

ANALISA PEMANAS AIR UMPAN KETEL UAP KAPASITAS 40 TON

**TBS/
JAM**

SKRIPSI

OLEH:

M. HISYAM MURTADHO

13.813.0018



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2020

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 21/6/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)21/6/22

HALAMAN PENGESAHAN SIDANG SARJANA

Judul Proposal : Analisa Pemanas Air Umpan Ketel Uap
Kapasitas 40 Ton TBS/IAM

Nama Mahasiswa : M. Hisyam Murtadho

NIM : 138130018

Bidang Keahlian : Konversi Energi

Laporan ini dibuat sebagai salah satu syarat penyelesaian studi di Program Sarjana SI Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, serta untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST).

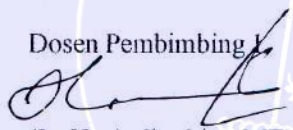
Nama Dosen Pembimbing I : Ir. Husin Ibrahim, MT

NIDN : 0018106107

Nama Dosen Pembimbing II : Ir. H. Amirsyam Nst, MT

NIDN : 0025125606

Dosen Pembimbing I

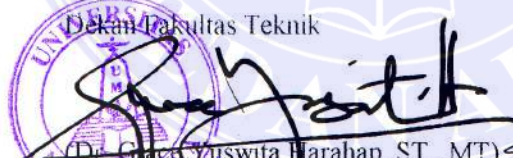

(Ir. Husin Ibrahim, MT)
NIDN. 0018106107

Medan, 31 januari 2020

Dosen Pembimbing II,


(Ir. H. Amirsyam Nst, MT)
NIDN. 0025125606

Dekan Fakultas Teknik


(Dr. Grace Yuswita Harahap, ST., MT)
NIDN. 0124127101

Diketahui Oleh:
Ketua Program Studi Teknik Mesin


(Muhammad Idris ST, MT)
NIDN. 0106058104

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahawa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 5 Februari 2020

Saya yang menyatakan



M. Hisyam Murtadho

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Hisyam Murtadho

NIM : 138130018

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya berjudul: Pemanas Air Umpan Ketel Uap Kapasitas 40 Ton Tbs/Jam. Dengan bebas royalti non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan format, mengelola dalam bentuk perangkat data (*data base*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 5 Februari 2020

Saya yang menyatakan

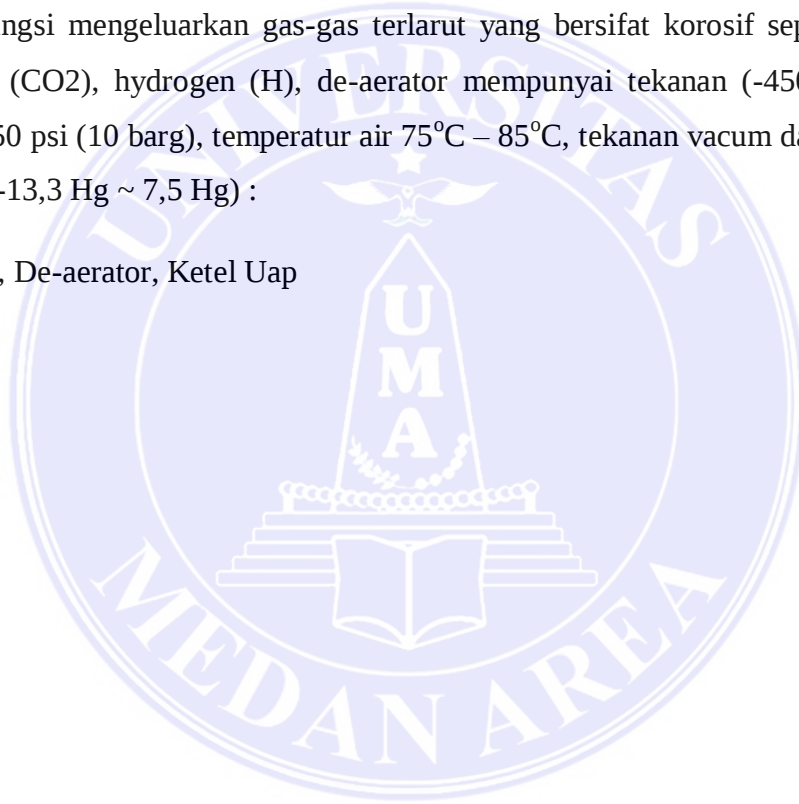


M. Hisyam Murtadho

ABSTRAK

Air umpan adalah air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi steam. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk boiler sesuai dengan kebutuhan steam. Air merupakan penunjang yang digunakan pada setiap sektor industri seperti untuk air umpan boiler. Persyaratan air umpan boiler dapat dapat ditinjau dari harga pH, konduktivitas, dan total dissolved solids (TDS), sehingga air yang akan digunakan harus diolah terlebih dahulu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi perbandingan resin terhadap pH, konduktivitas, dan total dissolved solids (TDS) dari air produk. De-aerator berfungsi mengeluarkan gas-gas terlarut yang bersifat korosif seperti oksige (O_2), karbon dioksida (CO_2), hydrogen (H), de-aerator mempunyai tekanan (-450 ~ -250) mbarg, tekanan steam 150 psi (10 barg), temperatur air $75^{\circ}C - 85^{\circ}C$, tekanan vacum dalam tabung (-450 ~ -250) mbarg (-13,3 Hg ~ 7,5 Hg) :

Kata Kunci : Air, De-aerator, Ketel Uap

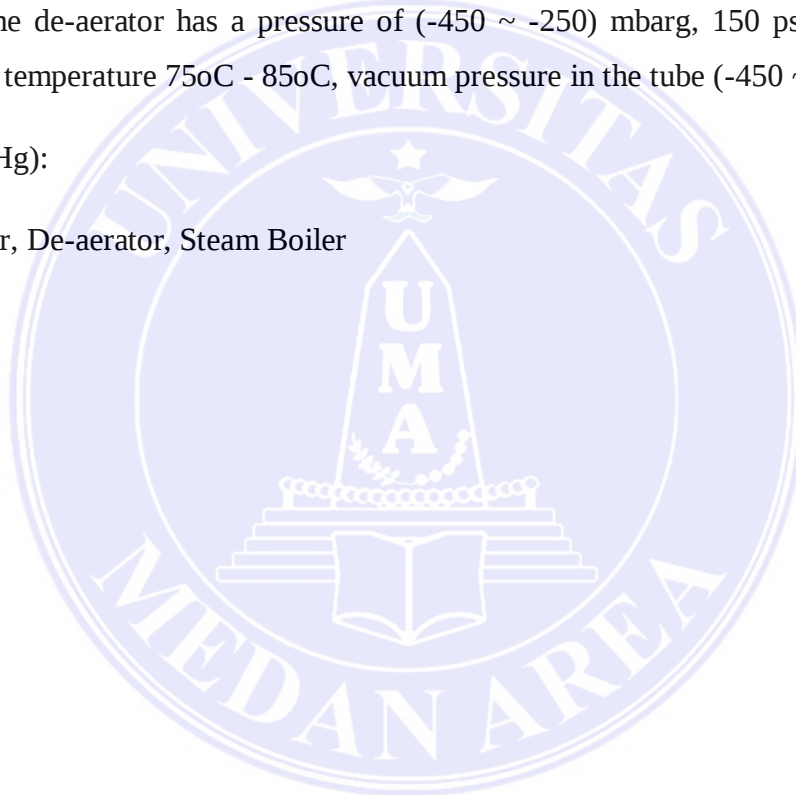


ABSTRACT

Feed water is water supplied to the boiler to be converted into steam. While the feed water system is an automatic water supply system for the boiler according to steam needs. Water is a support used in every industrial sector such as boiler feed water. Boiler feed water requirements can be viewed from the pH value, conductivity, and total dissolved solids (TDS), so the water to be used must be treated first. This study aims to determine the effect of resin ratio composition on pH, conductivity, and total dissolved solids (TDS) of product water. The function of the de-aerator is to remove corrosive dissolved gases such as oxygen (O₂), carbon dioxide (CO₂), hydrogen (H), the de-aerator has a pressure of (-450 ~ -250) mbarg, 150 psi (10 barg) steam pressure), water temperature 75oC - 85oC, vacuum pressure in the tube (-450 ~ -250) mbarg

(-13.3 Hg ~ 7.5 Hg):

Keywords: Water, De-aerator, Steam Boiler





KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia nya kepada kita semua, yang telah memberikan kekuatan, kesempatan serta kesehatan sehingga skripsi ini telah diselesaikan.

Skripsi ini adalah salah satu syarat Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area untuk mendapatkan gelar sarjana, Dalam hal ini judul skripsi penulis adalah “Analisa Pemanas Air Umpan Ketel Uap Kapasitas 40 ton Tbs/Jam. ”

Dengan selesainya penulisan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Drs. M. Erwin Siregar, MBA. Selaku Ketua Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng. Msc. Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Ibu Dr. Grace Yuswita Harahap ST. MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
4. Ibu Susilawati S. kom, M. kom. Selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
5. Bapak Indra Hermawan ST. MT. Selaku Wakil Dekan III Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Bapak Zulfikar, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
7. Seluruh staff pengajar di Universitas Medan Area.
8. Ayah dan Ibu tercinta serta keluarga yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Pendidikan Sarjana di Universitas Medan Area, baik bantuan moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu.

9. Teman-teman sejawat yang telah banyak memberi bantuan, saran serta masukan pada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Himpunan Mahasiswa Mesin Universitas Medan Area selaku wadah organisasi saya yang telah banyak membantu dan mendukung dalam menyelesaikan study saya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini karena masih terbatasnya pengetahuan penulis. Penulis sangat mengharapkan adanya masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Medan, 5 Februari 2020

Penulis

M. Hisyam Murtadho

13.813.0018

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I.....	1
Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II.....	4
Landasan Teori	4
2.1 Definisi Air	4
2.2 Air Industri (BOILER)	5

2.2.1 Air Industri.....	5
2.2.2 Air Proses	5
2.2.3 Air Boiler	6
2.3 Definisi Air Umpan.....	8
2.3.1 Sistem Air Umpan.....	9
2.3.2 Sistem Steam.....	9
2.3.3 Sistem Bahan Bakar	9
2.4 Sistem Air Umpan.....	10
2.4.1 Tangki Air Boiler	10
2.4.2 Pompa Air Umpan.....	10
2.5 Pemanas Air Umpan	11
2.6 Persyaratan Air Umpan Boiler	11
2.7 Akibat Air Umpan Boiler Yang Tidak Memenuhi Baku Mutu	16
2.7.1 Korosi	16
2.7.2 Kerak	16
2.7.3 Endapan	17
2.8 Pengolahan Air Umpan	17
2.8.1 Pengolahan Eksternal	17
2.9 De-aerator	18
2.10 Jenis-Jenis de-aerator	21
2.11 Pengolahan Air Untuk Boiler (Ketel Uap)	25

2.12 Ketel Uap.....	25
2.13 Air Pengisi Ketel.....	26
2.13.1 Sumber-Sumber Air Pengisi Ketel.....	26
2.13.2 Syarat Air Pengisi Ketel	26
2.13.3 Pembentukan Busa	28
2.14 Pengolahan Air Umpan Ketel.....	28
2.14.1 Pengolahan Air Ketel Dengan Penambahan Bahan-Bahan Kimia	29
2.15 Fungsi Ketel Uap	31
2.16 Masalah Pada Boiler.....	32
2.17 Proses Korosi	35
2.18 Faktor-Faktor Korosi.....	35
2.19 Efek Dari Korosi	37
BAB III.....	38
Metodologi Penelitian	38
3.1 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan.....	38
3.1.1 Tempat Penelitian	38
3.1.2 Waktu Penelitian	38
3.2 Bahan dan Alat.....	39
3.2.1 Bahan Penelitian	39
3.2.2 Alat Penelitian.....	39
3.3 pH Meter.....	39

3.4 Elektroda Kaca.....	40
3.5 Breaker Glass.....	41
3.6 De-aerator	43
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	44
BAB IV	45
Hasil Dan Analisa	45
BAB V.....	51
Kesimpulan Dan Saran.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

2.1 Gambar Komponen De-aerator.....	21
2.2 Gambar De-aerator Tipe Spray.....	22
2.3 Gambar De-aerator Tipe Vakum	22
2.4 Gambar De-aerator Tipe Tray	23
2.5 Gambar Limit Kontrol Air Boiler	24
2.6 Gambar Parameter Pemantauan Kualitas Air	24
2.7 Gambar Modifikasi Pemanfaatan Steam Condensate	34
2.8 Gambar Korosi.....	35
2.9 Gambar Proses Korosi.....	35
2.10 Gambar Pengaruh Konduktitas, Temperatur, Oksigen	36
2.11 Gambar Korosi Pada Aliran Kondensate	36
3.1 Gambar pH Meter	40
3.2 Gambar Elektroda Kaca	41
3.3 Gambar Breker Glass	42
3.4 Gambar De-aerator.....	43
3.5 Gambar Diagram Alir Penelitian	44
4.1 Gambar Sirkulasi De-aerator	50

DAFTAR TABEL

2.1 Tabel Persyaratan Air Umpan Boiler	12
2.2 Tabel Persyaratan Kualitas Air Boiler	12
2.3 Tabel Air Kondensate.....	13
2.4 Tabel Konsentrasi Air Boiler.....	14
2.5 Tabel Rekomendasi Batas Air Umpan	15
2.6 Tabel Syarat Air Pengisi Ketel dan Air ketel	27
2.7 Tabel Baku Mutu Air Umpan Boiler	33



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air umpan adalah air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi steam. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk boiler sesuai dengan kebutuhan steam. Ada dua sumber air umpan, yaitu : Kondensat :Steam yang telah berubah fasa menjadi air (mengembun), Air make up ialah air baku yang sudah diolah.

Boiler adalah boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan di jaga dengan sangat baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah dibicarakan sebelumnya. Penulis merumuskan masalah yang terjadi untuk dapat diketahui cara pemecahannya dengan melakukan analisa-analisa yang akan dilakukan. Rumusan masalah akan di analisa sebagai berikut :

1. Pemanas air umpan jenis de-aerator
2. Laju energi pada pemanas air umpan

1.3 Batasan Masalah

Analisa ini hanya di fokuskan pada pemanas air umpan ketel uap yang di gunakan untuk menjaga kualitas air yang nantinya diumpankan untuk boiler.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dicapai pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisa de-aerator sebagai pemanas air umpan ketel uap
2. Mengetahui laju energi pada de-aerator

1.5 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang akan dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi ilmu pengetahuan serta dapat memberi informasi kepada masyarakat khususnya kepada industri pabrik tempat pengambilan data tersebut maupun industri pengolahan kelapa sawit lainnya dalam melakukan evaluasi kerja.
2. Membantu mahasiswa dalam mengetahui pentingnya kualitas air dengan pemanas air umpan yang dihasilkan yang nantinya akan di suplai ke boiler.

BAB II

LANDASAN TEORI

Air merupakan penunjang yang digunakan pada setiap sektor industri seperti untuk air umpan boiler. Persyaratan air umpan boiler dapat dapat ditinjau dari harga pH, konduktivitas, dan total dissolved solids (TDS), sehingga air yang akan digunakan harus diolah terlebih dahulu. Salah satu alternatif pengolahan adalah dengan mengkombinasikan antara reserve osmosis dan ion exchange. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi perbandingan resin terhadap pH, konduktivitas, dan total dissolved solids (TDS) dari air produk. Peralatan yang digunakan adalah reserve osmosis dan ion exchange. Proses kombinasi reserve osmosis dan ion exchange ini dijalankan pada tekanan konstan 5 bar dan temperatur 30°C. Dari hasil analisa pada perbandingan 5:5 diperoleh perubahan nilai konduktivitas dari 19 $\mu\text{S/cm}$ -3,2 $\mu\text{S/cm}$, TDS awal 21 mg/l-4 mg/l, hasil perbandingan resin 3:7 diperoleh perubahan nilai konduktivitas dari 19 $\mu\text{S/cm}$ -3,2 mg/l, TDS awal 21 mg/l-3 mg/l sedangkan pada perbandingan 4:6 diperoleh perubahan nilai konduktivitas 19 $\mu\text{S/cm}$ -4,1 $\mu\text{S/cm}$. TDS awal 21 mg/l-4 mg/l.

2.1 Definisi Air

Air merupakan zat yang sangat di butuhkan disetiap sektor industri termasuk pemanfaatan untuk kebutuhan energi dan pemanasan. Kebutuhan energi dan pemanas di industri umumnya dipenuhi dengan cara memanfaatkan steam yang dibangkitkan pada suatu ketel (boiler). Air yang digunakan sebagai umpan boiler dapat diperoleh dari berbagai sumber, yaitu danau, sungai, laut, maupun sumur.

Persyaratan yang harus dipenuhi sebagai umpan boiler sangat ketat, antara lain tidak korosif, tidak menyebabkan pembentukan kerak, dan tidak menyebabkan

pembentukanbuih.Metode pemurnian air dapat dilakukan dengan menggunakan membran secara reverse osmosis, menggunakan mikroorganisme, destilasi, elektrolisis, maupun ion exchange. Metode yang lain yaitu dengan menggunakan metode kombinasi reverse osmosis dan ion exchange.

2.2 Air industri (AIR BOILER)

2.2.1 Air industri

Berbagai jenis operasi di industri membutuhkan air yang disebut air industri. Air industri ini meliputi: air proses, air umpan boiler dan air pendingin. Ketiga jenis air ini memerlukan tingkat pengolahan yang berbeda dan secara umum tingkat pengolahn air industri, akan tergantung pada sumber air dari mana air baku diambil dan juga maksud penggunaan terhadap air hasil olahan tersebut. Pada prinsipnya, pengolahan air bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi zat yang terkandung dalam air yang berada dalam bentuk terlarut (ion), bentuk tersuspensi ataupun bentuk koloid hingga dicapai kualitas air yang memenuhi dengan persyaratan sesuai dengan maksud penggunaannya.

2.2.2 Air proses

Pada umumnya air untuk proses dari kegiatan industri diperuntukan sebagai pelarut, pencampur, pengencer, media pembawa pencuci dan lainnya. Dengan kualitas air proses yang berbeda tergantung fungsinya dan sangat ditentukan oleh jenis industri lainnya. Parameter-parameter yang dianggap penting sangat berbeda pada kegiatan industri yang berbeda, demikian pula jumlah air yang diperlukan untuk setiap produk yang dihasilkan sangat berbeda. Sebagai contoh: pada industri kertas memerlukan air proses sekitar 70-90% dari total kebutuhan air untuk kegiatan industrinya. Demikian juga

untuk industri tekstil kebutuhan air untuk industri proses mencapai persentasi yang sama untuk industri kertas. Sedang pada industri sabun kebutuhan air prosesnya tidak sebesar industri kertas dan tekstil yaitu sekita 30-50% dari total kebutuhan airnya dan untuk industri ban kebutuhan air proses sangat rendah sekitar 5-10% dari kebutuhan air. Besi dan mangan merupakan parameter penting pada industri tekstil karena kehadiran industri besi dan mangan akan mengganggu dalam proses pewarnaan dan memberikan flek atau noda pada lembar kertas/tekstil. Demikian pula kesadahan merupakan parameter penting untuk industri tekstil disamping parameter-parameter lain seperti alkalinitas , silika, padatan terlarut lainnya.

2.2.3 Air boiler

Secara umum air yang akan digunakan sebagai air umpan boiler adalah air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya endapan yang dapat membentuk kerak pada boiler, air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi terhadap boiler dan sistem penunjangnya dan juga tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya pembusaan terhadap air boiler. Oleh karena itu untuk dapat di gunakan sebagi air umpan boiler maka air baku dari sumber air harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu yang bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur atau padatan yang terkandung didalam air baik dalam bentuk tersuspensi, terlarut, ataupun koloid yang dapat menyebabkan terjadinya kerak, korosi, dan pembusaan dalam boiler. Disamping itu senyawa organik dapat menyebabkan berbagai maalah dalam operasi boiler. Kualitas air umpan boiler juga dipengaruhi oleh kondisi operasi boiler, dimana semakin tinggi tekanan dan temperature operasi semakin maka semakin murni kualitas air umpan yang diperlukan. Batasan terhadap nilai

parameter-parameter penting untuk air umpan boiler, sering ditentukan oleh pihak pembuat alat, atau dapat mengacu pada kriteria dari badan-badan internasional ASME dan ABMA. Boiler adalah tungku dalam berbagai bentuk dan ukuran yang digunakan untuk menghasilkan uap dengan cara penguapan air untuk dipakai pada pembangkit tenaga listrik lewat turbin, proses kimia, dan pemanasan dalam produksi, dll. Dalam istilah lain biasa disebut ketel uap yaitu alat untuk menghasilkan uap, yang terdiri dari dua bagian utama yaitu sisi api sebagai penyedia panas dan sisi air sebagai bagian untuk proses penguapan air menjadi uap. Uap kemudian keluar dari boiler untuk digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemanas, turbin, dll. Boiler feed water merupakan campuran dari Air Make-Up (air baku yang diolah) dengan air kondensat yang merupakan hasil kondensasi uap yang telah dipakai. Air make-up adalah air baku yang telah diolah melalui suatu proses. Kondensat adalah hasil kondensasi uap (steam) yang telah dipakai dan kualitas kondensat relative murni. Boiler feed water yang merupakan campuran dari air make-up dan kondensat komposisi ion-ion nya bervariasi tergantung pada ratio perbandingan air make-up/kondensat yang dipergunakan. Pada proses penguapan dalam ketel uap, air menjadi uap. Uap yang dihasilkan adalah air murni dalam fasa uap (H_2O) dimana ion-ion yang terkandung dalam air boilernya tidak turut menguap. Sebagai akibatnya, konsentrasi ion-ion yang berada dalam fasa cairnya (air boiler) semakin lama akan semakin tinggi dimana apabila hal ini tidak dikendalikan kenaikan konsentrasi ion-ion tersebut akan menuju bilangan tak terhingga, sehingga konsekuensinya pergerakan pada pipa boiler tidak akan bisa dihindarkan. Pengendalian ion-ion dalam air boiler tersebut pada sistem boiler dilakukan dengan membuang sebagian dari air boiler secara kontinyu dan disebut sebagai blow-down. Tujuan blow-

down adalah untuk menjaga agar ion-ion yang ada dalam air boiler tidak melebihi batasan-batasan yang telah ditentukan.

2.3 Definisi Air Umpan

Air umpan adalah air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi steam. Sedangkan sistem air umpan adalah sistem penyediaan air secara otomatis untuk boiler sesuai dengan kebutuhan steam. Ada dua sumber air umpan, yaitu :

Kondensat : steam yang telah berubah fasa menjadi air (mengembun)

Air make up : air baku yang sudah diolah

Boiler merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesin yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

Sistem boiler terdiri dari : sistem air umpan (*fed water system*), sistem steam (*steam system*) dan sistem bahan bakar (*fuel system*)

2.3.1 Sistem air umpan (*feed water system*) menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan.

2.3.2 Sistem steam (*steam system*) 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.

2.3.3 Sistem bahan bakar (*fuel system*) adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

Sistem yang lain adalah penggunaan economizer untuk memanaskan awal air umpan menggunakan limbah panas pada gas buang, untuk mendapatkan efisiensi boiler yang lebih tinggi.

2.4 Sistem air umpan

Sistem air umpan menyediakan jumlah air umpan untuk boiler. Parameter air umpan adalah temperature, tekanan dan kualitas. Persediaan sistem air umpan juga menyemprotkan air dari superheaters dan reheaters. Sistem air umpan terdiri dari air umpan tangki, pompa air umpan.

2.4.1 Tangki air boiler

Sebuah boiler haruslah memiliki air umpan sebagai cadangan. Panas yang diserap oleh boiler steam harus diperhitungkan pada cadangan air umpan. Pengurangan gas berlangsung di deaerator sebelum kondensate dan air make-up mencapai feed tangki air.

2.4.2 Pompa air umpan

Pompa air umpan terhubung dari tangki air umpan ke boiler. Kemungkinan untuk menggunakan pompa air umpan boiler kecil cukup satu. Sedangkan untuk unit yang lebih besar setidaknya dua pompa air umpan diperlukan. Biasanya ada dua sama dan terhubung

paralel pompa air umpan dengan kekuatan tunggal yang cukup untuk memasok kebutuhan air umpan boiler, dalam kasus satu rusak.

2.5 Pemanas air umpan

Deaerasi adalah perlakuan terhadap air untuk menghilangkan gas-gas yang larut dalam air. Adapaun gas-gas yang larut dalam air adalah : oksigen, karbondioksida, hidrogen. Pengaruh gas CO₂ dalam air dapat menyebabkan air bersifat asam. Bila gas ini terkandung dalam air, maka air menjadi korosif terhadap pipa yang akan membentuk besi karbonat yang larut. Didalam air yang terkandung 2-50 ppm CO₂, air bersifat korosif. Gas yang mempercepat korosif adalah oksigen, korosif yang terjadi mengakibatkan lubang-lubang. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut seperti oksigen, dapat dilakukan dengan cara mekanis atau kimiawi.

2.6 Persyaratan Air Umpan Boiler

Secara umum air yang akan digunakan sebagai air umpan boiler adalah air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya endapan yang dapat membentuk kerak pada boiler, air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi terhadap boiler dan sistem penunjangnya dan juga tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya pembusaan terhadap air boiler. Oleh karena itu untuk dapat digunakan sebagai air umpan boiler maka air baku dari

sumber air harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu, karena harus memenuhi persyaratan tertentu seperti yang diuraikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Persyaratan air umpan boiler

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
Ph	Unit	10.5-11.5
Conductivity	$\mu\text{mhos/cm}$	5000 max
TDS	Ppm	3500 max
P-Alkalinity	Ppm	-
M-Alkalinity	Ppm	800 max
O-Alkalinity	Ppm	2.5xSiO ₂ ,min
T.Hardness	Ppm	-
Silica	Ppm	150 max
Besi	Ppm	2 max
Phosphat residual	Ppm	20-50
Sulfite residual	Ppm	20-50
PHcondensate	<u>Unit</u>	8.0-9.0

(Sumber: PT. Nalco Indonesia)

Persyaratan kualitas air boiler menurut *American Boiler Manufacturer's Association* (ABMA) dan ASME pada tabel berikut.

Tabel 2.2 Persyaratan Kualitas Air Boiler (ABMA)

Tekanan (psig)	Total Solids (ppm)	Total alk alinitas(ppm)	Suspended solid (ppm)	Silica (ppm)	Konduktivitas Micro.ohm/cm
0-300	3.500	700	300	150	7.000
301-450	3.000	600	250	90	6.000
451-600	2.500	500	150	40	5.000
601-750	2.000	400	100	30	4.000
751-900	1.500	300	60	20	3.000
901-1000	1.250	250	40	8	2.000
1.001-1.500	1.000	200	21	2	150

(Sumber : PullmanKellogs(1980))

Air kondensate biasanya dikembalikan lagi ke tangki umpan untuk menghemat pemakaian air, tetapi kualitas air kondensate tersebut harus memenuhi persyaratan seperti tabel berikut.

Tabel 2.3 Persyaratan Air Kondensate

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Konduktivitas	mg/l	30
2	Total dissolved solid	mg/l	5
3	Total solid Suspended solid	mg/l	0.5
4	Total silica	mg/l	0.05
5	Total besi	mg/l	0.1
6	Total copper	mg/l	0.02

7	CO ₂	mg/l	1
8	Chloride	mg/l	0.01
9	Organic	mg/l	0.01

(Sumber : PullmanKellogs(1980))

Tabel 2.4 Konsentrasi Air Boiler

Konsentrasi Air Boiler Maksimum yang direkomendasikan oleh gabungan produsen Boiler Amerika	
Tekanan steam pada Boiler (ata)	Konsentrasi Air Boiler Maksimum (ppm)
0-20	3.500
20-30	3.000
30-40	2.500
40-50	2.000
50-60	1.500
60-70	1.250
70-100	1.000

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

Rekomendasi untuk Boiler dan Kualitas Air Umpan

Kotoran yang ditemukan dalam boiler tergantung pada kualitas air umpan yang tidak diolah, proses pengolahan yang digunakan dalam prosedur pengoperasian boiler. Sebagai aturan umum, semakin tinggi tekanan operasi boiler akan semakin besar sensitifitas terhadap kotoran.

Tabel 2.5 Rekomendasi batas air umpan (ISI0392,1982)

REKOMENDASI BATAS AIR UMPAN (ISI0392,1982)			
Faktor	Hingga 20 kg/cm ²	21-39 kg/cm ²	40-59 kg/cm ²
Total besi (maks)ppm	0,05	0,02	0,01
Total tembaga (maks)ppm	0,01	0,01	0,01
Total silika (maks)ppm	1	0,3	0,1
Oksigen(maks)ppm	0,02	0,02	0,01
Residu hidrasin ppm	-	-	-0,06
pH pada 25°C	8,8-9,2	8,8-9,2	8,2-9,2
Kesadahan, ppm	1	0,5	-

REKOMENDASI BATAS AIR UMPAN (ISI0392,1982)			
Faktor	Hingga 20 kg/cm ²	21-39 kg/cm ²	40-59 kg/cm ²
TDS,ppm	3.000-3.500	1.500-2.500	500-1.500
Total padatan besi terlarut ppm	500	200	150
Konduktivitas listrik spesifik pada 25oC (mho)	1.000	400	300

Residu fosfat	20-40	20-40	15-25
pH pada 25O _c	10-10,5	10-10,5	9,8-10,2
Silika (maks) ppm	25	15	10

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

2.7 Akibat Air Umpan Boiler yang Tidak Memenuhi Baku Mutu

Ketidaksesuaian kriteria air umpan boiler akan mempengaruhi berbagai hal, misalnya :

2.7.1 Korosi

Peristiwa korosi adalah peristiwa elektrokimia, dimana logam berubah menjadi bentuk asalnya akibat dari oksidasi yang disebabkan berikatannya oksigen dengan logam, atau kerugian logam disebabkan oleh akibat beberapa kimia.

Penyebab korosi Boiler :

- Oksigen Terlarut
- Alkalinity (Korosi pH tinggi pada boiler tekanan tinggi)
- Karbon dioksida (Korosi asam karbonat pada jalur kondensate)
- Korosi khelate (EDTA sebagai pengolahan pencegah kerak)

Akibat dari peristiwa korosi adalah penipisan dinding pada permukaan boiler sehingga dapat menyebabkan pipa pecah atau bocor.

2.7.2 Kerak

Pengkerakan pada sistem boiler disebabkan oleh:

- Pengendapan hardness *feedwater* dan mineral lainnya
- Kejenuhan berlebih dari partikel pada terlarut (TDS) mengakibatkan tegangan permukaan tinggi dan gelembung sulit pecah

- Kerak boiler yang lazim: CaCO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, MgSiO_2 , $\text{Fe}_2(\text{CO}_3)_3$, FePO_4

2.7.3 Endapan

Pembekuan material non mineral pada boiler, umumnya berasal dari :

- Oksida besi sebagai produk korosi
- Material organik (kotoran-bio,minyak dan getah), boiler bersifat alkalinity jika terkena gliserida makan akan terjadi reaksi penyabunan.
- Partikel padat tersuspensi dari feedwater (tanah endapan dan pasir)

Dari peristiwa-peristiwa ini mengakibatkan terbentuknya deposit pada pipa superheater, menyebabkan peristiwa overheating dan pecahannya pipa, terbentuknya deposit pada sirip turbin, menyebabkan turunnya efisiensi.

2.8 Pengolahan Air Umpan Boiler

Untuk mencegah terjadinya masalah-masalah yang timbul pada boiler , maka air umpan (contohnya air sungai) yang akan digunakan sebelum masuk boiler, harus diolah terlebih dahulu, pengolahan air ini meliputi :

2.8.1 Pengolahan Eksternal

Pengolahan eksternal digunakan untuk membuang padatan tersuspensi, padatan terlarut (terutama ion kalsium dan magnesium yang merupakan penyebab utama pembentukan kerak) dan gas-gas terlarut (oksigen dan karbon dioksida)

Proses perlakuan eksternal yang ada adalah :

- Pertukaran ion
- De-aerasi (mekanis dan kimia)
- Osmosis balik
- Penghilangan mineral atau demineralisasi

Sebelum digunakan cara diatas, perlu membuang padatan dan warna dari bahan baku air, sebab bahan tersebut dapat mengotori resin yang di gunakan pada bagian pengolahan berikutnya.

Metode pengolahan awal adalah sedimentasi sederhana dalam tanki pengendapan atau pengendapan dalam *clarifier* dengan bantuan *koagulan* dan *flokulan*. Penyaring pasir bertekanan, dengan aerasi untuk menghilangkan karbon dioksida dan besi, dapat digunakan untuk menghilangkan garam-garam logam dari air sungai. Tahap pertama pengolahan adalah menghilangkan garam sadah dan garam non-sadah. Penghilangan yang hanya garam sadah disebut pelunakan, sedangkan penghilangan total garam dari larutan disebut penghilang mineral atau demineralisasi.

2.9 De-aerator

adalah perangkat yang banyak digunakan untuk menghilangkan kandungan oksigen dan gas-gas terlarut lainnya dari feedwater yang masuk ke steam generator (boiler). Pada umumnya, oksigen terlarut dalam feedwater boiler akan menyebabkan kerusakan korosi yang serius dalam steam generation system yang bereaksi ke dinding pipa dan peralatan logam lainnya sehingga membentuk oksida (karat). Kandungan CO₂ yang bereaksi dengan H₂O akan membentuk asam karbonat yang akan menyebabkan tingkat korosi lebih lanjut. Sebagian besar de-aerator dirancang untuk menghilangkan oksigen ke tingkat 7 ppb berat (0,005 cm³/L). Metode deaerasi ini dapat di bagi menjadi

dua bagian,yaitu : Metode dengan sistem pemanasan adalah proses pemisahan yang dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanik yang telah dirancang sedemikian rupa yang digunakan untuk proses kerja sesuai dengan yang diinginkan. Prinsip dasar dari deaerasi dengan sistem pemanasan adalah apabila temperatur dinaikkan pada air maka kelarutan dari gas-gas akan berkurang atau turun. Jadi syarat-syarat terjadi deaerasi secara maksimal itu sangat tergantung pada temperatur.Jika temperatur tidak sesuai dengan yang seharusnya, maka deaerasi tersebut tidak berjalan baik. Metode dengan system penambahan zat kimia (perlakuan kimia) Deaerasi dengan system penambahan zat kimia adalah dengan cara memasukkan larutan kimia dalam air.

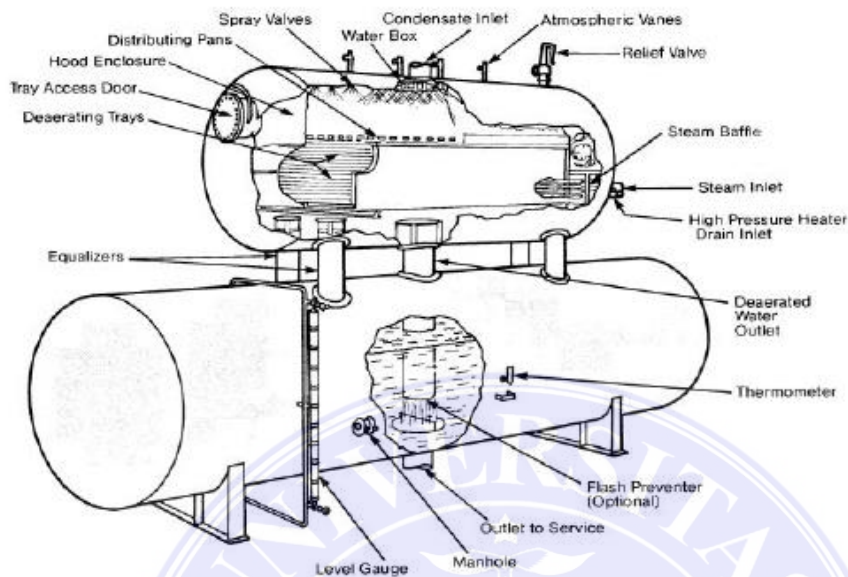
De-aerator adalah alat yang berkerja untuk membuang gas-gas yang terkandung dalam air ketel, sesudah memlalui proses pemurnian air (water treatment). Selain itu de-aerator juga berfungsi sebagai pemanas awal air pengisi ketel sebelum dimasukkan kedalam boiler. De-aerator bekerja berdasarkan sifat dari oksigen yang kelarutannya pada air akan berkurang dengan adanya kenaikan suhu. De-aerator terdiri dari dua drum dimana drum yang lebih kecil merupakan tempat pemanasan pendahuluan dan pembuangan gas-gas dari bahan air ketel, sedangkan drum yang lebih besar adalah merupakan tempat penampung bahan air ketel yang jatuh dari drum yang lebih kecil di atasnya. Pada drum yang lebih kecil terdapat spray nozzle yang berfungsi untuk menyemprot bahan air ketel menjadi butiran-butiran air halus agar proses pemanasan dan pembuangan gas-gas dari bahan air ketel lebih sempurna. Juga pada drum yang lebi kecil disediakan satu saluran vent agar gas-gas dapat terbang (bersama steam) ke atmosfer. Jika de-aerator tidak dapat bekerja dengan baik, dapat berpengaruh buruk terhadap sistem

air umpan, sistem kondensat, dan juga akan menaikkan pemakaian bahan kimia. Untuk mencapai efisiensi de-aerator yang baik ada beberapa hal yang harus diperhatikan:

- Pertahankan suhu dan tekanan yang setinggi mungkin sesuai dengan rancangan
- Pastikan steam/uap keluar/venting dari de-aerator bahwa oksigen dan gas-gas yang tidak terkondensasi ikut keluar
- Lakukan inspeksi bagian dalam de-aerator untuk memastikan semua komponen tidak mengalami kerusakan

Bagian-bagian utama de-aerator:

Untuk menunjang kerja de-aerator, maka pada de-aerator tersebut perlu dilengkapi dengan instrumen pengukuran, yang berguna untuk me-monitoring operasi atau kerja dari de-aerator itu sendiri. Gambar di bawah ini menunjukkan tentang bagian-bagian utama dari de-aerator dan beberapa instrumen pengukuran yang melengkapinya.

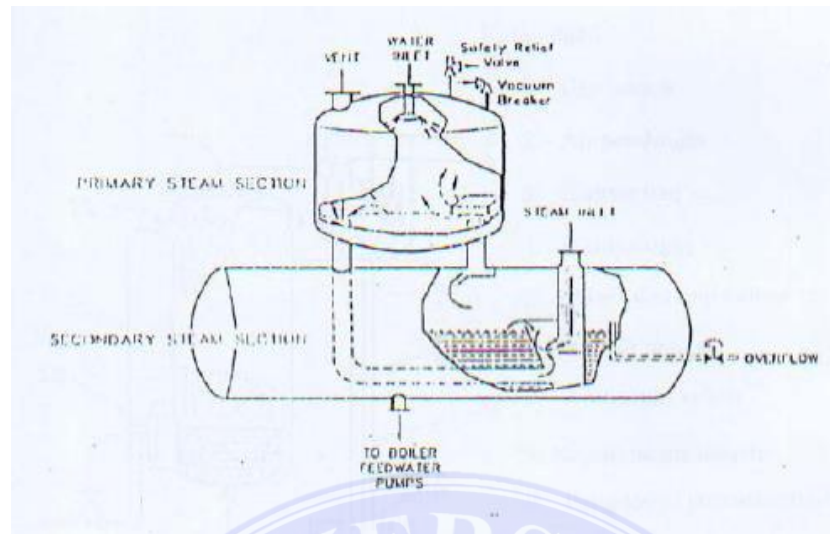


Gambar 2.1 : Komponen de-aertor

2.10 Jenis-jenis de-aerator

- De-aerator tipe spray

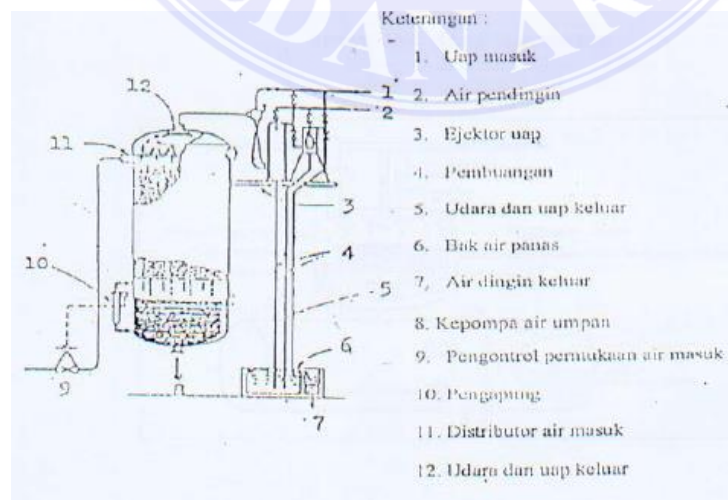
De-aerator ini digunakan apabila air umpan perlu dipanaskan lebih dahulu dengan menggunakan uap sebagai media pemanas. Seperti gambar di bawah ini, uap yang masuk ke dalam de-aerator aliran memecahkan air menjadi serpihan-serpihan kecil yang mengakibatkan gas-gas yang larut dalam air di paksa keluar sehingga konsentrasi oksigen dalam air turun.



Gambar 2.2 : Deaerator tipe spray

- De-aerator tipe vakum

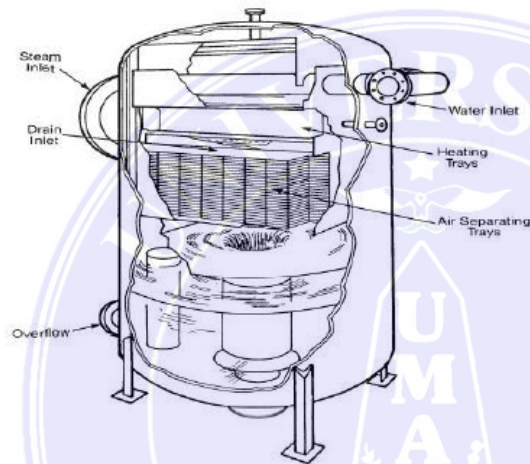
Mekanisme kerja de-aerator vakum adalah gas-gas yang larut dalam air dihilangkan dengan mempergunakan ejector uap atau dengan pompa vakum, untuk memperoleh vakum yang diperlukan, mekanisme de-aerator dapat dilihat pada gambar. Besarnya vakum tergantung pada suhu air, akan tetapi biasanya 730 mmHg.



Gambar 2.3 : Deaerator tipe vakum

- De-aerator tipe tray

Pada deaerator tipe tray seperti yang terlihat pada gambar di bawah memaksimalkan sekat-sekat (tray) sebagai media untuk memperbesar ruang jatuh dari pada air sehingga molekul-molekul air akan saling terpisah satu dengan yang lainnya. Jadi tray pada deaerator jenis ini adalah untuk memaksa molekul air untuk menyebar sehingga mempermudah pelepasan udara.



Gambar 2.3 : Deaerator tipe tray

LIMIT KONTROL AIR BOILER

PARAMETER	LIMIT	KONTROL
pH	10,5 – 11,5	Diatur dengan BL 1301+
Conductivity (uS/cm)	3500 max	Blowdown, jika over limit
Hydrate Alkalinity (ppm CaCO ₃)	2,5 x Silica	Diatur dengan BL 1301+
Total Alkalinity (ppm CaCO ₃)	700 max	Blowdown, jika over limit
Total Hardness (ppm CaCO ₃)	Trace	Blowdown, jika over limit
Besi (ppm Fe)	1,0 max	Blowdown, jika over limit
Chloride (ppm Cl ⁻)	300 max	Blowdown, jika over limit
Silica (ppm SiO ₂)	150 max	Blowdown, jika over limit
Phosphate (ppm PO ₄)	15-25	Diatur dengan BL 171, 141
Sulphite (ppm as SO ₃)	30-50	Diatur dengan BL 120+

Gambar 2.4 Limit Kontrol Air Boiler

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

PARAMETER PEMANTAUAN KUALITAS AIR

NO	Sampel	Batasan Parameter					
		Konductivity (μS)	pH	SiO ₂ (ppm)	PO ₄ (ppm)	N ₂ H ₄ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)
1	Condensate Water	<10	9,2- 9,5	<0,02	-	-	≈0
2	Feed Water	<10	9,2- 9,5	<0,02	-	0,01-0,03	-
3	Boiler Water	<10	9,0- 9,5	< 0,185	0,3-1	-	<0,5
4	Steam Drum	<10	9,2- 9,5	≈0	-	-	<0,01

Gambar 2.5 Parameter Pemantauan Kualitas Air

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

2.10 Pengolahan Air Untuk Boiler (Ketel Uap)

Uap (steam) sangat berperan penting dalam proses untuk menggerakkan mesin-mesin bertenaga uap dan pemanas awal. Sebuah ketel uap (boiler) digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan pertolongan panas. Ditinjau dari tenaga termis (panas) yang di dapat dengan pembakaran bahan bakar, ketel uap termasuk eksternal combustion engine, yaitu pesawat tenaga dimana pembakaran bahan bakar dilakukan diluar pesawat (mesin uap) itu sendiri.

Uap yang dihasilkan mempunyai tenaga termis, tenaga potensial dan tenaga kinetis yang dimanfaatkan sebagai berikut :

- a) Tenaga termis yang dikandung uap dapat langsung digunakan sebagai bahan pemanas pada proses industri.
- b) Tenaga potensial dari uap diubah menjadi tenaga mekanik dengan mesin uap untuk selanjutnya diperoleh tenaga mekanik.
- c) Tenaga kinetis dari uap diubah menjadi tenaga putar dengan suatu turbin uap.

Selanjutnya dapat di gunakan untuk membangkitkan tenaga listrik.

2.11 Ketel Uap

Ketel uap adalah suatu pesawat yang digunakan untuk mengubah air yang ada didalamnya menjadi uap dengan cara dipanaskan. Dengan adanya bahan perantara air tersebut, maka di dalam ketel uap harus ada ruang atau tempat air. Uap yang dibentuk di dalam ketel mempunyai tekanan yang lebih besar daripada tekanan udara luar, maka ketel

harus mampu menahan tekanan uap tersebut. Kekuatan ketel uap tergantung dari bentuk dan bahannya. Bentuk yang lebih kuat untuk menahan tekanan yang lebih besar dari dalam adalah bentuk bulat cembung dan silinder sebab dengan bentuk semacam itu sukar berubah bentuknya yang disebabkan oleh tekanan dari dalam. Tetapi bentuk bulat cembung ini tidak digunakan untuk ketel uap karena konstruksinya yang sulit untuk dikerjakan. Oleh karena itu pada umumnya ketel uap dibuat dalam bentuk silinder. Bahan untuk ketel uap harus baik karena disamping harus menahan tekanan yang tinggi juga harus tahan pada suhu yang tinggi. Biasanya digunakan baja Siemens-Martin yang liat dan mudah dikerjakan.

2.12 Air Pengisi ketel

2.12.1 Sumber-sumber air pengisi ketel

Macam-macam air yang dapat digunakan sebagai air pengisi ketel adalah air sumur dan air kondensate. Air kondensate sudah murni sehingga tidak perlu mengalami pengolahan yang khusus, sedangkan untuk air yang berasal dari sumur perlu mendapat pengolahan terlebih dahulu.

2.12.2 Syarat air pengisi ketel

Pada dasarnya air yang akan digunakan, terutama yang digunakan sebagai air pengisi ketel, harus memenuhi syarat. Air yang berasal dari alam (sungai dan tanah) tidak ada yang dalam keadaan murni, biasanya terdapat kotoran, antara lain:

a. Zat tersuspensi, seperti lumpur dan tanah liat. Biasanya dihilangkan dengan penyaringan.

b. Zat terlarut, seperti garam-garam mineral (garam magnesium, kalsium dan lain-lain).

Tabel 2.6 syarat air pengisi ketel dan air ketel

Spesifikasi air	Pengisi ketel	Air ketel
Kesadahan	<0,1 OD	<0,1 OD
pH	7,5-8,0	10,0-10,8
TDS	Tidak nyata	Max 1500
Palkali	50 ppm	300 ppm
M Alkali	100 ppm	500 ppm
Chlorine	Tidak nyata	Max 70 ppm
Sulfit	30 ppm	Max 60 ppm
Oksigen	Tidak nyata	
Silikat	Tidak nyata	
Fe		Tidak nyata
P205		Max 30 ppm

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

Air alam yang digunakan untuk pengisian ketel uap pada umumnya mengandung

bahan-bahan padat pada gas-gas terlarut pada air sehingga, terjadinya pembentukan kerak

di dalam ketel, terjadinya pembentukan buih dan pecikan yang menyebabkan korosi. Untuk menghilangkan gangguan-gangguan pada air pengisi adalah sangat penting, dalam hal untuk menganalisis setiap air yang akan digunakan sebagai pengisi ketel dan menentukan setiap sifat dari air dan menentukan cara terbaik adalah sistem pengolahannya.

2.12.3 Pembentukan busa

Pembentukan

busa adalah peristiwa pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam drum boiler. Penyebab timbulnya busa adalah adanya kontaminasi oleh zat-zat kimia yang ada dalam air ketel tidak terkontrol dengan baik. Busa dapat mempersempit ruang pelepasan uap panas dan dapat menyebabkan terbawa nya air serta kotor-kotoran bersama-sama uap air. Kerugian yang bisa ditimbulkan adalah terjadinya endapan dan korosi pada logam-logam dalam sistem ketel.

2.14 Pengolahan Air Umpan Ketel

Pengolahan air umpan ketel agar memenuhi syarat yang telah ditetapkan tentunya sangat tergantung pada jenis bahan bakunya. Rangkaian peralatan untuk pengolahan berturut-turut yaitu aerator, iron removal, filter, tangki air terfilter, demineralizer, tangki air demin, deaerator. Disamping itu juga disediakan alat polisher untuk menghilangkan kandungan logam berat yang mungkin terikat pada air kondensat sebelum digunakan sebagai umpan ketel.

2.14.1 Pengolahan Air Ketel Dengan Penambahan Bahan-Bahan Kimia Bereaksi

dengan kesadahan dan kandungan silika air umpan dan mencegah pengendapan pada permukaan logam ketel sebagai kerak. Ion-ion kalsium dapat diendapkan dalam bentuk kalsium hidrolik apatit ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$) dan kalsium karbonat (CaCO_3), dan ion-ion magnesium dan silika diendapkan dalam bentuk serpentin ($2\text{MgSiO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), magnesium silika (MgSiO_2) dan magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Penggunaan bahan-bahan kimia khusus untuk mengendalikan pembentukan kerak (*chealting agents*) merupakan alternatif lain yang dapat dilakukan.

Menjadikan zat-zat tersuspensi seperti lumpur, kesadahan dan besi oksida menjadi suatu masa yang tidak melekat pada logam ketel. Pengaturan sifat lumpur agar tidak melekat pada logam ketel dilakukan dengan penggunaan bermacam-macam bahan organik yang termasuk golongan tannin, lignin, atau alginat. Bahan-bahan organik ini perlu dipilih dan diproses sedemikian rupa sehingga efektif dan stabil pada tenan operasi ketel. Pengeluaran lumpur pada ketel dilakukan dengan cara *blow down*.

Menyediakan perlindungan anti busa untuk memungkinkan pemekatan padatan terlarut dan tersuspensi dalam air ketel sampai taraf tertentu tanpa terjadi *carry-over*. Pembentukan *carry-over* dapat terjadi akibat desain ketel yang kurang baik, alat pemisah steam dan air yang tidak efektif atau akibat level air yang tinggi. Busa dapat terbentuk akibat adanya padatan yang terlarut atau tersuspensi dalam air, alkalinitas atau akibat masuknya material yang dapat merangsang pembentukan busa seperti kondensat steam yang terkontaminasi oleh minyak.

Penggunaan senyawa-senyawa pencegah pembentukan busa (*anti foam ageants*) seperti *polyglisol*, dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ini, akan tetapi cara yang lebih ekonomis adalah dengan melakukan pengolahan air yang baik, peningkatan *blowdown* dari ketel dan menghilangkan senyawa yang dapat membantu pembentukan busa dari kondensat steam yang didaur ulang (*recycle*).

Menghilangkan oksigen dari air dan menyediakan alkalinitas yang cukup untuk mencegah korosi ketel. Sejumlah oksigen dapat terbawa dalam air umpan ketel meskipun sudah melewati tahap dearasi. Kandungan oksigen ini harus dihilangkan untuk mencegah terjadinya korosi. Bahan kimia untuk menghilangkan oksigen (chemical oxygen scavenger) yang biasanya digunakan adalah natrium sulfit dan hidrazin. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut $2 \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \sim 2\text{Na}_2\text{SO}_4$ / $\text{N}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \sim 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$ Natrium sulfit digunakan pada proses karena alasan-alasan seperti mempunyai kecepatan reaksi yang cepat pada suhu rendah, mudah diumpankan dan sisa yang tidak bereaksi dapat dianalisa dengan mudah. Hidrazin dapat digunakan untuk menghilangkan oksigen tanpa menambah jumlah kandungan padatan terlarut atau padatan tersuspensi. Selain tujuan diatas, penambahan bahan-bahan kimia juga dapat mencegah korosi dan pembentukan kerak pada sistem air umpan serta memberikan perlindungan korosi dalam sistem kondensat uap. Penambahan soda kaustik, soda abu atau campuran senyawa-senyawa fosfat dapat dilakukan untuk mengatasi alkalinitas air yang terlalu rendah (Budiyono&Siswo Sumardiono, 2013)

2.15 Funsu Ketel Uap

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 21/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)21/6/22

Ketel uap berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi kimia (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas. Ketel uap terdiri dari dua komponen utama, yaitu:

- Dapur, sebagai alat untuk mengubah energi kimia menjadi energi panas.
- Alat penguap (evaporator) yang mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap (energi panas).

Kedua komponen tersebut di atas telah dapat untuk memungkinkan sebuah ketel uap untuk berfungsi.

Komponen lainnya adalah :

- Corong asap dengan sistem tarikan gas asapnya, memungkinkan dapur berfungsi secara efektif.
- Sistem pemipaan, seperti pipa-pipa api, pada ketel pipa api, pipa-pipa air, pada ketel pipa air, memungkinkan sistem penghantaran kalor yang efektif antara nyala api atau gas panas dengan air ketel.
- Sistem pemanas uap lanjut, sistem pemanas udara pembakaran serta sistem pemanas air pengisi ketel, berfungsi sebagai alat untuk menaikkan efisiensi ketel. Supaya ketel uap beroperasi dengan aman, perlu adanya sistem pengamanan yang disebut appendasi. (Muin, 2015)

2.16 Masalah Pada Boiler

Air yang digunakan pada boiler yang kurang memenuhi standar yang ditentukan akan menimbulkan masalah-masalah sebagai berikut: Pembentukan deposit, disebabkan oleh adanya zat padat tersuspensi yang terdapat pada air umpan boiler dan juga disebabkan oleh kontaminasi uap dari hasil produksi. Dimana pencegahan deposit ini dapat dilakukan dengan meminimalkan masuknya zat-zat tersuspensi yang terdapat pada air umpan boiler. Pembentukan kerak yakni dapat pula disebabkan oleh ion-ion kesadahan yang terdapat pada air umpan boiler, dimana pembentukan kerak ini dapat ditanggulangi dengan mengurangi ion-ion kesadahan pada air boiler dan menggunakan blow down secara teratur jumlahnya. Pembentukan korosi yakni dapat disebabkan karena terjadinya peristiwa pembentukan kembali logam-logam yang menyebabkan korosi dan mengatur pH dan alkalinitas pada air boiler (Pusdiklat PT. Perkebunan Nusantara III. 2005).

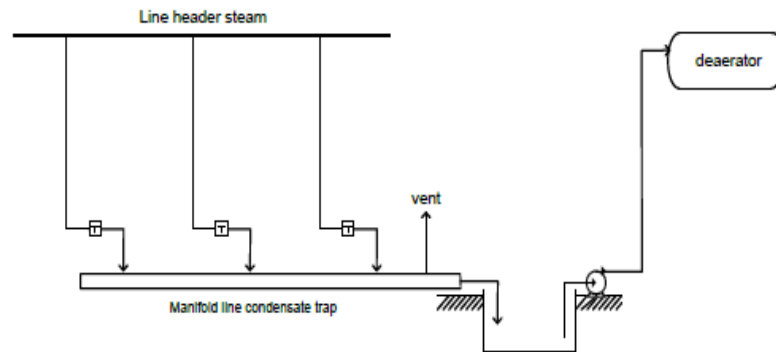
Tabel 2.7 Baku mutu air umpan boiler

Parameter	Satuan	Ukuran
pH	Unit	10,5-11,5
Conductivity	Ymhos/cm	5000 max
TDS	Ppm	3500 max
P-Alkalinity	Ppm	-

M-Alkalinity	Ppm	800 max
O-Alkalinity	Ppm	2,5 x SiO ₂ min
T-Hardness	Ppm	-
Silica	Ppm	150 max
Besi	Ppm	2,5 max
Phospat residual	Ppm	-
SulpHite residual	Ppm	20,5
pH Condensate	Unit	8,0-9,0

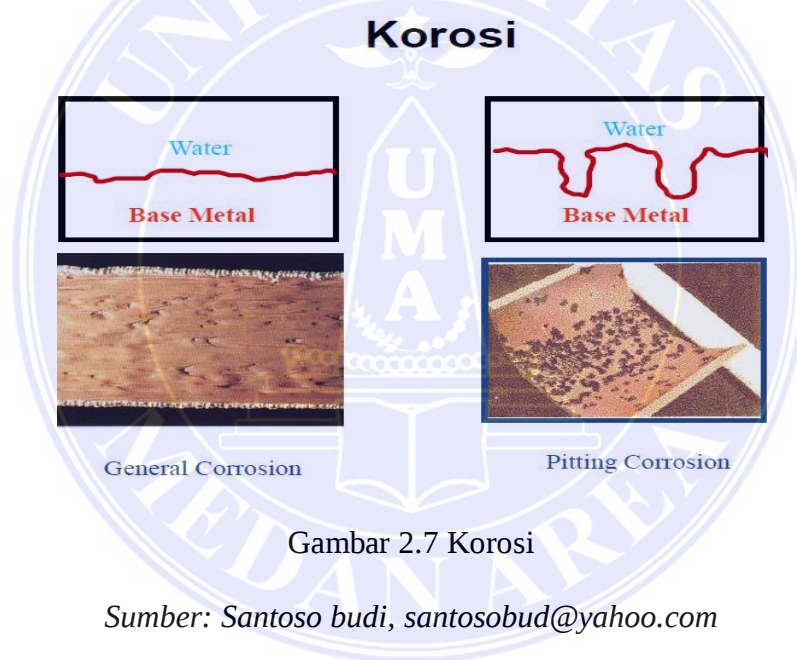
Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

Harga pH pada air umpan boiler dan air pendingin penting untuk diperhatikan untuk mencegah terjadinya korosi. Terdapat hubungan antara pH dan laju terjadinya korosi pada bahan konstruksi dari logam mid steel yang menunjukkan adanya kecendrungan menurunnya korosi dengan naiknya harga pH. Namun pada bahan konstruksi dari logam Cu terjadi sebaliknya, yaitu kecendrungan laju korosi menaik dengan menaikkan harga pH diatas 9.

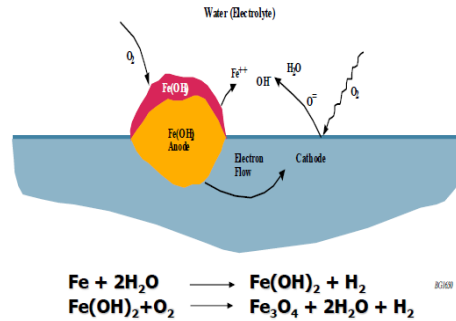


Gambar 2.6 Modifikasi pemanfaatan *steam condensate*

PT. Pusri, 1992. Isometric diagram ammonia plant PIB



2.17 Proses Korosi



- Reaksi terjadi apabila terdapat oksigen
- Temperatur air boiler yang tinggi mempercepat laju korosi
- Conductivity air boiler yang tinggi mempercepat reaksi

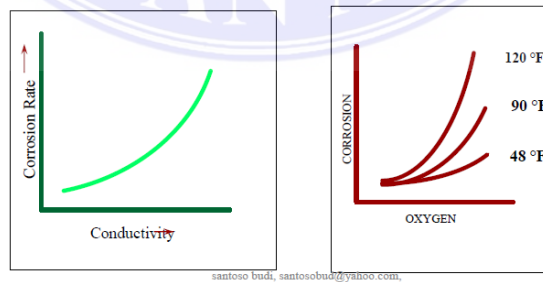
Gambar 2.8 Proses Korosi

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

2.18 Faktor-Faktor Korosi

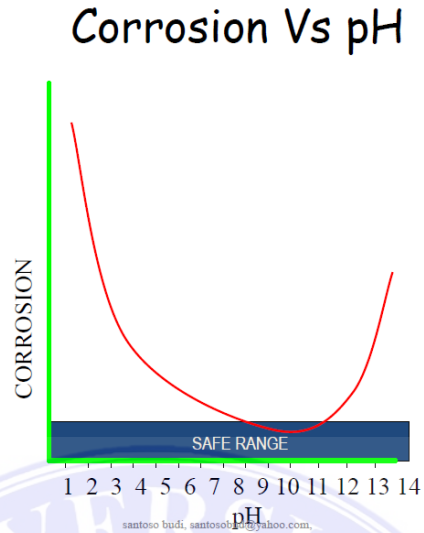
- Oksigen terlarut
- Temperature
- Conductivity / TDS
- pH
- Erosi

Pengaruh Conductivity, Temperatur, Oxygen



Gambar 2.9 Pengaruh Conductivity, Temperatur, oxygen

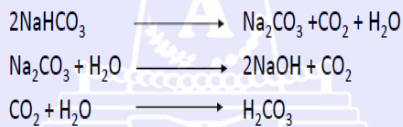
Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com



Gambar 2.10 Korosi pada aliran kondensat

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

Disebabkan oleh dekomposisi thermal bicarbonate dan carbonate pada air boiler



2.19 Efek dari korosi

1. Kerusakan pada boiler tube & drum
2. Kerusakan pada sistem after boiler
3. Transportasi & akumulasi produksi korosi dalam boiler
4. Biaya reparasi dan perawatan tinggi
5. Unscheduled shut down

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu pelaksanaan

3.1.1 Tempat penelitian

Tempat pelaksanaan dan pengujian dilakukan di pabrik PT. Perkebunan Lembah Bhakti Astra Agro Lestari, aceh singkil.

3.1.2 Waktu penelitian

Waktu penelitian di mulai dari persetujuan judul skripsi yang diberikan oleh ketua program studi, pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu						
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Penyusunan tugas akhir				Puasa & Idul fitri			
2	Pengajuan judul tugas akhir							
3	Menganalisa pemanas air umpan							

4	Seminar proposal							
5	Pengambilan data							
6	Penyusunan data hasil analisa							
7	Seminar Hasil							

3.2 Bahan dan alat

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan dasar dalam penelitian ini adalah air sungai PT. Perkebunan Lembah Bhakti Astra Agro Lestari,

3.2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang biasa digunakan di laboratorium kimia di pabrik tersebut.

1. pH meter
2. Elektroda kaca ganda
3. Breaker glass
4. De-aerator

3.2.2.1 pH meter

pH meter adalah jenis alat ukur untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan, pada pH meter digital terdapat elektroda khusus yang berfungsi untuk

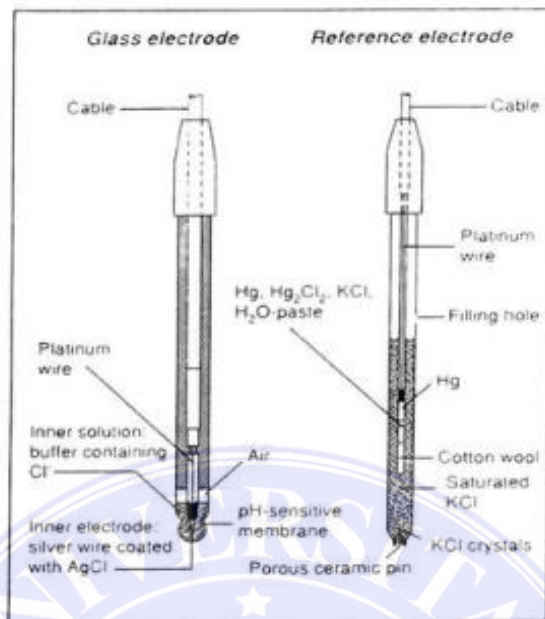
mengukur pH bahan-bahan semi padat, elektroda (probe pengukur) terhubung sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH.



Gambar 3.1 Ph Meter

3.3 Elektroda kaca

Elektroda kaca. Sebuah elektroda kaca adalah jenis elektroda selektif ion terbuat dari kaca doped membran yang sensitif terhadap ion tertentu. Ini adalah bagian penting dari instrumentasi untuk analisis kimia dan fisika-kimia studi. Dalam praktik modern, banyak digunakan membran elektroda selektif ion (ESI, termasuk gelas) adalah bagian dari sebuah sel galvanik. Potensi listrik dari sistem elektroda dalam larutan adalah sensitif terhadap perubahan dalam isi dari jenis tertentu ion, yang tercermin dalam ketergantungan gaya listrik (EMF) dari konsentrasi unsur galvanik ion ini.

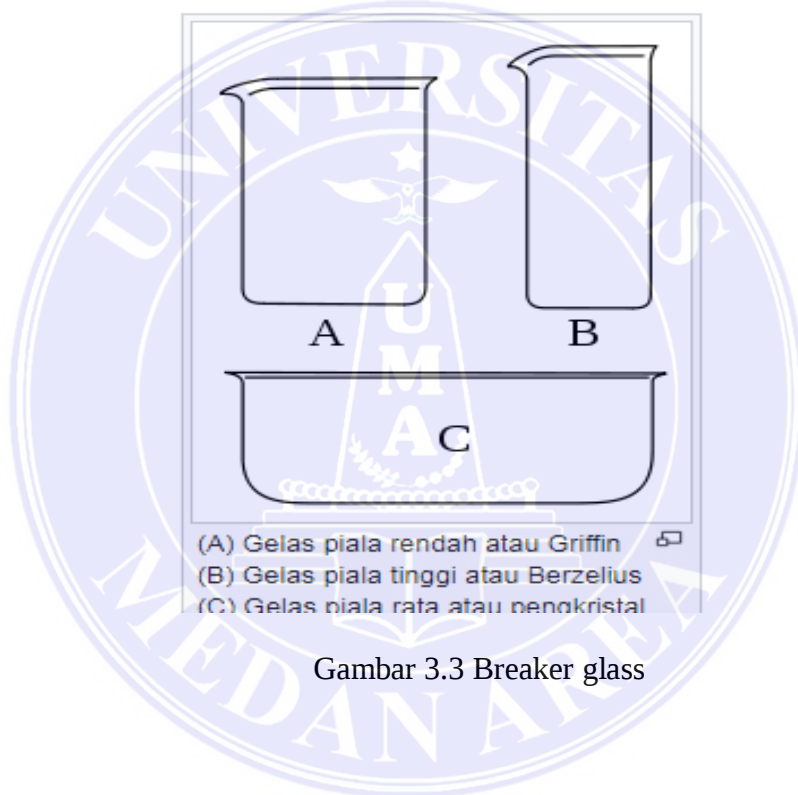


Gambar 3.2 Elektroda Kaca

3.4 Breaker glass

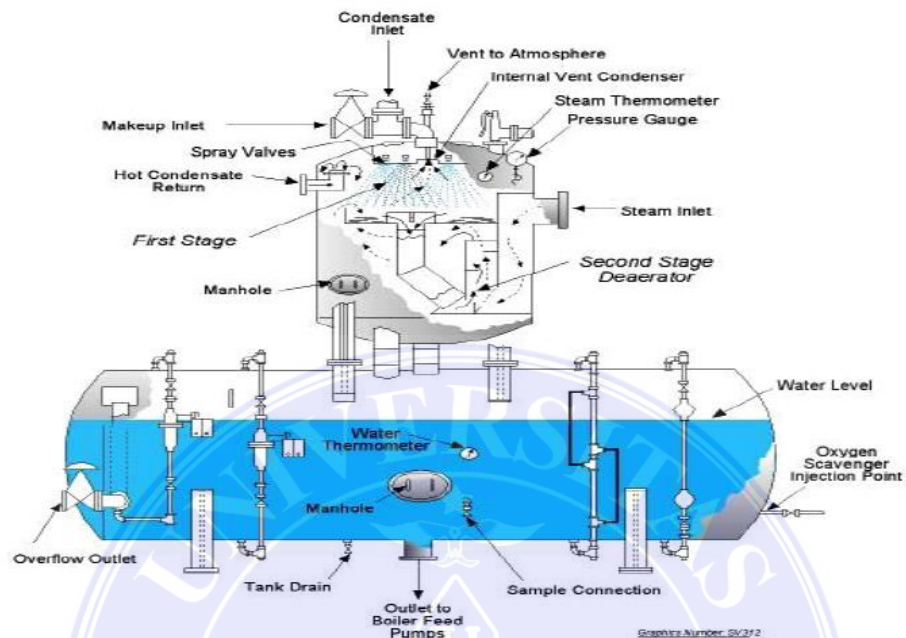
Gelas piala (breaker glass) atau kadang kala disebut sebagai gelas beker adalah sebuah wadah penampung yang digunakan untuk mengaduk, mencampur, dan memanaskan cairan yang biasanya digunakan dalam laboratorium. Gelas piala secara umum terbentuk silinder dengan dasar yang rata dan tersedia dalam berbagai ukuran, mulai dari 1 ml sampai beberapa liter. Gelas piala standar atau bentuk rendah biasanya memiliki tinggi sekitar 1,4 kali diameternya. Bentuk rendah umum dengan cerat dirancang oleh John Joseph Griffin dan karena itu kadang-kadang disebut gelas griffin. Ini adalah bentuk yang paling universal dan di gunakan untuk berbagai tujuan mulai dari menyiapkan larutan dan mendenkantasi cairan supernatan sampai menyimpan cairan buangan sebelum dibuang hingga sebagai wadah untuk melakukan reaksi sederhana. Singkatnya, gelas piala rendah dapat digunakan dalam beberapa cara saat melakukan beragam eksperimen kimia. Gelas

piala bentuk B memiliki tinggi sekitar dua kali diameternya. Ini kadang-kadang disebut breaker Berzelius dan banyak digunakan untuk titrasi. Gelas piala datar C sering disebut pengkristal karena kebanyakan digunakan untuk melakukan kristalisasi, namun juga sering digunakan sebagai wadah untuk penangas. Gelas piala ini biasanya tidak memiliki skala datar.



Gambar 3.3 Breaker glass

3.5 De-aerator

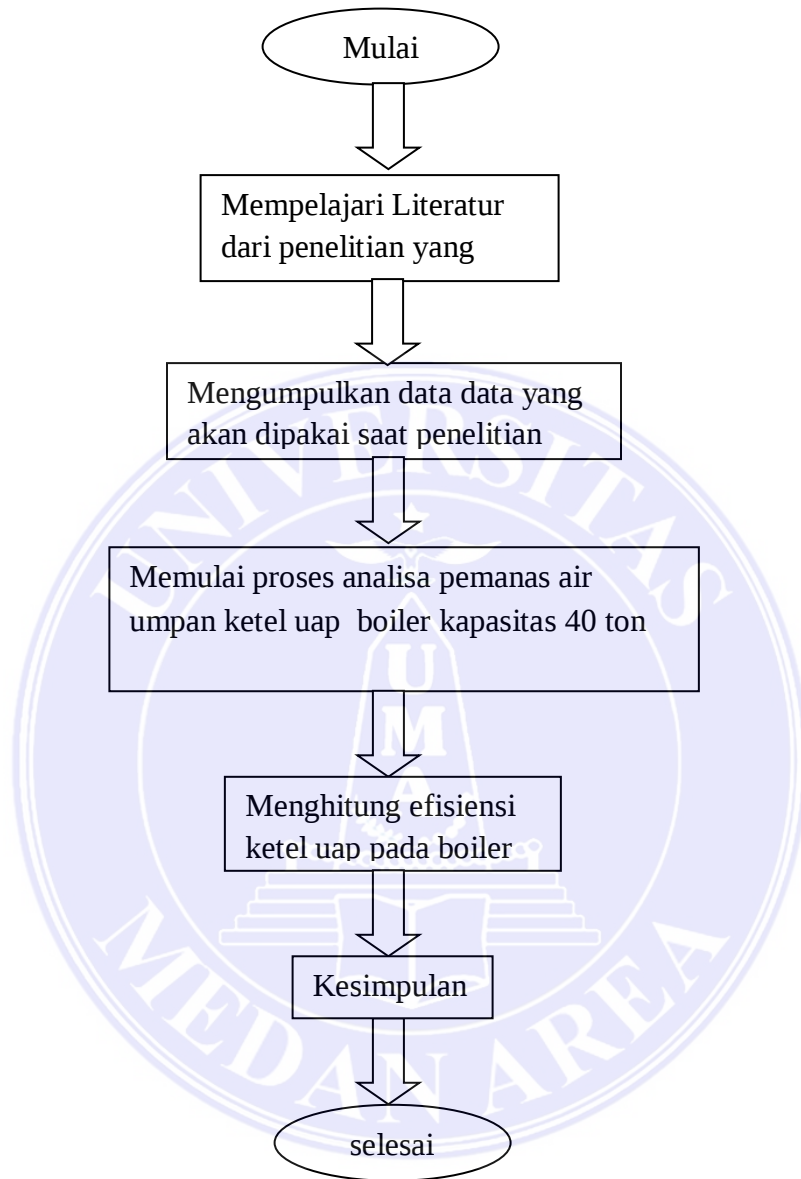


Gambar 3.4 De-aerator (thermal)

Sumber: Santoso budi, santosobud@yahoo.com

Pada *de-aerator* ini, steam yang bertekanan dimasukkan ke dalam drum de-aerator yang mengandung air dan mengaduk air tersebut. Perpindahan panas dari steam ke air lebih tinggi dan membuat air mendidih sehingga lebih banyak mengeluarkan gas-gas yang terlarut dalam air pada sistem *atmospheric de-aerator*.

3.6 Diagram alir penelitian



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari Gambar 4.1 diatas menjelaskan sirkulasi de-aerator bahwa air yang masuk dari feed water tank dialirkan kedalam de-aerator yang memiliki tekanan 0,6 psig dan temperatur 86,0 °F sehingga air mengalami perubahan suhu dan tekanan, kemudian air dialiri melalui pipa yang menuju boiler yang dinamakan air umpan yang mempunyai tekanan -3,6 psig dan temperatur 198,0 °F.

Uap masuk ke dalam de-aerator memiliki tekanan 150,0 psig dengan temperatur 509,0 °F, sehingga uap berventilasi (vented steam) keluar memiliki tekanan -3,6 psig dan mempunyai temperatur 198,0 °F.

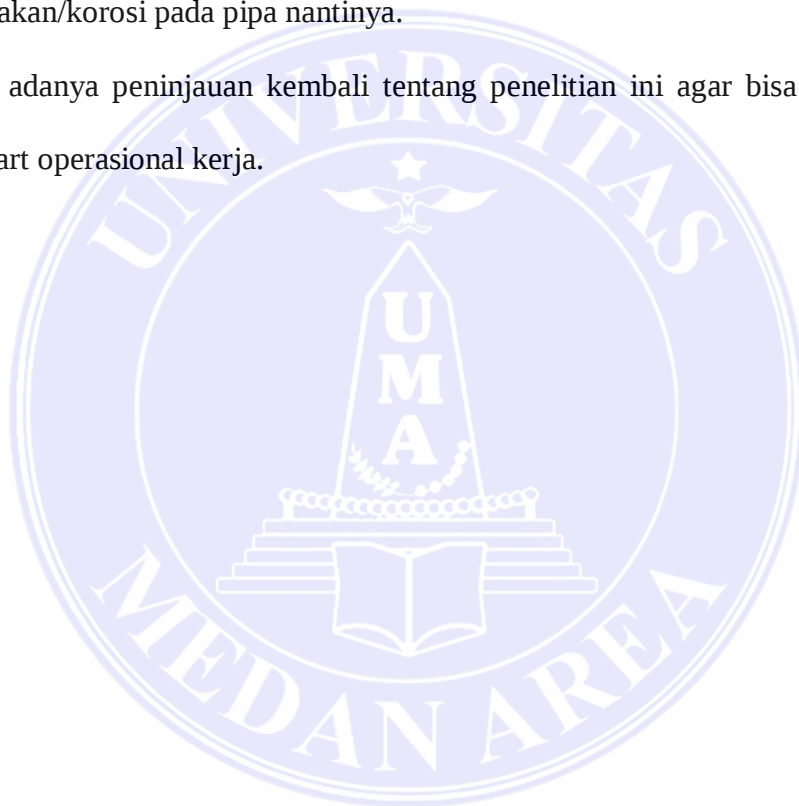
Feed water masuk ke de-aerator dari bagian dome dan kemudian di distribusikan ke rak-rak plat yang berlubang pada bagian bawahnya. Air memasuki plat berlubang tersebut (diantara 5-7 mm) dan turun seperti hujan yang kemudian bersentuhan dengan steam panas yang masuk melalui steam distributor. Sebagai hasil dari pertukaran panas antara steam yang naik dan feed water yang mengalir ke bawah, air mendapat panas yang dapat menaikkan ke titik didih, gas-gas (O₂ dan CO₂) yang terlarut dalam air sehingga berubah ke fase gas, gas-gas ini bersama-sama dengan uap yang tidak terkondensasi akan keluar ke atmosfer melalui vent valve.

Pada de-aerator ini, steam yang bertekanan dimasukkan kedalam drum de-aerator yang mengandung air dan mengaduk air tersebut. Perpindahan panas dari steam ke air lebih

tinggi dan membuat air mendidih sehingga lebih banyak mengeluarkan gas-gas yang terlarut dalam air.

5.2 Saran

- Perlu adanya pengecekan kualitas air secara berkala sehingga mengurangi kerusakan/korosi pada pipa nantinya.
- Perlu adanya peninjauan kembali tentang penelitian ini agar bisa dilakukan secara standart operasional kerja.



DAFTAR PUSTAKA

Budi, S. (2016). *Sirkulasi air pengisi boiler*. Sumatera-Andalas: Modul training boiler .

cyber, B. (2013, september 22). Air umpan boiler.

Fauzian, A. (2012, Juni 28). Deaerator. p. 1.

Muin, I. S. (2015). *pesawat-pesawat konversi energi I (ketel uap)*. Jakarta: CV. RAJAWALI.

niwa, A. (2014, september 4). Pengolahan Air untuk boiler.

