

**EFEK KEMIRINGAN LANTAI DAN TINGGI CEROBONG ASAP
TERHADAP KINERJA TUNGKU KONVENSIONAL**

(skripsi)

Oleh :

WAHYU GAUTAMA



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

EFEK KEMIRINGAN LANTAI DAN TINGGI CEROBONG ASAP TERHADAP KINERJA TUNGKU KONVENSIONAL

Oleh

WAHYU GAUTAMA

Pemakaian tungku pembakaran saat ini masih banyak digunakan oleh rumah tangga karena tungku masih dianggap memiliki efisiensi yang mendukung untuk memangkas pengeluaran biaya operasional, tetapi tungku yang digunakan masih memiliki masalah, sulitnya penyesuaian temperatur yang diinginkan dan kestabilan yang tidak dapat diatur. Rumah tangga umumnya menggunakan tungku yang memiliki dua ruang pembakaran (*combustion chamber*), pada industri kerupuk ruang pembakaran tungku kedua diupayakan memiliki temperatur yang lebih rendah dibandingkan ruang tungku pembakaran pertama, sedangkan industri tahu mengupayakan kedua ruang pembakaran memiliki temperatur yang sama namun memiliki temperatur stabil.

Dari masalah-masalah yang terjadi pada industri-industri rumahan penelitian ini mengkaji bentuk atau dimensi tungku pembakaran yang memiliki dua ruang

pembakaran dengan merubah kemiringan sudut lantai tungku dan tinggi cerobong sehingga dapat mempengaruhi arah aliran dan kecepatan aliran temperatur dalam ruang pembakaran tungku. Dimensi tungku yang digunakan berdiameter dalam pada ruang pembakaran pertama sebesar 65 cm dan ruang pembakaran kedua sebesar 45 cm, sudut kemiringan lantai yang digunakan adalah 15° , 20° dan 25° sedangkan pada ketinggian cerobong asap setinggi 70 cm, 120 cm dan 170 cm.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa semakin tinggi sudut kemiringan lantai tidak selalu menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, nilai tertinggi efisiensi rata-rata tungku terhadap sudut kemiringan lantai sebesar 31,47 % pada pengoprasian sudut kemiringan lantai tungku 25° , disusul dengan nilai efisiensi rata-rata 29,94 % pada pengoprasian kemiringan sudut lantai 15° dan kemiringan sudut lantai 20° dengan nilai efisiensi rata-rata 28,41 %. Dari hasil pengujian efisiensi rata-rata terhadap ketinggian cerobong didapatkan nilai efisiensi rata-rata tertinggi adalah 32,81 % pada ketinggian cerobong 170 cm, disusul dengan nilai efisiensi rata-rata 28,69 % pada ketinggian cerobong 120 cm dan ketinggian cerobong 70 cm memiliki nilai efisiensi rata-rata 28,32 %.

Kata kunci : Tungku pembakaran, sudut lantai tungku, efisiensi tungku.

**EFEK KEMIRINGAN LANTAI DAN TINGGI CEROBONG ASAP
TERHADAP KINERJA TUNGKU KONVENSIONAL**

Oleh :

WAHYU GAUTAMA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2018

Judul Skripsi : **EFEK KEMIRINGAN LANTAI DAN TINGGI CEROBONG ASAP TERHADAP KINERJA TUNGKU KONVENSIONAL**

Nama Mahasiswa : **Wahyu Gautama**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021071

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

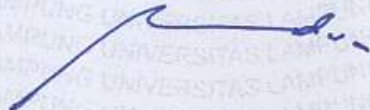


Ir. Herry Wardono, M.Sc.
NIP 19660822 199512 1 001



Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T.
NIP 19721211 199803 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

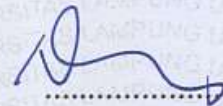


Ahmad Suudi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Herry Wardono, M.Sc.



Anggota Penguji : Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T.



Penguji Utama : Indra Mamad Gandidi, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 April 2018

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL
PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN
AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN
REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



WAHYU GAUTAMA
NPM: 1115021071

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 23 Desember 1991 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, yang mempunyai satu adik laki-laki dan satu adik wanita yaitu Dicky Nugroho dan Indri Regita Safitri dari pasangan Muntholib dan Tri Sunarni.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar negeri 1 sukarama pada tahun 2004, Pendidikan sekolah menengah pertama negeri 29 bandar lampung pada tahun 2007, dan pendidikan sekolah menengah atas kejuruan negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2010. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2011.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Kepala Divisi Otomotif pada periode 2013-2014, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) sebagai Kepala Biro Kesekretariatan pada periode 2014-2015. Penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Dirgantara Indonesia pada tahun 2014. Penulis melakukan penelitian sejak bulan agustus 2017 dan mengambil judul “Efek Kemiringan Lantai Dan Tinggi Cerobong Asap Terhadap

Kinerja Tungku Konvensional” di bawah bimbingan bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc. selaku pembimbing utama dan bapak Dr. Moh.Badaruddin, S.T., M.T. selaku pembimbing pendamping.

Bandar Lampung, April 2018

Penulis

Wahyu Gautama

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil' alamin, puji dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat dan kuasa-Nya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini aku persembahkan kepada orang-orang yang aku sayangi.

Untuk Bapak dan Ibu atas segala pengorbanan, rasa sabar do'a, kasih sayang dan didikan yang telah kalian berikan kepada anakmu ini, sehingga dapat tumbuh menjadi manusia yang lebih dewasa.

Tidak lupa juga kepada seluruh rekan-rekan dan sahabat, khususnya rekan-rekan angkatan 2011 UNJLA dan angkatan otomotif 2007 SMKN 2 Bandar Lampung atas kebersamaan, canda, tawa, duka, yang selama ini kita rasakan bersama.

MOTTO

*Sesungguhnya Allah SWT tidak mengubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka
mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.*

(Ar-ra'd.11)

Kejujuran adalah bab pertama dalam buku kebijaksanaan

(Thomas Jefferson)

SANWACANA

Segala puji dan syukur hanya milik ALLAH Yang Maha Esa dengan rahmat dan pertolongan-Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada junjungan besar nabi Muhammad SAW, kepada sahabatnya, serta para pengikutnya selalu istiqomah diatas kebenaran agama ISLAM hingga hari ajal menjemput.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moral maupun material dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Drs. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Ir. Herry Wardono, S.T., M.Sc., selaku pembimbing utama tugas akhir, atas banyak waktu, ide, dan perhatian yang telah diberikan untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Dr. Moh. Badaruddin, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya bagi penulis.
6. Indra Mamad Gandidi, S.T., M.T., selaku pembahas tugas akhir ini, yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
8. Kedua Orang Tuaku, serta saudara-saudariku seluruh rekan-rekan Teknik Mesin.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, Maret 2018

Penulis

Wahyu Gautama

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	x
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	6
C. Batasan Masalah	6
D. Sistematika Laporan Penulisan	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Biomasa	8
B. Spesifikasi Kayu	9
C. Bahan Bakar Tungku	10

1. Warna kayu	10
2. Densitas	10
D. Pembakaran	11
E. Kebutuhan Udara Untuk Pembakaran	12
F. Kalor	13
1. Konduksi	13
2. Konveksi	14
3. Radiasi	15
G. Persamaan-Persamaan Untuk Aliran	16
1. Persamaan Kontinuitas	16
2. Bilangan Reynold	16
H. Persamaan Efisiensi Thermal	16
1. Energi pembakaran bahan bakar $Q_{in\ BB}$	17
2. Rugi-rugi kalor yang terbawa oleh gas buang $Q_{lose\ g}$	17
3. Rugi-rugi kalor karena kandungan air dalam bahan bakar $Q_{lose\ mf}$.	17
4. Rugi-rugi kalor karena adanya pembakaran hidrogen $Q_{lose\ h}$	18
5. Rugi-rugi karena adanya uap air dalam proses pembakaran $Q_{lose\ a}$	18
6. Efisiensi tungku atau bahan bakar	18
I. Bata Tahan Api	19
J. Semen Tahan Api	19
K. <i>Sodium Silicate</i>	21
L. Serat Keramik Selimut	22
M. Semen	23

N. Batu Bata Merah	24
O. Jenis-Jenis Tungku	25
1. Tungku Kayu Bakar	25
2. Tungku Bahan Bakar Arang	26
3. Tungku Bahan Bakar Kayu Dua Tobong	26
4. Tungku Bahan Bakar Kayu Bertingkat	27
5. Tungku Hemat Energi	27

III. METODOLOGI

A. Alat Dan Bahan	29
1. Kayu Pohon Karet	29
2. Air	29
3. Wajan Atau Kualii	30
4. Tungku Tiga Variasi Kemiringan Sudut Lantai	30
5. Termokopel	31
6. Gelas Ukur	32
7. Timbangan	32
8. Termometer	32
9. <i>Stopwatch</i>	33
B. Prosedur Pembuatan Tungku	33
1. Studi Literatur	33
2. Survei Pengaplikasian Tungku	33
3. Membuat Desain Tungku	34

4. Pembuatan Tungku	34
5. Pengujian Tungku	34
6. Analisa Data	34
C. Proses Pembuatan Tungku	34
1. Pembuatan Desain Dan Simulasi Aliran Kalor	34
2. Menentukan Tempat Pembuatan Tungku	35
3. Pembuatan Pondasi Tungku	35
4. Pembuatan Sketsa	35
5. Pembuatan Dinding Dalam	35
6. Pelapisan Dinding Dalam	36
7. Pembuatan Dinding Luar	36
8. Pembuatan Dudukan Wajan	36
D. Prosedur Pengambilan Data	37
E. Analisa Data	40
F. Diagram Alir	41

IV. PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian	42
1. Variasi Kemiringan Sudut Lantai Tungku Terhadap Temperatur Ruangan	43
2. Variasi Ketinggian Cerobong Terhadap Temperatur Ruangan	45
3. Variasi Kemiringan Sudut Lantai Tungku Terhadap Laju Pemanasan Air Wajan	46

4. Variasi Ketinggian Cerobong Terhadap Laju Pemanasan Air Wajan	48
5. Efisiensi Tungku Pembakaran	50
B. Pembahasan	53

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan	55
B. Saran	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai konduktivitas termal pada zat-zat	14
Tabel 2. Spesifikasi semen tahan api	20
Tabel 3. Variabel yang digunakan dalam pengujian	36
Tabel 4. Pengambilan data berbahan bakar kayu karet	37
Tabel 5. Data temperatur ruangan hasil pengujian.....	42
Tabel 6. Data laju pemanasan air yang telah dirata-ratakan terhadap kemiringan sudut lantai tungku	45
Tabel 7. Data laju pemanasan air yang telah dirata-ratakan terhadap ketinggian cerobong (<i>exhaust</i>)	47
Tabel 8. Data penelitian efisiensi tungku dengan variasi kemiringan sudut lantai tungku dan ketinggian cerobong	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Persamaan desain tungku dengan teori efek venturi	5
Gambar 2. Batang kayu karet	10
Gambar 3. Perpindahan panas konduksi pada dinding	13
Gambar 4. Perpindahan panas konveksi	14
Gambar 5. Perpindahan panas radiasi	14
Gambar 6. Skema kalor pembakaran pada tungku	16
Gambar 7. Bata Tahan Api	18
Gambar 8. Semen tahan api	19
Gambar 9. <i>Sodium Silicate</i>	21
Gambar 10. Serat keramik selimut	22
Gambar 11. Bentuk dari semen bangunan	23
Gambar 12. Batu Bata Merah	24

Gambar 13. Tungku kayu bakar satu tobong	24
Gambar 14. Tungku bahan bakar arang	25
Gambar 15. Tungku kayu bakar dua tobong	25
Gambar 16. Tungku kayu bakar bertingkat	26
Gambar 17. Tungku hemat energi	26
Gambar 18. Batang kayu pohon karet	28
Gambar 19. Wajan atau kualii	29
Gambar 20. Desain tungku dengan kemiringn lantai 15°	29
Gambar 21. Desain tungku dengan kemiringan lantai 20°	30
Gambar 22. Desain tungku dengan kemiringan lantai 25°	30
Gambar 23. Termokopel	30
Gambar 24. Gelas ukur	31
Gambar 25. Timbangan	31
Gambar 26. Termometer	31
Gambar 27. Stopwatch	32
Gambar 28. Diagram alir metode penelitian	40

Gambar 29. Temperatur ruangan tungku dan kenalpot terhadap kemiringan sudut tungku	43
Gambar 30. Temperatur ruangan tungku dan kenalpot terhadap ketinggian cerobong (exhause)	44
Gambar 31. Laju pemanasan air terhadap kemiringan sudut lantai tungku	46
Gambar 32. Laju pemanasan air terhadap ketinggian cerobong (<i>exhause</i>)	47
Gambar 33. Nilai rata-rata efisiensi menurut kemiringan sudut lantai tungku	49
Gambar 34. Efisiensi rata-rata menurut ketinggian cerobong (<i>exhause</i>)	51

DAFTAR NOTASI

Simbol

q	= Laju perpindahan kalor (watt)
K	= Konduktivitas termal (J/ms.K)
A	= Luas permukaan (m^2)
ΔT	= Beda temperatur suhu (K)
ΔX	= Panjang aliran (m)
h	= Koefisien perpindahan kalor ($W/m^2.K$)
T_0	= Temperatur awal (K)
T	= Temperatur akhir (K)
	= Efisiensi bahan bakar (%)
F_{cr}	= Laju bahan bakar (%)
H_{vf}	= Energi yang terkandung dalam bahan bakar (kJ/kg)
	= Massa jenis (kg/m^3)
V	= Volume (m^3)
m	= Massa (kg)
v	= Kecepatan aliran fluida (m/s)
d	= Diameter dalam (m)

μ	= Viskositas dinamik fluida (Pa.s)
P	= Daya Radiasi/Energi Radiasi setiap Waktu (watt)
t	= Waktu (s)
e	= Emisivitas bahan
σ	= Konstanta stefan boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$)
$Q_{in.BB}$	= Energi pembakaran bahan bakar (kW)
LHV	= Nilai hasil pembakaran terendah (kJ/kg)
HHV	= Nilai hasil pembakaran tertinggi (kJ/kg)
m_{gb}	= Laju alir massa gas buang (kg/s)
$c_{p\ gb}$	= Koefisien kalor jenis gas buang (kJ/kg.K)
T_{gb}	= Temperatur gas buang (K)
T_a	= Temperatur lingkungan atau awal (K)
$m_{moisture}$	= Massa moisture bahan bakar (kg/s)
h_{vap}	= Entalpi uap panas lanjut (kJ/kg)
h_{liq}	= Entalpi air jenuh (kJ/kg)
m_H	= Massa hidrogen (kg/s)
m_a	= Massa udara (kg/s)
	= Rasio kelembaban

$c_{p \text{ vap}}$ = Koefisien kalor jenis uap air (kJ/kg.K)

m_c = Massa carbon tidak terbakar (kg/s)

HV_C = Nilai kalor karbon (kJ/kg)

m_{air} = Massa air mula mula (kg)

$C_{p_{\text{air}}}$ = Kalor jenis (kJ/kg.°C)

m_{uap} = Massa uap total (kg)

h_{fg} = Kalor laten penguapan air (kJ/kg)

m_{bb} = Massa bahan bakar (kg)

W_e = Laju penguapan air (kg/s)

= Laju massa air pendidihan (kg/s)

WF = Laju massa bahan bakar (kg/s)

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumber energi pada dasarnya yang digunakan untuk bahan bakar dibedakan menjadi dua, diantaranya energi dapat diperbaharui dan tidak dapat diperbaharui, bahan bakar tidak dapat diperbaharui sampai saat ini masih banyak digunakan pada sektor industri, transportasi dan kebutuhan rumah tangga karena penggunaannya yang praktis dan mudah, tetapi ketersediaan bahan bakar fosil semakin lama berkurang persediaannya, sehingga mengakibatkan kenaikan harga dan berdampak pengurangan pendapatan pada industri, dan bahan bakar biomassa adalah solusi yang terbaik (Nur Arifin, 2014). Masyarakat Indonesia terutama pada pedesaan banyak sekali ditemukan industri - industri kecil seperti industri tahu, tempe, kerupuk dan masih banyak lagi industri - industri kecil yang lainnya, industri tersebut masih banyak menggunakan tungku sederhana dalam proses memasaknya. Tungku yang dibuat tanpa ada teori atau metode tertentu hanya melihat tungku – tungku yang sebelumnya pernah dibuat oleh orang – orang terdahulu (sumarwan dkk, 2013). Tungku masak yang masih sederhana ini memiliki pembakaran yang kurang stabil dan api kurang terpusat pada bejana air sehingga proses memasak kurang maksimal.

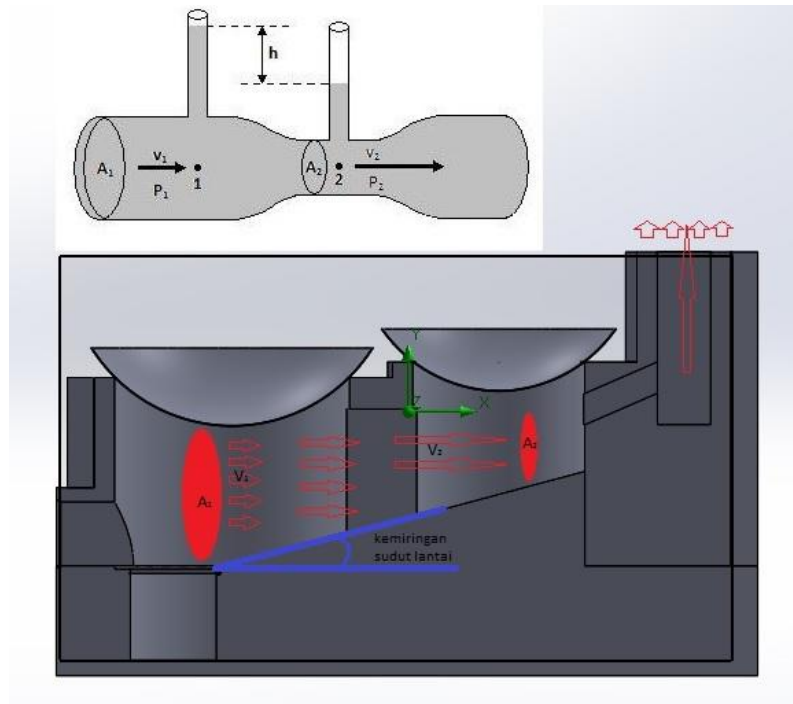
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kerugian kalor yang terdapat pada tungku yaitu disebabkan oleh kalor terbawa gas buang, pembakaran tidak sempurna, kalor terbuang melalui dinding, bahan bakar tidak terbakar habis dan masih banyak lagi faktor yang terjadi. Penyebab kerugian kalor ini karena adanya desain tungku yang kurang dikembangkan berdasarkan ilmu pengetahuan, beberapa desain tungku yang dapat dikembangkan yaitu penyesuaian diameter ruangan tungku dan ketinggian tungku, diameter ruangan tungku menyebabkan perbedaan luas penampang dari wajan untuk menerima konduktifitas kalor yang dihasilkan pembakaran, sedangkan ketinggian tungku dapat berakibat melambatnya perpindahan kalor karena memanjangnya jalur perambatan kalor terhadap penampang wajan. Berdasarkan penelitian yang sudah ada dengan variasi ketinggian cerobong 100 cm, 200 cm dan 300 cm didapatkan hasil waktu pendidihan air yang tercepat yaitu pada ketinggian 300 cm yaitu dengan waktu 130 menit, hal ini dikarenakan ketinggian cerobong (*exhaust*) memiliki pengaruh terhadap kinerja tungku yaitu terjadi karena perbedaan tekanan udara pada cerobong semakin tinggi cerobong maka tekanan udara luar semakin rendah sehingga tarikan cerobong semakin tinggi dan sirkulasi energi kalor semakin cepat, sedangkan kerugian kalor juga semakin tinggi karena ikut terbuang oleh sirkulasi udara melewati cerobong (Darmawan, 2013). Masih banyak lagi faktor – faktor yang mempengaruhi kinerja dari tungku masak ini tetapi merubah desain dari tungku memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing, sehingga butuh penelitian yang bertahap untuk mengoptimalkan kinerja tungku.

Pengoptimalan tungku masak dapat juga dikembangkan dengan mengganti material atau bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan tungku, sudah kita

ketahui dalam pembuatan tungku terdahulu masih banyak menggunakan bahan tanah liat. Perkembangan ilmu material mengalami kemajuan yang sangat pesat, dari hal ini kita harus bisa memanfaatkan dengan baik, maka penelitian ini tidak hanya merancang ulang tungku tetapi juga akan memanfaatkan material yang dianggap dapat mengoptimalkan kinerja dari tungku masak. Dalam pembuatan tungku menggunakan bata api refraktori, bata api refraktori memiliki kelebihan sebagai penyimpan atau penghambat kalor terbuang melalui dinding tungku, bata api refraktori memiliki beberapa jenis yang bergantung pada kegunaannya masing-masing menurut ketahanan terhadap temperatur tinggi. Bata tahan api refraktori ini memiliki beberapa jenis yang diantaranya adalah bata tahan api refraktori SK-30 tahan suhu tinggi hingga 1150 °C, SK-32 tahan suhu tinggi hingga 1250 °C, SK-33 tahan suhu tinggi hingga 1350 °C, SK-34 tahan suhu tinggi hingga 1400 °C, SK-35 tahan suhu tinggi hingga 1450 °C, SK-36 tahan suhu tinggi hingga 1500 °C, SK-37 tahan suhu tinggi hingga 1550 °C dan SK-38 tahan suhu tinggi hingga 1600 °C. Bata api refraktori yang cocok pada pembuatan tungku pembakaran skala industri rumahan adalah jenis SK-32 yang memiliki temperatur kerja maximum 1150 °C, selain dari bata api refraktori akan lebih baik dinding tungku perlu dilapisi dengan isolator seperti halnya jenis rockwool atau firewool agar panas pada ruang tungku pembakaran benar-benar tidak bisa keluar melalui dinding, rockwool atau firewool ini adalah bahan material yang terbuat dari serat keramik sehingga dapat menahan temperatur yang tinggi dan nilai konduktivitas rendah.

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan tungku kini memiliki beberapa chamber disini maksud dari chamber merupakan ruangan tungku yang memisahkan lubang

dudukan pada wajan atau panci yang sebagai alat penghantar panas dihasilkan oleh bahan bakar terhadap bahan yang akan dipanaskan, tetapi pada kenyataan tungku yang mempunyai beberapa chamber, memiliki masalah pendistribusian panas pembakaran yang tidak merata yaitu pada chamber pertama terhadap chamber kedua memiliki selisih suhu yang cukup besar yaitu mencapai 200 °C, data tersebut didapatkan pada pengujian tungku industri rumakan kerupuk lempit di Kab. Pringsewu, Sehingga permasalahan pemerataan distribusi panas yang akan dibahas pada laporan studi tugas akhir kali ini. Untuk studi kali ini akan diberikan beberapa variasi sudut kemiringan pada lantai tungku, karena hal ini dapat menimbulkan beberapa pengaruh terhadap arah aliran panas dan perubahan kecepatan aliran panas yang dihasilkan oleh bahan bakar dan udara. Perubahan pada kecepatan aliran diakibatkan dari teori hukum bernoulli yaitu pada efek venturi, dimana “penurunan tekanan fluida yang terjadi ketika fluida tersebut bergerak melalui saluran menyempit, Kecepatan fluida dipaksa meningkat untuk mempertahankan debit fluida yang sedang bergerak tersebut, sementara tekanan pada bagian sempit ini harus turun akibat pemindahan energi potensial tekanan menjadi energi kinetic ” (Mc, Donald hal 390). Percepatan aliran fluida akibat efek venturi berpengaruh pada naiknya nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi pada tungku, yang mana diharapkan mampu mempengaruhi efisiensi tungku dalam mempercepat pendistribusian panas pada ruang pembakaran *chamber* ke 2 atau ruangan yang berdekatan pada cerobong tungku. Kemiringan lantai tidak hanya mempengaruhi besar volume ruang bakar *chamber* namun dapat menimbulkan perubahan arah aliran panas dari bahan bakar.



Gambar 1. Persamaan desain tungku dengan teori efek venturi.

Pada pengujian kali ini menggunakan kemiringan lantai pada tungku. Selain dari kemiringan lantai, pada pengujian kali ini diberikan tiga variasi ketinggian cerobong, dimana penyempitan hasil dari kemiringan lantai yang mempengaruhi aliran keluaranya gas, dapat berbalik ke pemasukan udara pembakaran atau berbalik dan terbuangnya kalor ke udara bebas. Sehingga peneliti akan memberikan variasi ketinggian cerobong yang mana diharapkan akan mempengaruhi tekanan udara pada cerobong. Dalam pengambilan data penulis menggunakan bahan bakar kayu karet dengan 3,5 kg setiap pemasukan bahan bakar sampai suhu air mencapai ketentuan, data yang akan diambil berupa lama waktu pemanasan hingga air mencapai suhu maksimal, nilai suhu maksimal diambil dengan alasan menghindari jumlah laten penguapan air pada suhu didih maksimal setelah suhu mencapai yang diinginkan maka sisa bahan bakar juga

akan ditimbang kembali agar dapat kita ketahui jumlah konsumsi bahan bakar yang terjadi.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh variasi kemiringan lantai tungku terhadap temperatur pada *chamber* pembakaran 1 dan 2.
2. Menghitung efisiensi thermal pada tungku.
3. Mengetahui waktu rata-rata didih air menggunakan kayu pohon karet.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar yang digunakan merupakan kayu pohon karet.
2. Variasi kemiringan sudut yang digunakan yaitu 15° , 20° dan 25° .
3. Variasi ketinggian cerobong yang digunakan yaitu 70 cm 120 cm dan 170 cm.
4. Kondisi temperatur lingkungan dianggap setabil.
5. Kelembaman bahan bakar dan udara dianggap konstant.

D. Sistematika Laporan Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memuat teori mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, dan prosedur penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan data-data yang diperlukan untuk melakukan uraian terhadap hasil pengujian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari data hasil pengujian yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

Pada kolom ini berisikan literatur-literatur atau referensi-referensi yang diperoleh penulis untuk menunjang penyusunan penelitian ini.

LAMPIRAN

Beisikan perlengkapan dan beberapa hal yang mendukung penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintetik, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk tujuan primer serat, bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Yang digunakan adalah bahan bakar biomassa yang nilai ekonomisnya rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya. Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (renewable resources), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widarto dan Suryanta, 1995).

B. Spesifikasi Kayu.

Batang kayu merupakan contoh aplikasi biomassa untuk energi yang pertama kali dikenal. Pembakaran kayu untuk penerangan dan penghangat telah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Menurut Departemen Kehutanan Republik Indonesia (2007), penggunaan kayu untuk suatu tujuan pemakaian tertentu tergantung dari sifat-sifat kayu yang bersangkutan dan persyaratan teknis yang diperlukan. Salah satu jenis kayu yang mempunyai persyaratan untuk tujuan pemakaian sebagai bahan bakar harus mempunyai berat jenis yang tinggi.

Umumnya kayu bakar yang baik adalah kayu-kayu yang mempunyai berat jenis yang besar. Balai Penelitian Kehutanan Bogor dalam Sumardjani, 2007 telah menetapkan kelas kayu bakar yang didasarkan pada berat jenis kayu yaitu:

1. Kelas I (luar biasa) Berat Jenis 900 kg/m³ keatas.
2. Kelas II (baik sekali) Berat Jenis 750 – 950 kg/m³.
3. Kelas III (baik) Berat Jenis 600 – 750 kg/m³.
4. Kelas IV (sederhana) Berat Jenis 450 – 600 kg/m³.
5. Kelas V (buruk) Berat Jenis kurang dari 450 kg/m³.

Saat uji coba di Amerika, total emisi karbon yang mampu dikurangi dengan Penggunaan bio-fuel dari kayu (biomasa hutan) mencapai 22,8% sampai 80,7%. Penggunaan bio-fuel dari kayu (biomasa hutan) juga meminimalisasi potensi kebakaran hutan, yang berarti mendukung pencapaian manajemen hutan lestari, sekaligus menjadi opsi menarik ketersediaan listrik murah di

pedesaan. Sekitar 500 pembangkit listrik di Amerika, pada tahun 2002, telah menggunakan kayu dan limbah kayu. Rata-rata kapasitas energinya mencapai 20 MW.

C. Bahan Bakar Tungku

Tungku merupakan alat yang bertujuan sebagai letak sebuah proses pembakaran, bahan bakar tungku biasanya adalah bahan bakar biomasa yaitu sebagai berikut :

Kayu karet Oleh dunia internasional disebut Rubber wood pada awalnya hanya tumbuh di daerah Amzon, Brazil. Kemudian pada akhir abad 18 mulai dilakukan penanaman di daerah India namun tidak berhasil. Lalu dibawa hingga ke Singapura dan negara-negara Asia Tenggara lainnya termasuk tanah Jawa.

1. Warna kayu

Kayu karet berwarna putih kekuningan, sedikit krem ketika baru saja dibelah atau dipotong. Ketika sudah mulai mengering akan berubah sedikit kecoklatan. Tidak terdapat perbedaan warna yang menyolok pada kayu gubal dengan kayu teras. Bisa dikatakan hampir tidak terdapat kayu teras pada rubberwood.

2. Densitas

Kayu karet tergolong kayu lunak - keras, tapi lumayan berat dengan densitas antara 435-625 kg/m³ dalam level kekeringan kayu 12%. Kayu Karet termasuk kelas kuat II, dan kelas awet III, sehingga kayu karet

dapat digunakan sebagai substitusi alternatif kayu alam untuk bahan konstruksi.



Gambar 2. Batang kayu karet.

Ukuran dari kayu karet yang akan digunakan diseragamkan dengan panjang 40 cm dan diameter ± 4 cm, hal ini dimaksudkan agar kecepatan proses pembakaran dapat seragam dan tidak memperbesar eror dalam pengambilan data mengenai efisiensi tungku yang diuji.

D. Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup, Oksigen (O_2) merupakan salah satu elemen bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20.9% dari udara. Hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen lainnya.

Nitrogen dianggap sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran. Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang. Nitrogen juga mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas, juga meningkatkan volum hasil samping pembakaran, yang juga harus dialirkan

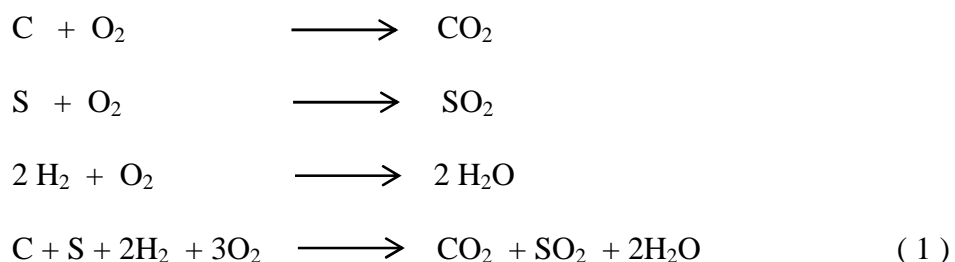
melalui alat penukar panas sampai ke cerobong. Nitrogen ini juga dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun.

Karbon, hidrogen dan sulfur dalam bahan bakar bercampur dengan oksigen di udara membentuk karbon dioksida, uap air dan sulfur dioksida, melepaskan panas masing-masing 8.084 kkal, 28.922 kkal dan 2.224 kkal. Pada kondisi tertentu, karbon juga dapat bergabung dengan oksigen membentuk karbon monoksida, dengan melepaskan sejumlah kecil panas (2.430 kkal/kg karbon). Karbon terbakar yang membentuk CO₂ akan menghasilkan lebih banyak panas per satuan bahan bakar daripada bila menghasilkan CO atau asap.

E. Kebutuhan Udara Untuk Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi oksidasi, sehingga supaya proses pembakaran dapat berlangsung (terjadi reaksi) dibutuhkan udara sebagai sumber oksigen. Udara diperlukan sebagai pengatur temperatur selama pembakaran dan untuk menciptakan turbulensi di dalam ruang bakar. Jumlah udara total yang dibutuhkan untuk proses pembakaran.

Adapun reaksi oksidasi dinyatakan melalui persamaan.



Dengan mengetahui jumlah massa atau volume oksigen yang diperlukan dalam proses pembakaran dapat dihitung jumlah massa atau volume udara yang dibutuhkan.

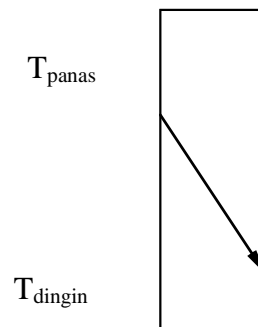
F. Kalor

Kalor didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat atau benda. Secara alami kalor berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Besar kecilnya kalor benda tergantung dari tiga faktor, yaitu massa zat, jenis zat, dan perubahan suhu. Pada perpindahan panas memiliki tiga jenis cara panas untuk berpindah yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

1. Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan energi panas yang terjadi di dalam media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih energetik ke partikel yang kurang energetik pada benda akibat interaksi antar partikel-partikel. Persamaan untuk menghitung laju konduksi dikenal dengan Hukum Fourier.

$$q = - KA \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (2)$$



Gambar 3. Perpindahan panas konduksi pada dinding (J.P. Holman,hal: 33).

Setiap zat memiliki konduktivitas termal yang berbeda-beda.

Konduktivitas termal beberapa zat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Nilai konduktivitas termal pada zat-zat.

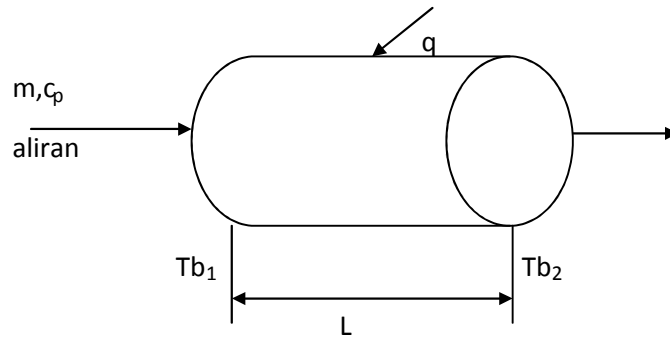
Nama Zat	Konduktivitas Termal (W/m°C)
Udara	0,024
Hidrogen	0,14
Oksigen	0,023
Bata Merah	0,6
Beton	0,8
Kaca	0,8
Es	1,6
Batu	0,04
Kayu	0,12-0,14
Tembaga	385
Baja	50,2
Aluminium	205

2. Konveksi

Konveksi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan benda padat dan fluida yang mengalir akibat adanya perbedaan temperatur. Persamaan untuk menghitung laju perpindahan

panas konveksi dikenal dengan hukum pendinginan Newton (Newton's law of cooling).

$$q = hA(T_0 - T) \quad (3)$$



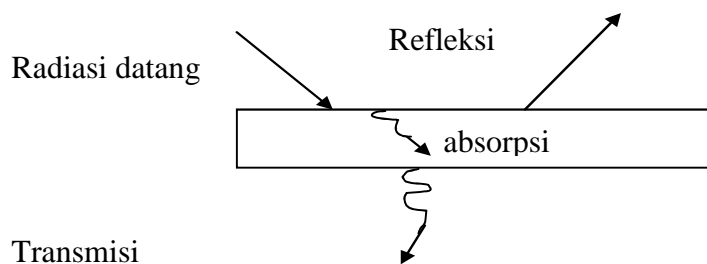
Gambar 4. Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman, hal.: 252).

3. Radiasi

Perpindahan panas Radiasi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi secara pancaran gelombang elektromagnetik dari suatu permukaan benda. Laju perpindahan panas radiasi dikenal dengan hukum netto.

Besarnya energi radiasi benda hitam tergantung pula pada tingkat derajat suhunya. Seperti yang terlihat dari rumus energi radiasi berikut:

$$P = \frac{Q}{t} = e\sigma AT^4 \quad (4)$$



Gambar 5. Perpindahan panas radiasi (J.P.Holman, hal: 343).

G. Persamaan-Persamaan Untuk Aliran

Untuk aliran fluida adapun beberapa persamaan-persamaan yang digunakan yaitu :

Persamaan Kontinuitas, Persamaan Energi, Persamaan Momentum dan Persamaan Bernoulli.

1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas digunakan untuk menyeimbangkan kapasitas aliran dan volume untuk sebuah jaringan distribusi. Dengan asumsi fluida merupakan fluida inkompresibel dengan massa jenis (ρ) konstan

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \quad (5)$$

2. Bilangan Reynold (Re)

Dapat dihitung dengan persamaan:

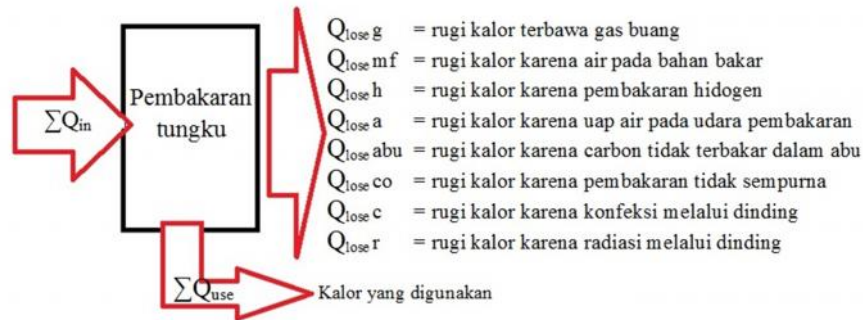
$$Re = \frac{\rho d v}{\mu} \quad (6)$$

H. Persamaan Efisiensi Thermal

Nilai kalor bahan bakar biomassa didefinisikan sebagai energi panas yang dilepaskan pada saat oksidasi unsur-unsur kimia yang terdapat pada bahan bakar. Panas pembakaran dari suatu bahan bakar adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan. Panas pembakaran dari bahan bakar dapat dinyatakan dalam Higher Heating Value (HHV) dan Lower Heating Value (LHV). HHV adalah nilai panas

pembakaran dari bahan bakar yang di dalamnya masih termasuk panas latent dari uap air hasil pembakaran.

Kesetimbangan energi dalam proses pembakaran tungku dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 6. Skema kalor pembakaran pada tungku.

1. Energi pembakaran bahan bakar $Q_{in\ BB}$ dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{in\ BB} = m_{BB} \cdot HV_{BB} \quad (7)$$

2. Rugi-rugi kalor yang terbawa oleh gas buang $Q_{lose\ g}$ dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{lose\ g} = m_{gb} \cdot c_{p\ bg} (T_{gb} - T_a) \quad (8)$$

3. Rugi-rugi kalor karena kandungan air dalam bahan bakar $Q_{lose\ mf}$ dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{lose\ mf} = m_{moisture} (h_{vap} - h_{liq}) \quad (9)$$

4. Rugi-rugi kalor karena adanya pembakaran hidrogen $Q_{\text{lose h}}$ dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{lose h}} = 8,936 m_H (h_{\text{uap}} - h_{\text{liq}}) \quad (10)$$

5. Rugi-rugi karena adanya uap air dalam proses pembakaran $Q_{\text{lose a}}$ dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{lose a}} = m_a \cdot c_{p \text{ vap}} (T_{\text{gb}} - T_a) \quad (11)$$

6. Efisiensi tungku atau bahan bakar merupakan nilai kalor yang terpakai dalam proses pembakaran, efisiensi tungku dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

Panas sensibel (SH)

$$SH = m \times C_p \times T$$

Panas laten (LH)

$$LH = m \times H_{fg}$$

Mencari energi panas (Q_{in})

$$Q_{in} = LHV \times WF$$

Efisiensi tungku (TE)

$$TE = \frac{(SH + LH)}{Q_{in}} \quad (12)$$

(Sumarsono, M. 2009).

I. Bata Tahan Api

Batu Tahan Api, atau Bata Tahan Api adalah material yang terbuat dari mineral lempung alam, termasuk kaolin dan shale, untuk membentuk tubuh dari bata tahan api. Dalam jumlah kecil mangan, bauksit, dan aditif lainnya dicampur dengan tanah liat untuk menghasilkan nuansa yang berbeda, dan barium karbonat digunakan untuk meningkatkan ketahanan kimia bata.

Fungsi dari bata tahan api ini adalah sebagai peredam panas sekaligus meratakan panas pada furnace. Dan kegunaannya sebagai sarana pelapisan awal pembuatan oven, first lining yang bersentuhan langsung dengan api atau leburan material.



Gambar 7. Bata Tahan Api

J. Semen Tahan Api

Semen tahan api adalah suatu bahan atau material yang bisa mempertahankan kekuatannya pada suhu tinggi, ASTM C71 mendefinisikan

refraktori sebagai bahan non logam, yang memiliki property - properti kimia dan fisik yang membuatnya tahan pada kondisi diatas 1.000 °F (811 K, 538 °C), semen tahan api yang digunakan dalam lapisan untuk tungku, kiln, incenerator dan reaktor, dan juga digunakan untuk membuat cawan lebur dan sebagainya, semen tahan api (Refractory) tahan terhadap perlakuan kimia dan fisik stabil pada suhu tinggi, semen refraktori juga tahan terhadap kejutan thermal secara kimia dan memiliki rentang tertentu konduktivitas termal dan koefisien ekspansi termal, oksida alumunium (alumina), silikon (silika) dan magnesium adalah bahan yang paling penting yang digunakan dalam semen tahan api. (Kurniansyah,2015).



Gambar 8. Semen tahan api.

Tabel 2. Spesifikasi semen tahan api.

NO	SPESIFICATION	SK-30	SK-32	SK-34	SK-36	SK-38
1	Temperatur kerja maksimum (°C)	1050	1150	1300	1500	1650

2	Material Required (kg/1000 pcs Fire Brick)	200- 260	200- 260	200- 270	225- 270	225- 270
3	Chemical Composition (komposisi kimia) (%) AL_2O_3	>25	>30	>40	>50	>60
4	Aplication (pengaplikasian)	LAYING / JOINTING FIRE BRICKS TN/SK-30 TN/SK-32 TN/SK-34 TN/SK-36 TN/SK-38				

K. Sodium Silicate

Sodium Silicate atau natrium metasilica (Na_2SiO_3) merupakan salah satu senyawa turunan silika yang terbilang cukup melimpah di Indonesia. Bahan baku pembuatan *sodium silicate* pada umumnya menggunakan pasir kuarsa. Saat ini sudah mulai berkembang pembuatan *sodium silicate* melalui abu *Bagasse* yang merupakan sisa hasil pembakaran batang tebu ataupun limbah *geothermal* yang umumnya diambil dari dari pegunungan berapi seperti pegunungan Dieng di Jawa Tengah. Sifat silika cukup unik, Umumnya silika digunakan untuk proses *coating* atau pelapisan pada substrat-substrat material tertentu. Sifat silika pada permukaan logam adalah daya *adhesi* yang kuat, properti penahan yang baik sehingga memungkinkan untuk

menahan *difusi* uap air, ion-ion maupun oksigen ke permukaan logam sehingga dapat melindungi logam dari korosi. Selain itu silika juga memiliki ketahanan terhadap suhu dan zat-zat kimia yang cukup. (Lea,1940).



Gambar 9. *Sodium Silicate*

L. Serat Keramik Selimut

Dibuat dari bahan tahan api serat keramik dan memberikan solusi yang efektif untuk spektrum yang luas dari masalah manajemen termal. Memanfaatkan output tinggi kami berpemilik meniup dan berputar teknik produk ini menawarkan kinerja isolasi yang unggul, fleksibilitas dan ketahanan. Keramik serat produk selimut tidak terpengaruh oleh kebanyakan bahan kimia (kecuali fluorida & fosfat asam dan alkali terkonsentrasi). Termal dan sifat fisik dipertahankan setelah pengeringan pembasahan berikut dengan minyak, uap atau air. Keramik serat selimut produk benar-benar anorganik, sehingga ada tanpa asap ketika Penghangat Ruangan untuk pertama kalinya. Tersedia dalam berbagai macam kimia, kepadatan dan ketebalan kombinasi.



Gambar 10. Serat keramik selimut

Sifat serat keramik :

1. Rendah konduktivitas termal
2. Penyimpanan panas rendah
3. Berat ringan
4. Perlawanan kejut termal yang sangat baik
5. Tahan panas gas erosi
6. Menolak serangan paling kimia
7. Mudah untuk memotong, menangani dan menginstal
8. Transmisi suara rendah
9. Menolak penetrasi oleh cair aluminium dan logam non-ferrous lainnya
10. Bebas asbes

M. Semen

Semen berasal dari bahasa latin “cementum”, dimana kata ini mula-mula dipakai oleh bangsa Roma yang berarti bahan atau ramuan pengikat, dengan kata lain semen dapat didefinisikan adalah suatu bahan perekat yang berbentuk serbuk halus, bila ditambah air akan terjadi reaksi hidrasi sehingga dapat mengeras dan digunakan sebagai pengikat (mineral glue).

Massa jenis semen yang diisyaratkan oleh ASTM adalah 3,15 gr/cm³, pada kenyataannya massa jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3,03 gr/cm³ sampai 3,25 gr/cm³. Variasi ini akan berpengaruh proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian massa jenis ini dapat dilakukan menggunakan Le Chatelier Flask (ASTM C 348-97).



Gambar 11. Bentuk dari semen bangunan

N. Batu Bata Merah

Batu bata merah merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Batu bata terbuat dari tanah liat yang dibakar sampai berwarna kemerah merahan. Seiring perkembangan teknologi, penggunaan batu bata semakin menurun. Munculnya material-material baru seperti gipsum, bambu yang telah diolah, cenderung lebih dipilih karena memiliki harga lebih murah dan secara arsitektur lebih indah. Bahan baku batu bata adalah tanah liat atau tanah lempung yang telah dibersihkan dari kerikil dan batu-batu lainnya. Tanah ini banyak ditemui di sekitar kita. Itulah salah satu penyebab, batu bata mudah didapatkan. Ada kalanya, kita melihat batu bata yang warna dan tingkat kekerasannya berbeda. Perbedaan ini disebabkan

karena perbedaan bahan baku tanah yang digunakan serta perbedaan teknik pembakaran yang diterapkan.



Gambar 12. Batu Bata Merah

O. Jenis Jenis Tungku

Pada zaman sekarang tungku mulai memiliki perkembangan, mulai dari perkembangan bentuk atau bahan. Berikut ini merupakan pengembangan-pengembangan tungku yang telah terjadi :

1. Tungku Bahan Bakar Kayu

Tungku adalah alat yang dipergunakan untuk memasak dengan bahan bakar kayu bakar.



Gambar 13. Tungku kayu bakar satu tobong.

Tungku ini dibuat menggunakan tanah lempung yang berbahan bakar kayu, dan memiliki satu ruang pembakaran.

2. Tungku Bahan Bakar Arang

Tungku dengan bahan bakar arang yang dibuat dari tanah lempung.



Gambar 14. Tungku bahan bakar arang

Tungku ini dibuat dari tanah lempung yang berbahan bakar arang.

3. Tungku Bahan Bakar Kayu Dua Tobong

Tungku kayu bakar dua tobong dibuat dari semen dengan bahan bakar kayu bakar.



Gambar 15. Tungku kayu bakar dua tobong.

Tungku ini dibuat dengan bata merah dan tanah lempung dengan bahan bakar kayu dan memiliki dua tobong.

4. Tungku Bahan Bakar Kayu Bertingkat

Tungku kayu bakar dua tolong model bertingkat



Gambar 16. Tungku kayu bakar bertingkat

Tungku ini dibuat menggunakan bata merah, semen, dan pasir.

Memiliki tiga tolong dan memiliki ruang bakar masing – masing, berbahan bakar kayu.

5. Tungku Hemat Energi

Di daerah cilacap, jawa barat ada petani yang menggunakan tungku hemat energi, yaitu seperti pada gambar berikut :



Gambar 17. Tungku hemat energi.

Tungku hemat energi yang berbahan bakar kayu dan merang.

Keunggulan Tungku ini adalah :

- a) Panas yang dihasilkan lebih tinggi dan langsung memusat

- b) Hemat dalam pemakaian bahan bakar
- c) Lebih simple dalam pembuatan

Kelemahan Tungku ini adalah :

- a) Hanya memiliki satu tobong
- b) Kekuatan dari tungku yang tidak berumur panjang.

III. METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kayu pohon karet.

Kayu pohon karet pada penelitian ini akan digunakan sebagai bahan bakar yang nantinya akan dimasukkan ke dalam ruang pembakaran dengan massa 3,5 kg, ukuran dari kayu pohon karet yaitu dengan panjang ± 50 cm dan berdiameter ± 5 cm.



Gambar 18. Batang kayu pohon karet.

2. Air.

Pada penelitian ini air difungsikan sebagai media utama dalam penerimaan kalor yang dihasilkan dari proses pemasakan pada tungku, dan juga sebagai media pengambilan data dari panas yang diterima. Jumlah air yang digunakan

dalam 1 kali pengujian adalah 10 kg *chamber* pertama dan 10 kg *chamber* kedua pada tungku.

3. Wajan atau kual.

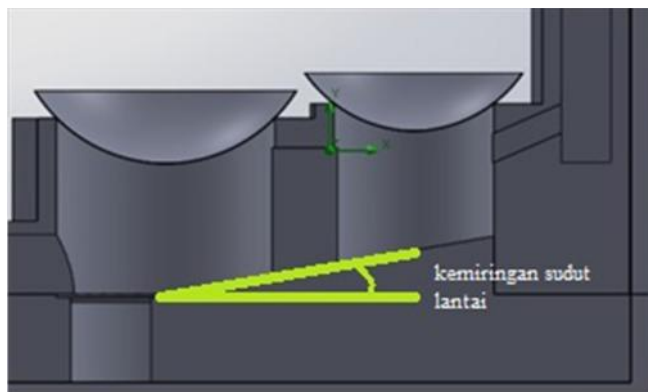
Pada penelitian ini wajan yang digunakan 2 buah untuk masing-masing *chamber* yang berdiameter sebesar 90 cm dan 75 cm.



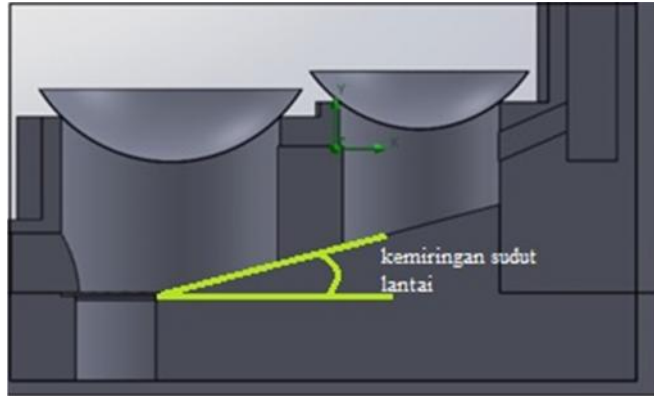
Gambar 19. Wajan atau kual.

4. Tungku tiga variasi kemiringan sudut lantai.

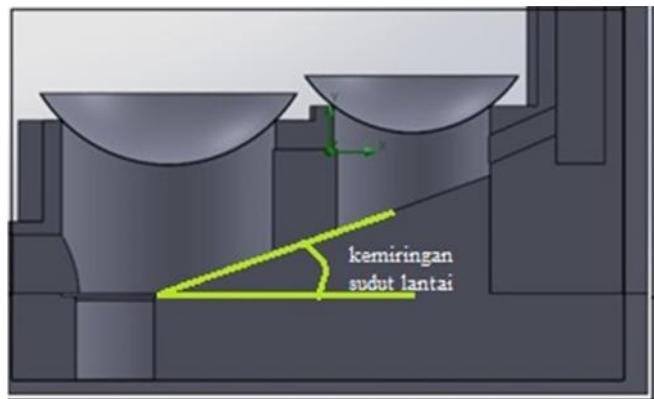
Pada penelitian ini tungku yang digunakan adalah jenis 2 tobong (*chamber*), namun memiliki desain baru yaitu tiga kemiringan pada lantainya. Kemiringan sudut pada lantai sebesar 15° , 20° dan 25° .



Gambar 20. Desain tungku dengan kemiringn lantai 15°



Gambar 21. Desain tungku dengan kemiringan lantai 20°



Gambar 22. Desain tungku dengan kemiringan lantai 25°

5. Termokopel.

Termokopel digunakan sebagai alat ukur suhu ruangan dalam ruang pembakaran pada *chamber* 1 dan 2.



Gambar 23. Termokopel

6. Gelas ukur.

Gelas ukur digunakan sebagai alat untuk menghitung volume air yang akan dipakai.



Gambar 24. Gelas ukur

7. Timbangan.

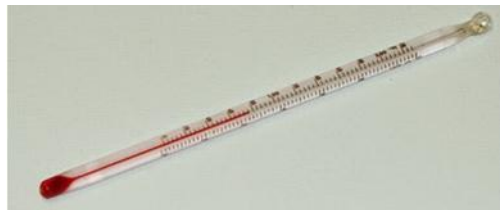
Timbangan digunakan sebagai alat mengetahui berat massa suatu benda.



Gambar 25. Timbangan.

8. Termometer.

Termometer digunakan untuk mengukur suhu atau temperatur lingkungan dan temperatur air.



Gambar 26. Termometer.

9. *Stopwatch*.

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pencapaian temperatur yang diinginkan.



Gambar 27. *Stopwatch*.

B. Prosedur Pembuatan Tungku.

Pada penelitian ini dibedakan menjadi beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Studi literatur.

Pada penelitian ini dilakukan studi literatur mengenai perkembangan-perkembangan tungku masak untuk menunjang teori dalam penelitian.

2. Survei pengaplikasian tungku.

Pada penelitian ini dilakukan survei mengenai potensi-potensi kegunaan tungku pada industri mandiri menengah dan masalah-masalah yang muncul pada tungku pembakaran, survei dilakukan di pringsewu produksi kerupuk lempit.

3. Membuat disain tungku.

Pada tahap ini dilakukan untuk mempermudah atau mengurangi kesalahan-kesalahan dalam pembuatan tungku dan sebagai alat menganalisa arah aliran fluida dalam ruang pembakaran, *software* yang digunakan adalah solidwork.

4. Pembuatan tungku.

Desain tungku dibuat dengan diameter lubang chamber pertama sebesar 65 cm dan lubang chamber kedua sebesar 55 cm dan ketinggian dari lantai sebesar 40 cm, dengan menambahkan desain variasi sudut kemiringan pada lantai tungku menggunakan plat, sudut yang dibuat sebesar 15^0 , 20^0 , dan 25^0 . Dinding pada tungku terdiri dari bagian dalam batu bata tahan api SK 32 dengan ketebalan 3 cm, pada lapis kedua diberikan seramik fiber.

5. Pengujian tungku.

Pengujian dilakuan untuk masing masing tungku yang memiliki variasi sudut berbeda, dan ketinggian cerobong (*exhaust*) yang berbeda.

6. Analisa data.

Data- data dari hasil pengujian kemudian dianalisa untuk memperoleh nilai efisiensi tungku.

C. Proses Pembuatan Tungku.

Pada proses pembuatan tungku ini memiliki beberapa tahapan yaitu diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan desain dan simulasi aliran kalor.

Pada tahap ini dilakukan dengan harapan mengurangi kesalahan- kesalahan yang timbul dalam pembuatan tungku, pembuatan tungku ini memiliki bahan yang permanen dimana jika memiliki sedikit kesalahan dalam ukuran maka

dapat mengakibatkan pembongkaran dan merusak bahan yang sudah terpasang. Sedangkan pada simulasi dimaksudkan untuk memperoleh gambaran arah aliran kalor pembakaran pada tungku yang kita harapkan. Pembuatan desain ini kami menggunakan software solidwork.

2. Menentukan tempat pembuatan tungku.

Pada tahap ini bertujuan untuk mencari letak yang tepat untuk tungku supaya aman saat pengoperasiannya, karena jika tempat tidak sesuai akan berbahaya bagi keselamatan.

3. Pembuatan pondasi tungku.

Pondasi bertujuan sebagai awal berdirinya tungku supaya kokoh, pembuatan pondasi ini menggunakan semen bangunan dan bata merah dan diukur ketinggiannya menggunakan waterpas sehingga memiliki bidang yang rata.

4. Pembuatan sketsa.

Sketsa tungku adalah sebagai acuan dimensi tungku yang akan dibuat, sketsa yang dibuat diantaranya menentukan titik pusat diameter tungku 1 dan diameter tungku 2 yang nantinya kedua titik sumbu ini akan menghasilkan garis lurus dari posisi depan tungku hingga cerobong dan nantinya akan menjadi acuan tetap.

5. Pembuatan dinding dalam.

Pembuatan dinding dalam pada tungku ini menggunakan bahan baku batu tahan api dengan perekatnya campuran sodium silikat dan semen tahan api, perbandingan (sodium silikat) 1 : (semen tahan api) 2 persatuan miligram atau campuran sampai menyerupai tanah liat. Diameter tobong (chamber)

yang pertama sebesar 65 cm, dengan tinggi 40 cm dan diameter tobong (chamber) kedua sebesar 55 cm dengan ketinggian 50 cm.

Catatan : setelah dinding batu tahan api berdiri diharapkan untuk langsung dipanaskan yang bertujuan supaya perekat batu tahan api matang dan mengeras sehingga perekat tidak meleleh jika terkena suhu yang rendah (dingin).

6. Pelapisan dinding dalam.

Pelapisan dinding dalam menggunakan ceramik woll yang bertujuan sebagai penyekat dan menahan keluarnya aliran panas yang terdapat pada batu tahan api.

7. Pembuatan dinding luar.

Dinding luar terdiri dari bata merah dan semen bangunan, ukuran dari dinding luar ini menyesuaikan dari dinding dalam.

8. Pembuatan dudukan wajan.

Dudukan wajan dibuat dengan menggunakan campuran semen bangunan dan pasir, bentuk dari dudukan ini disesuaikan dengan bentuk wajan yaitu menyerupai bentuk setengah bola. Agar tidak ada kebocoran melalui dudukan wajan maka ditambahkan ceramik woll pada permukaan dudukan wajan yang bersinggungan dengan wajan.

D. Prosedur Pengambilan Data.

Adapun hal-hal yang perlu dilakukan dalam prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Variabel yang digunakan dalam pengujian.

No	Variabel	Variasi Proses
1	Bahan bakar	Kayu karet
2	Sudut lantai tungku	15°, 20°, 25°
3	Ketinggian cerobong	70 cm, 120 cm, 170 cm

Pengujian variasi sudut kemiringan lantai tungku.

1. Merakit dan menyiapkan bentuk atau model dari sudut kemiringan lantai tungku dan tinggi cerobong.
2. Mengisi kedua wajan dengan air sebesar 10 kg.
3. Menimbang bahan bakar yang akan digunakan sebesar 3,5 kg.
4. Mencatat temperatur awal air, lingkungan dan dinding tungku.
5. Hidupkan *stopwatch* catat suhu ruangan pembakaran, kenalpot, ambang dan dinding setiap permenitnya dan berhenti jika suhu maksimal pendidihan air tungku pertama sudah didapat.
6. Mengulangi langkah 1 hingga 6 untuk variasi kemiringan sudut lantai tungku dan tinggi cerobong.
7. Data yang diperoleh dicatat dalam tabel berikut ini :

Tabel 4. Pengambilan data berbahan bakar kayu karet.

Sudut kemiringan tungku	Tinggi cerobong (cm)	Wajan	Temperatur air ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (s)	Temp chamber ($^{\circ}\text{C}$)	Sisa bahan bakar (kg)
15	70	1				
		2				
20	70	1				
		2				
25	70	1				
		2				
		1				

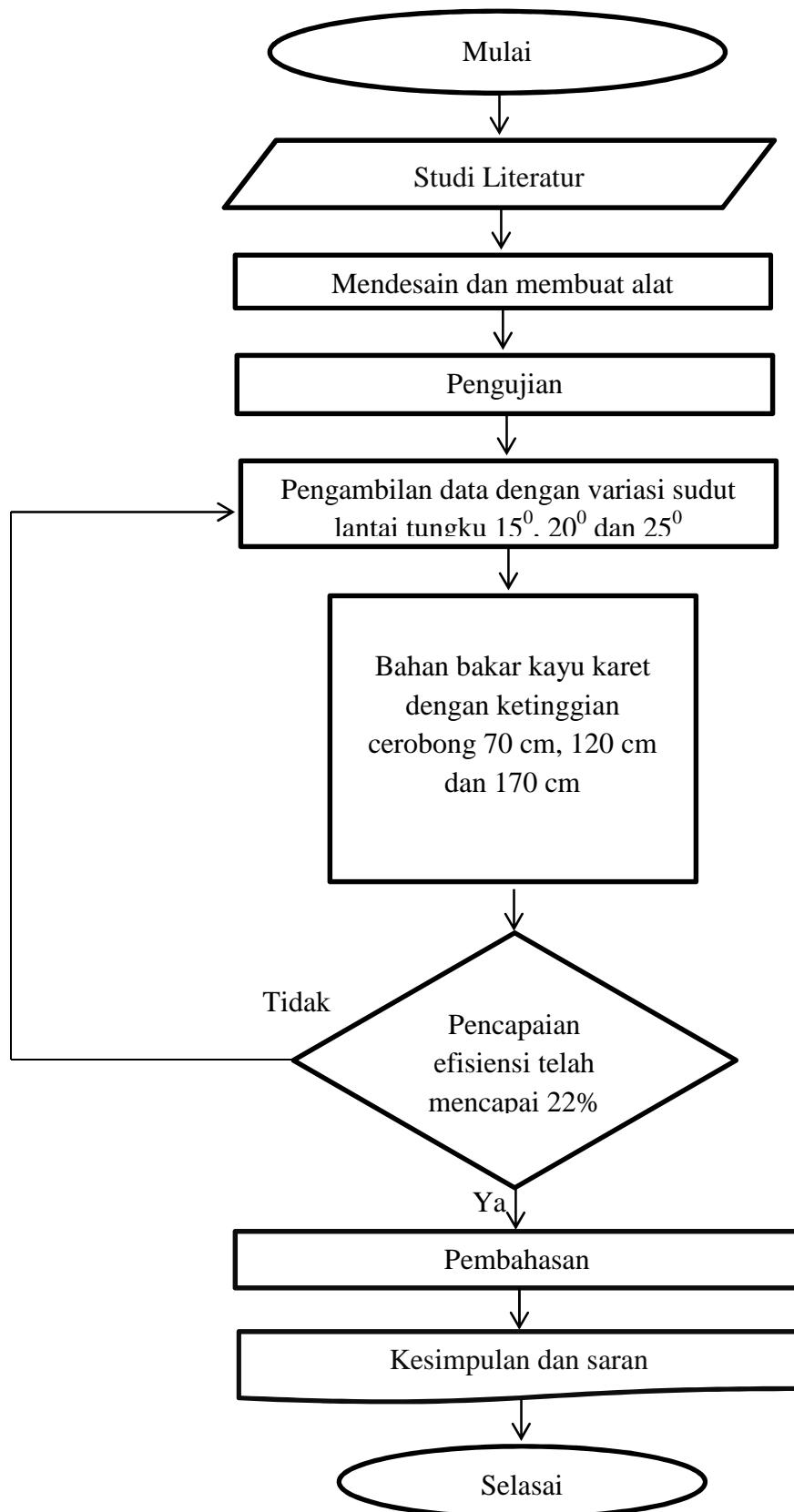
15	120					
		2				
20	120	1				
		2				
25	120	1				
		2				
15	170	1				
		2				

20	170	1				
		2				
		25	170	1		
2						

E. Analisa Data.

Setelah pengujian dilakukan, data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui efisiensi tungku, membandingkan efisiensi tungku terhadap kecepatan pencapaian titik didih dan menganalisa pengaruh-pengaruh variasi yang ada pada tunggu terhadap efisiensi tungku.

F. Diagram Alir.



Gambar 28. Diagram alir metode penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap variasi kemiringan sudut lantai tungku dan ketinggian cerobong yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kemiringan sudut lantai tungku dapat mempengaruhi selisih temperatur antara ruang pembakaran pertama (depan) dan ruang pembakaran kedua (belakang), semakin tinggi kemiringan sudut tungku maka semakin sedikit selisih temperatur pada masing-masing ruangan pembakaran tungku.
2. Terhadap ketinggian cerobong didapatkan nilai efisiensi rata-rata tertinggi yaitu 32,81 % pada ketinggian cerobong 170 cm, disusul dengan nilai 28,69 % pada ketinggian cerobong 120 cm dan 28,32 % pada ketinggian cerobong 70 cm.
3. Terhadap sudut kemiringan lantai didapatkan nilai efisiensi rata-rata tertinggi yaitu 31,47 % pada sudut kemiringan lantai 25° , disusul dengan

4. nilai 29,94 % pada sudut kemiringan lantai 15° dan 28,41 % pada sudut kemiringan lantai 20°.
5. Efisiensi tungku yang terbaik terdapat pada kemiringan sudut lantai 25° dengan ketinggian cerobong (*exhause*) 170 cm, yaitu dengan nilai efisiensi sebesar 34,20 %, disusul dengan nilai efisiensi 33,29 % dengan kemiringan sudut lantai 15° dan ketinggian cerobong 170 cm.

B. Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, maka saran-saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Dalam pengujian sebaiknya ditambahkan pengambilan data kecepatan laju gas buang melalui kenalpot (*exhause*) supaya dapat diketahui kecepatan laju gas buang meningkat atau menurun.
2. Alat termokopel diperbanyak supaya data yang diperlukan lengkap.
3. Dalam pengujian dilakukan pada ruangan tertutup supaya tidak terjadi eror karena adanya faktor alam dapat mengganggu kestabilan proses pembakaran setiap waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Nur. 2014. Pengembangan Teknologi Tungku Pembakaran Menggunakan *Air Heater* Yang Dipasang Didinding Belakang Tungku. Universitas Mohamadiyah Surakarta. Surakarta.
- Darmawan, Y. 2013. inovasi teknologi tungku pembakaran dengan variasi ketinggian cerobong. Naskah publikasi.
- Holman, J.P. 1994. Perpindahan Kalor, Edisi Keenam, Alih Bahasa Ir. E. Jasjfi, Msc, Erlangga, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Kurniansyah. Y. 2015. Proses pembuatan tungku gula merah hemat energi. Universitas lampung. Lampung.
- Lea, FM. Desch, CH. 1940. *The Chemistry Of Cement And Concrete*. Edward Arnold And Co. London.
- McDonald and C.A. Morgan. 2002. *Introuduction To Fluid Mechanics*. Animal Nutrition. 5 edition. New York.

Sumarsono, M. 2009. Perhitungan Efisiensi Termal Tungku Karbonizer Bahan Bakar Bio-Briket Menggunakan Metoda Tidak Langsung. Puspitek. Tangerang.

Sumarwan, Dkk. 2013. Pengembangan Teknologi Tungku Pembakaran Dengan Air Heater Tanpa Sirip. Universitas Muhamadiyah Surakarta. Surakarta.

Widarto dan suryanta. 1995. Membuat bioarang dari kotoran lembu. Yogyakarta : Penerbit kanisius.