



KETEL UAP

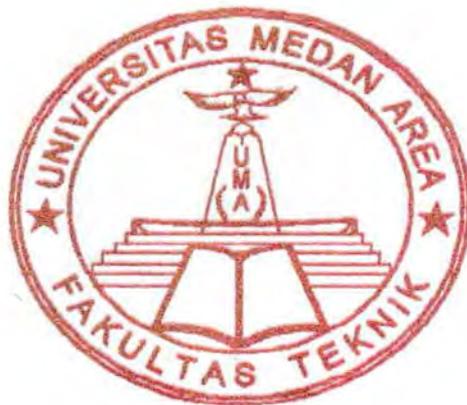
UNTUK PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT

KAPASITAS 35 TON TBS/JAM

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk memenuhi Syarat
Sidang Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

BUDI HANDOKO
NIM. 008130068



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2002

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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

KETEL UAP

Budi Handoko - Ketel Uap untuk Proses Pengolahan Kelapa sawit Kapasitas

UNTUK PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT KAPASITAS 35 TON TBS/JAM

SKRIPSI

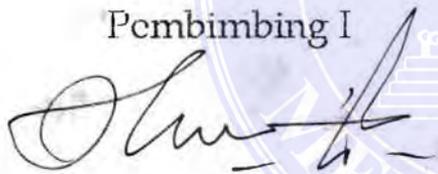
OLEH :

BUDI HANDOKO

NIM : 008130068

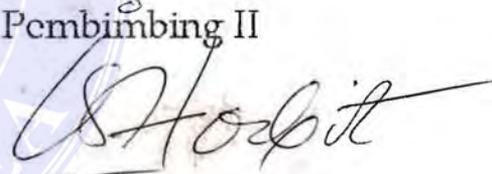
Menyetujui :
Komisi Pembimbing,

Pembimbing I



(Ir. Husin Ibrahim)

Pembimbing II



(Ir. Ishaq Ubit)

Mengetahui :



Dekan,

(**Dr. Asyraf Ramdan, M.Eng.Sc**)

Ketua Jurusan,



(**Ir. H. Amirsyam Nasution, MT**)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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)4/1/24

KETEL UAP

UNTUK PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT KAPASITAS 35 TON TBS/JAM

Oleh :

BUDI HANDOKO
NIM. 008130068

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Pembanding Pada Seminar
Tanggal 28 Agustus 2002

Pembanding I

(Ir. Surya Keliat)

Pembanding II

(Ir. H. Amirsyam Nst, MT)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN MESIN

AGENDA No. : 401/FTJM/TA/2002

Diterima Tgl : 11 - 3 - 2002

Paraf : 

TUGAS RANCANGAN /TUGAS AKHIR

N A M A : BUDI HANDOKO

NO. STAMBUK : 008130068

MATA KULIAH : TEKNIK MESIN

SPESIFIKASI : Perencanaan ketel uap untuk proses pengolahan kelapa sawit kapasitas
35 ton/jam

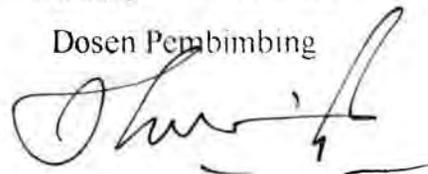
- Pemilihan jenis ketel
- Analisa kebutuhan uap
- Analisa kebutuhan bahan bakar
- Pemulihan ketel uap
- Gambar kerja

Diberikan tanggal : 01 - 03 - 2002

Selesai tanggal : 21 - 08 - 2002

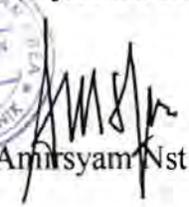
Medan, 21 - 08 - 2002

Dosen Pembimbing



(Ir. Husin Ibrahim)

Ketua jurusan Mesin

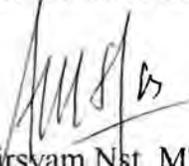


(Ir. Amir Syam Nst. MT)

Koordinator Rencana Sarjana

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang



(Ir. Amir Syam Nst. MT)

Document Accepted 4/1/24

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)4/1/24



UNIVERSITAS MEDAN AREA

JALAN KOLAM NOMOR 1 MEDAN ESTATE TELEPON 7366878, 7366998, 7366781, 7364348, FAX 7360168, MEDAN - 20223

Nomor : 3654/A.I.1.b/2001
Lamp. :
Hal : KP & Pengambilan Data
Tugas Akhir

Medan, 22 Oktober 2001

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. Asian Agri Grup (Gunung Melayu)
Air Batu Simpang Kawat
di -
Tempat

Dengan hormat,

Kami mohon kesediaan Saudara kiranya berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

No.	Nama	No.Pokok Mhs.	Fak.	Prog. Study
1.	Budi Handoko	98.813.0068	Teknik	Mesin
2.	S a r d i	98.813.0027	Teknik	Mesin
3.	Nokke Bakara	98.813.0042	Teknik	Mesin
4.	Surya Putra	98.813.0063	Teknik	Mesin

Untuk melaksanakam Pengambilan Data Tugas Akhir pada PT. Asian Agri Grup (Gunung Melayu) Air Batu Simpang Kawat.

Pengambilan data ini tidak Untuk dipublikasikan. Kami mohon juga kiranya dapat diberikan kemudahan untuk terlaksananya Aplikasi Tugas Akhir tersebut.

Demikian kami sampaikan atas kerjasama yang baik diucapkan terimakasih.



Bantu Rektor I,

Heri Kusmanto, MA

- Tembusan :
1. Dekan Fakultas Teknik
 2. Mahasiswa Ybs.
 3. Ka. BAAP

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24



PT. GUNUNG MELAYU

PMKS G.MELAYU II

G. Melayu, 28 Desember 2001

Kepada Yth,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Medan Area
di
Tempat

Dengan Hormat,

Sesuai surat dari Pembantu Rektor-I No.3654/A.I.1 b/2001 tertanggal 22 Oktober 2001, perihal KP dan pengambilan data tugas akhir, dengan ini kami informasikan bahwa nama tersebut di bawah ini telah melaksanakan Kerja praktek & pengambilan data tugas akhir di Asian Agri Group PT.Gunung Melayu PMKS GM-II sbb :

No	Nama	No.Pokok Mahasiswa	Fakultas	Program Study
1	Budi Handoko	98.813.0068	Teknik	Mesin
2	Sardi	98.813.0027	Teknik	Mesin
3	Nokke Bakara	98.813.0042	Teknik	Mesin
4	Surya Putra	98.813.0063	Teknik	Mesin

Mulai tanggal 25 Oktober 2001 sampai dengan tanggal 26 Desember 2001.

Demikian surat ini kami berikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.



Ir. Edi S. Ginting
Manager

KATA PENGANTAR

Pertama penulis ucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya.

Adapun penulisan skripsi ini disusun adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan kurikulum studi yang ada pada Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area. Adapun alasan penulis untuk memilih “ketel Uap” sebagai judul dalam tugas akhir ini adalah karena betapa besarnya perhatian penulis akan menggunakan serta banyaknya pemakaian ketel uap dalam industri.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis dapat mendapat bimbingan serta bantuan baik itu dari permulaan hingga selesainya penulisan skripsi ini oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Bapak Ir. Amirsyam Nasution, MT. Selaku Ketua Jurusan serta Koordinator Tugas Sarjana Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Medan Area.
3. Bapak. Ir. Husin Ibrahim, Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Sarjana ini yang telah banyak memberikan saran serta pelaksanaan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Ir. Ishak Ubit, Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan petunjuk dan saran dalam penulisan skripsi ini hingga terlaksananya penulisan skripsi ini dengan baik.

5. Bapak Manager PT. ASEAN AGRI GROUP PKS GM II yang telah memberikan izin dalam melaksanakan survei lapangan dan bimbingan serta pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini tepat pada waktunya.
6. Kedua orang tua dan adik saya yang telah memberikan bantuan moril dan materil.
7. Rekan-rekan Pengurus Ikatan Mahasiswa Mesin dan semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselenggaranya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini, masih banyak kekurangan-kekurangan serta kejanggalan yang kesemuanya itu jauh dari kesempurnaan mengingat kurangnya pengalaman serta wawasan penulis.

Akhir kata penulis mengharapkan bantuan koreksi dan bahan masukan dari para pembaca demi terlaksananya kesempurnaan dan kelangsungan dari tulisan ini untuk berikutnya.

Harapan penulis semoga tulisan ini berguna bagi semua pihak yang memerlukannya, khususnya dalam bidang pendidikan nasional.

Medan, 30 Juni 2002

BUDI HANDOKO

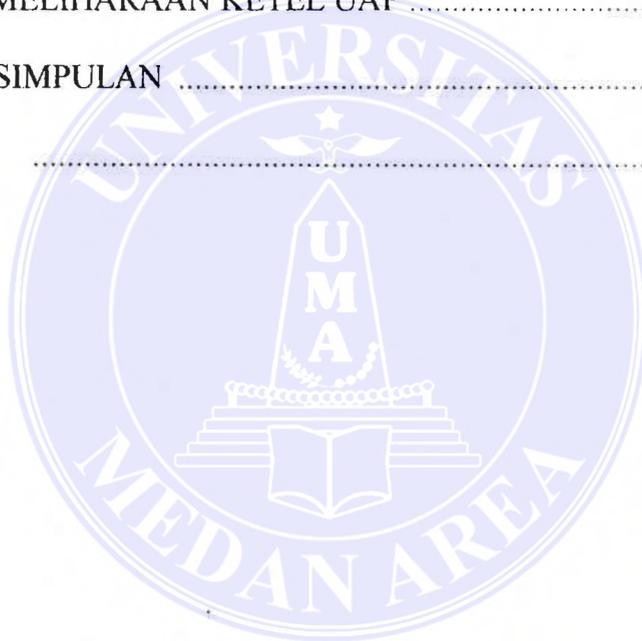
DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Asal Mula Perkembangan Ketel Uap	1
1.2. Pertimbangan Pemakaian Ketel Uap	3
1.3. Klasifikasi Ketel Uap	3
1.4. Dasar Perencanaan	6
1.5. Teori Pembentukan Uap	6
1.6. Heat Transfer Dalam Instalansi Ketel Uap	8
1.7. Sistem Penggunaan Uap	11
BAB II. BAGIAN-BAGIAN KETEL UAP	16
Pendahuluan	16
2.1. Ruang Bakar	17
2.2. Pipa Water Wall	18
2.3. Drum Ketel	19
2.4. Super Heater	21
2.5. Pipa Back Pass	23
2.6. Ekonomizer	24

2.7.	Alat Pemanas Udara	26
2.8.	Cerobong Asap	27
BAB III.	PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT.....	29
3.1.	Pendahuluan	29
3.2.	Proses Pengolahan Kelapa Sawi	30
3.2.1	Perebusan Buah (Sterilizer)	30
3.2.2	Pemipilan Buah (Stripper)	32
3.2.3	Pengempaan (Pressing)	32
3.2.4	Proses Pemurnian Minyak (Clarification)	33
3.2.5	Proses Pengeringan Minyak (Draying)	36
3.2.6	Pengolahan Inti Sawit	37
BAB IV.	PERHITUNGAN KEBUTUHAN UAP	39
4.1.	Pendahuluan	39
4.2.	Kebutuhan Uap Pada Sterilizer	40
4.2.1	Kebutuhan Uap Pada Sterilizer	40
4.2.2	Kebutuhan Uap Pada Pressing	43
4.2.3.	Kebutuhan Uap Pada Cake Brake Conveyor	46
4.2.4.	Kebutuhan Uap Pada Crude Oil Tank	47
4.2.5.	Kebutuhan Uap Pada Oil Setling Tank	50
4.2.6.	Kebutuhan Uap Pada Oil Tank	53
4.2.7.	Kebutuhan Uap Pada Sludge Tank	54

4.2.8. Kebutuhan Uap Pada Storage Oil Tank	56
4.2.9. Kebutuhan Uap Pada Centrifugal Tank (Pat pit) ..	58
4.2.10. Kebutuhan Uap Pada Nut Silo	60
4.2.11. Kebutuhan Uap Pada Karnel Silo	62
4.2.12. Kebutuhan Uap Pada Hot Water Tank	65
4.2.13. Total Pemakaian Uap Untuk Proses Pengolahan ..	66
4.2.14. Kebutuhan Uap Pada Dearator	67
4.2.15. Kebutuhan Uap Pada Turbin	68
BAB V. BAHAN BAKAR KETEL	72
5.1. Pendahuluan	72
5.2. Pemilihan Jenis Bahan Bakar	73
5.3. Analisa Bahan Bakar	74
5.4. Nilai Bahan Bakar	75
5.5. Konsumsi Bahan Bakar	80
5.6. Konsumsi Udara Bahan Bakar	81
5.7. Kalor Pembakaran	84
5.8. Konsumsi Gas Asap	85
5.9. Temperatur Nyala Api	90
5.10. Temperatur Pembakaran	92
5.11. Temperatur Nyala Gas Meninggalkan Dapur	93
5.12. Temperatur Gas Meninggalkan Pipa Penguap Water	

Wall (APU)	94
5.13. Temperatur Gas Asap Meninggalkan Pipa Superheater ..	96
5.14. Temperatur Gas Asap Memasuki Alat Pemanas Udara....	97
5.15. Perpindahan Gas Asap Meninggalkan Alat Pemanas Udara (APU)	98
5.16. Perpindahan Panas Pada Dapur	100
BAB VI. PEMELIHARAAN KETEL UAP	105
BAB VII. KESIMPULAN	107
LITERATUR	109



DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar Sistem Paralel	11
2.	Gambar Sistem Seri	12
3.	Gambar Seri dengan By Pass	14
4.	Gambar Bentuk Susunan Pipa Water Wall	19
5.	Gambar Drum Katel	20
6.	Gambar Susunan Peralatan Ketel	21
7.	Gambar Logaritma Temperatur Deferewce	23
8.	Gambar Bentuk Pipa Back Pass	24
9.	Gambar Ekonomizer	25
10.	Gambar Alat Pemanas Udara (APU)	26
11.	Gambar Bentuk Cerobong Asap	28
12.	Gambar Grafik Triple PEAK Sterilizer	31

DAFTAR GAMBAR

1.	Gambar Sistem Paralel	11
2.	Gambar Sistem Seri	12
3.	Gambar Seri dengan By Pass	14
4.	Gambar Bentuk Susunan Pipa Water Wall	19
5.	Gambar Drum Ketel	20
6.	Gambar Susunan Peralatan Ketel	21
7.	Gambar Logaritma Temperatur Deferewce	23
8.	Gambar Bentuk Pipa Back Pass.....	24
9.	Gambar Ekonomizer	25
10.	Gambar Alat Pemanas Udara (APU)	26
11.	Gambar Bentuk Cerobong Asap	28
12.	Gambar Grafik Triple PEAK Sterilizer	31



BAB I

PENDAHULUAN

Energi tidak dapat diciptakan juga tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dirubah dari satu energi menjadi energi lain. Misalnya : energi potensial dari bahan bakar menjadi energi panas.

Untuk merubah suatu energi menjadi bentuk energi lain maka dibutuhkan suatu peralatan yang sesuai dengan energi yang akan dihasilkan

Ketel uap (Steam Boiler) adalah suatu pesawat tenaga (panas) yang berfungsi sebagai alat untuk merubah air menjadi uap dengan jalan pemanasan sampai suhu tertentu hingga mendidih. Untuk proses pendidihan diperlukan energi panas, yang dapat dari sumber panas misalnya dari pembakaran padat, cair, gas dan lain-lain. Perubahan energi ini terjadi akibat pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar sehingga menghasilkan sejumlah panas yang diterima oleh bidang-bidang pemanas dari ketel dan diteruskan pada air yang berubah menjadi uap.

Dari hasil pemanasan ini diperoleh uap yang dapat dipergunakan sebagai energi pada mesin-mesin yang terdapat diindustri-industri.

1.1. Asal Mula Perkembangan Ketel Uap

Uap (steam) dalam tulisan ini adalah uap air yaitu gas yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap (gas) dengan cara pendidihan (Boiling).

Sudah beribu-ribu tahun manusia bersahabat dengan uap air, yaitu semenjak manusia melakukan pekerjaan merebus (Boiling). Tetapi hanya baru pada abad ini manusia baru menemui bagaimana untuk mempergunakan uap bagi kepentingan mereka.

Pada tahun 1606 Giovani Battista Della Porta merencanakan dua buah laboratorium percobaan yang mempergunakan tenaga uap dan kondensasi.

Pada tahun 1712 Thomas Newcomen dan Jhon Calley membuat mesin uap yang pertama untuk pompa air. Dimana uap yang dihasilkan Boiler tersebut, dialirkan kedalam mesin uap lalu menangkap piston ke puncak. Setelah itu diinjeksi air kedalam mesin uap, maka tekanan uap sekonyong-konyong menjadi turun (vakum) maka piston tertarik kembali kebawah. Sistem ini akan menimbulkan gerak turun naik dari piston (Reciprocating) dan tenaga mesin uap ini dapat menggerakkan pompa.

Tahun 1764 sebuah model mesin Newcomen direparasi oleh James Watt, seorang pembuat instrumen dari Glaslow University. Dan James Watt merancang mesin uap, dengan memakai silinder (tabung) dan sebuah piston (Pengisap) dengan sebuah kondensor dan sebuah pompa udara.

Menurut teori James Watt, uap adalah suatu media yang elastis, dapat mengembang hingga vakum.

Dengan demikian semakin hari perkembangan serta pemakaian ketel uap semakin meluas pada industri-industri serta perkebunan (Ogrobisnis), ini dapat

kita lihat dari munculnya beberapa type dari ketel uap yang mempunyai kapasitas besar dan modren.

I.2. Pertimbangan Pemakaian Ketel Uap

Ada beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan dalam mempergunakan ketel uap dalam industri-industri diantaranya adalah :

1. Air mudah diperoleh dari sumbernya
2. Air mudah dikontrol
3. Uap yang dihasilkan harus bersih
4. Energi yang dihasilkan cukup besar

Dengan adanya pertimbangan diatas, maka ketel uap tersebut dapat beroperasi untuk menghasilkan uap yang sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan yang dibutuhkan oleh industri-industri.

I.3. Klasifikasi Ketel Uap

Ketel uap pada dasarnya terdiri dari bambung (Drum) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air.

Dalam tugas sarjana ini ketel uap diklasifikasikan dalam beberapa kelas, yaitu :

1. Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa yaitu :

- a. Ketel pipa Api (Fire Tube Boiler)
 - b. Ketel Pipa Api (Water Tube Boiler)
- ad. a. Ketel Pipa Air (Fire Tube Boiler)

Ketel pipa api yaitu : Fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (Hasil pembakaran), yang membawa energi panas (Thermal Energy), yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (Heating Surface). Dimana tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas (Kalori) kepada air ketel.

- ad. b. Ketel Pipa Air (Water Tube Boiler)

Ketel pipa air yaitu fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransfer dari luar pipa (yaitu ruang dapur) ke air ketel.

2. Berdasarkan pemakaiannya, ketel dapat diklasifikasikan sebagai :
 1. Ketel stasioner (Stasionary Boiler) atau ketel tetap
 2. Ketel mobil (Mobil Boiler), ketel pindah (Portabel Boiler).
3. Berdasarkan letak dapur (Furnance Positition)
 - a. Ketel dengan pembakaran didalam (Internally Fired Steam Boiler), dalam hal ini pembakaran terjadi dibagian dalam ketel.
 - b. Ketel dengan pembakaran diluar (Buternally Fired Steam Boiler), dalam hal ini pembakaran terjadi diluar ketel, kebanyakan ketel pipa air memakai sistem ini.
4. Menurut jumlah lorong (Boiler Tube), dapat diklasifikasikan sebagai :

- a. Ketel dengan lorong tunggal (Single Tube Steam Boiler), dalam hal ini ketel hanya memakai satu lorong saja, apakah itu lorong api atau lorong air saja.
 - b. Ketel dengan lorong ganda.
5. Berdasarkan poros tutup drum (Shell)
- a. Ketel tegak (Vertikal Steam Boiler)
 - b. Ketel Mendatar (Horizontal Steam Boiler)
6. Berdasarkan bentuk dan letak pipa
- a. Ketel dengan pipa lurus (Straight Tube Boiler)
 - b. Ketel dengan pipa bengkok (Ber Tube Boiler)
 - c. Ketel dengan pipa miring datar (Horizontal Tubular Heating Surface).
7. Berdasarkan tekanan uap yang dihasilkan
- a. Tekanan rendah s/d 30 kg/cm^2
 - b. Tekanan sedang 31 s/d 100 kg/cm^2
 - c. Tekanan tinggi diatas 100 kg/cm^2
 - d. Tekanan kritis diatas 200 kg/cm^2
8. Berdasarkan kapasitas yang dihasilkan
- a. Small Boiler s/d 10 ton uap/jam
 - b. Medium Boiler 10 s/d 250 ton uap/jam
 - c. Large Boiler diatas 250 ton uap/jam
9. Menurut sumber panasnya (Heat Source)

- a. Ketel uap dengan bahan bakar alam
- b. Ketel uap dengan bahan bakar buatan
- c. Ketel uap dengan dapur tinggi
- d. Ketel uap dengan energi nuklir

Syarat – syarat ketel uap

1. Hemat bahan bakar
2. Berat ketel dan pemakaian ruangan pada hasil uap harus kecil
3. Memenuhi syarat-syarat keselamatan kerja

1.4. Dasar Perencanaan

Adapun pada tugas ini akan direncanakan sebuah ketel uap yang dipakai untuk mengelola kelapa sawit, dengan kapasitas olah 35 ton TBS/jam dengan bahan bakar cangkang dan serabut kelapa sawit.

Uap yang diproduksi oleh ketel ini dipergunakan untuk proses pengolahan kelapa sawit dan memutar turbin dengan tekanan buang turbin 3.0 kg/cm^2 .

Pada perencanaan ini setiap masalah perencanaan pada umumnya didasari oleh perpindahan panas dan termodinamika.

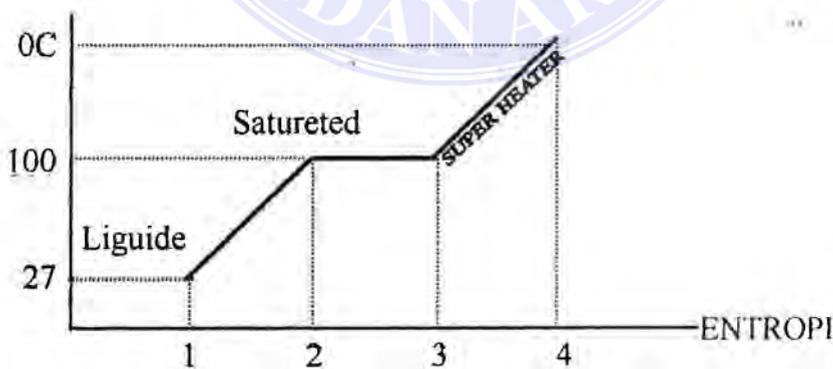
1.5. Teori Pembentukan Uap

Secara umum telah kita ketahui bahwa bila air dipanaskan (dimasak) akhirnya kan mendidih, ini terjadi pada suhu $99,99^{\circ}\text{C}$ bila pendidihan (Boiling)

terjadi dibawah tekanan atmosfer (atm). Bila tekanan Liguida berubah, maka suhu mendidih akan berubah pula sesuai dengan tekanan tertentu dipermukaan liguida yang dipanasi.

Uap air adalah sejenis fluida yang merupakan fase gas dari air, bila mengalami pemanasan sampai temperatur didih dibawah tekanan tertentu. Jadi untuk merubah air menjadi uap, maka diperlukan suatu pesawat Thermal yang dapat merubah air tersebut disebut ketel uap.

Pada prinsipnya ketel adalah salah satu komponen utama dalam pembangkitan uap, dalam ketel uap ini sendiri terjadi proses-proses thermodynamika dan perpindahan panas, dimana panas dari pembakaran atmosfer pada air melalui bidang pemanas. Air akan naik temperaturnya dan berangsur-angsur menjadi uap. Jadi fungsi dari ketel uap adalah untuk mendapatkan atau mengubah air menjadi energi.



Gbr. 1-1 Grafiks Pemanasan Air

Keterangan :

Baris 1 – 2 : Proses pemasangan air untuk menaikkan temperatur air dimana pembakaran menghasilkan panas, dan panas diserap oleh air sampai 100°C dari pada 1 atau air akan berubah menjadi uap.

Baris 2 – 3 : Proses panas laten, yaitu proses untuk mengubah air menjadi uap sleuruhnya. Jika panas diteruskan dan temperatur air tidak naik maka massa air akan berkurang.

Baris 3 – 4 : Proses uap jenuh menjadi uap kering.

I.6. Head Transfer Dalam Instalansi Uap

Dalam dapur terjadi hantaran kalor (heat Transfer) dari sumber panas (hasil pembakaran bahan bakar) terhadap bidang pemanas (Heating Surface) secara rambatan dan pancaran (konduksi dan radiasi). Dan dari bidang pemanas dihantar lagi kepada air ketel uap dibutuhkan sejumlah energi untuk mengaktifkan molekul-molekul air hingga terbentuknya uap air. Energi tersebut ditransfer dari hasil pembakaran bahan bakar dalam bentuk panas. Cara pemindahan proses panas pada air atau uap melalui bidang pemanas dengan tiga cara yaitu :

1. Cara rambatan (Conduction)
2. Cara aliran (Convection)
3. Cara pancaran (Radiation)

Perpindahan panas secara konduksi dalam ketel uap tidak memegang peranan penting. Hal ini disebabkan karena dinding pipa sebagai media pemanas diambil cukup tipis, sehingga perpindahan panas berlangsung dengan baik, itu berarti suhu dalam dinding pipa hampir sama.

Perpindahan panas secara radiasi terjadi bila bidang dipanasi dapat langsung berhadapan dengan nyala api menyentuh pipa-pipa water wall kurang dikehendaki, sebab pada kondisi demikian proses pembentukan uap menjadi tidak efektif lagi, akan timbul semacam lapisan tipis yang terdiri dari gelombang ketel yang membasahi bidang pemanas dengan fluida didalamnya.

Proses perpindahan panas secara konveksi didalam melalui molekul air tersebut menjadi buruk sekali. Selanjutnya pada pipa pemanas itu akan timbul thermal stress yang dapat mengakibatkan pipa tersebut pecah atau retak. Besarnya panas yang diterima secara radiasi dapat dituliskan seperti persamaan dibawah ini :

$$Q_r = C_z \cdot F \cdot \left[\frac{T_{api}}{100} \right]^4 - \left[\frac{T_{Benda}}{100} \right]^4$$

Dimana :

Q_r = Panas yang diterima secara radiasi (K, kal/jam)

C_z = Konstanta pancaran Steffen Boltzman (K, kal/jam)

F = Luas bidang dipanasi (m^2)

T = Temperatur ($^{\circ}K$)

Harga dari Cz pada dasarnya ditentukan oleh :

- a. Keadaan permukaan bidang yang dipanasi (kasar dan halus)
- b. Bahan benda yang dipanasi (tembaga, aluminium, besi)
- c. Warna benda yang dipanasi (hitam, putih, abu-abu)

Perpindahan panas secara konveksi terjadi pada saat molekul fluida dalam hal ini gas asap menyentuh dinding ketel. Konveksi dalam hal ini adalah konveksi paksa, karena gerakan molekul fluida adalah akibat kekuatan mekanis (dihembus oleh fan).

$$Q_k = \alpha \cdot F (T_{\text{api}} - T_{\text{dinding}}) \text{ KJ/jam}$$

Dimana :

Q_j = panas yang diberikan secara konveksi KJ/jam

α = Angka perpindahan panas KJ/M² jam °K

F = Luas bidang yang dipanasi (m²)

Pada ketel uap terdapat juga transfer secara konveksi dan bersama-sama melalui proses-proses berikut :

1. Panas dialihkan dari fluida (api atau gas asap)
2. Panas rambatan dalam benda (dinding ketel) atau dalam benda padat berlapis-lapis jelaga dinding ketel atau kerak ketel.
3. Panas dialihkan dari benda padat (dinding ketel atau kerak ketel) kepada fluida (air, uap, ataupun udara).

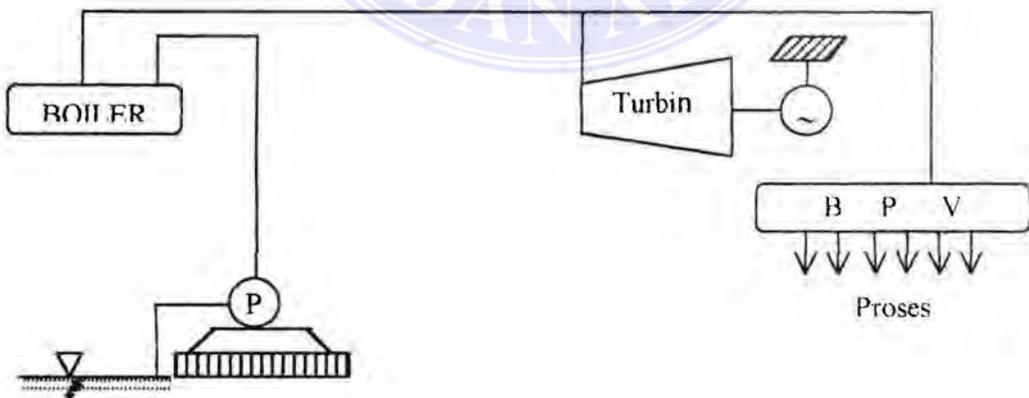
I.7. Sistem Penggunaan Uap

Sistem penggunaan uap yang dimaksud adalah sistem yang digunakan untuk mengalirkan uap yang diproses atau dihasilkan dari ketel, sehingga sampai ke turbin dan proses pengolahan pada pabrik. Secara teknis ada beberapa sistem distribusi dalam penggunaan uap yang dapat dilakukan, yaitu :

1. Sistem paralel
2. Sistem seri
3. Sistem seri dengan by pass
4. Sistem terpisah

ad. I.6.1. Sistem paralel

Pada sistem ini, turbin serta unit proses ditempatkan secara paralel dimana keduanya akan menerima uap dari ketel secara bersamaan. Instalasi distribusi tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Sistem Paralel

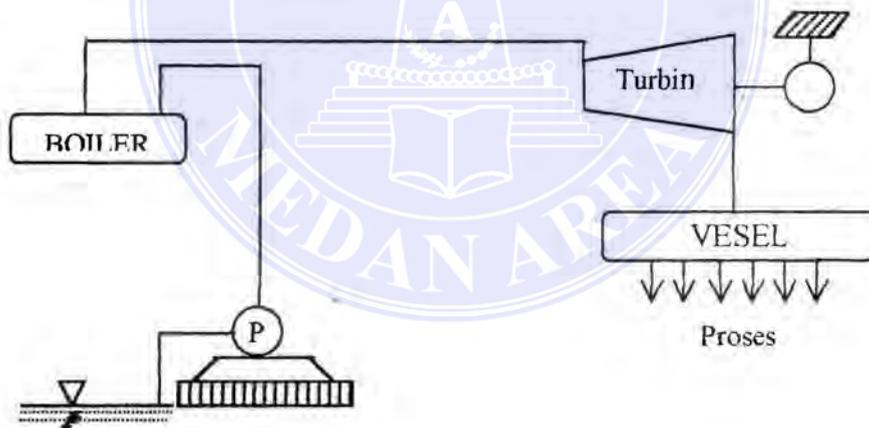
Pada sistem ini dapat menghasilkan temperatur dan tekanan yang tinggi untuk unit proses.

Sementara keburukan dari sistem ini adalah :

- Kapasitas uap yang dihasilkan harus lebih besar
- Pengoperasiannya harus lebih tinggi, serta biaya pemakaiannya cukup tinggi akibat dari pemakaian uap yang besar.

ad. I.6.2. Sistem Seri

Pada sistem ini turbin dan unit proses dihubungkan secara berurutan. Dimana uap yang digunakan pada turbin selanjutnya digunakan lagi untuk proses. Gambarnya dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 2. Sistem Seri

Keuntungan sistem ini adalah :

- Jumlah yang dibutuhkan untuk unit proses yang sama akan lebih kecil jika dapat lebih kecil.

- Ukuran ketel dapat lebih kecil
- Biaya pengoperasiannya lebih murah

Kerugian dari sistem ini adalah :

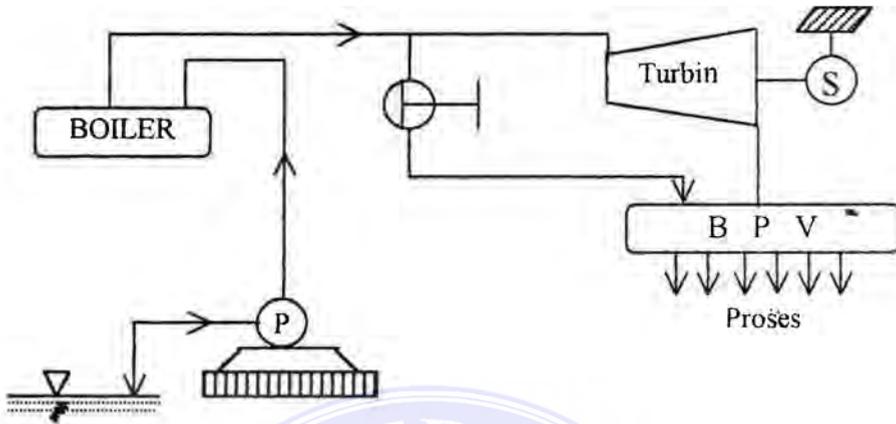
- Kapasitas untuk unit proses tergantung pada unit turbin yang dioperasikan
- Tekanan dan temperatur uap bergantung pada uap bekas turbin.

ad. I.6.3. Sistem Seri dengan By Pass

Sistem ini merupakan penyempurnaan dari sistem yang telah ada. Pada sistem ini adanya penambahan peralatan by pass sehingga mendapatkan kebaikan-kebaikan sebagai berikut :

- Dapat mencegah terjadinya penurunan temperatur serta tekanan uap pada saat pemakaian uap yang banyak.
- Suplay uap ke unit proses dapat diukur melalui by pass, sehingga efisiensi pemakaian dari uap dapat dijaga.

Dengan adanya perbaikan pada sistem ini maka diperlukan pula tambahan peralatan pada superheater, dibawah ini diagram sistem seri dengan by pass.



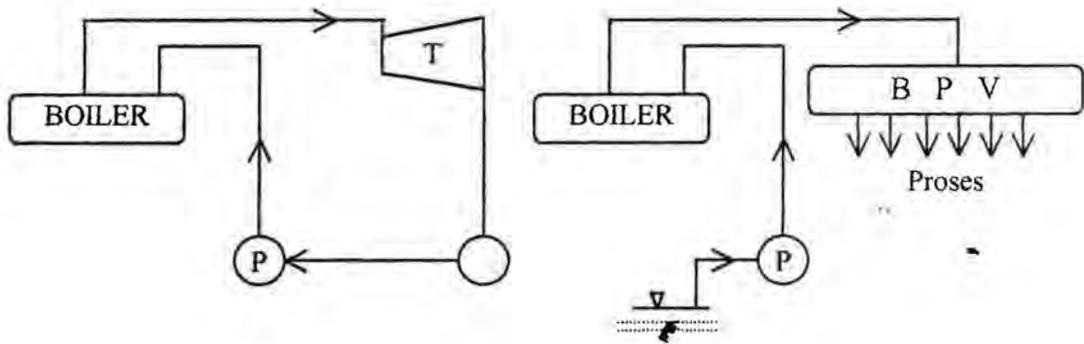
Gambar 3. Sistem Seri Dengan By Pass

ad. I.6.4. Sistem Terpisah

Pada sistem ini unit turbin dan unit proses masing-masing menggunakan uap tersendiri.

Adapun keuntungan sistem ini adalah :

- Pemilihan terhadap ketel lebih mudah, karena hanya disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing unit.
- Pemakaian uap dapat diatur untuk masing-masing unit secara terpilih.
- Dalam keadaan turbin tidak beroperasi, ketel uap dapat dihentikan, begitu pula dengan unit proses.



Gambar 4. Sistem Terpisah

Setelah mempertimbangkan keuntungan dan kerugian serta kebaikan dari penggunaan keempat sistem ini, maka penulis lebih cenderung memilih sistem seri dengan By Pass. Hal ini didasarkan pada keuntungan dan kerugian diatas, juga terhadap kebutuhan uap pada proses pengolahan kelapa sawit tidak terlalu tinggi, yaitu pada temperatur 133^0 dan tekanan 3 kg/cm^2 . Keadaan ini dapat direncanakan sedemikian rupa, sehingga uap bekas yang keluar dari turbin sedikit diatas kondisi uap yang dibutuhkan.

BAB II

BAGIAN-BAGIAN KETEL UAP

Pendahuluan

Ketel uap adalah suatu bejana yang tidak terdiri dari suatu bagian namun mempunyai banyak komponen yang satu dengan yang lain membentuk suatu sistem pembangkit uap.

Masing-masing elemen tersebut mempunyai fungsi tersendiri akan tetapi mempunyai keterangan berbeda antara satu dengan elemen lainnya.

Adapun komponen-komponen utama dari ketel uap tersebut adalah sebagai berikut :

1. Dapur (furnance)

Dapur (furnance) yang dimaksud adalah dapur tempat melakukan pembakaran bahan bakar secara efektif atau tempat mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas.

2. Pipa Water Wall

Pipa Water Wall adalah pipa yang ditempatkan didalam dapur yang berguna untuk mengubah energi panas menjadi energi potensial uap.

3. Drum ketel

Drum ketel yang dimaksud adalah tempat terjadi sirkulasi air dan uap.

4. Superheater

Superheater adalah peralatan yang dipergunakan untuk mengubah uap jenuh menjadi uap lewat jenuh (Superheater Uap Panas lanjut)

5. Pipa Back Pass

Pipa back panas adalah pipa yang ditempatkan diantara drum atas dan drum bawah, yang berfungsi untuk membentuk uap bersama-sama dengan pipa water wall.

6. Economizer

Economizer adalah sejenis alat penukar panas aliran silang dimana panas di pindahkan dari gas asap ke air pengisian.

7. Dearator

Dearator adalah peralatan yang digunakan untuk memanaskan air sebelum disuplai kedalam ketel.

8. Cerobong asap.

Cerobong asap berfungsi untuk pembuangan asap sisa pembakaran diruang bakar.

a.d. 1. Ruang Bakar (Furnance)

Proses pembakaran bahan bakar dalam satau ketel uap di lakukan diruang dapur yang dilengkapi dengan seperagkat sistim pembakaran.

Pada proses pembakaran ini dibutuhkan udara pembakaran yang cukup untuk tercapainya pembakaran sempurna, dan panas yang dihasilkan adalah untuk memanaskan air.

Ada beberapa jenis dapur yang dipergunakan serta tergantung pada penggunaan tergantung pada penggunaan, seperti:

1. Furnance untuk pandai besi (FORGING)
2. Furnance untuk pencoran logam (FOUNDRY)
3. Furnance untuk kebutuhan sistem konfersi energi.

Dalam perencanaan ketel ini yang biasa digunakan adalah dapur konversi energi. Umpamanya untuk pembangkit tenaga uap (Sistem Poker Plant).

Secara umum persyaratan ruang bakar harus mempunyai :

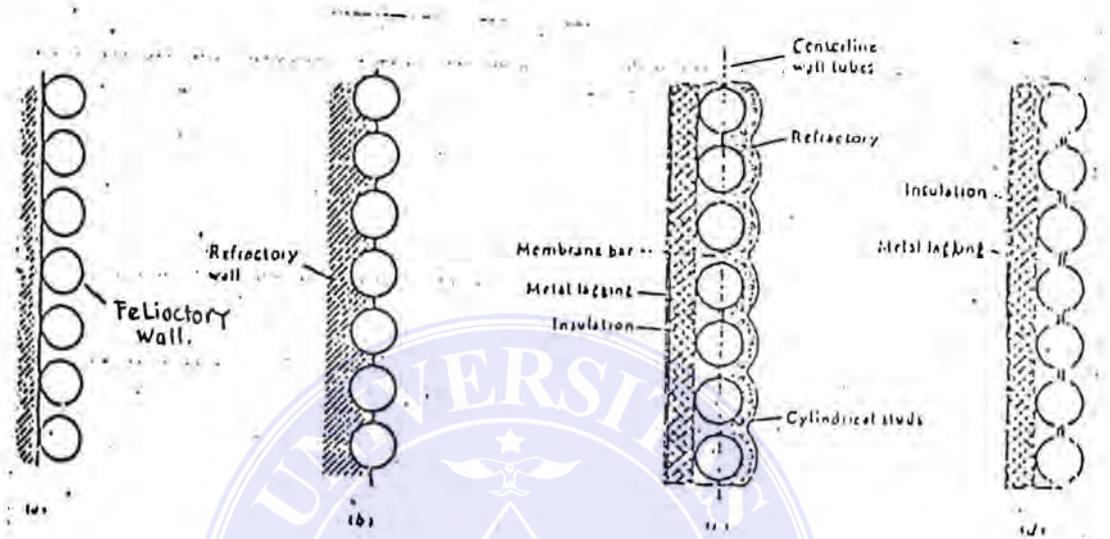
- Konstruksi yang kuat
- Bentuk sederhana dan tahan panas
- Dapat menghasilkan pembakaran yang baik serta dapat dikontrol.

Dengan demikian pada kabel ini akan diperoleh panas yang di butuhkan untuk menghasilkan uap yang sesuai dengan kebutuhan yang diperoleh/diperlukan.

Ad. 2. Pipa Water Wall

Bidang pemanas yang terutama memerlukan pemanasan terhadap air adalah pipa water wall yang langsung berhadapan dengan nyala api. Air yang

berada pada pipa sekaligus berat jenisnya turun yang menyebabkan terjadinya sirkulasi air dan uap dalam pipa.



Gambar 2.1. Bentuk Susunan Pipa Water Wall

Pemanas yang dihasilkan ruang bakar sebagian akan diserap oleh air yang berada dalam pipa. Kerugian kalor pada dapur akan lebih kecil, karena adanya pendinginan oleh air yang ada dalam pipa water wall.

Ad.3 Drum Ketel

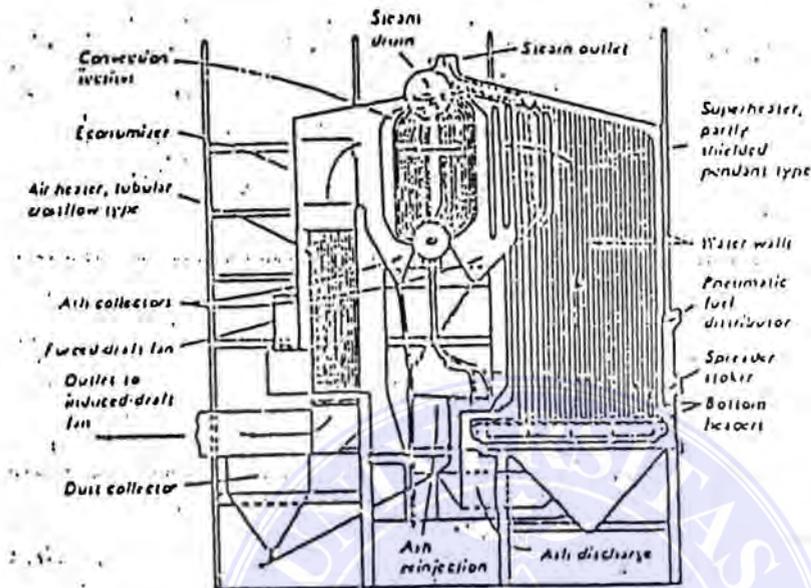
Komponen utama yang paling penting dalam ketel uap adalah drum ketel. Drum ketel ini berfungsi sebagai seperator yang memisahkan uap dengan air. Uap ini akan disalurkan menuju pipa superheater menjadi pemanas lanjut sampai mencapai suhu dan tekanan tertentu.

Pada perencanaan ini ketel menggunakan dua buah drum yaitu drum atas (upper drum) dan drum bawah (lower drum), yang ukuran dari drum atas dan

drum bawah berbeda-beda ini bertujuan agar sirkulasi berjalan dengan baik. Pada kedua drum ini dihubungkan sejumlah pipa-pipa back pass. Pada ketel air dalam drum maksimal $\frac{2}{3}$ diameter drum, dimana tujuan dari pembatas ini untuk mengetahui efek yang tidak diinginkan, hal ini dapat dimengerti karena dinding atas dari drum ketel yang berbatasan dengan uap, memuai lebih banyak dibandingkan dengan dinding bagian atas dan bawah tidak mudah pecah atau bocor diusahakan jangan sampai terjadi tegangan akibat perbedaan panas. Maka yang perlu diperhatikan adalah temperatur air pengisi ketel jangan terlalu rendah. Jika ini terjadi maka akan timbul perbedaan suhu yang besar antara dinding sebelah dalam drum dengan sambungan pipa pada drum dengan begitu akan terjadi thermal stress pada bagian persambungan dan jangka waktu yang lama bagian tersebut akan pecah dan bocor.



Gambar 2.2. Drum Ketel



Gambar 2.3. Susunan Peralatan Ketel

Ad.4. Superheater

Adapun sebuah superheater, merupakan komponen yang terpenting dimana superheater sangat penting untuk produksi uap panas lanjut bagi turbin uap, kerana uap panas lanjut adalah uap kering, syarat yang diperlukan dalam operasi turbin.

Uap dari superheater ditampung di heater superheater untuk selanjutnya dialirkan kepada pipa induk. Untuk menghindari kehilangan panas keluar dari superheater umumnya pipa-pipa penghantar di isolator.

Adapun beberapa keuntungan pemakaian pipa superheater antara lain :

1. Uap panas lanjut yang dihasilkan superheater tidak lagi mengandung butir-butir air sehingga memenuhi syarat untuk dipakai pada turbin uap.
2. Dengan tekanan yang sama, uap panas lanjut mempunyai Enthalpi yang lebih tinggi dibandingkan dengan uap jenuh (kenyang) sehingga daya yang dihasilkan akan lebih besar.
3. Superheter ini menyerap panas dari gas asap sehingga luas bidang pemanas semakin besar dan kehilangan panas dalam asap dapat diperkecil.

Setelah tempratur antara gas asap masuk ke superheater dengan tempratur uap kental masuk ke superheater dapat dihitung dengan :

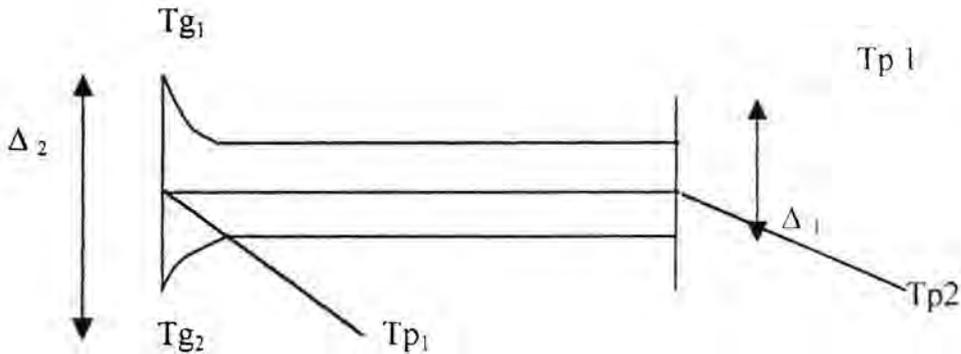
$$1 = T_{g1} - T_{u1}$$

Sedangkan selisih tempratur antara gas asap keluar dari superheater dengan tempratur uap yang dipanas lanjutkan keluar dari superheater adalah :

$$2 = T_g - T_{u2}$$

Maka selisih tempratur rata-rata gas daerah tempratur rata-rata uap air di dalam superheater adalah :

$$\begin{aligned} T &= T_{g1 \text{ rata-rata}} - T_{u1 \text{ rata-rata}} \\ &= \frac{1-2}{\left(n c \frac{1}{2} \right)} \end{aligned}$$



Gambar 2.4. Logaritma Temperatur Deferewce

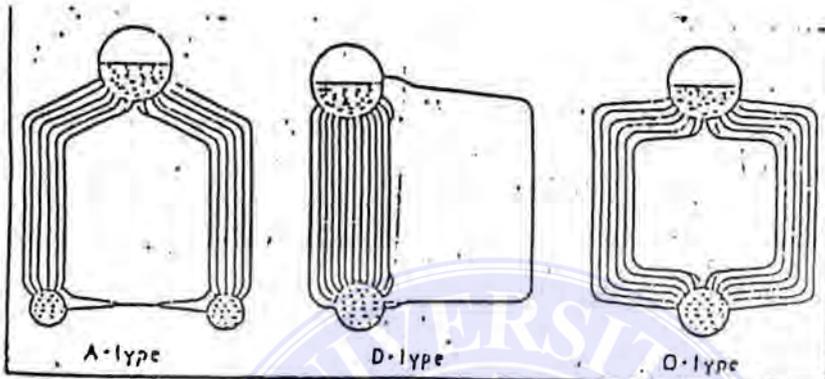
Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa temperatur pada superheater pada ujung masuk dan keluar menunjukkan harga yang konstan ($Tp1 = Tp2$)

Dengan demikian dapat dipastikan bahwa superheater harus searah akan lebih baik.

Ad. 5. Pipa Back Pass

Pada dasarnya ruang bakar tidak dapat menampung seluruh pipa water wall untuk mencapai produksi uap seperti yang diharapkan. Sementara pada ruangan lain masih terdapat tempat yang kosong maka sebagai pemecahnya pada ruangan tersebut dipasang pipa back pass dengan demikian sehingga pada produksi bersama dengan pipa water wall dapat mencapai kapasitas uap yang diinginkan. Pipa-pipa ini diperbolehkan persis pada lawan gas asap diantara drum atas dan drum bawah.

Dibawah ini ditunjukkan beberapa bentuk susunan pipa back pass, dengan type dan bentuk yang sesuai dengan dapur yang dipakai.



Gambar 2.5. Bentuk Pipa Back Pass

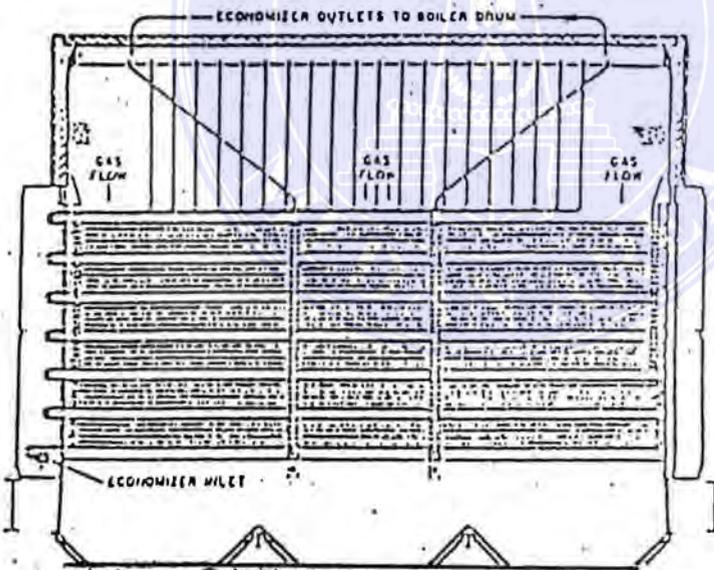
Ad. 6. Ekonomizer

Ekonomizer ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi ketel, karena ekonomizer bekerja menyerap panas, kenaikan suhu air sekitar 6 hingga 7 derajat celsius dapat meningkatkan efisiensi ketel sebesar 1 persen. Bukan hanya suhu gas buang yang meninggalkan ekonomizer harus paling tidak 180 derajat celsius diatas temperatur titik embun gas asap, tetapi suhu air yang meninggalkan ekonomizer harus paling tidak 30 derajat celsius dibawah temperatur jenuh air pengisian ketel.

Keuntungan yang diperoleh dengan pemanasan air pengisian ketel ini antara lain :

1. Efisiensi ketel meningkat, karena ekonomizer memanfaatkan panas gas asap sisa untuk memasangkan air pengisi ketel.
2. Pemakaian bahan bakar hemat
3. Ukuran ruang dapaur dapat dibuat lebih kecil sebab lebih kecil keburukan bidang pemanas untuk pembentukan uap jenuh.
4. Tidak terjadi thermal stress yang membahayakan bagian sambungan pipa.

Dibawah ini diberikan salah satau bentuk dari ekonomizer pada lawan gas asap



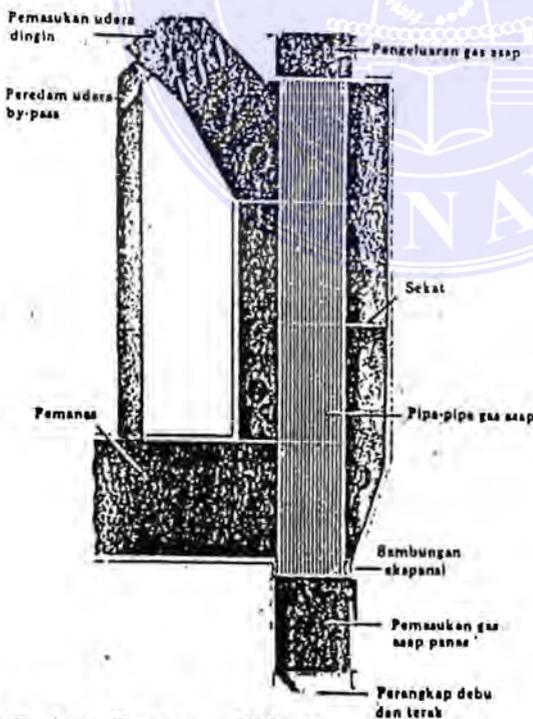
Gambar 2.6. Ekonomizer

Ad. 7. Alat Pemanas Udara

Alat pemanas ini berfungsi membantu mempercepat penguapan air yang terkandung didalam bahan bakar. Dengan demikian pembakaran bahan bakar dapat berlangsung dengan cepat.

Pemanas udara menyerap panas dari gas asap untuk memanaskan udara pembakaran yang dingin ada dua jenis pemanas udara, yaitu : pemanas regeneratif dan pemanas rekuratif. Pemanas rekuratif adalah adalah sebuah pengalih panas (heat exchanger) jenis palt atau tabular yang bekerja sebagai sebuah unit arus berlawanan arah ataupun aliran silang.

Gambar sebuah pemanas udara rekuratif dari type tabular dengan arus berlawanan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



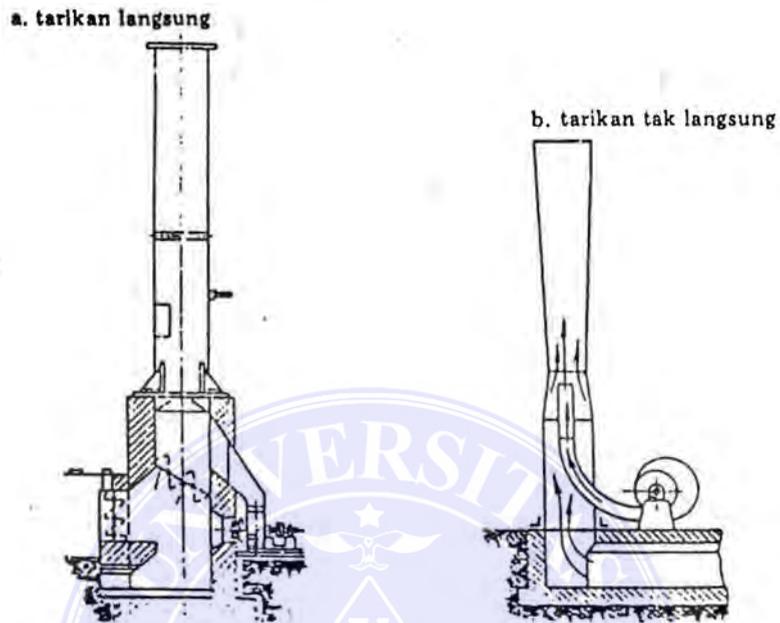
Gambar 2.7. Alat Pemanas Udara

Ad. 8. Cerobong Asap

Cerobong asap digunakan untuk membuang gas-gas sisa-sisa pembakaran yang tidak berguna lagi. Gas tersebut harus dibuang dari ruang dapur sebab apabila tidak akan memperburuk mutu pembakaran karena dapur penuh dengan karbon dioksida yang justru memadamkan api.

Untuk membantu pengeluaran gas-gas sisa tersebut pada umumnya digunakan prinsip tarikan. Udara yang diperlukan untuk pembakaran dapat disuplay dengan sistem tarikan alamiah (Nataural Daft System), system tarikan mekanis (Mechanical Draft System) atau dengan cara mengkombinasikan kedua sistem tersebut.

Adapun keuntungan lain dari pemakaian cerobong adalah untuk mengurangi polusi ketel sehingga tidak mengganggu para pekerja (operator) dan peralatan lain.



Gambar 2.9. Bentuk Cerobong Asap

BAB III

PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT

3.1. Pendahuluan

Pengolahan kelapa sawit adalah merupakan proses akhir dari suatu rentetan peristiwa yang dilakukan dari suatu perkebunan. Yang mana sebelumnya dilakukan kegiatan-kegiatan seperti pengolahan tanah, pembibitan, penanaman, pemeliharaan dan perawatan. Setelah buah yang dimasak diangkat dari lahan perkebunan ke pabrik yang kemudian diolah untuk mendapatkan minyak (Palm Oil).

Yang dimaksud dengan proses pengolahan kelapa sawit adalah, semua perlakuan ataupun kegiatan-kegiatan yang dimulai dari tandan buah segar (TBS) sehingga diperolehnya minyak (Palm Oil). Sedangkan serat atau serabut, cangkang digunakan untuk bahan bakar ketel.

Pada proses pengolahan kelapa sawit terdiri dari beberapa unit proses yang membutuhkan tindakan-tindakan baik dalam bentuk mekanis, fisis, kimia. Untuk memperoleh atau mempercepat dalam menghasilkan minyak yang baik. Pemrosesan ini memerlukan cara yang tepat dan teliti, guna memperoleh hasil yang memenuhi standar, untuk produksi. Minyak kelapa sawit dan inti sawit yang diperoleh dari pengolahan kelapa sawit diolah kembali pada industri hilir, dimana

kwalitas produksi kelapa sawit akan mempengaruhi keberhasilan pengolahan untuk selanjutnya.

3.2. Proses Pengolahan Kelapa Sawit

Dalam proses pengolahan kelapa sawit ada beberapa kegiatan yang dilakukan seperti :

1. Perebusan buah (sterilizer)
2. Pemipilan buah (Stripper)
3. Pengempaan (Digester)
4. Pemurnian minyak (Darification)
5. Pengeringan minyak (Draying)
6. Pengolahan inti sawit

Ad. 3.2.1. Perebusan buah (sterilizer)

Perebusan buah dilakukan dalam rebusan dan ini adalah merupakan awal dari proses pengolahan kelapa sawit. Tujuan perebusan buah adalah :

- a. menghentikan aktivitas enzim
- b. menurunkan kadar air
- c. mempermudah lepasnya buah dari tandannya pada proses pemipilan
- d. memisahkan inti dari cangkang

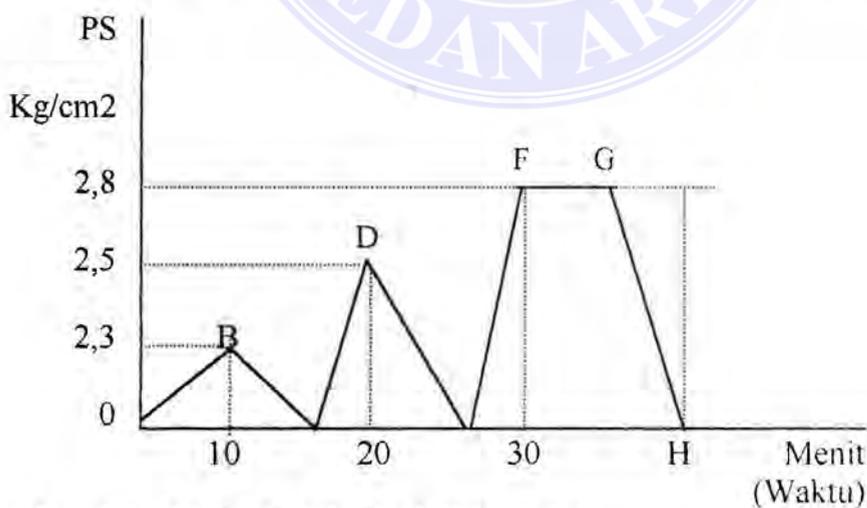
Pada perebusan ini dilakukan dengan sistem tekanan atau beban kejut kepada TBS agar diperoleh :

- waktu perebusan singkat
- poengurangan kadar air dapat berlangsung dengan sempurna
- kapasitas olah dengan dicapai sedini mungkin

Pada ketel rebus diperoleh dari Back Pressure Value (BPV) dengan tekanan Ps (2,5 - 3,5) kg/cm² dan tempratur (110-160)⁰C dengan lama perebusan dilakukan ± 100 menit.

Dalam perebusan ini waktu dan tekanan serta tempratur yang dibutuhkan setiap periode ditentukan, sehingga penutupan pipa masuk dan keluar sesuai dengan waktu yang ditentukan.

Pada grafik dibawah ini akan diberikan hubungan antara tekanan rebusan serta waktu yang telah ditentukan dibutuhkan untuk suatau periode.



Gambar 3.1. Grafik Triple Peak Sterilizer

Dimana :

Ps = Tekanan Uap (kg/cm^2)

AB = Pemasukan uap Ps = $2,3 \text{ kg/cm}^2$

BC = Pembuangan air kondensat (Peak I)

CD = pemasukan uap sampai tekanan $2,5 \text{ kg/cm}^2$

DE = Pembuangan air kondensat (Peak II)

EF = Pemasukan uap sampai tekanan $2,8 \text{ kg/cm}^2$

FG = Perebusan TBS pada tekanan kondensat $2,8 \text{ kg/cm}^2$

GH = Pembuangan uap dan kondensat (Peak III)

Ad.3.2.2. Pemipilan Buah (STRIPPER)

Pemipilan buah adalah merupakan proses pemisahan buah dari tandannya setelah dilakukan perebusan buah. TBS yang sudah masak atau direbus, dikeluarkan dari ketel rebusan lalu diangkat oleh Hoisting Crane dalam bakulan kedalam Stripper atau pemipilan.

Buah yang telah dirontokkan (dipisahkan) diangkat oleh Conveyor menuju mesin pengepresan dan jenzangnya tersebut dibakar.

Ad. 3.2.3. Pengempaan (DIGESTER/PRESSING)

Pengempaan adalah tempat pengepresan dimana biji kelapa sawit dilumatkan dengan tujuan pemisahan daging buah dengan inti. Setelah daging dan buah terpisah maka daging dan buah dipress untuk mengeluarkan minyaknya.

Minyak yang dihasilkan disini masih tercampur dengan air serta kotoran lainnya. Pelumatan dilakukan dalam ketel dan buah yang sudah ditempa diaduk dengan tempratur uap antara $80^0 - 100^0$.

Tujuan dari pengempaan adalah untuk mengambil minyak dari dalam buah, buah yang sudah diremas atau diaduk secara bertahap dalam Feed Screw Conveyor dan didorong kedalam mesin pengempa, karena tekanan screw dan cone, maka buah terperas sehingga lubang-lubang proses cake, minyak dipisah dari serabut dan biji, kemudian dialirkan kedalam Sand Trap Tank.

Pada proses ini serabut, biji dan inti akan terpisah.

Ad. 3.2.4. Proses Pemurnian Minyak

Minyak yang telah diperoleh dari pengepresan mesin berupa minyak kotor atau minyak mesin air serta kotoran (Nos). Untuk mendapatkan minyak murni (tidak mengandung air dan kotoran) perlu dilakukan beberapa proses lagi seperti :

A. Pengenceran

Pengenceran bertujuan untuk mengencerkan minyak sehingga pemisahan kotoran-kotoran berupa pasir, tanah liat, serat-serat yang terdapat dalam minyak dapat berjalan dengan baik. Pengenceran ini dilakukan dengan memanasi minyak hingga temprturnya 90^0-95^0 C dan jumlah air pengenceran harus sebanding dengan crude oil yang keluar dari pressan.

B. Ayakan

Ayakan getar ini digunakan untuk memisahkan kotoran-kotoran minyak, dimana pada proses pengayakan ini kotoran-kotoran akan tertinggal pada ayakan yang sudah disaring dialirkan ke crude oil tank (Tangki COT)

C. Crude Oil Tank

Crude Oil Tank berfungsi untuk menampung minyak kotoran dan mengendapkan partikel-partikel yang tidak larut dan lolos dari ayakan. Crude oil ini ditempatkan ke bucket elevator.

D. Oil Setting Tank/ Contentius Setting Tank

Minyak yang berada dalam crude oil tank dipompakan ke oil setting tank oleh crude oil pump. Dimana kotoran-kotoran diendapkan pada oil setting tank. Proses pengendapan ini dapat berlangsung dengan sempurna jika temperatur minyak dipertahankan $90^{\circ} - 95^{\circ} \text{C}$ dan waktu >8 jam. Karena pada temperatur ini berat jenis minyak kecil, sehingga kotoran-kotoran akan mengendap didasar tangki.

E. Sludge Tank

Sludge Tank yang berasal dari oil setting tank dipompakan pada sludge tank untuk pembuangan pasir dan sampah-sampah yang berada dalam sludge tank dipanaskan antara $90^{\circ} - 100^{\circ} \text{C}$. Dan lumpur yang berada didasar tanki dibuang setiap selang waktu tertentu.

B. Ayakan

Ayakan getar ini digunakan untuk memisahkan kotoran-kotoran minyak, dimana pada proses pengayakan ini kotoran-kotoran akan tertinggal pada ayakan yang sudah disaring dialirkan ke crude oil tank (Tangki COT)

C. Crude Oil Tank

Crude Oil Tank berfungsi untuk menampung minyak kotoran dan mengendapkan partikel-partikel yang tidak larut dan lolos dari ayakan. Crude oil ini ditempatkan ke bucket elevator.

D. Oil Setting Tank/ Contentius Setting Tank

Minyak yang berada dalam crude oil tank dipompakan ke oil setting tank oleh crude oil pump. Dimana kotoran-kotoran diendapkan pada oil setting tank. Proses pengendapan ini dapat berlangsung dengan sempurna jika temperatur minyak dipertahankan $90^{\circ} - 95^{\circ} \text{C}$ dan waktu >8 jam. Karena pada temperatur ini berat jenis minyak kecil, sehingga kotoran-kotoran akan mengendap didasar tangki.

E. Sludge Tank

Sludge Tank yang berasal dari oil setting tank dipompakan pada sludge tank untuk pembuangan pasir dan sampah-sampah yang berada dalam sludge tank dipanaskan antara $90^{\circ} - 100^{\circ} \text{C}$. Dan lumpur yang berada didasar tanki dibuang setiap selang waktu tertentu.

F. Sludge Centrifugal Tank

Pada tangki ini minyak dipisahkan dari air dan kotoran. Air dan kotoran dipisahkan dan dibuang, bahan ini disebut air draft dengan kadar minyak/ zat kering \pm (7-10%). Fraksi ini dikembalikan ke oil setting tank. Temperatur minyak dalam sludge superator dipertahankan diatas 90°C dengan pemberian uap panas. Minyak telah bersih dari pasir-pasir halus, lumpur dipompakan ke setting tank untuk diproses kembali.

G. Oil Tank

Minyak yang berada dipermukaan atas cairan yang terdapat didalam oil setting tank dialirkan kedalam oil tank. Minyak ini masih mengandung air dan kotoran-kotoran ringan, dalam tangki ini minyak dipanaskan, sehingga air terpisah dan turun kedalam tangki. Suhu minyak dalam oil tank sangat berpengaruh pada perlakuan selanjutnya karena minyak dipanaskan. Pemanasan minyak dalam oil tank dapat dilakukan dengan pemberian uap basah secara langsung atau dengan pipa pemanas.

H. Purifier (Oil Sentrifugal)

Purifier ini sering disebut dengan oil centrifuge yang berfungsi sebagai pemurnian minyak dari kotoran dan air. Oil furifier atau centrifuge adalah untuk memisahkan fraksi yang berat jenisnya lebih besar dari satu (1), artinya minyak dalam suatu fraksi, sedangkan kotoran tergolong kedalam fraksi

berat, sehingga antara kotoran dan minyak akan terpisah. Minyak dari oil purifier di kirim ke heater untuk proses pengeringan.

Ad. 3.2.5. Proses Pengeringan Minyak

Minyak yang keluar oil purifier dilewatkan lagi melalui oil heater dengan tujuan untuk menghilangkan atau mengurangi kadar air yang masih tinggi/ tertinggal.

Kemudian minyak ini diproses lagi dalam oil vakum drayer untuk mengurangi kadar air hingga batas minim yang didasarkan pada mutu standart.

Pemisahan air dari minyak dalam vakum drayer dipengaruhi oleh :

1. Temperatur minyak

Pemisahan air atau bahan yang mudah menguap akan semakin efektif bila suhu semakin tinggi didalam vakum drayer tidak terjadi pemanasan, sehingga yang menentukan suhu minyak adalah pada proses sebelumnya.

2. Kehampaan udara

Fluida akan lebih mudah menguap apabila dalam keadaan hampa udara. Kehampaan udara ini tergantung dari system injektor, juga dipengaruhi oleh fluktuasi debit minyak masuk.

3. Interaksi suhu minyak dan kehampaan udara

hal ini sangat penting untuk pengurangan kadar air. Dimana vakum dreyer ini akan bekerja dengan baik bila temperatur diatas 75°C dan tekanan dibawah $0,20 \text{ kg/cm}^2$

ad. 3.2.6. Pengolahan Inti Sawit

Buah yang dimasukkan kedalam mesin pressan akan menghasilkana Crude oil, serabut dan biji. Serabut dan biji sawit diolah dalam stasiun kernel dengan berbagai peralatan sehingga nantinya akan diperoleh serabut. Cangkang dan inti sawit (kernel).

Alat –alat yang dipergunakan adalah :

1. Cake Breaker Conveyor

Peralatan yang mengangkut dan menurunkan serabut dan biji sawit yang keluar dari perasan, dimana serabut dan biji sawit diangkut dan dipisahkan pada separating colum. Cake breaker conveyor ini terdiri dari satau lubang yang mempunyai dinding rangkap, dan diantaranya diisi dengan uap panas atau steam jaket dengan tempratur $80^{\circ} - 100^{\circ} \text{C}$.

2. Daperi Carper

Dari Cake Conveyor, pressan cake jatuh kedalam Daperi Carperi, kemudian biji dan Nut dipisahkan, dimana ampas terhisap ke fibricylone lalu dikirim oleh conveyor dan jatuh ke Nut Polishing Drum.

3. Nut Polishing Drum

Biji yang masih tercampur masuk ke Nut Polishing Drum yang terus berputar, sehingga akibat dari perputaran drum biji-biji akan dibilas untuk melepaskan serat-serat yang masih tertinggal dalam biji.

4. Nut Bin

Nut yang keluar dari nut polishing drum diangkat oleh elevator dan dimasukkan kedalam nut bin silo dreyer dengan mengalami pemanasan $\pm 80^{\circ}\text{C}$. Dimana sistem pemanasan ini berbentuk oil yang dialiri dengan uap dan oil ini memanaskan nut bin dengan bantuan boiler.

5. Nut Gradding Drum

Biji yang keluar dari nut bin melalui nut conveyor dimasukkan kedalam out grading untuk memisahkan biji gelondong besar, sedang dan kecil.

6. Nut Creaker

Nut Creaker adalah alat pemecah biji sehingga dari sini diperoleh cangkang dan inti (kernel). Dimana inti dan cangkang dipisahkan pada Claybath separator, dimana kernel yang diangkat melalui kernel distributing conveyor lalu dimasukkan kedalam kernel silo dryer.

7. Kernel Bin (Kernel Silo Drayer)

Didalam kernel bin kernel yang sudah bersih atau murni dikumpulkan dan dipisahkan untuk memperkecil kadar air. Dimana uap dialirkan dengan temperatur antara $70^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$.

BAB V

BAHAN BAKAR KETEL UAP

V.1. Pendahuluan

Pembakaran adalah suatu proses kimia dari hasil reaksi sejumlah unsur-unsur yang terkandung didalam bahan bakar dan unsur oksigen (O_2) yang membantu pembakaran.

Bahan bakar yang digunakan pada suatu ketel uap ada bermacam-macam tergantung kepada keperluan apa dan dimana ketel tersebut dipergunakan. Bahan bakar ini terbakar didalam ruang bakar untuk memperoleh panas. Dan panas ini dipergunakan untuk menguapkan air didalam ketel.

Bahan bakar untuk suatu ketel kita kenal tiga bagian :

- a. bahan bakar padat misalnya ; seperti arang, bataubara dan lain-lain
- b. bahan bakar gas ; seperti gas alam dan lain-lain
- c. bahan bakar cair ; seperti minyak, residu dan lain-lain.

Sesuai dengan tugas yang diberikan, maka penulis menetapkan bahan-bakar yang dipakai adalah bahan bakar padat cangkang dan serabut kelapa sawit.

V. 2. Pemilihan Jenis Bahan Bakar

Berbagai jenis bahan bakar yang dapat dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan panas, tetapi bahan bakar yang dipergunakan untuk ketel uap haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Nilai pembakaran harus tinggi dimana jumlah kalor yang diperoleh dari pembakaran sempurna dari tiap bahan bakar.
2. Persentase dari pembakaran bahan bakar yang tidak terbakar haruslah rendah.
3. Bahan bakar diperoleh dengan mudah
4. Tidak membahayakan pada tempat penyimpanan dan saat pembakaran.

Ketel uap dengan type ini direncanakan dengan pengoperasian memakai bahan bakar padat, yaitu campuran antara cangkang (shell) dan serabut (fibre) yang banyak dan mudah diperoleh dari pabrik pengolahan kelapa sawit itu sendiri.

Dalam menulis tugas ini, penulis melakukan research pada PT. GUNUNG MELAYU PMKS GM II, sesuai dengan data yang dipergunakan untuk pengolahan kelapa sawit dan untuk pembangkit tenaga listrik.

Oleh karena dalam perencanaan ini, ketel yang dioperasikan adalah untuk proses pengolahan dan pembangkit listrik, maka bahan bakar yang digunakan yaitu campuran antara cangkang dan serabut dengan perbandingan 20% untuk cangkang dan 80% serabut atau 1 : 4.

Menurut hasil penelitian yang diperoleh penulis pada saat research komposisi kimia dari bahan bakar campuran adalah sebagai berikut :

Komposisi Kimia	Komposisi			
	Cangkang (Shell)		Serabut (Fibre)	
	Basah	Kering	Basah	Kering
Air (H ₂ O)	24,15	-	43,55	-
Carbon (C)	38,01	50,12	26,61	47,14
Hydrogen (H)	4,48	5,91	3,27	5,79
Sulfur (S)	0,14	0,18	0,17	0,30
Oksigen (O ₂)	29,53	39,10	12,28	22,77
Nitrogen (N ₂)	1,68	2,05	10,40	18,0
Abu (Ash)	2,00	2,64	3,37	6,6

V. 3. Analisa Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran di pabrik pengolahan kelapa sawit, pada umumnya adalah cangkang dan serabut.

Dari hasil pembakaran bahan bakar ini dihasilkan sejumlah panas dari ketel untuk mendapatkan uap dari ketel. Dalam hal ini fase yang diperoleh adalah dari hasil pembakaran bakar.

Dalam bahan bakar, alternatif dalam penelitian cangkang dan serabut sebagai bahan bakar ketel adalah karena bahan bakar tersebut cukup tersedia pada pabrik tersebut, hal ini didasarkan pada :

- Nilai bakar dari bahan bakar serabut dan cangkang telah memenuhi persyaratan
- Sisa pembakaran bahan bakar dapat dipergunakan untuk pupuk bagi tanaman kelapa sawit
- Cangkang dan serabut cukup banyak tersedia.

V.4. Nilai Bahan Bakar

Nilai kalori (Heating valve) adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna 1 kg bahan-bahan dan pendinginan kembali hasil pembakaran sampai suhu dari bahan bakar dan udara pembakaran.

Nilai kalor bahan bakar diklasifikasikan atas dua macam bagian :

- a. Nilai kalor tertinggi (Highcalorivic Valve), yaitu banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna 1 kg bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap air.
- b. Nilai kalor rendah (Lowcalorivic Valve) yaitu banyaknya panas yang diperoleh dari pembakaran sempurna 1 kg bahan bakar dengan memperhitungkan uap air.

Komposisi bahan bakar :

Serabut :

$$C = 47,14 \% = 0,417 \text{ kg}$$

$$H_2 = 5,79 \% = 0,0579 \text{ kg}$$

$$S = 0,30\% = 0.003 \text{ kg}$$

$$O_2 = 22,17 \% = 0.2217 \text{ kg}$$

$$N_2 = 18,0 \% = 0,18 \text{ kg}$$

$$A = 6,6 \% = \underline{0,066 \text{ kg}}$$

$$\text{Jumlah} = 1,00 \text{ kg}$$

$$C = 50,12 \% = 0,5012 \text{ kg}$$

$$H_2 = 5,91 \% = 0,0591 \text{ kg}$$

$$S = 0,18\% = 0,0018 \text{ kg}$$

$$O_2 = 39,10 \% = 0,3914 \text{ kg}$$

$$N_2 = 2,05 \% = 0,0205 \text{ kg}$$

$$A = 2,64 \% = \underline{0,0264 \text{ kg}}$$

$$\text{Jumlah} = 1,00 \text{ kg}$$

Dengan mempergunakan rumus Duleg Pelit, maka didapat :

Nilai kalor tertinggi serabut (HHVs)

$$HHVs = 8100. c + 34.400 \left(CH_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2500. S \text{ (kkal/kg) } \dots \dots \text{ lit, 6 hal 160}$$

$$\begin{aligned} \text{HHVs} &= 8100 \cdot 0,417 + 34.400 \left(0,0579 - \frac{0,2217}{8} \right) + 2500 \cdot 0,003 \\ &= 4864,376 \text{ kkal/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Nilai kalor terendah serabut (LHVs)

$$\text{LHVs} = 8100 \cdot c + 29.900 \left(\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8} \right) + 2500 \cdot 5-600 \text{ H}_2\text{O} + 9 - \frac{\text{O}_2}{8}$$

$$\begin{aligned} \text{LHVs} &= 8100 \cdot 0,4714 + 29.900 \left(0,0579 - \frac{0,2217}{8} \right) + 2500 \cdot 0,003 \cdot 600 \\ &\quad (9 - 0,2217) \text{ (kkal/kg) bahan bakar} \\ &= 4578,798 \text{ kkal.kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Nilai kalor tertinggi cangkang (HHVc)

$$\begin{aligned} \text{HHVc} &= 8100 \cdot C + 34400 \left(\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8} \right) + 2500 \\ &= 4415,96 \text{ kkal/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Nilai kalor terendah tersebut (LHV)

$$\begin{aligned} \text{LHVc} &= 8100 \cdot C + 29900 \left(\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8} \right) + 2500 \cdot S + 60 \left(M + 9 \cdot \frac{\text{O}_2}{8} \right) \\ &= 8100 \cdot 05012 + 34400 \left(0,0591 - 0,391 \right) + 2500 \cdot 0,0018 + 600 \\ &\quad \left(9 \cdot \frac{0,391}{8} \right) \text{ kkal/kg bahan bakar} \\ &= 4152,035 \text{ kkal/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Pemakaian kedua jenis bahan bakar tersebut ada beberapa pertimbangan yang harus dilakukan untuk menentukan bahan bakar yang harus dipakai, antara lain :

Serabut :

- Bila dipakai tersendiri akan mengakibatkan sisa pembakaran (abu) yang lebih banyak dan mengakibatkan akan ikut terbang bersama dengan gas asap, sehingga akan menutupi permukaan bidang pemanas dan juga menyebabkan penyerapan panas akan berkurang.
- Bahan bakar akan cepat terbakar dan nilai kalor relatif rendah.

Cangkang :

- Bila digunakan tanpa memakai campuran akibat mengakibatkan ruang antara sesama bahan bakar semakin sempit, sehingga udara sulit dimasukkan dan akan mengakibatkan pembakaran yang kurang efisien.
- Dalam jumlah yang besar dapat mengganggu pembakaran dan dapat juga merusak ruang bakar.
- Sisa pembakaran dari cangkang sukar dibersihkan.

Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang baik dari bahan bakar tersebut, maka bahan bakar ditentukan dengan perbandingan antara serabut dan cangkang dengan tujuan untuk mengurangi-kekurangan tersebut diatas.

Sesuai dengan hasil penelitian dilapangan maka perbandingan antara serabut dan cangkang tersebut adalah 1 : 4 , sehingga komposisi kimia bahan bakar tersebut menjadi :

$$\begin{aligned}
 C &= 0,80 (47,14) + 0,20 (50,12) &= 47,736 \% \\
 H_2 &= 0,80 (5,79) + 0,20 (5,91) &= 5,814 \% \\
 S &= 0,80 (0,30) + 0,20 (0,18) &= 0,276 \% \\
 O_2 &= 0,80 (22,17) + 0,20 (39,10) &= 25,556 \% \\
 H_2 &= 0,80 (18,0) + 0,20 (2,64) &= 5,808 \% \\
 AsH &= 0,80 (6,60) + 0,20 (2,64) &= \underline{5,808 \%} \\
 \text{Jumlah} &&= 100 \%
 \end{aligned}$$

Dengan memperhatikan campuran dari komposisi kimia dari kedua bahan bakar tadi, maka dapat dicari kembali harga dari bahan bakar tertinggi (HHv) dan bahan bakar terendah LHv) yang sebenarnya dari bahan bakar katel tersebut sehingga :

$$\begin{aligned}
 HHV &= 8100.C + 34400 (H_2 - O_2) + 2500 . S \\
 &= 8100 . 0,477 + 34400 (0,058 - 0,255) + \frac{2500}{8} \times 0,00276 \\
 &= 4769,3 \text{ kkl/kg bahan bakar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LHV &= HHV - 600 \left(\frac{M + 9.O_2}{8} \right) \\
 &= 4769,3 - 600 \left(0 + 9 \cdot \frac{0,255}{8} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 4769,3 - 172,125$$

$$= 4597,175 \text{ Kkl/kg bahan bakar}$$

Dalam perencanaan ini panas yang diberikan oleh bahan bakar dengan mempertimbangkan kondisi uap air, maka dipilih nilai kalori terendah (LVH) = 4597,175 (kcal/kg BB).

V.5. Konsumsi Bahan Bakar

Kondisi ketel uap yang dikehendaki setelah keluar turbin adalah pada tekanan $P = 3,0 \text{ Kg/C}^2$, dan temperatur $T = 135^{\circ} \text{ C}$, maka kondisi keluar ketel uap dari diagram motle dapat diketahui tekanan (P) = 22 kg/cm^2 (tekanan max). Temperatur (T) = 300° C . Enthalpi (H_{sh}) = $730,09 \text{ kkal/kg}^{\circ} \text{ C}$. Banyaknya bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan kebutuhan uap adalah :

$$WBB = \frac{MutB (H_{sh} - H_a)}{LHV_{nk}} \quad \text{Lit 6 hal 223}$$

Dimana :

WBB = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)

$MutB$ = Kapasitas uap = $20.000 \text{ kg uap/jam}$

H_{sh} = Enthalpi uap keluar superheater = $730,09 \text{ kkal/kg}$

H_a = Enthalpi air umpan ketel = $106,90 \text{ (kkal/kg)}$

LHV = Nilai kalori bahan terendah bahan bakar = $4597,175 \text{ kkal/jam}$

Maka :

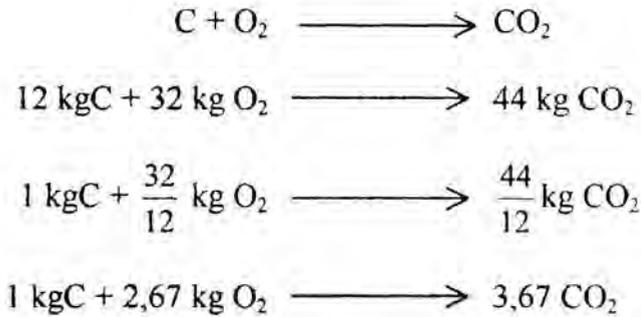
$$\begin{aligned} \text{WBB} &= \frac{20.000 (730 - 106,90)}{4597,175 \times 0,85} \\ &= \frac{12463800}{3097,599} \\ &= 3189,6 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

V.6. Konsumsi Udara Pembakaran

Untuk mengetahui banyaknya udara pembakaran dari suatu proses pembakaran yang sempurna perlu kita ketahui komposisi yang terkandung pada bahan bakar yang telah dipergunakan. Dalam hal ini yang dimaksud adalah campuran antara cangkang dan serabut, yaitu :

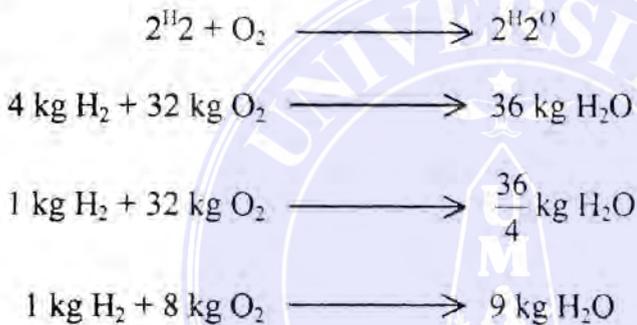
Unsur	C = 47,736 %
	H ₂ = 5,814 %
	S = 0,276 %
	O ₂ = 25,556 %
	N ₂ = 14,556 %
	Ash = 5,808 %

Dari unsur paduan yang terdapat pada bahan bakar tersebut, yang bereaksi dengan oksigen (O₂) adalah unsur Carbon (C), Hidrogen (H₂) dan Sulfur (s) reaksi unsur tersebut dengan oksigen sebagai berikut :



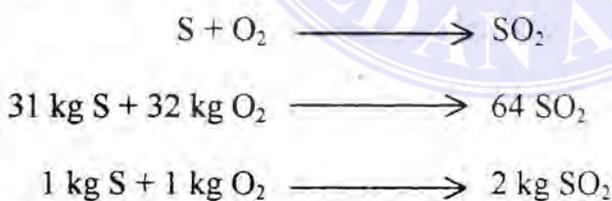
Dengan demikian untuk pembakaran 1 kg C dibutuhkan 2,67 kg O_2 .

Hidrogen (H) terbakar menjadi H_2O menurut persamaan :



Dengan demikian untuk pembakaran 1 kg H_2 dibutuhkan 8 kg O_2 .

Belerang (S) terbakar berdasarkan persamaan :



Dengan demikian untuk pembakaran 1 kg S dibutuhkan 1 kg O_2 oleh karena dalam udara terdapat oksigen sebesar 0,231 kg O_2 atau 23.1 %. Jadi kebutuhan akan udara yang diperlukan untuk pembakaran 1 kg bahan bakar adalah seberat :

$$W_a \text{ (th)} = \frac{2,66 \cdot 0 + 7,988 \text{ S} - O_2}{0,232}$$

$$\begin{aligned}
 (W_a)_{th} &= \frac{2,66 \cdot 0,477 + 7,94 \cdot 0,058 + 0,988 \cdot 0,00276 - 0,2555}{0,232} \\
 &= \frac{1,268 + 0,46 + 0,0027 - 0,2555}{0,232} \\
 &= \frac{1,4752}{0,232} \\
 &= 5,686 \text{ (Cm}^3\text{/kg . bahan bakar)}
 \end{aligned}$$

atau volume udara

$$\begin{aligned}
 (V_a)_{tn} &= \frac{1,865 \cdot C + 5,56 \cdot H_2 + 0,6897 \cdot S - 0,7 \cdot O_2}{0,21} \\
 &= \frac{1,865 \cdot C + 5,56 \cdot 0,058 + 0,6897 \cdot S - 0,7 \cdot 0,0255}{0,21} \\
 &= \frac{1,194}{0,21} \\
 &= 5,686 \text{ (Cm}^3\text{/kg . bahan bakar)}
 \end{aligned}$$

Untuk menjamin agar terjadinya proses pembakaran dapat terjadi dengan sempurna, maka diperlukan adanya udara berlebih yang besarnya (0,25 s/d 0,50), maksimum 1,00. Dalam perencanaan ini diambil faktor udara berlebih sebesar 0,50, maka udara yang dibutuhkan sebesar :

$$\begin{aligned}
 (W_a)_{act} &= (W_a)_{th} \cdot F_{ud} \\
 &= 6,358 \cdot 1,5 \\
 &= 9,537 \text{ (kg/kg bahan bakar)}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan udara tiap jam adalah :

$$\begin{aligned} (W_a) &= (w_a)_{act} \cdot W_{BB} \\ &= 9,537 \cdot 3189,6 \text{ kg udara/jam} \\ &= 30419,215 \text{ kg udara/jam} \end{aligned}$$

Volume udara per kg bahan bakar adalah

$$\begin{aligned} (V_a)_{act} &= (V_a)_{th} \cdot F_{ud} \\ &= 5,686 \cdot 1,5 \\ &= 8,529 \text{ (M}^3\text{/kg)} \end{aligned}$$

Volume udara tiap jam per kg bahan bakar adalah :

$$\begin{aligned} V_{ud} &= (V_a)_{act} \cdot W_{BB} \\ &= 8,529 \cdot 3189,6 \\ &= 27204,09 \text{ (M}^3\text{/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

V.7. Kalor Pembakaran

Kalor pembakaran adalah kalor yang dapat dihasilkan oleh pembakaran sejumlah bahan bakar didalam ruang bakar. Besarnya kalor pembakaran dapat diketahui dengan memakai rumus berikut :

$$Q_f = W_f \cdot LHV \cdot n_f \dots\dots \text{ Lit 6 hal 47}$$

Dimana :

$$W_f = \text{Pemakaian bahan bakar (kg /jam)}$$

$$LHV = \text{Nilai kalor terendah}$$

$$\begin{aligned} Nf &= \text{Efisiensi dapur (0,9 s/d 097)} \\ &= 0,95 \text{ ambil} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } Qf &= 3189,6 \cdot 4597,175 \cdot 0,95 \\ &= 13929991,9 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

V. 8. Konsumsi Gas Asap

Gas asap terbentuk dari hasil pembakaran bahan bakar dan gas-gas pembakaran. Pada pembakaran yang sempurna gas asap terdiri dari komponen-komponen : Dioksida Karbon Belerang, Air (uap) dan sisa-sisa udara pembakaran seperti unsur-unsur Nitrogen, Oksigen.

Komposisi gas asap dapat dihitung berdasarkan komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar. Dari hasil sebelumnya diketahui komposisi gas-gas asap sebagai berikut :

Untuk CO_2 :

$$\begin{aligned} W_{\text{CO}_2} &= \frac{11}{3} c \\ &= \frac{11}{3} 0,477 \\ &= 1,749 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

Untuk air (H_2O) :

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = 9 \cdot H_2$$

$$\begin{aligned} &= 9 \cdot 0,058 \\ &= 0,522 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

Untuk Sulfur (SO₂) :

$$\begin{aligned} W_{SO_2} &= 2 \cdot S \\ &= 2 \cdot 0,00276 \\ &= 0,00552 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

Untuk Oksigen (O₂) :

$$\begin{aligned} &= 0,23 \cdot 0,50 \cdot 6,358 \\ &= 0,371 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \\ W_{O_2 \text{ Exess}} &= 0,731 + 0,255 \\ &= 0,731 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

Untuk Nitrogen (N²) :

$$\begin{aligned} W_{N_2} &= 77 \% \cdot W_a \text{ (act)} \\ &= 0,77 \cdot 0,53 \\ &= 7,33 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (W_a) \text{ act} &= \frac{100}{77} \times (W_{N_2}) \text{ g} \\ &= \frac{100}{77} \times 7,34 \\ &= 9,53 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

$$(W_a) \text{ Excess} = (W_a) \text{ act} - (W_a) \text{ th}$$

$$\begin{aligned} &= 9,53 - 6,358 \\ &= 3,173 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

Jadi persentase excess udara :

$$\begin{aligned} \% \text{ Excess} &= \frac{3,172}{6,358} \\ &= 0,498 = 49,8 \% \end{aligned}$$

Berat gas asap basah :

$$\begin{aligned} (\text{Wg}) \text{ basah} &= 1 + (\text{Wa}) \text{ act} - \text{Ash} \\ &= 1 + 9,53 - 0,05808 \\ &= 10,53 - 0,05808 \\ &= 10,47 \text{ (kg/kg bahan bakar)} \end{aligned}$$

Analisa berat gas asam basah :

$$\begin{aligned} (\text{CO}_2) \text{ W} &= \frac{1,749}{10,47} = 0,167 = 16,7 \% \\ (\text{H}_2\text{O}) \text{ W} &= \frac{0,522}{10,47} = 0,075 = 7,15\% \\ (\text{SO}_2) \text{ W} &= \frac{0,00552}{10,47} = 0,00075 = 0,0785\% \\ (\text{O}_2) \text{ W} &= \frac{0,986}{10,47} = 0,094 = 9,4\% \\ (\text{N}_2) \text{ W} &= \frac{7,34}{10,47} = 0,7 = 70\% \end{aligned}$$

Jadi berat gas asap 1 jam pembakaran basah adalah :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$\begin{aligned} W_g &= (W_a) \text{ basah} \times WBB \\ &= 10,478 \times 3189,6 \\ &= 33420,6 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

berat gas asap kering adalah :

$$\begin{aligned} (W_g) \text{ kering} &= (W_g) \text{ basah} \times W_{H_2O} \\ &= 10,478 \times 0,522 \\ &= 9,956 \cdot 3189,6 \\ &= 31755,65 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Analisa gas asap kering :

$$(CO_2) W = \frac{1,749}{9,956} = 0,175 = 17,56 \%$$

$$(SO_2) W = \frac{0,0052}{9,956} = 0,00052 = 0,053 \%$$

$$(O_2) W = \frac{0,986}{0,956} = 0,0960 = 9,602 \%$$

$$(N_2) W = \frac{7,34}{0,956} = 0,737 = 73,724 \%$$

Dari hasil pembakaran :

$$\begin{aligned} 0,477 \text{ kg/kg.c dihasilkan} &= \frac{5,6}{3} \cdot 0,477 \\ &= 0,89 \text{ m}^3 \text{ std/kg} \end{aligned}$$

$$0,00276 \text{ kg/kg.s dihasilkan} = \frac{5,6}{3} \cdot 0,00276$$

$$= 0,00515 \text{ m}^3 \text{ std/kg}$$

Volume oksigen dalam gas adalah :

$$(\text{VO}_2)_{\text{th}} = 1,865 + 0,6987 \cdot S \text{ kg}^3/\text{kg BB} \quad \text{Lit 6 hal 198}$$

$$(\text{VO}_2)_{\text{Excess}} = 50\% (1,965 C + 0,6987 \cdot S)^3/\text{kg}$$

$$= 0,5 (1,865 \cdot 0,477 + 0,68976)$$

$$= 0,5 (0,08896 + 0,00193)$$

$$= 0,4457 \text{ (m}^3/\text{kg)}$$

Oksigen dalam bahan bakar adalah ;

$$= 0,2256 \text{ kg/kg}$$

Maka volumenya adalah :

$$(\text{VO}_2) = \frac{0,2256}{32} \times 22,4 = 0,1789^3 \text{ m std/kg BB}$$

$$(\text{VO}_2)_{\text{gas asap}} = 0,4458 + 0,1788$$

$$= 0,6245 \text{ (}^3\text{m std/kg bahan bakar)}$$

$$(\text{VN}_2) = \frac{79}{21} (\text{VO}_2)_{\text{act}}$$

$$= \frac{79}{21} 3 \cdot (\text{VO}_2)_{\text{Excess}}$$

$$= 11,286 (0,4458)$$

$$= 5,03 \text{ (m}^3/\text{kg bahan bakar)}$$

Volume asap kering :

$$(\text{Vg})_{\text{kering}} = 0,89 + 0,00515 + 0,4458 + 5,03$$

$$= 6,37 \text{ m}^3\text{std/kg}$$

Analisa volume asap kering :

$$\begin{aligned} (\text{CO}_2) W &= \frac{0,89}{0,37} \\ &= 0,1396 = 13,96 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{SO}_2) W &= \frac{00,00515}{6,37} \\ &= 0,00080 = 0,008 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{O}_2) W &= \frac{0,6245}{6,37} \\ &= 0,098 = 9,80 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{N}_2) W &= \frac{5,03}{6,37} \\ &= 0,789 = 78,95 \% \end{aligned}$$

V. 9. Temperatur Nyala Api

$$Q_f = E_f \cdot E_r \cdot \Delta r \cdot \alpha B \cdot \left(\frac{\tau f}{100}\right)^4 \cdot \left(\frac{\tau r}{100}\right)^4$$

Lit. 6. hal 48

Dimana :

$$\begin{aligned} Q_f &= \text{panas pembakaran bahan bakar} \\ &= \text{LHV} = \eta_d \cdot \text{WBB} \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= \text{Nilai pembakaran terendah} \\ &= 4597,175 \text{ kkal/kg. BB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{WBB} &= \text{banyaknya pemakaian bahan bakar} \\ &= 3189,6 \text{ kg BB/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_d &= \text{efisiensi dapur (0,9 s/d 0,97)} \\ &= 0,95 - \text{ambil} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Of} &= 4597,175 \times 3189,6 \times 0,95 \\ &= 13929991,9 \text{ kkal/jam} \end{aligned}$$

Sedangkan :

$$\begin{aligned} \text{Er} &= \text{pancaran bidang radiasi} \\ &= 0,90 \text{ (dianggap benda hitam)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ef} &= \text{pancaran nyala} \\ &= 0,70 \text{ (untuk bahan bakar jenis serabut)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_B &= \text{konstanta Goltzam (4,9 s/d 4,97) kkal/m}^2 \cdot \text{jam} \\ &= 4,97 \Rightarrow \text{ambil} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta t &= 2(3,0 \times 2,55) + 2(3+8,6) + 2(2,55 \times 8,6) \\ &= 111,46 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tr} &= \text{temperatur pembakaran yang kena radiasi} \\ &= 300^{\circ}\text{C} + 237 = 573^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

maka persamaan dapat diubah menjadi :

$$\begin{aligned}
 \tau_f &= 100 \cdot 4 \sqrt{\frac{Q_f}{E_f \cdot E_r \cdot \alpha B_d \cdot \Delta r} + \frac{(Tr)^4}{100}} \\
 &= 100 \cdot 4 \sqrt{\frac{139991,9}{0,70 \times 0,90 \times 4,97} \times 11,46 + \frac{(573)^4}{100}} \\
 &= 100 \cdot 4 \sqrt{\frac{13929991,1}{348,99} + 1077,99} \\
 &= 100 \cdot 4 \sqrt{39915,25 + 1077,99} \\
 &= 100 \cdot 4 \sqrt{40993,2} \\
 &= 100 \cdot 14,229 \\
 &= 1422,9^0k = 1423^0k \\
 &= 1149,9^0 = 1550^0C
 \end{aligned}$$

V.10. Temperatur Pembakaran

$$T_p = \frac{LHV \cdot \eta_d}{V_{gk} \cdot C_p} + 273^0K$$

Dimana :

LHV = nilai kalor terendah

$$= 4597,175 \text{ kkal/kg bahan bakar}$$

V_{gk} = volume gas asap kering = 9,959 kg

η_d = efesiensi dapur (0,90 s/d 0,97)

$$= 0,95 \dots\dots > \text{ambil}$$

C_p = panas jenis spesifik pada tempratur

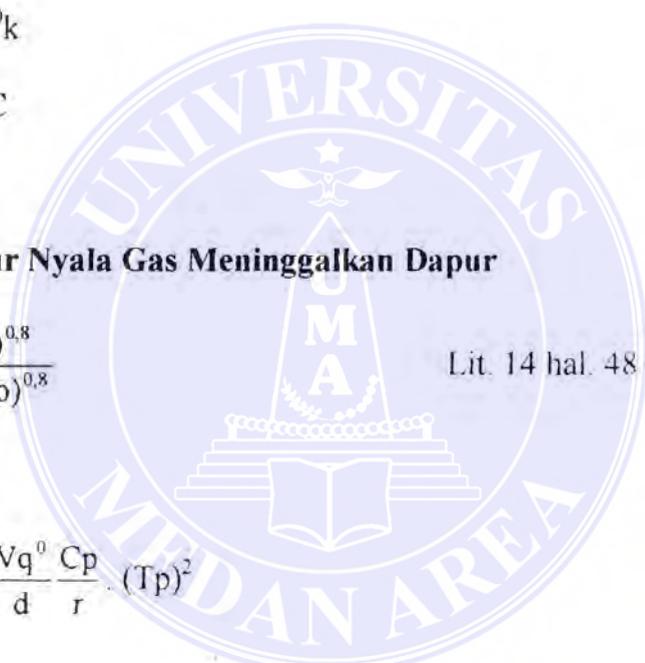
$$= 1423^0\text{K} = 0,45 \text{ kkal/m}^3 \text{ }^0\text{C}$$

sehingga :

$$T_p = \frac{4597,175 \times 0,95}{9,956 \times 0,45} + 273^0$$

$$= 1247,8^0\text{k}$$

$$= 974,8^0\text{C}$$



V.11. Tempratur Nyala Gas Meninggalkan Dapur

$$TGD = \frac{(NBo)^{0,8}}{1 + (Nbo)^{0,8}}$$

Lit. 14 hal. 48 - 49

Dimana :

$$Nbo = \frac{WBB}{\alpha.o} \cdot \frac{Vq^0}{d} \cdot \frac{Cp}{r} \cdot (T_p)^2$$

Dimana :

WBB = berat bahan bakar = 3189,6 kg BB/jam

$$Vg \cdot Cp = 9,956 \cdot 0,45 = 4,48$$

αo = faktor radian = $4,9 \times 10^{-8} \text{ kkal/m}^2 \text{ }^0\text{k}$

Δr = luas bidang radiasi = $111,46 \text{ m}^2$

$$\Sigma d = 0,80$$

maka :

$$N_{bo} = \frac{3189,6 \times 9,956 \times 0,45}{0,85 \times 111,46 \times (4,9 \times 10^{-8} (1247,8)^2)}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} TGD &= \frac{(1247,8) \times (1977,0)^{0,8}}{1 + (1977,0)^{0,8}} \\ &= \frac{(1247,8) \times 433,316}{1 + 433,316} \\ &= \frac{540692,46}{434,316} \\ &= 1244,9^{\circ}\text{K} \\ &= 971,9^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

V. 12. Temperatur Gas Asap Meninggalkan Pipa Penguap Water Wall (TW)

$$TW = T_{gpw} - \frac{(Q_{pw}) \cdot Q_{sat}}{WBB \cdot C_p \cdot \eta_d \cdot V_{gk}}$$

Dimana ;

$$\begin{aligned} T_{gpw} &= \text{tempratur gas menuju pipa water wall} \\ &= 971,9^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{pw1} &= (40-60)\% \\ &= (40-60)\% \end{aligned}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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

$$= 50\% \text{ (ambil)}$$

$$Q_{\text{sat}} = 20.000 \text{ (H}_{\text{sat}} - H_{\text{a}})$$

$$= 20.000 \text{ (680,5} - 89,9)$$

$$= 1181200 \text{ kkal/jam}$$

$$C_p = \text{panas spesifik gas asap} = 0,45 \text{ kcl/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_{\text{gk}} = 9,956$$

$$W_{\text{BB}} = \text{banyaknya pemakaian bahan bakar}$$

$$= 3189,6 \text{ kg BB/jam}$$

$$\eta_{\text{d}} = \text{efisiensi dapur (0,90} - 0,97)$$

$$= 0,95 \text{ (ambil)}$$

maka :

$$T_{\text{W}} = 971,9 - \frac{11812000 \cdot 0,50}{3189,6 \times 9,956 \times 0,45 \times 0,95}$$

$$= 971,9 - \frac{5906000}{13575}$$

$$= 971,9 - 435,05$$

$$= 536,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Jadi temperatur gas asap meninggalkan pipa-pipa water wall adalah =

$$536,85^\circ\text{C}$$

V. 13. Temperatur Gas Asap Meninggalkan Superheater (T Sup)

Dimana gas asap keluar dari pipa penguap kemudian memasuki pipa superheater. Maka temperatur superheater dapat dicari :

$$T_{sup} = T_w - \frac{Q_{sh}}{G_{sf} \cdot C_p}$$

Dimana :

T_w = temperatur gas asap meninggalkan pipa water wall
= 536,85 °C

Q_{sh} = panas yang dibutuhkan untuk pembentukan uap kering
= $w_s (H_{sup} - H_{sat})$
= 20.000 (703,5 – 680,5)
= 1.9000.000 kcal/jam

G_{sf} = berat gas asap = 33420,6 kg/jam

C_p = panas jenis gas asap
= 0,645 kcal/kg^oC

sehingga

$$T_{sup} = 576,85 - \frac{1.900.000}{33420,6 \times 0,645}$$
$$= 410,5^o\text{C}$$

V. 14. Temperatur Gas Asap Memasuki Alat Pemanas Udara

Dimana gas asap yang meninggalkan pipa superheater akan memasuki pipa Riser dan Down Comer dan suhu gas asap meninggalkan pipa ini diasumsikan sama dengan temperatur gas asap memasuki alat pemanas udara (APU). Hal ini dapat dihitung dengan persamaan

$$TAPU = T_{sup} - \frac{Q_{dr}}{Q_{fs} - C_p}$$

Dimana ;

$$\begin{aligned} T_{sup} &= \text{Temperatur gas asap pada superheater} \\ &= 410,5^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{fs} &= \text{berat gas asap} \\ &= 33420,6 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{dr} &= \text{panas yang dibutuhkan oleh pipa Riser dan Down Comer} \\ &= 11812000 - (0,5 \times 11812000) \\ &= 11812000 - 5906000 \\ &= 5906000 \text{ kcl/jam} \end{aligned}$$

$$C_p = 0,45 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

Maka ;

$$\begin{aligned} TAPU &= 410,5 - \frac{5906000}{33420,6 \cdot 0,45} \\ &= 410,5 - 392,7 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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)4/1/24

$$= 17,8^{\circ}\text{C}$$

$$= 290,8^{\circ}\text{K}$$

V. 15. Temperatur Gas Asap Meninggalkan Alat Pemanas Udara (APU)

Untuk merencanakan ini akan digunakan alat pemanas udara type Turgeler dimana gas asap didalam pipa dan udara diluarnya. Bila udara memasuki APU dengan temperatur 27°C dan diharapkan keluar APU 215°C , maka kalor yang diserap udara :

$$Q_{\text{APU}} = V_a \cdot \gamma_{\text{ud}} \cdot C_{\text{pu}} \cdot W_f \cdot (t_{u_2} - t_{u_1})$$

Dimana :

V_a = volume udara sebenarnya

$$= 5,686 \text{ m}^3$$

γ_{ud} = berat jenis udara

$$= 1,220 \text{ kg/m}^3$$

W_{BB} = banyaknya pemakaian bahan bakar

$$= 3189,6 \text{ kg/jam}$$

t_{u_1} = temperatur udara masuk = 27°C

t_{u_2} = temperatur udara keluar = 215°C

$C_{\text{pu}} = 0,24 \text{ kkal/kg}^{\circ}\text{C}$

Maka :

$$Q_{\text{APU}} = 5,686 \times 1,220 \times 0,24 \times 3189,6 \times (215 - 27)$$

$$= 998325,12 \text{ kcal/jam}$$

Dimana menurut azas blok bahwa kalor yang diterima sama dengan kalor yang dilepaskan, sehingga kalor yang diberikan oleh gas asap kepada APU adalah ;

Dimana ;

$$C_p = 0,45$$

$$V_{gk} = \text{volume gas asap keluar} = 9,956$$

$$WBB = 3189,6 \text{ kg/jam}$$

$$T_{APU} = 17,8^{\circ}\text{C}$$

$$T_{gak} = \text{tempratur gas keluar} = ?$$

$$Q_g = \text{panas yang diberikan gas asap} = 998325,12$$

Dimana :

$$Q_{APU} = Q_g$$

Maka :

$$998325,12 = 3189,6 \times 9,956 \times 0,45 \times (17,8 - T_{gk})$$

$$998325,12 = 254362,82 - 14290,05 T_{gak}$$

$$14290,05 T_{gak} = 998325,12 - 254362,82$$

$$T_{gak} = \frac{743962,3}{14290,05}$$

$$= 52,06^{\circ}\text{C}$$

$$= 52 (^{\circ}\text{C}) \text{ (dibulatkan)}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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

V. 16. Perpindahan Panas Pada Dapur

Dalam dapur terjadi hambatan kalor (Heat Transfer) dari sumber panas (hasil pembakaran bahan bakar) terhadap bidang pemanas (heating surface).

Perpindahan panas pada dapur ketel terjadi dengan beberapa cara, yakni :

1. Perpindahan panas secara pancaran (radiasi)
2. Perpindahan panas secara rambatan (conduction)
3. Perpindahan panas secara aliran (convection)

Sesuai dengan rancangan yang telah direncanakan, maka untuk menghitung besarnya perpindahan panas pada dapur ketel adalah :

$$\frac{Q}{\Delta} = q = \sum c - \frac{\tau}{8} - (T_b - T_w) + c \frac{t_b^4}{100} - \frac{T_w^4}{100} \quad \text{Lit. 14 hal 88}$$

Rumus diatas hanya memberikan perpindahan panas pada lapisan fluida saja, sedangkan perpindahan panas pada dapur berlanjut maka untuk menghitung pindahan panas yang terjadi secara radiasi perlu ditentukan terlebih dahulu konduktivitas panas efektif dari lapisan fluida.

Besarnya konduktivitas panas efektif adalah :

$$\tau_{\text{eff}} = \frac{Q.S}{\Delta.(T_B - T_W)}$$

$$\frac{Q}{\Delta} = - \frac{\tau_{\text{eff}}}{S} (T_B - T_W)$$

Lit. 6 hal 88

dimana :

τ_{eff} = konsuktivitas aktif panas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

S = tebal lapisan gas

TB = temperatur pembakaran

TW = temperatur dinding

Untuk

$$\tau_{\text{eff}} = \sum c. \tau - \alpha r. S$$

Dimana :

$$\sum C = \text{koefisien konveksi} = 0,18 (\text{Gr. Pr})^{0,25}$$

$$= 0,04 \sum. \text{Co} \frac{T_m}{100}$$

$$\tau = \text{konduktivitas gas} = 4,9. 10^{-2} \text{ kcal/m. hr}^0\text{c}$$

Gr = Grashorf number

Pr = Prandt Number

$$\sum = (0,87 - 0,95) \text{ ambil} = 0,9$$

$$\text{Co} = 4,9 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr. } ^0\text{k}$$

$$T_m = \frac{T_B - T_M}{2}$$

S = Tebal lapisan gas

$$= \frac{2}{3} \sqrt[3]{\nu r \beta}$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt[3]{66,3}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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)4/1/24

$$= \frac{2}{3} \cdot 4,05$$

$$= 2,7 \text{ M}$$

maka ,

$$T_m = \frac{T\beta - T_W}{2}$$

$$= \frac{974,8 - 215}{2}$$

$$= 379,9^{\circ}\text{C}$$

$$= 652,9^{\circ}\text{K}$$

$$\Delta t = 974,8 - 215$$

$$= 759,8^{\circ}\text{C}$$

$$= 1032,8^{\circ}\text{k}$$

diperoleh :

V = viscositas konematik pada tempratur

$$= 241,8 \times 10^{-6}$$

$$pr = 0,705$$

maka

$$Gr = \frac{\beta \cdot G \cdot S^3 \cdot \Delta t}{\nu^2}$$

Dimana

β = koefisien ekspansi volume

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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

$$= \frac{1}{TM} = \frac{1}{652,9} = 1,53 \times 10^{-3} (^{\circ}\text{K})$$

$$G = \text{grafitasi bumi} = 9,8 \text{ m./det}^2$$

Maka :

$$Gr = \frac{(1,53 \times 10^{-3}) \times 9,8 \times (2,7)^3 \times 1032,8}{(241,8 \times 10^{-6})^2}$$

$$= \frac{304.80706}{58467,24} \times 10^{-2}$$

$$= 5,231 \times 10^9$$

sehingga

$$\alpha r = 0,04 \cdot 0,9 \cdot 4,9 \left(\frac{TM}{100} \right)^3$$

$$= 0,04 \cdot 0,9 \cdot 4,9 \left(\frac{379,9}{100} \right)^3$$

$$= 9,67$$

maka :

$$\tau_{\text{eff}} = 4,9 \times 10^{-2} \times 40,35 + 9,67 \times 2,7$$

$$= 1,977 + 26,109$$

$$= 28,09 \text{ kcal/m. jam}^{\circ}\text{C}$$

sehingga perpindahan panas pada dapure terjadi adalah :

$$\frac{Q}{\Delta} = \frac{\tau_{\text{eff}}}{S} (T_{\beta} - T_W)$$

$$= \frac{29,09}{2,7} (974,8)$$

$$= \frac{29,09}{2,7} (759,8)$$

$$= 10,4 (759,8)$$

$$= 7904,7 \text{ kcal/jam}$$



BAB VI

PEMELIHARAAN KETEL UAP

Pemeliharaan terhadap ketel uap ini berfungsi untuk menghindari terjadinya kerusakan-kerusakan yang ada pada bagian ketel saat beroperasi serta dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi.

Oleh karena itu perlu adanya dilakukan pemeriksaan serta perbaikan secara kontiniu selama ketel beroperasi, agar segera dapat diketahui sedini mungkin bila terjadi kerusakan pada komponen-komponen dari ketel (boiler) tersebut.

Pemeliharaan/perawatan secara umum dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu :

1. Break Down Maintenance
2. Preventive Maintanance
3. Predictive Maintanance
4. Periodik Maintanance

Ad.1. break Down Maintenance

Break down maintenance adalah suatu perawatan yang dilakukan pada saat terjadinya kerusakan, yaitu memperbaiki secara langsung sehingga mesin jadi baik dapat beroperasi kembali, perawatan seperti kurang begitu luas

penggunannya, karena memerlukan biaya yang besar.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 4/1/24

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

Ad. 2. Preventive Maitenance

Adalah merupakan suatu perawatan yang diperlukan sebelum terjadinya kerusakan, yaitu dengan menggunakan inspeksi rutin pada perawatan mesin yang sedang melakukan operasi.

Ad. 3. Predictive Maintenance

Adalah merupakan suatu peralatan yang dilakukan dengan mengadakan pengukuran-pengukuran serta analisa pada saat unit beroperasi, dimana dilakukan pengamatan terhadap ketel pada saat beroperasi, mengamati temperatur gas buang, pembakaran untuk mengetahui tingkat kekotoran dari ruang bakar, super heater dan alat pemanas udara.

Ad.4. Periodik Maintenance

Ini merupakan pemeliharaan serta perawatan yang dilaksanakan sesuai dengan jadwal yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat, yaitu yang telah tertera pada buku instruksion manual. Misalnya jadwal penggantian minyak pelumas turbin, pompa, dearing, pembersihan dapur serta mengadakan inspeksi rutin setiap minggu, bulan, tahunan.

BAB VII

KESIMPULAN

Setelah melakukan perhitungan kepada perencanaan terdahulu, maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Spesifikasi tugas yang diberikan : “Merencanakan ketel uap pipa air untuk pengolahan kelapa sawit dengan kapaistas 35 ton TBS/jam”
2. Kebutuhan uap untuk proses sebesar = 15.008.14 kg uap/jam
3. Data hasil perencanaan :

- a. Jenis ketel yang dipakai : ketel pipa air jenis Multi Tubse Boiler

Bab Cock

- kapasitas ketel : 20.000 (kg uap/jam)
- tekanan kerja ketel : 22 kg/cm²
- tempratur uap superheater : 285⁰C
- jumlah bahan bakar : 3189,6 kg BB/jam
- nilai pembakaran terendah (LHV): 4597,175 kkal/kg BB
- efesiensi ketel : 86,2 %

- b. Diameter drum ketel

- Diameter atas (D⁰) : 6,0325 cm = 2,375 inchi
- Diameter dalam (D1) : 5,64 cm

UNIVERSITAS MEDAN AREA
Panjang pipa water wall : 8,66 M

- Jumlah pipa water wall : 151 batang
- c. Pipa super Heater
 - Diameter luar (D_0) : 48,26 mm = 1,9 inchi
 - Diameter dalam (D_1) : 40,894 mm = 1,610 inchi
 - Jumlah pipa : 52 batang
 - panjang pipa : 8,58 M
- d. Pipa Back Pass
 - Diameter luar (D_0) : 60,325 mm
 - Diameter dalam (D_1) : 56,4 mm
 - Panjang pipa : 4500 mm
 - Banyak pipa : 480 batang
- e. Pipa Forced Draft Fan (FDF) : 1,9 Hp
- f. Daya Inclu Draft Fan (IDF) : 3,09 Hp
- g. Cerobong Asap
 - Tinggi (H) : 30 m
 - Diameter (atas) : 0,50 m
 - Diameter bawah : 0,756 m

LITERATAUR

1. B.G.A. Skrokxky "Power Station Engineering And Economic"
2. J.P. Holman "Perpindahan Kalor" Edisi Ke IV, Erlanggan, 1991
3. Jhon Willy Kenneth Salisbury "Mechanical Engineering Hand Bock" 12th
1973
4. Gustaf. A. Gaferasi , Scd, "Steam Power Station" 4th Edition
5. Ft. Morse "Power Plant Engineering" New Dehli 1974
6. Ir. Syamsir. A. Muin "Pesawat-Pesawat Energi I (Ketel Uap)" Rajawali Press
Jakarta
7. M. Mikhiyeu, "Fundamental Of Heat Transfer" Place Public Moskow
8. R.S. Khurmi "Heat Engineering" S. Chank Dan Co, Ltd Ran Nagar, New
Dehli, India ,1977
9. P. Shy;Yakin "Steam Turbines" Teori And Design
10. Frank Kreit Arko Priyono, Msc, "Prinsip-Prinsip Perpindahan Kalor" Edisi 3
11. Charles. T. Litenton "Industrial Piping" 2nd Edition
12. S. Timoshenka "Streng Of Material" 3rd