



**KETEL UAP
RANCANGAN RUANG BAKAR DAN PERLENGKAPAN
LAINNYA DENGAN KAPASITAS UAP 30 TON/JAM
TEKANAN KERJA 21 KG/Cm²**

**O
L
E
H**

AMIL KAHAR HASIBUAN

98.813.0013



**JURUSAN MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
M E D A N
2 0 0 3**

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

DAFTAR ISI

	Halaman
SPEKIFIKASI TUGAS.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Metoda Penelitian.....	2
1.3 Topik Bahasan.....	3
BAB II TINJAUAN UMUM.....	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Pengertian Ketel Uap.....	4
2.3 Bahan Bakar Untuk Ketel Uap.....	4
2.4 Cara Perpindahan Panas Pada Ketel Uap.....	5
2.4.1 Perpindahan Panas Secara Radiasi.....	6
2.4.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	7
2.4.3 Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	8
BAB III UKURAN UTAMA RUANG BAKAR.....	10
3.1 Parameter Pendukung Pembakaran.....	10
3.2 Nilai kalor Bahan Bakar.....	10
3.3 Kebutuhan Bahan Bakar.....	14

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

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

3.4	Kebutuhan Udara Pembakar.....	15
3.5	Gas Asap Yang Terbentuk.....	18
3.6	Kalor Pembakaran.....	23
3.7	Perlengkapan Ruang Bakar Lainnya.....	24
BAB IV RANCANGAN RUANG BAKAR.....		26
4.1	Ruang bakar	26
4.1.1	Volume Ruang Bakar.....	26
4.2	Dinding Pipa Air.....	28
4.2.1	Pemilihan Pipa water Wall.....	28
4.2.2	Pipa Water Wall Bagian Kiri Ruang Bakar.....	30
4.2.3	Dinding Pipa Air bagian Depan Ruang Bakar.....	34
4.2.4	Pipa Water Wall bagian Samping kanan.....	38
4.3	Luas Bidang Pemanas Pada Ruang Bakar.....	40
4.4	Temperatur Pembakaran.....	42
4.5	Isolasi Pada Dinding Ruang Bakar.....	48
4.6.1	Jumlah bahan bakar Isolasi Dinding Ruang Bakar.....	53
BAB V NERACA KALOR.....		60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR KERJA

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
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Dengan semakin berkembangnya teknologi serta ilmu pengetahuan dan untuk mengembangkan dunia industri khususnya di Indonesia maka kita perlu mengetahui sumber energi alamiah yang dapat digunakan sebagai energi pembangkit.

Karena iklim dan geografis Indonesia banyak mengandung air maka sekarang ini perusahaan pemerintah bersama-sama swasta meneliti dan membangun sumber-sumber energi alamiah yang dapat dikonversikan menjadi energi pembangkit dan alat pembangkit tenaga uap ketel adalah salah satu alternatif yang dikembangkan di Indonesia.

Ketel uap adalah suatu pesawat yang berfungsi sebagai alat untuk merubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi panas dalam uap yang kemudian energi uap dapat dipakai untuk berbagai keperluan. Perubahan energi ini terjadi oleh karena adanya pembakaran bahan bakar di ruang bakar sehingga menghasilkan panas yang diterima oleh bidang-bidang panas dari ketel diteruskan pada air yang kemudian berubah menjadi uap. Banyak ketel uap yang digunakan di Indonesia karena :

- Bahan bakar yang digunakan ketel adalah minyak, kayu ampas, batu bara dan cangkang

- Fluida kerja yang digunakan adalah air yang dapat diperoleh dengan mudah.
- Dapat dirancang sebagai pembangkit dengan skala besar.

Bahan bakar yang digunakan pada perencanaan ruang bakar ketel pipa air ini adalah bahan bakar sabut dan cangkang sebagai alat pembangkit pabrik kelapa sawit, dengan kapasitas uap 30 Ton TBS/jam. Ruang bakar dapat menentukan kapasitas yang dihasilkan ketel.

1.2 METODE PENELITIAN

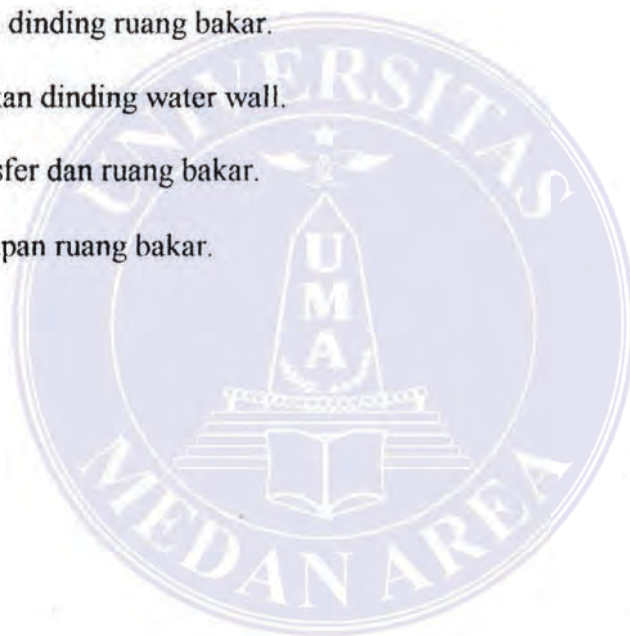
Dalam perencanaan ruang bakar dari ketel ini saya melakukan metode penelitian sebagai berikut :

- Penelitian dari lapangan maksudnya adalah penelitian atau melihat secara langsung dipabrik pengolahan kelapa sawit serta informasi dari para pekerja dan operator ketel uap.
- Penelitian atau pengambilan data dari teori-teori mengenai ketel uap dan masukan informasi dari dosen pembimbing.

1.3 Pembatasan Masalah

Permasalahan dalam rancangan ini di batasi hanya pada penentuan bentuk dan ukuran ruang bakar dan perlengkapan lainnya. Karena kita ketahui berbagai masalah bisa terjadi adapun topik yang dibahas dalam tugas sarjana ini dalam mencakup :

1. Bentuk dan ukuran ruang bakar pada ketel uap.
2. Kontruksi dinding ruang bakar.
3. Menentukan dinding water wall.
4. Heat transfer dan ruang bakar.
5. Perlengkapan ruang bakar.



BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Dalam proses pengolahan kelapa sawit, ketel uap yang saya rancang adalah ketel uap jenis **BABCOCK** karena ketel uap ini sangat cocok untuk kebutuhan pabrik kelapa sawit kapasitas 30 Ton/jam.

2.2 PENGERTIAN KETEL UAP

Ketel uap adalah suatu pesawat kalori yang mengubah zat cair dari fase cair ke fase uap pada tekanan diatas tekanan atmosfer.

2.3 BAHAN BAKAR KETEL UAP

Untuk menghasilkan uap dalam ketel, maka dibutuhkan sejumlah panas. Panas ini diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar diruang bakar. Jadi bahan bakar adalah sumber energi panas. Pembakaran bahan bakar pada ketel uap bertujuan untuk memanaskan air ketel guna memperoleh uap.

Pada umumnya bahan bakar yang biasa dipakai dalam instalasi ketel dapat digolongkan dalam tiga bagian besar, yaitu :

- Bahan bakar padat (Solid fuel)

Misalnya : batu bara, kayu, sabut, cangkang ,dll.

- Bahan bakar cair (Liquid Fuel)

Misalnya : minyak berat (Residu), minyak tanah (Corosene), bensin (Petrol or gaseline), dll.

- Bahan bakar gas (Gases Fuel)

Misalnya : Gas alam.

Dalam perencanaan ini bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar padat yaitu sabut dan cangkang. Adapun alasan pemilihan bahan bakar ini karena cangkang dan sabut merupakan limbah buangan pabrik yang jumlahnya cukup banyak. Juga nilai kalor yang dikandung cangkang dan sabut ini sehingga cukup efisien jika digunakan sebagai bahan bakar.

2.4 CARA PERPINDAHAN PANAS PADA KETEL UAP

Perpindahan panas yang diterima akibat hasil pembakaran bahan bakar akan diterima oleh bidang-bidang pemanas untuk menghasilkan uap sesuai dengan kondisi yang ditentukan. Bidang pemanas ditentukan sedemikian rupa, sehingga dapat memenuhi kebutuhan uap diatas.

Pindahan panas yang terjadi dalam ruang bakar ketel dapat di bagi atas 3 bagian yaitu :

1. Perpindahan panas secara radiasi.
2. Perpindahan panas secara konveksi.
3. Perpindahan panas secara konduksi.

2.4.1. PERPINDAHAN PANAS SECARA RADIASI

Radiasi adalah proses perpindahan panas dari suatu sumber panas ke penerima panas secara pancaran (tanpa media) melalui rambatan gelombang elektro magnetik.

Apabila lintasan penyebaran panas melalui gelombang elektro magnetis dari ather tersebut atau terhalang benda lain, maka bidang yang akan di panasi tadi tidak akan menerima panas secara pancaran, atau terhalang penyerahan panas secara pancarannya.

Dengan demikian bidang yang akan dipanasi hanya dapat menerima panas secara pancaran bila bidang benda tersebut dapat melihat api tersebut. Dan bila suatu benda / bidang terhalang penglihatannya kepada api maka benda / bidang tadi tidak akan memperoleh panas secara pancaran. Hal ini kita hitung dengan rumus :

$$Q = E_1 \sigma A_1 (T_1^4) \dots \dots \dots (\text{lit 8 hal 14})$$

Dimana :

Q = laju aliran panas radiasi kj/jam.

σ = konstanta Stephan Boltzman $\text{cw/m}^{20}\text{c}$

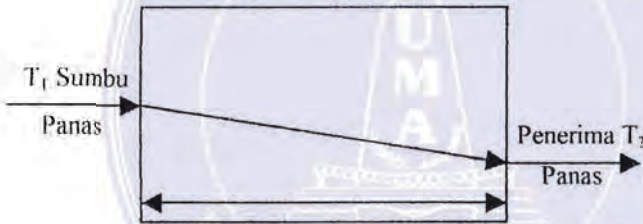
E = emivitas benda

T^l = suhu absolut $^{\circ}k$

A = luas permukaan k/j

2.4.2 perpindahan panas secara konduksi

Perpindahan panas secara konduksi perpindahan panas dari satu bagian benda padat yang sama, atau dari benda padat yang satu ke benda padat padat yang lain. Karena terjadi kontak fisik, tanpa terjadinya perpindahan molekul-molekul dari benda padat sendiri :



Gambar. 2.1 Perpindahan panas konduksi melalui satu bidang

Besarnya laju perpindahan panas konduksi dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = -KA \frac{\partial T}{\partial X}$$

Dimana :

Q = laju perpindahan kalor konduksi kj/jam

K = hantaran thermal w/m^2

A = luas permukaan perpindahan panas m^2

$\frac{\partial T}{\partial X}$ = gradien suhu kearah perpindahan kalor k/m

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
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

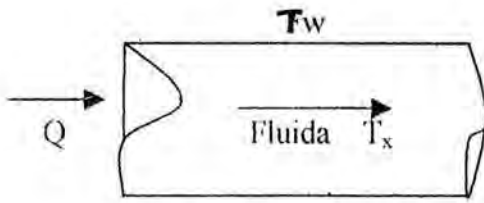
= menandakan bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu

2.4.3. perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang dilakukan oleh molekul suatu fluida cairan atau gas. Bila suatu pipa baja yang dialiri oleh fluida panas, maka fluida tersebut akan menghantarkan panas tersebut ke seluruh bagian pipa. Proses perpindahan panas yang terjadi dari permukaan pipa sebelah dalam permukaan pipa sebelah luar.

Perpindahan panas secara konveksi dapat diasumsikan menjadi 2 golongan yaitu :

1. Konveksi alamiah adalah gerakan dari molekul yang melayang kesana kemari tersebut disebabkan karena perbedaan temperatur di dalam fluida itu sendiri.
2. Konveksi paksa adalah bila gerakan molekul-molekul tersebut akibat dari kekuatan mekanis (karena di pompa atau karena dihembus oleh fan) atau menggunakan media pembantu untuk lebih mempercepat laju aliran fluida.



Gambar 2.2 Perpindahan panas konveksi pada pipa

Besarnya laju perpindahan panas konveksi dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q = h \cdot A \cdot (T_w - T_x) \dots \dots \dots (\text{lit 8 hal. 11})$$

Dimana,

- Q = laju aliran panas konveksi
 h = koefisien perpindahan panas konveksi
 A = Luas penampang p[erpindahan panas
 T_w = Suhu permukaan pipa
 T_x = suhu fluida yang bergerak

BAB III

UKURAN RUANG BAKAR

3.1. Parameter Pendukung Pembakaran

Sebelum merencanakan dimensi dan bentuk ruang bakar, terlebih dahulu penulis meninjau beberapa pendukung ruang bakar ketel muap 30 Ton/jam.

Parameter itu meliputi :

1. Nilai kalor bahan bakar
2. Kebutuhan bahan bakar
3. Kebutuhan udara untuk pembakaran
4. Nilai kalor bahan bakar

3.2. Nilai Kalor bahan Bakar

Nialai kalor atau (Heating Value) adalah banyaknya paras yang dihasilkan oleh pembakaran 1KG bahan bakar yang sempurna. Nilai kalor dari suatu pembakaran dapat dibedakan atas dua macam yaitu :

1. Nilai Kalor Atas (HHV) Higher Heating Value

Yaitu banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran dari 1 Kg bahan bakar dengan memperhitungkan kondensasi air pada bahan bakar.

2. Nilai Kalor Bawah (LHV) Lower Heating Value

Yaitu banyaknya panas yang diperoleh pada pembakaran sempurna dari 1 Kg bahan bakar tanpa mempehitungkan kondensasi air pada bahan bakar.

Dalam perencanaan ini penulis merencanakan bahan bakar yang digunakan adalah cangkang dan sabut yang mudah didapat dari Pabrik Kelapa Sawit.

Tabel 3.1.

Komposisi bahan bakar sabut dan cangkang kelapa sawit

Komposisi bahan bakar	Cangkang %	Sabut %
Carbon (C)	50,12	47,4
Hidrogen (H ₂)	5,91	5,79
Nitrogen (N ₂)	10,95	12,19
Oksigen (O ₂)	30,20	27,98
Sulfur (S)	0,18	0,30
Ash (A)	2,64	6,60
Total	100,00	100,00

Data diperoleh dari PT. Lonsum Turangi Oil Mill

Nilai kalor atas dan nilai kalor bawah dari pembakaran bahan bakar cangkang dan sabut dapat diaksir dengan menggunakan rumus Dulong Dan petit.

- Nilai kalor atas (HHV)

$$HHV = 8080 \cdot C + 34500 \cdot \left[H_2 - \frac{O_2}{8} \right] + 2220 \cdot S \dots\dots\dots(HIT7)$$

$$\begin{aligned} \text{HHV} &= 8080.(0,502) + 34500 \cdot \left[0,0591 - \frac{0,302}{8} \right] + 2220.(0,0018) \\ &= 4.790,27 \text{ Kkal/Kg} \end{aligned}$$

- Nilai Kalor Bawah (LHV)

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 9 \cdot H_2 - 586$$

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= 4790,27 - 9 \cdot 0,591 \cdot 586 \\ &= 478,58 \text{ Kkal/Kg} \end{aligned}$$

Untuk bahan bakar sabut :

$$\text{HHV} = 8080 \cdot C + 34500 \left[H - \frac{0}{8} \right] + 2220 \cdot S$$

$$\begin{aligned} \text{HHV} &= 8080 \cdot (0,41714) + 34500 \left[0,0579 - \frac{0,2798}{8} \right] + 2220 \cdot (0,003) \\ &= 4.666,48 \text{ Kkal/Kg} \end{aligned}$$

- Nilai Kalor Bawah :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 9 \cdot H_2 \cdot 586$$

$$\begin{aligned} &= 4666,8 - 9 \cdot 0,0579 \cdot 586 \\ &= 4361,12 \text{ Kkal/ Kg} \end{aligned}$$

Beberapa pertimbangan dalam pemakaian kedua bahan bakar sabut dan cangkang yang menentukan bahan bakar tersebut layak digunakan adalah sebagai berikut :

1. Cangkang

- Bila digunakan tanpa campuran mengakibatkan ruang antara sesama bahan bakar yang kecil sehingga udara sulit dimasukkan menjadi pembakaran tidak efisien.
- Pembakaran akan menimbulkan asapa yang banyak terjadi penimbunan arang yang bisa menyumbat saluran udara. Hal ini mengakibatkan pembakaran kurang sempurna.

2. Sabut

- Apabila hanya sabut saja yang digunakan maka sisa pembakaran yang berupa abu semakin banyak terbawa gas asap sehingga akan menutup atau melapisi bidang pemanas dan penyerapan panas semakin berkurang.
- Cepat habisnya bahan bakar dan nilai kalor bahan relatif rendah, sehingga membutuhkan bahan bakar yang lebih banyak.

Setelah melihat kekurangan-kekurangan di atas untuk mengatasinya digunakan bahan bakar campuran cangkang dengan sabut dan perbandingan campuran tersebut adalah 1 : 3.

Di dalam perencanaan ini, perbandingan bahan bakar cangkang dengan sabut 1 : 3 yaitu 25% cangkang dan sabut 75% sabut. Perhitungan Nilai Kalor Atas Dan Nilai Kalor Bawah dari bahan bakar campuran antara cangkang dengan sabut adalah berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$\text{HHV campuran} = \% \text{ cangkang (HHV) cangkang} + \% \text{ sabut (HHV) sabut}$$

$$\text{LHV campuran} = \% \text{ cangkang (LHV) cangkang} + \% \text{ sabut (LHV) sabut}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{HHV campuran} &= 0,25 (4790,27) + 0,75 (4666,48) \\ &= 4697,43 \quad \text{Kkal/Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LHV campuran} &= 0,25 (4478,58) + 0,75 (4561,12) \\ &= 4540,485 \quad \text{Kkal/ Kg} \end{aligned}$$

3.3. Kebutuhan Bahan Bakar

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap 30 Ton/Jam dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$W_f = M_u \cdot \frac{H_{sup} - H_a}{\eta K \cdot LHV} \quad \dots\dots\dots (\text{Lit 7 . Hal 224})$$

Dimana :

$$W_f = \text{Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan (Kg . bb / jam)}$$

$$M_u = \text{Massa aliran uap yang digunakan}$$

$$= 30.000 \quad \text{Kg uap / jam}$$

$$H_{sup} = \text{Entalphi pada temperatur } 260^\circ \text{ C dan}$$

$$\text{Tekanan } 21 \text{ Kg / Cm}^2$$

$$H_{sup} = 698,45 \quad \text{Kkal/Kg}$$

$$H_a = \text{Entalphi air masuk ketel pada kondisi air keluar daerah } 105^\circ \text{ C}$$

$$H_a = 105 \quad \text{Kkal/Kg}$$

$$\eta K = \text{Efisiensi Ketel (} 0,70 - 0,90 \text{)}$$

$$= \text{diambil } 0,80$$

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
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= \text{Nilai Kalor Bawah} \\ &= 4.540,485 \text{ Kkal/Kg} \end{aligned}$$

Maka kebutuhan bahan bakar dapat dihitung :

$$\begin{aligned} W_f &= 3000 \cdot \frac{(698,45 - 105)}{0,80 \cdot 4540,485} \\ &= 4901,35 \text{ Kg.bb /jam} \end{aligned}$$

3.4 Kebutuhan udara pembakaran

Pada proses pembakaran bahan bakar terjadi reaksi antara unsur-unsur pendukung bahan bakar dengan oksigen. Untuk mengetahui proses pembakaran bahan bakar terlebih dahulu diketahui komposisi kimia bahan bakar yang digunakan. Maka kandungan bahan bakar cangkang dan sabut adalah :

$$\begin{aligned} \text{C} &= 0,25 (50,12) + 0,75 (47,14) \\ &= 47,89 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H}_2 &= 0,25 (5,91) + 0,75 (5,79) \\ &= 5,83 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{N}_2 &= 0,25 (10,95) + 0,75 (12,19) \\ &= 11,88 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{O}_2 &= 0,25 (30,20) + 0,75 (27,98) \\ &= 28,52 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S} &= 0,25 (0,18) + 0,75 (0,30) \\ &= 0,27 \% \end{aligned}$$

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
Access From (repository.uma.ac.id)15/12/23

$$A = 0,25 (2,64) + 0,75 (6,60) .$$

$$= 5,61 \%$$

Jadi dengan kebutuhan udara secara teoritis (W_a) th dapat dicari dengan rumus :

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

$$(W_a)_{th} = \frac{2,66(0,4789) + 7,94(0,0583) + 0,998(0,0027) - 0,2852}{0,232}$$

$$(W_a)_{th} = 6,27 \text{ Kg udara / Kg.bb}$$

Untuk menjamin bahwa pembakaran berlangsung dengan sempurna, maka perlu diberikan udara berlebih. Dalam perhitungan ini direncanakan excess air sebesar 25% . maka berat udara pembakaran sebenarnya adalah :

$$(W_a)_{th} = \text{Berat udara sebenarnya (Actual)}$$

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

$$= 6,27 \text{ Kg udara / Kg . bb}$$

$$F_n = \text{Faktor Udara berlebih}$$

$$= 25 \% (\text{diambil})$$

maka,

$$(W_a)_{th} = 6,27 + (0,25 \times 6,27)$$

$$= 7,873 \quad \text{Kg. Udara / Kg. Bb}$$

Jadi udara yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna tiap jam adalah :

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

Dimana

$$\begin{aligned} W_f &= \text{Kebutuhan bahan bakar} \\ &= 4.901,35 \text{ Kg udara / jam} \end{aligned}$$

maka udara yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} W_a &= 4901,35 \times 7,837 \\ &= 38411,88 \text{ Kg udara / jam} \end{aligned}$$

Volume udara teoritis :

$$(W_u)_{th} = \frac{1,865(C) + 5,56(H_2) + 0,687(S) - 07(O_2)}{0,21} \quad (\text{lit 7. Hal 163})$$

$$(W_u)_{th} = \frac{1,865(0,4789) + 5,56(0,0583) + 0,687(0,0027) - 07(0,2852)}{0,21}$$

(lit 7. Hal 163)

Konsumsi udara masuk ruang bakar sebenarnya adalah :

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

Dimana :

$$\begin{aligned} N &= \text{Faktor udara} \\ &= 1,4 + 2 \\ &= 1,7 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} (V_a)_{act} &= 4,85 \times 1,7 \\ &= 8,25 \text{ m}^3 / \text{Kg. Bb} \end{aligned}$$

Jadi volume yang dibutuhkan ruang bakar tiap jam adalah :

$$\begin{aligned}
 (V_a) &= W_f \times (V_a)_{act} \\
 &= 4901,35 \times 8,25 \\
 &= 40436,14 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3.4. Gas Asap Yang Terbentuk

Gas asap terbentuk dari hasil pembakaran dan gas-gas sisa pembakaran. Jumlah gas asap yang terjadi dari hasil pembakaran bahan bakar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{100}{8} \cdot \frac{8}{3} C \left[H_2 - \frac{O_2}{8} \right] Kg \\
 Mu &= \frac{100}{8} \cdot \frac{8}{3} 0,4789 \left[0,0583 - \frac{0,2582}{8} \right] Kg \\
 &= 5,52 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 Tu &= (W_a)_{act} - Mu \text{ (Kg)} \\
 &= 7,837 - 5,52 \\
 &= 2,317
 \end{aligned}$$

Sehingga berat masing-masing gas asap dalam Kg bahan bakar (W) adalah :

$$\begin{aligned}
 W_{CO_2} &= \frac{11}{3} \times C \\
 &= \frac{11}{3} \times 0,4789 C
 \end{aligned}$$

$$= 1,76 \text{ Kg. CO}_2 \cdot \text{bb}$$

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

$$= \frac{23}{100} \cdot x2,317$$

$$= 0,53 \text{ Kg O}_2 / \text{Kg. bb}$$

$$W_{N_2} = \frac{77}{100} \cdot x(W_a)_{act}$$

$$= 6,03 \text{ Kg N}_2 / \text{Kg. Bb}$$

$$W_{H_2O} = 9 \cdot H_2$$

$$= 9 \times 0,035$$

$$= 9 \cdot 0,035$$

$$= 0,32 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg. Bb}$$

Jumlah gas asap dalam 1 Kg bahan bakar adalah :

$$M_{ga} = W_{CO_2} + W_{O_2} + W_{N_2} + W_{H_2O}$$

$$M_{ga} = 1,76 + 0,53 + 6,03 + 0,32$$

$$= 8,62 \text{ Kg}$$

Maka persentase dari komposisi gas asap adalah :

$$CO_2 = \frac{W_{CO_2}}{M_{ga}} \cdot x100\%$$

$$= \frac{1,76}{8,63} \cdot x100\% = 20,39\%$$

$$\begin{aligned} O_2 &= \frac{WO_2}{Mga} \times 100\% \\ &= \frac{0,52}{8,63} \times 100\% = 6,03\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{WNO_2}{Mga} \times 100\% \\ &= \frac{6}{8,63} \times 100\% = 69,87\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2O &= \frac{WH_2O}{Mga} \times 100\% \\ &= \frac{0,32}{8,63} \times 100\% = 3,71\% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} (Mga)_{act} &= Mga \cdot W_f \\ (Mga)_{act} &= 8,63 \times 4910,35 \\ &= 42.28,65 \quad Kg/jam \end{aligned}$$

Dengan demikian volume gas asap dapat dihitung, dan terlebih dahulu mengetahui berat jenis dari gas tersebut :

Volume gas asap dapat di hitung sebagai berikut :

Dimana,

$$V_g = \text{Volume gas asap}$$

$$W = \text{Berat gas asap}$$

$$\gamma = \text{Berat jenis gas asap}$$

Sehingga diperoleh :

1. Volume CO₂ adalah

$$V_{CO_2} = \frac{W_{CO_2}}{\gamma_{CO_2}}$$

Dimana,

$$W_{CO_2} = 1,76 \text{ Kg CO}_2 / \text{Kg . bb}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{CO_2} &= \text{Berat jenis CO}_2 \\ &= 1,97 \end{aligned}$$

Jadi,

$$V_{CO_2} = \frac{1,76}{1,97} = 0,98 \text{ m}^3 / \text{Kg.bb}$$

2. Volume H₂O adalah

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

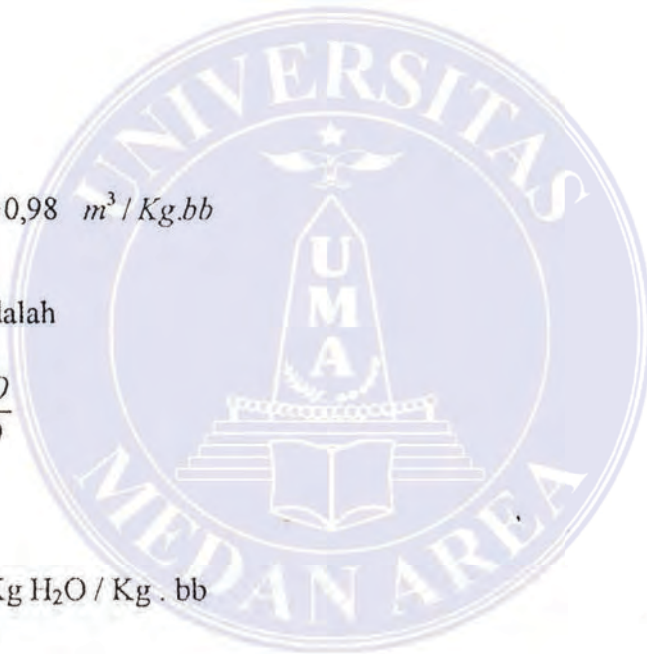
Dimana,

$$W_{H_2O} = 0,32 \text{ Kg H}_2\text{O} / \text{Kg . bb}$$

$$\gamma_{O_2} = 0,8$$

Jadi,

$$V_{H_2O} = \frac{0,32}{0,8} = 0,657 \text{ m}^3 / \text{Kg.bb}$$



3. Volume O_2 adalah :

$$VO_2 = \frac{WO}{\gamma_{O_2}}$$

Dimana,

$$WO_2 = 0,52 \text{ Kg } O_2 / \text{ Kg bb}$$

$$\gamma_{O_2} = 1,47$$

Jadi,

$$VO_2 = \frac{0,52}{1,47} = 0,35 \text{ m}^3 / \text{ Kg bb}$$

4. Volume N_2 adalah

$$VN_2 = \frac{WN_2}{\gamma_{N_2}}$$

Dimana,

$$WN_2 = 6,03 \text{ Kg } N_2 / \text{ Kg . bb}$$

$$\gamma_{N_2} = 1,26$$

Jadi :

$$VN_2 = \frac{6,03}{1,26} = 4,79 \text{ m}^3 / \text{ Kg.bb}$$

Maka volume gas asap yang terjadi :

$$V_g = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{O_2} + V_{N_2}$$

$$V_g = 0,89 + 657 + 0,35 + 4,79$$

$$= 6,687 \text{ m}^3 / \text{ Kg . bb}$$

Volume gas asap untuk pembakaran bahan bakar selama 1 jam adalah :

$$= 4.901,35 \times 6,687$$

$$= 32,7775,33 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Dari uraian di atas di hitung persentase volume gas asap yaitu :

$$1. \quad \text{CO}_2 = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V_g} \times 100\%$$

$$= \frac{0,89}{6,687} \times 100\% = 13,31\%$$

$$2. \quad \text{H}_2\text{O} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_g} \times 100\%$$

$$= \frac{0,657}{6,687} \times 100\% = 9,83\%$$

$$3. \quad \text{O}_2 = \frac{V_{\text{O}_2}}{V_g} \times 100\%$$

$$= \frac{0,35}{6,687} \times 100\% = 5,23\%$$

$$4. \quad \text{N}_2 = \frac{V_{\text{N}_2}}{V_g} \times 100\% = 71,63\%$$

3.5 Kalor Pembakaran

Kalor pembakaran adalah kalor yang dihasilkan oleh bahan bakar yang terbakar di ruang bakar (dapur ketel) yaitu :

$$Q_r = W_f \cdot LHV \cdot \eta_f \text{ (Kkal / jam)}$$

Dimana :

W_f = Pemakaian bahan bakar

$$= 4901,35 \text{ Kg} \cdot \text{bb} / \text{jam}$$

LHV = Nilai Kalor Bawah

$$= 4540,485 \text{ Kkal} / \text{Kg}$$

η_f = Efisiensi dapur ketel

$$= 0,90 - 0,97$$

$$= \text{diambil } 0,94$$

maka,

$$Q_f = 4901,35 \times 4540,485 \times 0,94$$

$$= 20.919.235,79 \text{ Kkal} / \text{jam}$$

3.7. Perlengkapan Ruang Bakar Lainnya

1. Dust Collector

Fungsi dari Dust Collector adalah untuk menangkap abu-abu halus yang dibawah oleh gas asap, sehingga gas asap yang keluar ke cerobong asap telah bersih dengan debu-debu halus.

2. Chut Feed Stocker

Saluran masuknya bahan bakar ke ruang bakar.

3. Sacing Grate

Berfungsi untuk menjatuhkan abu dari sisa pembakaran bahan bakar.

4. Casing Plate

Casing Plate dari besi Plate dipasang sebagai protektor untuk badan ketel dan dinding dapur pembakaran, serta memisahkan dari udara luar dan mencegah masuknya air hujan pada bagian dalam.



BAB VI

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan dari hasil perencanaan ini yaitu sebagai berikut :

- Jenis Ketel = Pipa air
- Kapasitas Ketel = 30 Ton TBS/jam
- Tekanan Kerja = 298,62 Psi
- Kebutuhan Bahan Bakar = 4.901,35 Kg/jam
- Jenis Bahan Bakar = Cangkang dan sabut
- Perbandingan Bahan Bakar = 1 : 3
- Nilai Kalor Bawah = 4.540,485 Kkal/jam
- Nilai Kalor Atas = 4.697,43 Kkal/Kg
- Temperatur Uap Saturasi = 212⁰ C
- Temperatur Air Umpan = 105⁰ C

RUANG BAKAR

- Panjang Ruang Bakar = 5 m
- Lebar Ruang Bakar = 3,5 m
- Tinggi Ruang Bakar = 6,72 m
- Sudut Kemiringan = 15⁰ C

JUMLAH PIPA WATER WALL

- Samping Kanan = 48 buah
- Samping Kiri = 48 buah
- Bagian Depan = 34 buah
- Jumlah Total = 130 buah

JENIS PIPA WATER WALL

- Bahan Pipa = Seamless Carbon Stell
- Diameter Nominal (Dn) = 3 in = 76,2 mm
- Diameter Luar Pipa (Do) = 3,5 in = 88,9 mm
- Diameter Dalam Pipa (Di) = 3,068 = 77,92 mm

TEBAL ISOLASI DINDING DAPUR

- Tebal Fire Brick (batu tahan api) = 9 in = 228,6 mm
- Tebal Insulating Brick (batu penyekat) = 4,5 in = 114,3 mm
- Tebal Insulating Brad (penyekat sisi) = 4,5 in = 114,3 mm
- Tebal Outher Casing (plat almunium) = 1/ 8 in = 3,75 mm

JUMLAH ISOLASI

- Jumlah Fire Brick (batu tahan api) = 5.209 buah
- Jumlah Insulating brick (batu penyekat) = 5.466 BUAH
- Jumlah Insulating Brad (glass wool) = 25 lembar
- Jumlah Outher Casing (plat almunium) = 25 lembar

DAFTAR PUSTAKA

1. Bernard G.A Skortzki, and William A Vapot, ***Power station Engineering and Economy***, Second Edition, Tata Mc. Grawhiil, 1979.
2. Charles T. Lilltton, ***Industrial Piping***, Scond Edition, Mc. Grawhill Book Company, New york.
3. Dr. Ir. Filine Harahap, MSC, ***Termodinamika Teknik***, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1993.
4. Fredick T. Morse, Ir. MEE, ***Power Plant Engineering***, Affiated East Press Pvt Ltd, New Delhi, 1974.
5. Ir. ESM Tambunan, Fajar karo-karo BE. ***Ketel Uap***, Cetakan Pertama, Penerbit karya Agung, Jakarta, 1989.
6. Ir. M. J. Djoko Situarjo, ***Ketel Uap***, PT. Pradya Paramitha, Jakarta, 1989
7. Ir. Syamsir A. Muin, ***Pesawat-pesawat Konversi Energi I***, Edisi pertama, Raja wali, Jakarta, Pebruari, 1988.
8. J. P. Holman, E. Jasifi, ***Perpindahan panas***, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta, 1993.
9. Kents, ***Mechanikal Engineering Hand Book Power***, 12th Edition, New York
Usa, 1977.