

**ANALISA PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP  
EFISIENSI KETEL UAP DI PABRIK PT. PERKEBUNAN  
LEMBAH BHAKTI ( PLB )**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**PALMANIPA JALUHU  
NPM : 13.813.0006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2019**

**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 11/4/19

Access From (repository.uma.ac.id)

**ANALISA PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP  
EFISIENSI KETEL UAP DI PABRIK PT. PERKEBUNAN  
LEMBAH BHAKTI ( PLB )**

*Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh  
Gelar Strata Satu (S1) Pada Jurusan Teknik Mesin*

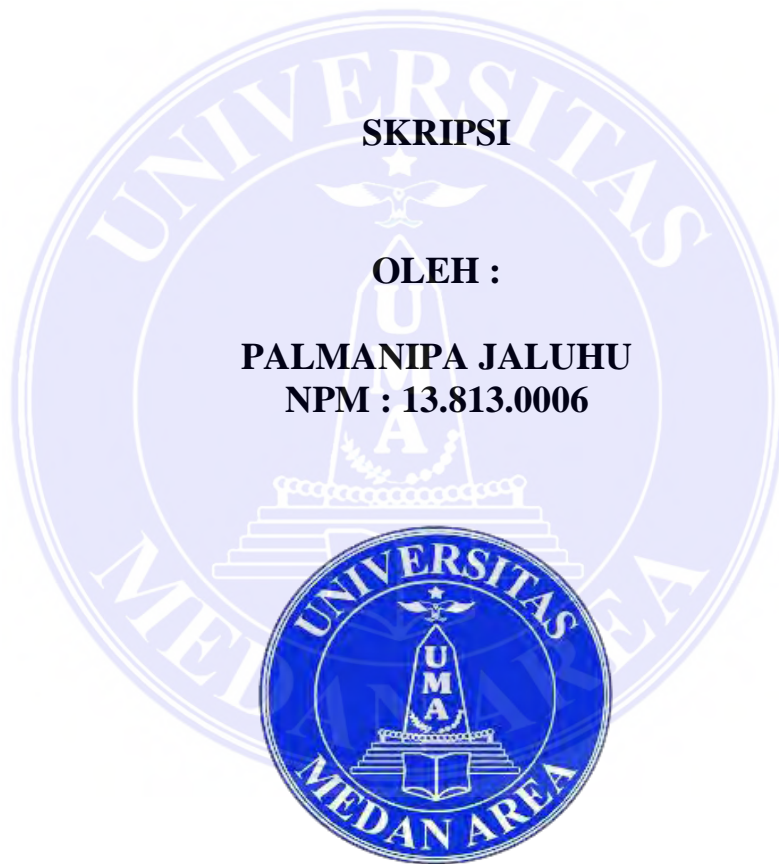
*Fakultas Teknik*

*Universitas Medan Area*

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**PALMANIPA JALUHU  
NPM : 13.813.0006**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2019**

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 11/4/19

Access From (repository.uma.ac.id)

**LEMBAR PENGESAHAN**

**Judul Skripsi** : Analisa Pengaruh Kualitas Air Terhadap Efisiensi  
Ketel Uap di Pabrik PT. Perkebunan Lembah  
Bhakti ( PLB )

**Nama** : PALMANIPA JALUHU

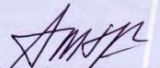
**NPM** : 13.813.0006

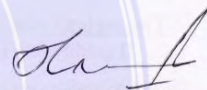
**Fakultas** : Teknik

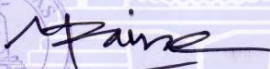
**Jurusan** : Teknik Mesin

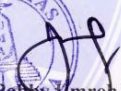
Disetujui Oleh:

Komisi Pembimbing

  
Ir. H. Amir Syam Nst.MT  
Pembimbing I

  
Ir. Husin Ibrahim MT  
Pembimbing II

  
Dr. Faisal Amri Tanjung S.ST, MT  
Dekan

  
Bobo Umroh ST, MT  
Prodi

Tanggal Lulus: 14 Agustus 2019

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : PALMANIPA JALUHU

NPM : 13.813.0006

Tempat Tanggal Lahir : Tinada, 28 maret 1994

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul : “Analisa Pengaruh Kualitas Air Terhadap Efisiensi Ketel Uap di Pabrik PT. Perkebunan Lembah Bhakti ( PLB )” adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya termasuk pencabutan gelar Sarjana Teknik yang nanti saya dapatkan.

Medan, 14 Agustus 2019



Palmanipa Jaluhu  
13.813.0006

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

---

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

Nama : PALMANIAPA JALUHU  
NPM : 13.813.0006  
Program Studi : MESIN  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Eksklusif (Non-exclusive Royalty-free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisa Pengaruh Kualitas Air Terhadap Efisiensi Ketel Uap di Pabrik PT. Perkebunan Lembah Bhakti ( PLB). Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalty Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai hak pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 14 Agustus 2019

Yang menyatakan



Palmanipa Jaluhu

## ABSTRAK

Kebutuhan akan pembangkit energi pada saat ini semakin besar dan semakin luas aplikasinya, selain itu besarnya daya yang di perlukan juga mengalami peningkatan yang signifikan sehingga diperlukan model pembangkit energi yang bisa menjawab atas kebutuhan tersebut. Mesin pembangkit energi yang paling kompleks saat ini adalah ketel uap.

Ketel uap memiliki keistimewaan mampu dioperasikan secara terus menerus pada beban kerja jenuh dan dalam waktu yang lama, sehingga diperlukan langkah-langkah antisipasi terhadap kerusakan atau pun berkurangnya kinerjanya secara tepat.

Salah satu langkah antisipasi kerusakan ketel uap tersebut adalah dengan cara memberikan air umpan yang memiliki kualitas sangat bagus sehingga dampaknya membuat perpindahan dari dapur pembakaran bisa tersalurkan dengan baik tanpa terhalang oleh lapisan kerak dan tidak adanya perusakan logam dinding ketel uap oleh kondisi air ketel uap tersebut.

Oleh sebab itu diperlukan plant pengolah air yang sedemikian rupa dan menggunakan berbagai metode agar bisa didapatkan kualitas air yang murni dan harus selalu diawasi secara periodik dengan menggunakan mini laboratorium untuk menjamin konsistensi kemurnian air umpan ketel uap dimanapun berada.

Dampak yang ditimbulkan dari buruknya kualitas umpan air ketel uap adalah menurunnya kemampuan bahkan bisa menimbulkan meledaknya suatu ketel uap tersebut sehingga menimbulkan kerugian yang sangat besar.

## **ABSTRAC**

*The needed of energy generator at present the greatest and wider application, in addition the amount of power required is also significantly increased so that necessary of energy generator models that could answer the needs. Energy generating machinery which is currently the most complex to day is form of boiler.*

*Boiler has a privilege able to operate continuously at full workload and in the long term, so that the necessary measures in anticipation of damage or reduced performance appropriately.*

*One precaution is damage to the boiler feed water by providing a very good quality so that making effects of head transfer from the boiler can be channeled properly unhindered by crust and the destruction of the metal wall boiler by the boiler water conditions.*

*Therefore it is necessary that the water treatment plant in such a way and use a variety of methods in order to obtain pure water quality and should always be monitored periodically by using a mini laboratory to ensure consistent purity boiler feed water everywhere.*

*The impact of poor quality boiler feed water is the decreased ability could even lead to the explosion of a steam boiler, causing huge losses.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran tuhan yang maha kuasa atas segala karunianya sehingga penulis skripsi ini berhasil di selesaikan, yang berjudul “ANALISA PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP EFISIENSI KETEL UAP DI PABRIK PT. PERKEBUNAN LEMBAH BHAKTI ( PLB ) “. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat akademik dalam menempuh Ujian Sarjana Strata 1 Jurusan Teknik Mesin Di Univesitas Medan Area.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini penulis telah banyak memperoleh bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik UMA.
2. Bapak Bobby umroh, ST. MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Ir.H Amirsyam Nasution. MT Selaku pembimbing 1 (satu).
4. Bapak Ir. Husin Ibrahim. MT Selaku Pembimbing 2 (dua).
5. Orang tua dan seluruh keluarga kami yang senantiasa mencurahkan kemampuannya untuk mendukung terlaksananya jenjang pendidikan kami hingga sampai saat ini.
6. Segenap dosen dan staff fakultas teknik UMA.
7. Seluruh rekan-rekan yang meberikan kontribusi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan laporan penulis menyadari masih dapat kekurangan dan kesalahan dalam menyusun laporan ini. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak, demi kesempurnaan



dalam penulisan selanjutnya. Akhir kata semoga hasil penulisan ini akan dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan kepada pembaca.

Medan, 14 /08/ 2019  
Hormat Saya:

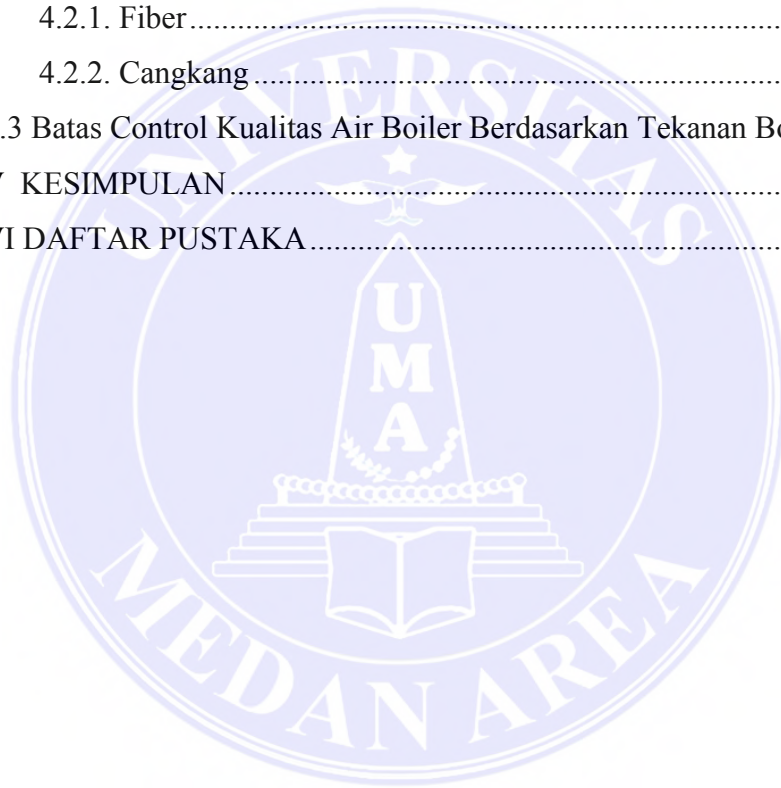
Palmanipa Jaluhu  
NPM.138130006



## DAFTAR ISI

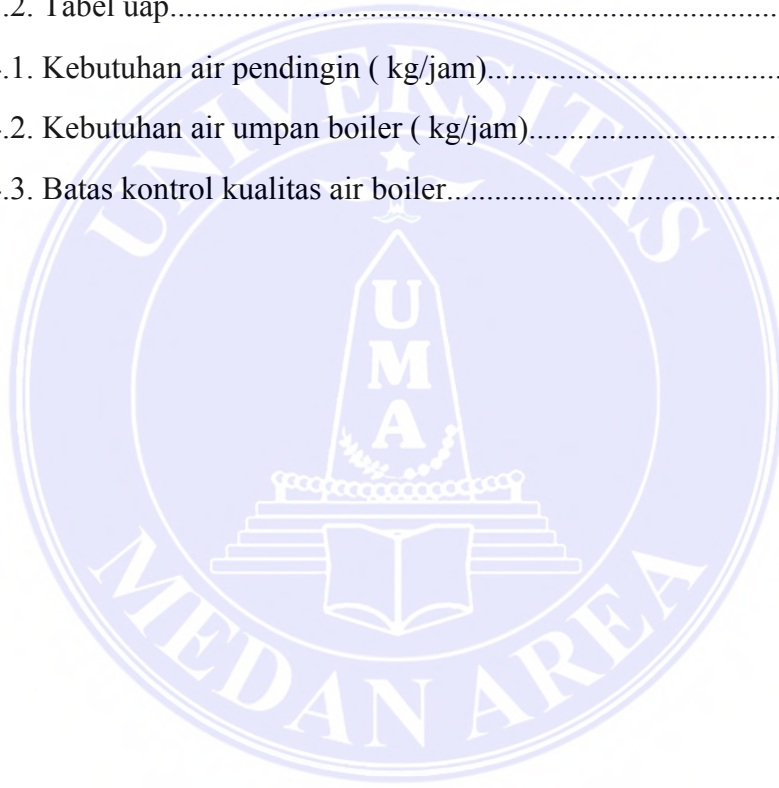
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRAC.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI .....	5
2.1 Pengenalan Ketel Uap .....	5
2.2 Air Umpan Boiler.....	11
2.3 Efisiensi Boiler .....	13
2.4 Air Pengisi Ketel .....	15
2.4.1. Kebutuhan Air .....	15
2.4.2. Sumber- Sumber Air Pengisian Ketel.....	16
2.5 Persyaratan Air Umpan Boiler .....	17
2.6 Pengolahan Eksternal Air Umpan Boiler .....	19
2.7 Pertukaran Ion .....	25
2.7.1 Resin Sebagai Penukar Ion.....	26
2.7.2 Zeolit Sebagai Penukar Ion.....	27
2.7.3 Proses Ion Exchanger.....	27
2.8 Blowdown.....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	34

3.2 Unit Pengolahan Air .....	36
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	45
4.1 Kebutuhan Air .....	45
4.1.1 Kebutuhan Air Pendingin.....	45
4.1.2 Kebutuhan Air Untuk Umpan Boiler.....	45
4.1.3 Kebutuhan Air Domestik.....	46
4.1.4 Kebutuhan Air Proses.....	46
4.2 Hasil Observasi Limbah Sawit .....	48
4.2.1. Fiber .....	48
4.2.2. Cangkang .....	48
4.3 Batas Control Kualitas Air Boiler Berdasarkan Tekanan Boiler.....	51
BAB V KESIMPULAN.....	57
BAB VI DAFTAR PUSTAKA.....	59



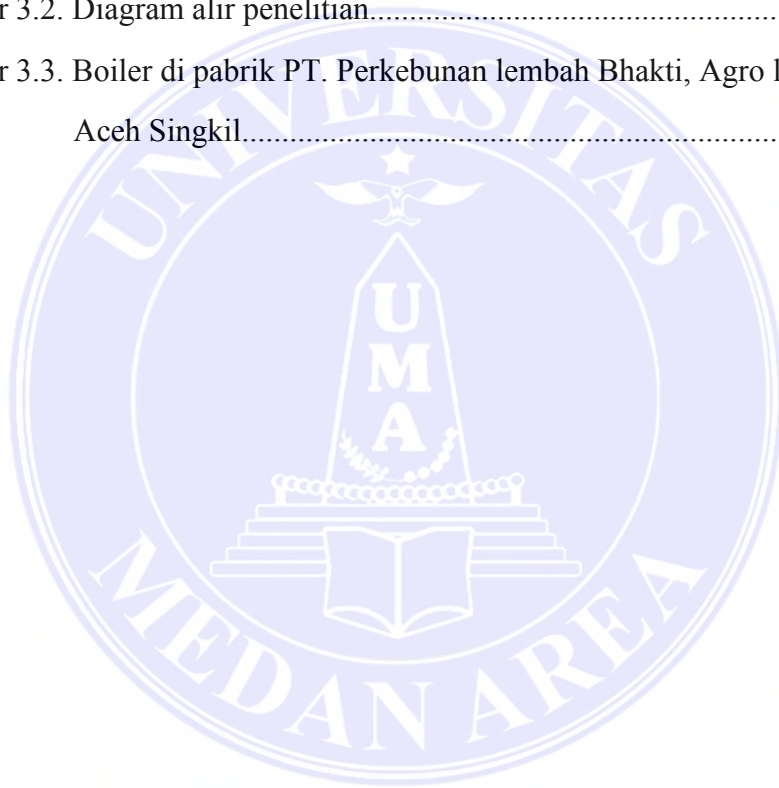
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kualitas air umpan boiler.....	11
Tabel 2.2. Standar air umpan ketel.....	13
Tabel 2.3. Syarat air pengisi ketel dan air ketel.....	17
Tabel 2.4. Baku mutu air umpan boiler.....	18
Tabel 2.5. Kandungan dalam air.....	19
Tabel 3.1. Jadwal kegiatan penelitian.....	35
Tabel 3.2. Tabel uap.....	41
Tabel 4.1. Kebutuhan air pendingin ( kg/jam).....	45
Tabel 4.2. Kebutuhan air umpan boiler ( kg/jam).....	45
Tabel 4.3. Batas kontrol kualitas air boiler.....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Koagulasi dan Flokulasi.....	20
Gambar 2.2. Sedimentasi.....	21
Gambar 2.3. Filtrasi.....	22
Gambar 2.4. Demineralisasi.....	22
Gambar 2.5. Ion exchanger.....	28
Gambar 3.1. Sistem pengolahan air.....	36
Gambar 3.2. Diagram alir penelitian.....	43
Gambar 3.3. Boiler di pabrik PT. Perkebunan lembah Bhakti, Agro lestari Aceh Singkil.....	44



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketel uap merupakan suatu pesawat tenaga yang banyak digunakan dan dianggap dalam dunia industri di negara indonesia. Dimana ketel uap biasanya digunakan untuk penggerak mula juga digunakan untuk pemanas.

Pada umumnya ketel uap memerlukan bahan bakar untuk menghasilkan uap. Dimana bahan bakar yang digunakan berupa bahan bakar padat, bahan bakar cair dan bahan bakar gas.

Terjadi krisis energi pada saat ini, maka banyak negara-negara yang berlomba yang berlomba- lomba untuk mencari bahan bakar selain bahan bakar hasil penambangan. Di indonesia, ketel uap masih banyak menggunakan bahan bakar dari hasil penambangan, yang berupa minyak bumi, batu bara dan gas alam. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar hasil penambangan, banyak industri- industri di indonesia yang menggunakan bahan bakar alternatif yang ada sekitaran perusahaan tersebut. Seperti cangkang dan fiber yang digunakan bahan bakar ketel uap, yang terdapat pada industri- industri kelapa sawit di negara indonesia.

Dalam perencanaan ini berisi tentang perencanaan ketel uap pada sebuah industri yaitu pabrik kelapa sawit yang memegang peranan penting pada proses produksi yaitu untuk mengerjakan turbin. Uap yang dihasilkan akan digunakan untuk proses produksi kelapa sawit. Setelah mengetahui pentingnya peranan ketel uap dalam perusahaan, maka dalam perencanaan inidi ambil topik ketel uap pipa air.

Mengingat begitu pentingnya peranan boiler tersebut sehingga harus bisa dioperasikan selama 24 jam non stop setiap harinya dan hampir selama 360 hari dalam setahunnya. Dengan demikian, Boiler tersebut harus dijaga sedemikian rupa agar kelangsungan operasinya tetap terjaga dengan baik dan faktor keselamatan kerja adalah merupakan prioritas utamanya. Secara umum kegagalan operasional suatu ketel uap terdiri dari kegagalan perencanaan, Kegagalan human error dan kegagalan perawatan. Sedangkan pengaruh kualitas air umpan boiler tersebut termasuk dalam ketiga kelompok penyebab kegagalan tersebut di atas. Resiko dariseluruh kegagalan diatas adalah dapat terjadinya ledakan dahsyat yang menimbulkan kerugian material dan jiwa yang sangat besar.

Dalam hal mengantisipasi kegagalan operasional suatu boiler yang berakibat pada terjadinya ledakan. Secara perencanaan harus dilakukan perhitungan yang sangat hati-hati dan detail dengan di sertai material data sheet yang telah di setujui oleh badan pengawas pemerintah dan pengerjaannya juga harus dilakukan oleh orang-orang yang bersertifikat dalam hal tersebut.

Selain itu, pemerintah juga menerapkan peraturan-peraturan yang menyangkut keselamatan kerja boiler yang telah di tuangkan dalam undang- undang keselamatan kerja yang mempunyai kekuatan hukum tetap. Sehingga apabila terjadi ledakan pada suatu boiler maka akan dilakukan inspeksi menyeluruh oleh badan pengawas keselamatan kerja dan kepolisian.

Dampak dari kualitas air umpan boiler itu sendiri yang paling parah adalah juga merupakan meledaknya suatu boiler yang mana apabila air tersebut tidak layak akan dapat menimbulkan korosi ataupun menimbulkan kerak pada dinding-dinding

pipa maupun shell boiler yang terkena radiasi panas langsung dari proses pembakaran dengan semakin tipisnya dinding yang di akibatkan oleh korosi air boiler, maka daya tahan terhadap tekanan akan berkurang dan apabila berkeraknya pipa boiler maka akan timbul pemanasan yang sangat berlebihan pada pipa tersebut sehingga pipa menjadi plastis.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada analisa skripsi ini permasalahan yang akan dibahas perlu dirumuskan, sehingga analisa yang diharapkan dapat terarah dengan benar. Ruang lingkup pembahasan adalah seberapa besar pengaruh kerak (*scaling*) terhadap laju perpindahan panas pada pipa *water wall*. Pengaruh rendahnya kualitas air umpan ketel, akan mempengaruhi tingkat dan kecepatan terbentuknya kerak pada pipa *water wall*. Oleh karena itu batasan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Tingkat kualitas air umpan ketel uap.
2. Pengaruh terbentuknya kerak pada pipa *water wall* akan menurunkan kemampuan perpindahan panas pada pipa air.
3. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap pada kondisi operasi ketel uap yang diinginkan.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini perlu diberi batasan masalah, sehingga akan mempermudah analisa permasalahan. Adapun batasan masalah dalam penulisan ini antara lain:



1. Menganalisa pengaruh kualitas air terhadap efisiensi ketel uap di pabrik PT. Perkebunan Lembah Bhakti (PLB).
2. Menganalisa perpindahan panas didalam pipa *water wall*.
3. Menganalisa kebutuhan air pada boiler.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukannya penulisan ini antara lain:

1. Untuk mengetahui kualitas air terhadap pengoperasian ketel uap.
2. Untuk mengetahui kualitas air ketel uap.
3. Untuk mengetahui efisiensi dari ketel uap.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan bermanfaat sebagai berikut :

1. Dapat memahami dan mengetahui Faktor-faktor penyebab proses terjadinya kerak pada ketel pipa air dan cara mengatasinya oleh para teknisi yang berkecimpung pada industri, khususnya yang bergerak dibidang ketel uap.
2. Skripsi ini dapat menambah perbedaan perpustakaan bagi para siswa Teknik Mesin UMA.
3. Hasil peneliian ini dapat memberi kostribusi pada peningkatan ilmu pengetahuan dan Teknologi.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Pengenalan Ketel Uap

Ketel Uap (bahasa Inggris: *boiler*) adalah merupakan suatu alat untuk mengubah air menjadi uap air yang memiliki tekanan dan temperatur tertentu yang selanjutnya akan digunakan untuk proses pemanasan atau untuk di konversi menjadi tenaga penggerak. Untuk melakukan proses tersebut tentunya diperlukan proses pembakaran bidang-bidang tertentu pada ketel uap tersebut. Bahan Bakar yang di gunakan bermacam-macam dari yang populer batubara, cangkang dan fiber, minyak bakar, listrik, gas, sampah, dan lain-lain. Ketel Uap adalah merupakan bagian terpenting dari penemuan teknologi yang merupakan pemicu lahirnya revolusi industri.

Catatan yang paling awal ditemukannya ketel uap adalah pada tahun 75 masehi oleh ahli matematika dan fisika dari alexandria bernama Heros. Dalam tiga bukunya dia menulis tentang mekanik dan sifat-sifat udara serta memperkenalkan rancangan sebuah mesin uap sederhana yang dikenal dengan nama eolipile. Prinsip kerja dari mesin eolipile ini adalah terdiri dari tabung ketel yang dihubungkan dengan bola baja ber nozel, dengan uap yang keluar dari nozel tersebut bola baja bisa berputar. Metode eolipile inilah yang menjadi dasar perkembangan mesin-mesin uap selanjutnya. Selanjutnya penemuan demi penemuan semakin berkembang mulai dari Geovanni battista tahun 1538-1615 yang mengenalkan uap sebagai media menjadikan tabung hampa. Denis papin tahun 1647-1712 yang mengenalkan alat berupa steam digester, Thomas savery tahun 1650-1715 yang pertama kali yang membuat mesin pompa air uap dengan sistem vacuum dan tekan dan masih banyak lagi.

Perkembangan Teknologi pada masa sekarang ini, Ketel uap sudah merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada suatu sistem industri. Ketel uap memberikan kontribusi yang besar dalam sistem mekanisme pembangunan dengan memanfaatkan sumber daya alam untuk kepentingan manusia. Kebutuhan Ketel uap memegang peranan dalam dunia industri seperti dalam pabrik pengolahan kelapa sawit pada pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS), ketel uap berperan memproduksi uap untuk proses pemanasan, perebusan dan pengeringan dalam proses produksinya.

Air yang masuk kedalam ketel uap harus memiliki persyaratan kualitas tertentu. Sehingga produksi uap dan kekuatan peralatan ketel uap dapat dijaga sesuai dengan perencanaan semula. Pengolahan air sebelum masuk ketel uap adalah salah satu masalah yang perlu mendapat perhatian dalam perencanaan sebuah ketel uap. Secara garis besar, Air yang berasal dari waduk yang di pompakan ke suatu bak yang diberi sekat/baffle dengan sistem aliran overflow dan underflow dengan tujuan untuk mendapatkan zat-zat padat yang berikuk dalam air sungai. Selanjutnya di tambahkan tawas aquaflock AN-9 dan soda ash ke dalam air, agar zat padat yang melayang menjadi flock dan mengkogulasi, sehingga mudah untuk dipisahkan. Banyaknya penambahan zat kimia tergantung pada kualitas air.

Kemudian di-demineralisasi atau memurnikan air dari mineral-mineralnya, terutama bila air banyak silica. Sistem demineralisasi terdiri dari anion exchanger dan kation exchanger. Anion exchanger berfungsi untuk menukar garam terhadap hidrolisis dan menahan silica, sedangkan kation exchanger berfungsi untuk menukar mineral-mineral terhadap asam.

Daerator berfungsi mengurangi gas yang terlarut dalam air dan memanaskan temperatur umpan air umpan (*feed water*). Hal ini di capai melalui proses mekanis dan pemanasan menggunakan uap yang berada didalam presure daerator atau dengan vakum daerator. Air yang keluar dari daerator sebelum di umpan ke ketel uap (*boiler*) terlebih dahulu di injeksikan bahan kimia yang berfungsi untuk menaikkan kualitas air ketel uap agar tidak terjadinya kerak.

Perkembangan terbaru dari teknologi ketel uap adalah dengan energi nuklir sebagai bahan pemanasnya, dimana panas yang di hasilkan dari reaktor nuklir dipakai untuk memanaskan pipa-pipa yang berisi air yang di hubungkan dengan tabung utama sehingga menghasilkan uap air yang bertemperatur dan bertegangan tinggi sebagai tenaga penggerak turbin generator listrik.

Dalam bidang teknik, Ketel uap adalah merupakan mesin koversi energi yang menggunakan sistem external combustion engine yang paling banyak digunakan pada saat ini, khususnya untuk pembangkit energi dengan skala kecil ,menengah, dan besar. Selain itu ketel uap merupakan mesin koversi energi yang memiliki efisiensi dan life time paling bagus diantara mesin konversi energi yang lainnya yang antara lain motor bakar, turbin gas dan jet engine. karena kalori sisa pembakaran bisa dikondisikan sedemikian untuk keperluan ekonomiser, Super Heater Dan Air Heater.

Bagan-bagan dari ketel uap itu terdiri dari tabung ketel, ruang pembakaran, sistem keamanan dan parameter, sistem pengolahan dan pengisian air umpan dan sistem pengolahan uap yang akan dipergunakan untuk kebutuhan energi selanjutnya dari kelima kelompok utama bagian ketel uap diatas masing-masing memiliki penjabaran dan perhitungan yang luas dan variatif. Kualitas air

umpan (*feed water*) pada ketel uap bertekanan adalah merupakan hal yang sangat penting terhadap kelangsungan dan keselamatan kerja suatu ketel uap baik yang bertekanan rendah maupun yang bertekanan tinggi. Selain menyangkut faktor kelangsungan dan keselamatan kerja, juga merupakan kunci bagi tercapainya operasional yang efisien dan aman bagi mesin beserta lingkungan sekitarnya. Ketel uap adalah merupakan pembangkit tenaga/energi yang paling banyak dijumpai di suatu industri diseluruh dunia, sehingga, dalam perkembangan, ketel uap memiliki aturan dan undang - undang yang sistematis sebagai dasar hukum pelaksanaan operasionalnya serta di pantau dan dilakukan inspeksi rutin oleh instansi pemerintah yang kompeten di bidang keselamatan dan kesehatan (Departemen tenaga kerja). Salah satu undang-undang yang mengatur tentang ketel uap dan sejenisnya yang digolongkan kedalam golongan bejana bertekanan adalah:

Undang-undang Uap Tahun 1930, yaitu isinya mengatur tentang keselamatan dalam pemakaian pesawat uap. Pesawat uap menurut Undang-undang ini adalah ketel uap, dan alat alat lain yang bersambung an dengan ketel uap, dan bekerja dengan tekanan yang lebih tinggi dari tekanan udara luar. Undang-undang ini melarang menjalankan atau mempergunakan pesawat uap yang tidak mempunyai ijin yang diberikan oleh kepala jabatan pengawas keselamatan kerja (sekarang Direktur jenderal pembinaan hubungan ketenagaan kerjaan dan pengawasan Norma Kerja –Departemen Tenaga kerja). Terhadap pesawat uap yang dimintakan ijinnya akan dilakukan pemeriksaan dan pengujian dan apabila memenuhi persyaratan yang diatur dalam peraturan pemerintah maka untuk selanjutnya baru akan diberikan Akte ijin operasionalnya.

Peraturan uap 1930, yang isinya mengatur pembagian pesawat uap berdasarkan tekanan uapnya, yaitu lebih besar dari  $\frac{1}{2}$  kg/cm<sup>2</sup> di atas tekanan udara luar dan paling tinggi  $\frac{1}{2}$  kg/cm<sup>2</sup> di atas tekanan udara luar. Peraturan ini memuat ketentuan untuk mendapatkan izin penggunaan pesawat uap, serta ketentuan mengenai pesawat uap yang tidak memerlukan akte izin. Peraturan ini memuat persyaratan teknis keselamatan ketel uap dan pesawat uap selain ketel uap, pengering uap, penguap, bejana uap antara lain mengenai persyaratan bahan pembuat, perlengkapan pengaman dan tata cara pengujiannya.

Undang-undang No.1 Tahun 1970 yang mengatur tentang ruang lingkup kesehatan, keselamatan dan kecelakaan kerja yang secara umum bertujuan untuk melindungi tenaga kerja dari segala aspek yang memungkinkan menimbulkan dampak terhadap tenaga kerja disekitarnya. Selain itu masih banyak lagi aturan yang harus dipenuhi untuk membangun, pengoperasian dan merawat ketel uap guna menjamin kelayakan operasionalnya.

Didalam skripsi ini, penulis akan mengkritik beratnya permasalahan bagaimana untuk mendapatkan air yang layak untuk pengisian ketel uap. Karena begitu banyaknya jenis-jenis air baku, semuanya belum tentu layak untuk digunakan ketel uap.

Dampak yang ditimbulkan dari kualitas air yang tidak memenuhi syarat ini tidak bisa langsung dirasakan oleh operator ketel uap tersebut, diperlukan waktu sekitar tiga bulan sampai dengan satu tahun baru bisa dirasakan dampaknya. Itupun operatornya memiliki kemampuan analisa dan kepekaan yang tinggi untuk merasakan gejala-gejala yang muncul, mulai dari penurunan kemampuan produktifitas uap, boros dalam penggunaan bahan bakar, kualitas uap yang dihasilkan tidak bagus, timbulnya guncangan didalam ketel dan yang paling fatal timbulnya ledakan yang fatal.

Ketel uap merupakan suatu peralatan yang di gunakan untuk menghasilkan (*steam*) dalam berbagai keperluan. Air didalam ketel uap dipanaskan oleh panas dari hasil pembakaran bahan bakar (sumber panas lainnya) sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas tersebut ke air yang mengakibatkan air tersebut menjadi panas atau berubah wujud menjadi uap. Air yang lebih panas memiliki berat jenis yang lebih rendah di banding dengan air yang lebih dingin, sehingga terjadi perubahan berat jenis air didalam ketel uap. Air yang memiliki berat jenis yang lebih tinggi akan turun ke dasar.

Sistem ketel uap terdiri dari: sistem air umpan, sistem uap dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk ketel uap secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. sistem steam mengupulkan dan mengontrol produksi steam dalam ketel uap. Steam di alirkan melalui steam pemipaan ketitik pengguna. Pada keseluruhan sistem, Aliran steam diatur dengan menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar 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 yang dipakai pada ketel uap tersebut.

## 2.2 Air Umpan Boiler

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler, yaitu (EEA, 2011):

### 1. Scale Forming (zat yang menyebabkan kerak)

Jika air dididihkan dan dihasilkan *steam*, padatan terlarut yang terdapat dalam air akan tertinggal di boiler. Jika terdapat banyak padatan dalam air umpan, padatan tersebut akan mengendap. Apabila padatan telah mencapai tingkat konsentrasi tertentu, adanya padatan mendorong terbentuknya busa dan menyebabkan terbawanya air ke *steam*. Endapan juga mengakibatkan terbentuknya kerak di bagian dalam boiler, sehingga mengakibatkan pemanasan setempat menjadi berlebih dan akhirnya menyebabkan kegagalan pada pipa boiler. Oleh karena itu diperlukan pengendalian tingkat konsentrasi padatan dalam air yang dididihkan. Caranya dengan melakukan *blow down*, dimana sejumlah air dikeluarkan dan diganti dengan air umpan.

### 2. Zat-Zat yang Dapat Menyebabkan Korosi

Larutan-larutan asam dan gas-gas yang terlarut dalam air dapat menyebabkan korosi pada boiler.

Berdasarkan ISO 10392 (1982), kualitas air umpan boiler yang sebaiknya dipenuhi antara lain (EEA, 2011) :

**Tabel 2.1. Kualitas air umpan boiler**

	Hingga	21-39	40-59
Total besi maksimal (ppm)	0.05	0.02	0.01
Total tembaga maksimal (ppm)	0.01	0.01	0.01
Total silika maksimal (ppm)	1.00	0.30	0.10
Oksigen maksimal (ppm)	0.02	0.02	0.01



Air yang digunakan pada proses pengolahan untuk air umpan ketel uap di peroleh dari air sungai, air waduk, sumur bor dan sumber mata air lainnya. Kualitas air tersebut tidak sama walaupun menggunakan sumber air sejenis, Hal ini dipengaruhi oleh lingkungan asal air tersebut. Sumber mata air sungai umumnya sudah mengalami pencemaran oleh aktifitas penduduk dan kegiatan industri, oleh sebab itu perlu dilakukan pemurnian.

Air umpan ketel uap harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak menimbulkan masalah-masalah pada pengoperasian ketel uap yang berkesinambungan. Air tersebut harus bebas dari mineral-mineral yang tidak diinginkan serta pengotor-pengotor lainnya yang dapat menurunkan efisiensi kerja dari ketel uap.

Setelah proses demineralisasi, air diubah menjadi uap, panas disalurkan ke air dalam deaerator yang merupakan bagian dari sistem umpan. Di deaerator gas-gas yang terlarut dalam air dihilangkan, terutama oksigen merupakan penyebab utama korosi. Deaerator ini tidak dapat menghilangkan keseluruhan gas terlarut, oleh karena itu perlu ditambahkan suatu bahan kimia khususnya untuk mengusir gas-gas yang ada sampai batas yang diperbolehkan untuk masuk kedalam ketel uap. Gas- gas ini dapat dihilangkan oleh deaerator karena gas mempunyai kelarutan kecil pada temperatur tinggi.

**Tabel 2.2. Standard Air Umpan Ketel.**

Parameter	Satuan	Pengendalian batas
PH	Unit	10.5 – 11.5
Conductivity	Umhos/cm	5000, max
TDS	ppm	3500, max
P – Alkalinity	ppm	-
M – Alkalinity	ppm	800, mak
O – Alkalinity	ppm	2,5 x SiO <sub>2</sub> , min
T . Hardness	ppm	-
Silica	ppm	150, max
Besi	ppm	2, max
Phosphat residual	ppm	20 - 50
Sulfite residual	ppm	20 – 50
PH Condensate	unit	8.0 – 9.0

Sumber = NALCO , REVERENCE

### 2.3 Efisiensi Ketel Uap

Efisiensi termis Ketel Uap didefinisikan sebagai "persen energi (panas) masuk yang di keluarkan secara efektif pada *steam* yang di hasilkan.

Terdapat dua metode pengkajian efisiensi ketel uap:

1. Metode langsung: energi yang yang didapat dari fluida kerja (air dan steam) dibandingkan dengan energi yang terkandung bahan bakarketel uap tersebut.
2. Metode tidak langsung: efisiensi merupakan perbedaan antara kehilangan dan energi yang masuk. Peralatan energi panas: boiler dan pemanas fluida termis.
  - a. Metode langsung dalam menentukan efisiensi boiler.

Dikenal juga sebagai 'metode input-output 'Karena ternyata bahwa metode ini hanya memerlukan keluaran/autput (steam) dan panas masuk/ input (bahan bakar) untuk evaluasi efisiensi.Efisiensi dapat di evaluasi dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi ketel } (\eta) = \frac{\text{panas masuk}}{\text{panas keluar}} \times 100$$

$$\text{Efisiensi Ketel } (\eta) = \frac{Qx(hg-hf)}{q \times GCV} \times 100$$

Parameter yang di pantau untuk menghitung efisisensi boiler dengan metode langsung adalah:

- Jumlah steam yang di hasilkan per jam (Q) dalam kg/jam
- Jumlah bahan bakar yang dipergunakan per jam (q) dalam kg/jam
- Tekanan kerja (dalam kg/cm<sup>2</sup>(g) dan suhu lewat panas (Oc),jika ada suhu air umpan (Oc)
- Jenis bahan bakar dan nilai panas kotor bahan bakar(GCV) dalam kkal/kg bahan bakar.

Dimana:

- hg – Entalpi steam jenuh dalam kkal/kg uap panas.
- hf – Entalpi air umpan dalam kkal/kg air.

Dari rumus diatas dapat dihasilkan perhitungan sebagai berikut:

- Jenis boiler berbahan bakar cangkang dan fiber.
- Jumlah steam (kering) yang dihasilkan: 20 ton/jam
- Tekanan steam (gauge)/suhu: 265 °C
- Jumlah pemakain cangkang dan fiber: 1.6 toncangkang sawit/jam dan 3,483 ton fiber/jam.
- Suhu air umpan: 105 °C
- GVC cangkang dan fiber: 5164,425 kkal/kg dan 4870,7 kkal/kg
- Entalpi steam pada tekanan 7,5 kg/cm<sup>2</sup>: 757 kkal/kg(jenuh)
- Entalpi air umpan 100 kkal/kg

$$\text{Entalpi ketel uap } (\eta) = \frac{20x(757-105)x1000}{2x4870,7x1000} \times 0,1338617 \%$$

Keuntungan metode langsung;

1. Pekerja pabrik dapat dengan cepat mengevaluasi efisiensi boiler.
2. Memerlukan sedikit parameter untuk perhitungan.
3. Memerlukan sedikit instrumen untuk pemantauan.
4. Mudah membandingkan rasio penguapan dengan data benchmark.

Kerugian metode langsung;

1. Tidak memberikan petunjuk kepada operator tentang penyebab dari efisiensi sistem yang lebih rendah.
2. Tidak menghitung berbagai kehilangan yang berpengaruh pada berbagai tingkat efisiensi.

Demikian contoh sederhana perhitungan yang dipakai untuk menentukan efisiensi ketel uap pada perusahaan yang kami analisa tersebut. Hasil dari perhitungan diatas menunjukkan efisiensi ketel uap sebesar .....% adalah tergolong rendah. Akan tetapi hal tersebut dipertahankan dikarenakan ketel uap tersebut juga di fungsikan sebagai incinerator untuk menghabiskan limbah yang berupa serbuk dari limbah produksi.

## 2.4 Air Pengisi Ketel

### 2.4.1 Kebutuhan Air

Pada ketel uap yang terpasang memerlukan suplay air sebanyak 10 ton/jam, akan tetapi kebutuhan air tersebut di suplay dari dua sumber bahan baku yaitu dari air baku yang sudah di olah dan air kodensat yang tersisa.

Secara teori jumlah air yang menjadi uap sama dengan jumlah air dari kondensat, akan tetapi didalam proses distribusi uap tersebut mengalami kerugian yang mengakibatkan oleh kebocoran dan pemakaian uap yang tidak terkondensasi (untuk proses produksi *non heat exchanger*), sehingga air kondensat yang kembali ke feed tank terkisar pada angka 65% saja. Dengan data tersebut dapat diperoleh perhitungan kebutuhan air bakunya.

Total kebutuhan Air Baku = Kebutuhan Ketel – Air Kondensat

Total Kebutuhan Air Baku = 10.000 – 75 %

Total Kebutuhan Air Baku = 3.500 L/jam

Sehingga pengolahan Air baku harus bisa mencapai minimal 3.500 L/jam, dari data tersebut dipakai untuk dasar perhitungan selanjutnya.

#### 2.4.2 Sumber-Sumber Air Pengisi Ketel

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

##### a. 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 pengotor-pengotor, antara lain:

1. Zat tersuspensi, seperti lumpur dan tanah liat. Biasanya dihilangkan dengan penyaringan.
2. Zat terlarut, seperti garam-garam mineral (garam magnesium, kalsium dan lain-lain).

**Tabel 2.3 Syarat air pengisi ketel dan air ketel**

<b>Spesifikasi Air</b>	<b>Pengisi Ketel</b>	<b>Air Ketel</b>
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 : pullman kello gs(1980)

## 2.5 Persyaratan Air Umpan Boiler

Boiler atau ketel uap merupakan sebuah alat untuk pembangkit uap dimana uap ini berfungsi sebagai zat pemindah tenaga kalor. Tenaga kalor yang dikandung dalam uap dinyatakan dengan entalpi panas.

1. Hal-hal yang mempengaruhi efisiensi boiler adalah bahan bakar dan kualitas air umpan boiler. Parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas air umpan boiler antara lain: Oksigen terlarut, dalam jumlah yang tinggi dapat menyebabkan korosi pada peralatan boiler.
2. Kekeuhan, dapat mengenda pada perpipaan dan peralatan proses serta mengganggu proses.
3. PH. Bila tidak sesuai dengan standar kualitas air umpan boiler dapat menyebabkan korosi pada peralatan.

4. Kesadahan, merupakan kandungan ion Ca dan Mg yang dapat menyebabkan kerak pada peralatan serta perpipaan boiler sehingga menimbulkan *local overheating*.
5. Fe, dapat menyebabkan air berwarna dan mengendap disaluran air dan boiler bila teroksidasi oleh oksigen

Secara umum air yang akan digunakan sebagai umpan boiler adalah air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan terjadinya endapan yang dapat membentuk kerak pada boiler dan air yang tidak mengandung unsur yang dapat menyebabkan korosi boiler.

Berikut ini merupakan persyaratan baku mutu air umpan boiler :

**Tabel 2.4 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 <sub>2</sub> , min
T – Hardness	ppm	-
Silica	ppm	150, max
Besi	ppm	2, max
PHospat residual	ppm	-
SulpHite residual	ppm	20,50
PH Condensate	unit	8,0 – 9,0

**Tabel 2.5 Kandungan dalam air**

<b>Working Pressure (Bar)</b>										
		0 - 20,7	20,8 - 31,0	31,1 - 41,4	41,5 - 51,7	51,8 - 62,1	62,2 - 68,9	69,0 - 103,4	103,5 - 137,9	
<b>Feed water</b>										
Dissolved oxygen (measured before oxygen scavenger addition)		0,04	0,04	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	
Total Iron		0,1	0,05	0,03	0,025	0,02	0,02	0,01	0,01	
Total copper		0,05	0,025	0,02	0,02	0,015	0,015	0,01	0,01	
Total hardness (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	not detectable		
Non volatile TOC		1	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	
Oily matter		1	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	
pH at 25		7,5 - 10,0	7,5 - 10,0	7,5 - 10,0	7,5 - 10,0	7,5 - 10,0	8,5 - 9,5	9,0 - 9,6	9,0 - 9,6	
<b>Boiler Water</b>										
Silica		150	90	40	30	20	8	2	1	
Total alkalinity CaCO <sub>3</sub>	mg/l	350	300	250	200	150	100	not specified		
Free hydroxide alkalinity CaCO <sub>3</sub>		not specified					not detectable			
Specific conductance at 25 without neutralization	mS/cm	3500	3000	2500	2000	1500	1000	150	100	

Sumber: standar kualitas air boiler menurut APAVE (association of elektrical and steam unit owners)

## 2.6. Pengolahan Eksternal Air Umpan Boiler

Pengolahan eksternal digunakan untuk membuang padatan tersuspensi, padatan telarut (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:

1. Koagulasi dan Flokulasi
2. Sedimentasi
3. Filtrasi
4. Demineralisasi
5. Softening
6. Deaerasi

Metode pengolahan awal adalah sedimentasi sederhana dalam tangki pengendapan atau pengendapan dalam clarifiers dengan bantuan koagulan dan flokulan. Penyaring pasir bertekanan, dengan aerasi untuk menghilangkan karbon dioksida dan besi.

### 1. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi yaitu proses pemberian bahan-bahan koagulan dan flokulan kedalam air umpan boiler dengan cara penginjeksian. Koagulasi merupakan proses netralisasi muatan sehingga partikel-partikel dapat saling berdekatan satu dengan yang lainnya. Flokulasi merupakan proses penyatuan antar partikel-partikel yang sudah saling berdekatan satu dengan yang lain sehingga partikel-partikel akan saling menarik dan membentuk flok, Seperti gambar dibawah.



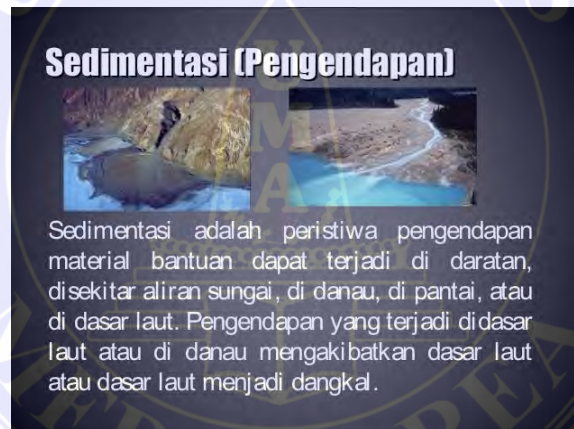
Gambar 2.1 koagulasi dan flokulasi

Untuk menurunkan turbidity pada inlet clarifier diinjeksikan bahan kimia, yaitu :

- a. Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ )
- b. Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ )
- c. Klorin ( $\text{Cl}_2$ )
- d. Coagulant Aid (Polymer)

## 2. Sedimentasi

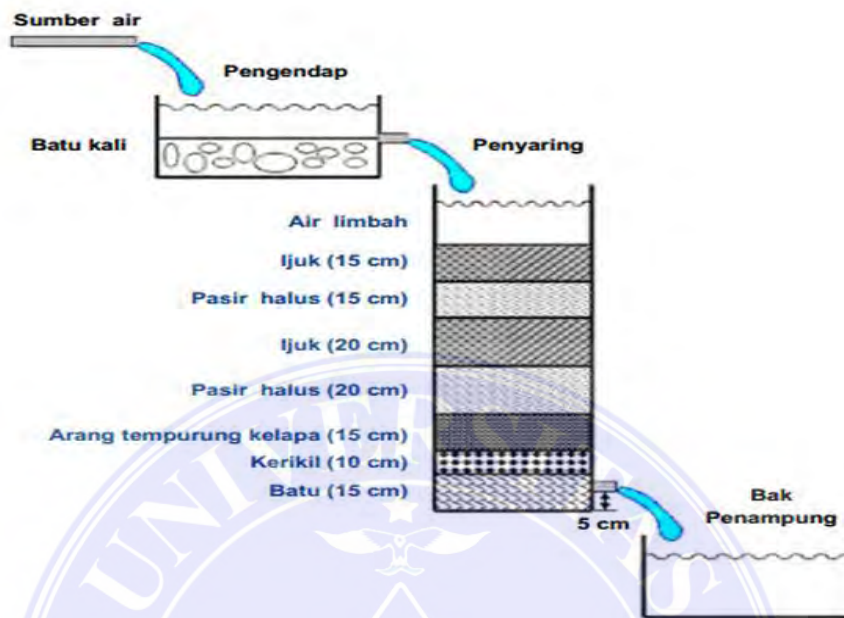
Tujuan sedimentasi adalah memberikan kesempatan kepada partikel-partikel besar untuk mengendap dan partikel yang lebih halus akan membutuhkan waktu endap yang lebih lama.



Gambar 2.2 Sedimentasi

## 3. Filtrasi

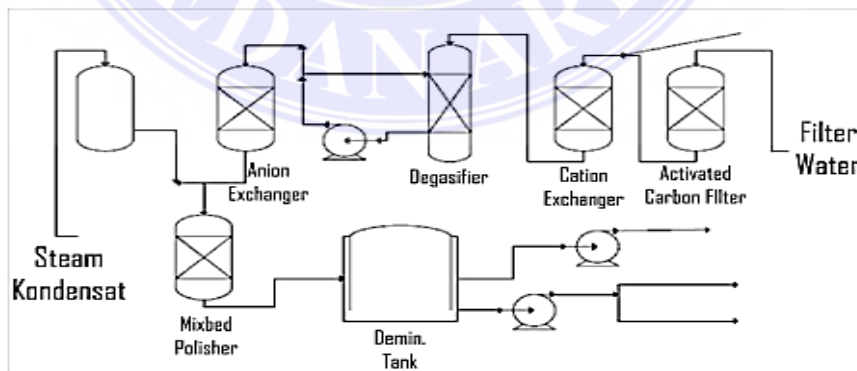
Pengolahan dengan cara filtrasi dapat dilakukan dengan cara penyaringan zat padat tersuspensi didalam air sebelum air diisikan kedalam boiler. Efisiensi saringan paling baik bila unit beroperasi pada kecepatan aliran terkecil, padatan akan melalui media membawa padatan bersamanya. Demikian pada tekanan yang tinggi dapat memecahkan media akan keluar pada saat dilakukan *backwash*



Gambar 2.3 filtrasi

#### 4. Demineralisasi

Demineralisasi berfungsi untuk membebaskan air dari unsur-unsur silika, sulfat, chloride (klorida) dan karbonat dengan menggunakan resin. Diagram Alir proses seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Diagram Alir Demineralizer

### a. *Cation Exchanger*

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur logam yang berupa ion-ion positif yang terdapat dalam air dengan menggunakan resin kation R-SO<sub>3</sub>H (tipe Dowex Upcore Mono A-500). Proses ini dilakukan dengan melewatkan air melalui bagian bawah, dimana akan terjadi pengikatan logam-logam tersebut oleh resin. Resin R-SO<sub>3</sub>H ini bersifat asam kuat, karena itu disebut asam kuat cation exchanger resin.

Proses ini menghasilkan asam seperti asam seperti HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan asam-asam lain. Keasaman berkisar antara Ph 2,8 – 3,5. Untuk memperoleh resin aktif kembali, dilakukan regenerasi dengan menambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada resin tersebut.

### b. *Degasifier*

Dari *cation tower* air dilewatkan ke *degasifier* yang berfungsi untuk menghilangkan gas CO<sub>2</sub> yang terbentuk dari asam karbonat pada proses sebelumnya.

Reaksi yang terjadi adalah :



Proses di *degasifier* ini berlangsung pada tekanan vakum 740 mmHg dengan menggunakan steam ejektor, di dalam tangki ini terdapat netting ring sebagai media untuk memperluas bidang kontak sehingga air yang masuk terlebih dahulu diinjeksikan dengan steam.. Sedangkan keluaran steam ejektor dikondensasikan dengan menginjeksi air dari bagian atas dan selanjutnya ditampung dalam seal pot sebagai umpan *recovery tank*, maka CO<sub>2</sub> akan terlepas sebagai fraksi ringan dan air akan turun ke bawah sebagai fraksi berat.

### c. Anion Tower

Berfungsi untuk menyerap atau mengikat ion-ion negatif yang terdapat dalam kandungan air yang keluar dari degasifier. Resin pada anion exchanger adalah R = NOH (Tipe Dowex Upcore Mono C-600). Reaksi ini menghasilkan H<sub>2</sub>O, oleh karena itu air demin selalu bersifat netral. Selanjutnya air outlet anion tower masuk ke mix bed polisher dari bagian atas. Air keluar tangki ini memiliki pH = 7,5 – 8,5. Untuk memperoleh resin aktif kembali, dilakukan regenerasi dengan menambahkan NaOH pada resin tersebut.

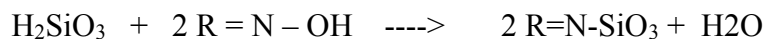
### d. Mix Bed Polisher

Berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa logam atau asam dari proses sebelumnya, sehingga diharapkan air yang keluar dari mix bed polisher telah bersih dari kation dan anion. Di dalam mix bed polisher digunakan dua macam resin yaitu resin kation dan resin anion yang sekaligus keduanya berfungsi untuk menghilangkan sisa kation dan anion, terutama natrium dan sisa asam sebagai senyawa silika, dengan reaksi sebagai berikut :

Reaksi Kation :



Reaksi Anion :



Air yang telah bebas mineral tersebut dimasukkan ke polish water tank dan digunakan untuk air umpan boiler. Air yang keluar dari mix bed polisher ini memiliki pH antara 6 – 7. (Anonymous. 1994)

#### e. Deaerasi

Dalam deaerasi, gas terlarut, seperti oksigen dan karbon dioksida, dibuang dengan pemanasan awal air umpan sebelum masuk ke boiler. Seluruh air alam mengandung gas terlarut dalam larutannya. Gas-gas tertentu seperti karbon dioksida dan oksigen, sangat meningkatkan korosi. Bila dipanaskan dalam sistem boiler, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan oksigen ( $\text{O}_2$ ) dilepaskan sebagai gas dan bergabung dengan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

Penghilangan oksigen, karbon dioksida dan gas lain yang tidak dapat terembunkan dari air umpan boiler sangat penting bagi umur peralatan boiler dan juga keamanan operasi. Asam karbonat mengkorosi logam menurunkan umur peralatan dan pemipaan. Asam ini juga melarutkan besi (Fe) yang jika kembali ke boiler akan mengalami pengendapan dan menyebabkan terjadinya pembentukan kerak pada boiler dan pipa. Kerak ini tidak hanya berperan dalam penurunan umur peralatan tapi juga meningkatkan jumlah energi yang diperlukan untuk mencapai perpindahan panas.

### 2.7 Pertukaran Ion

Air tanah mula-mula di tampung di bak tarik yang dilengkapi pompa untuk di alirkan ke bak penampung yang juga berfungsi sebagai bak pengendapan. Air yang keluar dari bak pengendap sudah jernih tapi masih ada pengotor yang melayang, oleh karena itu air kemudian di saring dengan saringan untuk memisahkan partikel ini.

Air yang telah disaring masih mengandung zat-zat terlarut yang menimbulkan kesadahan. Untuk menghilangkan pengotor yang terlarut ini digunakan zat yang dapat menyerap ion-ion dalam larutan tersebut. Dengan ion

exchanger, diharapkan air yang digunakan pada proses memiliki kesadahan sedikit mungkin bahkan nol (0) agar tidak menimbulkan kerak.

### 2.7.1 Resin sebagai Penukar Ion

Resin penukar ion adalah suatu bahan padat yang memiliki bagian (ion positif atau negatif) tertentu yang bisa dilepas dan ditukar dengan bahan kimia lain dari luar.

Berdasarkan jenis ion / muatan yang dipertukarkan, resin dapat dibagi menjadi 2 :

1. Resin Penukar Kation adalah Ion positif yang dipertukarkan
2. Resin Penukar Anion adalah Ion negatif yang dipertukarkan

*Ion Exchange* adalah proses penyerapan ion-ion oleh resin dengan cara ion-ion dalam fasa cair (biasanya dengan pelarut air) diserap lewat ikatan kimiawi karena bereaksi dengan padatan resin. Resin sendiri melepaskan ion lain sebagai ganti ion yang diserap. Selama operasi berlangsung setiap ion akan dipertukarkan dengan ion penggantinya hingga seluruh resin jenuh dengan ion yang diserap.

Resin penukar ion sering digunakan untuk menghilangkan kesadahan dalam air. Air yang banyak mengandung mineral kalsium dan magnesium dikenal sebagai “air sadah”. Kesadahan air dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

1. Kesadahan sementara, disebabkan oleh garam-garam karbonat ( $\text{CO}_3^-$ ) dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dari kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).
2. Kesadahan tetap, disebabkan oleh adanya garam-garam klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dan sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dari kalsium (Ca) dan magnesium (Mg).

### 2.7.2 Zeolit sebagai Penukar Ion

Zeolit merupakan mineral yang banyak terdapat di dalam batuan yang merupakan lapisan tanah sedimen yang terbentuk dari timbunan abu vulkano karena adanya letusan gunung berapi. Terbentuknya di alam sangat bergantung pada lingkungan, umur batuan dan kedalaman dari permukaan tanah, sehingga dapat terjadi zeolit yang jenisnya berlainan terdapat dalam batuan yang sama.

Zeolit mempunyai sifat yang sangat khas, apabila mengalami dehidrasi, kristal zeolit akan membentuk rongga yang dapat saling berhubungan dan membentuk 1-3 arah sehingga akan terlihat seperti sangkar. Struktur kristal yang unik ini membuat zeolit mempunyai kemampuan sebagai absorben.

Karakteristik lainnya adalah dapat mempunyai kemampuan sebagai penukar ion secara sangat selektif untuk ion cesium dan unsur radioaktif lainnya Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral  $\text{AlO}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  yang saling berhubungan melalui atom O, sehingga zeolit mempunyai rumus empiris sebagai berikut  $x/n \text{ M}^{n+} [(\text{AlO}_2)_x (\text{SiO}_2)_y] \cdot z\text{H}_2\text{O}$ . Komponen pertama  $\text{M}^{n+}$  adalah sumber kation yang dapat bergerak bebas dan dapat dipertukarkan secara sebagian atau secara sempurna oleh kation lain, sehingga sangat baik bila digunakan sebagai bahan penukar ion.

### 2.7.3 Proses Ion Exchanger

Pertukaran ion merupakan suatu proses dimana ion-ion yang terjerap pada suatu permukaan media filter ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam air. Proses ini dimungkinkan melalui suatu fenomena tarik menarik antara permukaan media bermuatan dengan molekul-molekul bersifat polar.



Apabila suatu molekul bermuatan menyentuh suatu permukaan yang memiliki muatan berlawanan maka molekul tersebut akan terikat secara kimiawi pada permukaan tersebut. Pada kondisi tertentu molekul-molekul ini dapat ditukar posisinya dengan molekul lain yang berada dalam air yang memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diikat. Dengan demikian maka proses pertukaran dapat terjadi. Media yang dapat melakukan proses pertukaran seperti ini diantaranya adalah Zeolit (baik alami atau buatan) dan resin.



Gambar 4. 5 Ion Exchanger

Proses pertukaran yang berlangsung secara umum mengikuti kaidah-kaidah tertentu, yaitu:

1. Pertama kation-kation dengan valensi lebih besar akan dipertukarkan terlebih dahulu sebelum kation-kation dengan valensi lebih kecil. Sebagai contoh apabila didalam akuarium kita terdapat besi (ber-valensi 3), kalsium (ber-valensi 2) dan amonium (ber- valensi1 ) dalam jumlah yang sama, maka besi akan terlebih dahulu dijerap oleh zeolite, menyusul kalsium dan terakhir amonium.

Kedua, kation yang konsentrasinya paling tinggi didalam akuarium akan dijerap terlebih dahulu walaupun valensi lebihkecil. Sebagai contoh dalam

2. kasus diatas, apabila konsentrasi (jumlah) amonium jauh lebih banyak dibandingkan dengan besi dan kalsium, maka sesuai dengan aturan 2, amonium akan cenderung dijerap terlebih dahulu.

Dengan proses-proses tersebut diatas maka filter kimia dapat diberlakukan untuk "menjernihkan" air dari partikel-partikel berukuran molekuler yang tidak bisa diproses secara mekanik atau biologi. Beberapa hal yang bisa dihilangkan dengan filter kimia diantaranya adalah pengaruh racun, kesadahan, warna dan partikel organik terlarut.

Dari data diatas akan kami hitung kebutuhan resin cation bila target waktu aktif resin direncanakan setiap empat hari sekali dengan mengacu pada hasil uji kualitas air baku yang ada.

Hasil uji menunjukkan bahwa air baku yang berasal dari air sumur mengandung total hardnes sebesar 20 ppm, sedangkan untuk kebutuhan ketel uap harus bebas dari hardnes. Sehingga hitungannya sebagai berikut.

1. Air yang diolah (Q) = 3,500 l/jam
2. Total hardnes (TDS) = 20 ppm
3. Target waktu (t) = 4 hari
4. Kapasitas exchanger (R) = 10 %
5. Volume resin yang di perlukan (Vr)

$$V_r = \frac{Q \times t \times TDS}{R \times 80\%}$$

$$V_r = \frac{3500 \times 96 \times 20}{10\% \times 80\%}$$

$$V_r = \frac{6.72}{0,08} = 84 \text{ L Resin cation.}$$

## 2.8 Blowdown

Blowdown adalah pembuangan sebagian dari air dalam ketel uap yang telah tinggi konsentrasi TDS nya dan menggantikannya dengan air umpan ketel yang baru sehingga akan menurunkan konsentrasi suspended atau dissolved solid air dari ketel uap. Biasanya dinyatakan dalam persen.

Jika air di didihkan dan dihasilkan steam, padatan terlarut yang terdapat dalam air akan tinggal didalam ketel. Jika banyak padatan terdapat dalam air umpan, padatan tersebut akan terpekatkan dan akhirnya akan mencapai suatu tingkat dimana kelarutan nya dalam air akan terlampaui dan akan mengendap dari larutan. Diatas tingkat konsentrasi tertentu. Padatan tersebut mendorong terbentuknya busa dan menyebabkan terbawanya air ke steam. Endapan juga mengakibatkan terbentuknya kerak di bagian dalam dinding ketel, mengakibatkan pemanasan setempat menjadi berlebihan dan akhirnya menyebabkan kegagalan pipa ketel, steam traps, maupun operasi alat-alat yang lain, khususnya pada turbin. Adapun peningkatan kosentrat berupa suspensi yang berbentuk lumpur (sludge) akan berpengaruh pada efisiensi ketel uap dan proses headtrasfer. Untuk mengatasi permasalahan di atas, maka air dalam ketel uap perlu dilakukan pembersihan atau blowdown pada permukaan air ketel (*surface water blowdown*) biasanya dilakukan secara berkala untuk mengurangi jumlah padatan terlarut dalam air ketel. Adapun blowdown pada bagian dasar boiler (bottom blowdown) berfungsi untuk membuang kotoran berupa lumpur (sludge) yang mengendap didalam ketel.

Parameter-parameter air yang perlu dipertimbangkan untuk dilakukan blowdown adalah sebagai berikut.

## 1. Total solid

Dari sudut pandang teknis, pengukuran gravimetri merupakan metode yang tepat untuk menentukan padatan total air ketel, namun metode ini jarang digunakan karena analisis memakan waktu dan terlalu sulit untuk kontrol rutin. Juga, perbandingan kandungan padatan total air ketel dengan kandungan padatan total *feed water* tidak selalu memberikan ukuran yang akurat dari konsentrasi air umpan didalam ketel, karena hal berikut:

- a. Sampel air mungkin tidak menunjukkan kandungan padatan tersuspensi yang sebenarnya karena padatan cenderung membentuk endapan.
- b. Internal treatment dapat menambahkan padatan pada air ketel.
- c. Kandungan bikarbonat dan karbonat dapat membebaskan gas karbon dioksida dan menurunkan padatan total dalam air ketel.

## 2. Padatan Terlarut

Konduktansi spesifik dari air ketel merupakan ukuran yang tidak langsung dari padatan terlarut dan biasanya dapat digunakan untuk mengontrol blowdown. Namun, menetapkan tingkat blowdown atas dasar konduktansi spesifik relatif dari air umpan dan air boiler tidak memberikan ukuran langsung dari konsentrasi dalam air umpan ketel. Konduktansi spesifik dipengaruhi oleh hilangnya karbon dioksida dengan uap dan pengendapan padatan sebagai internal treatment. Selain itu, konduktansi spesifik feedwater (larutan encer) dan air ketel (larutan pekat) tidak dapat dibandingkan secara langsung.

3. Silika, Alkalinity, Sodium, Lithium, dan molibdat.

Dalam keadaan tertentu, pengukuran kadar silika dan alkalinitas air ketel dapat digunakan untuk mengontrol blowdown. Sodium, lithium, dan molibdat telah digunakan untuk perhitungan akurat suku blowdown dalam unit tekanan tinggi dimana air bebas mineral digunakan sebagai air umpan.

4. Klorida

Jika konsentrasi klorida dalam air umpan cukup tinggi untuk mengukur secara akurat, dapat digunakan untuk mengontrol blowdown dan untuk menghitung laju blowdown. Karena tidak ada endapan klorida dalam air ketel, konsentrasi klorida relatif dalam air umpan dan ketel memberikan dasar yang akurat untuk menghitung laju blowdown.

Uji klorida tidak cocok untuk perhitungan ketika klorida feedwater terlalu rendah untuk menentukan akurat. Sebuah kesalahan analisis sedikit dalam menentukan konten feedwater klorida akan menyebabkan kesalahan yang cukup dalam menghitung tingkat blowdown.

Berikut ini adalah perhitungan besarnya jumlah air yang harus terbuang melalui blowdown.

$$\text{Blowdown rate} = \frac{F \cdot S}{B - F}$$

Dimana : F = Feed water TDS

S = Boiler capacity

B = TDS Boiler target

Dari rumus diatas dipakai untuk menghitung laju blowdownnya menghasilkan angka sebagai berikut.

$$F = 20 \text{ ppm}$$

$$S = 10.000 \text{ kg/jam}$$

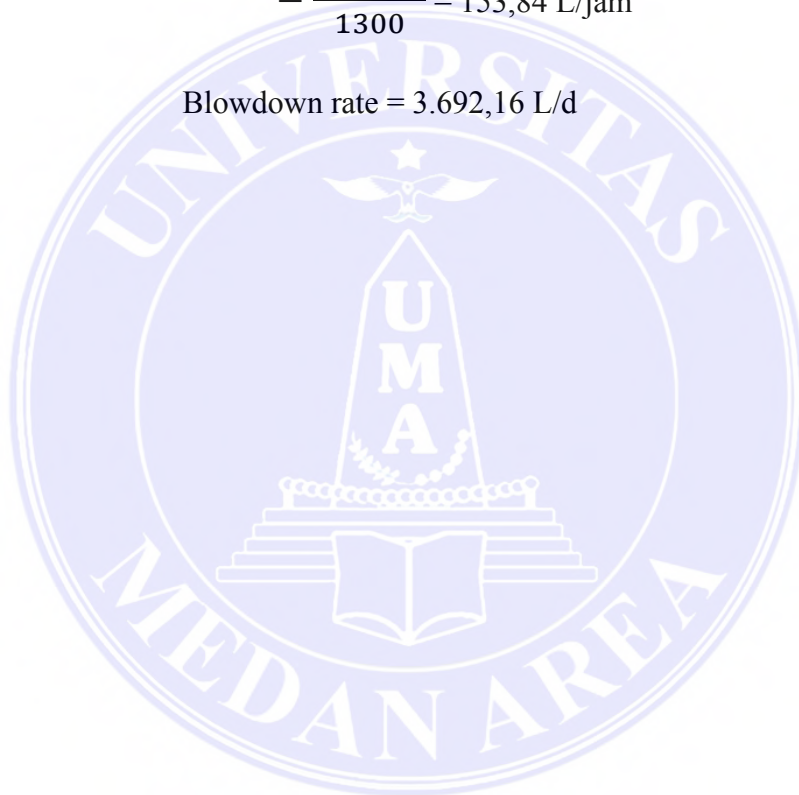
$$B = 1340 \text{ ppm}$$

$$\text{Blowdown rate} = \frac{20 \times 10.000}{1340 - 20}$$

$$= \frac{20 \times 10.000}{1320 - 20}$$

$$= \frac{200.000}{1300} = 153,84 \text{ L/jam}$$

$$\text{Blowdown rate} = 3.692,16 \text{ L/d}$$



## BAB III

### METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan pengujian ini penulis menggunakan metode pengujian dan prosedur pengujian. Sehingga langkah-langkah serta tujuan dari pengujian yang dilakukan dapat sesuai dengan apa yang diharapkan.

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

##### a. Tempat penelitian

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

##### b. Waktu penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 2 minggu, awal bulan mei, tgl 14 mei sampai selesai tgl 28 mei 2018.

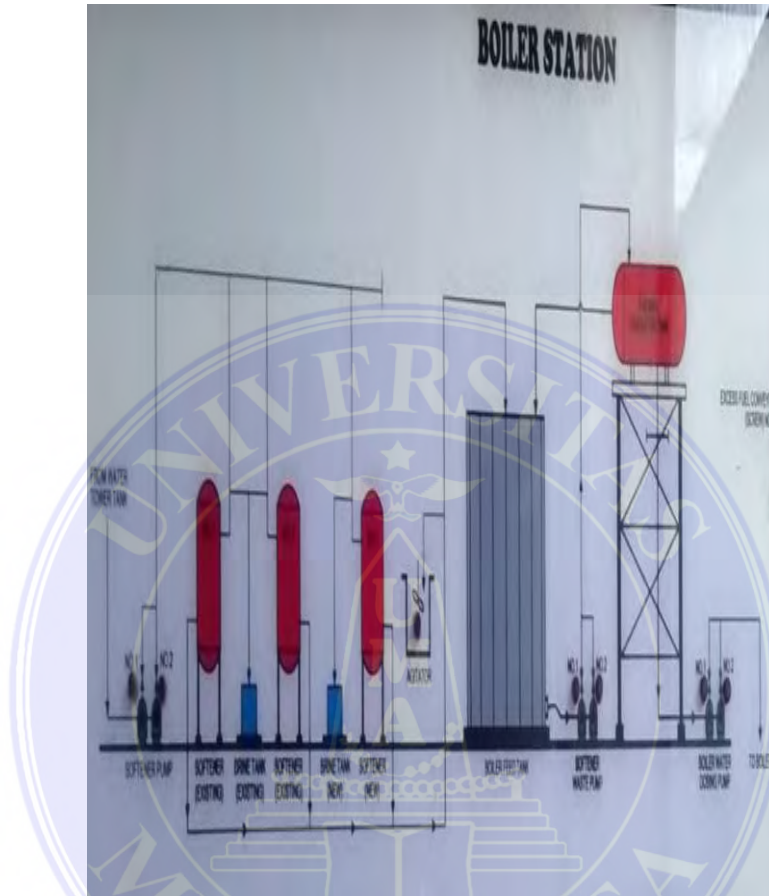
Waktu penelitian di mulai dari persetujuan judul skripsi yang diberikan oleh ketua program studi, pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi dinyatakan selesai.

**Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian**

No	Kegiatan	MEI			
		Minggu	minggu	minggu	Minggu
		I	II	III	IV
1	Studi Literatur				
2	Pengenalan alat				
3	Analisis Data				
4	Pembahasan				
5	Pembuatan Laporan				



Pada perancangan pabrik ini dibentuk suatu sistem pengolahan air yang akan digunakan untuk keperluan-keperluan operasi dan utilitas. Tahapan-tahapan pengolahan air ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Sistem pengolahan air

### 3.2 Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air ini diuraikan sebagai berikut :

#### a. Screening

*Screening* berfungsi untuk mencegah kotoran yang berukuran besar masuk dalam bak pengendap awal (Hanum, 2002)

### **b. Pengendapan Awal**

Pengendapan awal berfungsi untuk mengendapkan kotoran yang berwujud lumpur dan pasir (Hanum 2002). Pada bak sedimentasi mempunyai waktu tinggal selama 2-4 jam (powell, 1954).

### **c. Penggumpalan/Koagulasi**

Air dari bak pengendap dialirkan ke bak penggumpal. Proses koagulasi adalah proses pemisahan partikel halus yang dapat mengeruhkan air. Proses ini dilakukan dengan menambahkan bahan penggumpal ke dalam air. (Said dan Ruliarsih, 2011).

Dengan penambahan koagulan akan menyebabkan terbentuknya gumpalan pengotor dalam air. Setelah itu air didiamkan beberapa saat sehingga flok akan membesar dan lekas mengendap.

Pada pengolahan air di pabrik propilen glikol ini dipilih penggumpal tawas. Karena tawas merupakan koagulan yang paling baik diantara koagulan yang lain, harganya relatif murah dan mudah diperoleh dipasaran.

Jika kekeruhan air tinggi maka penambahan tawas juga semakin banyak, dan jika kekeruhan air semakin rendah maka penambahan tawas relatif sedikit. Jadi penambahan koagulan tergantung pada tingkat kekeruhan air.

Apabila alkalinitas air tidak seimbang dengan dosis tawas perlu ditambahkan alkalinitas. Alkalinitas yang umum digunakan adalah larutan kapur ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) atau soda abu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (Hanum,2002)

#### **d. Clarifier**

*Clarifier* biasa digunakan untuk tempat pembentukan flok. Pada *clarifier* terjadi pemisahan antara air bersih dan air yang kotor. Untuk air kotor akan diendapkan di *blow down* sedangkan air bersih akan dialirkan ke bak penyaring melalui pipa-pipa.

#### **e. Filtrasi**

Penyaring yang digunakan pada proses ini adalah filter saringan cepat (*Rapid Sand Filter*). Saringan ini berupa bak yang berisi pasir kwarsa yang berfungsi untuk menyaring flok halus dan kotoran lain yang lolos dari *clarifier*.

Pembuatan media penyaring biasa dibuat lebih dari satu lapisan pasir kwarsa dengan mesh tertentu. Air yang dialirkan ke bawah melalui media itu akan tersaring oleh pasir kwarsa. Untuk zat yang tidak larut dalam air akan tertahan pasir kwarsa, sedangkan air bersih akan terkumpul di bagian dasar dan kemudian dilairkan ke bak penampung sementara (Hanum, 2002).

#### **f. Unit pengolahan air untuk perumahan dan perkantoran**

Air ini digunakan untuk memenuhi keperluan sehari-hari. Air yang semula dari bak penyaring dialirkan ke bak penampung sementara, kemudian dialirkan ke tangki klorinator untuk ditambahkan klorin.

Setelah itu air dimasukkan dalam tangki karbon aktif untuk proses karbonasi. Tujuannya agar saat dikonsumsi air tidak berbau dan menghilangkan kandungan kaporit yang ada dalam air.

#### **g. Unit pengolahan air untuk umpan boiler**

Untuk pengolahan air umpan *boiler* ini menggunakan sistem demineralisasi. Proses ini sangat mendukung untuk pengolahan air sungai,

karena kandungan garam dalam air sungai relatif rendah. Selain itu alasan pemilihan sistem penukar ion adalah:

1. Volume dan komposisi air
2. Persyaratan kualitas hasil pengolahan sesuai dengan tujuan penggunaannya.
3. Modal biaya dan operasi Dibutuhkan demineralisasi karena BFW (*Boiler feed water*) memerlukan syarat-syarat :
  - a) Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang diinginkan jika digunakan sebagai pemanas. Kerak dapat mengakibatkan penurunan efisiensi operasi, dan dapat mengakibatkan tidak dapat beroperasi sama sekali.
  - b) Bebas dari gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dapat mengakibatkan korosi.

Demineralisasi terdiri dari kation penukar yang mengambil ion positif dan anion penukar yang mengambil ion negatif. Bahan penukar yang digunakan berupa resin, resin ini apabila sudah dalam kondisi jenuh akan dapat diaktifkan lagi dengan cara diregenerasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> untuk penukar kation dan untuk penukar anion menggunakan NaOH.

### 1. *Cation exchanger*

Resin penukar kation ini dapat bersifat asam lemah ataupun asam kuat.

Dan fungsi penukar kation adalah sebagai berikut:

- a. Mengurangi kandungan garam kalsium dan magnesium yang dapat menimbulkan kesadahan.
- b. Mengurangi zat padatan yang terlarut (TDS)

- c. Mengurangi *Alkalinity* dari garam-garam alkali dan asam yang bersifat lemah.

Pertukaran antara ion kalsium, magnesium dengan ion-ion hidrogen di dalam *cation exchanger* menyebabkan garam-garam bikarbonat, sulfat, klorida dan silika berubah menjadi asam silikat, asam karbonat, asam klorida dan asam sulfat yang larut dalam air.

## 2. *Anion exchanger*

dialirkan melalui kation, langkah selanjutnya air dialirkan dalam tangki anion yang telah berisi resin yang mempunyai sifat basa kuat (*strong base anion*) atau basa lemah (*weak base anion*). Dan bahan yang biasa dipakai adalah NaOH. Beberapa fungsi dari penukar ion :

- a. Menyerap asam karbonat, asam sulfat, asam klorida dan silikat yang dihasilkan oleh penukar kation tersebut
- b. Mengurangi garam-garam mineral

Untuk menunjang proses industri, air yang keluar dari *anion exchanger* perlu dialirkan ke tangki air proses. Akan tetapi, perlu diperhatikan untuk air umpan *boiler* hendaknya air dari *anion exchanger* dialirkan ke deaerator terlebih dahulu guna menghindari kemungkinan sisa-sisa kation dan anion yang lolos. Diharapkan air yang keluar dari unit ini mempunyai pH berkisar antara 6,1-6,2 untuk selanjutnya dialirkan sebagai umpan *boiler*.

### 3.2 Tabel Uap

**TABLE A-2**  
**Properties of Saturated Water (Liquid–Vapor): Temperature Table**

Pressure Conversions:  
 1 bar = 0.1 MPa  
 1 MPa = 10 bar

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m <sup>3</sup> /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor $v_g$	Sat. Liquid $u_f$	Sat. Vapor $u_g$	Sat. Liquid $h_f$	Evap. $h_{fg}$	Sat. Vapor $h_g$	Sat. Liquid $s_f$	Sat. Vapor $s_g$	
.01	0.00611	1.0002	206.136	0.00	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.0000	9.1562	.01
4	0.00813	1.0001	157.232	16.77	2380.9	16.78	2491.9	2508.7	0.0610	9.0514	4
5	0.00872	1.0001	147.120	20.97	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	0.0761	9.0257	5
6	0.00935	1.0001	137.734	25.19	2383.6	25.20	2487.2	2512.4	0.0912	9.0003	6
8	0.01072	1.0002	120.917	33.59	2386.4	33.60	2482.5	2516.1	0.1212	8.9501	8
10	0.01228	1.0004	106.379	42.00	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.9008	10
11	0.01312	1.0004	99.857	46.20	2390.5	46.20	2475.4	2521.6	0.1658	8.8765	11
12	0.01402	1.0005	93.784	50.41	2391.9	50.41	2473.0	2523.4	0.1806	8.8524	12
13	0.01497	1.0007	88.124	54.60	2393.3	54.60	2470.7	2525.3	0.1953	8.8285	13
14	0.01598	1.0008	82.848	58.79	2394.7	58.80	2468.3	2527.1	0.2099	8.8048	14
15	0.01705	1.0009	77.926	62.99	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.7814	15
16	0.01818	1.0011	73.333	67.18	2397.4	67.19	2463.6	2530.8	0.2390	8.7582	16
17	0.01938	1.0012	69.044	71.38	2398.8	71.38	2461.2	2532.6	0.2535	8.7351	17
18	0.02064	1.0014	65.038	75.57	2400.2	75.58	2458.8	2534.4	0.2679	8.7123	18
19	0.02198	1.0016	61.293	79.76	2401.6	79.77	2456.5	2536.2	0.2823	8.6897	19
20	0.02339	1.0018	57.791	83.95	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.6672	20
21	0.02487	1.0020	54.514	88.14	2404.3	88.14	2451.8	2539.9	0.3109	8.6450	21
22	0.02645	1.0022	51.447	92.32	2405.7	92.33	2449.4	2541.7	0.3251	8.6229	22
23	0.02810	1.0024	48.574	96.51	2407.0	96.52	2447.0	2543.5	0.3393	8.6011	23
24	0.02985	1.0027	45.883	100.70	2408.4	100.70	2444.7	2545.4	0.3534	8.5794	24
25	0.03169	1.0029	43.360	104.88	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.5580	25
26	0.03363	1.0032	40.994	109.06	2411.1	109.07	2439.9	2549.0	0.3814	8.5367	26
27	0.03567	1.0035	38.774	113.25	2412.5	113.25	2437.6	2550.8	0.3954	8.5156	27
28	0.03782	1.0037	36.690	117.42	2413.9	117.43	2435.2	2552.6	0.4093	8.4946	28
29	0.04008	1.0040	34.733	121.60	2415.2	121.61	2432.8	2554.5	0.4231	8.4739	29
30	0.04246	1.0043	32.894	125.78	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4369	8.4533	30
31	0.04496	1.0046	31.165	129.96	2418.0	129.97	2428.1	2558.1	0.4507	8.4329	31
32	0.04759	1.0050	29.540	134.14	2419.3	134.15	2425.7	2559.9	0.4644	8.4127	32
33	0.05034	1.0053	28.011	138.32	2420.7	138.33	2423.4	2561.7	0.4781	8.3927	33
34	0.05324	1.0056	26.571	142.50	2422.0	142.50	2421.0	2563.5	0.4917	8.3728	34
35	0.05628	1.0060	25.216	146.67	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	8.3531	35
36	0.05947	1.0063	23.940	150.85	2424.7	150.86	2416.2	2567.1	0.5188	8.3336	36
38	0.06632	1.0071	21.602	159.20	2427.4	159.21	2411.5	2570.7	0.5458	8.2950	38
40	0.07384	1.0078	19.523	167.56	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	8.2570	40
45	0.09593	1.0099	15.258	188.44	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	8.1648	45

H<sub>2</sub>O

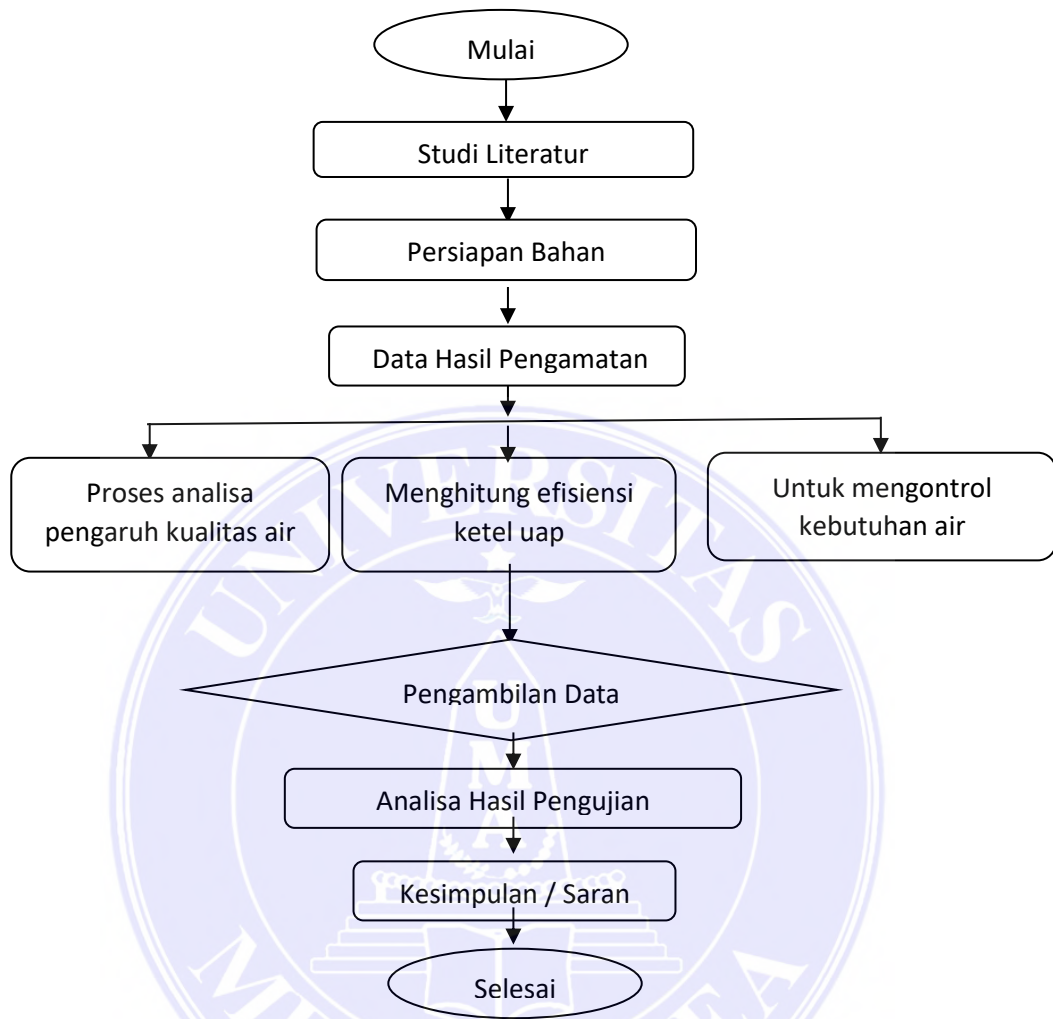
**TABLE A-2**

(Continued)

Temp. °C	Press. bar	Specific Volume m <sup>3</sup> /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg · K		Temp. °C
		Sat. Liquid $v_f \times 10^3$	Sat. Vapor $v_g$	Sat. Liquid $u_f$	Sat. Vapor $u_g$	Sat. Liquid $h_f$	Evap. $h_{fg}$	Sat. Vapor $h_g$	Sat. Liquid $s_f$	Sat. Vapor $s_g$	
50	.1235	1.0121	12.032	209.32	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	8.0763	50
55	.1576	1.0146	9.568	230.21	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.9913	55
60	.1994	1.0172	7.671	251.11	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.9096	60
65	.2503	1.0199	6.197	272.02	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	7.8310	65
70	.3119	1.0228	5.042	292.95	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	7.7553	70
75	.3858	1.0259	4.131	313.90	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	7.6824	75
80	.4739	1.0291	3.407	334.86	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	7.6122	80
85	.5783	1.0325	2.828	355.84	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	7.5445	85
90	.7014	1.0360	2.361	376.85	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	7.4791	90
95	.8455	1.0397	1.982	397.88	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	7.4159	95
100	1.014	1.0435	1.673	418.94	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	7.3549	100
110	1.433	1.0516	1.210	461.14	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	7.2387	110
120	1.985	1.0603	0.8919	503.50	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	7.1296	120
130	2.701	1.0697	0.6685	546.02	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	7.0269	130
140	3.613	1.0797	0.5089	588.74	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	6.9299	140
150	4.758	1.0905	0.3928	631.68	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	6.8379	150
160	6.178	1.1020	0.3071	674.86	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	6.7502	160
170	7.917	1.1143	0.2428	718.33	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	6.6663	170
180	10.02	1.1274	0.1941	762.09	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	6.5857	180
190	12.54	1.1414	0.1565	806.19	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	6.5079	190
200	15.54	1.1565	0.1274	850.65	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	6.4323	200
210	19.06	1.1726	0.1044	895.53	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	6.3585	210
220	23.18	1.1900	0.08619	940.87	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	6.2861	220
230	27.95	1.2088	0.07158	986.74	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	6.2146	230
240	33.44	1.2291	0.05976	1033.2	2604.0	1037.3	1766.5	2803.8	2.7015	6.1437	240
250	39.73	1.2512	0.05013	1080.4	2602.4	1085.4	1716.2	2801.5	2.7927	6.0730	250
260	46.88	1.2755	0.04221	1128.4	2599.0	1134.4	1662.5	2796.6	2.8838	6.0019	260
270	54.99	1.3023	0.03564	1177.4	2593.7	1184.5	1605.2	2789.7	2.9751	5.9301	270
280	64.12	1.3321	0.03017	1227.5	2586.1	1236.0	1543.6	2779.6	3.0668	5.8571	280
290	74.36	1.3656	0.02557	1278.9	2576.0	1289.1	1477.1	2766.2	3.1594	5.7821	290
300	85.81	1.4036	0.02167	1332.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	5.7045	300
320	112.7	1.4988	0.01549	1444.6	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4480	5.5362	320
340	145.9	1.6379	0.01080	1570.3	2464.6	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	5.3357	340
360	186.5	1.8925	0.006945	1725.2	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	5.0526	360
374.14	220.9	3.155	0.003155	2029.6	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	4.4298	374.14

Source: Tables A-2 through A-5 are extracted from J. H. Keenan, F. G. Keyes, P. G. Hill, and J. G. Moore, *Steam Tables*, Wiley, New York, 1969.

### 1.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.2 boiler di pabrik PT. Perkebunan Lembah Bhakti, Agro Lestari Aceh Singkil.



## 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 11/4/19

Access From ([repository.uma.ac.id](http://repository.uma.ac.id))

## BAB V

### KESIMPULAN

Secara umum permasalahan ketel uap yang berhubungan dengan kondisi dan kualitas air dapat kami simpulkan sebagai berikut.

1. Air yang diumpan ketel uap harus memenuhi spesifikasi yang diberikan oleh pabrik pembuatnya. Air harus bersih, tidak berwarna dan bebas dari kotoran yang tersuspensi.
2. Ph 8 hingga 10 memperlambat aksi atau korosi. Ph kurang dari 7 mempercepat korosi dikarenakan aksi asam.
3. Air harus bebas dari minyak–hal ini akan menyebabkan priming (permukaan air ketel bergelombang)
4. Padatan totalnya harus dijaga dibawah nilai dimana pencemaran air dalam ketel menjadi berlebihan yang berakibat pada timbulnya endapan dan kerak dan dimungkinkan terbawa oleh uap.
5. Plant pengolahan air yang tepat harus dipasang untuk menjamin kemurnian air, dan sejumlah bahan kimia harus ditambahkan untuk pengendalian kualitas air umpan ketel selanjutnya.
6. Blowdown harus diatur ulang bila terjadi kenaikan kosentrasi melebihi batas yang di perbolehkan seperti yang sudah ditetapkan pabrik pembuatan.
7. Alkalinitas tidak boleh melebihi 20 % dari kosentrasi total.
8. Ketinggian air ketel harus dijaga dengan benar. Biasanya disediakan 2 buah kaca pemantau untuk menyakinkan hal ini.

9. Para operator harus mem-blowdown secara teratur dan cepat, atau paling tidak sekali perhari jika boiler dioperasikan kurang dari 24 jam sehari.
10. Operator harus membuat daftar pemeriksaan daftar berkala ( lembar kerja ) yang berfungsi untuk memastikan pemeriksaan rutin dilakukan secara teratur dan konsisten.
11. Menghindari segala kemungkinan yang bisa berakibat terjadinya kecelakaan kerja sekecil apapun.



## DAFTAR PUSTAKA

Santoso Budi, *santosobudi @yahoo.com*

*Himpunan Peraturan Perundangan Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Jakarta, Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. 2010.

*Pedoman Teknis Keselamatan dan Kesehatan Kerja Bidang Uap dan Listrik*, Jakarta, Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional 1984.

Beumar.BJM, *Ilmu Bahan Logam*, Jakarta, Bhatara. 1980.

PT.Sarana Multiniaga Internasional. ALL Rights Reserved. Developed by prowed .2007

Syamsir A.Muin. 1988” *Pesawat-pesawat Koversi energi I*” Edisi Pertama, Penerbit ,CV. Rajawali, Jakarta.

M.J 2006 Djokosetyardyo “Penerbit PT. Prandya Paramita, Jakarta.

