



KETEL UAP
ANALISIS RUANG BAKAR PADA KETEL UAP
KAPASITAS 20 TON / JAM
DI PKS PTPN III KEBUN RAMBUTAN
TEBING TINGGI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas – tugas
dan Syarat – syarat Untuk Mencapai
Gelar Sarjana

Oleh :

ERBINTO SIHALOHO
NIM : 03 813 0033



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS M E D A N AREA
MEDAN
2 0 0 4

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

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

ABSTRAK

PTP Nusantara III Kebun Rambutan Tebing Tinggi adalah merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan buah sawit, perusahaan ini berkantor pusat di PTP Nusantara III di Jl. Sei Batang Hari No.02 Medan.

Adapun proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) yang dilakukan untuk mendapatkan CPO adalah :

1. Stasiun Penerimaan Buah (FRUIT RECEPTION)
2. Stasiun Rebusan (STERILIZING STATION)
3. Stasiun Penebah (THERESING STATION)
4. Stasiun Kempa (PRESSING STATION)
5. Stasiun Pemurnian Minyak (CLARIFICATION STATION)
6. Stasiun Pengolahan Biji (KERNEL PLANT)

Tahap pertama setelah penimbangan yang harus dijalani oleh buah kelapa sawit dalam rangka pengolahan untuk memperoleh minyak dan inti sawit adalah proses perebusan yang lazim disebut proses sterilisasi.

Setiap Pabrik Kelapa Sawit tentunya menginginkan hasil minyak dengan keasaman rendah, minyak dengan kualitas baik, juga menginginkan minyak yang mudah dipucatkan. Buah yang terlalu matang dari kebun, pengurasan air yang kurang baik ketel rebusan, waktu perebusan yang terlalu lama dan suhu perebusan terlalu tinggi, mengakibatkan minyak yang akan diperoleh akan sulit dipucatkan dan mutu yang kurang bagus.

Beberapa hal yang mempengaruhi proses pengolahan minyak sawit menjadi CPO adalah :

I. Faktor – faktor dan variabel – variabel yang dipakai pada unit perebusan mempengaruhi pada proses perebusan adalah :

1. Tekanan (P) 3 kg / cm²
2. Suhu / Temperatur 90⁰ C - 95⁰ C
3. Waktu (t) 30 menit

Faktor – faktor dan variabel pengoperasian ini dipakai sebagai ukuran dalam mencapai standart CPO yang diinginkan.

II. Faktor – faktor yang mempengaruhi Mutu Minyak Sawit adalah :

1. Faktor langsung dari sifat pohon induknya seperti jenis dan varites dari pohon induknya.
2. Faktor tidak langsung
Seperti penanganan pasca panen, atau kesalahan selama pemrosesan dan dan pengangkatan
3. Faktor operasi dan pemeliharaan (maintenance) mesin pengolahan sawit kelapa.

Faktor – faktor ini secara langsung berkaitan dengan penurunan mutu minyak sawit dan sekaligus cara pengolahannya.

Pemeliharaan (maintenance) terhadap digester ini merupakan suatu hal yang sangat penting, sebab dengan tidak adanya tindakan pemeliharaan yang baik dan kontiniu akan mengakibatkan kerusakan yang fatal dan terganggunya segala kegiatan yang terdapat pada pabrik pengolahan kelapa sawit tersebut.

ABSTRACT

PTP Nusantara III Kebun Rambutan Tebing Tinggi Estate is a company engaged in oil palm with headoffice located at PTP Nusantara III Jl. SeiBatang Hari No. 2 Medan, North Sumatera.

The processing process of Fresh Fruit Bunch (FFB) earried out to produce CPO includes :

1. F ruit Reception
2. Sterilizing Station
3. Theresing Station
4. Pressing Station
5. Clarification Station
6. Kernel Plant

The first stage after weighting that should be passed through by oil palm for processing to produce oil and kernel includes sterilization process.

Any oil palm factor, of course, requires the palm oil of power acidity with the best quality oil and even it may be easily bleached. The overmatured fruits produced by the estate, inadequate aeration of the ketel boiler, and even prolonged duration of sterilization and overhead sterilization produce palm oil with inadequate quality and difficulty in bleaching.

Several things influencing process processing or palm oil become is :

1. The factors and variables used in sferilization process that influence on the sterilization process include :

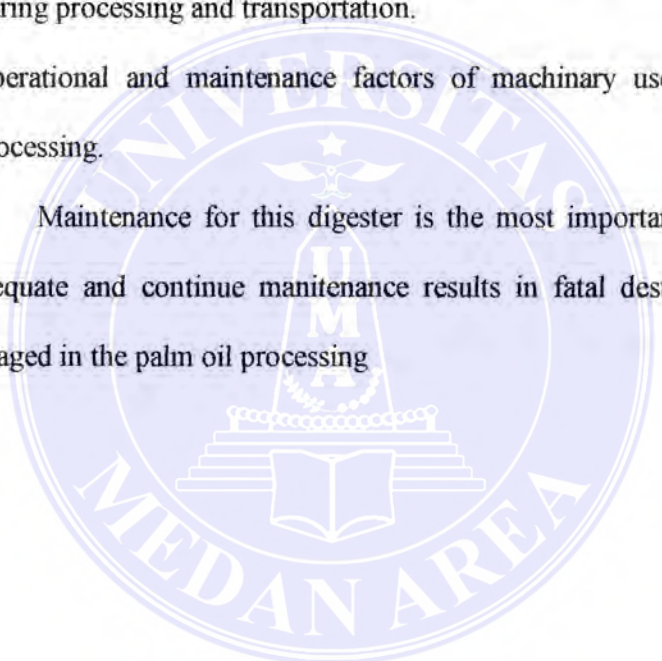
1. Pressure (P) 3 kg / cm²
2. Temperature (T) 90⁰ - 95⁰ C
3. Time (t) 30 minutes

These factors and variables used for measure of obtaining the desired CPO standard

II. The factors influencing on palm oil quality include

1. Direct factors of the trees such as type and variety of the tree
2. Indirect factors such as post – harvest processing or error / mistake during processing and transportation.
3. Operational and maintenance factors of machinery used in palm oil processing.

Maintenance for this digester is the most important thing due to without adequate and continue manitenance results in fatal destruction to any activity engaged in the palm oil processing



DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iv
BAB I : PENDAHULUAN	
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Tujuan Perencanaan.....	2
1. 3. Batasan Masalah.....	3
1. 4. Manfaat.....	4
1. 5. Metode Pengumpulan Data.....	4
1. 6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II : KETEL SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA	
2. 1. Latar Belakang Penggunaan Ketel Uap.....	6
2. 2. Pengertian dan Fungsi Ketel Uap.....	7
2. 2. 1. Pengertian Ketel Uap.....	7
2. 2. 2. Proses Pembentukan Uap.....	8
2. 2. 3. Fungsi Ketel Uap.....	12
2. 2. 4. Pengertian dan Fungsi Ruang Bakar Pada Ketel.....	13

BAB III : PROSES PEMBAKARAN BAHAN – BAKAR PADA DAPUR

KETEL UAP

3. 1. Parameter Pendukung Ruang Bakar.....	20
3. 2. Nilai Kalor Bahan – Bakar.....	20
3. 3. Kebutuhan Bahan – Bakar Pada Proses Pembakaran.....	23
3. 3. Konsumsi Udara Pada Proses Pembakaran.....	24
3. 5. Proses Produksi.....	27
3. 5. 1. Berat Gas Asap.....	27

BAB IV : PERENCANAAN RUANG BAKAR PADA KETEL UAP

4. 1. Volume Ruang Bakar.....	33
4. 2. Dinding Pipa Air (Tube Water Wall).....	35
4. 2. 1. Pipa Water Wall Bagian Samping Kiri Ruang Bakar.....	40
4. 2. 2. Pipa Water Wall Bagian Depan Ruang Bakar.....	43
4. 2. 3. Pipa Water Wall Bagian Belakang Ruang Bakar (Rear Wall Furnade).....	49
4. 2. 4. Pipa Water Wall pada Kanan Ruang Bakar (Devision Wall Furnace).....	51

BAB V : ISOLASI PADA RUANG BAKAR KETEL UAP

5. 1. Fungsi Isolasi.....	63
5. 2. Mekanisme di Dalam Ruang Pembakaran.....	68

5. 3. Rangka Bangka (Flat Grace).....	72
BAB VI : KESIMPULAN.....	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
GAMBAR TEKNIK	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Ketel uap adalah suatu pesawat yang berfungsi sebagai alat untuk perubah energi panas dari bahan – bakar menjadi energi panas dalam uap, kemudian energi uap dipakai untuk berbagai keperluan. Perubahan energi ini terjadi oleh karena adanya pembakaran bahan – bakar di ruang bakar. Ruang bakar adalah suatu komponen utama ketel uap yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pembakaran bahan – bakar, panas yang dihasilkan oleh bahan – bakar inilah yang dapat mengubah air menjadi uap sehingga uap yang dihasilkan dapat memutar sudu – sudu turbin yang selanjutnya turbin akan menggerakkan generator.

Ada beberapa jenis dapur (Furnace) tergantung pada penggunaannya seperti :

- Furnace untuk pandai besi
- Furnace untuk pengocoran logam
- Furnace untuk Sistem Konversi Energi

Dalam hal ini penulis akan membahas lebih lanjut mengenai dapur pembakakaran (Furnace) untuk sistem konversi energi yaitu kebutuhan Ketel Uap (Boiler) dengan menggunakan bahan – bakar cengking dan sabuk kelapa sawit yang digunakan di Pabrik PKS PTPN III Kebun Rambutan Tebing Tinggi.

Ruang pembakaran dan ketel uap merk Takuma Type N 6000 di PKS PTPN III Kebun Rambutan Tebing Tinggi gempat penulis melakukan PKL

atau Survey dilengkapi dengan kisi – kisi yang berlubang – lubang dan kisi – kisi di buat dari besi tuang dan dipasang agak miring guna mempermudah pembersihan abu , bahan – bakar tersebut. Dalam ruang bakar ini terdapat pipa penguap yang menerima beban panas dari nyala api sehingga mudah memproduksi uap. Tarikan pembakaran dihembuskan oleh Fan Isap (Induced Draft Fan) yang ditempatkan di belakang dapur ketel uap. Sehingga pengontrol api ditempatkan di belakang dapur ketel uap. Sebagai pengontrol api dalam ruang bakar di buat beberapa lubang ditempatkan pada dinding dapur.

1.2 Tujuan Perencanaan.

Gambaran keterangan di atas merupakan latar belakang untuk merencanakan ruang bakar ketel uap (Boiler) yang sesuai dengan kebutuhan. Beberapa tujuan yang ingin dicapai perencanaan ini adalah :

- a. Menganalisis ruang bakar yang ada pada ketel uap merk Takuma Type N 600
- b. Meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu pengetahuan yang di peroleh dalam mengikuti perkuliahan ;
- c. Menambah wawasan pengetahuan pada disiplin ilmu yang akan menjadi profesi ;

1.3 Batasan Masalah.

Perencanaan ini hanya dilakukan secara umum berhubungan dengan keterbatasan masalah waktu, pembahasan ketel uap (Boiler) dan kemampuan penulis. Oleh karena itu perencanaan hanya meliputi :

- a. Perencanaan bentuk dan ukuran ruang bakar ketel uap (Boiler)

- b. Konstruksi dinding dapur
- c. Heat Transfer dalam dapur ketel uap.

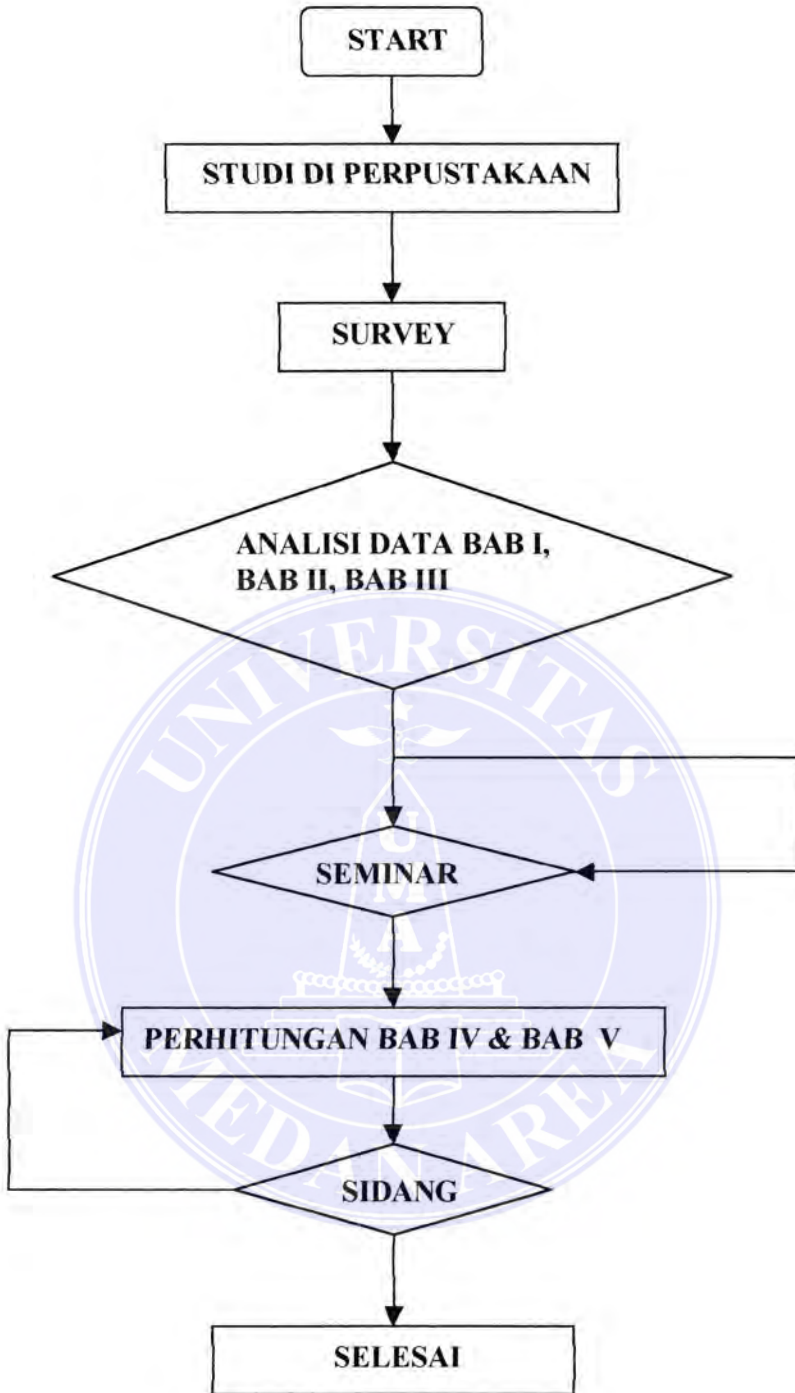
1.4 Manfaat

Laporan ini diharapkan bermanfaat bagi :

- a. Bagi Perusahaan di mana penulis melakukan penelitian seperti perusahaan akan mempunyai referensi dan masukan mengenai ketel uap khususnya ruang bakar ketel uap dari skripsi ini ;
- b. Bagi para pembaca yang ingin mengetahui tentang ketel uap (Boiler), khususnya ruang bakar pada ketel uap ;
- c. Mahasiswa yang akan membahas lebih lanjut masalah yang sama.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan penulis dalam penulisan tugas Sarjana Teknik ini adalah :



1.6 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini penulis menjelaskan Latar Belakang Masalah, Tujuan Perencanaan, Pembahasan Masalah, Manfaat, Metode Pengumpulan Data, dan Sistematika Penulisan.

BAB II Landasan Teori

Pada bab ini berisi tentang teori umum tentang latar belakang penggunaan ketel uap, pengertian dan fungsi ketel uap, fungsi ruang bakar pada ketel uap pembentukan ketel uap nilai kalor, dan cara pindahan panas pada dapur pembakaran .

BAB III Metologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang komponen – komponen yang mendukung Boiler, khususnya Ketel Uap pada rancang ruang bakar yakni, Nilai Kalor Bahan Bakar, Kebutuhan Bahan Bakar, Jumlah Udara Bahan Bakar, Gas Asap yang terbentuk.

BAB IV/ V Pembahasan

Bab ini menjelaskan perhitungan ukuran utama Ruang Bakar dan Neraca Kalor pada PKS PTPN III Kebun Rambutan Tebing Tinggi.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

BAB II

KETEL UAP SEBAGAI PEMBANGKIT TENAGA

2.1 Latar Belakang Penggunaan Ketel Uap.

Untuk dapat memenuhi energi listrik yang kian tahun semakin meningkat, kita jangan hanya mengharapkan dari sumber bahan – bakar minyak saja Untuk itu kita harus mencari sumber – sumber energi listrik lain seperti : batu bara, tanah gambut, cangkang, serabut, energi surya dan tenaga angin. Oleh karena itu pemerintah pada saat ini bersama – sama dengan perusahaan swasta melakukan usaha – usaha untuk mencari sumber – sumber energi alamiah yang dapat dikombinasikan menjadi energi listrik. Di antara sumber – sumber alamiah tersebut yang dapat menjadikan atau menimbulkan energi listrik adalah dengan tenaga uap.

Pada pembangkit listrik tenaga uap, menggunakan ruang bakar dan bahan – bakar agar dapat menghasilkan panas, di mana panas yang dihasilkan oleh bahan – bakar inilah yang dapat mengubah air menjadi uap. Sehingga uap yang dihasilkan oleh bahan – bakar inilah yang dapat mengubah air menjadi uap. Sehingga uap yang dihasilkan dapat memutar sudu – sudu turbin yang selanjutnya turbin akan menggerakkan generator.

Banyak faktor keuntungan sehingga ketel uap banyak digunakan pada saat ini.

Adapun faktor keuntungan tersebut antara lain :

1. Dapat mengubah tenaga uap menjadi energi listrik
2. Dapat membangkit tenaga listrik dengan skala besar

3. Dapat digunakan sebagai alat – alat pemanas dan penggerak alat pabrik pengolahan kelapa sawit. Sebagai contoh pemanas CPO agar tidak membeku, perebusan buah pada Sterillizer dll\

Di samping keuntungan, ketel uap juga mempunyai kerugian terhadap lingkungan, akibat gas asap yang dihasilkan pada proses pembakaran. Sehingga gas asap tersebut akan mengakibatkan polusi udara.

2. 2. Pengertian dan fungsi Ketel Uap

2. 2. 1 Pengertian Ketel Uap

Secara umum ketel uap adalah suatu alat yang dapat mengubah air menjadi uap dengan menggunakan komponen – komponen dalam melaksanakan prosesnya. Adapun komponen – komponen tersebut : Drum ketel , Ruang – bakar, Pipa – pipa Aliran, Superheater. Sedangkan fluida cair dalam hal ini air sebagai bahan yang akan diproses dari fasa cair menjadi fase uap. Fase uap ini yang akan diproses menjadi uap kering atau uap panas lanjut, dengan menggunakan superheater. Di mana superheater ini menghasilkan panas yang berlebih untuk dapat mengeringkan kadar air yang terdapat pada uap jenuh. Yang mana panas pada superheater ini diambil dari sisa panas yang dihasilkan oleh pembakaran setelah mendapatkan panas dari superheater uap ini akan menjadi uap kering, uap inilah yang digunakan sebagai penggerak sudu – sudu pada turbin dan kemudian turbin menggerakkan generator dan generator akan menghasilkan arus listrik. Atau dengan kata lain ketel juga dapat dikatakan suatu alat dapat mengubah tenaga uap menjadi tenaga listrik.

Uap yang dihasilkan untuk membangkitkan tenaga tersebut adalah bersumber dari air yang diberikan sejumlah kalor atau panas, pada kondisi tertentu akan mengalami perubahan fase, dari fase cair yaitu air menjadi fase uap. Dalam fase uap masih dikatakan atas dua golongan yaitu fase uap jenuh dan fase uap kering.

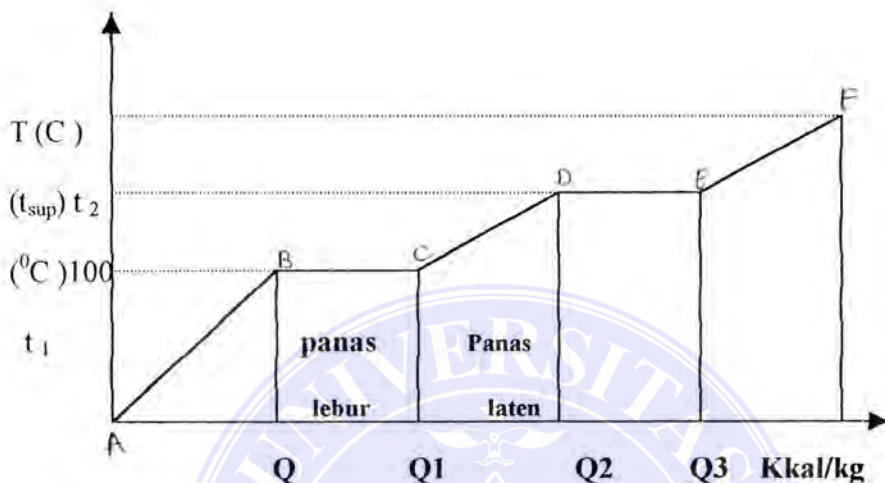
Dalam hal ini uap yang dibutuhkan untuk menggerakkan turbin sebagai pembangkit generator adalah uap kering, yaitu yang masih mengandung air diberi pemanasan lagi oleh superheater. Di mana panas superheater diperoleh dari sisa hasil pembakaran pada dapur ketel. Dalam penggunaan pada turbin uap ini harus betul – betul diperhatikan karena dapat berpengaruh pada turbin uap, apabila yang uap yang digunakan untuk penggerak turbin masih mengandung air akan membawa dampak negatif pada sudu – sudu turbin, menghambat gerak sudu – sudu turbin dan akan dapat menimbulkan korosi pada sudu – sudu turbin. Pada proses perubahan fase dapat kita lihat pada diagram yang berikut ini.

2. 2. 2 Proses Pembentukan Uap

Pembentukan uap terjadi dengan adanya panas pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar, di mana dalam hal ini terjadi perpindahan panas melalui pipa – pipa water wall. Jadi untuk menghasilkan uap yang besar dapat digunakan dengan ketel uap. Dalam hal ini dapat dilihat tiga tingkat kondisi dan temperatur yang berbeda :

Kita ambil 1 kg es pada temperatur -10^0 c kemudian kita panaskan. Dapat dicatat bahwa temperatur es akan mulai naik sampai mendekati 0^0 c , seperti diperlihatkan oleh garis AB dalam gambar 2. 13

Sesudah itu akan terlihat dua macam fase yang bercampur yang fase padat (es) dan fase cair (air) seperti diperlihatkan oleh garis BC, tidak ada kenaikan temperatur pada fase campuran ini hingga seluruh es mencair (terbentuk air).



Gambar 2.13 Perubahan Fase Air

Keterangan gambar :

A – B : Proses pemasukan air

B – C : Proses pemanasan air melalui pompa

C – D : Proses pembentukan uap

D – E : Proses pembentukan uap saturasi

E – F : Proses pembentukan uap panas lanjut tanpa mengalami perubahan temperatur

Jumlah energi panas yang diberikan selama proses transformasi BC yang berlangsung tanpa kenaikan suhu disebut panas lebur, besarnya 80 kkal/kg. Titik 0°c disebut titik lebur (titik beku es). Bila pemanasan diteruskan terhadap 1kg air pada 0°c

(titik C) maka temperatur akan naik sampai 100°C di bawah tekanan standart, seperti diperlihatkan oleh garis CD.

Bila proses pemanasan (penambahan energi panas) dilanjutkan sesuai garis DE di bawah tekanan standart, akan terlihat bahwa temperatur tidak berubah. Sebagian dari air akan berubah menjadi uap (fase gas) jadi selama berlangsungnya perubahan energi panas pada fase campuran ini, temperatur tidak naik tetapi energi panas terserap ke dalam proses. Akhir dari proses fase campuran ini ialah terbentuknya uap air secara keseluruhan (disebut air mendidih pada titik E. Titik E ditandai oleh suhu 100°C dan tekanan standart 1 atm. Angka 100 disebut titik didih air di bawah tekanan 1 atm ($1,033 \text{ kg/cm}^2$).

Jumlah energi yang terserap selama proses transformasi DE disebut panas penguapan (panas laten) yang besarnya 538,9 kkal/kg. Kondisi uap pada $1,033 \text{ kg/cm}^2$ absolut dan 100°C disebut kondisi jenuh (saturasi). Uap yang terbentuk pada suhu dan tekanan saturasi disebut uap saturasi (kenyang).

Bila pemanasan (pemberian energi panas) dilanjutkan di bawah tekanan standart yang konstant maka suhu uap akan naik, sesuai dengan garis proses EF. Uap yang dihasilkan pada kondisi F disebut uap panas lanjut (adi panas)

Kesimpulan dari proses ABCDEF tersebut di atas disimpulkan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Proses Perubahan Fase Air

Proses		Energi Masuk	Kkal/kg
Pemanasan es	A – B	$C_1 [0 - (-10)]$	$10 C_1$
Peleburan es	B – C	Panas Lebur	80

Penguapan air	C - D	$C_2 (100 - 0)$	$100 C_2$
Penguapan	D - E	Panas Laten	538,9
Pemanasan lanjut	E - F	$C_3 (t_{sup} - t_{sat})$	$C_3 (t_{sup} - 100)$

Keterangan :

C_1 = panas jenis air kkal/kg^oc

C_2 = panas jenis air kkal/kg^oc

C_3 = panas jenis uap kkal/kg^oc

t_{sat} = temperatur uap saturasi jenuh

t_{sup} = temperatur uap adi panas

Umumnya properti dari uap yang siap pakai terdiri dari :

Tekanan	P	kg/cm ²
Suhu	t	°c
Volume	V	kg/cm ³
Entalphy	h	kkal/kg
Entropy	s	kkal/kg c ^o

Uap dari hasil pemanasan dapat terjadi pada 3 (tiga) keadaan

yaitu :

a. Uap basah

yang mana uap ini masih mengandung butiran – butiran yang halus dari air,

temperatur

uap dan air adalah sama

b. Uap jenuh

yaitu uap yang berada diantara uap basah dan uap kering. Sesuai dengan fungsinya

ketel uap adalah merubah energi thermis dari hasil pembakaran menjadi thermal panas

c. Uap kering

yaitu uap yang didapat dari pemanas lanjut (superheater) dari uap jenuh, yang mana

kadar uap mencapai 100% atau kadar $x = 1$

2. 2. 3 Fungsi Ketel Uap

Pada dasarnya proses ketel uap adalah mengubah air menjadi uap. Di mana drum tersebut sebagai wadah penyimpanan air dan uap yang dihasilkan oleh pemanasan air pada pipa – pipa water wall yang dilakukan di dalam dapur, sehingga uap yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai keperluan pada pabrik pengolahan kelapa sawit diperlukan sebagai penggerak generator untuk menghasilkan listrik untuk penggerak komponen atau alat untuk proses pengolahan buah kelapa sawit

Pada umumnya ketel dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan utama yaitu :

1. Ketel uap Air (Water Tube Boiler)
2. Ketel Pipa Api (Fire Tube Boiler)

Yang dimaksud boiler pipa air adalah pada proses penguapan air fluida kerjanya yaitu air berada di dalam pipa – pipa aliran yang dinamakan pipa

water wall, sedangkan panas (api) yang digunakan berada diluar, sedangkan boiler pada pipa api sebaliknya fluida kerjanya (air) berada diluar pipa sedangkan api berada di dalam pipa.

Di dalam rancangan ini penulis memilih boiler pipa air (water tube boiler) sebagai pokok rancangan dengan bentuk dapur persegi panjang.

Di tinjau dari pemakaiannya ketel uap dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Boiler Stasioner atau Boiler tetap

Yang dimaksud jenis boiler ini adalah boiler yang kedudukannya tetap diatas fondasi yang tidak bergerak. Contohnya boiler ukuran – ukuran besar yang dipergunakan sebagai pembangkit tenaga untuk industri – industri besar.

2. Mobiler tetap

Yaitu boiler yang dipergunakan atau dipasang pada fondasi yang berpindah – pindah umumnya kapasitas kecil.

Dalam hal ini penggunaan ketel uap pada penggunaan untuk kapasitas besar

Seperti pada pabrik biasanya ketel uap harus ada yang stand by (siap untuk operasi) pada ketel yang sedang beroperasi mengalami kerusakan.

2. 2. 4 Pengertian dan Fungsi Ruang Bakar Pada Ketel (Furnace)

Dapur ruang bakar adalah suatu komponen utama pada ketel dalam melaksanakan proses kerjanya. Ruang baker ini sangat menentukan dalam proses ketel untuk menghasilkan uap. Karena ruang bakarlah yang menghasilkan uap

panas untuk proses pembakaran pipa – pipa water wall dengan menggunakan bahan bakar didalamnya. Adapun fungsi ruang bakar secara umum adalah suatu tempat di mana proses pembakaran bahan – bakar terjadi. Adapun proses pembakaran ini akibat terbakarnya bahan – bakar dalam hal ini cangkang dan serabut dibantu oleh adanya pemberian udara dan nyala api.

Dalam perencanaan ini penulis memilih bahan – bakar cangkang dan serabut, perbandingan antara bahan – baker cangkang dan serabut telah mempunyai suatu angka perbandingan yang telah ditetapkan 3 : 1 di mana 3 bagian untuk serabut dan menjadikan sempurna hasil pembakaran, selain faktor supply udara cukup.

Ruang – bakar juga akan diartikan sebagai tempat mengubah energi kimia dari bahan – bakar menjadi energi panas efektif. Untuk mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna, dan baik diperoleh lima syarat utama, yaitu :

1. Perencanaan bahan – bakar yang sempurna (dalam hal ini perbandingan bahan – baker antara cangkang dan serabut harus sesuai)
2. Supply udara pada ruang bakar harus cukup
3. Panas yang cukup (nyala api) untuk memulai pembakaran
4. Waktu yang cukup untuk kelangsungan pembakaran
5. Kerapatan yang cukup untuk merambatkan nyala api.

Di dalam dapur sumber panas itu adalah nyala panas api (flare) cahaya kuning dari nyala disebabkan hidro karbon. Sedangkan partikel pijar dari arang abu yang terbang oleh adanya konsumsi udara keruang bakar jumlah dan ukuran partikel pijar yang tergantung pada jenis bahan – bakar yang dipakai. Di

dalam penggunaan ruang – bakar (Furnace) kapasitas uap ditentukan oleh kapasitas ruang – bakar yang dibutuhkan, semakin besar kebutuhan uap yang diinginkan semakin besar pula kalor panas yang harus dihasilkan oleh dapur, secara tidak langsung semakin banyak pula penggunaan bahan – bakar, semakin banyak penggunaan bahan – bakar semakin besar pula volume dapur yang harus dibutuhkan.

Pada dasarnya ada tiga (3) cara pindahan panas yang terjadi pada ruang bakar ketel uap (Furnace). Pindahan panas tersebut antara lain :

- a. Dengan cara Pancaran atau Radiasi
- b. Dengan cara Aliran atau Konveksi
- c. Dengan cara Perambatan atau Konduksi

Perpindahan panas secara Pancaran atau Radiasi

Pemindahan panas secara Pancaran atau Radiasi adalah perpindahan panas secara sesuatu benda ke benda yang lain dengan jalan melalui gelombang – gelombang elektro magnetis tanpa tergantung kepada ada atau tidaknya media atau zat di antara benda yang menerima panas tersebut.

Bidang yang akan dipanasi hanya dapat menerima perpindahan panas secara pancaran bila bidang/benda tersebut melihat api tersebut. Dan bila suatu benda/bidang terhalang penglihatannya kepada api, maka benda/bidang tersebut tidak akan memperoleh panas secara pancaran.

Semua zat – zat yang memancarkan panasnya (molekul – molekul api atau gas asap), intensitas radiasi thermisnya atau kuat pancaran panasnya tergantung dari temperatur zat yang memancarkan panas tersebut. Bila pancaran

panas menimpa suatu benda atau bidang, sebagian dari panas pancaran yang diterima benda tersebut, akan dipancarkan kembali (re – radiated) atau dipantulkan (reflected), dan sebagian yang lain dari panas pancaran tersebut diserapnya.

Adapun banyaknya panas yang diterima secara pancaran atau Q_p berdasarkan rumus dari Stephan – Boltzman adalah sebesar :

$$Q_p = C_z \cdot F \cdot [(T_{api} : 100)^4 - (T_{benda} : 100)^4] \text{ kg/jam}$$

(1)

Keterangan :

C_z = konstanta pancaran dari Stephan – Boltzmann yang dinyatakan dalam Kj/m^2 .

Jam . K^4 dalam $Watt/m^2$. K^4 . Bila C_z dinyatakan dalam $Kiloujoule/m^2$.

Jam . K^4

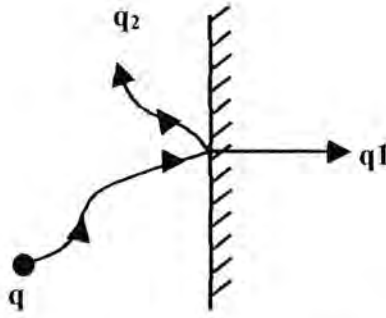
Maka Q_p dinyatakan dalam $Kiloujoule/Jam$

Bila C_z dinyatakan dalam $Watt/km^2$. K^4 maka harga Q_p dinyatakan dalam $Watt$

Perpindahan Panas secara Konveksi

Perpindahan panas secara aliran atau konveksi adalah perpindahan panas yang dilakukan oleh molekul suatu fluida (cair ataupun gas). Molekul – molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang – layang ke sana kemari membawahkan fluida panas masing – masing q joule

(1) Ketel Uap Ir. M. J. Djokosetyardjo, hal 24



Pada saat molekul fluida tersebut menyentuh dinding ketel maka panasnya dibagikan sebagian, yaitu q_1 joule kepada dinding ketel, selebihnya yaitu $q_2 = q - q_1$ joule dibawahnya pergi. Bila gerakan dari molekul – molekul yang melayang – layang ke sana kemari tersebut disebabkan karena perbedaan temperatur di dalam fluida itu sendiri, maka perpindahan panasnya disebut konveksi bebas (free convection) atau konveksi alamiah (natural convection).

Bila gerakan molekul – molekul tersebut sebagai akibat dari kekuatan mekanis (karena dipompa atau karena dihembus dengan fan) maka perpindahan panasnya disebut konveksi paksa (forced convection).

Dalam gerakannya molekul – molekul api disebut tidak perlu melalui lintasan yang lurus untuk mencapai dinding ketel atau bidang yang dipanasi.

Jumlah panas yang diserahkan secara konveksi = Q_k

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

..... (2)

Di mana :

α = Angka peralihan panas dari api ke dinding ketel dinyatakan dalam $\text{Kj/m}^2 \text{K}^0$

atau

..... (2), (Ketel Uap, Ir. M. J. Djokosetyardjo hal 26)

Watt/m².K⁰. Bila α dinyatakan dalam Kiloujoule/m². K⁰ maka Qp dinyatakan dalam Kj/jam, bila α dinyatakan dalam Watt/m². K maka Qp dinyatakan dalam watt .

F = Luas bidang yang dipanasi dinyatakan dalam m².

T = Temperatur di dalam Kelvin

Perpindahan panas secara Perambatan atau Konduksi

Perpindahan panas secara perambatan atau konduksi ialah perpindahan dari satu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama, atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadinya persinggungan fisik (kontak fisik atau menempel), tanpa terjadinya perpindahan molekul – molekul dari benda padat itu sendiri.

Di dalam dinding ketel tersebut, panas akan dirambatkan oleh molekul – molekul dinding ketel sebelah luar yang berbatasan dengan api, menuju ke molekul – molekul dinding ketel sebelah dalam yang berbatasan dengan air, uap ataupun udara.

Jumlah panas yang dirambatkan = QR melalui dinding ketel adalah sebesar:

$$QR = \frac{\lambda}{s} \cdot F \cdot (T_{d1} - T_{d2}) \text{ Kiloujoule/jam}$$

..... (3)

Keterangan :

λ = Angka perambatan panas didalam dinding ketel dinyatakan dalam KJ/mjam K

..... (3) (Ketel Uap, Ir.M.J.Djokosetyardjo, hal 27)

atau Watt/m.K^0 . Bila λ dinyatakan dalam $\text{Kiloujoule/m} \cdot \text{jam} \cdot \text{K}^0$ maka QR dinyatakan dalam Kiloujoule/jam , tetapi bila λ dinyatakan di dalam $\text{Watt/m}^2 \cdot \text{K}$ maka QR dinyatakan di dalam Watt .

s = Tebal dinding ketel dinyatakan dalam meter.

F = Luas dinding ketel yang merambatkan panas, dalam m^2 .

T_{d1} = Temperatur dinding ketel yang berbatasan dengan api.

T_{d2} = Temperatur dinding ketel yang berbatasan dengan air, uap atau udara.



BAB III

PROSES PEMBAKARAN BAHAN – BAKAR

PADA DAPUR KETEL UAP

3. 1. Paramater Pendukung Ruang Bakar

Sebelum penulis melanjutkan perencanaan dimensi dan bentuk ruang bakar, maka terlebih dahulu penulis meninjau beberapa parameter pendukung dari terbentuknya ruang – bakar ketel uap berkapasitas 20 Ton uap.

Parameter tersebut meliputi :

- nilai kalor bahan – bakar
- kebutuhan bahan - bakar
- jumlah udara pembakaran
- waktu yang diperlukan untuk proses pembakaran harus cukup

3. 2. Nilai Kalor Bahan – Bakar

Nilai kalor (heating value) adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna 1 kg bahan – bakar :

1. Nilai kalor atas (HHV) = Higher Heating Value yaitu banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dari satu kilogram bahan – bakar dengan memperhitungkan kandungan air pada bahan – bakar.
2. Nilai Kalor Bawah (LHV) = Lower Heating Value yaitu banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dari satu kilogram bahan – bakar tanpa memperhitungkan kandungan air pada bahan – bakar

Dari survey saat kerja praktek di PKS PTPN III Kebun Rambutan Tebing Tinggi di peroleh data dari laboratorium untuk komposisi bahan – bakar cangkang dan serabut.

Tabel 3. 1 Komposisi Cangkang dan Serabut

Unsur (c)	Cangkang %	Serabut %
Karbon (H ₂)	61,34	40,14
Hidrogen (H ₂	3,25	4,25
Oksigen (O ₂)	31,16	30,12
Nitrogen (N ₂)	2,45	22,29
Sulfur	-	-
Abu	1,8	3,20

Dalam hal ini bahan – bakar yang digunakan adalah bahan – bakar cangkang dan serabut, dengan angka perbandingan 3 :1 (Tiga bagian untuk serabut dan satu bagian untuk cangkang) untuk proses pembakaran yang akan dilaksanakan, atau dengan perbandingan 75 % untuk serabut dan 25 % untuk cangkang, maka untuk mendapatkna perbandingan kedua jenis bahan – bakar tersebut, direncanakan perbandingan konsumsi bahan – bakar untuk satuan yang beratnya sama.

Maka persentase untuk 1 kg bahan – bakar serabut campur cangkang adalah :

Persentase campuran serabut dan cangkang untuk 1 kg bahan – bakar.

$$C = \left[\frac{25}{100} \times 61,34 \right] + \left[\frac{75}{100} \times 40,15 \right] = 45,45\% = 0,4545$$

$$H_2 = \left[\frac{25}{100} \times 3,25 \right] + \left[\frac{75}{100} \times 4,25 \right] = 4,0\% = 0,04$$

$$O_2 = \left[\frac{25}{100} \times 31,16 \right] + \left[\frac{75}{100} \times 30,12 \right] = 30,38\% = 0,3038$$

$$N_2 = \left[\frac{25}{100} \times 2,45 \right] + \left[\frac{75}{100} \times 22,29 \right] = 17,33\% = 0,1733$$

$$\text{Abu} = \left[\frac{25}{100} \times 1,8 \right] + \left[\frac{75}{100} \times 3,19 \right] = 2,84\% = 0,0284$$

Dengan menggunakan rumus dulong diperoleh nilai kalor tinggi (HHV) dan nilai kalor rendah (LHV) . Nilai kalor tinggi (HHV) adalah : Banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran yang sempurna 1 kg bahan – bakar dengan memperhitungkan kondensasi uap air dengan rumus :

$$HHV = 8080 \cdot C + 34460 \left[H_2 - \frac{O_2}{8} \right] + 2200 \cdot S. \dots\dots\dots(1)$$

$$HHV = 8080 (0,4545) + 34460 \left[0,04 - \frac{0,3038}{8} \right] + 2200 (0)$$

$$= 3742,22 \text{ Kkal / kg bahan – bakar}$$

Sedangkan Nilai Kalor Rendah (LHV) adalah banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dan 1 kg bahan – bakar tanpa memperhitungkan kondensasi uap air.

Rumus nilai kalor rendah (LHV)

$$LHV = HHV - 2411 (M + 9 H_2) \text{ Kkal / kg. Bb} \dots\dots\dots(2)$$

$$LHV = 3742,22 - 2411 (0,05 + 9 \cdot 0,04) \text{ Kkal / kg. Bb}$$

$$LHV = 2753,71 \text{ Kkal / kg . bahan – bakar}$$

.....(1)(Pesawt – pesawat Konversi Energi I. Ir. Syamsir A. Muin, hal 145)

.....(2)(Pesawt – pesawat Konversi Energi I, Ir. Syamsir A. Muin hal,145)

Di mana

M = Kadar Moisture (Kandungan air dalam bahan – bakar)

= 4 % - 6 % (Hasil dari Laboratorium PTPN III Kebun Rambutan Tebing Tinggi) di ambil 5 %.

Artinya : Dalam 1 kg bahan – bakar (Cangkang dan Serabut) menghasilkan panas 2753,71 Kkal / kg. Bb

3. 3. Kebutuhan Bahan – Bakar Pada Proses Pembakaran

Agar dapat memenuhi kebutuhan uap dengan kapasitas 20 Ton Uap / Jam dan tekanan 20 Kg / Cm² serta temperature 300 °C. Maka memenuhi kebutuhan tersebut. Sehingga jumlah bahan – bakar yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus :

$$W_f = \frac{W_s (H_{sup} - H_a)}{LHV \cdot \eta_k} \text{ (kg. Bahan – bakar / Jam)} \dots\dots\dots (3)$$

Di mana :

W_f = Kebutuhan bahan – bakar (kg bahan – bakar / jam)

W_s = Kapasitas uap ketel (direncanakan)

= 20 Ton Uap / Jam = 20000 kg uap / jam

H_{sup} = Entalpy uap air superheater pada kondisi $t = 300$ °C dan tekanan $P = 20$ kg/cm², hal ini dapat pada diagram mollier

$H_{sup} = 720$ Kkal / kg

LHV = 2753,71 Kkal / kg

$\eta_k = (0,70 \text{ s. d } 0,90)$

= 0,8 (diambil) atau direncanakan

Karena ketel menggunakan daerator, maka temperature air masuk kedalam drum bawah ketel sama dengan temperature air keluar dari daerator yaitu : 95 s.d 300 °C

Di mana :

TA = Temperatur air keluar daerator

$$= 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ha = Entalpy air pengisi ketel pada temperatur

$$t = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Maka kebutuhan bahan – bakar dapat dihitung :

$$W_f = 20000 \times \frac{W_s(715 - 105)}{(0,80 \times 2753,71)} \text{ (kg. Bahan – bakar / Jam)}$$

$$W_f = 5537,98 \text{ kg bb / jam}$$

Artinya : Pemakaian bahan – bakar untuk kapasitas 20 Ton Uap /Jam membutuhkan bahan – bakar sebanyak 5537,98 kg bahan – bakar / jam dengan bahan – bakar cangkang dan serabut dengan perbandingan 3 : 1

3. 4. Konsumsi Udara Pada Proses Pembakaran

Untuk menghasilkan proses pembakaran yang sempurna salah satu faktor pendukung adalah penggunaan perbandingan bahan – bakar yang tepat. Di dalam proses pembakaran selain bahan – bakar juga dibutuhkan udara pembakaran. Untuk menentukan jumlah udara yang dibutuhkan pada proses pembakaran dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$(W_u)_{th} = \frac{2,66.C + 7,94.H_2 + 0,998.S - O_2}{0,232} \dots\dots\dots(4)$$

.....(3).....(Pesawat – pesawat Konversi Energi I , Ir. Syamsir A. Muin hal, 201)

.....(4).....(Pesawat – pesawat Konversi Energi I , Ir. Syamsir A. Muin hal, 164)

Di mana komposisi bahan – bakar adalah :

$$C = 45,45 \%$$

$$H = 4,0 \%$$

$$N_2 = 17,33 \%$$

$$O_2 = 30,38 \%$$

$$S = -$$

$$\text{Abu} = 2,84 \%$$

$$\text{Maka : } (W_a)_{th} = \frac{2,66(0,4545) + 7,94.(0,04) + 0,998.(0) - 0,3038}{0,232}$$

$$(W_a)_{th} = 5,27 \text{ kg udara / kg bahan – bakar}$$

Artinya : Dalam proses pembakaran cangkang dan serabut 1 kg bahan – bakar dibutuhkan udara seberat 5,27 kg udara.

Agar pembakaran sempurna lebih baik dan sempurna diberikan udara lebih (Excess air) pada ruang bakar yang banyaknya adalah sebagai berikut :

$$(W_a)_{akt} = (W_a)_{th} + (W_a)_{ex} \cdot (W_a)_{th}$$

Di mana :

$$(W_a)_{ex} = \text{Udara lebih (excess air)}$$

$$= 0,25 - 50 \text{ yang di ambil adalah : } 0,3$$

$$(W_a)_{akt} = \text{kebutuhan udara sebenarnya}$$

$$(W_a)_{th} = \text{kebutuhan udara teoritis}$$

$$= 5,27 \text{ kg / kg bb}$$

maka :

$$(W_a)_{akt} = 5,27 + (0,3 \times 5,27)$$

$$= 6,85 \text{ kg udara / kg bahan – bakar}$$

Jadi udara yang dibutuhkan tiap jam adalah :

$$W_a = W_f \times (W_a)_{akt}$$

Di mana

W_f = kebutuhan bahan – bakar

$$= 5537,9 \text{ kb bb / jam}$$

Udara yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} W_a &= 5537,98 \times 6,85 \\ &= 37934,615 \text{ kg udara / jam} \end{aligned}$$

Volume udara teoritis

$$(V_a)_{th} = \frac{1,865 + 5,56H_2 + 0,6987.S - 0,7x(O_2)}{0,232} \dots\dots\dots(5)$$

$$(V_a)_{th} = \frac{(1,865 \times 0,454) + (5,56) \cdot (0,04) + 0,6987 \times 0 - (0,7)(0,3038)}{0,21}$$

$$(V_a)_{th} = \frac{0,8476425 + 0,2224 + 0 - 0,21266}{0,21}$$

$$(V_a)_{th} = 4,08 \text{ m}^3 / \text{kg bb}$$

Konsumsi udara masuk ruang bakar sebenarnya adalah :

$$(V_a)_{akt} = (V_a)_{th} \times n$$

Di mana :

n = faktor udara

$$= 1,4 - 2$$

$$= 1,5 \text{ diambil}$$

.....(5)(Pesawat – pesawat Konversi Energi I, Ir. Syamsir A. Muin hal, 148)

Maka :

$$\begin{aligned}(V_a)_{akt} &= 4,102 \times 1,5 \\ &= 6,153 \text{ m}^2 / \text{kg bb}\end{aligned}$$

Jumlah volume yang dibutuhkan ruang bakar tiap jam adalah :

$$\begin{aligned}V &= W_f \times (V_a)_{akt} \\ &= 5537,98 \times 6,155 \\ &= 34075,19 \text{ m}^2 / \text{jam}\end{aligned}$$

3. 5. Produksi Gas Asap

3. 5. 1 Berat Gas Asap

Berat gas asap yang terbentuk dari hasil pembakaran adalah sama dengan jumlah berat udara yang dibutuhkan pada proses pembakaran ditambah dengan bahan – bakar yang dirubah menjadi gas asap ditambah berat abu.

$$\begin{aligned}\text{Mu} &= \frac{100}{23} \times \frac{8}{3} \times C + \left(H - \frac{O_2}{8} \right) \text{kg} \\ \text{Mu} &= \frac{100}{23} \times \frac{8}{3} \times 0,4545 + \left(0,04 - \frac{0,3038}{8} \right) \text{kg} \\ \text{Mu} &= 4,347 \cdot 2,66 \cdot 0,4545 + 0,002 \\ \text{Mu} &= 5,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

Maka excess gas asap yang terjadi dari hasil pembakaran bahan – bakar adalah :

$$\begin{aligned}\text{Tu} &= (W_a)_{akt} - m \text{ (kg)} \dots\dots\dots (6) \\ \text{Tu} &= 6,85 - 5,25 \\ \text{Tu} &= 1,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

..... (6) (Pesawat – pesawat Konversi Energi I.Ir. Syamsir A. Moim hal, 169)

Schingga berat masing – masing gas asap dalam kg bahan – bakar adalah :

$$W_{CO_2} = \frac{11}{3} \cdot C \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$W_{CO_2} = \frac{11}{3} \cdot 0,454$$

$$W_{CO_2} = 1,66 \text{ kg / kg bahan - bakar}$$

$$W_{O_2} = \frac{23}{100} \cdot Tu$$

$$W_{O_2} = \frac{23}{100} \cdot 1,66$$

$$W_{O_2} = 0,3818 \text{ kg / kg bahan – bakar}$$

$$W_{NO_2} = \frac{77}{100} \cdot (W_a)_{akt}$$

$$W_{NO_2} = \frac{77}{100} \cdot 6,85$$

$$W_{NO_2} = 5,27 \text{ kg / kg bahan – bakar}$$

$$W_{H_2O} = 9 \cdot H$$

$$= 9 \cdot 0,04$$

$$W_{H_2O} = 0,36 \text{ kg / kg. Bb}$$

Jumlah gas asap dalam 1 kg bahan – bakar adalah

$$m_{ga} = W_{CO_2} + W_{O_2} + W_{NO_2} + W_{H_2O}$$

$$= 1,66 + 0,3818 + 5,27 + 0,36$$

$$m_{ga} = 7,681 \text{ kg}$$

Maka persentase dari komposisi gas asap adalah :

$$CO_2 = \frac{1,66}{7,681} \cdot 100\% = 21,74\%$$

.....(7)Pesawat – pesawat Konversi Energi I, Ir. Syamsir A. Muin hal 163)

$$O_2 = \frac{0,3818}{7,681} \times 100\% = 4,69\%$$

$$N_2 = \frac{5,29}{7,681} \times 100\% = 68,87\%$$

$$H_2O = \frac{0,36}{7,681} \times 100\% = 4,68\%$$

Produksi gas asap yang terbentuk dihasilkan pada laju pembakaran bahan – bakar perjam adalah :

$$\begin{aligned} m_{ga} &= m_{ga} \times W_f \\ &= 7,681 \times 5537,98 \end{aligned}$$

$$m_{ga} = 42537,22 \text{ kg / jam}$$

Dengan demikian volume gas asap (sisa pembakaran) dapat dihitung dengan terlebih dahulu mengetahui dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$V_g = \frac{W}{\gamma} (m^3 / kg.bb)$$

Di mana :

W = massa gas asap (kg . ga / kg bb)

γ = berat jenis gas asap

Sehingga diperoleh :

$$1. \text{ Volume } C_{O_2} = \frac{W_{CO_2}}{\gamma_{CO_2}}$$

Di mana :

$$W_{CO_2} = 1,67 \text{ kg / kg. Bb}$$

$$\gamma = 1,97$$

Jadi :

$$V_{CO_2} = \frac{1,67}{1,97}$$

$$= 0,848 \text{ m}^3 / \text{kg.bb}$$

2. Volume H₂O adalah :

$$V_{H_2O} = \frac{W_{H_2O}}{\gamma_{H_2O}}$$

Di mana :

$$W_{H_2O} = 0,36 \text{ kg} / \text{kg} . \text{bb}$$

$$\gamma_{H_2O} = 0,8$$

Jadi :

$$V_{H_2O} = \frac{0,36}{0,8}$$

$$V_{H_2O} = 0,450 \text{ m}^3 / \text{kg} . \text{bb}$$

3. Volume O₂ = $\frac{W_{CO_2}}{\gamma_{CO_2}}$

Di mana :

$$W_{CO_2} = 0,36 \text{ kg} / \text{kg} . \text{Bb}$$

$$\gamma = 1,43$$

Jadi :

$$V_{O_2} = \frac{0,361}{1,43}$$

$$= 0,252 \text{ m}^3 / \text{kg.bb}$$

4. Volume N₂ adalah :

$$V_{H_2O} = \frac{WN_2}{\gamma N_2}$$

Di mana :

$$W_{N_2} = 5,29 \text{ kg / kg . bb} \quad \gamma_{N_2} = 1,26$$

Jadi :

$$\begin{aligned} V_{N_2} &= \frac{5,29}{1,26} \\ &= 4,198 \text{ m}^2 / \text{kg . bb} \end{aligned}$$

Maka volume gas asap yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} V_g &= V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{NO_2} + V_{N_2} \\ V_g &= 0,848 + 0,450 + 0,252 + 4,198 \\ V_g &= 5,748 \text{ m}^2 / \text{kg . Bb} \end{aligned}$$

Volume gas asap untuk pembakaran bahan – bakar selama satu jam adalah :

$$(V_g)_{tot} = W_f \cdot V_f$$

Di mana

$$\begin{aligned} W_f &= \text{kebutuhan bahan – bakar} \\ &= 5537,98 \text{ kg / jam . bb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_g &= \text{Volume gas asap} \\ &= 5,748 \text{ m}^2 / \text{jam} \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned} (V_g)_{tot} &= 5537,98 \cdot 5,748 \\ &= 31832,309 \text{ m}^2 / \text{jam} \end{aligned}$$

Dari uraian di atas dapat dihitung persentase volume gas asap sebagai berikut :

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_g} = \frac{0,848}{5,748} = 0,147 = 14,7\%$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_g} = \frac{0,450}{5,748} = 0,0783 = 7,83\%$$

$$\text{O}_2 = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_g} = \frac{0,252}{5,748} = 0,0438 = 4,38\%$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_g} = \frac{4,198}{5,748} = 0,730 = 73,0\%$$



BAB VI

KESIMPULAN

1. Dalam rancangan ini dapur berbentuk trapesium jenis tungku bawah dengan water wall bersirip kanan dan kiri dengan dimensi sebagai berikut :
 - Panjang dapur = 6 m
 - Lebar dapur = 2,4 m
 - Tinggi dapur = 7 m
 - Volume dapur = 85 m^3
2. Dari perhitungan bahan – bakar dalam hal ini menggunakan bahan – bakar cangkang dan serabut dengan angka perbandingan (3 : 1) diperoleh :
 - Nilai kalor pembakaran (LHV) diambil = 3531,26 Kkal / kg.bb
 - Kebutuhan bahan – bakar yang dipergunakan = 4336,3 kg bb / jam
 - Konsumsi udara pembakaran = 5,27 kg udara / kg bb
 - Berat udara yang dibutuhkan = 29170,03 kg udara/jam
3. Perhitungan produksi gas asap untuk angka perbandingan (3 : 1) pada bahan – bakar
 - Berat gas asap = 6,67 kg / kg bb
 - Berat gas asap total = 28923,121 kg / jam
 - Volume gas asap = $4,95 \text{ m}^3 / \text{kg bb}$
4. Dari konstruksi dinding dapur dapat disimpulkan bahwa :
 - Jarak sumbu = 75,32 mm
 - Bahan pipa = $A_{53}, A_{105 A}$ (Semless Stell Carbon)
 - Tegangan izin = 12000 psi

- Nomor Schedul = 40
 - Diameter dalam (Di) = 2,067 inc = 2,50 mm
 - Tebal pipa max (t) = 0,154 inc = 3,91 mm
 - Diameter luar (Do) = 2,375 inc = 60,32 mm
 - Tebal pipa min (t_{min}) = 0,09 inc = 2,443 mm
5. Dari perhitungan menentukan jumlah pipa water wall diperoleh :
- Jumlah pipa water wall kiri = 66 buah
 - Jumlah pipa water wall depan = 32 buah
 - Jumlah pipa water wall kanan = 66 buah
 - Jumlah pipa water wall belakang = 32 buah
6. Dari pindahan panas dalam dapur disimpulkan :
- Pindahan panas efektif $\frac{(Q_u)}{Ar} = 12663,7 \text{ Kkal} / \text{m}^2 \text{ jam}$
 - Panas pembakaran (Q_r) = 14546972, 6 Kkal / jam
7. Dari analisa temperatur diperoleh :
- Temperatur pembakaran = 1677 °K
 - Temperatur pipa water wall = 843 °C
 - Temperatur air masuk pipa water wall = 105 °C
 - Temperatur air keluar pipa water wal = 300 °C
8. Dari isolasi pada dinding dapur diperoleh :
- Luas permukaan yang isolasi = 127,6 m³
 - Panas yang hilang dari dinding dapur dengan menggunakan islasi = 0,001 %
9. Rangka kabar berbentuk batang – batang yang terbuat dari pelat – pelat dengan ukuran 4 persegi panjang :

- Panjang batang rangka bakar = (0,7 – 1,0)
- Tebal batang rangka bakar = 10 mm
- Jarak celah – celah batang = (5 – 7)
- Bahan – bahan rangka bakar = Cas Iron (besi tuang)

