

**ANALISA TERMODINAMIKA  
MARCET BOILER TEKANAN 5 Kg/cm<sup>2</sup>**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**M. IHWAN ANSARI**

**10.813.0021**

**Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan  
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Mesin  
Universitas Medan Area**

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

**2014**

Judul Skripsi : Analisa Termodinamika Marcet Boiler Tekanan 5 kg/cm<sup>2</sup>

Nama : M. Ihwan Ansari

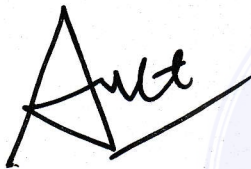
NPM : 10.813.0021

Fakultas : Teknik

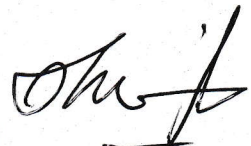
Jurusan : Mesin

Disetujui Oleh

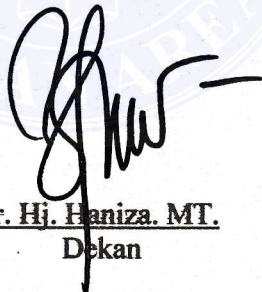
Komisi Pembimbing



DR. Ir. Suditama, MT  
Pembimbing I



Ir. Husin Ibrahim, MT  
Pembimbing II



Ir. Hj. Haniza, MT.  
Dekan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta kekuatan sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah ketel uap dengan judul “Analisa termodinamika marcet boiler tekanan uap 5 kg/cm<sup>2</sup>”

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide, maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yth. Bapak DR.Ir. Suditama, MT selaku Ketua Program Studi Universitas Medan Area yang telah menyetujui dan menerima skripsi penulis.
2. Yth. Bapak DR. Ir. Suditama, MT dan Bapak Ir. Husin Ibrahim, MT selaku Dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu selama proses pelaksanaan skripsi ini.
3. Yth. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Universitas Medan Area yang telah banyak membimbing dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.

Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis umumnya bagi pembaca.

Penulis menyadari akan kekurangan dalam penyusunan proposal skripsi ini, oleh karena itu bimbingan dan arahan dari berbagai pihak sangat peneliti harapkan demi hasil penelitian yang lebih baik.

Medan, Oktober 2014

Penyusun,

M.Ihwan ansari

## DAFTAR ISI



LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
ABSTRAK.....	vi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Alasan pemilihan judul.....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Batasan masalah.....	4
1.5 Manfaat penelitian.....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Boiler atau ketel uap.....	6
2.2 Jenis-Jenis ketel uap.....	10
2.3 Bahan bakar ketel uap.....	22
2.4 Nilai kalor.....	24
2.5 Perpindahan panas pada ketel uap.....	25
<b>Bab III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Diagram alur.....	28
3.2 Design pengujian.....	29
3.3 Tempat pengujian.....	29

3.4 Tahapan penelitian.....	29
3.5 Peralatan.....	29
3.6 Metode perancangan.....	31
3.7 Metode pengujian.....	39
<b>BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Proses terbentuknya uap.....	40
4.2 Percobaan pertama dengan daya pemanas 1000 watt.....	42
4.3 Percobaan kedua dengan daya pemanas 2000 watt.....	44
4.4 Perolehan panas yang diterima air.....	46
4.5 Dibandingkan dengan referensi ( tabel uap).....	61
<b>BAB V.PENUTUP</b>	
Kesimpulan.....	65
Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>66</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
Gambar kerja.....	67

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1.proses terbentuknya uap.....	10
Gambar 2.2.ketel uap pipa air.....	13
Gambar 2.3.ketel uap pipa api.....	14
Gambar 2.4.ketel uap jenis drum.....	15
Gambar 2.5.ketel tetap.....	16
Gambar 2.6.ketel mobil.....	17
Gambar 2.7.ketel dengan pembakaran di dalam.....	17
Gambar 2.8.ketel dengan pembakaran diluar.....	18
Gambar 2.9.ketel dengan lorong tunggal.....	18
Gambar 2.10.ketel dengan lorong ganda.....	19
Gambar 2.11.ketel tegak.....	20
Gambar 2.12.ketel mendatar.....	20
Gambar 2.13.ketel dengan pipa lurus.....	21
Gambar 2.14.ketel dengan pipa miring.....	21
Gambar 2.15.peredaran air ketel.....	22
Gambar 3.1.Diagram alur.....	30
Gambar 3.2.Pembubutan.....	36
Gambar 3.3.Pengeboran.....	37
Gambar 3.4. Pengerollan.....	38
Gambar 3.5 Penyekrapan.....	40
Gambar 3.6 Pengeleman.....	41
Gambar 3.7 Pemasangan.....	41
Gambar4.1. proses perubahan uap.....	44

Gambar 4.2 Grafik Temperatur dan Tekanan.....	46
Gambar 4.3 Grafik Temperatur dan Tekanan.....	48
Gambar 4.4 Grafik kualitas uap(x).....	57
Gambar 4.5 Grafik kualitas uap(x).....	63



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Percobaan pertama dengan 1000 watt.....	45
Tabel 4.2. Percobaan kedua dengan 2000 watt.....	47
Tabel 4.3. Temperatur dinding pada percobaan 1000 watt.....	49
Tabel 4.4. Temperatur dinding pada percobaan 2000 watt.....	50
Tabel 4.5. Tabel uap, dikutip dari ; ketel uap, Ir.M.J.Djokosetyarjo.....	64





## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan hubungan antara tekanan dan suhu steam jenuh dalam keseimbangan. Selain itu penelitian ini juga dilakukan untuk menunjukkan kurva tekanan uap. Marcet boiler digunakan untuk mengetahui hubungan antara temperatur dan tekanan. Ketika tekanan meningkat, suhu juga meningkat. Oleh karena itu, hubungan tekanan dan suhu berbanding lurus. Rumus turunan dan data yang digunakan untuk menghitung lereng. The  $dT / dP$  diukur dibandingkan dengan data dalam tabel uap. Secara teoritis, nilai yang diukur harus hampir sama dengan nilai prediksi. Namun, pada titik tertentu, nilai-nilai yang tidak sama. Ini mungkin karena kesalahan yang dibuat dalam percobaan. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui dan memahami perbandingan antara temperatur dan tekanan sekaligus syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata 1. Metode dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah pembuatan gambar kerja, persiapan alat dan bahan, pembuatan alat, pengujian alat dan akan menghasilkan atau menyimpulkan bahwa tekanan akan terus naik sebanding dengan temperatur yang ikut naik juga, uap yang dihasilkan adalah uap basah, semakin tinggi tekanan maka semakin tinggi kualitas uap.

### Kata kunci

1. Ketel uap
2. Tekanan
3. Temperatur
4. Termodinamika



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Boiler yang umumnya disebut ketel uap merupakan suatu bagian dari UnitPembangkit Tenaga seperti PLTU (Perusahaan Listrik Tenaga Uap). Boilerberfungsi untuk memproduksi uap yang selanjutnya uap tersebut dialirkan keturbin, sehingga saat boiler beroperasi akan mengalami beberapa parameterseperti tekanan dan temperatur yang sangat tinggi. Dari tahun ke tahun boilermengalami peningkatan parameter operasi seperti yang disebutkan diatas. Hal inidisebabkan karena pasaran industri membutuhkan boiler yang dapat menghasilkanvolume uap dengan kapasitas lebih besar. Lebih dari 30 tahun sejak tahun 1960hingga 1990 komponen-komponen yang vital pada boiler seperti *header*, *elementsuperheater*, dan *waterwalls panel* dibuat menggunakan baja paduan SA 213grade T12 (EN 13CrMo4-4) dan SA 213 grade T22 (EN 10CrMo9-10). Namunseiring dengan berjalannya waktu dan perkembangan zaman, *creep strength* atau*allowable stresses* yang ada pada baja paduan SA 213 grade T12 (EN 13CrMo4-4) dan SA 213 grade T22 (EN 10CrMo9-10) tidak mampu lagi menahan tekanandan temperatur kerja yang semakin meningkat. Sehingga pasaran industrimenginginkan material yang memiliki *creep strength* atau *allowable stresses* lebihtinggi agar mampu meningkatkan efisiensi Unit Pembangkit Tenaganya .

Dalam proses produksinya, *waterwalls panel* dan *element superheater* jugaharus dilakukan proses PWHT (Post Weld Heat Treatment) setelah

pengelasan. Hal ini bertujuan agar nilai kekerasan yang disyaratkan oleh standar dapat terpenuhi. Namun dengan ukurannya yang besar maka tidak efisien bila di PWHT dalam furnace. Hal itu juga akan memungkinkan terjadinya defleksi pada saat struktur *waterwalls panel* atau *element superheater* dipindah-pindahkan dalam proses produksinya. Untuk mengatasi masalah defleksi tersebut diperlukan proses *straightening* (pelurusan) namun sangat rumit dan memerlukan waktu yang lama.

Dari semua permasalahan yang terjadi seperti di atas maka dikembangkanlah baja paduan baru grade T24 (EN 7CrMoVTiB10-10) dengan *creep strength* (kekuatan mulur) yang mampu bekerja pada temperatur 550°C (1.020°F) dan terbukti mengalami *low hardness* setelah dilas. Ini merupakan material baru yang sangat berpotensi digunakan didalam konstruksi *waterwalls panel* dari boiler masa kini yang mengalami temperatur kerja 550°C (1.020°F) dan tekanan kerja 190 bar atau 2.8 ksi.

Salah satu perusahaan multinasional yang bergerak dibidang energi khususnya manufaktur boiler dan boiler service adalah PT. Alstom Power Energy Systems Indonesia ( PT. Alstom Power ESI ). Saat ini PT. Alstom Power ESI sedang mengerjakan konstruksi *header*, *element superheater*, dan *waterwall panel* dari dua unit boiler jenis Utility Boiler. Untuk pertama kalinya dalam sejarah perusahaan tersebut menggunakan material T24 (EN 7CrMoVTiB10-10) sebagai bahan konstruksinya dan juga pertama kali dalam sejarahnya menggunakan standar internasional EN (European).

Material T24 (EN 7CrMoVTiB10-10) ini memiliki kuat tarik minimum 565 Mpa dan maksimum 840 Mpa sehingga dibutuhkan perhatian khusus

## DAFTAR PUSTAKA

Holman, J.P. 1988. Perpindahan Kalor edisi ke 6. Jakarta. Penerbit: Erlangga

Michael J. Moran, Howard N. Shapiro. 2004. Termodinamika teknik jilid 1 edisi ke 4. Jakarta, Penerbit : erlangga

M.J. Djoko Setyarjo. 1989. Ketel Uap. Jakarta, Penerbit : PT. Pradya Paramita

Pesawat konversi konversi energi. Jakarta. 1988, Penerbit : CV. Rajawali

[www.scribd.com/doc/51634867/Marcet-Boiler-Lab-Report](http://www.scribd.com/doc/51634867/Marcet-Boiler-Lab-Report) ( diakses 13 maret 2014)

[www.gunt.de/networks/gunt/sites/s1/mmcontent/.../06020400%202.pdf](http://www.gunt.de/networks/gunt/sites/s1/mmcontent/.../06020400%202.pdf)

WL 204. Vapour Pressure of Water - Marcet Boiler ( diakses 13 maret 2014)

[books.google.com/books?isbn=9796103109](http://books.google.com/books?isbn=9796103109) ( diakses 18 mei 2014)

[matabayangan.blogspot.com/.../jenis-jenis-ketel-uap](http://matabayangan.blogspot.com/.../jenis-jenis-ketel-uap) ( diakses 18 mei 2014 )

<http://id.scribd.com/doc/84032826/28323850> - pengetahuan umum boiler ( diakses 20 mei 2014)

<http://id.scribd.com/doc/79009980/p1-boiler-bim> ( diakses tanggal 20 mei 2014 )

<http://id.scribd.com/doc/65921161/makalah-boiler> ( diakses tanggal 20 mei 2014 )

fellani, johan, dkk. (2011). "Rancang Bangun dan Sistem kontrol boiler kapasitas 155kg/jam dengan tekanan 3 bar " online diploma III teknik mesin- universitas diponegoro. Semarang.