ditambah maka putaran pompa akan naik. Sebaliknya bila aliran uap dikurangi maka putaran pompa BFP akan turun. Dengan cara ini diperoleh variasi aliran air pengisi *Drum Boiler*.



Gambar 3.15 Boiler Feed Pump

Pada umumnya BFP dilengkapi dengan sistem pelumasan sendiri yaitu *lube Oil* sirkulasi *Pump*. Sistem *lube Oil* BFP terdiri dari tangki pelumas, pompa pelumas, pendingin minyak pelumas, saringan dan katup-katup pengatur. Beberapa BFP terdapat 2 pompa pelumas yaitu pompa pelumas utama (satu poros pompa) dan pompa pelumas bantu (motor listrik). Sebelum pompa beroperasi, pelumasan dipasok oleh pompa pelumas bantu. Setelah pompa berputar, tugas pelumasan diambil alih oleh pompa pelumas utama. Pada BFP yang menggunakan kopling fluida maka biasanya sistem minyak pelumasan dipisahkan dengan minyak pelumas yang digunakan sebagai fluida kerja pada kopling fluida.

Sistem pengaturan aliran ini ditetapkan pada BFP yang digerakkan oleh turbin uap khusus untuk menggerakkan BFP. Dalam hal ini BFP dikopel langsung dengan turbin. Untuk mendapatkan variasi aliran, dilakukan dengan merubah putaran BFP. Variasi pengaturan putaran turbin dilakukan oleh governor dengan sistem pengaturan yang mirip dengan sistem yang diterapkan pada turbin PLTGU. Bila aliran uap ditambah, maka putaran pompa akan naik. Sebaliknya bila aliran uap dikurangi, maka putaran pompa akan turun. Dengan cara ini diperoleh variasi aliran air pengisi ke HRSG. *Boiler Feed Pump* dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

1. LP BFP



Gambar 1 LP Boiler Feed Pump

LP BFP Adalah pompa penyalur air dari *Deaerator* ke *Lp Economizer* (HRSG) setiap satu blok ST, terdapat 4 pompa yang fungsinya 1 pompa untuk 1 HRSG supaya air bisa dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan HRSG, dan satu pompa sebagai cadangan (*Stand Bye*) bila sewaktu-waktu ada pompa yang rusak.

2. HP BFP



Gambar 2 HP Boiler Feed Pump

HP BFP Adalah pompa penyalur air dari *Deaerator* ke *HP Economizer* (HRSG) setiap satu blok ST, terdapat 4 pompa yang fungsinya 1 pompa untuk 1 HRSG supaya air bisa dimanfaatkan secara optimal untuk kebutuhan HRSG, dan satu pompa sebagai cadangan (*Stand Bye*) bila sewaktu-waktu ada pompa yang rusak.

3.4.2 Circulating Water Pump



Gambar 3 Circulating Water Pump

Untuk memompakan air laut sebagai media pendingin utama menuju kondensor dan outlet kondensor dan langsung kelaut bebas. Mengingat pentingnya kontinuitas pasokan air pendingin selama unit beroperasi maka, kebersihannya harus tetap terjamin. Untuk menjaga kebersihan tersebut maka, *water Intake* CWP dipasang saringan yang disebut:

1. *Floating Screen* (saringan apung)
2. *Bar Screen* (saringan kasar dan statis)



Gambar 4 Bar Screen

Berfungsi untuk menangkap benda-benda berukuran sedang yang terbawa air pendingin. Terbuat dari batang logam pipih yang dirangkai sehingga membentuk semacam teralis. Dipasang pada mulut saluran masuk air pendingin sebelum saringan putar. Pada daerah yang kualitas airnya buruk (banyak sampah), didepan saringan kasar

dipasang saringan berupa jaring yang biasa disebut net untuk menyaring sampah yang elastis seperti plastik dan sebagainya.

Spesifikasi *Bar Screen*:

- *Number of bar Screen* : 6 Sets
- *Type* : Stationary Type
- *Flow Rate* : 28.000 m³/WC
- *Designed differential water* : 1.00 mm WC Head (Max)²
- *Calculated allowable stress* : 1.400 Kg/cm

3. *Travelling Screen* (saringan halus dan berputar)



Gambar 5 Travelling Screen

Berupa rangkaian segmen – segmen kasa baja yang disusun sedemikian rupa membentuk suatu screen. Yang fungsinya untuk menyaring semua benda sampai yang berukuran relatif kecil dan yang lolos dari Bar screen. Cara kerjanya Sampah-sampah dalam air pendingin akan ter-sangkut pada saringan dan karena saringan bergerak, maka sampah-sampah yang menempel akan terbawa keatas permukaan. Diatas permukaan dipasang sprayer yang akan merontokkan sampah-sampah tersebut dan akan masuk saluran penampungan. Spesifikasi *Travelling Screen*:

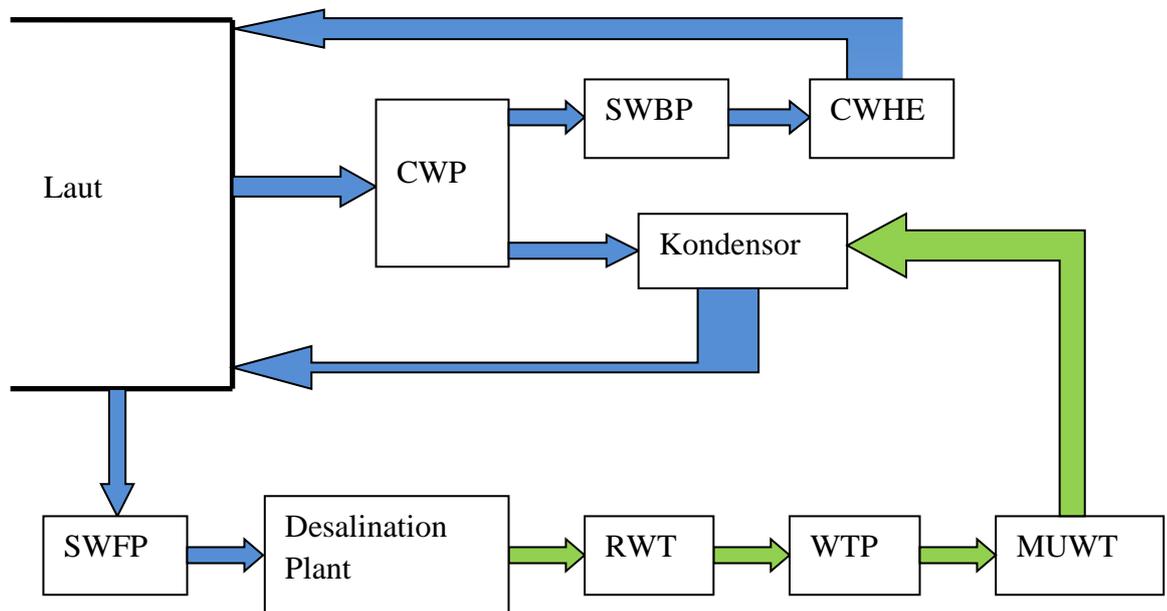
- *Design Flow Rate* : 28.000 m³/h
- *Channel width* : 2800 mm
- *Channel depth* : 9500 mm
- *Operating speed* : 10 & 5 m/min

- *Rangking capacity* : 10 t/h
- *Max. Diff head of Main* : 1000 mm

4. Screen Wash Pump (Pompa Penyemprot Saringan Putar)

Merupakan pemasok air bertekanan (3.0 kg/cm²) yang dialirkan ke nosel penyemprot guna membersihkan saringan putar. Air yang digunakan adalah juga air pendingin utama. Pompa ini dapat dioperasikan secara manual ataupun otomatis. Dalam posisi otomatis, pompa akan *start* secara otomatis bila perbedaan *level* air yang melintasi saringan putar tinggi. Perbedaan *level* yang tinggi mengindikasikan bahwa saringan sudah mulai tersumbat sampah. Dengan demikian SWP aka auto Start samapha akan dibershkan dan bila perbedaan *level* sudah normal kembali maka pompa akan *stop* secara otomatis.

3.4.3 Proses Pemanfaatan Air Laut



Gambar 3.14. Skema Sederhana Peranan dan Penggunaan Air Laut di PT PJB UP Gresik.

Keterangan:

- CWP : Circulating Water Pump
- SWBP : Sea Water Booster Pump

- CWHE : Cooling Water Heat Exchanger
- SWFP : Sea Water Feed Pump
- RWT : Raw Water Tank
- WTP : Water Treatment Plant
- MUWT : Make Up Water Tank
-  : Aliran air laut (air sebagai pendinginan dan suplai desalination plant)
-  : Aliran air tawar (air sebagai penambah fluida kerja siklus PLTGU)

Seperti yang sudah dijelaskan di atas, peranan air laut pada PLTGU Unit Gresik adalah sebagai sumber air dan uap untuk siklus, serta sebagai pendingin. Air laut sebagai pendingin dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai pendingin steam pada kondensor dan sebagai media pendingin pada Cooling Water Heat Exchanger (CWHE). Air laut diambil dengan cara dipompa oleh Circulating Water Pump (CWP).

Pada kondensor, air laut dilewatkan di dalam tube-tube sedangkan steam keluaran turbin di lewatkan di luar tube. Di sini terjadi perpindahan panas dari steam menuju air laut, serta terjadi perubahan fase pada steam dari fase uap menjadi fase cair. Steam yang sudah berubah fase menjadi air ditampung di bak penampungan yang disebut hotwell. Dari hotwell, air hasil kondensasi ini dipompa menuju deaerator lalu dipompa ke system HRSG. Untuk membuat kevakuman di kondensor, terdapat steam jet air ejector. Tekanan di kondensor sekitar 697 mmHg. Setelah digunakan untuk mendinginkan steam, air laut dipompa kembali ke laut.

Air laut juga digunakan sebagai media pendingin pada CWHE. CWHE merupakan system pendinginan untuk air pendingin (Cooling Water). Cooling Water adalah media untuk pendinginan komponen-komponen seperti minyak pelumas bearing, H₂ pendingin generator, dll. Sistem pendinginan komponen ini bersifat tertutup (Close Cycle Cooling Water). Jadi secara sederhananya, air laut juga berperan sebagai 'pendinginnya air pendingin'. Berikut skema sederhana penggunaan air laut di PLTGU PT PJB UP Gresik:

A. Destilasi

Untuk mengambil air laut digunakan sea water feed pump dan dialirkan menuju desalination plant. Proses Destilasi yaitu proses pengubahan air laut menjadi air tawar. Karena air laut mengandung mineral-mineral yang dapat menimbulkan masalah pada komponen pembangkit (misal: korosi), maka air laut perlu di-treatment menjadi air tawar. Prinsip kerjanya yaitu memanaskan air laut hingga suhu sekitar 96 °C sampai 110°C, hingga air laut menguap. Uap air laut ini diembunkan lalu diambil. Air hasil penguapan ini disebut destilate water. Selanjutnya destilate water ini dipompa menuju raw water

tank. Dari raw water tank, air mengalami treatment lagi di water treatment plant (WTP) sebelum memasuki make up water. Air yang sudah memasuki make up water ini siap digunakan pada siklus tertutup PLTGU.

Proses penguapan air laut dilakukan dengan menggunakan prinsip perpindahan panas. Ada dua jenis perpindahan panas pada proses desalinasi, yaitu yang pertama antara air laut dengan uap panas sisa yang disebut auxiliary steam di dalam brine heater, lalu yang kedua antara air laut yang sudah dipanasi oleh brine heater dengan air laut yang masih dingin. Di dalam desalination box terdapat blok-blok kecil yang berjumlah 20 blok. Perpindahan panas antara air laut yang sudah dipanasi dengan air laut yang masih dingin terjadi di dalam blok-blok tersebut.

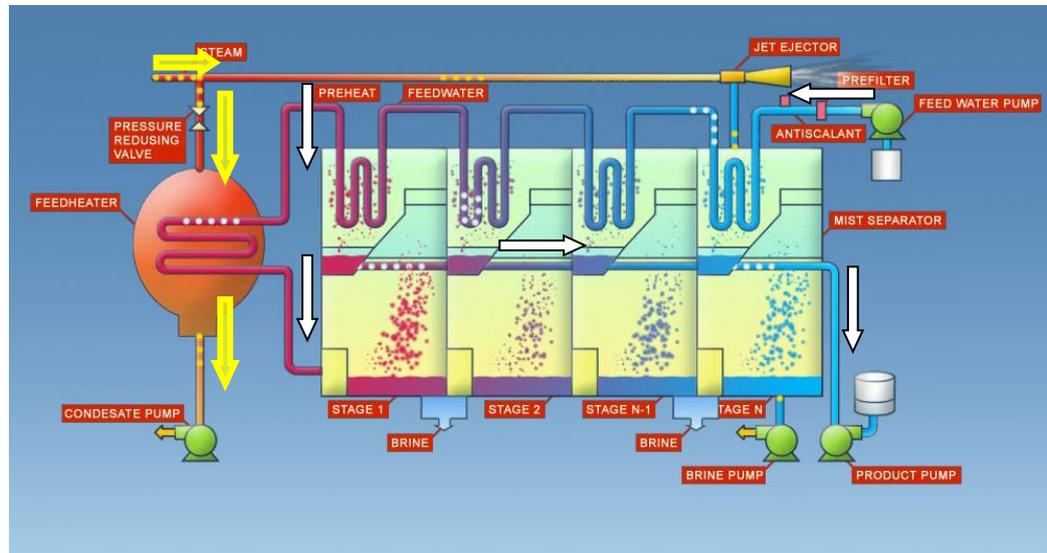
Proses detilnya, air laut yang masih dingin (tempertur sekitar 30 °C) masuk ke blok nomor 20 bagian atas, dimana blok nomor 20 merupakan blok yang terletak paling jauh dari brine heater. Lalu mengalir melewati blok nomor 19, 18, 17, dan seterusnya hingga blok nomor 1. Selama melewati blok nomor 20 hingga blok nomor 1 bagian atas, air laut ini mengalami pemanasan awal (pre heater) oleh air laut yang sudah dipanasi di brine heater. Setelah melewati blok nomor 1 bagian atas, air laut mengalami pemanasan di dalam Brine Heater. Pemanasan di Brine heater memanfaatkan perpindahan panas dari auxiliary steam ke air laut, sehingga suhu air laut meningkat menjadi sekitar 96 °C sampai 110 °C. Setelah itu air laut melewati blok nomor 1 bagian bawah, lalu menuju blok nomor 2, 3, 4, dan seterusnya hingga melewati blok nomor 20 bagian bawah.

Selama melewati blok nomor 1 hingga blok nomor 20 bagian bawah, air laaut yang telah dipanasi ini mengalami penguapan. Uap yang dihasilkan ini dipisahkan oleh demistor, sehingga uap akan naik sedangkan air yang belum menguap akan mengalir menuju blok berikutnya. Uap yang terpisah (naik) akan menyentuh cube yang berisi aliran air laut yang masih dingin, sehingga terjadi proses perpindahan panas (dari uap ke air laut dingin) sekaligus proses kondensasi bagi uap. Uap yang terkondensasi menjadi air akan dialirkan ke saluran penampungan yang ada di setiap blok. Selanjutnya, air hasil kondensasi air laut ini (disebut air destilat) dipompa oleh product pump menuju raw water tank. Sedangkan air laut yang tidak menguap dipompa oleh brine pump untuk dialirkan kembali ke laut.

Untuk mempercepat proses penguapan, di seluruh blok bagian bawah diberi semacam penghalang aliran. Tujuannya adalah untuk meningkatkan turbulensi aliran, sehingga uap yang dihasilkan akan lebih banyak.

Auxiliary steam yang digunakan untuk memanasi air laut mengalami perpindahan panas (ke air laut dingin) sekaligus mengalami kondensasi. Setelah memanasi air laut di Brine Heater, auxiliary steam mengalami kondensasi menjadi air (yang disebut air kondensat). Air kondensate ini

ditampung, lalu dipompa oleh condensate pump menuju make up water tank. Skema sederhana proses desalinasi dapat dilihat pada gambar 23.



Gambar 3.15. Skema Sederhana Proses Desalinasi (panah putih = air destilat, panah kuning = air kondensat).

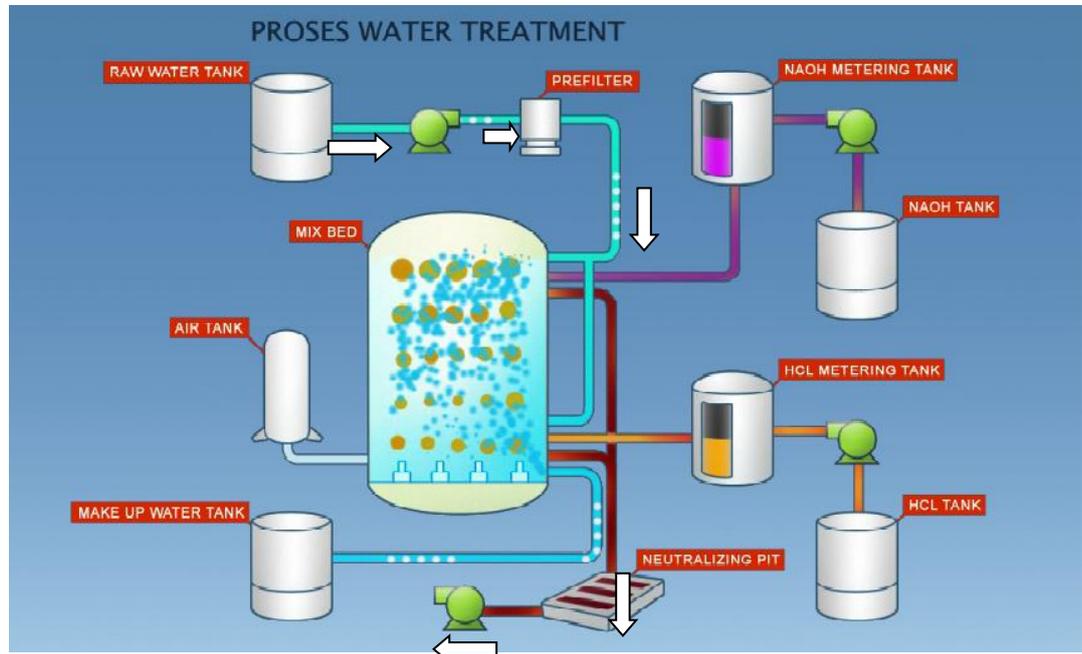
B. Treatment Air Laut

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa air laut di-treatment pada desalination plant agar menjadi air tawar. Air yang sudah tawar ini belum bisa digunakan pada siklus PLTGU karena masih memiliki belum memenuhi syarat, seperti memiliki konduktivitas tinggi, pH yang belum sesuai, serta masih memiliki kandungan mineral-mineral yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan treatment tambahan sebelum air destilat ini masuk ke make up water tank.

Air destilate di-treatment ulang di Water Treatment Plant. Mula-mula, air disaring dulu di pre-filter, dimana pre-filter ini bertujuan menyaring produk korosi dari pipa-pipa serta endapan padat yang ada pada air. Selanjutnya air masuk ke mixed bed exchanger yang berisi resin anion dan kation. Resin akan bereaksi dengan ion-ion yang ada pada air, baik ion positif maupun ion negatif. Akibat dari reaksi dengan resin ini, ion-ion seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , SiO_3^{2-} , serta kelebihan H^+ dan OH^- dalam air akan tertinggal pada resin. Air keluaran dari mixed bed exchanger yang sudah memenuhi syarat konduktivitas, pH, serta mineral, akan dipompa ke make up water tank.

Suatu saat resin akan jenuh sehingga tidak mampu lagi mengikat ion-ion dalam air. Ketika resin sudah jenuh, perlu dilakukan proses regenerasi resin dengan cara menginjeksikan HCl dan NaOH pada mixed bed exchanger. Konsentrasi HCl dan NaOH yang diinjeksikan harus diencerkan dulu dengan konsentrasi HCl 7-8%, dan NaOH 4-6%.

Berikut skema sederhana proses treatment air laut setelah didestilasi di desalination plant:



Gambar 3.16. Skema Proses Treatment Air Destilat (panah putih = arah aliran).

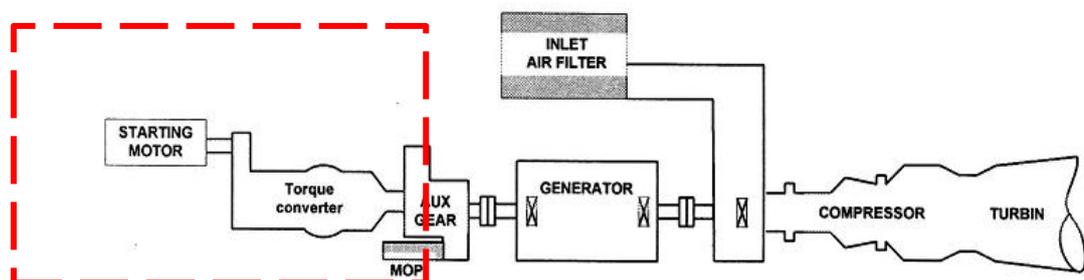
BAB IV

AUXILIARY GAS TURBIN DAN SISTEM PELUMASAN

4.1 Auxiliary pada Unit Turbin Gas

4.1.1 Starting Device

Peralatan *starting* disediakan untuk proses *start* unit Gas Turbin. Peralatan *starting* yang digunakan pada Gas Turbin tipe MW-701D di PLTGU Gresik yaitu motor AC dengan torque converter. Skema sederhana dari *starting* unit, generator dan turbin adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Outline Unit Gas Turbin

Starting unit meliputi :

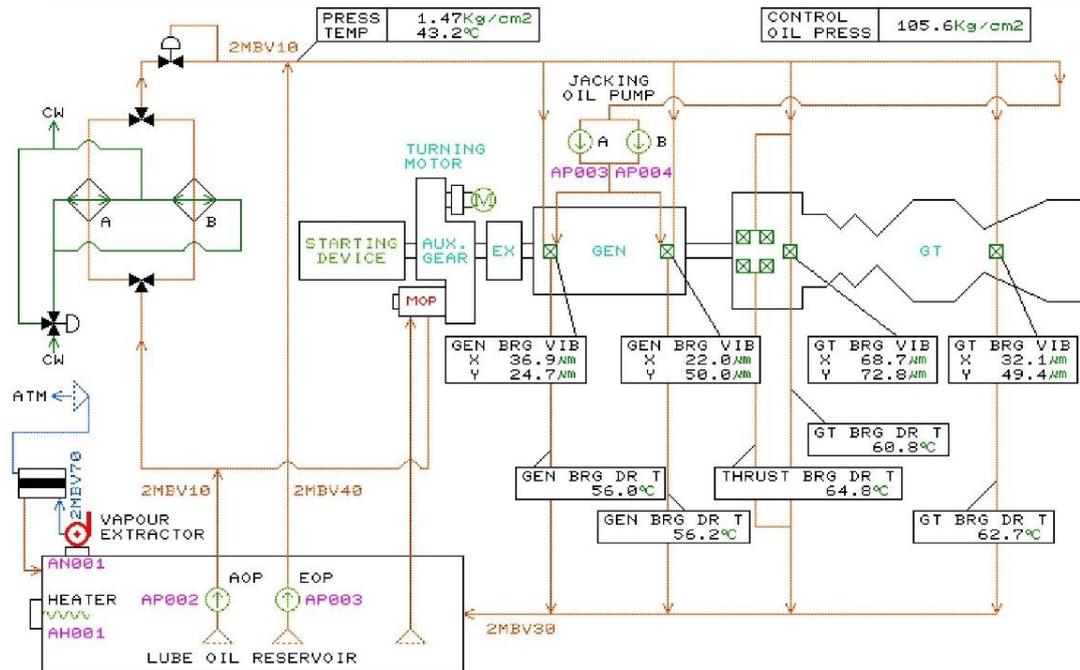
1. Pony motor
2. Starting motor
3. Torque converter
4. Auxiliary gear
5. AC Turning motor
6. AOP
7. MOP
8. EOP
9. ACOP
10. MCOP
11. Jacking Oil Pump
12. Cooling Oil Cooler

Urutan Proses pada Starting Unit Gas Turbin

1. AOP, jacking oil pump, dan AC turning motor bekerja berurutan saat awal start.
 - AOP "ON" karena ada supply listrik dari luar (unit lain/jaringan).
 - Jacking oil pump "ON" setelah AOP karena suction jacking dari lube oil pada AOP.

- Ketika jacking oil pump jalan maka AC turning motor juga jalan dengan kecepatan 3 rpm supaya rotor turbin tidak melendut.
- Pelumasan yang dilakukan AOP memiliki tekanan kerja sebesar 6,5 - 7,5 kg/cm²G.
- 2. Pony motor “ON”.
 - Pony motor ini dinyalakan untuk mengurangi beban kerja dari starting motor.
- 3. Ketika pony motor “ON” maka starting motor mulai bergerak. Starting motor ini akan bekerja sampai dengan putaran 600 rpm. Ketika putaran poros pada starting motor menggerakkan sudu pada sisi yang dekat dengan torque converter.

Setelah kira-kira 10 detik maka oli lubrikasi dimasukkan pada torque converter. Dengan dimasukkannya fluida (oli) tersebut dapat mendorong sudu torque converter yang lain untuk bergerak, sehingga akan menambah kecepatan putaran rotor turbin sekaligus memutar auxilliary gear sampai kecepatannya sama. Pada kecepatan 600 rpm ini, kerja starting motor menjadi lebih ringan karena diharapkan saat itu turbin digerakkan oleh gas buang hasil pembakaran yang terjadi di ruang bakar dan mendorong blade turbin untuk memutar rotornya sendiri.
- 4. ACOP “ON”, untuk mencapai tekanan kerja yang diharapkan yaitu 110 bar.
- 5. AC Turning “OFF” pada putaran 300 rpm.
- 6. Kemudian dilakukan ignition speed pada 500 rpm, dimana pada saat ini syarat-syarat untuk pembakaran di ruang bakar sudah mulai siap. Ignition speed ini ditahan selama 5 menit. Dengan ini diharapkan pada putaran 600 rpm semua syarat-syarat untuk pembakaran “siap”.
- 7. Pada putaran 600 rpm dilakukan ignition.
- 8. Pada putaran 1000 rpm jacking oil pump “OFF”.
- 9. Sedangkan pada putaran 2010 rpm, pony motor dan starting motor “OFF”.
- 10. Eksitasi “ON” pada 2940 rpm, pembebanan yang diberikan sekitar 2-5 MW mencegah generator menjadi motor.
- 11. ACOP dan AOP di “change over” oleh MOP dan MCOP pada 2970 rpm.
- 12. Bila setelah overhoul maka putaran ditahan pada putaran 3000 rpm selama 1 jam.
- 13. Terkadang saat start terjadi putaran yang melebihi 3000 rpm yaitu sekitar 3300 rpm maka pengamannya yaitu *overspeed trip* akan memberitahukan.



Gambar 4.2. Diagram Proses Starting Gas Turbin

Deskripsi dari komponen starting adalah sebagai berikut :

1. Pony Motor

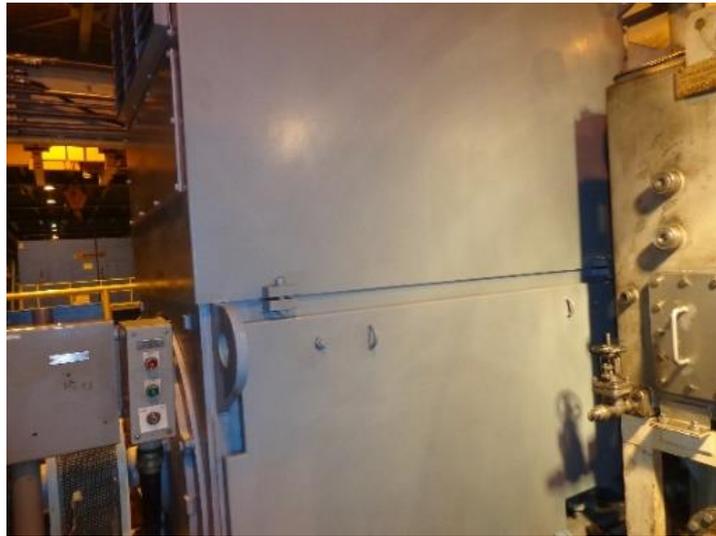
Pony Motor digunakan untuk menurunkan tegangan awal serta membantu putaran awal dari starting motor. Starting motor supaya tegangan awal tidak terlalu tinggi lonjakannya (berat) diusahakan dari awal starting motor sudah harus berputar, berputarnya memakai motor lebih kecil yaitu pony motor. *Pony motor* merupakan penggerak mula poros generator-kompressor-turbin gas, sebelum *starting motor* bekerja. Proses *starting* dibantu dengan *pony motor* karena beban berat dari turbin dan generator sehingga dipasang secara seri dengan *starting motor*.



Gambar 4.3. Pony Motor yang ada di PLTGU PJB Gresik

2. Starting Motor

Starting motor merupakan komponen vital dalam starting sistem. Karena tanpa adanya starting motor, engine tidak dapat hidup. Seperti halnya motor listrik lainnya, starting motor mengubah tenaga listrik / battery menjadi tenaga mekanis putaran. Fungsi starting motor adalah untuk menggerakkan fly wheel untuk menghidupkan engine.



Gambar 4.4. Starting Motor

Motor Starting adalah motor induksi arus bolak balik (arus AC) dengan jenis Horizontal Motor dilengkapi dengan bantalan-bantalan antifricition, 3 phase, 6000 Volt, dengan daya 1250 HP, pada putaran 3000 rpm. Motor starting bekerja setelah pony motor *on*, dan akan bekerja sampai putaran 2010 rpm.

3. Torque Converter



Gambar 4.5. Torque Converter yang Ada Di PLTGU PJB Gresik

Torque converter dirancang untuk keperluan *start* unit gas turbin dengan media

hidrodinamika. Fungsi utama dari torque converter adalah:

- Untuk meneruskan putaran motor starting ke turbin dengan menggunakan flexible coupling pada waktu start unit.
- Untuk memutar turbine pada waktu on *cooldown* dengan media lube oil.

4. Auxiliary Gear

Auxiliary gear pada starting unit gas turbin tipe MW701D terdapat 5 EA dengan bantalan journal bearing.



Gambar 4.6. Auxiliary Gear pada PLTGU PJB Gresik

5. AC Turning motor

AC turning adalah motor penggerak awal putaran rotor turbin-generator dengan putaran 3 rpm. AC turning motor bekerja pada waktu start dan stop unit.



Gambar 4.7. AC Turning Motor pada PLTGU PJB Gresik

6. Jacking Oil Pump

Jacking Oil Pump terdiri dari 2 pompa dengan tipe *centrifugal pump* yang digerakkan oleh motor yang berfungsi untuk menaikkan tekanan minyak sehingga terbentuk lapisan pada bearing yang mengakibatkan poros menjadi terangkat dan mudah diputar karena tidak terjadi gesekan langsung dengan bearing. Pompa ini bekerja saat *start unit* dan akan *off* pada kecepatan diatas 1000 rpm. Jacking Oil Pump fungsinya untuk mengangkat rotor saat pelumasan pada rotor tidak sampai bawah. Setelah rotor diangkat dan pelumasan jadi film maka jacking motor akan menghidupkan turning motor. Selain itu, ketika diawal ingin menghidupkan turning motor diharuskan untuk menghidupkan (mengONkan) jacking motor terlebih dahulu. Berfungsi mensupply minyak ke journal bearing saat unit shut down atau stand by dengan tekanan yang tinggi dan membentuk lapisan film di bearing.



Gambar 4.8. Jacking Oil Pump pada PLTGU PJB Gresik

7. Cooling Oil Cooler

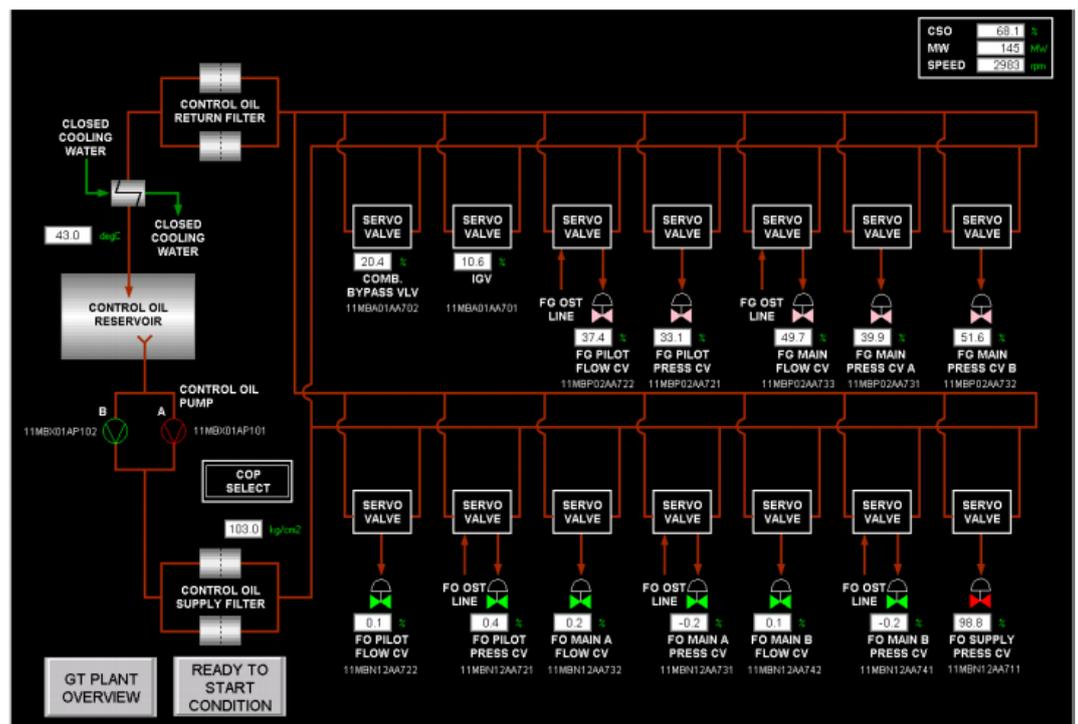


Gambar 4.9. Cooling Oil Cooler pada PLTGU PJB Gresik

Sistem Pendingin *lube oil* menggunakan fluida air. Fluida air pendingin dilewatkan pada *tubes* yang ada di dalam *cooling oil cooler* sedangkan *lube oil* yang panas melewati *shell* sehingga terjadi perpindahan panas dari *lube oil* ke air pendingin dan air pendingin akan didinginkan dengan komponen *heat exchanger* yang airnya berasal dari air laut yang dipompa oleh *Circulating Water Pump (CWP)*.

4.1.2 Control Oil System

Secara umum *control oil system* adalah untuk menyediakan oli kontrol yang sudah bersih pada temperatur dan tekanan yang tepat terhadap pengaturan *valve control* bahan bakar (servo valve).



Gambar 4.10. Diagram Sistem Control Oil

Fungsi sistem minyak pengaturan (*control oil*) untuk enggerakkan penggerak (actuator) katup utama bahan bakar (main stop valve, katup pengatur aliran bahan bakar (fuel control valve) dan katup stop darurat (emergency stop valve).

Deskripsi tiap komponen dari sistem oli kontrol adalah sebagai berikut :

1. Auxiliary Control Oil Pump (ACOP)

Satu ACOP tipe *rotary vane pump* digerakkan oleh unit gas turbin. ACOP digunakan untuk menyuplai oli kontrol selama siklus *start up* dan *shut down* dari tanki minyak menuju ke servo valve yang berfungsi untuk mengatur aliran / bukaan nozzle bahan bakar gas.

- Spesifikasi :
 - Model pompa : T6C-022-1R02-B1
 - Revolution : 1500 rpm
 - Flow/debit : 100 l/min
 - Discharge press : \pm 100 bar
 - Fluid : ISO VG-32 Turb Oil (sama dengan spesifikasi oli lubrikasi untuk bearing gas turbin)
- 2. Main Control Oil Pump (MCOP)



Gambar 4.11. Main Control Oil Pump (MCOP) pada PLTGU PJB Gresik

Satu MCOP tipe *centrifugal pump* digerakkan oleh poros putaran rotor gas turbin. MCOP ini akan menyuplai oli kontrol ke sistem selama sistem beroperasi normal.

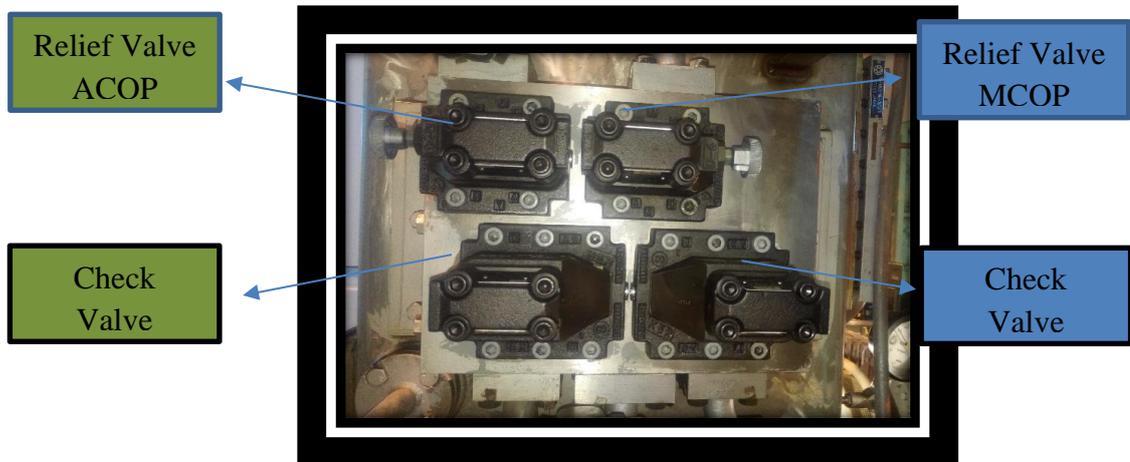
- Spesifikasi :
 - Model pompa : T6C-022-1R02-B1
 - Revolution : 1200 rpm
 - Flow/debit : 100 L/min
 - Discharge pressure : 95-110 bar
 - Fluid : ISO VG-32 Turb Oil (sama dengan spesifikasi oli lubrikasi untuk bearing gas turbin)

3. Control Oil Reservoir



Gambar 4.12. Control Oil Reservoir PLTGU PJB Gresik

Reservoir ini digunakan untuk menampung *oil control* secukupnya untuk operasi unit gas turbin dan dilengkapi dengan *venting* (ventilasi).



Gambar 4.13. Bagian dalam control oil reservoir

4. Check Valve Oil Control

Check valve oil control berfungsi untuk mengatur pressure oil control satu arah dan agar diharapkan tidak ada pressure balik.

5. Relief Valve Oil Control

Relief valve oil control berfungsi mengatur seberapa besar pressure yang dibutuhkan pada MCOP dan ACOP

4.1.3 Lube Oil System

Kegunaan sistem pelumasan adalah untuk menyediakan oli lubrikasi yang bersih setelah filtering pada temperatur dan tekanan terhadap semua bearing, gear, *system over speed trip* dan torque converter.

Deskripsi tiap komponen dari sistem oli lubrikasi adalah sebagai berikut :

1. Auxiliary Lube Oil Pump (AOP)



Gambar 4.14. Auxiliary Lube Oil Pump (AOP) pada PLTGU PJB Gresik

Satu buah AOP dengan kapasitas 100% dimana motor AC menggerakkan pompa sentrifugal yang disediakan untuk menyuplai oli lubrikasi sampai unit berputar dan berjalan dalam siklus normal. Ketika terjadi low pressure dideteksi oleh pressure switch (PS 109-4) maka AOP ini dioperasikan.

Spesifikasi :

- Type :150 VC-T
- Capacity : 3100 l/min
- Pressure (tekanan kerja normal) : 7,5 bar
- Revolution (kecepatan) : 3000 rpm
- Liquid : Turbo Shell 32
- Liquid temperature : 15-75°C
- Viscosity : iso vg 32

2. Emergency Lube Oil Pump (EOP)

Satu buah EOP dimana motor DC menggerakkan pompa sentrifugal disediakan untuk menyuplai oli lubrikasi ke bearing-bearing selama *shut down* ketika terjadi oli lubrikasi mengalami kekurangan pressure atau kegagalan pada power AC. Ada kasus ini ketika terjadi *low oil pressure* yang dideteksi oleh pressure switch maka pompa ini akan bekerja secara otomatis. Pengalihan kerja pelumasan dengan EOP akan menyuplai ke bearing-bearing secara langsung.

Spesifikasi :

- Type : 125 VC-T
- Capacity : 2200 l/min
- Pressure (tekanan kerja normal) : 1,5 bar
- Revolution (kecepatan) : 1500 rpm
- Liquid : Turbo Shell 32
- Liquid temperature : 15-75°C
- Viscosity :

3. Main Lube Oil Pump (MOP)



Gambar 4.15. Main Lube Oil Pump (MOP) pada PLTGU PJB Gresik

Satu buah MOP dengan kapasitas 100% digerakkan oleh sistem gas turbin, tipe *screw pump* akan menyuplai oli lubrikasi ke semua bearing dan gear.

Spesifikasi :

- Type : GC-RIT-3199
- Capacity : 3100 L/min
- Discharge pressure : 7,0 bar
- Tekanan hisap : -5
- Differential Pressure : 7,5 bar
- Revolution (kecepatan) : 1200 rpm
- Minyak yang digunakan : ISO VG-32
- Temperatur minyak : 15-80°C
- Viscosity : 10-110 cSt
- Relief valve set pressure : 7,5 kg/cm²G
- Full flow by pass pressure : maks 9,0 kg/cm²G

Spesifikasi Oli lubrikasi (minyak pelumas) :

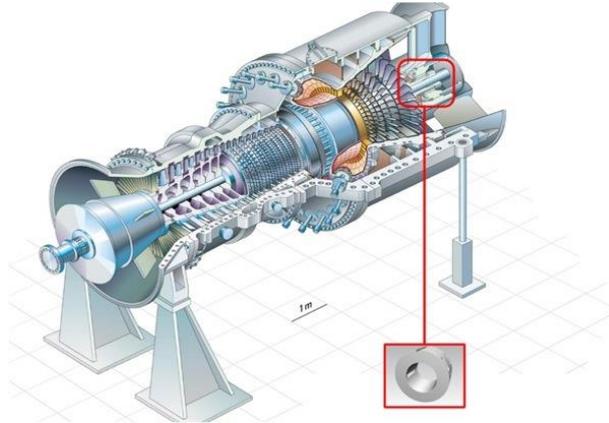
- Memakai SHELL TURBO-ISO VG 32 non synthesis.
- Untuk pemakaian normal maka diperlukan sekitar 88 drum oli lubrikasi tersebut dengan kapasitas tiap drumnya 208 liter. Atau setara dengan 18,3 kl.

Sistem operasi Lube Oil :

- Gas turbin dapat dioperasikan di bawah kondisi yang cukup dengan pelumasan. Unit gas turbin-generator dijaga supaya tidak kekurangan oli pelumas. Urutan starting yaitu AC motor menggerakkan AOP, maka start secara otomatis ketika urutan start dilakukan. AOP dioperasikan untuk menyuplai oli selama operasi penyalaan unit yang sebaiknya dilakukan 8 jam sebelum awal urutan start dan selama siklus start.
- MOP yang digerakkan oleh poros gas turbin akan menyuplai oli yang diperlukan selama beban beroperasi. AOP dipergunakan selama *start* dan *shut down* unit dan akan secara otomatis “masuk” ke dalam pompa AOP jika tekanan oli turun ke suatu setting nilai di bawah kondisi pembebanan pada gas turbin.
- DC motor menggerakkan EOP akan *stanby*, diambil alih apabila motor AC penggerak AOP terjadi kekurangan tekanan sehingga tidak dapat menyuplai oli pelumas ke beban operasi.
- Peralatan proteksi dari unit gas turbin-generator digunakan untuk mencegah pada saat starting atau bekerja jika temperatur oli dan tekanan tidak bekerja dengan sesuai. Jika peralatan pemanas oli elektrik tersedia pada reservoir oli lubrikasi untuk menjaga oli pada atau di atas temperature minimum yang digunakan untuk start.

4.2 Sistem Bearing dan pelumasannya

Turbin gas menggunakan dua tipe bearing wajib yaitu *journal bearing* dan *thrust bearing*. *Journal bearing* adalah bearing yang berfungsi untuk menahan beban berat dari seluruh komponen turbin gas. Sedangkan *thrust bearing* bertugas untuk menahan beban aksial yang muncul pada komponen-komponen turbin gas akibat gaya dorong aksial udara panas bertekanan di dalamnya.



Gambar 4.16. *Journal Bearing* Pada Turbin Gas

Sistem bearing pada turbin gas tidak dapat dilepaskan dari sistem lubrikasi oli. Pada saat turbin gas beroperasi, permukaan *journal bearing* dan *thrust bearing* terbentuk lapisan film oli sebagai pelapis bertemunya permukaan bearing dengan stator maupun rotor. Oli lubrikasi ini disirkulasikan dengan melewati filter dan *heat exchanger* untuk menjaga agar oli tetap bersih dan dingin.

BAB V

PROSES PEMELIHARAAN PADA PLTGU

5.1 Defini Pemeliharaan

Tujuan dari program pemeliharaan yang utama adalah untuk melayani kebutuhan operasi, yaitu untuk mengoperasikan pada keadaan *Base Load* dan *Emergency*, sesuai kemampuan unit. Pemeliharaan yang baik tercapai apabila dapat menanggulangi kemungkinan terjadinya kerusakan unit di luar perencanaan sehingga diperoleh keandalan, kontinuitas, dan kinerja unit yang baik.

Pemeliharaan dilakukan karena ada 2 sebab, yaitu :

1. Karena adanya laporan kerusakan dari operator uni (*Fault reporting*)
2. Karena memang sudah terjadwal (*Overhaul* misalnya)

Overhaul (OH) merupakan pemeliharaan rutin menyeluruh semua peralatan sistem yang terdapat satu paket inspeksi untuk mengembalikan pad kondisi semula.

5.2 Tujuan Aktifitas Pemeliharaan Pada Unit Pembangkit

1. Mengembalikan Performa Mesin
2. Memperbaiki efisiensi
3. Meningkatkan factor Ketersediaan (*Availibility Improvement*)
4. Meningkatkan Keandalan (*Reliability Improvement*)

5.3 Pemeliharaan Tak Terencana

Jenis pemeliharaan tak terencana terjadi karena adanya laporan dari operator unit bahwa terjadi kerusakan pada unit sehingga perlu diperbaiki. Perbaikan yang diperlukan meliputi :

5.3.1 First Line Maintenance

- *Corrective action* yang terintegrasi dengan kegiatan patrol.
- Dilakukan saat unit operasi.

5.3.2 Corrective Maintenance

- Pemeliharaan yang dilakukan atas dasar kegagalan fungsi dari suatu peralatan.
- Tindakan perbaikan selalu diawali dengan laporan kerusakan / gangguan pada peralatan.
- Pekerjaan meliputi perbaikan ringan yang dapat langsung ditangani tanpa perlu perencanaan sumber daya yang terinci (*SDM*, material dan waktu).
- Kegiatan pemeliharaan atau perbaikan peralatan yang tidak terjadwal atau suatu pemeliharaan yang dilakukan untuk

mengembalikan (termasuk memperbaiki dan adjustment) peralatan yang tidak bekerja supaya berfungsi sebagaimana mestinya.

- *Corrective Maintenance* dapat dilakukan saat peralatan sedang beroperasi maupun *stand by* ataupun peralatan sedang tidak beroperasi.

5.3.3 Emergency Maintenance

- Pemeliharaan yang harus dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan / akibat yang lebih serius.
- Penanganan kerusakan harus segera dilakukan dengan prioritas tinggi.

5.4 Pemeliharaan Terencana

Jenis pemeliharaan ini merupakan pemeliharaan yang sudah direncanakan sebelumnya dan dilakukan secara rutin berdasarkan waktu yang ditentukan.

5.3.1 Preventive Maintenance

- Pemeliharaan rutin yang dilakukan atas dasar interval waktu.
- Untuk mengurangi kemungkinan dari suatu peralatan mengalami kondisi yang tidak diinginkan.
- Tidak harus *shutdown* unit.
- Contoh : Inspeksi yang terjadwal , Pelumasan , Pembersihan

5.3.2 Predictive Maintenance

- Dilakukan atas dasar hasil diagnosa.
- Melalui kajian failure analisis berdasarkan timbulnya gejala kerusakan yang dapat diketahui secara dini sebagai pemeliharaan dapat dilakukan sebelum terjadi kerusakan (tidak *shutdown* unit).
- Obyek yang dipantau dari mesin / peralatan untuk keperluan pemeliharaan prediktif meliputi :

1. Termografi

Infrared (IR) Thermography dapat didefinisikan sebagai proses pencitraan variasiradians Inframerah dari suatu permukaan. Pada prinsipnya, *IR Thermography* akan menampilkan profil temperatur objek. IR akan mendeteksi kondisi-kondisi atau *stressor* yang mengakibatkan penurunan kinerja suatu peralatan atau desain umurpakainya. Sebagai contoh, koneksi listrik yang korosi atau kendor akan menghasilkan citra kedalaman temperatur yang abnormal oleh karena bertambahnya resistansi listrik. Pada peralatan yang berputar (*rotating equipment*), bentuk-bentuk perubahan

friksiakan menaikkan temperatur komponen yang tercermin dalam perubahan profiltermal komponen.

2. Tribologi (Oil Analysis)

Oil Analysis digunakan untuk mendefinisikan 3 kondisi dasar mesin terkait dengan lubrikasi mesin atau sistem lubrikasi. Pertama adalah kondisi dari *Oil: viscosity, acidity, flashpoint*, dll untuk melihat adanya kontaminan seperti material-material korosi. Kedua adalah kondisi sistem lubrikasi, dengan menguji kandungan air, silikon, atau kontaminan-kontaminan lain (bergantung pada desain sistem), *System integrity* dari sistem lubrikasi dapat dievaluasi. Ketiga adalah kondisi mesin itu sendiri. Dengan menganalisa partikel-partikel keausan yang ada dalam minyak, keausan mesin dapat dievaluasi dan dilihat besarnya.

3. Vibrasi

Vibrasi diukur dengan menggunakan peralatan yang bekerja secara elektronik, dengan kecanggihan tergantung dari *display* yang dapat ditunjukkan, serta kecepatan dan kemudahan pengoperasiannya. Tingkat besarnya vibrasi suatu mesin untuk dinyatakan baik, ditentukan oleh pabrik pembuatnya sebagai data yang paling akurat. Apabila data ini tidak ada, atau timbul permasalahan dalam *acceptance test*, atau pihak *owner* (pemilik) menginginkan suatu tingkat vibrasi tertentu dalam pemesanan, maka bisa dirujuk dari standard standard yang berlaku sebagai pedoman. Ada beberapa lembaga di dunia atau negara yang mengeluarkan standard tingkat vibrasi. Tapi sebagai contoh di sini akan diberikan dua buah, yaitu *International Standard Organization (ISO 3945)* dan *Canadian Government Specification*.

4. Life Assesment (NDT & DT)

Yaitu melakukan *assesment* umur peralatan dengan melakukan Pengujian tidak merusak ataupun pengujian yang merusak. NDT adalah singkatan *non destruktif test*, yang artinya adalah pengujian tak merusak. Maksud dari pengujian ini adalah bahwa bendanya tidak akan dirusak, dipanasi, dirubah yang sifatnya akan merubah struktur benda tersebut. Jadi benda sebelum diuji dan sesudah diuji akan mempunyai struktur logam yang sama. Selain NDT ada juga DT yang berarti pengujian dengan jalan merusak, contohnya uji tarik, uji tekan, uji puntir dan lain – lain.

Macam-macam NDT dan DT

1. Pemeriksaan secara visual dengan mata, kadang – kadang memakai kaca pembesar.
2. Pengujian kebocoran dengan air sabun.
3. Pengujian dengan *spot cheque*.
4. Pengujian dengan *fluorescent dry penetrant*.
5. Pengujian dengan magnetic partikel.
6. Pengujian dengan ultra sonik.
7. Pengujian dengan *eddy curent*.
8. Pengujian dengan *crack depth*.
9. Pengujian radiografi dengan sinar X.
10. Pengujian radiografi dengan sinar g (gamma)

5.3.3 Overhaul (OH)

- Pemeliharaan dilakukan berdasarkan jangka waktu tertentu.
- *Shutdown* unit diperlukan, karena memperbaiki seluruh unit untuk mengembalikan performa unit.

5.5 Overhaul Pada PLTGU PT PJB UP Gresik

Sistem produksi pada PLTGU memerlukan inspeksi, perbaikan dan penggantian beberapa bagian pada sistem (overhaul) secara berkala. Bagian yang memerlukan *maintenance* adalah bagian yang tersambung dengan proses *combustion* dan jalan mengalirnya gas panas dari *combustion system* (sebagai contoh : *combustor basket, transitions, dan turbine*). Sementara aliran dari udara dingin serta dan bagian *casing* memerlukan sedikit hingga tidak memerlukan *maintenance*. Serangkaian inspeksi dan perbaikan yang dilakukan mulai dari masalah yang kecil hingga masalah yang bertambah menjadi *major overhaul* pada turbin gas dapat menuntun pada sebuah pola inspeksi yang berkelanjutan.

Pengamatan dan pengecekan secara berkala bisa dilakukan ketika turbin gas masih dalam keadaan beroperasi Pengamatan dibagi menjadi pengamatan sehari-hari yang dilakukan setiap shift kerja dan pengamatan mingguan. Pengamatan yang diperhatikan seperti temperatur, tekanan, getaran dan kinerja antara berbagai sistem. Misalnya hubungan antara beban dan keluaran energi harus selalu diperiksa. Karena hubungan ini dapat menunjukkan indikasi awal dari turunnya kualitas part bagian dalam, kebocoran akibat kelebihan beban atau munculnya lapisan pada permukaan kompresor (fouling)

Vibrasi dari sebuah unit harus selalu diperhatikan. Perubahan vibrasi yang kecil akan menghasilkan perubahan pada kondisi kerja. Perubahan vibrasi yang cukup besar atau vibrasi yang terus-menerus meningkat bisa memberikan indikasi awal untuk unit tersebut agar segera dilakukan perbaikan. Umumnya faktor yang dapat menyebabkan vibrasi yang meningkat saat beroperasi diantaranya :

- Misalignment besar

- Unbalance

Setelah dilakukan pengamatan, dari masalah yang didapat bisa diperbaiki secara langsung jika memungkinkan, atau menunggu hingga waktunya *Overhaul*. Selama *overhaul* mesin dalam keadaan tidak beroperasi. Overhaul pada PLTGU PT PJB Gresik yang dilakukan dibagi menjadi :

5.4.1. *Combustion Inspection (CI)*

Combustion Inspeksi merupakan shut down jangka pendek yang dibutuhkan untuk memeriksa *fuel nozzle*, *igniters*, *combustors* dan mengecek kondisi dari turbin. Komponen-komponen ini membutuhkan pemeriksaan secara berkala, karena kerja yang dilakukan oleh turbin gas bekerja terus menerus, sehingga sistem pembakaran yang buruk akan menyebabkan pendeknya umur dari komponen-komponen tersebut terutama bagian hilir.

Perawatan yang dilakukan pada waktu CI di adalah pemeriksaan pada bagian ruang bakar, yaitu bagian *cross fire tube*, *transition piece*, *fuel nozzle*, *igniter* dan *flame detector*. Pemeriksaan pada catatan paking menunjukkan adanya gesekan, bagian atas dan bagian bawah dari diafragma dan bagian antara diameter horizontal dan vertikal. Pemeriksaan fuel nozzle terhadap plugging pada bagian tutup dan mencatat hasil pemeriksaan. Untuk melakukan inspeksi secara visual pada turbin casing tanpa mengangkat atau membongkarnya adalah memakai perangkat kerja dari borescope.

5.4.2. *Turbine Inspection (TI)*

Inspeksi ini dilakukan untuk mengecek part bagian hot *gas path* dengan membuka silinder *cover* turbin. Bagian utama yang diperiksa adalah combustion system (dalam pemeriksaan TI dilakukan lebih terperinci lagi), turbine blade dan.

Pemeriksaan pada daerah panas termasuk dalam combustion inspection, hanya saja dalam pemeriksaan ini dilakukan lebih terperinci lagi mulai dari nozzle.

Inspeksi dilakukan secara visual dan juga dilakukan secara non visual. Inspeksi secara visual dengan melihat perubahan yang terjadi pada komponen tanpa mata bantu, cukup dengan mata telanjang seperti perubahan warna, perubahan bentuk, keretakan dan lain-lain. Inspeksi non visual dilakukan dengan menggunakan alat bantu, seperti melihat keretakan bagian dalam suatu logam dengan menggunakan radiografi dan sebagainya.

Pemeriksaan komponen dilakukan dilapangan atau di ruang bagian kontrol. Inspeksi lainnya yaitu pemeriksaan clearance pada daerah sekitar first stage nozzle, second stage nozzle dan bucket turbin. Clearance yang diperiksa pada saat hot gas path inspection tidak boleh kurang atau lebih dari ukuran yang telah ditetapkan. Clearance yang terlalu besar akan mengurangi efisiensi turbin

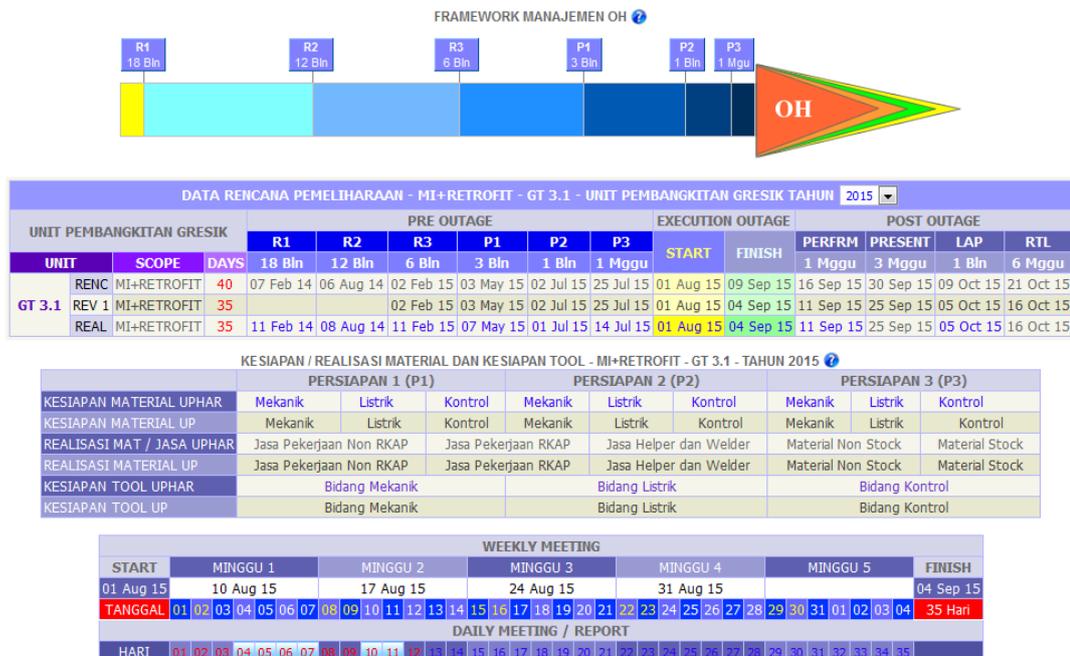
sedangkan clearance yang terlalu kecil akan berpengaruh pada keselamatan turbin walaupun efisiensi turbin semakin besar.

5.4.3. Major Inspection (MI)

Major Inspection dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama (sekitar 28-32 hari). Pemeriksaan dilakukan pada seluruh bagian utama dari unit turbin gas. Bagian-bagian pada unit seperti turbin gas, kompresor dan semua bearing harus dikeluarkan secara utuh untuk dilakukan inspeksi, perbaikan maupun pembersihan. Selain itu, juga dilakukan cek alignment dan cek sistem kontrol pada saat inspeksi ini.

Pemeriksaan ini juga meliputi unsur dari combustion dan hot path inspection. Kegiatan yang dilakukan antara lain pemeriksaan keretakan sudu rotor dan stator. Clearance pada nozzle dan clearance pada compressor. Pengikat dan penyekat nozzle serta diafragma diperiksa dari kemungkinan adanya gesekan, pengerutan atau kerusakan yang disebabkan oleh panas. Kompresor dari guide inlet vane diperiksa dari kemungkinan adanya kotoran, pengikisan, karat dan kebocoran. Bantalan dari sheel (sekat) diperiksa clearancenya dan tingkat kehausan yang terjadi. Semua pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan spesifikasi yang ditetapkan oleh pabrik.

Tahapan – tahapan dalam melaksanakan Over Haul dapat di jabarkan dalam gambar 41.



Gambar 5.1. Frame Work manajemen OH MI GT 3.1

Dalam pelaksanaan over haul dilakukan perencanaan 18 bulan sebelum pelaksanaan over haul. Dalam perencanaan ini di lakukan perencanaan apa saja

yang harus di persiapkan ataupun di pesan. Dilanjutkan dengan pertemuan perencanaan ke dua 12 bulan sebelum pelaksanaan. Dan 16 bulan sebelum pelaksanaan overhaul. Setelah itu dilanjutkan dengan persiapan tahap pertama dimana mempersiapkan tool mekanik dan mempersiapkan jasa pekerjaan non RKAP. Dilanjutkan dengan persiapan kedua yang dilaksanakan satu bulan sebelum over haul, dimana dalam persiapan ini mempersiapkan tool listrik dan jasa pekerjaan RKAP. Dan yang terakhir persiapan ketiga persiapan tool control dan penyediaan material stock dan non stock.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Dalam proses Produksi Listrik Tenaga Gas Uap pada PJB UP Gresik yaitu Start Awal menggunakan Turbin Gas agar menghasilkan Gas buang , Pada proses turbin gas sendiri terdapat Compressor , Ruang bakar dan Turbin Gas yang satu poros dengan Generator untuk menghasilkan Listrik . Selanjutnya Gas yang digunakan untuk memutar turbin tidak langsung dibuang melalui cerobong , tetapi dimanfaatkan untuk memanaskan air di HRSG sehingga adanya uap yang nantinya akan dialirkan ke Turbin Uap untuk memutar turbin dan generator sebagai penghasil listrik . Proses inilah yang disebut dengan Combined cycle pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap Di PJB UP Gresik. Adapun yang dinamakan open cycle adalah gas buang sisa dari Gas Turbine langsung di buang ke udara .
2. Alat Pendukung atau unit bantu dari PLTGU terdiri atas *Intake Air Filter*, *Desalination Plant*, *Water Treatment Plant*, *Chlorination Plant*, *Waste Water Treatment Plant* dan *Hidrogen Plant*
3. Proses Pemeliharaan yang terdapat pada PLTGU UP Gresik terbagi Menjadi 2 yaitu Pemeliharaan Terencana dan Pemeliharaan Tidak Terencana . Untuk Pemeliharaan Terencana Terdapat 3 submain :
 - *Predictive Maintenance*
 - *Preventive Maintenance*
 - *Overhaul*Sedangkan Pemeliharaan Tidak terencana terdapat 3 submain :
 - *First Line Maintenance*
 - *Corrective Maintenance*
 - *Emergency Maintenance*
4. Pada sistem pelumasan terdapat 2 sistem yaitu *Control oil system* dan *Lube oil system*.

- *Control oil system* berfungsi untuk menyediakan minyak bertekanan yang bersih dan bertemperatur dan tekanan yang tepat terhadap valve control
 - *Lube Oil System* berfungsi untuk menyediakan oil lubrikasi yang sudah bersih setelah di filter pada tekanan dan temperature terhadap bearing, gear, system over speed trip, dan torque converter.
5. Pemeliharaan corrective pada motor LP BCP dilakukan untuk memperbaiki kerusakan pada motor LP BCP agar dapat bekerja normal kembali.

6.2 Saran

1. Hendaknya hubungan antara Mahasiswa/Mahasiswi perguruan tinggi dengan perusahaan PT. PJB UP Gresik lebih di tingkatkan.
2. Diperlukan suatu paket pekerjaan atau jadwal pembelajaran untuk mahasiswa/mahasiswi yang sedang melaksanakan kerja praktek.
3. Diperlukan kegiatan preventive maintenance dengan baik dan sesuai dengan instruksi kerja
4. Diperlukan adanya penambahan wawasan/ilmu secara langsung dengan cara membantu pada saat di lapangan.
5. Diperlukan adanya briefing atau sharing pengetahuan sebelum melakukan pekerjaan di lapangan

DAFTAR PUSTAKA

1. Nukiandi, H. 2011. **Standard Job PLTG, PLTU & PLTGU Gresik All Inspection**. PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pemeliharaan Wilayah Timur.
2. Nukiadi, H. 2011. **Inspection & Overhaul Procedure and Part Catalogue Mitsubishi Gas Turbine Type MW 701 D**. PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pemeliharaan Wilayah Timur.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PLTGU PT.PJB UP GRESIK

KERJA PRAKTIK - VM180524

**PROSES PRODUKSI PLTGU,SISTEM AUXILIARY DAN
MAINTENANCE PADA PLTGU**

**M.RAYHAN HIDAYAT T
NRP. 10211710010104**

**Dosen Pembimbing
Ir.Suhariyanto, MSc**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA**

**ANALISA KINERJA NATURAL DRAFT COOLING TOWER PADA
AREA BOILER UNIT
di PPSDM MIGAS , CEPU**

PPSDM MIGAS

(1 September – 30 September 2020)

Disusun oleh:

M. Rayhan Hidayat Tadjri 10211710010104

Telah disahkan dan disetujui:

**Kepala Sub Bidang Sarana
Prasarana
Pengembangan SDM dan informasi**

**Pembimbing Lapangan
PPSDM MIGAS Cepu**

**(Dr. Yoeswono , S.Si.,M.Si.)
NIP. 197107161991031002**

**(Soegianto A.Md)
NIP. 197009071991031003**

Kepala Bidang Program dan Evaluasi

**(Waskito Tunggul Nusanto , S.Kom. , M.T.)
NIP. 196901241991031001**

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTIK
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

ANALISA KINERJA NATURAL DRAFT COOLING TOWER PADA
AREA BOILER UNIT
di PPSDM MIGAS , CEPU

PPSDM MIGAS

(1 September – 30 September 2020)

Disusun oleh:

M. Rayhan Hidayat Tadjri 10211710010104

Telah disahkan dan disetujui:

Dosen Pembimbing Magang
Industri



Ir. Suhariyanto, M.T
NIP. 19620424 198903 1 005

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga kami dapat menyelesaikan praktek kerja di PPSDM MIGAS sampai dengan selesainya penyusunan laporan ini.

Dalam rangka memenuhi salah satu syarat kurikulum tingkat sarjana terapan di Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, maka kami selaku mahasiswa dapat mengambil kesempatan dalam magang industri ini untuk menyelesaikan dan membandingkan antara ilmu yang telah diperoleh di perguruan tinggi dan penerapannya di bidang industri yang dalam hal ini adalah industri perminyakan dan gas bumi. Laporan ini disusun berdasarkan hasil praktik kerja lapangan di PPSDM MIGAS dari tanggal 1 s.d. 30 September 2020.

Selama melakukan praktik kerja, kami mendapat bimbingan, dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada

1. Ayah dan Ibu serta keluarga tercinta atas doa, dukungan moral, dan materialnya.
2. Bapak Ir. Wakhid Hasyim, M.T. selaku Kepala Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi.
3. Bapak Waskito Tunggul Nusanto, S. Kom., M.T. selaku Kepala Bidang Program dan Evaluasi.
4. Bapak Dr. Yoeswono, S. Si., M. Si. selaku Kepala Sub Bidang Sarana Prasarana Pengembangan Sumber Daya Manusia dan Informasi
5. Bapak Soegianto A.Md. selaku pembimbing lapangan kerja praktik PPSDM MIGAS.
6. Bapak Ahmad Rosyidi, S.Ag. selaku pengelola praktik kerja lapangan PPSDM MIGAS.
7. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
8. Ibu Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

9. Bapak Dr.Ir. Bambang Sampurno , M.T. selaku Dosen Pembimbing di Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
10. Faisal Rizki Prayoga, dan Andino Septian selaku rekan praktik kerja lapangan di PPSDM Migas
11. Teman-teman Departemen Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan 2017 atas bantuan dan dukungannya
12. Seluruh pihak yang telah membantu saya selama melakukan kerja praktek dan dalam penyusunan laporan ini

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak untuk menyempurnakan laporan ini.

Akhirnya, kami selaku penyusun mohon maaf kepada semua pihak apabila dalam melakukan praktik kerja lapangan dan dalam penyusunan laporan ini terdapat kesalahan. Kami berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Blora, Cepu, September 2020

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PENGESAHAN	II
LEMBAR PENGESAHAN	III
KATA PENGANTAR	IV
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR	VIII
DAFTAR TABEL.....	IX
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.2.1 Tujuan Umum	2
1.2.2 Tujuan Khusus	2
1.3 Batasan Masalah Kerja Praktek	3
1.4 Waktu dan Pelaksanaan.....	3
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II ORIENTASI UMUM.....	6
2.1 Penjelasan Umum.....	6
2.1.1 Tugas Pokok dan Fungsi PPSDM MIGAS	6
2.1.2 Sejarah Singkat PPSDM MIGAS	7
2.1.3 Stuktur Organisasi dan Kepegawaian	10
2.1.4 Lokasi PPSDM MIGAS	11
2.2 Orientasi Perusahaan.....	11
2.2.1 Unit Keselamatan Kerja dan Pemadam Kebakaran	11
2.2.2 Unit <i>Boiler</i>	12
2.2.3 Unit Perpustakaan	13
2.2.4 Laboratorium Dasar	14
2.2.5 Laboratorium Pengujian Hasil Produksi.....	14
BAB III METODELOGI	17
3.1 Landasan Teori	17

3.1.1 Pengertian Cooling Tower	17
3.1.2 Fungsi Cooling Tower	19
3.1.3 Prinsip Kerja Cooling Tower	19
3.2 Konstruksi Cooling Tower	20
3.2.1 Fan.....	21
3.2.2 Kerangka Pendukung Cooling Tower.....	21
3.2.3 Casing Cooling Tower	22
3.2.4 Pipa Sprinkler.....	22
3.2.5 Water Basin.....	22
3.2.6 Inlet Louver.....	22
3.2.7 Bahan Pengisi.....	26
3.3 Klasifikasi Cooling Tower	26
3.3.1 Wet Cooling Tower.....	26
3.3.1.1 Natural Draft Cooling Tower.....	26
3.3.1.2 Mechanical Draft Cooling Tower	28
3.3.1.3 Combined Draft Cooling Tower	29
3.3.2 Dry Cooling Tower	30
3.3.3 Wet Dry Cooling Tower.....	31
3.4 Packing Cooling Tower	32
3.4.1 Definisi Packing.....	32
3.4.2 Karakteristik Packing.....	32
3.4.3 Jenis packing Cooling Tower.....	33
3.4.4 Cara Penyusun Packing.....	36
3.4.5 Karakteristik Random Packing	37
3.4.6 Keuntungan penggunaan Random Packing	38
3.5 Faktor yang Mempengaruhi Performa Cooling Tower.....	39
3.5.1 Range	39
3.5.2 Approach.....	39
3.5.3 Efektivitas Pendingin	40
3.5.4 Kapasitas Pendingin.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Proses Water Treatment Plant PPSDM MIGAS	41

4.2 Alur Proses Boiler PPSDM MIGAS	41
4.3 Proses Pasokan Air Umpan (Water Sistem)	42
4.4 Perhitungan Natural Draft Cooling Tower.....	43
4.4.1 Kinerja Design Natural Draft Cooling Tower KST N	43
4.4.2 Kinerja Natural Draft Cooling Tower KST N Pada kondisi Operasional	46
BAB V PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Struktur Organisasi PPSDM Migas</i>	10
Gambar 2.2	<i>Peta Letak PPSDM Migas</i>	11
Gambar 3.1	<i>Range dan approach Temperatur pada cooling tower</i>	18
Gambar 3.2	<i>Skema Cooling Tower</i>	20
Gambar 3.3	<i>Konstruksi Cooling Tower</i>	21
Gambar 3.4	<i>Splash Fill</i>	24
Gambar 3.5	<i>Film Fill</i>	25
Gambar 3.6	<i>Low-Clog Film Fill</i>	25
Gambar 3.7	<i>Natural draft Cooling Tower Aliran Counterflow</i>	27
Gambar 3.8	<i>Natural Draft Cooling Tower Aliran Crossflow</i>	27
Gambar 3.9	<i>Induced Draft Cooling Tower Aliran Counter Flow</i>	29
Gambar 3.10	<i>Induced Draft Cooling Tower Aliran Crossflow</i>	29
Gambar 3.11	<i>Combined Draft Cooling Tower</i>	30
Gambar 3.12	<i>Wet-Dry Cooling Tower</i>	32
Gambar 3.13	<i>Macam-macam Jenis Packing</i>	35
Gambar 3.14	<i>Penyusunan Random Packing</i>	36

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Karakteristik Random Packing	37
-----------	------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia dewasa ini cukup pesat. Sehubungan dengan hal itu, perguruan tinggi sebagai tempat yang menghasilkan sumber daya manusia berkualitas, berkepribadian mandiri, dan memiliki kemampuan intelektual yang baik harus semakin meningkatkan mutu output-nya.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sebagai salah satu institusi (perguruan tinggi) di Indonesia berupaya untuk mengembangkan sumber daya manusia dan IPTEK guna menunjang pembangunan industri, serta sebagai research university untuk membantu pengembangan kawasan timur Indonesia. Lulusan dari ITS Surabaya diharapkan siap untuk dikembangkan ke bidang yang sesuai dengan disiplin ilmunya. Sejalan dengan upaya tersebut, kerjasama dengan industri perlu untuk ditingkatkan, yang dalam hal ini bisa dilakukan dengan jalan Study Ekskursi, Kerja Praktek, Magang, Joint Research, dan lain sebagainya.

Kerja praktek merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa D4 Teknik Mesin Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selain itu kegiatan tersebut diharapkan dapat menempuh pengetahuan mahasiswa di dunia industri.

Wawasan mahasiswa tentang dunia kerja yang berkaitan dengan industrialisasi sangat diperlukan. Hal ini sehubungan dengan kondisi Indonesia yang merupakan negara berkembang, dimana teknologi masuk dan diaplikasikan oleh industri terlebih dahulu sebelum dikembangkan lebih lanjut. Selain itu energi yang dibutuhkan oleh industri – industri tersebut yang semakin meningkat maka diperlukannya pengembangan lebih lanjut mengenai sumber energi dan efisiensi sistem kelistrikan.

Pemahaman tentang permasalahan di dunia industry diharapkan dapat menunjang pengetahuan terioritis yang didapat dari materi kuliah, sehingga

mahasiswa dapat menjadi salah satu sumber daya manusia yang siap bersaing untuk menghadapi tantangan di era globalisasi.

Oleh karena itu manfaat pada Kerja Praktek yang dilakukan di PPSDM MIGAS Cepu diharapkan Mahasiswa mampu memahami proses yang ada pada Cooling Tower dan menerapkan ilmu yang telah diperoleh dibangku kuliah serta mengenal secara langsung proses dari Cooling Tower yang ada di PPSDM MIGAS Cepu.

1.2 Tujuan

Tujuan pelaksanaan kerja praktek di PPSDM MIGAS Cepu Unit Boiler khususnya Cooling Tower dapat dibagi menjadi dua bagian, yakni tujuan umum dan tujuan khusus :

1.2.1 Tujuan Umum

Secara umum tujuan umum dari pelaksanaan kerja praktek ini antara lain :

1. Terwujudnya pola hubungan yang jelas dan terarah antara dunia perguruan tinggi sebagai pencetak tenaga kerja profesional dan pelaku dunia industri sebagai pengguna outputnya.
2. Dunia industri mampu mewujudkan kepedulian dan partisipasinya dalam upayanya untuk ikut memberikan kontribusi pada sistem pendidikan nasional.
3. Membuka wawasan mahasiswa agar dapat mengetahui dan memahami sistem kerja di dunia industri sekaligus mampu mengadakan pendekatan, penyerapan dan pemecahan masalah yang berasosiasi dengan dunia kerja secara utuh.
4. Menumbuhkembangkan pola berpikir konstruktif yang berwawasan bagi mahasiswa untuk persiapan memasuki dunia kerja.

1.2.2. Tujuan Khusus

Secara khusus tujuan umum dari pelaksanaan kerja praktek ini antara lain :

1. Untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Jurusan Teknik Mesin Industri ITS.

2. Mengetahui lebih jauh tentang teknologi yang sesuai dengan bidang yang dipelajari di Jurusan Teknik Mesin Industri ITS.
3. Mengetahui secara langsung tentang proses-proses “Proses Pengolahan Minyak ” yang berkaitan dengan Mechanical Engineering di PPSDM MIGAS CEPU

1.3. Batasan Masalah Kerja Praktek

Mengingat luasnya bidang kerja yang ada serta terbatasnya alokasi waktu yang tersedia, maka akan diambil beberapa batasan masalah dalam laporan kerja praktek ini. Adapun batasan masalahnya antara lain :

1. Hal-hal formal seperti profil, departemen dan lain-lain didapatkan dari penjelasan petugas yang dikunjungi serta studi literatur di perpustakaan PPSDM MIGAS CEPU.
2. Penjelasan sistem dan proses kerja didapatkan dari pembimbing kerja praktik dan disesuaikan dengan pengamatan secara langsung di lapangan khususnya berbagai sektor yang berhubungan dengan pengawasan pembimbing.

1.4 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Tempat dan waktu dilaksanakannya kerja praktek yaitu :

- Tempat : PPSDM MIGAS CEPU
- Waktu : 1 September – 31 September 2020.

1.5 Metode Penelitian

Dalam pengumpulan data, penulis menggunakan metode – metode sebagai berikut :

1. Metode Studi Literatur

Merupakan metode pengumpulan data dengan cara membaca, mempelajari, dan memahami buku – buku referensi dari berbagai sumber, baik itu dari Perpustakaan PPSDM MIGAS CEPU, manual book perusahaan, pencarian di buku atau diktat kuliah, dan mencari sumber literature di internet.

2. Metode Observasi
Merupakan metode pengumpulan dengan cara pengamatan langsung pada objek penelitian.
3. Metode Interview
Merupakan metode pengumpulan dengan cara mewawacarai karyawan dan staff yang berkaitan dengan masalah yang dibahas.
4. Metode Survei
5. Merupakan metode pengumpulan dengan cara mendatangi objek secara langsung yang berkaitan dengan materi laporan sebagai bahan pertimbangan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan kerja praktek ini, penulis membaginya dalam enam bab dan tiap–tiap bab terdiri dari beberapa sub bab. Sistematika laporan kerja praktek ini adalah sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah kerja praktek, waktu dan tempat pelaksanaan, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

Bab 2 Orientasi Umum

Bab ini berisi tentang segala hal yang berkaitan dengan perusahaan tempat dilaksanakannya kerja praktek.

Bab 3 Metodologi

Berisi tentang penjelasan Pengertian dan fungsi komponen penyusun dalam tiap bagian Cooling Tower

Bab 4 Hasil Dan Pembahasan

Berisi Tentang Hasil data dan perhitungan yang diperoleh

Bab 5 Penutup

Berisi tentang Kesimpulan dan Saran bagi PPSDM MIGAS CEPU khususnya pada Unit Cooling tower di Boiler

BAB II ORIENTASI UMUM

2.1. Penjelasan Umum

2.1.1. Tugas Pokok dan Fungsi PPSDM MIGAS

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2016 PPSDM Migas Cepu memiliki tugas dan fungsi sebagai berikut:

1. Tugas Pokok
“Melaksanakan pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi”.
2. Fungsi
 - a. Penyiapan penyusunan kebijakan teknis pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi.
 - b. Penyusunan program, akuntabilitas kinerja dan evaluasi serta pengelolaan informasi pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi.
 - c. Penyusunan perencanaan dan standarisasi pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi.
 - d. Pelaksanaan penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan di bidang minyak dan gas bumi.
 - e. Pelaksanaan pengelolaan sarana prasarana dan informasi pengembangan sumber daya manusia di bidang minyak dan gas bumi.
 - f. Pemantauan, evaluasi dan pelaporan pelaksanaan tugas di bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi.
 - g. Pelaksanaan administrasi Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi

2.1.2 Sejarah Singkat PPSDM MIGAS

Pusat Pelatihan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) merupakan salah satu tempat pengolahan minyak mentah atau crude oil yang dihasilkan oleh PT Pertamina EP Region Jawa Area Cepu. Crude oil Pertamina yang ditambang darisumur daerah Kawengan dan Nglobo dengan bantuan pompa dialirkan ke unit kilang Cepu untuk diolah menjadi bahan bakar seperti pertasol, kerosin, solar, PHsolar dan residu. Selain itu PPSDM Migas juga memproduksi non minyak yaitu wax (lilin).

PPSDM Migas selain sebagai pengolah (refinery) minyak juga mempunyai tugas pokok melaksanakan pendidikan dan pelatihan bidang migas. PPSDM Migas bertanggung jawab kepada Kepala Badan Diklat Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menurut Surat Keputusan Menteri Sumber Daya dan Mineral No. 150 Tahun 2001 dan telah diperbarui dengan Peraturan Menteri ESDM No. 18 Tahun 2010 tanggal 22 November 2010.

Visi : Menjadi Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan Gas Bumi yang unggul dengan mewujudkan tata pemerintahan yang bersih, baik, transparan dan terbuka.

Misi:

1. Meningkatkan kapasitas aparatur negara dan Pusdiklat Migas untuk mewujudkan tata pemerintahan yang baik.
2. Meningkatkan kompetensi tenaga kerja sub sektor migas untuk berkompetensi melalui mekanisme ekonomi pasar.
3. Meningkatkan kemampuan perusahaan minyak dan gas bumi menjadi lebih kompetitif melalui program pengembangan Sumber Daya Manusia.

Ditinjau dari sejarah berdirinya Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi mengalami pergantian nama sejak ditemukan minyak di Cepu sampai sekarang. Kilang minyak di daerah Cepu terletak antara Jawa Tengah dan Jawa Timur. Berdasarkan

sejarah berdirinya, umur kilang minyak Cepu telah mencapai 100 tahun lebih dan pengolahannya telah mengalami tiga periodisasi yaitu :

1. Zaman Hindia Belanda (1886 – 1942)

Pada tahun 1886 seorang sarjana tambang Mr. Adian Stoop berhasil mengadakan penyelidikan minyak bumi di Jawa. Pada tahun 1887 Mr. Adian Stoop mendirikan DPM (Dordtsche Petroleum Maatschappij) dan mengadakan pengeboran pertama di Surabaya. Pada tahun 1890 didirikan pengeboran minyak di daerah Wonokromo.

Selain di Surabaya Mr. Adian Stoop juga mengadakan pengeboran minyak di daerah Rembang. Pada bulan Januari 1893, dari Ngawi dengan menggunakan rakit Mr. Adian Stoop menyusuri Bengawan Solo menuju Ngareng dan Cepu (Panolan). Pengeboran pertama di Ngareng berhasil dengan memuaskan. Di daerah ini kemudian didirikan perusahaan minyak yang akhirnya menjadi “Pusdik Migas”. Organisasinya berpusat di Jawa Timur yang dikuasai oleh Bataafche Petroleum Maatschappij (BPM) sampai perang dunia ke-2.

2. Zaman Jepang (1942 – 1945)

Pada bulan Maret 1942 sebelum lapangan minyak dan kilang minyak direbut Jepang, oleh BPM dilakukan politik bumi hangus, sehingga kilang minyak di Cepu tidak berfungsi lagi. Kemudian Jepang memanggil lagi mantan pegawai BPM untuk membangun kilang tersebut. Pada tahun 1944 kilang tersebut dapat dioperasikan kembali.

3. Masa Indonesia Merdeka (1945 – 2001)

Setelah proklamasi kemerdekaan, lahir Perusahaan Tambang Minyak Negara (PTMN) di Cepu. Daerah operasinya meliputi lapangan minyak Wonocolo, Nglobo, Kawengan, Ledok, dan Semanggi. Administrasi Sumber Minyak (ASM), menyerahkan pada pemerintah sipil. Untuk itu dibentuk panitia kerja yaitu, Badan Penyelenggara Perusahaan Negara yang kemudian melahirkan Perusahaan Tambang Minyak Rakyat Indonesia (PTMRI). Untuk

mengatasi kesulitan yang dihadapi perusahaan, maka pada tahun 1957, PTMRI diubah menjadi Perusahaan Tambang Minyak Nglobo CA. Perusahaan ini dikelola oleh pemerintah. Sejak PTMRI sampai Perusahaan Tambang Minyak Nglobo CA, banyak mengalami kemajuan.

Pada tahun 1966 Tambang Minyak Nglobo CA diubah menjadi PERMIGAN, sedang kilang minyak Cepu dan lapangan minyak Kawengan dibeli oleh pemerintah Indonesia dari ASM dan pada tahun 1962 pengolahannya dilimpahkan pada PN PERMIGAN. Pada tanggal 4 Januari 1966 PN PERMIGAN dijadikan Pusat Pendidikan dan Latihan Lapangan Minyak dan Gas Bumi (PUSDIKLAP MIGAS) yang merupakan bagian dari Lembaga Minyak dan Gas Bumi (LEMIGAS) yang berkantor pusat di Cipulir Jakarta. Sejak saat itu kilang beserta lapangan berfungsi sebagai alat peraga pendidikan. Pada tanggal 7 Februari 1967 diresmikan Akademi Minyak dan Gas Bumi (AKAMIGAS) angkatan I.

Berdasarkan SK Menteri Pertambangan dan Energi No. 646 tanggal 26 Desember 1977 PUSDIKLAP MIGAS yang merupakan bagian dari LEMIGAS (Lembaga Minyak dan Gas Bumi) diubah menjadi Pusat Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi Lembaga Minyak dan Gas Bumi (PPTMGB LEMIGAS) dan berdasarkan SK Presiden No. 15 tanggal 15 Maret 1984 pasal 107, LEMIGAS Cepu ditetapkan sebagai Lembaga Pemerintah dengan nama Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi (PPT MIGAS).

Periode 2001 – 2016

Tahun 2001, PPTMIGAS diubah menjadi PUSDIKLAT MIGAS dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 150 tahun 2001 dan diperbarui dengan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral No. 18 tahun 2010.

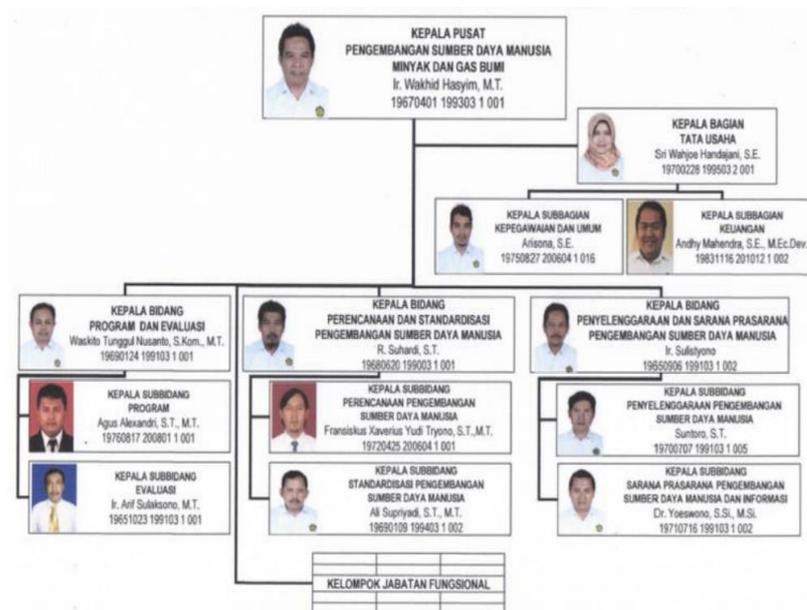
Periode 2016 – sekarang

Sesuai Peraturan Menteri No. 13 tahun 2016 tentang organisasi dan tata kerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, PUSDIKLAT Migas Cepu berubah nama menjadi Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi (PPSDM MIGAS) Cepu. (<https://www.esdm.go.id>, 2018)

2.1.3 Stuktur Organisasi dan Kepegawaian

Struktur organisasi yang ada di PPSDM MIGAS Cepu terdiri dari pimpinan tertinggi sebagai kepala PPSDM MIGAS Cepu .Pimpinan tertinggi membawahi kepala bagian dan kepala bidang yang bertugas memimpin unit-unit di PPSDM MIGAS Cepu.

Kepala bagian dan kepala bidang membawahi sub. bagian dan sub. bidang dari unit-unit yang terkait. Di setiap unit terdapat pengawas unit dan pengelola unit yang dipimpin oleh sub bagian masing-masing unit. Selain itu, dalam kegiatan operasional PPSDM MIGAS Cepu setiap unit memiliki masing-masing karyawan atau bawahan yang handal dalam setiap masing-masing bidang yang dijalankan.



Gambar 1.1. *Struktur Organisasi PPSDM MIGAS Cepu*

Sumber : Humas PPSDM Migas Cepu

2.1.4 Lokasi PPSDM MIGAS

Pusat Pengembangan Sumber Daya manusia Minyak dan Gas Bumi berlokasi di Jalan Sorogo 1, Kelurahan Karangboyo, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Provinsi Jawa Tengah dengan areal sarana dan prasarana pendidikan dan pelatihan seluas 120 hektar. Di tinjau dari segi geografis dan ekonomis, lokasi tersebut cukup strategis karena didukung oleh beberapa faktor yaitu:

1. Lokasi Praktek

Lokasi PPSDM MIGAS berdekatan dengan lapangan minyak milik Pertamina, Exxon Mobil Cepu Limited, Petrochina, tambang rakyat Wonocolo serta singkapan-singkapan geologi, sehingga memudahkan peserta diklat untuk melakukan *field study*

2. Sarana Transportasi

Kota Cepu dilewati oleh jalur kereta api yang Surabaya – Jakarta dan jalan raya yang menghubungkan kota-kota besar di sekitarnya, sehingga memudahkan untuk bepergian

3. Letaknya yang berbatasan antara Jawa Tengah dan Jawa Timur



Gambar 2.2 Peta Letak PPSDM MIGAS Cepu

2.2 Orientasi Perusahaan

2.2.1 Unit Keselamatan Kerja dan Pemadam Kebakaran

Unit K3LL (Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan) dibentuk dengan tujuan untuk mencegah dan menanggulangi segala sesuatu yang menyebabkan kecelakaan kerja yang

mempengaruhi terhadap proses produksi, sehingga sumber-sumber produksi dapat digunakan secara efisien dan produksi dapat berjalan lancar tanpa adanya hambatan yang berarti Unit K3LL PPSDM MIGAS Cepu mempunyai tugas yang meliputi:

1. Tugas Rutin
 - a. Menyusun rencana pencegahan terhadap kecelakaan kerja
 - b. Melakukan inspeksi secara berkala atau khusus
 - c. Melakukan pemeriksaan alat - alat pemadam kebakaran
 - d. Mengadakan *safety training* baik kepada personil pemadam api maupun pegawai biasa
2. Tugas Non Rutin
 - a. Melaksanakan pelayanan pemadam api dan keselamatan kerja di luar PPSDM MIGAS Cepu
 - b. Melakukan penyelidikan terhadap kecelakaan kerja yang sama
 - c. Menanamkan kesadaran kepada semua pegawai akan pentingnya pencegahan kebakaran dan keselamatan kerja
 - d. Melakukan kampanye keselamatan kerja kepada para pegawai
3. Tugas Darurat
 - a. Memberikan pertolongan dan penanggulangan terhadap terjadinya kecelakaan kerja
 - b. Memadamkan api jika terjadi kebakaran baik dilingkungan PPSDM MIGAS Cepu maupun di luar

2.2.2 Unit Boiler

Boiler merupakan peralatan yang sangat diperlukan untuk menunjang proses kilang pada industri migas. *Boiler* atau biasa disebut ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap atau dengan kata lain mentransfer panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar (baik dalam bentuk padat, cair, atau gas) sehingga berubah wujud menjadi uap. Di dalam *boiler*, energi kimia dari bahan bakar di ubah menjadi panas melalui proses pembakaran dan panas

yang dihasilkan sebagian besar diberikan kepada air yang berada di dalam ketel, sehingga air berubah menjadi uap.

Boiler tersebut dibuat dari bahan baja dengan bentuk bejana tertutup yang di dalamnya berisi air, sedangkan air tersebut dipanasi dari hasil pembakaran bahan bakar residu. Untuk menyediakan kebutuhan uap atau *steam* di PPSDM MIGAS Cepu maka *boiler* yang tersedia berjumlah 3 unit, yang terdiri dari:

1. Dua unit *boiler* tipe AL-LSB-6000 dengan masing-masing memiliki kapasitas sebesar 6 ton/jam
2. Satu unit *boiler* tipe Wanson yang memiliki kapasitas sebesar 6,6 ton/jam

Dalam pengoperasiannya, boiler di PPSDM MIGAS Cepu hanya dioperasikan 1 unit saja, karena kebutuhan *steam* untuk kilang sudah tercukupi.

2.2.3 Unit Perpustakaan

Perpustakaan PPSDM MIGAS mempunyai sistem pelayanan terbuka (*open access*) yang meliputi:

- a. Pelayanan reguler (pegawai dan dosen)
- b. Pelayanan non reguler (peserta kursus, praktikan)

Koleksi perpustakaan antara lain: buku–buku diklat, majalah ilmiah, laporan penelitian, skripsi, ebook, laporan kerja praktek dan bahan audio visual.

Sejarah berdirinya perpustakaan PPSDM MIGAS Cepu erat kaitannya dengan berdirinya Akamigas yang pada awalnya terkenal dengan nama AMGB (Akademi Minyak dan Gas Bumi). Akamigas yang berdirinya pada tahun 1967 sebagai salah satu wadah untuk membina kader-kader perminyakan nasional yang siap pakai. Adapun tugas–tugas perpustakaan PPSDM MIGAS Cepu yaitu:

- a. Melakukan perencanaan, pengembangan koleksi, yang mencakup buku, majalah ilmiah, laporan penelitian, skripsi, laporan kerja praktek, diklat/ hand out serta bahan audio visual

- b. Melakukan pengolahan dan proses pengolahan bahan pustaka meliputi refrigrasi/inventaris, katalogisasi, klasifikasi, shelving dan filing
- c. Laporan penggunaan laboratorium bahasa untuk mahasiswa Akamigas, pegawai, dosen, instruksi, peserta khusus dan lain-lain
- d. Layanan audio visual pemutaran film dan kaset video ilmiah untuk mahasiswa Akamigas, pegawai, dosen, instruksi, peserta khusus dan lain-lain
- e. Layanan kerjasama antara perpustakaan dan jaringan informasi nasional

2.2.4 Laboratorium Dasar

PPSDM MIGAS Cepu memiliki Laboratorium Dasar atau yang biasa disebut dengan Laboratorium Pengujian. Laboratorium ini terbuka untuk pelayanan umum. Unit yang tersedia pada laboratorium ini antara lain:

1. Laboratorium Kimia
2. Laboratorium Minyak Bumi
3. Laboratorium Sipil
4. Laboratorium Geologi
5. Laboratorium Lingkungan Lingkungan

2.2.5 Laboratorium Pengujian Hasil Produksi

PPSDM MIGAS juga memiliki Laboratorium Pengujian Hasil Produksi (Laboratorium PHP) sebagai unit pengujian produk hasil *Crude Distillation Unit*. Spesifikasi pengujian sampel produk Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC antara lain:

1. Densitas pada 15°C
2. Distilasi : IBP dan *end point*
3. Warna Saybolt
4. Korosi bilah Tembaga, 2 hrs / 100°C
5. *Doctor Test*

6. *Aromatic Content*

Spesifikasi pengujian sampel produk residu antara lain :

1. Nilai Kalori
2. Densitas pada 15°C
3. Viskositas Kinematik pada 50°C
4. Kandungan Sulfur
5. Titik Tuang
6. Titik Nyala
7. Residu Karbon
8. Kandungan Abu
9. Sedimen Total
10. Kandungan Air
11. Vanadium
12. Alumunium + silikon

Spesifikasi pengujian sampel produk solar (jenis minyak solar 48)
antara lain :

1. Bilangan Cetana
2. Densitas pada 15°C
3. Viskositas pada 40°C
4. Kandungan Sulfur
5. Distilasi : T95
6. Titik Nyala
7. Titik Tuang
8. Residu
9. Kandungan Air
10. *Biological Growth*
11. Kandungan Fame
12. Kandungan Metanol dan Etanol
13. Korosi Bilah Tembaga
14. Kandungan Abu
15. Kandungan Sedimen
16. Bilangan Asam Kuat

-
17. Bilangan Asam Total
 18. Partikulat
 19. Penampilan Visual
 20. Warna

BAB III

METODELOGI

3.1 Landasan Teori

3.1.1 Pengertian Cooling Tower

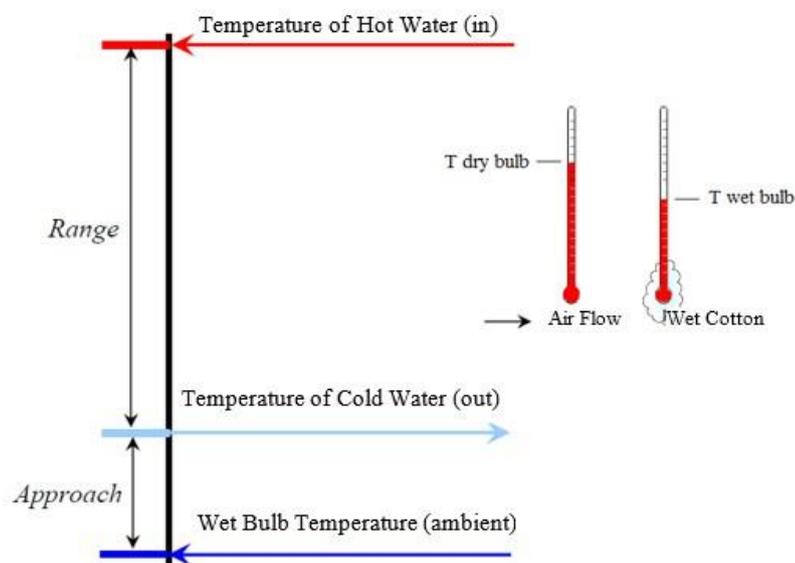
Cooling Tower atau menara pendingin didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang fluida kerjanya adalah udara dan air yang berfungsi mendinginkan air dengan mengontakkannya ke udara sehingga menguapkan sebagian kecil dari air tersebut. Dalam kebanyakan menara pendingin yang melayani sistem refrigerasi dan penyamanan udara, menggunakan satu atau lebih kipas propeler untuk menggerakkan udara secara vertikal keatas atau horizontal melintasi menara.

Fungsi menara pendingin adalah memproses air panas menjadi air dingin, sehingga dapat digunakan kembali sebagai sprint pada maen condensor dan bis diinjeksikan kembali. Selain itu *Cooling Tower* juga berfungsi untuk unit pembuangan akhir yang berupa uap atau gas ke atmosfer. Cooling Tower memanfaatkan air dan udara pada proses perpindahan panas yang dibuang ke atmosfer. Didalam sistem menara pendingin terdapat beberapa konstruksi peralatan diantaranya adalah fan, spray nozzle (springkel), fill (packing), basin dan pump.

Menara Pendingin mampu menurunkan suhu air lebih dari peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radioator dalam mobil dan oleh karena itu biayanya lebih efektif dan efisien energinya. Kinerja menara pendingin dievaluasi untuk mengkaji tingkat *approach* dan *cooling range* saat ini, identifikasi area terjadinya pemborosan energi dan memberikan saran perbaikan. Walaupun, *range* (kisaran) dan *approach* (pendekatan) harus dipantau *approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin. Semakin rendah temperatur bola basah udara yang masuk maka akan menjadi semakin efektif menara pendingin tersebut, karena

temperature air yang keluar juga akan semakin rendah apabila temperature bola basah udara yang masuk semakin rendah.

Cooling Tower didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. Cooling tower yang bekerja pada sistem pendinginan udara biasanya menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air leintasi menara. Performa cooling tower biasanya dinyatakan dalam range dan approach seperti yang terlihat pada gambar tersebut



Gambar 3.1 *Range dan approach Temperatur pada cooling tower*

Range adalah perbedaan suhu antara tingkat suhu air masuk *cooling tower* dengan tingkat suhu air yang keluar *cooling tower* atau selisih antara suhu air panas dan suhu air dingin , sedangkan *approach* adalah perbedaan antara temperatur air keluar *cooling tower* dengan temperatur bola basah udara yang masuk atau selisih antara suhu air dingin dan temperatur bola basah (wet bulb) dari udara atmosfer.

Temperature udara pada umumnya diukur dengan menggunakan termometer biasa yang sering dikenal sebagai temperatur bola kering (*dry bulb temperatur*) , sedangkan temperatur bola basah (*wet bulb temperature*) adalah temperatur yang bolanya diberi kasa basah,

sehingga jika air menguap dari kasa dan bacaan suhu pada termometer menjadi lebih rendah daripada temperatur bola kering.

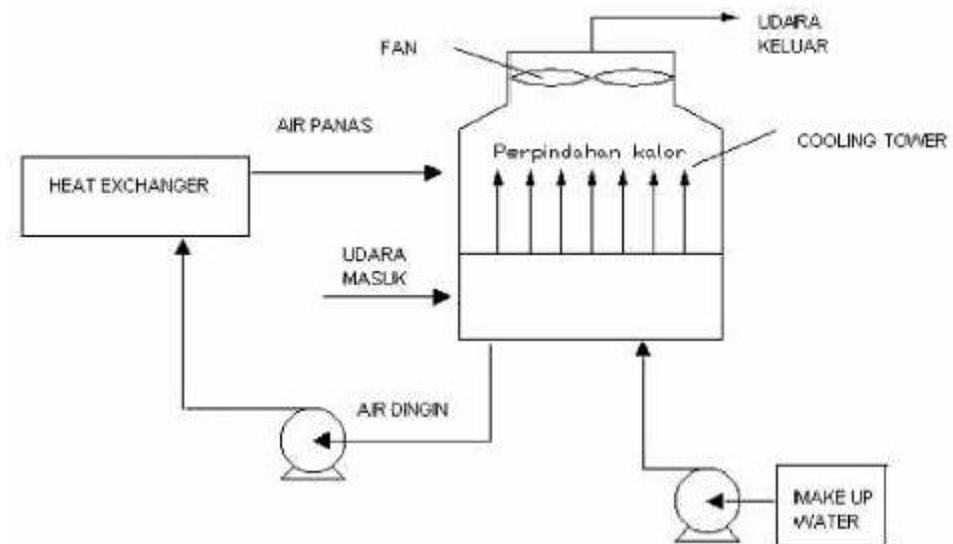
Penguapan akan berlangsung lambat pada kelembapan tinggi dan temperatur bola basah (Twb) identik dengan temperatur bola kering (Tdb). Namun pada kelembapan rendah sebagian air akan menguap, jadi temperatur bola basah akan semakin jauh perbedaannya dengan temperatur bola kering.

3.1.2 Fungsi Cooling Tower

Semua peralatan pendingin yang bekerja akan melepaskan kalor melalui kondensor, refrigeran akan melepas kalornya kepada air pendingin sehingga air menjadi panas. Air panas ini akan dipompakan ke cooling tower. Cooling tower secara garis besar berfungsi untuk menyerap kalor dari air tersebut dan menyediakan sejumlah air yang relative sejuk (dingin) untuk dipergunakan kembali disuatu instalasi pendingin atau dengan kata lain cooling tower berfungsi untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. Cooling tower mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, dan oleh karena itu biayangnya lebih efektif dan efisien energinya.

3.1.3 Prinsip Kerja Cooling Tower

Prinsip kerja *Cooling tower* berdasarkan pada pelepasan kalor dan perpindahan kalor. Perpindahan kalor pada cooling tower berlangsung dari air ke udara. Cooling Tower menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer, sehingga air yang tersisa didinginkan secara signifikan.



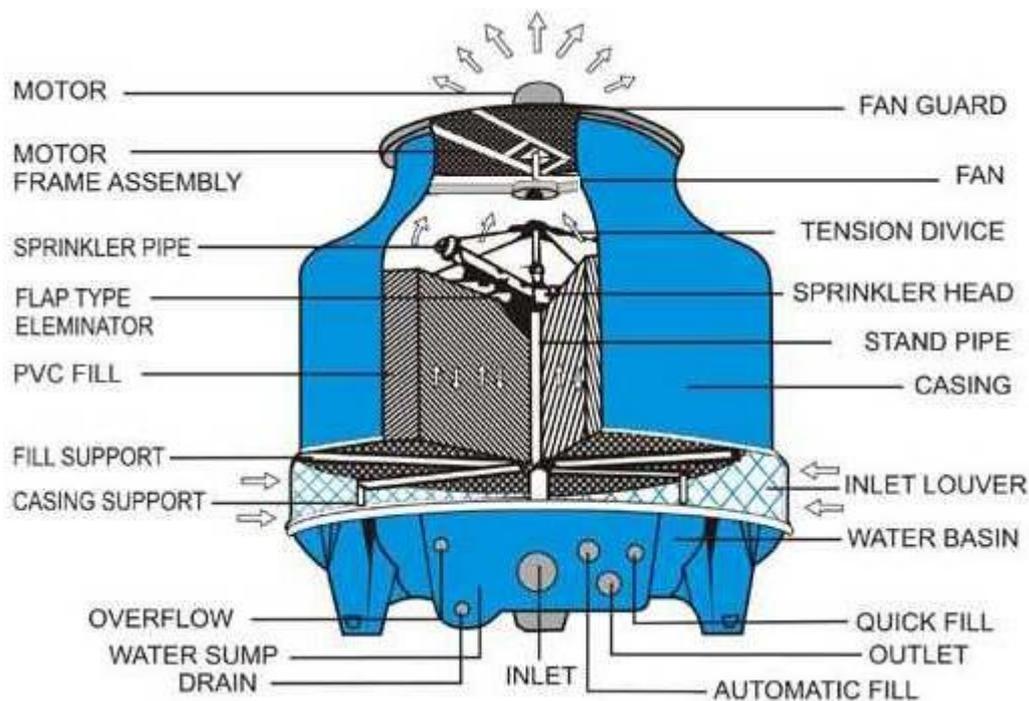
Gambar 3.2 Skema Cooling Tower

Prinsip kerja *cooling tower* dapat dilihat pada gambar diatas. Air dari bak/basin dipompa menuju heater untuk dipanaskan dan dialirkan ke *cooling tower*. Air panas yang keluar tersebut secara langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa karena pengaruh fan atau blower yang terpasang pada bagian atas *cooling tower*, lalu mengalir jatuh ke bahan pengisi.

Sistem ini sangat efektif dalam proses pendinginan air karena suhu kondensasinya sangat rendah mendekati suhu *wet bulb* udara. Air yang sudah mengalami penurunan suhu ditampung ke dalam bak/basin. Pada *cooling tower* juga dipasang katup make up water untuk menambah kapasitas air pendingin jika terjadi kehilangan air ketika proses *evaporative cooling* tersebut sedang berlangsung.

3.2 Konstruksi Cooling Tower

Adapun konstruksi *cooling tower* jenis *induced draft* aliran *counterflow* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Konstruksi Cooling Tower

Konstruksi cooling tower secara garis besar terdiri atas :

3.2.1 Fan

Fan merupakan bagian terpenting dari sebuah *cooling tower* karena berfungsi untuk menarik udara dingin dan mensirkulasikan udara tersebut di dalam menara untuk mendinginkan air. Jika fan tidak berfungsi maka kinerja *cooling tower* tidak akan optimal. Fan digerakkan oleh motor listrik yang dikopel langsung dengan poros kipas.

3.2.2 Kerangka Pendukung Cooling Tower

Kerangka pendukung *cooling tower* berfungsi untuk mendukung *cooling tower* agar dapat berdiri kokoh dan tegak. Kerangka pendukung terbuat dari baja

3.2.3 Casing Cooling Tower

Casing *cooling tower* harus memiliki ketahanan yang baik terhadap segala cuaca dan umur pakai (life time) yang lama. Casing terbuat dari seng atau plastik.

3.2.4 Pipa Sprinkler

Pipa *sprinkler* merupakan pipa yang berfungsi untuk mensirkulasikan air secara merata pada *cooling tower*, sehingga perpindahan kalor air dapat menjadi efektif dan efisien. Pipa *sprinkler* dilengkapi dengan lubang-lubang kecil untuk menyalurkan air.

3.2.5 Water Basin

Water *basin* berfungsi sebagai penampung air sementara yang jatuh dari *filling material* sebelum disirkulasikan kembali ke kondensor. Water *basin* terbuat dari seng.

3.2.6 Inlet Louver

Inlet louver berfungsi untuk tempat masuknya udara melalui lubang lubang yang ada. Melalui *Inlet louver* akan terlihat kualitas dan kuantitas air yang akan didistribusikan. *Inlet louver* terbuat dari seng.

3.2.7 Bahan Pengisi

Bahan pengisi merupakan bagian dari *cooling tower* yang berfungsi untuk mencampurkan air yang jatuh dengan udara yang bergerak naik. Air masuk yang mempunyai suhu yang cukup tinggi (33°C) akan di semprotkan ke bahan pengisi.

Pada bahan pengisi inilah air yang mengalir turun ke *water basin* akan bertukar kalor dengan udara segar dari atmosfer yang suhunya (28°C). Oleh sebab itu, bahan pengisi harus dapat menimbulkan kontak yang baik antara air dan udara agar terjadi laju perpindahan kalor yang baik. Bahan pengisi harus kuat, ringan dan tahan lapuk.

Bahan pengisi ini mempunyai peranan sebagai memecah air menjadi butiran-butiran tetes air dengan maksud untuk memperluas permukaan pendinginan sehingga proses perpindahan panas dapat dilakukan se efisien mungkin.

Bahan pengisi ini umumnya terdiri dari 2 jenis lapisan :

a. 1st level packing

Bahan pengisi lapisan atas yang mempunyai celah sarang lebah lebih besar dimaksudkan untuk pendinginan tahap pertama. Fluida yang akan di dinginkan pertama kali dialirkan ke lamella ini.

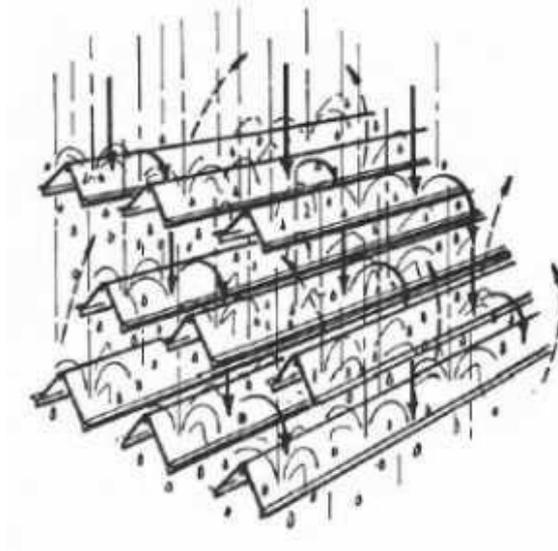
b. 2nd level packing

Bahan pengisi yang lebih lembut untuk *second stage* pendinginan. Pabrikan *package cooling tower* umumnya merancang *filling material* pada stage ini lebih tebal sehingga dapat menampung kapasitas fluida yang lebih banyak.

Jenis bahan pengisi dapat dibagi menjadi :

a. Bahan pengisi jenis percikan (*splash fill*)

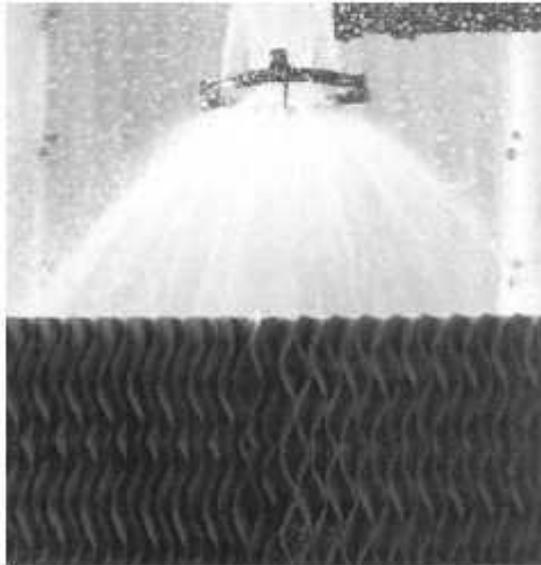
Air jatuh di atas lapisan yang berurut dari batang pemercik horizontal secara terus-menerus pecah menjadi tetesan yang lebih kecil, sambil membasahi permukaan bahan pengisi luas permukaan butiran air adalah luas permukaan perpindahan kalor dengan udara bahan pengisi percikkan dari plastik memberikan perpindahan kalor yang lebih baik daripada bahan pengisi percikkan kayu



Gambar 3.4 *Splash Fill*

b. Bahan pengisi jenis film (*film fill*)

Bahan pengisi jenis film terdiri dari permukaan plastik tipis dengan jarak yang berdekatan di mana di atasnya terdapat semprotan air, membentuk lapisan film yang tipis dan melakukan kontak dengan udara. permukaannya dapat berbentuk datar, bergelombang, berlekuk, atau pola lainnya. pada bahan pengisi film, Air membentuk lapisan tipis pada sisi-sisi lembaran pengisi. luas permukaan dari lembaran pengisi adalah luas perpindahan kalor dengan udara sekitar. jenis bahan pengisi film Lebih efisien dan memberi perpindahan kalor yang sama dalam volume yang lebih kecil daripada bahan pengisi jenis *splash* . Bahan pengisi film dapat menghasilkan penghematan listrik yang signifikan melalui kebutuhan air yang lebih sedikit dan head pompa yang lebih kecil.



Gambar 3.5 *Film Fill*

c. Bahan pengisi sumbatan rendah (*low-clog film fill*)

Bahan pengisi sumbatan rendah dengan ukuran *flute* yang lebih tinggi, saat ini dikembangkan untuk menangani air yang keruh. jenis ini merupakan pilihan terbaik untuk air laut karena adanya penghematan biaya dan kinerjanya dibandingkan tipe bahan pengisi jenis percikan konvensional.



Gambar 3.6 *Low-Clog Film Fill*

3.3 Klasifikasi Cooling Tower

Ada banyak klasifikasi cooling Tower, namun pada umumnya mengklasifikasikan dilakukan berdasarkan Sirkulasi air yang terdapat di dalamnya

Cooling tower dapat di klasifikasikan atas tiga bagian, yaitu :

1. *Wet cooling tower*
2. *Dry cooling tower*
3. *Wet – dry cooling tower*

3.3.1 Wet Cooling Tower

Wet Cooling tower mempunyai sistem distribusi air panas yang disemprotkan secara merata ke kisi-kisi , lubang-lubang atau batang-batang horizontal pada sisi menara yang disebut isian. Udara masuk dari luar menara melalui kisi-kisi yang berbentuk celah-celah horizontal yang terpengang pada sisi menara. Celah ini biasanya mengarah miring ke bawah supaya air tidak keluar.

Pertemuan antara air dan udara menyebabkan terjadinya perpindahan kalor sehingga air menjadi dingin. Air yang telah dingin itu berkumpul di kolam atau bak di dasar menara dan dari situ diteruskan ke dalam kondensor atau dibuang keluar , sehingga udara sekarang kalor dan lembab keluar dari atas menara.

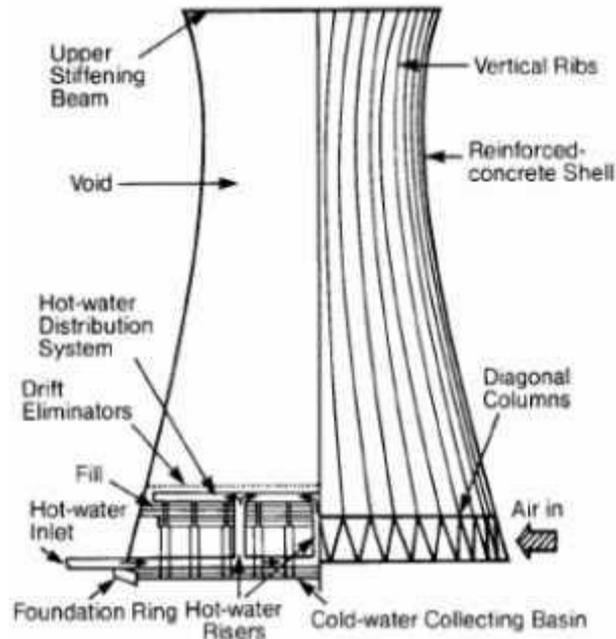
Wet cooling tower dapat dibagi menjadi :

3.3.1.1 Natural Draft Cooling Tower

Natural Draft Cooling Tower tidak menggunakan kipas(fan). Aliran udaranya bergantung semata-mata pada tekanan dorong alami. Pada natural draft cooling tower tidak ada bagian yang bergerak , udara mengalir ke atas akibat adanya perbedaan massa jenis antara udara

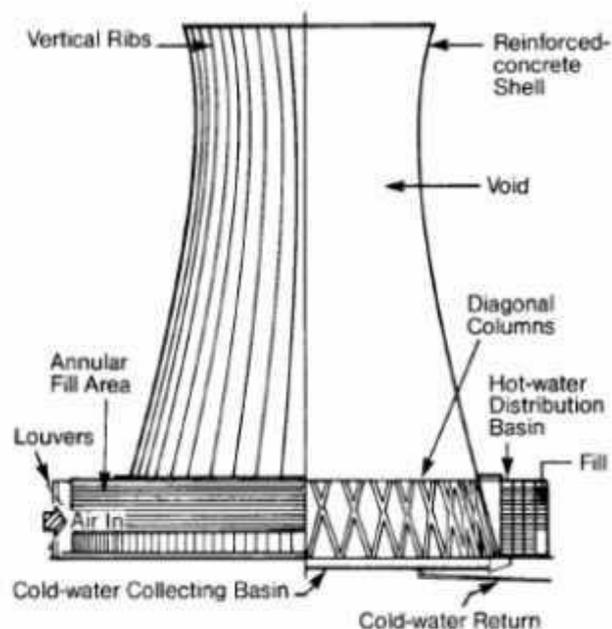
atmosfer dengan udara kalor lembab di dalam cooling tower yang bersuhu lebih tinggi daripada udara atmosfer di sekitarnya.

a. Natural Draft Cooling Tower Aliran Counterflow



Gambar 3.7 *Natural draft Cooling Tower Aliran Counterflow*

b. Natural Draft Cooling Tower Aliran Crossflow



Gambar 3.8 *Natural Draft Cooling Tower Aliran Crossflow*

3.3.1.2 Mechanical Draft Cooling Tower

Sistem mechanical draft cooling tower dilengkapi dengan satu atau beberapa kipas (fan) yang digerakkan secara mekanik sehingga dapat mengalirkan udara. Berdasarkan fungsi kipas yang digunakan cooling tower aliran angin mekanik dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

- a. Tipe aliran angin dorong (forced draft)
- b. Tipe aliran angin tarik (induced draft)

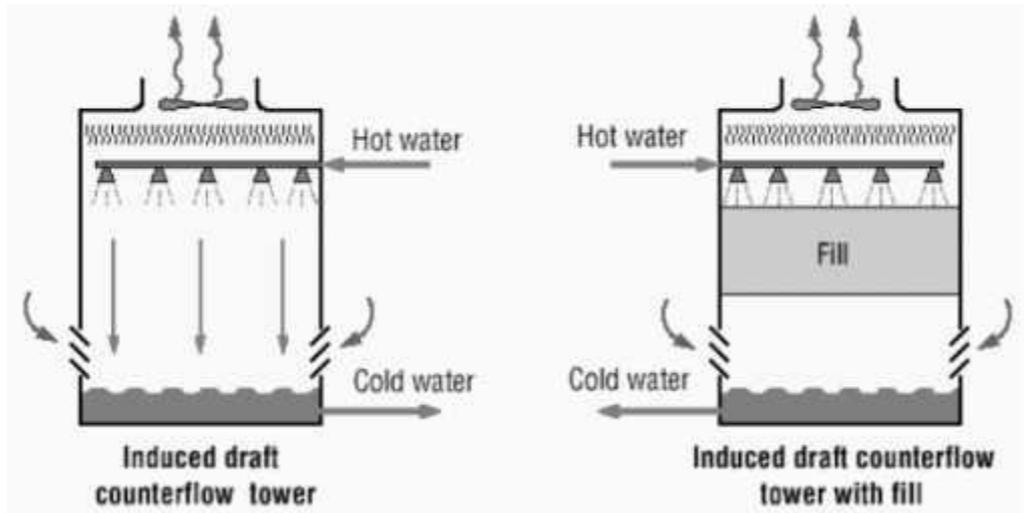
Aliran udara masuk menara pada dasarnya horizontal , tetapi aliran di dalam bahan pengisi ada yang horizontal seperti yang terdapat pada cooling tower aliran silang (cross flow) dan ada pula yang vertikal seperti cooling tower aliran lawan arah (counter flow). Aliran lawan arah lebih sering dipakai dan dipilih karena efisiensi termalnya lebih baik daripada aliran silang.

Keunggulan mechanical draft cooling tower adalah :

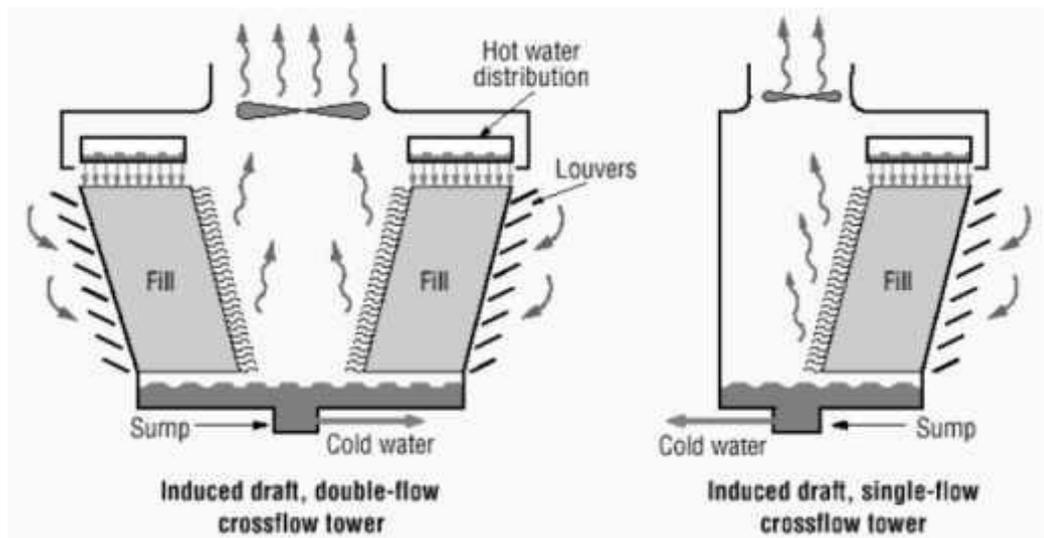
1. Terjaminnya jumlah aliran udara dalam jumlah yang diperlukan pada segala kondisi beban dan cuaca.
2. Biaya investasi dan konstruksinya lebih rendah
3. Ukuran dimensinya lebih kecil.

Kelemahan *mechanical draft cooling tower* adalah :

1. Kebutuhan daya yang besar
2. Biaya operasi dan pemeliharaan yang besar
3. Bunyinya lebih ribut



Gambar 3.9 *Induced Draft Cooling Tower Aliran Counter Flow*



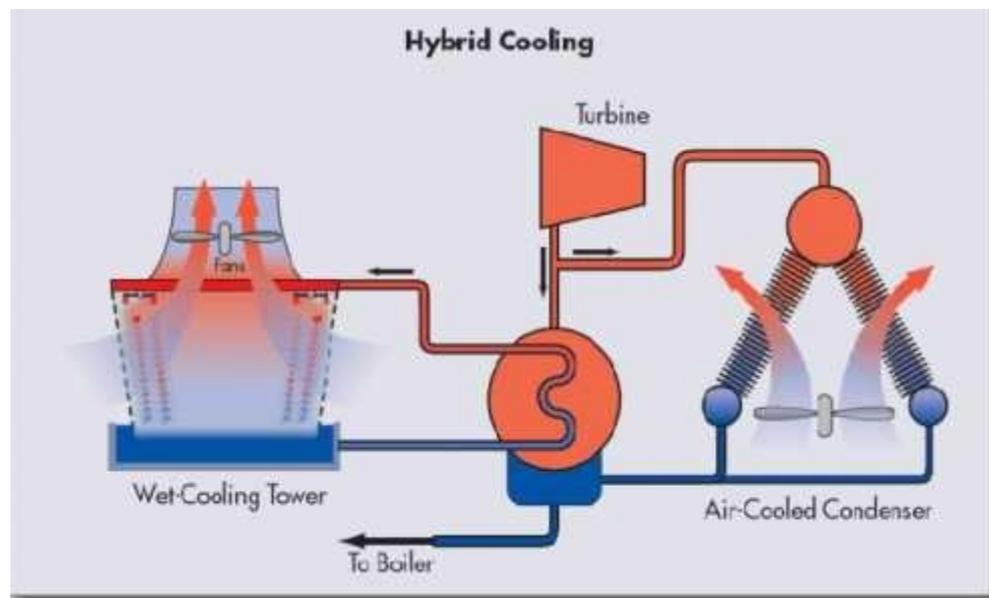
Gambar 3.10 *Induced Draft Cooling Tower Aliran Crossflow*

3.3.1.3 Combined Draft Cooling Tower

Natural draft cooling tower biasanya mempunyai ukuran yang besar dan membutuhkan lahan yang luas, tetapi dengan konsumsi daya dan biaya operasi yang kecil . Sebaliknya Mechanical draft cooling tower ukurannya lebih kecil , namun membutuhkan daya yang besar. Oleh sebab itu , kedua hal tersebut digabungkan di dalam combined draft

cooling tower. Menara ini disebut juga cooling tower hiperbola berkipas (fan assisted hyperbolic tower).

Menara hibrida terdiri dari cangkang beton, tetapi ukurannya lebih kecil dimana diameternya sekitar dua pertiga diameter menara aliran angin mekanik. Di samping itu, terdapat sejumlah kipas listrik yang berfungsi untuk mendorong angin. Menara ini dapat dioperasikan pada musim dingin tanpa menggunakan kipas, sehingga lebih hemat listrik.



Gambar 3.11 *Combined Draft Cooling Tower*

3.3.2 Dry Cooling Tower

Dry cooling tower adalah cooling tower yang airnya sirkulasinya dialirkan di dalam tabung-tabung bersirip yang dialiri udara. Semua kalor yang dikeluarkan dari air sirkulasi diubah. Dry cooling tower dirancang untuk dioperasikan dalam ruang tertutup.

Cooling tower jenis ini banyak mendapat perhatian akhir-akhir ini karena keunggulannya yaitu :

1. Tidak memerlukan pembersihan berskala sesering cooling tower basah.

2. Tidak memerlukan zat kimia adiktif yang banyak.
3. Memenuhi syarat peraturan pengelolaan lingkungan mengenai pencemaran termal dan pencemaran udara pada lingkungan.

Meskipun begitu , cooling tower kering mempunyai beberapa kelemahan , yaitu efisiensinya lebih rendah , sehingga mempengaruhi efisiensi siklus keseluruhan.

3.3.3 Wet-Dry Cooling Tower

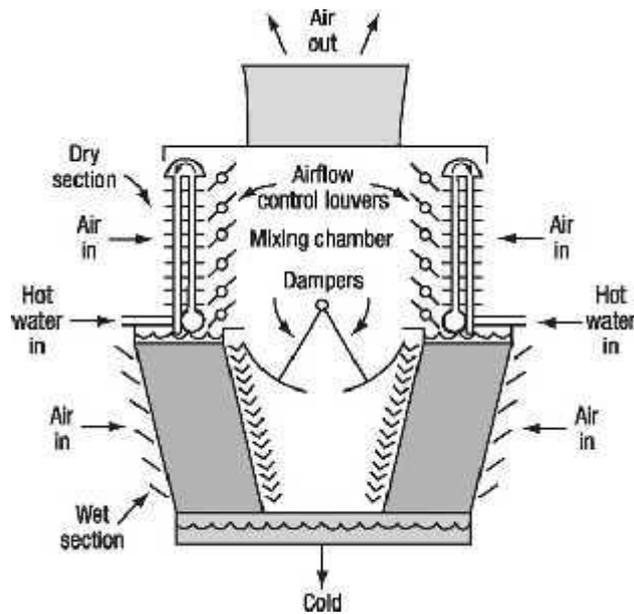
Wet-dry cooling tower merupakan gabungan antara dry cooling tower dan wet cooling tower. Cooling tower ini mempunyai dua jalur udara parallel dan dua jalur udara seri.

Bagian atas menara di bawah kipas adalah bagian kering yang berisi tabung-tabung bersirip. Bagian bawah adalah ruang yang lebar yang merupakan bagian yang basah yang terdiri dari bahan pengisi (filling material). Air sirkulasi yang panas masuk melalui kepala yang terletak di tengah. Air mula-mula mengalir naik turun melalui tabung bersirip di bagian kering , kemudian meninggalkan bagian kering dan jatuh ke isian di bagian basah menuju bak penampung air dingin. Sedangkan udara ditarik dalam dua arus melalui bagian kering dan basah. Kedua arus menyatu dan bercampur di dalam menara sebelum keluar.

Oleh karena arus pertama dipanaskan secara kering dan keluar dalam keadaan yang kering (kelembaban relative rendah) daripada udara sekitar , sedangkan arus kedua biasanya jenuh.

Wet-dry cooling tower mempunyai keunggulan , yaitu :

1. Udara keluar tidak jenuh sehingga mempunyai kepanan yang lebih sedikit.
2. Penyusutan karena penguapan jauh berkurang karena air mengalami pendinginan awal di bagian kering.



Gambar 3.12 *Wet-Dry Cooling Tower*

3.4 Packing Cooling Tower

3.4.1 Definisi Packing

Packing adalah jenis bahan isian pada *cooling tower* yang bahannya khusus, seperti kayu sipres yang mempunyai daya tahan terhadap air dan udara. *Packing* bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas massa dan panas pada *Cooling tower*.

Besarnya laju perpindahan panas dan massa ini dipengaruhi oleh luas daerah kontak, antara fluida panas dan fluida dingin, waktu kontak, kecepatan fluida, dan temperature fluida.

3.4.2 Karakteristik Packing

Penggunaan packing yang tepat akan memaksimalkan kemampuan *cooling tower*, karakteristik karekteristik packing yang baik antara lain :

1. Tidak bereaksi kimia dengan fluida yang berada di dalam *cooling tower*

2. Karakter fisiknya kuat, tetapi tidak terlalu berat
3. Mengandung cukup banyak laluan untuk kedua arus tanpa terlalu banyak zat cair yang terperangkap (hold up) atau menyebabkan penurunan tekanan terlalu tinggi
4. Memungkinkan terjadinya kontak yang memuaskan antara zat cair dan gas
5. Tidak terlalu mahal

3.4.3 Jenis Packing Cooling Tower

Berbagai jenis packing yang sering diaplikasikan dalam dunia di industry, antara lain :

1. Wood Gids

Jenis ini reset grupnya sangat rendah, efisiensi terhadap kontak sangat rendah Namun tinggi pada HTEP dan HTU. baik digunakan pada menara dengan tekanan atmosfer berbentuk persegi atau persegi panjang.

2. Raschig Ring

Jenis ini berbentuk silinder berlubang. tersedia dalam berbagai variasi bahan yang disesuaikan dengan kebutuhan. strukturnya sangat bising. range diameternya $\frac{1}{4}$ - 4 inch. ketebalan paking jenis ini bervariasi tergantung produsen, dan beberapa dimensi serta perubahan permukaan yang tersedia dengan ketebalan dinding. Ukuran packing maks $\frac{1}{30}$ x diameter. Air yang mengalir melalui packing ini akan masuk ke lubang-lubang dan mengarahkan cairan yang lebih pada dinding menara. Efisiensi rendah.

3. Berl Saddles

Packing jenis ini lebih efisien dari raschig ring, pada sebagian besar aplikasi, tetapi biayanya mahal. Eadah packing dan berl saddles juga menciptakan ruang-ruang sempit yang mana menyalurkan fluida tetapi tidak sebanyak rischig ring. Berl saddles memiliki HTU yang rendah dan pressure drop dengan flooding point yang lebih tinggi dari raschig ring.

4. Intalox Saddles And Other Saddle Design

Salah satu packing yang paling efisien, tetapi lebih mahal. Higher flooding lebih tinggi dan pressure drop yang rendah daripada raschig ring atau berl saddles. Nilai HTU yang rendah paling umum untuk sistem cooling tower.

5. Pall Rings

Pall rings menurunkan pressure drop (kurang dari setengah raschig ring), dan HTU yang rendah (dalam beberapa sistem lebih rendah dari berl saddles). Distribusi cairan baik, kapasitas tinggi, sisi dorong yang cukup di dinding kolom. Tersedia dalam bentuk logam, plastic keramik.

6. Lessing Rings

Data kinerjanya tidak banyak tersedia , namun secara umum sedikit lebih baik daripada raschig ring, pressure drop sedikit lebih tinggi. Sisi dorong yang tinggi pada dinding cooling tower.

7. Cross Partition Rings

Cross Partition Rings biasanya digunakan sebagai lapisan pertama pada support grid dan memiliki pressure drop yang relative rendah.

8. Stedman Packing

Jenis ini tersedia dalam logam saja , biasanya digunakan dalam proses distilasi dalam kolom berdiameter kecil tidak melebihi 24 inci. Paling cocok untuk pekerjaan laboratorium.

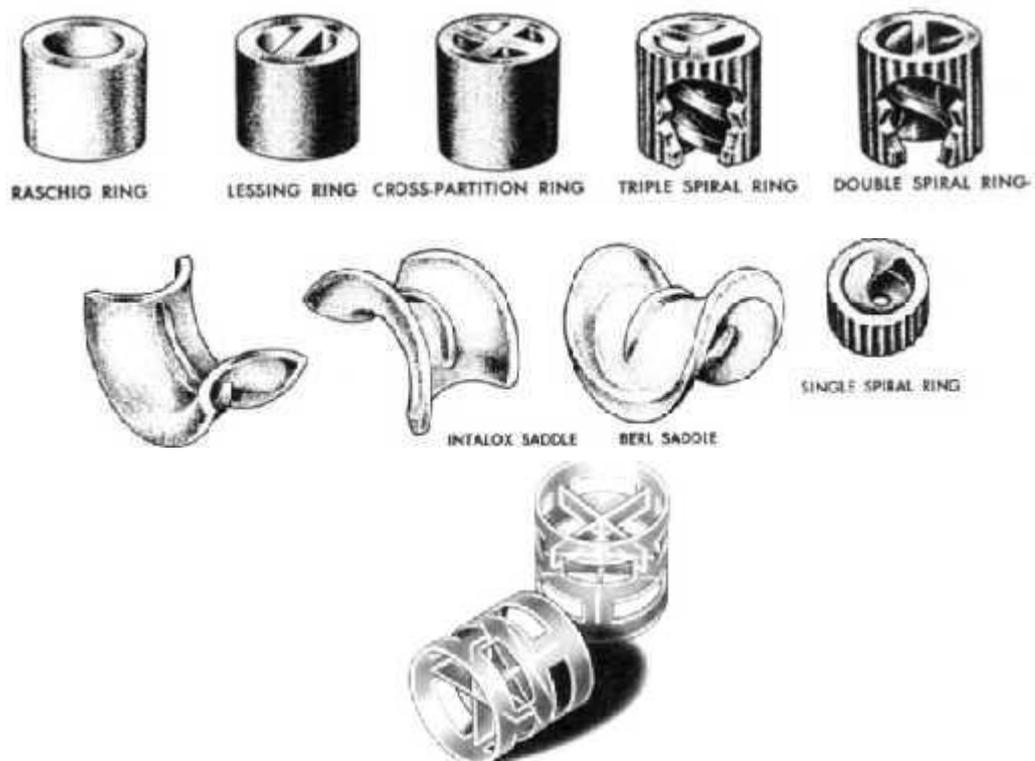
9. Goodloe Packing dan Wire Mesh Packing

Packing ini tersedia dalam logam dan plastic , digunakan pada menara yang besar maupun kecil untuk distilasi , absorbtion , scrubbing, dan ekstraksi cair.

Efisiensi tinggi , dan pressue drop rendah.

10. Cannon Packing

Jenis ini tersedia dalam logam saja , memiliki pressure drop yang rendah , batas flooding HETP tidak melebihi rasching ring , digunakan dalam skala laboratorium atau semi plant.



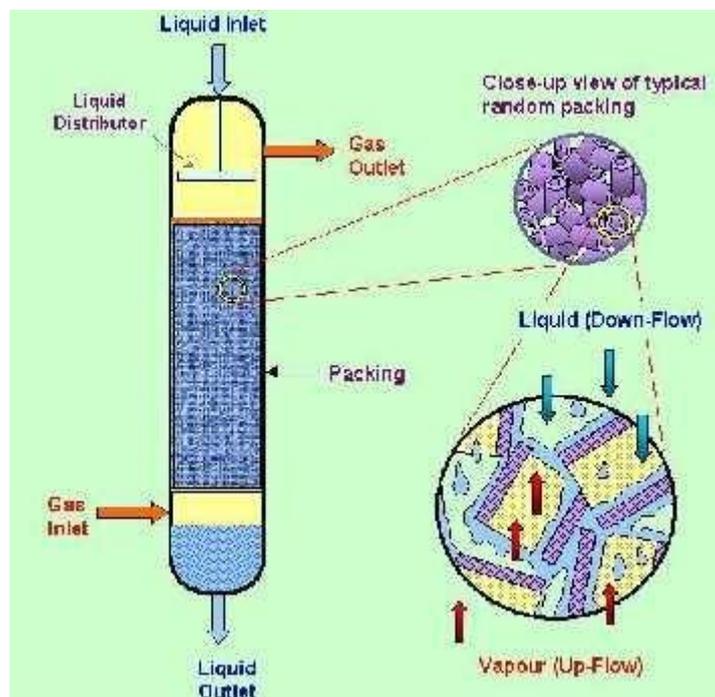
Gambar 3.13 *Macam-macam Jenis Packing*

3.4.4 Cara Penyusunan Packing

Penyusunan packing pada cooling tower dapat dibagi menjadi 2 cara ,
yaitu :

1. Random Packing

- a. Hanya dituang dan dibiarkan jatuh ke dalam kolom (acak)
- b. Jenis Packing yang digunakan adalah raschig ring , leasing ring.
- c. Luas permukaan besar , pressure drop gas besar , ukuran packing kecil , dan biayanya kecil.



Gambar 3.14 Penyusunan Random Packing

2. Regular Packing

- a. Disusun secara teratur.
- b. Jenis packing yang digunakan adalah raschig ring, dan wood grid.
- c. Pressure drop gas kecil , aliran fluida besar, dan biaya besar.

3.4.5 Karakteristik Random Packing

Tabel 3.1 Karakteristik Random Packing

Packing Type	Material	Nominal size, in.	Bulk density, lb/ft ³	Total Area, ft ² /ft ³	Porosity	Packing Factors, F _p
Raschig Rings	Ceramic	½	55	112	0.64	580
		1	42	84	0.74	55
		1-1/2	43	37	0.73	96
		2	41	28	0.74	66
Pall Rings	Meta	1	30	60	0.94	56
		1-1/2	24	36	0.95	40
		2	22	31	0.96	27
	Plastic	1	5.5	60	0.93	55
		1-1/2	4.8	36	0.91	40
Berl Saddles	Ceramic	½	54	142	0.62	240
		1	45	70	0.63	110
		1-1/2	40	40	0.71	65
Intalox Saddles	Ceramic	½	48	190	0.71	200
		1	42	70	0.73	92
		1-1/2	39	50	0.73	52
		2	38	30	0.73	40
		3	38	20	0.73	22
Hly-Pak	Meta	1	19	54	0.93	45
		2	14	20	0.97	26

Penjelasan tabel diatas diuraikan sebagai berikut :

1. Berdasarkan table dapat dilihat bahwa *packing* dapat dibuat dari material yang berbeda-beda seperti logam , plastic , keramik , karbon , *stoneware* dan lainnya. *Packing* logam biasanya disukai karena kekuatan unggul dan kemampuan dibasahnya bagus. *Packing* plastic (*polypropylene*) tidak mahal dan memiliki cukup kekuatan, tetapi kemampuan dibasahnya kurang pada saat laju liquid rendah. Keramik *packing* berguna untuk mencegah korosi pada saat peningkatan suhu , dimana plastic *packing* mungkin tidak cocok. Keramik *packing* juga memiliki kemampuan dibasahi yang baik

tetapi kekuatannya lebih rendah dibandingkan dengan logam *packing*.

2. Berdasarkan tabel juga dapat dilihat bahwa ukuran *packing* yang meningkat , menyebabkan area total yang tersedia menjadi berkurang.

Ukuran *packing* meningkat , maka efisiensi perpindahan massa berkurang

3.4.6 Keuntungan Penggunaan Random Packing

Jika kita bandingkan antara *random packing* dengan *regular packing* dalam penggunaan pada kondisi operasi yang sama , maka yang lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya adalah *random packing*. Hal ini terjadi karena sebab sebagai berikut :

1. Pada *random packing* , dikarenakan susunan *packing* yang sembarang dan tak beraturan , maka mengakibatkan luas bidang kontak dibanding *regular packing* sehingga perpindahan panasnya lebih besar .
2. Pada *random packing* , karena letak dan susunan *packing* yang tak beraturan maka waktu yang dibutuhkan fluida untuk melewati *packing* akan lebih lama menyebabkan besarnya perpindahan panas lebih tinggi.
3. Pada *regular packing* laju alir fluida lebih besar dibanding *random packing* sehingga waktu kontak antara dua fluida lebih pendek sehingga besarnya koefisien difusi lebih kecil yang artinya perpindahan panasnya juga kecil.

Berdasarkan factor-faktor diatas , dapat disimpulkan bahwa *random packing* lebih bagus daripada *regular packing*.

3.5 Faktor yang mempengaruhi performa Cooling Tower

Faktor-faktor yang mempengaruhi performansi dari cooling tower adalah sebagai berikut :

- a. Jumlah permukaan air yang mengalami kontak dengan udara , dan lama waktu saat pengontakan air dengan udara.
- b. Kecepatan udara yang melalui menara
- c. Arah aliran udara yang berhubungan dengan permukaan kontak air (Paralel tegak lurus atau berlawanan).

Performa *cooling tower* dievaluasi untuk membahas nilai rancangan , identifikasi pemborosan energi , dan untuk sarana perbaikan pada mesin *cooling tower* , sehingga harapannya setelah dianalisa akan memberikan dampak yang lebih pada performa *cooling tower*. Parameter yang digunakan untuk mengukur performa *cooling tower* adalah sebagai berikut :

3.5.1 Range

Range adalah perbedaan atau jarak antara temperature air masuk dan keluar menara pendinginan. Nilai *range* yang tinggi menunjukkan bahwa menara pendingin mampu menurunkan suhu air secara efektif dan cara kinerjanya baik. Akan tetapi *Range* bukan ditentukan oleh menara pendingin , tetapi oleh proses yang dilayaninya. *Range* pada alat penukar panas ditentukan oleh seluruh beban panas dan laju sirkulasi air melalui penukar panas dan menuju air pendingin.

$$\text{Range} = \text{Suhu air masuk CT} - \text{Suhu air keluar CT}$$

3.5.2 Approach

Approach adalah perbedaan antara suhu air dingin keluar *cooling tower* dan temperature *wet bulb*. Semakin rendah nilai *approach* maka semakin

baik kinerja *cooling tower*. Semakin dekat *approach* terhadap *wet bulb* maka semakin mahal *cooling tower* karena akan meningkatkan ukuran *cooling tower* tersebut. *Approach* merupakan indikator yang lebih baik untuk kinerja menara pendingin.

$$\text{Approach} = \text{Suhu air keluar CT} - \text{Suhu wet bulb CT}$$

3.5.3 Efektifitas Pendingin

Efektivitas pendingin adalah perbandingan antara *range* dan *range* ideal. Semakin Tinggi nilai perbandingan maka semakin tinggi efektivitas perbandingan pada *cooling tower*.

Efektivitas pendingin

$$= \frac{\text{temperatur air masuk} - \text{temperatur air keluar}}{\text{temperatur air masuk} - \text{temperatur wet bulb}} \times 100\%$$

3.5.4 Kapasitas Pendingin

Kapasitas Pendingin merupakan panas yang dibuang dalam *kKal/jam*, sebagai hasil dari kecepatan aliran massa air , panas spesifik dan perubahan suhu.

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

Dimana

Q = kapasitas pendinginan (kW)

\dot{m} = debit air spesifik (kg/s)

ΔT = perbedaan suhu air masuk dan suhu air keluar ($^{\circ}\text{C}$)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Water Treatment Plant PPSDM MIGAS Cepu

Water Treatment digunakan sebagai menyuplai kebutuhan air yang digunakan dalam proses industry berupa boiler , kondensor dan air proses lainnya serta digunakan untuk mencukupi kebutuhan air bersih di perusahaan maupun untuk masyarakat di sekitar PPSDM Migas. Air yang digunakan berasal dari aliran sungai Bengawan Solo , dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Sungai Bengawan Solo airnya tidak pernah kering walaupun di musim kemarau
2. Tingkat pencemaran air pada Sungai Bengawan Solo tidak terlalu tinggi
3. Lokasinya yang dekat dengan pabrik

Fungsi dari water treatment adalah sebagai berikut :

1. Penyediaan air pendingin
2. Penyediaan air pemadam kebakaran
3. Penyediaan air umpan boiler

4.2 Alur Proses Boiler PPSDM MIGAS Cepu

Boiler plant adalah unit yang bertugas untuk memproduksi *steam* dan pembakaran bahan bakar. Pada *boiler plant* memiliki beberapa tugas sebagai berikut :

1. Penyedia steam atau uap bertekanan

Proses penyediaan steam dilakukan dengan menggunakan air umpan masuk yang dimasukkan kedalam boiler melalui drum diameter fire tube dan keluar dari boiler sudah berubah menjadi steam (uap bertekanan) yang ada pada keadaan superheated dan mempunyai tekanan $\pm 6 \text{ kg/cm}^2$

2. Penyedia udara bertekanan

Untuk mendapatkan udara bertekanan yang berfungsi sebagai tenaga pneumatic untuk instrumentasi, udara dilewatkan ke filter kemudian

dimasukan kedalam compressor. Keluar kompresor udara dilewatkan pada heat exchanger untuk didinginkan dengan media pendinginan air sehingga suhunya berubah. Setelah itu masuk ke separator untuk membuang kondesatnya yang selanjutnya dimasukan kedalam air dryer untuk mengeringkan udara

3. Penyedia air lunak

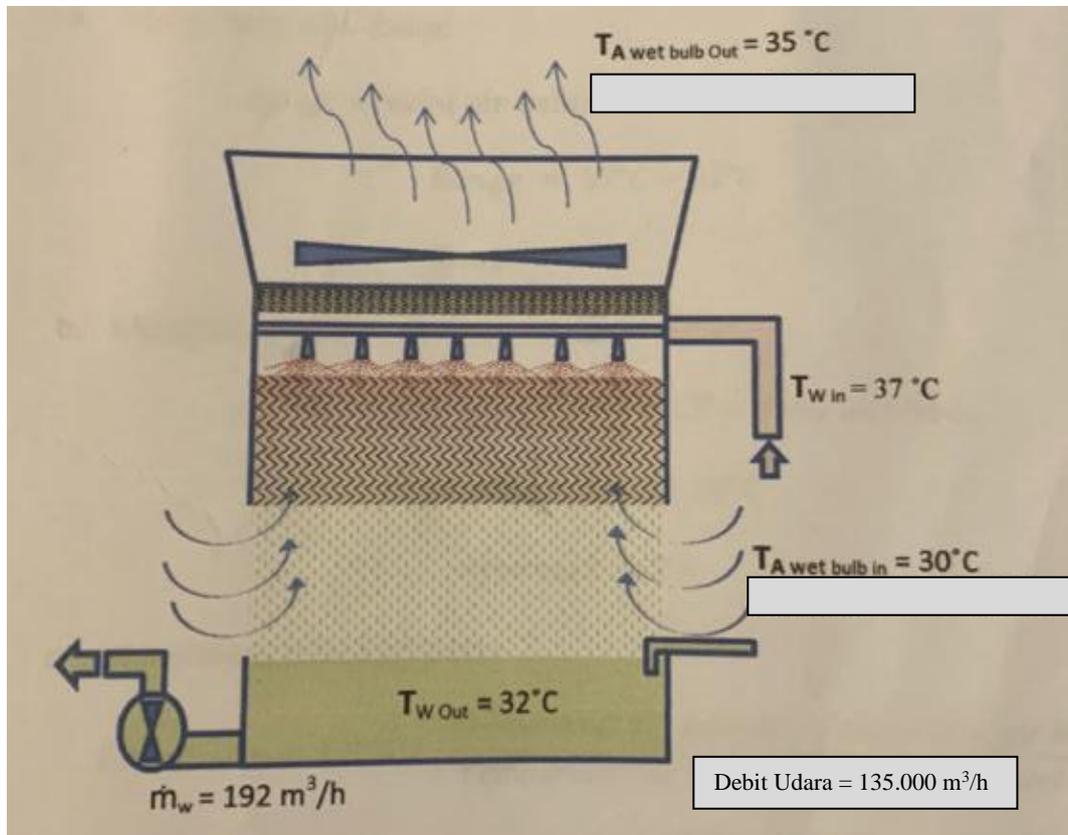
Air lunak digunakan untuk umpan boiler dan air pendingin mesin. Air industry yang berasal dari unit pengolahan air dimasukan kedalam softener sehingga kesadahan air menurun. Air yang digunakan untuk umpan boiler arus memenuhi persyaratan yaitu dengan kesadahan mendekati PH air sekitar 8,5 – 9,5. Hal ini berguna untuk mencegah cepatnya korosi dan kerak pada boiler sehingga menurunkan efisiensi boiler karena perpindahan panas ke boiler berkurang dan kerusakan pipa pipa boiler.

4.3 Proses Pasokan Air Umpan (Water System)

Pada proses water system, air umpan pada boiler yang di pompakan dengan BFWP (Boiler Feed Water Pump) dengan tekanan $\pm 14\text{MPa}$ dan temperature air $\pm 150^{\circ}\text{C}$ masuk melalui HP heater dengan temperature keluar air menjadi $\pm 220^{\circ}\text{C}$, selanjutnya masuk ke distributed header kemudia masuk ke Lower Economizer dengan memanfaatkan panas gas buang maka temperature keluaran mencapai $\pm 270^{\circ}\text{C}$, kemudian ke Upper Economizer dan Economizer Hanger dengan capaian temperature $\pm 300^{\circ}\text{C}$ selanjutnya air akan masuk kedalam Steam Drum dengan tekanan sekitar 10 MPa. Didalam Steam Drum akan terjadi pemisahan wujud steam dan air, untuk yang berwujud steam akan masuk ke proses pengolahan uap lanjut pada steam system, sedangkan yang berwujud air akan turun dari steam drum melalui down comer dengan prinsip natural circulation, selanjutnya air akan menyebar melalui header dibawah water wall untuk naik menyebar ke water wall dengan menyerap panas dari proses pembakaran selanjutnya air dengan kandungan steam akan naik kembali ke steam drum sehingga akan terjadi pemisahan wujud, siklus tersebut akan terjadi secara berulang dan terus menerus.

4.4 Perhitungan Natural Draft Cooling Tower

4.4.1 Kinerja Desain Natural Draft Cooling Tower KST-N



Dari gambar ilustrasi design di atas induced draft cooling tower tersebut berikut parameter-parameter yang diketahui :

- T Water in : 37 °C
- T Water out : 32 °C
- T Wet bulb in : 30 °C
- T Wet bulb out : 35 °C
- Laju Aliran Air : 192 m³/h
- Debit Udara : 135.000 m³/h
- siklus konsentrasi (C.O.C) ditentukan design adalah 4
 - a. Menghitung nilai *Range*

$$\text{Range} = \text{suhu air masuk CT} - \text{suhu air keluar CT}$$

$$= 37^0 - 32^0$$

$$= 5^0$$

b. Menghitung nilai *Approach*

$$\begin{aligned} \text{Approach} &= \text{suhu air keluar CT} - \text{suhu wet bulb} \\ &= 32^0 - 30^0 \\ &= 2^0 \end{aligned}$$

c. Menghitung nilai Efektivitas

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas} &= 100\% \left[\frac{T_{\text{air masuk}} - T_{\text{air keluar}}}{T_{\text{air masuk}} - T_{\text{wet bulb}}} \right] \\ &= 100\% \times \frac{5^{\circ}\text{C}}{2^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}} \\ &= 100\% \times \frac{5}{7} \\ &= 71\% \end{aligned}$$

d. Laju Aliran Massa Air

Massa Jenis Air 37⁰ C (Tabel A3 Heat Transfer) 993,3 kg/m³

$$\begin{aligned} L &= Q_{\text{air}} \times \rho_{\text{air } 37^{\circ}\text{C}} \\ &= 192 \text{ m}^3/\text{h} \times 993,3 \text{ kg/m}^3 \\ &= 190713,6 \text{ kg/h} \\ &= 52,976 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

e. Laju Aliran Massa Udara

Massa Jenis Udara 30⁰C (Tabel A4 Heat Transfer)

$$30^0\text{C} + (273^0 \text{ C}) \text{ K} = 303^0 \text{ K}$$

$$\frac{310 - 300}{310 - 303} = \frac{1.139 - 1.177}{1.139 - x}$$

$$\frac{10}{7} = \frac{-0.038}{1.139 - x}$$

$$11.39 - 10x = -0.266$$

$$-10x = -0.266 - 11.39$$

$$-10x = -11.656$$

$$x = 1.1656 \text{ kg/m}^3$$

$$G = Q_{\text{udara}} \times \rho_{\text{udara } 30^{\circ}\text{C}}$$

$$= 135.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 1.1656 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$=157.356 \frac{kg}{h}$$

$$=43.71 \frac{kg}{s}$$

f. Perbandingan L/G Cooling Range

$$= \frac{190713.6}{157356}$$

$$=1.211$$

g. Menghitung Kehilangan Air akibat Evaporation

$$We = 0.00085 \times \frac{192m^3}{h} \times 5$$

$$= 0.816 \frac{m^3}{h}$$

h. Menghitung Kehilangan Air akibat Blowdown

$$Wb = \frac{\text{kehilangan penguapan}}{C.O.C - 1}$$

$$= \frac{0.816 \frac{m^3}{h} (We)}{4-1}$$

$$= 0.272 \frac{m^3}{h}$$

i. Menghitung Kapasitas Pendingin

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

$$= 52.976 \frac{kg}{s} \times 4.19 \frac{kJ}{kg.K} \times 278^\circ K$$

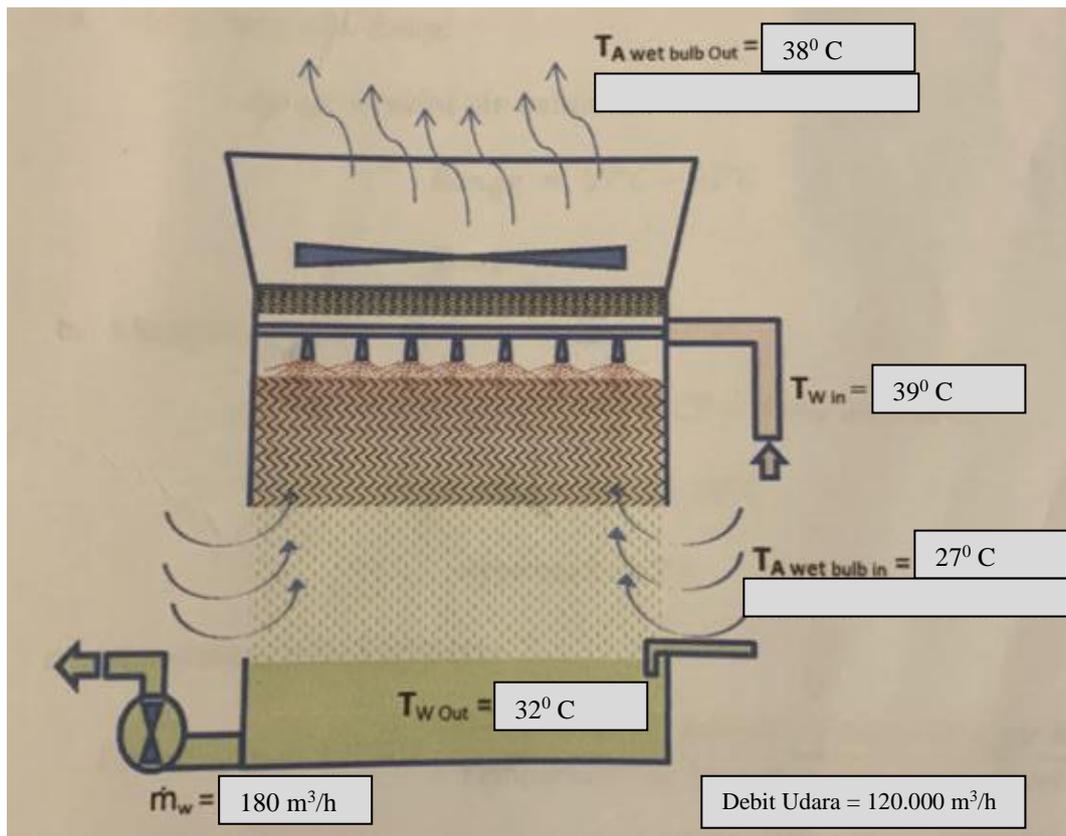
$$= 61706,3 \frac{kJ}{s}$$

Dimana :

1. Suhu wet bulb udara masuk menara;
2. Suhu dry bulb udara masuk menara;
3. Suhu air masuk menara;
4. Suhu air keluar menara;
5. Debit air, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa air L;
6. Debit udara, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa udara G;
7. Untuk beberapa data dapat diasumsikan yaitu:

- a. Aliran massa udara dikendalikan fan sehingga G konstan.
- b. C_p air = 4,19 kJ/kg.K dari Tabel A.3 heat transfer

4.4.2 Kinerja Natural Draft Cooling Tower KST-N pada kondisi Operasional



Dari gambar ilustrasi design di atas induced draft cooling tower tersebut berikut parameter-parameter yang diketahui :

- T Water in : 39 °C
- T Water out : 32 °C

- T Wet bulb in : 27 °C
- T Wet bulb out : 38 °C
- Laju Aliran Air : 180 m³/h
- Debit Udara : 120.000 m³/h
- siklus konsentrasi (C.O.C) ditentukan design adalah 4

a. Menghitung nilai *Range*

$$\begin{aligned} \text{Range} &= \text{suhu air masuk CT} - \text{suhu air keluar CT} \\ &= 39^0 - 32^0 \\ &= 7^0 \end{aligned}$$

b. Menghitung nilai *Approach*

$$\begin{aligned} \text{Approach} &= \text{suhu air keluar CT} - \text{suhu wet bulb} \\ &= 32^0 - 27^0 \\ &= 5^0 \end{aligned}$$

c. Menghitung nilai Efektivitas

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas} &= 100\% \left[\frac{T \text{ air masuk} - T \text{ air keluar}}{T \text{ air masuk} - T \text{ wet bulb}} \right] \\ &= 100\% \times \frac{7^{\circ}\text{C}}{7^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}} \\ &= 100\% \times \frac{7}{12} \\ &= 58.3\% \end{aligned}$$

d. Laju Aliran Massa Air

Massa Jenis Air 39 ° C (Tabel A3 Heat Transfer) 992.5 kg/m³
(Interpolasi)

$$\begin{aligned} \frac{47 - 37}{47 - 39} &= \frac{989.3 - 993.3}{989.3 - x} \\ \frac{10}{8} &= \frac{-4}{989.3 - x} \\ 9893 - 10x &= -32 \\ -10x &= -32 - 9893 \\ -10x &= -9925 \\ x &= 992,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$L = Q_{air} \times \rho \text{ air } 39^{\circ}\text{C}$$

$$= 180 \text{ m}^3/\text{h} \times 992.5 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$= 178650 \text{ kg}/\text{h}$$

$$= 49.625 \text{ kg}/\text{s}$$

e. Laju Aliran Massa Udara

Massa Jenis Udara 27⁰C (Tabel A4 Heat Transfer) 1.177 kg/m³

$$27^0\text{C} + (273^0 \text{ C}) \text{ K} = 300^0 \text{ K}$$

$$G = Q_{udara} \times \rho_{udara} 27^0\text{C}$$

$$= 135000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 1.177 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$= 158895 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$= 44.13 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

f. Perbandingan L/G Cooling Range

$$L/G = \frac{178690}{158895}$$

$$= 1.124$$

g. Menghitung Kehilangan Air akibat Evaporation

$$W_e = 0.00085 \times \frac{180 \text{ m}^3}{\text{h}} \times 7$$

$$= 1.071 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

h. Menghitung Kehilangan Air akibat Blowdown

$$W_b = \frac{\text{kehilangan penguapan}}{C.O.C - 1}$$

$$= \frac{1.071 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} (W_e)}{4 - 1}$$

$$= 0.357 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

i. Menghitung Kapasitas Pendingin

$$Q = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= 49.625 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 4.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \times 280^0\text{K}$$

$$= 588220.05 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

Dimana :

1. Suhu wet bulb udara masuk menara;
2. Suhu dry bulb udara masuk menara;
3. Suhu air masuk menara;
4. Suhu air keluar menara;
5. Debit air, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa air L ;
6. Debit udara, merupakan data untuk mendapatkan laju aliran massa udara G ;
7. Untuk beberapa data dapat diasumsikan yaitu:
 - a. Aliran massa udara dikendalikan fan sehingga G konstan.
 - b. C_p air = 4,19 kJ/kg.K dari Tabel A.3 heat transfer

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari data yang telah diperoleh selama kerja praktek di PPSDM MIGAS Cepu selama satu bulan saya telah mendapatkan proses kerja dari wet cooling tower dan natural draft cooling tower serta mendapatkan nilai efisiensi dari masing masing jenis cooling tower dengan membandingkan hasil pendinginan pada desain dan pada saat di operasikan.

Pada data desain Natural draft cooling tower memiliki efisiensi sebesar 71% sedangkan efisiensi pada saat operasi 58.3% . ada beberapa factor yang mempengaruhi hal tersebut bisa terjadi karena perbedaan cuaca saat proses pengambilan data di lapangan. Serta kemungkinan di akibatkan oleh kerja mesin, apabila jam kerja mesin sudah tinggi maka proses pendinginan yang dilakukan akan semakin sulit juga. Karena apabila suhu sedang tinggi maka efisiensi natural draft cooling tower akan lebih rendah dibandingkan dengan kondisi lingkungan dengan suhu yang lenih rendah.

5.2 Saran

Hendaknya agar kinerja dari setiap *cooling tower* selalu dalam performa terbaiknya maka perlunya dilakukan perawatan yang lebih rutin dan selalu melakukan pengukuran suhu air masuk dan keluar cooling tower. Dan juga dapat menambah unit cooling tower yang ada agar kerja per unit cooling tower dapat diturunkan jam kerjanya sehingga unit bisa beroperasi semaksimal mungkin. Serta diberi parameter untuk pengukuran yang lebih lengkap lagi agar data yang dicari lebih lengkap dan rinci. Dengan demikian diharapkan dapat mempermudah mencari pusat masalah apabila terjadi suatu saat nanti pada unit natural draft cooling tower

DAFTAR PUSTAKA

1. Handoyo, Y., 2015. Analisis *Performa Cooling Tower* LCT 400 Pada P.T. XYZ , Tambun Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* , Vol. 3 , No.1. Universitas Islam 45 Bekasi
2. Putra, S.R., Soekardi, C., 2015. Analisa Perhitungan Beban *Cooling Tower* pada Fluida di Mesin Injeksi Plastik. *JTM* Vol.04 , No.2 , Juni 2015. Fakultas Teknik , Universitas Mercu Buana.
3. Siallagan , P , H., 2017. Analisa Kinerja *Cooling Tower* 8330 CT01 Pada *Water Treatment Plant-2* PT Krakatau Steel (Persero). *TBK. Jurnal Teknik Mesin*. Vol.06 , No.3 , Juni 2017.



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PPSDM MIGAS

MAGANG INDUSTRI - VM191667

**ANALISA KINERJA NATURAL DRAFT COOLING TOWER
PADA AREA BOILER UNIT**

**M.RAYHAN HIDAYAT T
NRP. 10211710010104**

**Dosen Pembimbing
Ir.Suhariyanto, MSc**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**