

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Dunia industri dewasa ini mengalami perkembangan pesat. Perkembangan itu ditandai dengan berkembangnya ilmu dan teknologi yang akhirnya akan mengakibatkan bertambahnya persaingan khususnya dikalangan industri, sehingga manusia dituntut untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi perkembangan ilmu dan teknologi dibidangnya masing - masing.

Ketel uap merupakan suatu pesawat tenaga yang banyak digunakan dan dianggap layak dalam dunia industri di negara kita. Disamping fluida utamanya berupa air, banyak tersedia serta murah, uap hasil ketel dapat juga digunakan untuk beberapa hal misalkan sebagai penggerak mula juga bisa sebagai pemanas.

Berawal dari hal diatas, penulis memandang masih sangat penting untuk mengangkat topik ketel uap dalam Laporan Tugas Akhir yang lengkap dan jelas.

I.2. Pembatasan Masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini, penulis akan merencanakan ulang ketel uap pipa api yang ada di PG. Tasikmadu Karanganyar.

Data ketel uap pipa api sebagai berikut :

- *Manufacture* : Gebr Stork & CO Hengelo
- Kapasitas uap : 12 ton/hour
- Tekanan kerja : 8 kg/cm²
- Suhu *superheated steam* : 464 ° F
- Bahan bakar : ampas tebu (*bagasse*)

I.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menambah wawasan dan pengetahuan yang berkaitan dengan disiplin ilmu yang penulis pelajari khususnya mengenai ketel uap.
2. Untuk menerapkan teori-teori yang penulis peroleh di bangku kuliah selama ini.
3. Memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Strata Satu pada Jurusan k Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

I.4. Metode Perencanaan

1. Metode langsung

Data diperoleh langsung dari sumber atau obyek perencanaan dan diolah sebagai data utama.

Metode ini ada dua macam, yaitu:

- a. Metode survei, yaitu pengumpulan data dengan cara melakukan wawancara secara langsung dengan pihak terkait.
- b. Metode observasi, yaitu pengumpulan data dengan cara mengamati dan mencatat secara langsung ke lokasi atau obyek dengan proses dan bentuk fisik peralatan dengan data yang akurat sesuai kebutuhan.

2. Metode tak langsung

Data diperoleh dengan cara tidak langsung dari lokasi atau obyek perencanaan namun tetap ada hubungannya.

Metode ini ada dua macam, yaitu:

- a. Metode literatur, yaitu mengumpulkan data sesuai dengan pokok masalah yang dibahas dengan cara mengadakan riset perpustakaan.
- b. Metode brosur, yaitu mencocokkan segala bentuk data yang dikeluarkan oleh instansi atau perusahaan, baik berbentuk tulisan atau gambar dengan data fisik pada alat yang ada.

I.5. Pengetahuan Mengenai Ketel Uap

I.5.1. Pengertian ketel uap

Ketel uap (*boiler*) adalah suatu pesawat tenaga yang mengubah air menjadi uap dengan jalan pemanasan pada temperatur dan tekanan tertentu melalui proses pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di dalam dapur (*Furnace*).

Secara umum ketel uap terdiri dari dua komponen utama, yaitu :

- a) Dapur (*Furnace*), sebagai alat yang berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi panas.
- b) Alat penguap (*Evaporator*), sebagai alat yang berfungsi untuk mengubah energi pembakaran menjadi energi uap.

Komponen pendukung lainnya adalah :

- a) Cerobong asap, dengan berfungsinya cerobong pada tarikan gas asapnya memungkinkan dapur dapat bekerja secara efektif.
- b) Sistem pemipaan, pipa – pipa api pada ketel uap pipa api berfungsi sebagai penghantar kalor yang efektif antara nyala api atau gas panas dengan air ketel.
- c) Superheater, Ekonomiser dan Airheater, alat yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi ketel.

Faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan dan pemilihan ketel uap, antara lain :

- Kapasitas ketel
- Tekanan dan temperatur kerja ketel
- Jenis bahan bakar yang dipergunakan
- Air isian ketel
- Biaya pembuatan dan perawatan ketel

Ketentuan ketel uap yang ideal dapat dituliskan sebagai berikut :

- Konstruksi sederhana, sehingga pembuatan, operasi dan perawatan murah serta tidak memerlukan tempat yang luas.
- Harus menghasilkan jumlah uap yang maksimum dengan bahan bakar minimum.
- Sirkulasi air harus baik, agar diperoleh temperatur yang merata untuk seluruh bagian ketel.
- Perangkat pembakar harus dapat membakar campuran bahan bakar dengan udara secara sempurna sehingga dapat menghasilkan panas yang optimal.
- Alat-alat perlengkapan ketel harus memadai, sehingga ketel dapat bekerja secara optimal dan aman.

I.5.2. Klasifikasi ketel uap

Ketel uap dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas antara lain didasarkan pada :

1. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, maka ketel uap diklasifikasikan sebagai :
 - a. Ketel uap pipa api (*fire tube boiler*)

Jenis-jenis ketel uap pipa api adalah ketel Scotch, ketel Lokomotif dan ketel de Schelder.
 - b. Ketel uap pipa air (*water tube boiler*)

Jenis-jenis ketel uap pipa air adalah ketel Yarrow, ketel Babcock dan Wilcox.

2. Berdasarkan pemakaiannya, ketel dapat diklasifikasikan sebagai:

a. Ketel stationer (*stationary boiler*)

Yang termasuk ketel stationer adalah ketel untuk pembangkit tenaga, ketel untuk industri.

b. Ketel mobil (*mobile boiler*)

Jenis-jenis ketel mobil adalah ketel lokomotif, ketel kapal (*marine boiler*).

3. Berdasarkan jumlah lorong (*boiler tube*), ketel diklasifikasikan sebagai :

a. Ketel dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*)

Jenis-jenis ketel dengan lorong tunggal adalah Cornish Boiler dan Simple Vertikal Boiler.

b. Ketel dengan lorong ganda (*multi tubuler steam boiler*)

Jenis-jenis ketel dengan lorong ganda adalah ketel Scotch dan ketel Babcock dan Wilcox.

4. Tergantung kepada poros tutup drum (*shell*), ketel diklasifikasikan sebagai :

a. Ketel tegak (*vertikal steam boiler*)

Jenis-jenis ketel tegak adalah ketel Cochran, ketel Clarkson.

b. Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*)

Jenis-jenis ketel mendatar adalah ketel Cornish, ketel Lancashire, ketel Scotch.

5. Menurut sistem peredaran air ketel (*water circulation*), ketel diklasifikasikan sebagai :

a. Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*)

Jenis-jenis ketel dengan peredaran alam adalah ketel Lancashire, ketel Babcock dan Wilcox.

b. Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*)

Jenis-jenis ketel dengan peredaran paksa adalah ketel Lamont, ketel Benson, ketel Loeffler dan ketel Velcan.

I.5.3. Ketel uap lorong api

Ketel uap lorong api konstruksinya sederhana, hanya terdiri dari sebuah tangki air yang di dalamnya terdapat silinder kecil yang disebut lorong api. Ketel uap lorong api hanya cocok digunakan untuk ketel yang berkapasitas dan bertekanan kerja relatif kecil.

Karakteristik ketel uap lorong api adalah :

- Tekanan kerja ≤ 10 atm
- Kapasitas uap hasil ≤ 5 ton/jam
- Volume air didalam ketel besar jika dibanding luas pemanas sehingga pemanasan awal sangat lama

Keuntungan ketel uap lorong api :

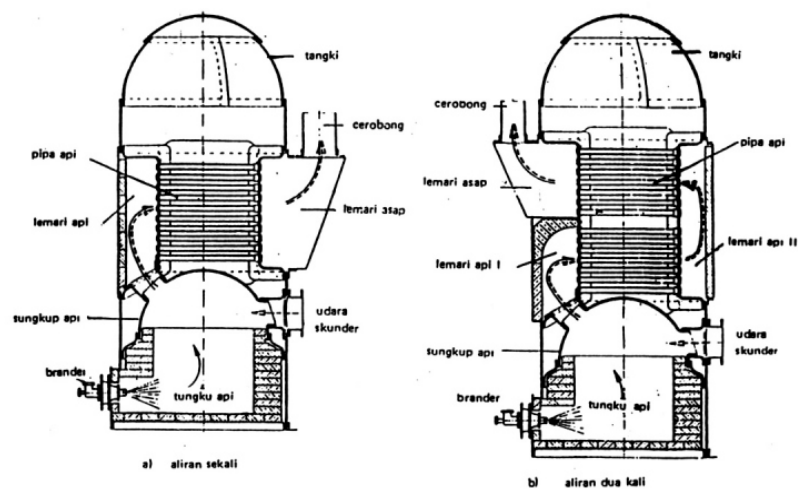
- Air isian ketel tidak harus yang berkualitas tinggi.
- Konstruksinya sederhana, sehingga perawatannya mudah.
- Dapat melayani perubahan beban atau kapasitas besar karena volume air isian besar.

Kelemahan ketel uap lorong api :

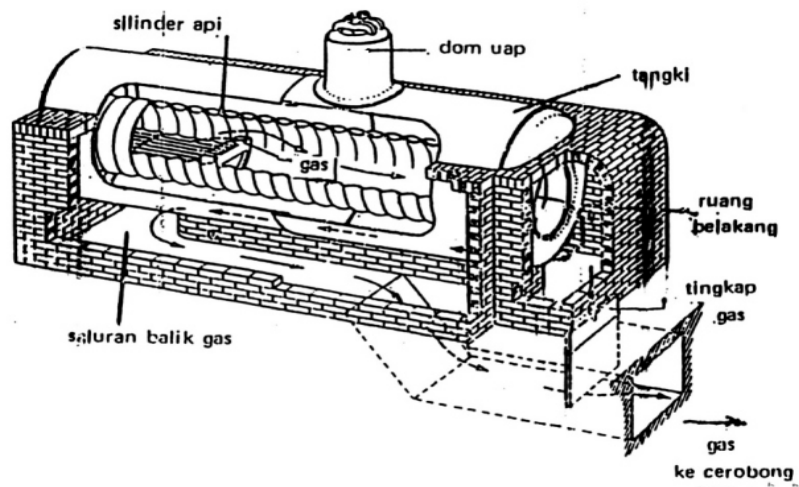
- Volume air di dalam ketel besar bila dibanding dengan luas pemanas (*heating surface*) sehingga pemanasan awal sangat lama.
- Efisiensi ketel rendah.
- Kapasitas uap dan tekanan kerja rendah.

Adapun jenis-jenis ketel uap lorong api adalah :

- Ketel Cornish
- Ketel Lancashire
- Ketel Lorong api tegak



Gambar 1.1 Ketel Cornish



Gambar 1.2 Ketel Lancashire

I.5.4. Ketel Uap Pipa Api

Ketel uap pipa api konstruksinya terdiri dari sebuah tangki silinder yang berisi air, di dalamnya terdapat lorong api dan susunan pipa-pipa yang dinamakan pipa api, dimana pipa-pipa api tersebut dialiri gas panas hasil pembakaran dan panas yang dihasilkan akan diberikan kepada air di sekelilingnya.

Ketel uap lorong api maupun pipa-pipa api semua berada atau terendam di dalam air yang akan diuapkan. Volume air kira-kira $\frac{3}{4}$ dari tangki ketel. Adapun fungsi dari pipa-pipa tersebut adalah untuk menambah luas permukaan bidang pemanas, dengan demikian akan mempercepat dan mempertinggi produksi uap di dalam ketel.

Keuntungan ketel uap pipa api :

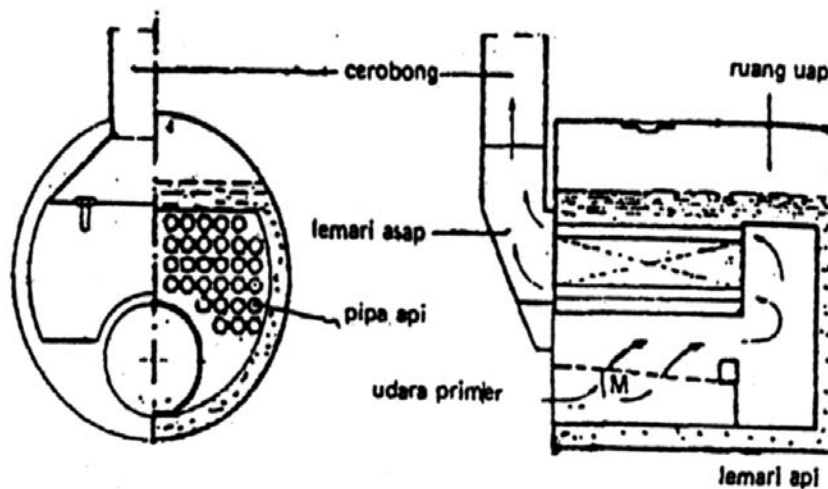
- Konstruksi sederhana, sehingga perawatan mudah.
- Air isian memerlukan kualitas yang tinggi.

Kelemahan uap pipa api :

- Tekanan uap hasil rendah dibanding dengan ketel uap pipa air.
- Kapasitas ketel kecil dibanding kapasitas ketel uap pipa air.
- Pemanasan fluida relatif lama dibanding ketel uap pipa air.

Adapun jenis-jenis ketel uap pipa api adalah :

- Ketel Scotch
- Ketel Cochran



Gambar 1.3. Ketel Scotch

I.5.5 Ketel Uap Pipa Air

Ketel uap pipa air terdiri dari susunan pipa-pipa yang di dalamnya berisi air yang akan dipanaskan. Sedangkan gas panasnya mengitari dari luar pipa-pipa tersebut. Dengan demikian luas bidang pemanasnya terdapat pada bidang luar pipa, karena air isian ketel sangat kecil maka dapat membentuk uap dengan lebih cepat.

Keuntungan ketel uap pipa air dibandingkan dengan ketel uap pipa api adalah :

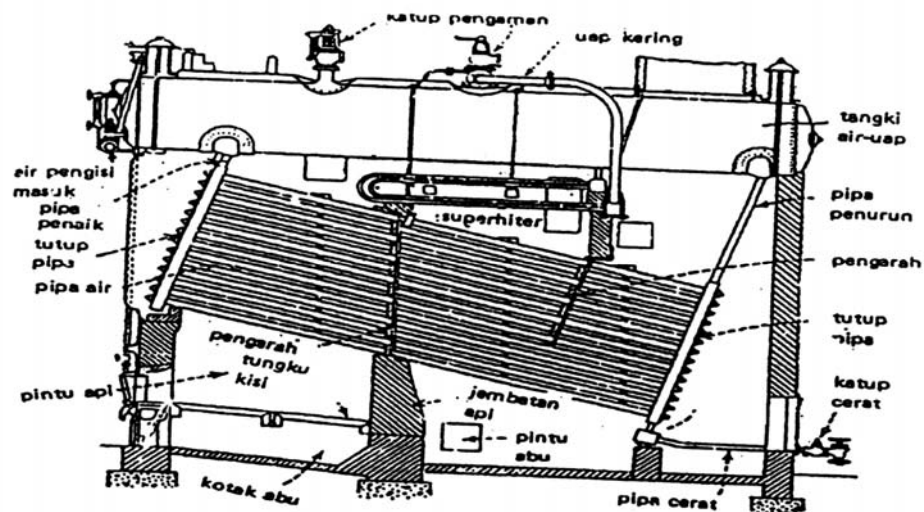
- Dapat bekerja pada tekanan tinggi.
- Dapat menghasilkan uap lebih besar dan cepat, karena peredaran air didalam pipa berjalan lancar.
- Berat ketel relatif ringan dibanding kapasitas ketel.

Kerugian ketel uap pipa air dibandingkan ketel uap pipa api adalah :

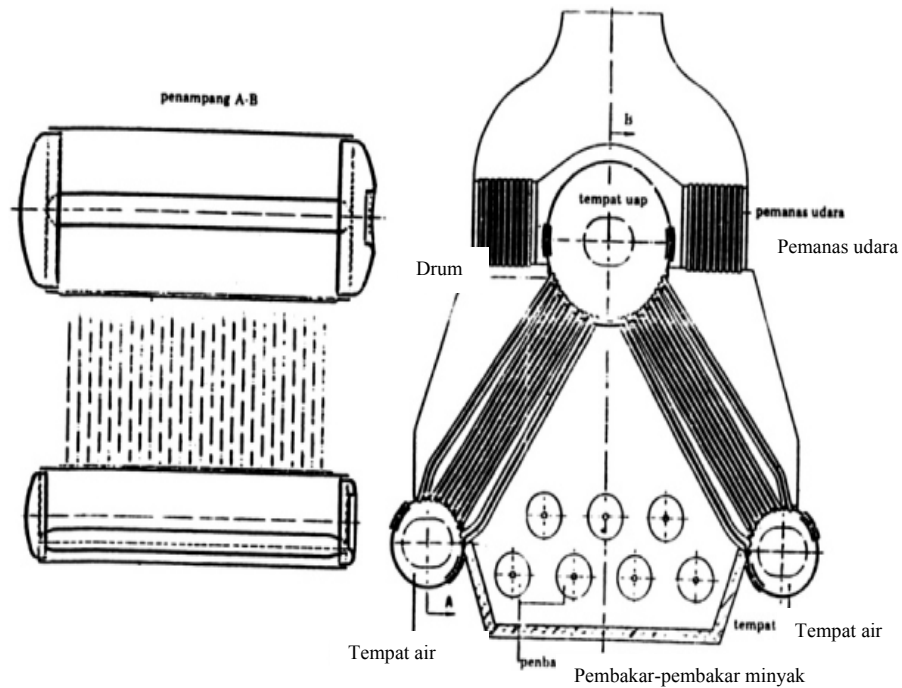
- Konstruksi lebih rumit, banyak pipa – pipa.
- Air isian ketel menggunakan air isian yang berkualitas tinggi.
- Membutuhkan pengatur pengisi otomatis, karena harus hati-hati dalam menjaga air di dalam ketel dan produksi uap sangat cepat.

Adapun jenis-jenis ketel uap pipa air adalah :

- Ketel Babcock and Wilcox
- Ketel Yarrow



Gambar 1.4. Ketel Babcock and Wilcox



Gambar 1.5. Ketel Yarrow

I.6. Termodinamika

I.6.1 Uap dan macamnya

Uap merupakan hasil produksi dari ketel uap yang berasal dari air yang dipanaskan di dalam ketel. Uap mempunyai tekanan (P), temperatur (T) dan entalpi (h). Entalpi adalah sejumlah kalor yang diperlukan oleh ketel untuk memanaskan air menjadi uap.

a) Uap jenuh (*saturated Steam*)

Uap jenuh (*saturated steam*) adalah uap yang masih mengandung uap air.

Ciri-ciri uap jenuh adalah :

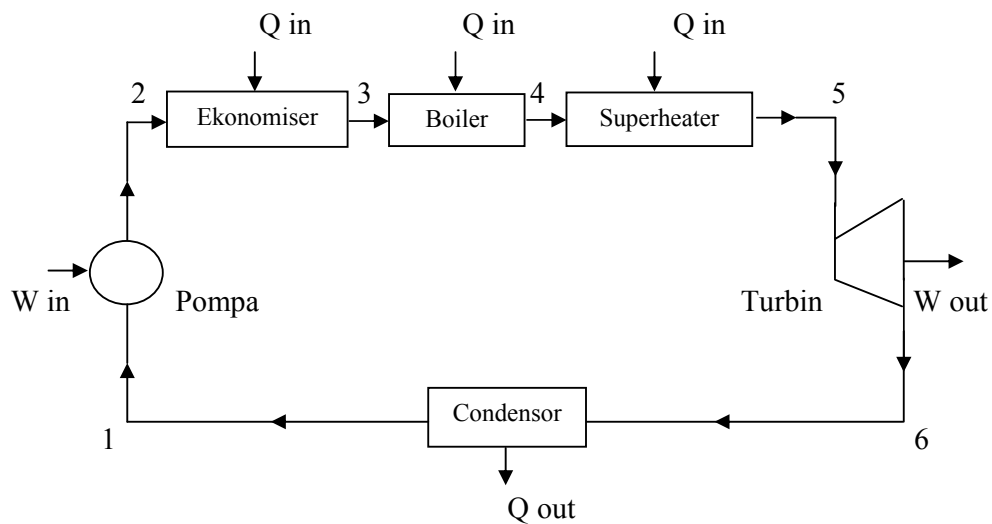
1. Temperatur uap dan temperatur air dalam keadaan sama
2. Pada saat temperatur diturunkan, uap akan mengembun menjadi air

b) Uap panas lanjut (*superheated steam*)

Uap panas lanjut (*superheated steam*) adalah uap jenuh yang mengalami pemanasan lanjut di dalam superheater. Pemanasan uap ini berlangsung pada tekanan tetap atau *isobaris*, sedangkan suhu dan entalpinya naik. Uap kering digunakan untuk menggerakkan turbin-turbin uap.

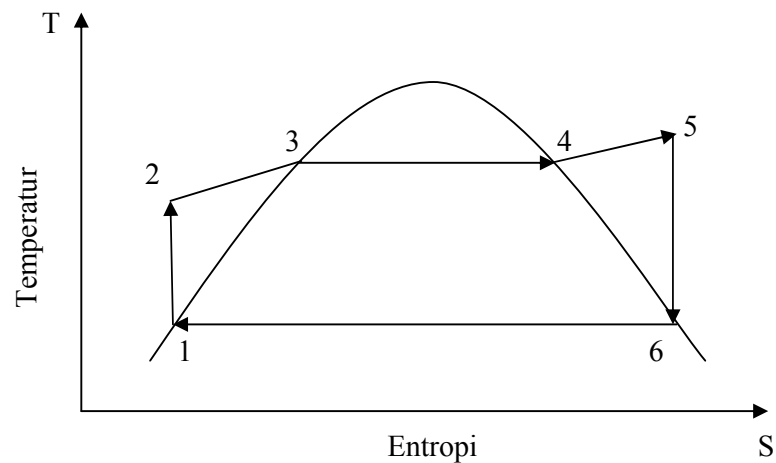
I.7. Siklus dasar pembentukan uap

Pembangkit tenaga uap didasarkan atas siklus Rankine. Siklus Rankine ini tersusun atas komponen-komponen utama yaitu pompa, boiler, turbin dan kondensor.



Gambar 1.6 Diagram blok Siklus Rankine

Siklus Rankine juga dapat diartikan sebagai siklus uap dan cairan.
Siklus ini digambarkan pada proses pembentukan tenaga uap di bawah ini :



Gambar 1.7. Diagram Proses pembentukan uap

Keterangan:

1 – 2 = Proses pemompaan

2 – 3 = Proses pemanasan air hingga mendekati titik didihnya

3 – 4 = Proses pendidihan sampai terbentuk uap jenuh

4 – 5 = Proses pembentukan uap panas lanjut

5 – 6 = Proses ekspansi isentropis dalam turbin

6 – 1 = Proses pengembunan pada tekanan konstan di dalam kondensor

I.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini memuat latar belakang, pembatasan masalah, tujuan penulisan, metode perencanaan dan pengetahuan mengenai ketel uap serta sistematika penulisan.

BAB II Air isian ketel uap

Pada bab ini dijelaskan tentang pencegahan terhadap pembentukan kerak dan lumpur, pencegahan terhadap pembuihan dan spesifikasi air isian ketel.

BAB III Pembakaran

Pada bab ini berisi tentang bahan bakar, reaksi pembakaran, kebutuhan bahan bakar, kebutuhan udara pembakaran, kapasitas gas asap hasil pembakaran dan temperatur pembakaran.

BAB IV Silinder api dan Pipa api

Pada bab ini dijelaskan mengenai perhitungan silinder api dan pipa api, kerugian tekanan gas asap dan tinjauan kekuatan tebal silinder api dan pipa api.

BAB V Drum ketel uap

Pada bab ini berisi tentang perhitungan drum ketel, perhitungan tebal dinding drum ketel, perhitungan tube plate, lemari api dan lemari asap.

BAB VI Batang tunjang dan pipa tunjang

Pada bab ini berisi tentang batang tunjang dan pipa tunjang serta data rancang bangun tube plate dan Ruang bakar.

BAB VII Superheater dan Ekonomiser

Pada bab ini berisi tentang perencanaan pipa-pipa, luas, konduktansi, kerugian tekanan gas asap, perhitungan tebal pipa, kerugian panas lewat dinding saluran dan kesetimbangan panas pada bagian Superheater dan Ekonomiser.

BAB VIII Cerobong Asap dan Efisiensi Ketel

Pada bab ini berisi perencanaan cerobong yang meliputi tarikan cerobong dan kerugian tekanan gas asap melalui cerobong serta perhitungan efisiensi pada ketel.

BAB IX Penyangga ketel dan konstruksi pengelasan

Pada bab ini berisi tentang perhitungan pada penyangga ketel uap pipa api dan konstruksi pengelasan pada ketel.

BAB X Perlengkapan dan alat bantu ketel

Pada bab ini memuat tentang perlengkapan ketel dan alat-alat bantu yang terdapat pada ketel uap pipa api.

BAB XI Penutup

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.