

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1. Teori Umum Uap

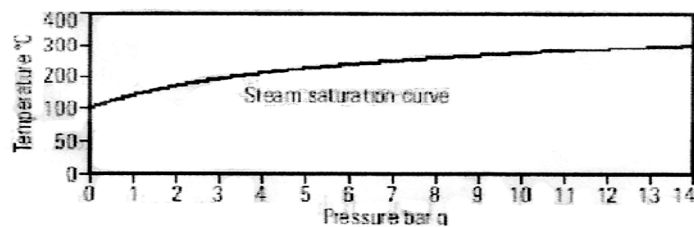
Uap atau steam merupakan gas yang dihasilkan dari proses yang disebut penguapan. Bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan steam adalah air bersih. Air dari water treatment yang telah diproses dialirkan menggunakan pompa ke deaerator tank hingga pada level yang telah ditentukan. Pemanasan dalam deaerator adalah dengan menggunakan steam sisa yang berasal dari hasil pemutar turbin.

Dengan meningkatnya suhu dan air telah mendekati kondisi didihnya, beberapa molekul mendapatkan energi kinetik yang cukup untuk mencapai kecepatan yang membuat sewaktu-waktu lepas dari cairan ke ruang diatas permukaan, sebelum jatuh kembali ke cairan. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan eksitasi lebih besar dan sejumlah molekul dengan energi cukup untuk meninggalkan cairan jadi meningkat. Dengan mempertimbangkan struktur molekul cairan dan uap, dapat diambil kesimpulan bahwa densitas steam lebih kecil dari air, sebab molekul steam terpisah jauh satu dengan yang lain. Ruang yang secara tiba-tiba terjadi diatas permukaan air menjadi terisi dengan molekul steam yang padat.

Dalam hal ini pebakaran air dalam boiler adalah air yang melalui deaerator yang telah melalui pemanasan didalamnya yang dialirkan ke drum boiler (penampung steam) dan kemudian disuplai kedalam boiler untuk dipanaskan lebih lanjut sehingga menjadi steam basah. Suhu didalam boiler ini adalah sekitar 400 °C - 459 °C. Setelah proses yang terjadi di dalam boiler ini, aliran steam dilanjutkan ke

superheater untuk menjadikan uap kering, suhu steam saat itu sekitar 520°C – 600°C dan siap disalurkan untuk memutar turbin.

Jika jumlah molekul yang meninggalkan permukaan cairan lebih besar dari yang masuk kembali, maka air akan menguap dengan bebas. Pada keadaan ini air telah mencapai titik didihnya atau suhu jenuhnya, yang dijenuhkan oleh energi panas. Jika tekananya tetap penambahan lebih banyak panas tidak mengakibatkan kenaikan suhu lebih lanjut namun menyebabkan air akan membentuk steam jenuh. Pada tekanan atmosfer suhu jenuh air adalah 100°C , tetapi jika tekananya bertambah maka akan ada penambahan lebih banyak panas dan peningkatan suhu tanpa perubahan fase. Oleh karena itu, kenaikan tekanan secara efektif akan meningkatkan entalpi air dan suhu jenuhnya. Hubungan antara suhu jenuh dan tekanan dikenal sebagai kurva steam jenuh.



Gambar 2.1. Kurva Steam Jenuh

Air dan steam dapat berada secara bersamaan pada berbagai tekanan dalam kurva ini, keduanya akan berada pada suhu jenuh. Steam pada kondisi diatas kurva jenuh dikenal dengan superheated steam (steam lewat jenuh), sedangkan air yang berada pada kondisi dibawah kurva disebut air sub-jenuh.

Jika steam mengalir dari boiler pada kecepatan yang sama dengan yang dihasilkannya, penambahan panas lebih lanjut akan meningkatkan laju produksinya. Jika steam yang sama tertahan tidak meninggalkan boiler, dan jumlah panas yang masuk dijaga tetap, energi yang mengalir ke boiler akan lebih besar daripada energi yang mengalir keluar. Energi yang berlebih ini akan menaikkan tekanan, yang pada gilirannya akan menyebabkan suhu jenuh meningkat, karena suhu steam jenuh berhubungan dengan tekanannya.

II.2. Komponen Utama Pembentukan Steam

Adapun komponen utama yang berfungsi sebagai alat untuk menghasilkan steam adalah:

II.2.1. Ketel Uap (Boiler)

Ketel uap atau yang sering disebut boiler, yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai tempat untuk menghasilkan uap, yang energi kinetiknya dimanfaatkan untuk memutar turbin. Air merupakan media utama yang diolah didalam boiler yang selanjutnya akan diproses untuk menghasilkan steam.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Air umpan merupakan air yang disuplai ke boiler untuk diubah menjadi steam. Sistem steam berfungsi mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Sistem bahan bakar adalah, semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar sehingga boiler dapat menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang digunakan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan. Uap yang dihasilkan boiler mempunyai temperatur dan

tekanan tertentu sedemikian rupa sehingga dapat bersifat seefisien mungkin untuk digunakan.

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanasan steam yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan temperatur rendah (low pressure-temperatur), dan tekanan temperatur tinggi (high pressure-temperature), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin, atau membangkitkan energi listrik dengan mengubah energi kalor menjadi energi mekanik yang kemudian digunakan sebagai pemutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Namun ada juga yang menggabungkan kedua sistem boiler tersebut, dan memanfaatkan tekanan temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa steam dari turbin dengan keadaan temperatur tekanan rendah dapat dimanfaatkan kedalam proses industri dengan bantuan heat recovery boiler.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai valve juga disediakan untuk perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan pada sistem steam. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sedangkan

sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar sebagai penghasil panas yang dibutuhkan.

Peralatan yang dibutuhkan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem pembakarannya. Secara umum boiler dibagi kedalam dua jenis yaitu, boiler pipa api (*fire tube boiler*) dan boiler pipa air (*water tube boiler*). Pada boiler pipa api proses pengapian terjadi dalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan diantarkan langsung kedalam boiler berisi air. Besar dan konstruksi boiler mempengaruhi kapasitas dan tekanan yang dihasilkan boiler tersebut. Sedangkan pada boiler pipa air proses pengapian terjadi di luar pipa, kemudian panas yang dihasilkan memanaskan pipa yang berisi air, yang sebelumnya air tersebut telah dipanaskan terlebih dahulu oleh economizer, kemudian steam yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan dalam sebuah steam-drum, sampai tekanan dan temperatur sesuai. Melalui tahap secondary superheater dan primary superheater kemudian steam dilepaskan ke pipa utama distribusi. Didalam pipa air yang mengalir harus dikondisikan terhadap mineral atau kandungan lainnya yang larut pada air tersebut. Hal ini merupakan faktor utama yang harus diperhatikan terhadap tipe ini.

Pada pabrik pengolahan kelapa sawit, ketel uap digunakan sebagai penyuplai kebutuhan uap pengolahan TBS dan pembangkit tenaga listrik. Ketel uap yg dipergunakan adalah jenis ketel pipa air (Water Tube Boiler). Ketahanan ketel uap tergantung pada mutu air umpan dan mutu air ketel. Agar tidak terjadi pengapuran (Scalling) dan korosi air umpan dan air ketel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Tabel Ambang Batas Kandungan Zat Pada Air Umpan Boiler

URAIAN	SATUAN	AIR UMPAN	AIR KETEL
pH	-	7,5 – 9,5	10,3 -11,5
Alkalinitas PI	ppm	-	Max. 300
Alkalinitas PR	ppm	-	Max. 300
Alkalinitas total	ppm	20	Max. 700
Kesodaan total	ppm	Max. 10	-
DM Value	-	-	12 - 16
TDS	ppm	Max. 100	Max. 2500
Silica (SiO ₂)	ppm	Max. 120	Max. 2500

A. Komponen Utama Pada Ketel Uap

Pada garis besarnya Ketel Uap terdiri dari :

1. Ruang pembakar
2. Drum atas
3. Pipa uap pemanas lanjut (Superheater)
4. Drum Bawah
5. Pipa-pipa air (Header)
6. Pembuangan abu (Ash Hopper)
7. Pembuangan gas bekas
8. Alat-alat pengaman
9. dll

a. Ruang Pembakaran (Dapur Bakar)

Ruang bakar terbagi 2 (dua) bagian, yaitu :

1. Ruang pertama berfungsi sebagai ruang pembakaran, sebagai pemanas yg dihasilkan dan diterima langsung oleh pipa-pipa air yg berada di dlm ruangan dapur tersebut (pipa-pipa air) dari drum ke header samping kanan/kiri.
2. Ruang kedua merupakan ruang gas panas yg diterima dari hasil pembakaran dalam ruang pertama. Di dalam ruang kedua ini sebagian besar panas dari gas diterima oleh pipa-pipa air drum atas ke drum bawah. Dalam ruang pembakaran pertama udara pembakaran ditiupkan oleh blower Forced Draft Fan (FDF) melalui lubang-lubang kecil disekeliling dinding ruang pembakaran dan melalui kisi-kisi bagian bawah dapur (Fire Grates).

Jumlah udara yang diperlukan diatur melalui klep (Air Draft Controller) yang dikendalikan dari panel saklar ketel. Sedangkan dalam ruang kedua, gas panas dihisap Blower (Induced Draft Fan) sehingga terjadi aliran panas dari ruangan pertama ke ruang kedua dapur. Pembakaran Di dalam ruang kedua dipasang sekat-sekat sedemikian rupa yang dapat memperpanjang permukaan yang dilalui gas panas, supaya gas panas tersebut dapat memanasi seluruh pipa air, sebagian permukaan luar drum atas dan seluruh bagian luar drum bawah.

b. Drum Atas

Drum atas berfungsi sebagai tempat pembentukan uap yang dilengkapi dengan sekat-sekat penahan butir-butir air untuk memperkecil kemungkinan air terbawa uap.

c. Drum Bawah

Drum bawah berfungsi sebagai tempat pemanasan air ketel yang didalamnya di pasang plat-plat pengumpul endapan lumpur untuk memudahkan pembuangan keluar (Blow Down).

d. Pipa Uap Pemanas Lanjut

Uap yang berasal dari penguapan di dalam drum atas belum dapat dipergunakan oleh turbin uap, oleh karenanya harus dilakukan pemanasan uap lanjut melalui pipa uap pemanas lanjut (Superheater Pipe), hingga uap benar-benar kering dengan temperatur 260 – 280 °C. Pipa-pipa pemanas uap lanjut dipasang di dalam ruang pembakaran kedua, hal ini mengakibatkan uap basah yang dialirkan melalui pipa tersebut akan mengalami pemanasan lebih lanjut.

e. Pipa Air (Header)

Pipa-pipa air berfungsi sebagai tempat pemanasan air ketel yg dibuat sebanyak mungkin hingga penyerapan panas lebih merata dengan efisiensi tinggi, pipa-pipa ini terbagi dalam :

- Pipa air yang menghubungkan drum atas dengan header muka atau belakang.
- Pipa air yang menghubungkan drum dengan header samping kanan atau samping kiri.
- Pipa air yang menghubungkan drum atas dengan drum bawah.
- Pipa air yang menghubungkan drum bawah dengan header belakang.

f. Pembuangan Abu (Ash Hopper)

Abu yg terbawa gas panas dari ruang pembakaran pertama terbang/jatuh di dlm pembuangan abu yg berbentuk kerucut.

g. Pembuangan Gas Bekas

Gas bekas setelah ruang pembakaran kedua dihisap oleh blower isap (Induce Draft Fan) melalui saringan abu (Dast Colector) kemudian dibuang ke udara bebas melalui cerobong asap (Chimney) Pengaturan tekanan didalam dapur dilakukan pada corong keluar blower (Exhaust) dengan katup yang diatur secara otomatis oleh alat hidrolis (Furnace Draft Control).

h. Alat-alat pengaman

Mengingat bahwa tekanan kerja dan temperatur ketel yang sangat tinggi, maka ketel harus dilengkapi dengan alat-alat pengaman sebagai berikut :

1. Katup Pengaman (Safety Valve)

Alat ini bekerja membuang uap apabila tekanan melebihi dari tekanan yang telah ditentukan sesuai dengan penyetelan katup alat ini. Umumnya pada katup pengaman

tekanan uap basah (Saturated Steam) diatur pada tekanan 21 kg/cm², sedang pada katup pengaman uap kering tekanannya 20,5 kg/cm². Penyetelan dilakukan bersama dengan petugas IPNKK setelah adanya pemeriksaan berkala.

2. Gelas Penduga (Sight Glass)

Gelas penduga adalah alat untuk melihat tinggi air di dalam drum atas, untuk memudahkan pengontrolan air dalam ketel selama operasi. Agar tidak terjadi penyumbatan-penyumbatan pada kran-kran uap dan air pada alat ini, maka perlu diadakan penyepuan air dan uap secara periodik pada semua kran minimal setiap 3 (tiga) jam. Gelas penduga ini dilengkapi dengan alat pengontrolan air otomatis yang akan membunyikan bell dan menalakan lampu merah pada waktu kekurangan air. Pada waktu kelebihan air bell juga akan berbunyi dan lampu hijau yang akan menyala.

3. Kran Spei air (Blow Down Valve)

Kran spei air ini dipasang 2 (dua) tingkat, satu buah kran buka cepat (Quick Action Valve) dan satu buah lagi kran ulir. Bahan dari kedua kran ini dibuat dari bahan yang tahan tekanan dan temperatur tinggi.

4. Pengukur Tekanan (Manometer)

Manometer adalah alat pengukur tekanan uap di dalam ketel yang dipasang satu buah untuk tekanan uap panas lanjut dan satu buah untuk tekanan uap basah. Untuk menguji kebenaran penunjukan alat ini, pada setiap manometer dipasang kran cabang tiga yang digunakan untuk memasang manometer penara (Manometer Tera).

5. Kran Uap Induk

Kran uap induk berfungsi sebagai alat untuk membuka dan menutup aliran uap ketel yang terpasang pada pipa uap induk terbuat dari bahan tahan panas dan tekanan tinggi.

6. Kran Pemasukan Air

Kran pemasukan air 2 (dua) buah yaitu satu kran ulir dan lainnya kran satu arah (Non Return Valve). Kedua alat ini terbuat dari bahan yang tahan panas dan tekanan tinggi.

7. Peralatan Lain

Perlengkapan lain yang diperlukan untuk ketel uap adalah :

- Alat penghembus debu pada pipa air ketel (Mechanical Soot Blower).
- Pemasukan air ketel otomatis (Automatic Feed Regulator).
- Panel-panel listrik komplet dengan alat-alat ukur.
- Meter pencatat tekanan dan temperature (manometer & Temperatur Recorder).
- Kran-kran buangan udara, air kondensat, dan header.

B. Bahan Bakar Ketel Uap

Bahan bakar ketel uap terdiri dari fibre (kempa) 75 % dan shell (cangkang) 25%, bahan ini dibakar didalam dapur ketel. Penggunaan shell 25% harus diperhatikan agar tidak berlebih, karena nilai kalor cangkang sangat tinggi yang dapat mengakibatkan kelebihan tekanan pada ketel. Dalam proses memasukkan

bahan bakar ke dapur ketel terdapat dua cara yaitu secara manual langsung ke dapur boiler dan dengan menggunakan mesin spreader. Di mulai dari pengiriman bahan bakar melalui air lock fibre dan air lock shell menuju Scraper kemudian masuk ke Fiber Conveyer. Dalam Fibre Conveyer bahan bakar akan di bagi-bagi menuju beberapa ketel yang bekerja. Pada pabrik ini terdapat dua ketel yang bekerja. Penggunaan kadar bahan bakar disesuaikan dengan tekanan uap yang dibutuhkan. Dari Fibre Conveyer bahan bakar masuk ke Rotary Feeder yang berfungsi sebagai pemutar bahan bakar. Dari alat ini bahan bakar akan dilempar ke dapur ketel menggunakan spreader agar bahan bakar yang masuk merata pada dapur ketel.

C. Pembakaran dan Penguapan

Air pada tangki umpan dipompa menuju Upper Drum ketel dengan menggunakan Pompa Sentrifugal. Upper Drum merupakan salah satu bagian ketel, yang berada pada bagian atas berisikan air dan uap basah. Pada Upper Drum air diisi setengah agar bagian kosong dapat berfungsi sebagai sirkulasi uap basah. Kadar air dalam Drum dapat dilihat dengan menggunakan gelas penduga dan dapat dikontrol secara manual melalui mesin operator (Takuma Water Tube Boiler), dimana warna Merah menunjukkan kekurangan air, Kuning menunjukkan keadaan normal, dan hijau menunjukkan kadar air penuh (masih dalam batas aman). Apabila drum kekurangan air maka kran air di buka secara manual dan apabila kelebihan air maka kran ditutup sampai pada keadaan normal. Hal ini akan berlangsung secara terus menerus. Proses kekurangan dan kelebihan air dapat berakibat buruk pada ketel, kekurangan air dapat mengakibatkan pipa-pipa air dalam ketel akan melepuh dan meleleh dan menghancurkan ketel tersebut. Sedangkan kelebihan air akan

mengakibatkan uap basah masuk menuju turbin dan akan merusak turbin tersebut, karena akan mengakibatkan korosi pada turbin.

Di dalam ketel uap terdapat alat yang dinamakan tangki header, yang berjumlah 4 buah yaitu di atas, belakang, bawah dan depan dapur ketel. Alat ini berfungsi sebagai sirkulasi air selama proses pemanasan. Air dari Upper Drum di alirkan menuju tangki Header depan, atas dan bawah serta sebagian lagi ke Lower Drum dan dialirkan menuju tangki header bagian belakang. Seluruh tangki header akan dipanaskan secara langsung karena posisinya yang berada tepat mengelilingi dapur ketel, sistem ini akan terus berjalan selama ketel bekerja.

Proses pembakaran bahan bakar dilakukan di dalam Dapur Ketel, proses pembakaran bahan bakar mencapai suhu 12.000 °C s/d 14.000 °C, pembakaran ini akan menghasilkan panas yang diteruskan oleh pipa-pipa yang berada tepat di atas dapur ketel (terdapat lebih dari 700 buah pipa dalam dapur ketel) dan tangki yang terdapat dalam dapur dan juga dapat mengirimkan panas ke setiap bagian tabung dan tangki lain dalam ketel.

Proses sirkulasi air yang mengalir dari Upper Drum, Lower Drum, dan Tangki Header akan terjadi secara terus menerus, tetapi Uap yang dimanfaatkan hanya dihasilkan oleh Upper Drum, ini pun masih dalam uap basah. Uap basah ini akan masuk menuju tangki Super Heater. Pada pipa ini uap basah dipanaskan kembali oleh panas yang dikirimkan oleh pipa dapur ketel sehingga menghasilkan uap kering. Proses pemanasannya berkisar pada suhu 260-280 °C. Setelah uap kering dihasilkan, maka uap ini sudah dapat dikirim ke kamar mesin untuk menggerakkan Turbin.

II.2.2. Deaerator

Deaerator adalah alat yang bekerja untuk membuang gas-gas yang terkandung dalam air umpan boiler, setelah melalui proses pemurnian air (water treatment). Selain itu juga deaerator berfungsi sebagai pemanas awal air pengisi ketel sebelum disalurkan ke dalam boiler. Deaerator ini bekerja berdasarkan sifat dari oksigen yang kelarutannya pada air akan berkurang dengan adanya kenaikan suhu.

Deaerator terdiri dari dua drum dimana drum yang lebih kecil merupakan tempat pemanasan pendahuluan yang berfungsi membuang gas-gas dari bahan air ketel sedangkan drum yang lebih besar merupakan tempat penampungan bahan air ketel yang jatuh dalam drum yang lebih kecil di atasnya. Pada drum yang lebih kecil terdapat *spray nozzle* yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan air ketel menjadi butiran-butiran halus agar proses pemanasan dan pembuangan gas-gas dari bahan air ketel lebih sempurna. Selain itu pada drum yang lebih kecil disediakan satu saluran vent agar gas-gas dapat terbang (bersama steam) ke atmosfer.

Unsur utama dalam menentukan keberhasilan dari proses ini adalah kontak fisik antara bahan air ketel dengan panas yang diberikan oleh uap.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses deaerator adalah :

- a. Jumlah aliran air kondensat
- b. Jumlah aliran bahan air ketel
- c. Tekanan dalam deaerator
- d. Level air dalam deaerator

Kelima faktor diatas adalah berhubungan erat satu sama lainnya. Jika salah satu tidak bekerja dengan baik dapat berpengaruh jelek terhadap sistem air umpan, sistem kondensat dan juga menaikkan pemakaian bahan kimia yang lebih tinggi.



Gambar 2.3. Sistem Deaerator

A. Bagian-Bagian Utama Deaerator

Untuk menunjang operasi dari deaerator, maka pada deaerator tersebut perlu dilengkapi dengan:

- a. Vent Condensor

Condensor ini berfungsi untuk mengkondensasi gas-gas serta mengumpulkan gas-gas tersebut sebelum di keluarkan ke atmosfer. Bagian dari vent kondensor terbuat dari

bahan *stainles steel*. Gas-gas yang sudah terpisahkan dari air akan keluar ke atmosfer melalui jalur vent. Katup di dalam jalur ini harus dibuka sedikit sehingga pengeluaran gas dapat dilakukan secara kontinyu. Tanda-tanda pengeluaran gas tersebut dapat dilihat dengan keluarnya asap dari jalur vent.

b. Tray (sekat-sekat)

Tray yang terdapat pada deaerator berfungsi sebagai media pemanas, tempat saringan, dan juga tempat memperluas ruangan untuk kondensasi uap.

c. Liquid Level Gauge (gelas penduga)

Gelas penduga digunakan untuk mengetahui tinggi rendahnya permukaan air yang ada di dalam tangki deaerator. Prinsip kerja alat ini adalah dengan bejana berhubungan. Garis tengah kira-kira 20 mm dan panjangnya 300 mm. Kedua gagang dan peralatan terbuat dari tembaga serta dilengkapi dengan katup (pada kedua ujungnya). Gelas penduga ini juga dilengkapi dengan kran dan bola pemeriksa.

d. Termometer

Termometer ditempatkan pada storage tank dari deaerator. Temperatur pada storage tank tersebut akan bersesuaian dengan tekanan operasi dari uap. Jika dibutuhkan termometer juga dapat ditambahkan pada jalur pemasukan uap. Di dalam keadaan ini, pada kedua termometer ini akan terbaca temperatur dengan perbandingan yang tetap.

e. Pressure gauge

Pembacaan pada pressure gauge ini menunjukkan besar tekanan uap di dalam unit. Pressure gauge ini ditempatkan pada jalur pemasukan uap yang dilengkapi dengan kran. Pemasangan pressure gauge pada jalur pemasukan air bertujuan untuk mengetahui perbedaan tekanan antara tekanan air masuk dengan tekanan operasi uap.

f. Transmitter elektro

Transmitter elektro fungsinya sama dengan termometer untuk mengukur suhu. Tetapi perbedaannya pada peralatan ini terdapat pada cara pembacaannya, dimana termometer dapat dilihat pada lapangan secara langsung sedangkan pada transmitter yang dilengkapi sebuah logam dijalankan secara elektrik, hanya dapat dibaca pada ruangan panel/control room.

g. Control Valve

Control valve ini disebut juga kran atau katup control. Dimana alat ini banyak dipakai dalam pipa-pipa yang dilalui air. Control valve ini dapat digolongkan atas dua jenis yaitu analog dan digital. Besar bukaan control valve analog dapat diatur pada kedudukan yang diinginkan (0-100%). Sementara control valve digital hanya mempunyai dua keadaan yaitu membuka dan menutup.

Di dalam control valve terdapat sekat yang dapat digerak-gerakan. Sekat ini berfungsi sebagai pengatur aliran air yang melalui control valve bentuk sekat ini ada beberapa macam tergantung jenis control valvenya. Tetapi yang umum digunakan adalah yang memakai udara bertekanan tinggi yang menggunakan motor.

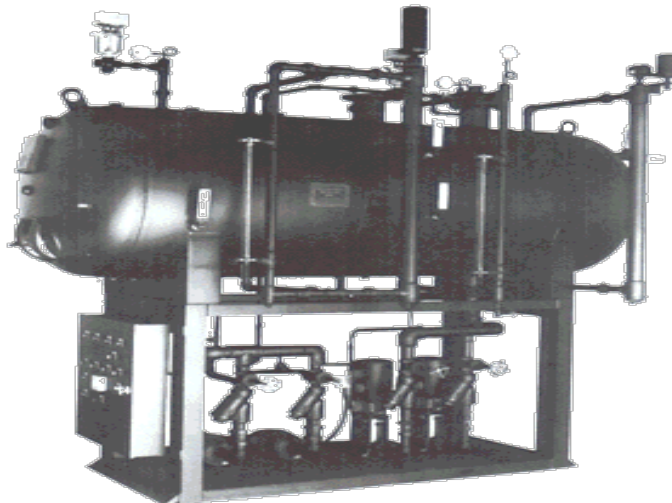
B. Jenis-Jenis Deaerator

Adapun jenis deaerator yang sering dijumpai adalah :

1. Deaerator Tipe spray

Deaerator ini dipergunakan apabila air umpan perlu dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan uap sebagai pemanas. Uap yang masuk ke dalam deaerator, memecah aliran air menjadi serpihan-serpihan kecil yang mengakibatkan gas-gas yang larut didalam air dipaksa keluar sehingga konsentrasi oksigen dalam air turun.

Mekanisme proses deaerasi pada deaerator spray dapat diterangkan secara garis besar yaitu sebagai berikut. Apabila uap masuk ke dalam deaerator maka kontak antara uap dengan air yang masuk akan terjadi di *zona deaerasi* pertama. Uap tersebut akan memecah air dan sekaligus menghilangkan oksigen yang terkandung di dalam air dan uap yang masuk ke dalam *zona deaerasi* kedua akan menghilangkan sisa-sisa oksigen.



Gambar 2.4. Deaerator Spray

2. Deaerator Vakum

Mekanisme kerja deaerator vakum dapat dijelaskan karena gas-gas yang terlarut dalam air dihilangkan dengan menggunakan *ejektor uap* atau dengan pompa vakum, untuk memperoleh vakum yang diperlukan. Besarnya vakum tergantung pada suhu air, akan tetapi biasanya 730 mm Hg.

Sistem deaerasi dengan menggunakan deaerator vakum dapat dikatakan tidak seefisien deaerator uap, dan konsentrasi oksigen dalam air hanya dapat diturunkan sampai kira-kira 0,2 ppm dan karbon dioksida berkisar antara 2-10 ppm. Tergantung konsentrasi sebelum deaerasi.



Gambar 2.5. Deaerator Vacum

3. Deaerator Tipe Tray

Pada deaerator tipe tray lebih memaksimalkan sekat-sekat (*tray*) sebagai media untuk memperbesar ruang jatuh air sehingga molkul-molekul air saling berpisah secara paksa satu dengan yang lainnya, jadi *tray* pada deaerator tipe ini

adalah untuk memaksa molekul air untuk menyebar sehingga mempermudah pelepasan udara.



Gambar 2.6. Deaerator Tray

Pada PKS Pagar Merbau deaerator yang dipergunakan adalah jenis deaerator *assembly*, yaitu deaerator kombinasi antara *type tray* dan *type spray*.

Adapun mekanisme kerja dari deaerator *assembly* ini adalah sebagai berikut :

1. Air dimasukkan dari atas deaerator yang berasal dari tangki penyimpanan (*feed tank*) dengan menggunakan pompa. Temperatur air umpan yang masuk kedalam deaerator adalah 30-50 °C. Air yang masuk ke deaerator di *spray* (semprot) menjadi butiran-butiran kecil yang bertujuan untuk memudahkan proses pemisahan. Air yang disemprot tersebut akan jatuh ke atas *tray*, yang mana berfungsi sebagai media pemanas dan tempat penyaringan serta mempermudah proses pemisahan yang sedang terjadi.
2. Dalam waktu yang bersamaan steam diinjeksikan dari bagian bawah deaerator. Steam yang dialirkan dapat berasal dari steam sisa pemutar turbin

dengan temperatur 130 °C. Steam yang dimasukan kedalam deaerator berguna untuk menaikkan temperatur air umpan. Kenaikan suhu tersebut mengakibatkan turunya kelarutan gas-gas yang terkandung didalam air umpan tersebut.

3. Air dan steam yang dimasukan secara bersamaan ini mengakibatkan pencampuran air yang bergejolak. Air dan steam yang bercampur dengan bergejolak ini mempermudah proses pemisahan gas-gas. Sehingga dengan adanya pencampuran air yang bergejolak ini mengakibatkan terjadinya proses pemisahan gas-gas. Gas-gas yang telah terpisah tersebut keluar melalui *venting condensor*. Sedangkan air yang sudah terpisah dari gas-gas tersebut masuk ke dalam tangki penyimpanan yang selanjutnya air umpan dapat dipakai untuk proses pada ketel.

C. Kebutuhan Uap Pada Deaerator

Air yang mengalami proses pemurnian untuk melalui sistem penyemprot (*spray type*) dan bercampur dengan uap panas yang berasal dari sisa turbin dengan maksud agar diperoleh bintik-bintik air yang halus, sehingga gas-gas yang terkandung di dalam air umpan mudah untuk mengalir dan keluar ke udara luar. Uap akan terkondensasi oleh air dan akan menerima panas sampai temperatur yang diinginkan.

Temperatur air pengisi ketel selalu diusahakan agar tidak terlalu besar berbeda dengan temperatur pembentukan uap di dalam ketel. Air dari temperatur 30

°C dipanaskan pada deaerator hingga mencapai temperatur pada 104 – 110 °C, dalam keadaan ini diambil temperatur air masuk ketel 95 °C.

Kondisi pada deaerator :

- a. Temperatur air yang masuk deaerator 30 °C
- b. Temperatur air yang keluar deaerator 95 °C
- c. Temperatur uap yang masuk deaerator 130 °C
- d. Tekanan uap masuk 3kg/Cm²
- e. Panas laten uap (laten heat) berkisar 546 kJ/kg

Maka untuk menghitung panas yang dibutuhkan deaerator tersebut adalah :

$$Q_d = m \cdot C_p \cdot \Delta t \text{ kJ/jam}$$

Dimana : Q_d = panas yang dibutuhkan oleh air pengisian ketel.

m = massa aliran air pengisi ketel, yaitu sama dengan jumlah massa aliran uap untuk kebutuhan proses pengolahan kelapa sawit (5538 kg/jam).

C_p = panas jenis air pada tekanan konstan 1 kJ/kg °C.

Δt = selisih kenaikan temperatur air ($\Delta t = t_1 - t_2$).

- kerugian-kerugian akibat terbawa oleh gas-gas yang dikeluarkan dan juga akibat kerugian melalui dinding deaerator diperkirakan 30% jadi panas yang dibutuhkan adalah

$$Q_d = 30\% \times m \times C_p \times \Delta t$$

- panas yang diberikan kepada air pengisi deaerator (Q_u)

$$Q_u = m_u \times L_h + m_u \times C_p \times \Delta t$$

Dimana : m_u = massa uap

L_h = laten heat

Maka kebutuhan uap pada deaerator adalah :

$m_u = Q_d$ karena $Q_d = Q_u$, maka massa uap yang di butuhkan adalah :

$$m_u = Q_d / Q_u \text{ kg/jam}$$