

**PERANCANGAN DRUM ATAS PADA KETEL
UAP KAPASITAS 25 TON PER JAM
UNTUK PROSES PRODUKSI**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh :

**MHD. RUDI HARDI
NPM : 11 813 0068**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2013**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/1/24

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)3/1/24

PERANCANGAN DRUM ATAS PADA KETEL UAP KAPASITAS 25 TON PER JAM UNTUK PROSES PRODUKSI

SKRIPSI

Oleh :

MHD. RUDI HARDI
NPM : 11 813 0068

Disetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II



(Ir. Husin Ibrahim, MT)



(Ir. H. Amirsyam Nst, MT)

Mengetahui :

Dekan

Ka. Program Studi


(Ir. Hj. Haniza, MT)


(Dr. Ar. Suditama, MT)

Tanggal Lulus : 28 September 2013

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 3/1/24

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

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai bagian dari kurikulum yang harus diselesaikan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Tugas Akhir ini berjudul **“Perancangan Drum Atas Pada Ketel Uap Kapasitas 25 Ton Per Jam Untuk Proses Produksi.”**

Selama penulis menjalani pendidikan di kampus hingga diselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. A. Ya'kub Matondang, MA, selaku Rektor Universitas Medan Area
2. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Ir. Suditama, MT, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Husin Ibrahim, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staff pegawai Administrasi/Biro Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

7. Ayahanda (Ismayadi) dan Ibunda (Ratnawati) tercinta, yang tidak pernah berhenti memberi dukungan, semangat dan doanya kepada saya dengan segala pengorbanan dan kasih sayang yang tidak ternilai besarnya.
8. Ibu Negara, Rabiatul Adawiyah, Am.Keb, atas spirit yang tiada habis-habisnya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Bapak Felix So, selaku Direktur PT. Agro Jaya Perdana.
10. Bapak Ir. Syamsir Lubis, selaku Kepala Personalia PT. Agro Jaya Perdana.
11. Rekan-rekan serta personil Boiler dan WTP PT. Agro Jaya Perdana.
12. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi pembahasan maupun teknik penyusunan laporan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki dan membangun dari pembaca sehingga Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih sempurna. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca, terutama bagi penulis, semoga Allah SWT senantiasa melindungi kita semua. Amin

Medan, 28 September 2013

Penulis

M. RUDI HARDI

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOATASI	x
ABSTRAK	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Perencanaan	2
1.4. Maksud dan Tujuan Perancangan.....	3
1.5. Manfaat Perancangan	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian dan Prinsip Kerja Ketel Uap/Boiler	6
2.2. Klasifikasi Ketel Uap	7
2.3. Pengertian Dasar Ketel Uap	8
2.4. Peralatan Utama Ketel Uap.....	10
2.5. Sirkulasi Air Pada ketel uap	12
2.5.1. Sirkulasi Alam	13
2.5.2. Sirkulasi Paksa	13
2.6. Proses Pembentukan Uap	15
2.6.1. Fase Uap/Es	17
2.6.2. Fase Uap.....	18
2.7. Perpindahan Panas Pada Ketel Uap.....	18
2.7.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi (Rambatan)	18
2.7.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi	20
2.7.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi (Pancaran).....	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Konsep Perancangan	23
3.2. Start Penelitian	25
3.3. Survey Lapangan	25
3.4. Pengumpulan Data	25
3.5. Penyusunan Data.....	25
3.6. Kesimpulan	25

BAB IV PENENTUAN SPESIFIKASI KETEL

4.1. Unit-Unit Yang Membutuhkan Uap.....	26
4.2. Kebutuhan Uap Ketel	26
4.2.1. Kebutuhan Uap Pada Proses Produksi	26
4.2.2. Kebutuhan Uap Pada Daerator.....	28
4.3. Pemilihan Ketel Uap	30
4.4. Bahan Bakar Ketel	31
4.4.1. Nilai Kalor Pembakaran.....	32



4.4.2. Kebutuhan Bahan Bakar	35
4.4.3. Kebutuhan Udara Pembakaran	36
4.4.4. Komposisi Gas Asap.....	38
4.4.5. Energi Kalor Hasil Pembakaran Bahan Bakar.....	40
4.4.6. Kelembaban Gas Asap	41
4.4.7. Temperatur Gas Asap Teoritis.....	41
4.4.8. Spesifikasi Ketel Uap.....	43
4.5. Ruang Bakar	44
4.6. Pipa Water Wall	46
4.7. Pipa Pemanas Lanjut (Super Heater).....	54
4.8. Pipa Pemanas (Back Pass).....	64
4.9. Pemilihan Ketel	72
4.9.1. Drum Ketel	73
4.9.2. Cara Membuat Drum ketel	74
4.9.3. Ukuran Utama Drum Atas	75
4.9.4. Pemeriksaan Kekuatan Drum Ketel.....	84

A. Tegangan Yang Timbul Akibat Dari Tekanan 85

B. Tegangan Yang Timbul Akibat Dari Temperatur 86

BAB VII KESIMPULAN 90

DAFTAR PUSTAKA..... 93

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

	Hal
1. Gambar 2.3.1. Ketel Pipa Api.....	9
2. Gambar 2.3.2. Ketel Pipa Air (PT. AJP).....	10
3. Gambar 2.6. Grafik Hubungan T-Q.....	15
4. Gambar 2.7.1. Perpindahan Panas Konduksi.....	19
5. Gambar 2.7.2. Perpindahan Panas Konveksi Pada Pipa.....	21
6. Gambar 3.1.1. Flow Chart Metodologi Penelitian.....	23
7. Gambar 4.2.2. Diagram Alir Massa Pada Daerator.....	28
8. Gambar 4.5. Sket Ruang Bakar.....	45
9. Gambar 4.7.a. Siklus Pemanas Air Menjadi Uap Kering.....	54
10. Gambar 4.7.b. Arah Aliran Berlawanan APL.....	59
11. Gambar 4.7.c. Susunan Pipa Selang-Seling.....	60
12. Gambar 4.8. Arah Sejajar Pada Pipa Back Pass.....	67
13. Gambar 4.9.3.a. Susunan Pipa Bidang Pemanas secara Staggered....	75
14. Gambar 4.9.3.b. Tutup Drum Ketel.....	82
15. Gambar 4.9.3.c. Sket Hubungan Drum, Ruang Bakar dengan Pipa Pemanas.....	84
16. Gambar 4.9.4. Tegangan yang Terjadi Pada Drum Ketel.....	84

DAFTAR TABEL

	Hal
1. Gambar 3.1.2. Jadwal Penelitian	24
2. Gambar 4.4.1.a. Komposisi Kimia dari Cangkang	33
3. Gambar 4.4.1.b. Kelembaban pada Bahan Bakar	34





DAFTAR NOTASI

Symbol	Keterangan	Satuan
Q	Panas atau kalor	Kkal
M_u	Massa uap	Kg
h	Enthalpy	Kkal
CP	Kalor jenis	Kkal/kg
HHV	Nilai pembakaran atas	Kj/kg
LHV	Nilai pembakaran bawah	Kj/kg
m_{bb}	Massa bahan bakar	Kg
V_{rb}	Volume bahan bakar	m^3
m_{gas}	Massa gas asap	Kg/jam
T_{gas}	Temperatur gas asap teoritis	$^{\circ}C$
D_o	Diameter luar	mm
D_i	Diameter dalam	mm
σ_x	Tegangan yang terjadi kearah horizontal	Lb/in ²
σ_y	Tegangan yang terjadi kearah vertikal	Lb/in ²
Δt	Perbedaan temperatur	$^{\circ}C$
ω	Kelembaban udara	%
σ_x	Beban spesifik ruang bakar	BTU/ft ² jam

ABSTRAK

Dalam pengembangan teknologi pada masa sekarang ini, yang mencari efisiensi dan efektifitas baik equipment maupun sumber daya manusia khususnya di dunia industri yang terus berkembang dan menciptakan inovasi yang tiada henti, yang semuanya itu tidak lepas dari pengetahuan mekanik, metalurgi fisik, dan sifat teknik logam yang merupakan dasar dari perencanaan teknik dimana logam tersebut dipergunakan. Perencanaan teknik tersebut dapat berupa konstruksi dimana logam dipergunakan untuk memikul beban atau perencanaan pembentukan logam menjadi setengah jadi atau barang jadi. Logam-logam tersebut mempunyai sifat-sifat fisik seperti ketahanan leleh, kehilangan panas mempunyai konduktivitas panas dan listrik yang baik, ketahanan terhadap gesekan, ketahanan lentur (ductility) yang berbeda satu sama lain. Logam-logam tersebut terdiri dari biji-biji logam, biji-biji logam terdiri dari molekul-molekul dan masing-masing molekul terdiri dari atom-atom. Dengan semakin banyaknya perusahaan baik perkebunan maupun industri lain yang setiap pengolahannya menggunakan ketel uap atau boiler sebagai mesin penghasil steam untuk proses pemanas, pengeringan, perebusan, dan juga sebagai pemutar turbin untuk menghasilkan daya di pembangkit listrik. Oleh karena itu ketel uap merupakan pilihan yang paling tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Kata Kunci : Drum Ketel, Kapasitas, Rancangan

ABSTRACT

In the development of the technology of today, the search for efficiency and effectiveness in both equipment and human resources, especially in the industrialized world that continues to grow and create relentless innovation, all of which can not be separated from the knowledge of the mechanical, physical metallurgy, and engineering properties of metals the basis of the planning technique where the metal is used. Planning construction technique where the metal can be used to carry the burden or metal drafting into semi-finished or finished goods. These metals have physical properties such as melting resistance, thermal conductivity of heat loss and has good electrical, resistance to friction, bending resistance (ductility) are different from each other. Metals are composed of metallic grains, seeds consist of metal molecules and each molecule is composed of atoms. As more and more companies both plantations and other industries that each process using a boiler or boiler as steam-producing machine for the heating, drying, boiling, and also as a player in the power turbine to generate power. Therefore the boiler is the most appropriate to meet those needs.

Keywords : Boiler Drums, Capacity, Design

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi di bidang konstruksi dan perencanaan berkembang dengan pesatnya di lain pihak resiko timbul bahaya kecelakaan semakin meningkat, terutama dunia industri yang melibatkan proses pemanasan, pengeringan, perebusan dan sebagai pembangkit listrik. Oleh karena itu ketel uap atau boiler merupakan pilihan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Untuk mencegah dan mengendalikan bahaya-bahaya yang timbul pada pemakaian atau penggunaan ketel uap khususnya pada dunia industri, perlu pemeriksaan kekuatan material serta perhitungan yang tepat pada ketel uap, untuk itu perlu pengetahuan dan kemampuan yang cukup. Dalam merancang suatu konstruksi ketel uap perlu diketahui kekuatan yang akan diberikan pada material tersebut, sehingga ketel uap dapat beroperasi dengan aman dan selamat.

Untuk mencegah terjadinya bahaya-bahaya atau kecelakaan pada ketel uap selain faktor dari pemilihan material serta perhitungan yang kurang tepat, sering juga disebabkan oleh pengoperasian yang tidak standar oleh operator ketel uap. Konstruksi pada ketel pada umumnya terdiri dari : tembaga, baja, baja anti karat, dan besi cor. Pada setiap ketel mempunyai drum yang berfungsi sebagai tempat penampungan air yang akan diproses dan tempat penampungan uap hasil dari proses. Drum boiler dapat dikatakan sebagai jantung pada suatu ketel uap karena didalamnya terdapat air, steam basah dari hasil pembakaran yang mempunyai tekanan dan temperatur

tertentu. Untuk itu konstruksi dan material dari suatu drum harus memenuhi standart sesuai dengan kapasitasnya. Dalam perancangan ini penulis mencoba untuk merancang salah satu drum ketel dengan kapasitas 25 tonperjam, dimana hasil steam dari ketel ini digunakan untuk pemanasan dan proses produksi di PT. Agro Jaya Perdana.

1.2. Perumusan Masalah

Pada perancangan ini penulis mencoba untuk merancang sebuah drum atas pada ketel uap jenis *water wall* di PT. Agro Jaya Perdana dengan kapasitas ketel uap 25 tonperjam yang digunakan untuk proses produksi, adapun pembahasan meliputi : pemilihan bahan pada ketel, perhitungan bidang-bidang pemanas pada ketel uap, dan menentukan dimensi dan kekuatan pada drum.

1.3. Batasan Perencanaan

Merujuk kepada permasalahan yang telah disebutkan pada latar belakang akan diperlukan merancang sebuah drum atas untuk ketel uap yang benar-bener aman dengan perhitungan yang tepat sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Mengingat ketel uap adalah suatu mesin yang terdiri dari beberapa komponen dan untuk memfokuskan masalah yang akan dibahas, maka dalam perancangan ini perlu batasan perancangan yang akan dilakukan. Adapun batasan rancangan dalam penulisan Tugas Akhir ini meliputi :

1. Pemilihan material untuk drum pada ketel uap sesuai dengan standar ketetapan.

2. Perhitungan bidang-bidang pemanas pada ketel uap.
3. Menentukan dimensi dan kekuatan drum pada ketel uap.

1.4. Maksud dan Tujuan Perancangan

Adapun tujuan perancangan pada Tugas Akhir ini adalah untuk merancang salah satu bagian utama ketel uap yaitu *upper drum* (drum atas) dengan kapasitas 25 tonperjam untuk proses produksi di PT. Agro Jaya Perdana dengan pembuktian perhitungan, baik ukuran maupun bentuk yang tepat dan tidak melenceng dari ketentuan yang sudah ditetapkan.

- Untuk mengetahui dan menentukan bentuk dari upper drum.
- Untuk mengetahui dan menentukan ukuran dari upper drum.
- Dapat mengetahui dan memilih material yang tepat sesuai dengan standar ketetapan untuk upper drum.
- Menambah pengetahuan dan wawasan bagi penulis dan pembaca mengenai upper drum pada ketel uap.

1.5. Manfaat Perancangan

Perancangan drum atas pada ketel uap ini nantinya dapat memberikan kontribusi kepada :

1. Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, khususnya pada bidang ketel uap baik pada unit pembangkit maupun untuk proses produksi di dunia industri.

2. Memberikan kontribusi bagi engineer yang berkecimpung di bidangnya.
3. Hasil rancangan ini dapat berfungsi sebagai rujukan bagi para mahasiswa yang ingin memperdalam bidang konstruksi, khususnya bagi mahasiswa program studi Teknik Mesin.
4. Semoga dapat berguna bagi pembaca, sebagai bahan pembandingan nantinya,

1.6. Sistematika Penulisan

Pada perancangan drum atas pada ketel uap ini penulis membuat sistematika penulisan agar lebih teratur dan terarah dalam pembahasan. Adapun sistematika yang penulis buat adalah :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah maksud dan tujuan perancangan yang berfungsi untuk menentukan spesifikasi area pembahasan yang akan dilakukan, asumsi yang berfungsi untuk menyederhanakan kompleksitas permasalahan yang dihadapi dan sistematika penulisan yang berisi urutan penulisan bab dan laporan penelitian Tugas Sarjana ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang tinjauan pustaka yang berkenaan dengan tulisan ini yang terdiri dari : pengertian dan prinsip kerja ketel

uap, klasifikasi ketel uap, pengertian dasar ketel uap, peralatan utama pada ketel uap, sirkulasi air pada ketel uap, proses pembentukan uap pada ketel uap, dan perpindahan panas pada ketel uap.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai metode yang diinginkan dalam melakukan penelitian/perancangan dan data-data yang digunakan dalam penelitian, seperti : studi lapangan, pengumpulan data, jadwal, penyusunan data serta kesimpulan data.

BAB IV PENETAPAN SPESIFIKASI KETEL

Pada bab ini dibahas mengenai penetapan spesifikasi melalui perhitungan dari kebutuhan uap, kebutuhan bahan bakar, kebutuhan udara pembakaran, komposisi gas asap, panas yang dihasilkan kelembaban gas asap dan temperatur gas asap pada ketel uap. Perhitungan data-data yang diperoleh dari lapangan meliputi : bahan bakar, pipa water wall pipa pemanas lanjut, dan pipa pemanas back pass pemilihan ketel, drum atas, ukuran utama drum atas, pemeriksaan kekuatan drum, untuk menghasilkan suatu kesimpulan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan-kesimpulan dan hasil perhitungan data, serta saran-saran yang penulis sampaikan dalam pengerjaan tugas sarjana ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian dan Prinsip Kerja Ketel Uap/Boiler

Ketel uap adalah suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan uap (steam) untuk berbagai keperluan dengan cara mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas. Pada ketel uap, air dipanaskan oleh panas dari hasil pembakaran bahan bakar sehingga terjadi perpindahan panas yang mengakibatkan temperatur air menjadi naik sampai mencapai keadaan cair jenuh. Apabila kondisi air sudah sampai cair jenuh maka panas yang diberikan tidak menaikkan temperatur air tetapi merubah fase air menjadi fase uap (perubahan dari kondisi cair jenuh menjadi uap jenuh). Air yang lebih panas memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan air yang lebih dingin, sehingga terjadi perubahan berat jenis air di dalam boiler. Air yang memiliki berat jenis yang lebih kecil akan naik, dan sebaliknya air yang memiliki berat jenis lebih tinggi akan turun ke dasar.

(Djokosetyardjo, M.J. 1990).

Sistem Boiler terdiri dari :

a. Sistem air umpan

Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis secara kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan.

b. Sistem Steam

Sistem Steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler, steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat indikator tekanan.

c. Sistem Bahan Bakar

Sistem Bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan, peralatan yang dibutuhkan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

2.2. Klasifikasi Ketel Uap

Klasifikasi ketel uap :

1. Berdasarkan Fluida Panas dan Fluida Dingin

- Ketel Pipa Air (*water tube*)
- Ketel Pipa Api (*fire tube*)
- Ketel Kombinasi antara Pipa air dan Pipa Api.

2. Berdasarkan Tekanan Kerja (*working pressure*)

- Ketel tekanan rendah ($< 5 \text{ kg/cm}^2$)
- Ketel tekanan medium ($5 - 30 \text{ kg/cm}^2$)
- Ketel tekanan tinggi ($> 30 \text{ kg/cm}^2$)

3. Berdasarkan tempat pemakaian

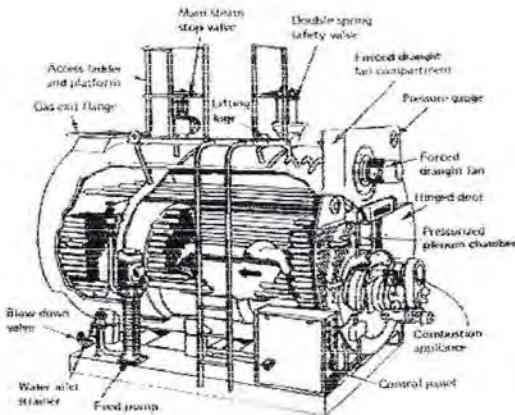
- Ketel tetap
- Ketel yang dapat dipindah-pindah

2.3. Pengertian Dasar Ketel Uap

Konstruksi ketel uap berkaitan erat dengan sifat yang dimiliki air, terutama peristiwa yang terjadi pada proses pembentukan uap. Kenaikan temperatur air terjadi karena panas yang diberikan dari hasil pembakaran yang besinggungan langsung dengan pipa. Berdasarkan fluida yang mengalir didalam pipa, maka ketel dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Ketel Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

Pada ketel pipa api ini, gas asap mengalir didalam pipa-pipa sedangkan air/uap diluar pipa (*heating surface*), sebagai tempat penampungan air digunakan drum ketel. Dengan demikian pada ketel pipa api ini, pipa pemanas dan air ketel terletak didalam drum. Bila ingin memperbesar kapasitas ketel pipa api harus dengan cara memperluas permukaan pipa pemanas, maka drum ketel juga harus diperbesar. Waktu pemanasan ketel ini lebih lama karena banyaknya air yang harus dipanasi terlebih dahulu didalam drum, umumnya ketel ini digunakan untuk kapasitas uap yang kecil karena permukaan bidang yang dipanasi terbatas yang berarti hanya pada permukaan pipa-pipa api saja.



Gambar 2.3.1. Ketel pipa Api

2. Ketel Pipa Air (*Water Tube Boiler*)

Pada ketel pipa air ini, air/uap mengalir didalam pipa *down comer*, sedangkan diluar pipa sumber pemanas atau pembakaran, maka kegunaan drum ketel hanya menampung air/uap. Pipa pemanas (*water wall*) diletakkan diluar drum ketel sehingga banyaknya pipa pemanas yang dibutuhkan tidak terlalu mempengaruhi drum ketel. Oleh karena itu, pipa pemanas yang dibutuhkan dengan jumlah yang besar sehingga kapasitas ketel ini dapat jauh lebih besar dari pada ketel pipa api, volume drum dari ketel ini jauh lebih kecil, sehingga waktu pemanasannya pun menjadi lebih singkat. Peralatan pada ketel pipa air biasa jauh lebih banyak dibandingkan dengan ketel pipa air, dari kerangan, manometer sampai dengan jumlah katup pengaman.



Gambar 2.3.2. Ketel Pipa Air (PT. AJP)

2.4. Peralatan Utama Ketel Uap

Suatu ketel uap pada umumnya mempunyai peralatan yang banyak, tetapi peralatan utama adalah sebagai berikut :

1. Ruang Bakar

Ruang bakar adalah tempat terjadinya pembakaran bahan bakar, dimana bahan bakar dan udara pembakaran dimasukkan kedalam ruang bakar, dan dinyalakan sehingga terjadi pembakaran yang kemudian digunakan untuk memanaskan air ketel.

2. Bidang Pemanas

Bidang pemanas adalah tempat terjadinya perpindahan panas dari gas asap ke air ketel.

3. Drum Ketel

Drum boiler adalah tempat penampungan air yang akan diproses dan tempat penampungan uap hasil dari proses. Air yang akan diproses akan turun dari drum boiler menuju ruang bakar melalui pipa-pipa *down comer*. Uap air/steam hasil pemanasan air akan naik menuju drum melalui pipa-pipa *water wall*. Namun di dalam drum antara air dan uap tidak berkumpul menjadi satu, karena ada penyekat yang memisahkan antara air dan uap.

4. Cerobong Asap (*chimney*)

Berfungsi untuk mengeluarkan gas asap dari ketel.

5. Daerator

Sebagai komponen boiler, daerator berfungsi sebagai pemanasan awal air dengan uap yang disuntikkan air di atas permukaan didalam daerator, untuk melepaskan karbondioksida dan gas-gas terlarut di dalam air, sehingga air yang disuplai tidak masuk bagian dalam pipa pada ketel dan sistem uap nantinya, di mana air mungkin menyebabkan korosi. Tetapi tidak boleh terlalu panas karena bisa menyebabkan kavitasi pada pompa feed pump.

6. Alat bantu

Berfungsi sebagai indikator dan mengamankan ketel dari kerusakan misalnya :

- Katup Pengaman (*safety valve*).

- Manometer (*pressure Gauge dan Thermocople*).
- Gelas Penduga (*size glass*).
- Pluit Bahaya (*alarm*).

2.5. Sirkulasi Air Pada Ketel

Diasumsikan bentuk sederhana dari ketel uap adalah sebuah bejana bak lempengan logam. Maka bak yang dipanaskan dengan meletakkan sebuah pembakaran gas dibawahnya, panas dari hasil pembakaran akan terhantar melalui lempengan dasar yang diteruskan kepada air. Apabila lempeng dasar menyerahkan panas pada air, yang mula-mula menerima panas adalah lapisan bawah, yang menyebabkan naiknya suhu lapisan bawah ini, sedangkan pada saat itu suhu lapisan atas tetap. Kini terjadi sebuah peristiwa, dimana air dingin berada diatas lapisan air panas yang berat jenisnya ringan. Keadaan labil ini akan berubah menjadi stabil, karena air yang lebih panas akan keatas dan menyediakan tempat untuk air yang lebih dingin. Air yang lebih baru ini akan berubah menjadi lebih panas dari lapisan atas akan naik kembali. Dengan demikian akan terjadi arus panas air yang disebut dengan peredaran (*sirkulasi*). Peredaran ini sangat dibutuhkan untuk mempercepat pemanasan air secara keseluruhan.

Ada dua jenis sirkulasi air yaitu :

- Sirkulasi Alam
- Sirkulasi Paksa

2.5.1. Sirkulasi Alam

Air jenuh mengalir dari drum atas atau biasa disebut dengan drum uap, melalui pipa-pipa penurun (*down comer*) yang terletak di bagian ketel yang lebih dingin ke drum atau biasa disebut *header*. Dari header air mengalir kembali dan ke drum uap melalui pipa-pipa evaporator (*riser*). Pada drum uap, uap dan air dipisahkan sebelum dialirkan ke pemanas lanjut. Pada header, kotoran-kotoran ini secara alamiah berkumpul disini. Secara periodik, sebagian air didalam header di lepaskan (*blowdown*) ke dan air segar ditambahkan untuk mengurangi konsentrasi menyeluruh ke kotoran di dalam sistem air ketel tersebut.

Begitu tekanan uap naik, perbedaan kerapatan dan berat jenis antara uap jenuh (*saturasi*) dan air menurun, hal ini membutuhkan tinggi yang lebih besar agar diperoleh aliran air yang baik (hingga 15 tingkat kerapatan). Pada tingkat krisis air (705 °F dan 3206,2 lb/in²), perbedaan kerapatan secara efektif terlalu kecil untuk unit-unit sirkulasi alamiah sehingga ini harus menggunakan sirkulasi paksa.

2.5.2. Sirkulasi Paksa

Pada ketel dengan sirkulasi paksa, fluida dipompakan melauai evaporator (*riser*). Hal ini yang mengakibatkan ketel dapat bekerja dengan tekanan yang sangat tinggi, bahkan diatas titik kritis. Operasi tekanan tinggi secara teoritis akan meningkatkan efisiensi instalasi uap. Sistem sirkulasi paksa akan melancarkan aliran air dalam ketel, sehingga berat ketel akan berkurang dan ukuran-ukuran pipa yang digunakan dapat lebih kecil begitu juga drumnya bahkan tanpa drum sama sekali,

serta lebih rendahnya volume air di dalam ketel, akan dapat mengurangi resiko terjadinya kelebihan produksi uap atau ledakan uap.

Sebagai tambahan terhadap masalah yang berkaitan dengan pompa sirkulasi utama serta tekanan operasi yang secara potensial lebih tinggi, maka sistem ini memerlukan air pengisi ketel yang benar-benar murni bahkan lebih murni dari yang diperlukan untuk sistem sirkulasi paksa.

Sesuai dengan kapasitas dan design ketel, maka uap yang dibutuhkan harus sesuai dengan kebutuhan proses produksi. Adapun uap yang digunakan pabrik adalah sebagai berikut :

1. Sebagai Pembangkit Listrik

Uap yang dihasilkan oleh ketel nantinya akan digunakan untuk memutar turbin uap yang dikopel dengan generator guna untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini digunakan sebagai penggerak mesin-mesin.

2. Untuk Proses Pengolahan

Proses pengolahan yang digunakan adalah uap sisa yang diperoleh dari hasil pemutaran turbin yang dikumpul pada BPV (*Back Pressure Vassel*), jika kebutuhan uap untuk proses pengolahan kurang, uap dapat diambil dari superheater header dengan membuka katup *By Pass* setelah putaran turbin dalam keadaan stabil.

Adapun uap yang digunakan pada proses pengolahan seperti :

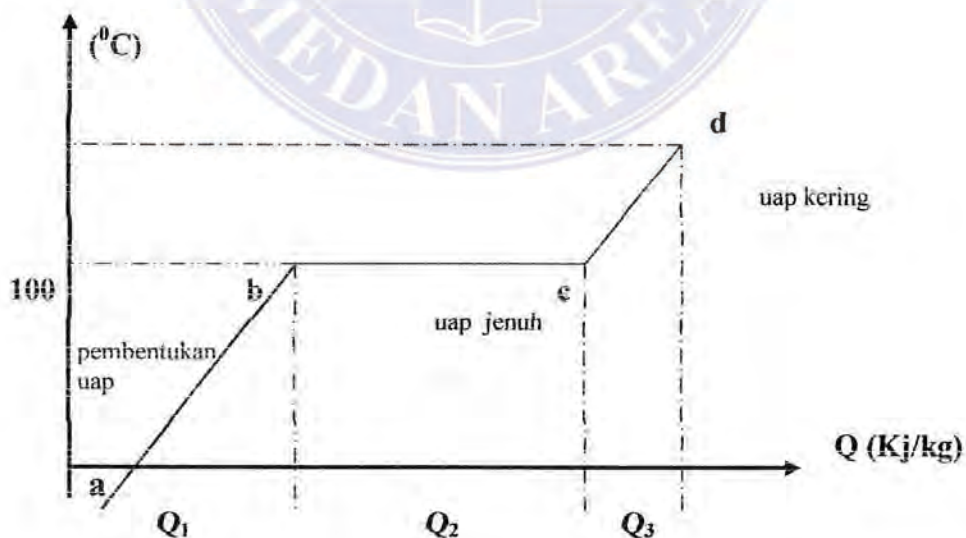
- Proses pengolahan minyak di Refinery.
- Proses pengolahan PKE di Extraction.
- Sebagai pemanas pada setiap tangki timbun.

- Dan lain-lain.

Berdasarkan hal diatas penulis ingin merancang sebuah Upper Drum yang sesuai dengan kebutuhan uap yang akan dipergunakan, dimana volume yang akan dirancang harus sesuai dengan uap yang dihasilkan oleh ketel, karena uap yang telah dihasilkan di tampung pada upper drum sebelum di proses kelanjutan dan jika volume drum terlalu kecil untuk menampung uap yang dihasilkan maka drum bisa saja meledak.

2.6. Proses Pembentukan Uap

Ketel uap mengubah fase air menjadi uap dengan menggunakan panas yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar. Dalam proses pemanasan, tekanan dan temperatur air akan berubah sehingga fase air akan ikut berubah. Proses pembentukan uap dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.6. Grafik Hubungan T – Q

Keterangan gambar 2.3. :

a-b = Panas yang diberikan menaikkan suhu air dari 0°C menjadi 100°C dibawah pemanasan hingga (100°C dibawah tekanan atmosfer 1 atm = 1,003 kg/cm) dimana proses ini terjadi pada *sesible heat*.

b-c = Panas yang diberikan menaikkan suhu 100°C air menjadi 100°C uap jenuh (*pada laten heat*).

c-d = Panas yang diberikan menaikkan suhu 100°C uap jenuh menjadi uap kering (*pemanas uap lanjut*) pada proses *sesible heat*.

Pada tekanan 1 atm dan 100°C air akan berubah menjadi uap dan apabila dipanaskan terus menerus maka seluruhnya akan berubah menjadi uap. Pada pemanasan air temperatur t_1 $^{\circ}\text{C}$ menjadi 100°C dibutuhkan kalor (Q), maka kalor yang dibutuhkan adalah :

$$Q_1 = m_a \cdot C_p \cdot \Delta t_1$$

Dimana ;

m_a = massa air (kg/satuan waktu)

C_p = panas spesifik air (kkal/kg)

Δt_1 = ($100^{\circ}\text{C} - t_1$)

Bila pemanasan terus dilanjutkan, maka volume uap bertambah sampai seluruh air berubah menjadi uap dan temperatur air tidak naik, maka tekanannya juga tetap, kalor yang dibutuhkan untuk perubahan fase ini adalah :

$$Q_2 = m_u \cdot Q_1$$

Dimana ;

m_u = massa uap (kg)

Q_1 = panas laten (penguapan) (kkal/kg⁰C)

Selanjutnya bila uap air terus dipanaskan, maka temperatur uap air akan naik dan kenaikan temperaturnya sebanding dengan kalor yang diterima yaitu :

$$Q_3 = m_u \cdot C_{ps} \cdot t_2$$

Dimana ;

m_u = massa uap (kg)

C_{ps} = panas spesifik uap (kkal/kg⁰C)

t_2 = ($t_1 - 100^0$ C)

Dalam tulisan ini, hanya memakai fase cair dan fase uap, perubahan fase cair menjadi fase uap dan sebaliknya fase uap menjadi fase cair. Proses perubahan fase yang terjadi di dalam ketel adalah fase cair menjadi uap.

2.6.1. Fase Uap/Es

Yaitu bilamana dalam keseimbangan, tekanan (P), volume (V), dan temperatur (T) tidak berubah. Bentuk fisis air adalah dalam bentuk cair jenuh dengan berat jenis 1 kg/dm³ (terioteritis). Jika suhu dinaikkan hingga 100⁰C pada tekanan 1 atm, maka air tersebut akan berubah fase berbentuk uap, tetapi bila diatas air tersebut diberikan tekanan, sehingga gelembung-gelembung uap tidak terbentuk dan proses penguapan tidak berlangsung meskipun sudah mencapai suhu 100⁰C, jadi proses dalam mencapai titik keseimbangan pada P, V, T tidak berubah, maka selama itu disebut fase cair.

2.6.2. Fase Uap

Yaitu bilamana suhu air dinaikkan, sehingga bentuk keseimbangannya hilang, maka air berubah fase cair menjadi fase uap atau menguap, fase uap dapat terjadi atau berlangsung dalam ruang tertutup ataupun terbuka. Keadaan uap yang dihasilkan dapat berbentuk :

- Uap basah, yaitu uap yang masih mengandung butiran-butiran yang halus dari air.
- Uap jenuh, yaitu uap yang berada diantara uap basah dan uap kering (uap yang tidak mengandung butiran air lagi).
- Uap panas lanjut (uap kering), yaitu uap yang dihasilkan dengan proses pemanasan lanjut dari uap jenuh.

2.7. Perpindahan Panas Pada Ketel Uap

Pada dasarnya ada tiga cara perindahan panas dimana panas dapat dipindahkan dari suatu sumber panas ke bagian yang lebih dingin atau dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang temperaturnya lebih rendah. Ketiga cara tersebut adalah sebagai berikut :

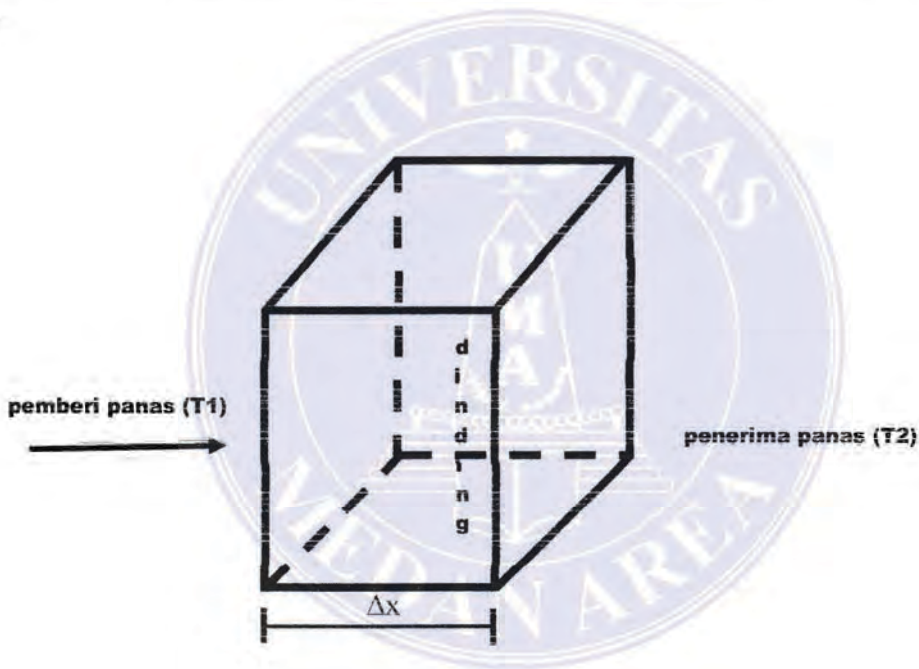
1. Perpindahan panas secara Konduksi (*rambatan*).
2. Perpindahan panas secara Konveksisi.
3. Perpindahan panas secara Radiasi (*pancaraan*).

2.7.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi (Rambatan)

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas melalui rambatan dari suatu benda yang dipanaskan ke bagian lain benda tersebut yang

temperaturnya lebih rendah. Perpindahan panas konduksi terjadi pada benda padat, tetapi molekul-molekul benda padat pada tidak berpindah ke benda padat yang lain.

Suatu syarat terjadinya konduksi kalor pada suatu zat adalah adanya perbedaan suhu antar dua sisi benda, suhu yang lebih tinggi akan berpindah ketempat yang lebih rendah. Di dalam ketel uap, pada dinding ketel panas dirambatkan oleh molekul-molekul dinding ketel sebelah dalam yang berbatasan dengan air ataupun uap.



Gambar 2.7.1. Perpindahan Panas Konduksi

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa besar laju perpindahan panas konduksi menurut *J.P. Holman* (1984) dapat ditentukan :

$$Q_{\text{kond}} = -k.A. \frac{\partial T}{\partial x}$$

Dimana :

Q_{kond} = Panas yang diserap secara konduksi (KJ/jam)

k = Konduktivitas dinding yang dipanaskan (KJ/jam.K)

A = Luas bidang yang dipanaskan (m^2)

∂T = Perbedaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

∂x = Ketebalan dinding (m)

Pada perpindahan panas secara konduksi pada silinder atau pipa yang panjangnya lebih besar dibandingkan diameter, dapat dianggap bahwa berlangsung secara radial, dengan rumus :

$$Q_{\text{kond}} = \frac{2\pi \cdot r \cdot k \cdot L(T_1 - T_2)}{\ln(r_2 / r_1)}$$

2.7.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah proses perpindahan panas melalui molekul-molekul fluida cair atau gas. Bila suatu sumber pipa baja yang panas dialiri oleh fluida, maka fluida tersebut akan menghantar panas ke seluruh bagian fluida.

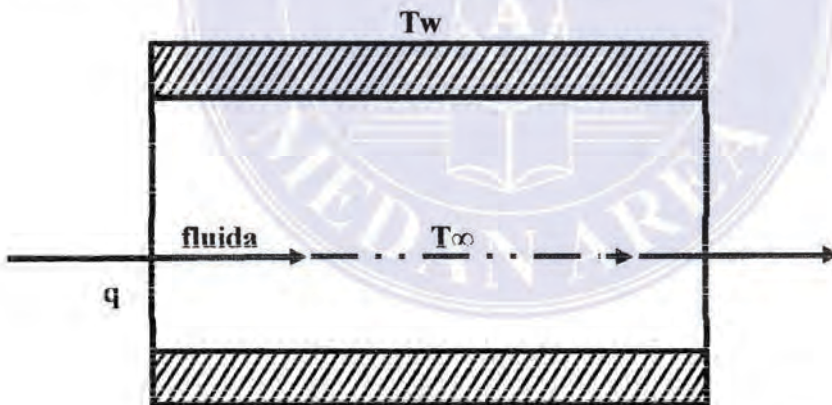
Perpindahan panas secara konveksi dapat dibagi atas 2 golongan, yaitu :

a. Konveksi Alami (*Natural Of Free Convection*)

Konveksi Alami adalah perpindahan panas melalui fluida secara alami, misalnya dengan memanaskan sebatang pipa kemudian dibiarkan pipa tersebut akan menjadi dingin, fluida yang menghantar kalor adalah udara terbuka, jadi perpindahan panas yang terjadi disini adalah perpindahan panas secara konveksi alami antara dinding pipa dengan udara luar.

b. Konveksi Paksa (*Forced Convection*)

Konveksi Paksa adalah perpindahan panas konveksi dengan menggunakan media pembantu untuk lebih mempercepat laju aliran fluida,. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar dibawah ini, yang memperlihatkan sebuah perpindahan panas konveksi paksa pada pipa dengan menggunakan pompa bila fluida cair dan menggunakan blower fluida gas.



Gambar 2.7.2. Perpindahan Panas Konveksi Pada Pipa

Menurut J.P. Holman (1988), laju perpindahan panas konveksi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = h.A (T_w - T_{\infty})$$

Dimana ;

q = laju perpindahan panas konveksi

h = koefisien perpindahan panas konveksi (KJ/jam)

A = Luas penampang perpindahan panas ($^{\circ}\text{C}$)

T_w = Suhu permukaan pipa ($^{\circ}\text{C}$)

T_{∞} = Suhu fluida yang mengalir ($^{\circ}\text{C}$)

2.7.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi (Pancaran)

Perpindahan panas secara radiasi adalah proses perpindahan panas dari suatu sumber panas ke penerima panas secara memancar (tanpa media). Melalui suatu gelombang elektromagnetik. Saat sumber panas memancarkan panas sebagian energinya akan diserap oleh penerima dan sebagian lagi akan dipantulkan.

Besarnya perpindahan panas secara radiasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *J.P. Holman, (1984)* :

$$q = \sigma \cdot A (T)^4$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas radiasi

σ = Konstanta stefan – Boltzman ($5,699 \times 10^{-8}$ watt/ $\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$)

A = Luas permukaan (m^2)

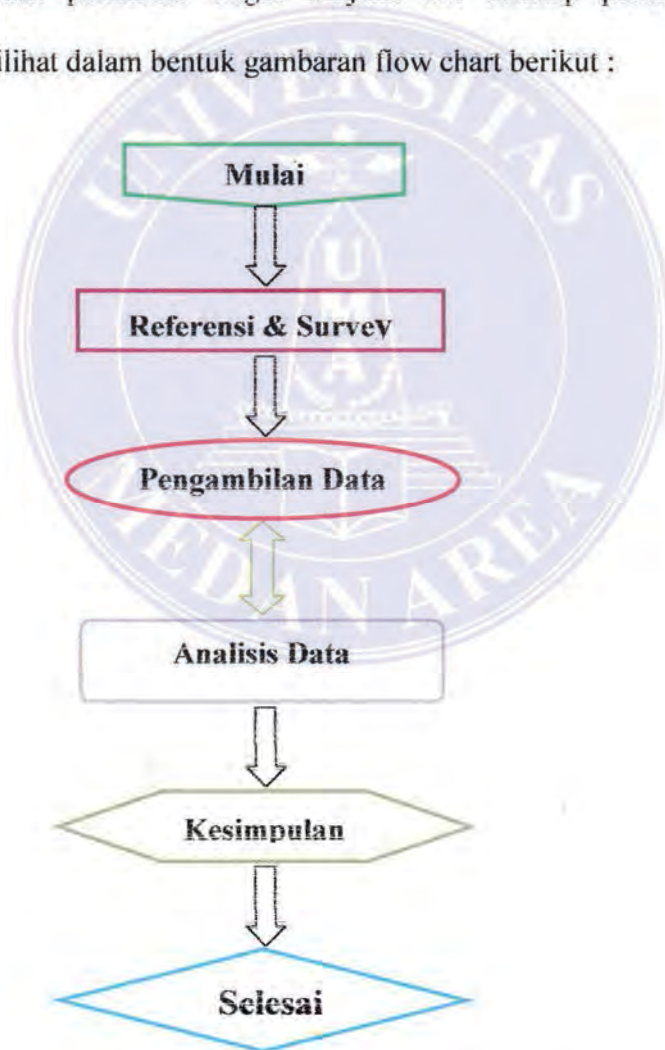
T = Temperatur absolut ($^{\circ}\text{C}$)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Konsep Perancangan

Di dalam merancang drum atas pada ketel uap kapasitas 25 t/h untuk proses produksi di PT. Agro Jaya Perdana, penulis membuat suatu konsep perancangan untuk mempermudah penulisan Tugas Sarjana ini. Konsep perancangan yang digunakan dapat dilihat dalam bentuk gambaran flow chart berikut :



Gambar 3.1.1. Flow Chart Metodologi Penelitian

Tabel 3.1.2 Jadwal Kegiatan

N O	KEGIATAN	WAKTU																																			
		Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	Pengajuan Judul	■	■																																		
2	Study Pustaka			■	■	■	■																														
3	Penyusunan Proposal							■	■	■	■																										
4	Seminar Proposal											■																									
5	Survey Lapangan															■	■	■	■																		
6	Pengambilan Data																			■	■	■	■														
7	Penyusunan Data																							■	■	■	■										
8	Asistensi TA																											■	■	■	■						
9	Seminar TA																															■					
10	Persiapan TA																															■	■				
11	Sidang Sarjana																																■				
12	Penyempurnaan TA																																■				

3.2. Start Penelitian

Pada awal penulisan terlebih dahulu penulis mencari judul yang tepat untuk penulisan ini, yaitu dari beberapa sumber, seperti : dosen pembimbing, studi literatur, dan juga survey lapangan, penulis langsung menentukan latar belakang dari judul yang diperoleh.

3.3. Survey lapangan

Survey dilakukan untuk mendukung proses pengerjaan proposal awal juga akhir dan juga untuk mendapatkan keakurasian data serta aplikasi dari teori. Di lapangan penulis mencari data-data yang dibutuhkan, guna melengkapi kekurangan-kekurangan dalam penulisan.

3.4. Pengumpulan Data

Dalam bagian ini penulis mengumpulkan data-data dari lapangan untuk jadi bahan perancangan di bab berikutnya.

3.5. Penyusunan Data

Dalam hal ini penulis hanya menganalisa dan menghitung bidang-bidang pemanas, kebutuhan uap dan menentukan dimensi dari drum atas ketel uap. Data yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah data sekunder dari lapangan.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Puncak dari perancangan dari tugas akhir ini adalah kesimpulan dari perancangan, perhitungan serta penentuan dimensi, serta saran dari penulis demi kesempurnaan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djokostyoarjo M.J.Ir. “ Ketel Uap ” catatan ketiga penerbit Pradya Paramita Jakarta 1993
2. Muin A.Syamsir.Ir “ Pesawat – Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)” penerbit Rajawali Jakarta,1996
3. Djokostyoarjo M.J.Ir. “ Pembahasan Lebih Lanjut Tentang Ketel Uap ” cetakan pertama, penerbit Pradnya Paramita, Jakarta 1990
4. www.ketel_uap.com
5. www.konversi.com
6. <http://www.google.id/konstruksi-ketel-pipa-air>
7. http://www.fluida_thermal.blog.co.id