

BAB III

SISTEM PRODUKSI

3.1 Konsep Proses Unit Utilitas Batubara

Utilitas Batu Bara merupakan salah satu proses yang sangat penting bagi kelangsungan sistem di Perusahaan Pupuk khususnya di Petrokimia Gresik. Utilitas Batu Bara dibangun agar tidak bergantung pada PLN karena energi listrik yang dibutuhkan cukup besar dan juga dapat meminimalisir biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memasok energi listrik dari PLN. Utilitas Batu Bara pada PT Petrokimia Gresik ini bertanggung jawab terhadap supply uap (steam) ke Pabrik I, Pabrik III, dan juga Turbin pembangkit listrik dengan bahan bakar utamanya yakni batubara. Unit Utilitas Batu bara dijalankan dengan 2 jenis bahan bakar yaitu Batu bara dan Solar.

Proyek Utilitas Batu bara ini dimulai pada tanggal 1 Mei 2008 yang dibangun oleh kontraktor PT. Indonusa Harapan dan diresmikan oleh Mustafa Abubakar selaku Menteri Badan Usaha Milik Negara (BUMN)

Pabrik ini memiliki produk utama berupa power dengan kapasitas produksi 32 MW dan Steam 2 x 150 ton/jam. Proyek ini merupakan upaya penghematan biaya energy hingga sebesar US\$11 juta per tahun yang akhirnya akan menurunkan biaya produksi pupuk dan menghemat subsidi pemerintah.

Unit ini memiliki 3 kantor yang terletak di Kawasan Departemen Produksi III B PT. Petrokimia Gresik yang mana 3 kantor tersebut memiliki fungsinya masing - masing diantaranya :

- Kantor Utama Kantor ini terletak di Kantor Kompartemen III B.

Kantor utama ini digunakan sebagai ruang khusus untuk Kepala Bagian Unit UBB, wakil Kepala Bagian, dan para Koordinatornya.

- Kantor Handling Kantor ini terletak di dekat TH 4/5 (Tower House).

Kantor ini digunakan sebagai tempat untuk mengawasi pemindahan batubara dari Gudang (Storage) ke bagian Bunker batubara.

- Kantor Central Control Room (CCR)

Kantor ini terletak di area dekat dengan Turbin dan Boiler. Kantor ini digunakan sebagai tempat untuk memantau proses pembuatan uap (steam); dari bunker batubara sampai ke bagian Output listrik Turbin dan pendistribusian uap (steam) ke pabrik I dan pabrik III.

Berikut adalah peta sederhana dari lokasi kantor Unit Utilitas Batubara



Gambar 3.1 Peta Lokasi Kantor Unit Utilitas Batubara

Seperti halnya jam kerja yang berlaku pada PT. Petrokimia, Pada Departemen Produksi III B khususnya bagian Unit Utilitas Batubara, jam kerja di bagi menjadi 2 bagian yaitu Jam Kerja Kantor dan Jam Kerja Shift.

a. Jam Kerja Kantor

- Hari : Senin – Jumat
- Jam : 07.00 – 12.00 13.00- 16.00

b. Jam Kerja Shift

- Hari : Setiap Hari

Terdiri dari 3 shift, diantaranya :

- Shift pagi : pukul 07.00 – 15.00 WIB
- Shift sore : pukul 15.00 – 23.00 WIB
- Shift malam : pukul 23.00 – 07.00 WIB

Shift dibagi menjadi empat grup, yaitu A, B, C, dan D. Setiap hari terdapat 3 grup masuk dan 1 group libur

3.2 Infrastruktur Unit Utilitas Batu Bara

Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi III B PT. Petrokimia Gresik memiliki 1 Gudang batu bara (storage), 6 Tower House, 2 Crusher + Screen, 8 Belt Conveyor, 6 Bunker (Silo), 6 Coal Mill, 3 FD Fan, 2 Boiler, 1 Cooling Tower, 2 Steam Drum, 4 De-superheater, 1 Turbin, 1 Tangki Raw Water, 1 Tangki Demin Water, 2 ID Fan, 2 Electrostatic Precipitator (ESP), dan 1 Cerobong Asap (Chimney). Berikut Penjelasan dan fungsinya secara detail :

3.2.1 Gudang Batu bara (Storage)

Gudang Batubara yang dimiliki oleh Departemen Produksi III B PT.Petrokimia Gresik terdiri atas 2 bagian yakni Gudang In-door dan

Gudang Out-door yang mana memiliki luas sebesar 4.752 m² dengan kapasitas mencapai 40.000 Ton, Cukup untuk kebutuhan batubara selama ± 40 hari.

3.2.2 Tower House (TH)

Tower House (TH) adalah salah satu bangunan penunjang dalam proses handling atau pemindahan batubara dari Gudang Batubara menuju ke bagian Bunker Batubara. Tower House ini terdiri atas 6 buah yang mana Tower house tersebut dihubungkan oleh Conveyor sehingga menjadi jalur transport batubara menuju ke bunker batu bara.

3.2.3 Conveyor

Dalam proses pemindahan batubara dari Gudang (storage) menuju ke bunker (coal Bin) Unit Utilitas Batubara PT. Petrokimia Gresik. Menggunakan 8 buah Belt Conveyor dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Conveyor 20M-07.01.

Motor Power : 132 KW

Lebar Belt : 1200 mm

Speed (v) : 1.3 m/detik

Kapasitas : 600 ton/jam

Panjang Belt : 284.903 m

- Conveyor 20M-07.02.

Motor Power : 45 KW

Lebar Belt : 1200 mm

Speed (v) : 1.6 m/detik

Kapasitas : 600 ton/jam

- Conveyor 20MBF-07.02.

Motor Power : 7.5 KW

Lebar Belt : 1200 mm

Speed (v) : 1.25 m/detik

Kapasitas : 400 ton/jam

Panjang Belt : 4.5 m

- Conveyor 20M-07.03 A/B

Motor Power : 37 KW

Lebar Belt : 650 mm

Speed (v) : 1.25 m/detik

Kapasitas : 200 ton/jam

Panjang Belt : 149.892 m

- Conveyor 20M-07.04 A/B

Motor Power : 30 KW

Lebar Belt : 650 mm

Speed (v) : 1.25 m/detik

Kapasitas : 200 ton/jam

Panjang Belt : 69.852 m

- Conveyor 20M-07.05 A/B

Motor Power : 30 KW

Lebar Belt : 650 mm

Speed (v) : 1.25 m/detik

Kapasitas : 200 ton/jam

Panjang Belt : 26.78 m

- Conveyor 20M-07.06 A/B

Motor Power : 11 KW

Lebar Belt : 650 mm

Speed (v) : 1.25 m/detik

Kapasitas : 200 ton/jam

Panjang Belt : 96.729 m

- Conveyor 20M-07.07 A/B

Motor Power : 7.5 KW

Lebar Belt : 650 mm

Speed (v) : 1.25 m/detik

Kapasitas : 200 ton/jam

Panjang Belt : 124.88 m

Rangkaian Conveyor yang ada di Unit Utilitas Batubara ini dilengkapi oleh beberapa safetydevice untuk mengurangi resiko kecelakaan ditempat kerja, alat-alat nya yakni sebagai berikut :

- DS (Deviation Switch)
- RD (Rotation Detector)
- PCS (Pull Cord Switch)
- Horn untuk start awal conveyor selama 15 detik
- RS (Roll stopper) untuk pengaman return roll supaya conveyor tidak miring
- MS (Magnetic Separator)
- MD (Metal Detector)
- SWH (Spray Water Hydrant)

3.2.4 *Crusher + Screen*

Crusher dan Filter yang ada di Unit Utilitas Batubara ini terdiri atas 2 yang mana crusher dan filter tersebut telah terpasang 1 rangkaian dengan Conveyor pada Tower House. Crusher dan Filter batubara hanya terdapat pada Tower House ke-4 yang mana batubara yang masih dalam ukuran besar akan di saring/filter dan bagian batubara yang ukurannya tidak lolos filter akan di hancurkan lagi menggunakan crusher sehingga menjadi ukuran yang lebih sesuai untuk bunker batubara.

3.2.5 Bunker Batu bara (Silo/Bin)

Bunker Batubara (Coal Bin) yakni merupakan alat yang digunakan sebagai tempat penampungan sementara dan juga alat untuk menimbang berat batubara yang akan di proses ke bagian Coal Mill. Pada Departemen Produksi III B, unit Utilitas Batubara memiliki 6 buah bunker yang mana bunker tersebut langsung dihubungkan ke bagian Coal mill.

3.2.6 *Coal Mill*

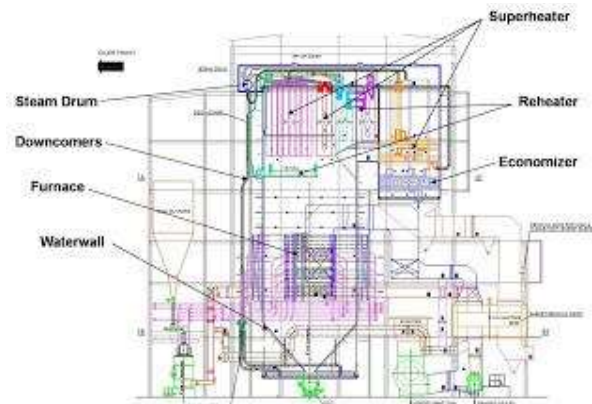
Departemen Produksi III B memiliki 6 buah coal mill yang mana digunakan untuk menghaluskan ukuran batu bara yang awalnya 30mm menjadi ukuran mesh 90 lolos 70%. Tujuan dari penghalusan batubara untuk mempermudah proses pembakaran di furnace karena dalam kondisi lembut mudah ditiupkan ke dalam furnace dan membuat pembakaran lebih sempurna.

3.2.7 Boiler

Berdasarkan proses pembuatan uap steam, jenis Boiler yang ada pada Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi III B PT. Petrokimia

Gresik yakni menggunakan boiler jenis Water Tube. Boiler Water Tube adalah jenis Boiler yang mana air umpan boiler berada pada bagian dalam tube dan dibakar di furnace dengan bahan bakar. Pada sisi horizontal saluran gas buang, Boiler ini dilengkapi oleh 2 tingkat superheater, 2 tingkat economizer, dan 2 tingkat air pre-heater yang terpasang secara tersusub di Lorong aliran flue gas di bagian belakang. Kontruksi boiler ini semuanya besi dan dirancang untuk tahan guncangan gempa sampai 8 skala richter.

Ruang pembakaran, superheater, dan ruang atas economizer lengkap digantung pada beam atas. Di bagian sisi belakang terpasang Air pre-heater tertumpu pada pillar beam dan juga bagian bawah economizer disangga dengan pillar beam belakang. Medium grinding dan *system blower* terpasang untuk mendoirong bubuk batubara langsung ke system pengumpan. Sedangkan *burner* tersusun disesuaikan dalam empat sudut, Primary air tersusun dalam 3 lapis, yang mana 2 lapis untuk operasi dan 1 lapis untuk stanby/ cadangan.



Gambar 3.2 Boiler

Boiler merupakan suatu alat untuk menghasilkan uap pada tekanan dan temperatur tinggi (superheated vapor). Perubahan dari fase cair menjadi

uap dilakukan dengan memanfaatkan energi panas yang didapatkan dari pembakaran bahan bakar. Boiler pada PLTU menggunakan batubara sebagai bahan bakar utamanya. Sedangkan bahan bakar pendukung adalah solar dan residu, dimana solar dan residu ini digunakan hanya sebagai pemantik awal (ignition) untuk membakar batubara. Penyaluran panas dari bahan bakar ke air demin dapat terjadi secara radiasi, dan konveksi.

Bagian pemindah panas dari boiler terdiri dari pemanas mula (low pressure heater dan high pressure heater), economizer, pemanas lanjut (superheater), dan pemanas ulang (reheater).

Pemindahan panas dalam boiler terjadi dalam proses :

1. Radiasi di ruang bakar
2. Konveksi di Economizer dan Air Heater
3. Kombinasi radiasi dan konveksi di Superheater dan Reheater.

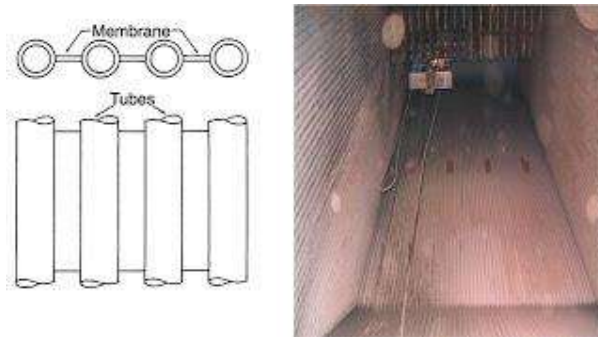
Komponen utama boiler terdiri dari : wall tube, steamdrum /main drum, superheater, reheater, dan economizer

3.2.7.1 Wall Tube

Dinding boiler terdiri dari tubes / pipa-pipa yang disatukan oleh membran, oleh karena itu disebut dengan wall tube. Di dalam wall tube tersebut mengalir air yang akan dididihkan. Dinding pipa boiler adalah pipa yang memiliki ulir dalam (ribbed tube), dengan tujuan agar aliran air di dalam wall tube berpusar (turbulen), sehingga penyerapan panas menjadi lebih banyak dan merata, serta untuk mencegah

terjadinya overheating karena penguapan awal air pada dinding pipa yang menerima panas radiasi langsung dari ruang pembakaran .

Wall tube mempunyai dua header pada bagian bawahnya yang berfungsi untuk menyalurkan air dari downcomers. Downcomer merupakan pipa yang menghubungkan steam drum dengan bagian bawah low header. Untuk mencegah penyebaran panas dari dalam furnace ke luar melalui wall tube, maka disisi luar dari walltube dipasang dinding isolasi yang terbuat dari mineral fiber.



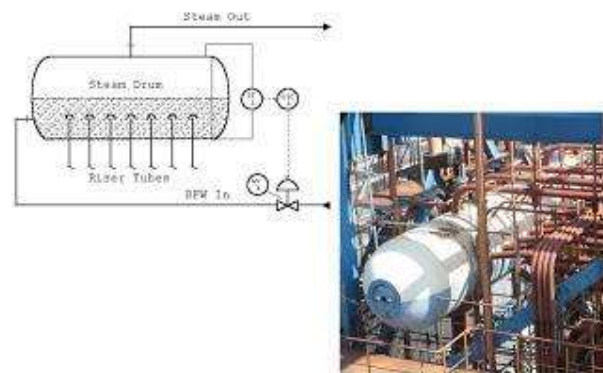
Gambar 3.3 Wall tube pada boiler

3.2.7.2 *Steam Drum*

Unit Utilitas Batubara memiliki 2 Steam drum yang masing-masing merupakan single steam drum yang terbuat dari baja (19Mn6/DIN171155). Fungsi utama dari steam drum yakni untuk memisahkan steam dari saturated water dengan efektif, mencegah water carry over kedalam *superheater*, mencegah sekecil mungkin steam carry under water masuk kedalam sirkulasi *dowcomers*, dan mencegah deposit/*solid carry over* ke *superheater* dan ke turbin. *Solid (scales)* yang terbawa Bersama *feed water* atau *make-up water*.

Didalam steam drum terpasang alat utama pemisah uap dengan air yaitu cyclone separation dengan diameter 315 mm, yang terpasang memanjang dari depan sampai belakang dan secondary separation device dipasang tersusun disisi atas steam drum. Steam drum terpasang dengan menggantung pada pelat/pillar atas dengan menggunakan setangkup baut gantungan. Dibagian bawah steam drum terpasang 4 buah down comer pengisi air langsung ke water wall, dengan diameter pipa 325 mm. plat grid terpasang dipusat sisi inlet pada masing-masing down comer yang berfungsi untuk mencegah steam terikut masuk ke *down comer*.

Bagian-bagian dari steam drum terdiri dari : *feed pipe*, *chemical feed pipe*, *sampling pipe*, *baffle pipe*, *sparator*, *scrubber*, *dryer*, dan *dry box*. Level air dari drum harus selalu dijaga agar selalu tetap setengah dari tinggi drum. Sehingga banyaknya air pengisi yang masuk ke steam drum harus sebanding dengan banyaknya uap yang meninggalkan drum, supaya level air tetap konstan.



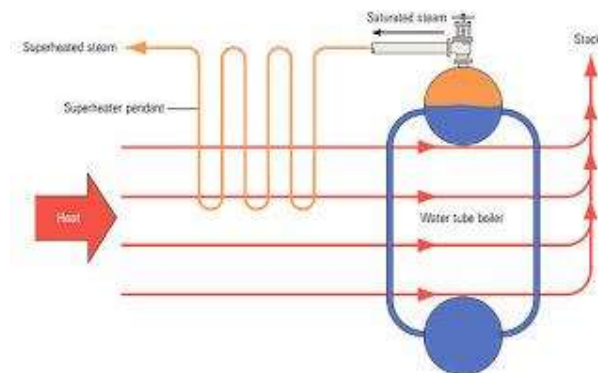
Gambar 3.4 Steam drum pada boiler

Pengaturan level air dilakukan dengan mengatur *Flow Control Valve*. Jika level air di dalam drum terlalu rendah, akan menyebabkan terjadinya *overheating* pada pipa boiler, sedangkan bila level air dalam

drum terlalu tinggi, kemungkinan butir-butir air terbawa ke *Turbine* dan akan mengakibatkan kerusakan pada *Turbine*.

3.2.7.3 Superheater

Superheater berfungsi untuk menaikkan temperatur uap jenuh menjadi uap panas lanjut dengan memanfaatkan gas panas hasil pembakaran. Uap yang masuk ke superheater berasal dari steam drum. Temperatur masuk *superheater* adalah 304oC dan temperatur keluar sebesar 541oC. Uap yang keluar dari superheater kemudian digunakan untuk memutar HP Turbine. Superheater memproduksi superheated steam atau uap kering. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari uap yang masih memiliki kandungan air karna akan menyebabkan terjadi kondensasi yang terlalu cepat di dalam mesin yang menggunakan uap air tersebut. Uap air ini menyimpan lebih banyak energi panas daripada uap air saturated (uap air basah), ditandai dengan nilai entalpi yang lebih tinggi. Uap air yang diproduksi oleh boiler konvensional umumnya hanya mencapai fasa saturated dan pada superheater uap ini akan dipanaskan lebih lanjut untuk mencapai fasa *superheated*.



Gambar 3.5. Superheater pada boiler

3.2.7.4 Reheater

Reheater berfungsi untuk memanaskan kembali uap yang keluar dari HP Turbine dengan memanfaatkan gas hasil pembakaran yang temperaturnya relatif masih tinggi. Pemanasan ini bertujuan untuk menaikkan efisiensi sistem secara keseluruhan . Perpindahan panas yang paling dominan pada reheater adalah perpindahan panas konveksi. Uap ini kemudian digunakan untuk menggerakkan IP Turbine, dan setelah uap keluar dari IP Turbine, langsung digunakan untuk memutar LP Turbine tanpa mengalami pemanasan ulang.

3.2.7.5 Economizer

Economizer berfungsi sebagai tempat pemanasan awal air pengisi (feedwater) sebelum masuk ke dalam boiler. Umumnya economizer berada pada bagian setelah evaporator sehingga memiliki temperatur lebih kecil jika dibandingkan dengan bagian pemanas lainnya. Penggunaan economizer sebagai pemanfaatan panas gas buang akan meningkatkan nilai efisiensi boiler dengan pengurangan pada pemakaian bahan bakar. Economizer berupa pipa-pipa air yang dipasang ditempat laluan gas hasil pembakaran sebelum air heater. Economizer menyerap panas dari gas hasil pembakaran setelah melewati superheater, untuk memanaskan air pengisi sebelum masuk ke main drum. Pemanasan air ini dilakukan agar perbedaan temperatur antara air pengisi dan air yang ada dalam steam drum tidak terlalu tinggi, sehingga tidak terjadi thermal stress (tegangan yang terjadi karena adanya pemanasan) di dalam main drum. Selain itu dengan memanfaatkan gas sisa pembakaran, maka akan meningkatkan efisiensi dari

air ke kondensor sebesar 5000 m³/jam. Di bagian konversi energi batubara water sistem dibagi menjadi:

1. Cooling Water System

Energi dari Cooling water didistribusikan ke condenserturbine dan untuk sealing pompa-pompa di area ID fan,blower,BFW pump,sampling. Setelah dilakukan pemeriksaan line dan system cooling water di area UBB, isi cooling water hingga level tinggi. Bila semua sistem cooling water sudah siap,bisa disiapkan satu pompa cooling water untuk flushing line.

Flushing dilakukan dengan membuka sution BV pompa, kemudian di vent,untuk menghilangkan udara dari pompa (priming) kemudian start pompa, buka BV sirkulasi discharge pompa, dan buka BV discharge pompa sekitar 5 % sambil diamati ampere motor.

Buka sirkulasi kran cooling water ke cooling tower. Setelah system bersih, tetapkan sirkulasi sampai waktu tertentu, dan menjaga level basin serta merencanakan program chemical treatment,dengan menyiapkan tanki chemical,pompa dan line-nya. Kemudian sistem injeksi *chemical cooling water* dengan jalan membersihkan tangki/drum chemical, test pompa *chemical, flushing line-* linenya. Kemudian *chemical* diinjeksikan ke dalam basin, dengan mensirkulasikan *cooling water*.

2. Service water Distribusi

Service water didistribusikan ke seluruh UBB dan serive water ini dipompa dari 20TK-10.07 melalui pompa 20 MP-10.01 A/B,beroperasi 1 buah dan 1 buah stand by,dengan kapasitas masing-masing±50m³/jam.

3. Fire water system

Kebutuhan air hydrant di suplai oleh pompa 20 MP-10.02 A/B yang suctionnya dari 20 TK-10.07. sebagai pompa utama untuk mempertahankan tekanan dalam system sebesar $\pm 7 \text{ kg/cm}^2$, system dilengkapi dengan jockey pump yang bisa auto start.

3.2.9 Tangki *Raw Meter* dan Tangki *Demin Water*

Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi III B PT. Petrokimia Gresik memiliki 1 tangki Raw Water yang mana digunakan sebagai air make-up dan untuk keperluan dilingkungan departemen, dan 1 tangki air demin

3.2.10 Turbin

Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi III B PT. Petrokimia Gresik memiliki 1 turbin yang mana dapat men-supply listrik hingga 32/25 MW. Hasil listrik ini digunakan untuk membantu kebutuhan listrik diseluruh lingkaran PT. Petrokimia Gresik dan juga sebagai bentuk penghematan energi yang mana pada Utilitas di Departemen Produksi I terdapat pembangkit listrik tenaga uap (steam) dengan bahan bakar gas.

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan. Tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang seperti pada bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk transportasi. Pada proses perubahan energi potensial menjadi energi mekanisnya yaitu dalam bentuk

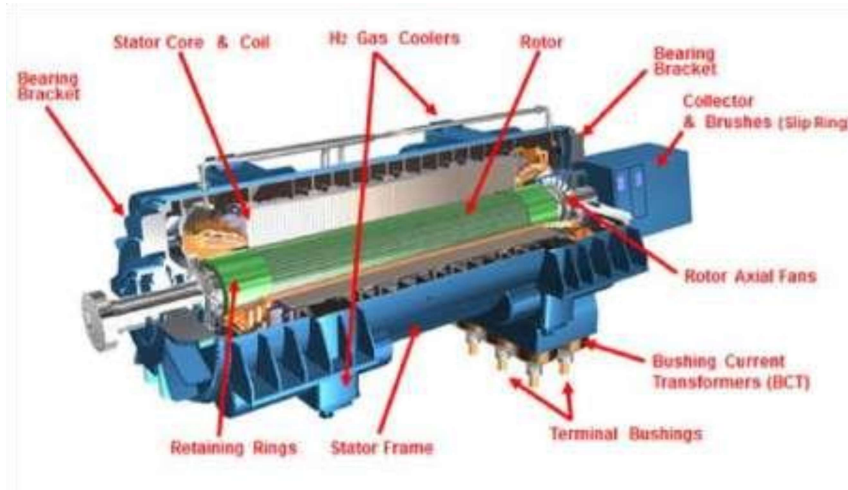
putaran poros dilakukan dengan berbagai cara. Pada dasarnya turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama pada turbin kemudian di tambah komponen lainnya yang meliputi pendukungnya seperti bantalan, kopling dan sistem bantu lainnya agar kerja turbin dapat lebih baik. Sebuah turbin uap memanfaatkan energi kinetik dari fluida kerjanya yang bertambah akibat penambahan energi termal.

Umumnya PLTU menggunakan turbin uap tipe *multistage*, yakni turbin uap yang terdiri atas lebih dari 1 *stage* turbin (Turbin *High Pressure*, *Intermediate Pressure*, dan *Low Pressure*). Uap air superheater yang dihasilkan oleh boiler masuk ke turbin *High Pressure* (HP), dan keluar pada sisi exhaust menuju ke boiler lagi untuk proses reheater. Uap air yang dipanaskan kembali ini dimasukkan kembali ke turbin uap sisi *Intermediate Pressure* (IP), dan uap yang keluar dari turbin IP akan langsung masuk ke Turbin *Low Pressure* (LP). Selanjutnya uap air yang keluar dari turbin LP masuk ke dalam kondenser untuk mengalami proses kondensasi.

3.2.11 Generator

Generator atau yang sering disebut dengan alternator merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang berasal dari putaran shaft turbin, menjadi energi listrik dengan perantara induksi medan magnet. Perubahan energi ini terjadi karena adanya pergerakan relatif antara medan magnet dengan kumparan generator. Pergerakan relatif ini menghasilkan medan putar pada belitan medan di rotor kemudian menginduksi belitan jangkar dari generator yang terdapat pada stator. Ada

dua istilah yang biasa menggambarkan belitan pada generator yaitu belitan medan (field windings) dan belitan jangkar (armature windings). Secara umum, istilah belitan medan digunakan pada belitan yang menghasilkan medan magnet dalam mesin, sedangkan istilah belitan jangkar digunakan pada belitan tempat terinduksinya tegangan. Pada generator, belitan medan terletak pada rotor sedangkan belitan jangkar terdapat pada stator. Rotor generator yang terdiri dari belitan medan memperoleh energi eksitasi dari arus searah (direct current, DC) melalui satu set slip ring dan brush (external excitation), atau dari diodebridge yang dipasang pada bagian rotor (self-excited). Alternator ini disebut generator karena kecepatan putar medan magnet sama dengan kecepatan putar rotor generator sehingga dihasilkan frekuensi listrik yang dihasilkan dengan putaran mekanis dari generator. Generator ini dapat berupa generator AC satu fasa atau generator AC tiga fasa tergantung dari kebutuhan. Generator dengan kapasitas yang relatif besar sering dijumpai pada pusatpusat pembangkit tenaga listrik misalnya pada PLTU, PLTA, PLTG, PLTD, dan lain-lain. Selain generator dengan kapasitas besar, tentunya juga terdapat generator dengan kapasitas yang relatif kecil, misalnya pada generator set.



Gambar 3.7 Konstruksi Generator

Generator mengonversikan energi mekanik menjadi energi listrik bolak-balik secara elektromagnetik. Energi mekanik ini berasal dari penggerak mula (prime mover) yang memutar rotor, sedangkan energi listrik dihasilkan dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan di stator. Ada berbagai macam penggerak mula diantaranya turbin gas atau turbin uap yang porosnya dikopel dengan rotor dari generator. Jadi secara umum, konstruksi dari generator terdiri atas stator dan rotor. Stator merupakan bagian dari generator yang diam, sedangkan rotor merupakan bagian yang berputar. Pada generator, arus DC diterapkan pada lilitan rotor untuk menghasilkan medan magnet rotor. Rotor generator diputar oleh prime mover menghasilkan medan magnet berputar pada mesin. Medan magnet putar ini menginduksi tegangan tiga fasa pada kumparan stator generator. Rotor pada generator pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar.

Kutub magnet yang biasa digunakan pada rotor generator ada 2 jenis bentuk sebagai berikut.

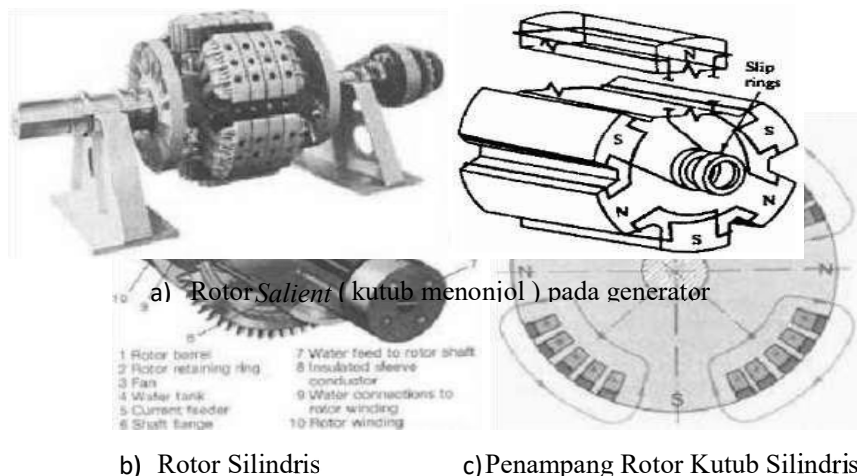
1. Kutub sepatu atau menonjol (*salient*)

Kutub menonjol terdiri dari inti kutub, badan kutub dan sepatu kutub. Kumparan medan dililitkan pada badan kutub. Pada sepatu kutub juga dipasang kumparan peredam (*damper winding*). Kumparan kutub dari tembaga, badan kutub dan sepatu kutub dari besi lunak.

2. Kutub silindris (*non salient*).

Kutub ini terdiri dari alur-alur dan gigi yang dipasang untuk menempatkan kumparan medan.

Gambaran bentuk konstruksi rotor kutub sepatu dan kutub silindris pada generator diperlihatkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Bentuk Konstruksi Rotor pada Generator

Pemilihan konstruksi rotor tergantung dari kecepatan putar penggerak mula, frekuensi dan rating daya generator. Pada kutub sepatu (*salient*), kutub magnet menonjol keluar dari permukaan rotor. Rotor kutub sepatu ini biasanya digunakan untuk rotor dengan empat atau lebih kutub.

Karena kutub rotornya banyak, maka biasanya rotor ini digerakkan dengan kecepatan yang rendah. Pada kutub silindris (*non salient*), konstruksi kutub magnet rata dengan permukaan rotor yang membentuk seperti silinder. Rotor silinder ini umumnya digunakan untuk rotor dua kutub dan empat kutub. Rotor ini biasanya digerakkan dengan kecepatan tinggi sehingga genetor yang menggunakan kutub ini biasanya disebut juga dengan turbo generator. Generator dengan kecepatan 1500 rpm ke atas pada frekuensi 50 Hz dengan rating daya sekitar 10 MVA biasanya menggunakan rotor silinder. Sementara untuk daya dibawah 10 MVA dan kecepatan rendah maka digunakan rotor kutub sepatu. Generator-generator ini biasanya membentuk medan magnet dengan bantuan kumparan yang dililitkan pada rotornya, kemudian kumparan ini diberi sumber DC dengan sistem pengaturan yang baik sehingga besar arus yang melewati kumparan dapat diatur untuk mengatur kuat medan yang akan dihasilkan rotor.

Ada 2 cara pemasukan Arus DC (sebagai arus medan) ke rangkaian medan rotor untuk membentuk medan magnet pada kumparan rotor, yaitu:

1. Menyuplai daya DC ke rangkaian rotor dari sumber DC eksternal (biasanya berupa batere dari luar) dengan sarana *slip ring* dan sikat. Bila generator ini hanya menerima sumber DC dari luar untuk *start* awal saja, maka sumber DC sebagai penguat kumparan medan selanjutnya diambil dari keluaran generator itu sendiri (setelah sumber dari batere dilepas) dengan cara merubah keluaran AC generator ini menjadi DC (disearahkan sebelum dimasukkan ke kumparan medan pada rotor)

2. Menyuplai daya DC dari sumber DC khusus yang ditempelkan langsung pada batang rotor generator . Sumber DC ini biasanya dari generator DC yang ditempel pada rotor generator.

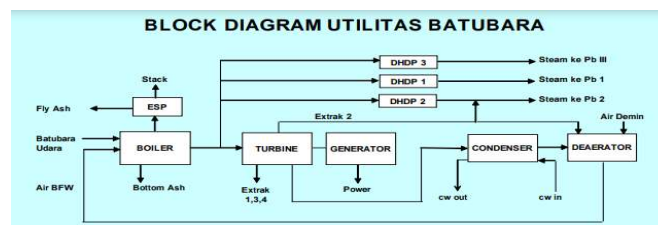
3.2.12 Electro Static Precipitator (ESP)

Pada Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi III B, PT. Petrokimia Gresik menggunakan ESP untuk mengurangi dan meminimalisir dampak dari debu sisa pembakaran batubara secara sempurna. Berikut adalah data referensi debu yang keluar dari hasil pembakaran batubara;

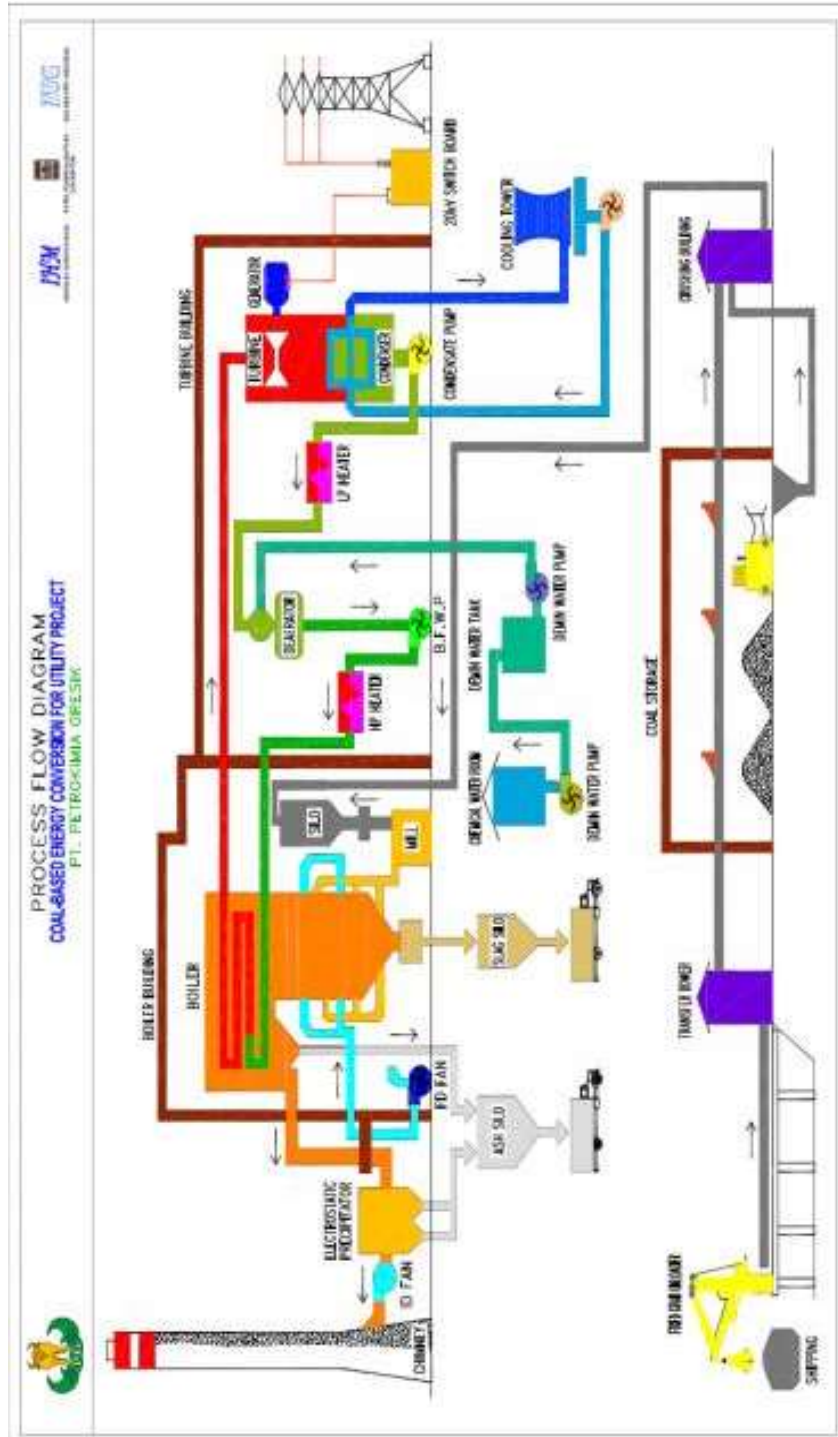
- Bentuk pembuangan debu ada 2 set, masing-masing ; 3 kompartemen, dan 6 hopper Electrostatic Precipitator (ESP)
- Volume debu : sekitar 6.8 ton/h untuk 1 (satu) ESP
- Jarak alat pengangkut : diperkirakan sama dengan 100 m
- Temperatur debu : 150°C
- Grafitasi spesifik : 0.70 – 0.75 t/m

3.3 Proses Pembuatan Steam dan Diagram Proses Unit Utilitas Batu Bara

Pada Unit Utilitas Batubara Departemen PT. Petrokimia Gresik, proses dibagi kedalam 3 bagian yakni Proses Handling Batubara, Proses Pembuatan Steam, dan Proses Pembuangan Limbah dari Sisa Pembakaran Batubara. Berikut adalah Process Flow Diagram dan Blok Diagram dari Coal Based Energy Conversion For Utility Project di PT. Petrokimia Gresik ;



Gambar 3.9 Block Diagram Utilitas Batubara



Gambar 3.10 Skema Proses di Unit Utilitas Batubara

3.3.1 Proses Handling Batu Bara

Tabel 3.1 Informasi Kandungan Batubara PT Petrokimia Gresik

Symbol	Kandungan	Satuan
Car	45	%
Her	3	%
Oar	12,9	%
Nar	0,7	%
Sar	0,1	%
Aa	3,3	%
Mar	35	%
Varr	32,1	%
Qar	3751	Kcal/Kg
DT	1190	°C
ST	1210	°C
HT	1210	°C
FT	1240	°C

Setelah diangkut menggunakan kapal laut dari tempat penambangan batubara, batubara tersebut di bongkar muat (loading) di area pelabuhan PT. Petrokimia Gresik. Batubara yang digunakan sebagai bahan bakar untuk pembuatan steam ini adalah batubara jenis Lignit atau batubara coklat yang mana batubara ini merupakan batubara yang sangat lunak tang mengandung air 35-75% dari beratnya. Dan kalori yang dapat dihasilkan oleh batubara ini antara 3400-4600 kcal/kg. Proses pemindahan batubara dari kapal dilakukan dengan menggunakan fixed grab unloader yang terdapat di pelabuhan. Fixed grab unloader ini memiliki spesifikasi:

- Kapasitas angkat beban & batasan kerja : 10 Ton
- Kapasitas angkat dengan beban jangkauan kerja : 7,5 m – 25 m

- Ketinggian angkat grab : + 12 m s/d – 15 m
- Kecepatan kerja, lifting speed : 60 m/min
- Luffing speed : 50 m/min
- Rotating speed : 1,5 r/min
- Total power : 202 KW
- Power supply : 3phase, AC380V,
50hz

Selanjutnya, dari Fixed grab unloader, batubara diloading ke hopper yang mana pada hopper telah dipasang Grate dan slide gate untuk mengatur flow batubara yang akan masuk ke conveyor 20M-07.01. Selanjutnya masuk ke chute hopper. Pada conveyor 20M-07.01 dipasang magnetic separator yang berfungsi untuk mengambil logam-logam yang terikut dalam batubara. Pada conveyor 20M-07.01 di pasang timbangan sebagai alat ukur berapa banyak batubara yang telah dipindahkan.

Selanjutnya dibawa ke conveyor 20M-07.02 menuju ke coal storage. Luar area dari coal storage ini 4.752 m² dengan kapasitas 40.000 ton. Pada conveyor 20M-07.02 dipasang pembagi batubara yang mana akan ditentukan akan dimasukan ke storage atau ke bunker. Selanjutnya batubara akan dilanjutkan menuju ke Tower house 20T-07.02 yang mana di Tower house ini dipasang Diverter Gate untuk membagi 2 arah posisi batubara. 2 arah tersebut adalah :

- Menuju arah belt conveyor 20M07-04A
- Menuju arah belt conveyor 20M07-04B

Pada outlet conveyor di Tower 20T-07.04 dipasang magnetic separator yang berguna untuk menangkap potongan/serpihan besi yang terikut batubara.

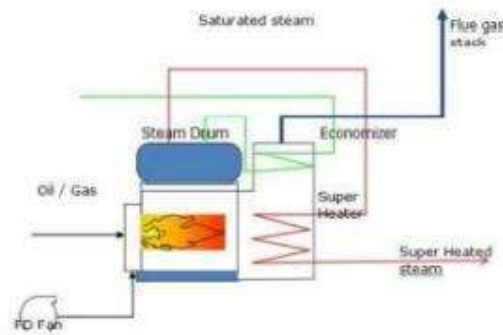
Selanjutnya batubara masuk ke belt conveyor 20M07.05A/B. pada conveyor ini dipasang metal detector yang berfungsi untuk mematikan conveyor apabila ada logam yang masih terikut ke dalam bunker batubara. Selanjutnya batubara yang rata-rata berukuran 200mm dimasukkan ke vibrating screen 30mm dengan kapasitas 2x200 ton/jam. Batubara yang masih kasar (over size) >30mm akan dihancurkan di double roll crusher.

Batubara yang telah melalui proses screen dan crusher tersebut akan dilanjutkan oleh conveyor 20M-07.06 A/B, disini batubara diambil sampel untuk uji kualitas batubara di coal sampling. Selanjutnya batubara siap masuk ke bunker melalui conveyor 20M-07.07A/B. pada conveyor ini dipasang pembagi arah ke bunker mana yang akan masukan batubara. Dari bunker batubara, batubara akan langsung masuk ke bagian coal mill. Coal mill adalah suatu mesin untuk merubah batubara dari mesh 30mm menjadi mesh 90 lolos 70%. Pada coal mill ini batubara digerus dengan bola baja agar ukurannya menjadi lebih halus. Tujuan dari penghalusan batubara ini agar mempermudah proses pembakaran di furnace.

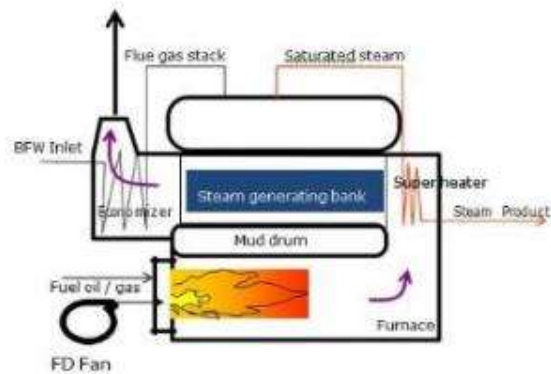
3.3.2 Proses Pembuatan Steam

Dalam pembuatan steam, air umpan boiler yang digunakan adalah air demin yang mana air tersebut telah di minimalisirkan mineral-mineralnya. Yang selanjutnya air demin tersebut akan ditampung di tangka penyimpana air demin (TK-06-22) yang memiliki kapasitas sebesar 750 m³ . Selanjutnya air dari tanki akan dipompa menuju ke bagian Deaerator. Pada bagian deaerator air demin di treatment menjadi air umpan boiler. Air boiler harus cukup bebas dari pembentukan endapan padat supaya terjadi perpindahan panas yang cepat dan efisien dan harus tidak korosif terhadap logam boiler. Endapan dalam boiler dapat diakibatkan oleh

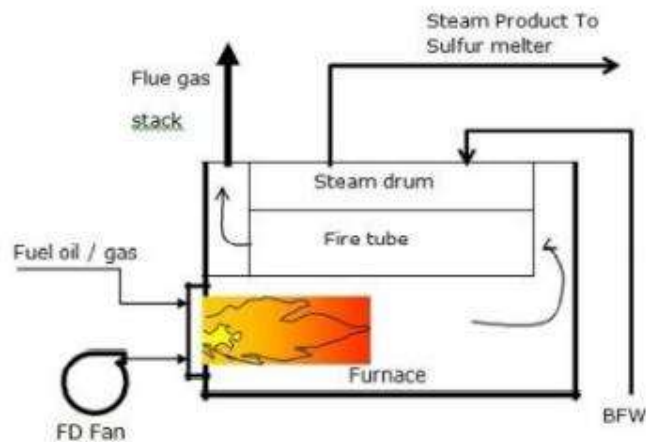
kesadahan air umpan dan hasil korosi dari system kondensat dan air umpan. Kesadahan air umpan dapat terjadi karena kurangnya system pelunakan. Berbagai jenis endapan akan mempengaruhi efisiensi dari boiler. dan pada kasus tertentu dapat menyebabkan naiknya suhu logam boiler dan mungkin dapat menyebabkan kegagalan pipa karena pemanasan berlebih.



Gambar 3.11 Auxiliary Boiler A



Gambar 3.12 Auxiliary Boiler B



Gambar 3.13 Back-Up Boiler B

3.3.3 Pengolahan Air Boiler

Air yang digunakan untuk menjadi bahan baku air umpan boiler berasal dari:

1. Water intake Gunung Sari, Surabaya

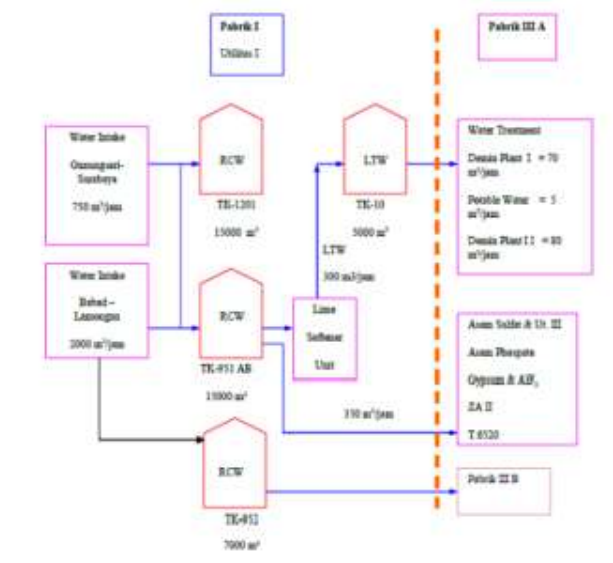
Unit ini mengambil air baku dari sungai Brantas dan menyediakan air bersih pada kapasitas 750 m³/jam. Air dipompakan ke Gresik melalui perpipaan berdiameter 14" sepanjang 22 km. Hasil yang diperoleh dari Water Intake:

- Jenis : hard water
- PH : 8-8,3
- Total Hardness: maksimum 200 ppm sebagai CaCO₃
- Turbidity : maksimum 3 ppm
- Kapasitas produk Lime Treated Water: 750 m³/jam

2. Water Intake Babat, Lamongan

Unit ini mengambil air baku dari sungai Bengawan Solo dan menyediakan air bersih pada kapasitas 2000 m³/jam. Hasil yang diperoleh dari Water Intake Babat–Lamongan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis : Hard water
- pH : 7,5-8,5
- Total Hardness: maks. 220 ppm sebagai CaCO_3
- Turbidity : maks. 3 NTU
- Residual Cl : 0,4 – 1 ppm
- Kapasitas : 2.500 m³ /jam



Gambar 3. 14 *Water Intake* PT Petrokimia Gresik

Air akan di treatmen dan diolah menjadi 2 macam, yaitu internal dan eksternal. Pengolahan air umpan boiler secara internal yakni dengan menambahkan bahan kimia, berdasarkan jenis air demin yang digunakan. Senyawa seperti sodium karbonat, sodium aluminat, sodium fosfat, sodium sulfit, dan komponen sayuran atau senyawa inorganic seluruhnya dapat digunakan untuk proses treatmen internal ini. Selanjutnya treatmen air boiler secara eksternal. Pada proses treatmen eksternal, air umpan boiler akan di hilangkan padatan tersuspensinya, padatan terlarut (terutama ion

kalsium dan magnesium yang mana merupakan penyebab utama pembentukan kerak pada boiler), dan juga penghilangan gas-gas terlarut (oksigen dan karbondioksida). Pada treatment eksternal ini dibagi atas 3 bagian yaitu :

- Pertukaran Ion (Plant Pelunakan)

Pada proses pertukaran ion, kesadahan dihilangkan dengan melewatkan air pada bed zeolite alam atau resin sintetis dan tanpa pembentukan endapan. Jenis yang paling sederhana adalah 'pertukaran basa' dimana ion kalsium dan magnesium ditukar dengan ion sodium. Setelah jenuh, dilakukan regenerasi dengan sodium klorida. Garam sodium mudah larut dan tidak membentuk kerak didalam boiler.

- De-aerasi (mekanis-kimia)

Dalam de-aerasi, gas terlarut seperti oksigen dan karbondioksida akan dibuang dengan pemanasan awal air umpan sebelum masuk ke boiler. Seluruh air alam mengandung gas terlarut dalam larutannya. De-aerasi dapat dilakukan secara mekanis dan maupun secara kimiawi; ataupun dapat menggunakan kedua cara tersebut (hybrid).

- a. De-aerasi mekanis

De-aerasi ini digunakan untuk penghilangan gas terlarut digunakan sebelum penambahan bahan kimia untuk oksigen.

De-aerasi mekanis didasarkan pada hukum fisika Charles dan Hendry. Secara singkat hukum itu menyatakan bahwa penghilangan oksigen dan karbon dioksida dapat disempurnakan dengan pemanasan air umpan boiler, yang

akan menurunkan konsentrasi oksigen dan karbon dioksida disekitar atmosfer air umpan. Dalam system boiler, steam lebih disukai untuk deaerasi sebab :

- Steam pada dasarnya bebas dari O_2 dan CO_2
- Steam tersedia dengan mudah
- Steam menambah panas yang diperlukan untuk melengkapi reaksi

b. De-aerasi kimiawi

Pada proses deaerasi mekanik, yang paling efisien hanya dapat menurunkan oksigen hingga ketinggian yang sangat rendah (0.005 mg/liter), namun jumlah oksigen yang sangat kecil tersebut akan tetap menyebabkan korosi pada alat-alat yang mudah korosi. Oleh karena itu harus ada tambahan kimia berupa pereaksi oksigen seperti sodium sulfit atau hidrasin. Sodium sulfit akan bereaksi dengan oksigen membentuk sodium sulfat yang akan meningkatkan TDS dalam air boiler dan meningkatkan blowdown dan kualitas air makeup. Sedangkan hidrasin bereaksi dengan oksigen membentuk nitrogen dan air. Senyawa tersebut selalu digunakan untuk boiler tekanan tinggi bila diperlukan air boiler dengan padatan yang rendah, karena senyawa tersebut tidak meningkatkan TDS air boiler.

- Penghilangan mineral/demineralisasi

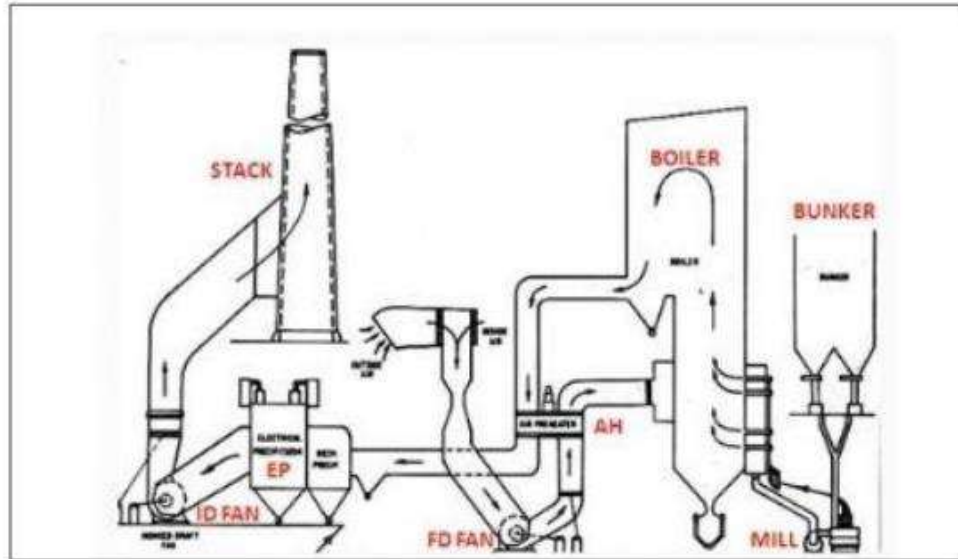
Proses ini dilakukan untuk menghilangkan seluruh garam dengan menggunakan kation dan anion. Yang menukan kation dalam air beku dengan ion hydrogen menghasilkan asam gdroklorida, asam sulfat dan asam karbonat. Asam karbonat dihilangkan dalam Menara degassing dimana udara dihembuskan melaui air asam. Berikutnya, air melewati resin anion, yang meukar anion dengan asam mineral (misalnya asam sulfat) dan membentuk air. Regenerasi dari kation dan anion perlu dilakukan pada jangka waktu tertentu dengan menggunakan asam mineral dan soda kaustik.

Pada proses pembuatan air Demin dan proses di Aerator, air umpan boiler juga dipanaskan (pre-heater) hingga mendekati titik didih atau mendekati temperature kritis perubahan fase dari fase cair menuju fase uap. Hal ini dilakukan agar pada saat air umpan boiler masuk ke furnace untuk diuapkan, panas yang dibutuhkan tidak banyak dan juga menghemat waktu pengubahan fase air umpan boiler tersebut. Panas yang digunakan pada proses pre-heater air umpan boiler berasal dari sisa panas pembuangan dari pembakaran batubara pada furnace jadi panas yang dihasilkan oleh batubara di dalam furnace dapat dimanfaatkan secara optimal. Air yang telah di treatment secara pre-heater, demineralisasi dan de-aerator akan masuk ke boiler (furnace) melalui pipa-pipa yang terdapat didalam furnace (water Tube).

3.3.4 Rasio dari Penggunaan Udara Untuk Pembakaran (PAF)

Rasio dari udara yang diperlukan untuk melakukan pembakaran dikendalikan dengan menggunakan computer diruang Control Room= (CCR). Rasio ini juga yang nantinya akan menentukan proses pembakaran batubara yang

telah dihaluskan (di Coal Mill) menjadi lebih efektif selain udara yang berasal dari coalmill yang mana sebagai secondary Air.



Gambar 3.15 *Layout Rangkaian Boiler*

3.3.5 Proses Pembakaran di dalam Boiler (*Furnance*)

Setelah proses pengolahan air umpan dan batubara telah dihaluskan menggunakan coalmill, kedua bahan diatas akan masuk kedalam furnace boiler. Jika boiler dalam keadaan shutdown, maka operator akan melakukan proses pemanasan/penghidupan boiler dengan menggunakan bahan bakar solar. Ini dilakukan agar dapat mengefisiensikan waktu yang diperlukan untuk memanaskan boiler. Setelah suhu sudah mencapai 400°C serbuk batubara yang berasal dari coalmill tadi akan ditiupkan masuk kefurnace dan penggunaan solar akan dihentikan. Proses pembakaran boiler yang ada di Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi PT.Ptrokimia Gresik menggunakan prinsip pembakaran langsung dengan metode pembakaran secara Pulvurized dengan memakai coalmill sebagai Pulvurizer. Maksud dari Pulvurizer yaitu pembakaran batubara serbuk.

Batubara yang telah dihaluskan di coal mill akan ditiupkan oleh fan, yang mana udara dari fan ini akan menerbangkan serbuk batubara masuk ke dalam furnace dan udara tersebut juga akan berperan sebagai Secondary Air dalam proses pembakaran. Di dalam boiler untuk memusatkan api pembakaran pada pipa air (water tube) system dalam boiler dibuat dalam kondisi vakum dalam rentan tekanan -40 s/d -70 Pa. Di sisi lain, air umpan boiler yang telah di treatment di demineralisasikan, di De-aerasi, dan di pre-heater ke suhu antara 105°C - 120°C akan dialirkan ke dalam pipa (tube) yang ada di dalam furnace boiler dan langsung dibakar.

Proses ini terjadi secara kontinu, dan setelah proses pembakaran air di dalam pipa, dan kemudian air tersebut teruapkan dan berubah fase menjadi uap (steam). Karena mengingat pada saat pembakaran air dalam furnace boiler tidak semua air langsung berubah jadi uap (steam), air yang telah dibakar di furnace tadi akan dialirkan langsung menuju alat steam drum yang berada di atas alat boiler. Fungsi dari steam drum ini adalah untuk memberikan waktu terjadinya perubahan fase yang mana akan terjadi keadaan setimbang antara air dan uap yang telah terbentuk sehingga uap yang dingin akan menjadi cair lagi dan air yang masih sangat panas akan berubah menjadi steam. Selanjutnya uap (steam) yang telah terbentuk karena memiliki tekanan yang sangat besar atau sekitar 9.8 MPa, uap (steam) tersebut akan mengalir ke bagian de-superheater. Dalam proses de-superheater ini, uap (steam) tadi akan dipanaskan lebih lanjut ataupun akan disesuaikan baik secara suhu, maupun tekanan dengan kebutuhan uap (steam) yang diperlukan. Untuk uap (steam) umpan turbin, diperlukan steam kering dan memiliki tekanan yang tinggi (HPS), dan sedangkan untuk mensupply uap (steam) ke pabrik lain biasanya

digunakan uap (steam) Mid atau low Pressure (MPS & LPS). Hasil steam yang diproduksi untuk 1 (satu) boiler bias mencapai 150 t/h. Namun hal tersebut juga tergantung dari stok batubara yang tersedia dan kebutuhan uap (steam) yang diperlukan untuk pabrik I,II, maupun III.

3.3.6 Proses Penanganan Limbah dari Boiler

Setelah batubara dibakar pada furnace boiler, limbah yang tersisa dari proses pembakaran tersebut adalah terdiri atas 2 jenis limbah yaitu Limbah pembakaran berupa Slag dan juga Fly Ash.

3.3.6.1 Limbah Slag dari Hasil Pembakaran Tidak Sempurna

Slag batubara adalah salah satu limbah hasil dari pembakaran batubara yang mana terbentuk akibat adanya batubara yang meleleh saat dibakar dan tidak terbakar sempurna. Limbah ini biasanya akan terdapat pada bagian bawah dari furnace dan akan dikeluarkan menggunakan conveyor untuk dimasukan ke Slag Silo

3.3.6.2 Limbah Fly Ash dari Hasil Pembakaran Sempurna Batubara

Batubara yang terbakar sempurna akan menjadi debu dan akan dikeluarkan melalui cerobong asap (Chimney). Tapi sebelum dibuang melalui cerobong tersebut debu hasil pembakaran batubara tadi akan di perlakukan (treatment) agar limbah debu ini sesuai dengan standar dari Kementrian Lingkungan Hidup (KLH). Untuk menangani ini Unit Utilitas Batubara Departemen Produksi III B PT. Petrokimia Gresik menggunakan alat Electrostatic Precipitator (ESP) untuk menangkap debu-debu hasil pembakaran tersebut. Prinsip kerjanya yakni gas buang hasil pembakaran batubara akan dilewatkan melalui suatu medan listrik yang terbentuk antara discharge electrode (DE) dengan collector plate (CP). Gas buang yang mengandung

butiran debu pada awalnya bermuatan neutral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-). Selanjutnya partikel yang sekarang bermuatan negatif (-) akan menempel pada pelat-pelat pengumpul (collection plate). Yang selanjutnya debu yang terkumpul di collection plate akan dipindahkan kembali secara periodik dari collector plate melalui suatu getaran (rapping). Debu ini kemudian jatuh ke bak penampung (ash hopper) dan kemudian dipindahkan ke flyash silo (dengan cara divakum menggunakan ID Fan. Setelah debu-debu hasil pembakaran batubara tadi telah difilter dengan menggunakan ESP, gas buang siap untuk dialirkan ke bagian cerobong (Chimney) untuk dibuang ke udara bebas.