



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH TINGGI DUDUKAN PANGCI DAN RAK KAYU SERTA
PENGUNAAN ISOLATOR TERHADAP EFISIENSI KONSUMSI BAHAN
BAKAR TUNGKU KAYU TANPA SELONGSONG DEPAN**

TUGAS AKHIR

FANDI AHMAD

L2E 006 036

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

JUNI 2011

TUGAS SARJANA

- Diberikan Kepada : Nama : Fandi Ahmad
NIM : L2E 006 036
- Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Yunianto, MSc.
- Jangka Waktu : 8 Bulan (delapan bulan)
- Judul : Pengaruh Tinggi Dudukan Panci Dan Rak Kayu Serta Penggunaan Isolator Terhadap Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Tungku Kayu Tanpa Selongsong Depan.
- Isi Tugas : Mengetahui Serta Menganalisis Pengaruh Variasi Tinggi Dudukan Panci, Rak Kayu serta Penggunaan Isolator Terhadap Efisiensi Tungku Dan Konsumsi Spesifik Bahan Bakar Tungku.

Semarang, Juni 2011

Pembimbing



Ir. Bambang Yunianto, MSc.
NIP. 195906201987031003

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Fandi Ahmad

NIM : L2E 006036

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

NAMA : Fandi Ahmad
NIM : L2E 006 036
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : "Pengaruh Tinggi Dudukan Panci Dan Rak Kayu Serta Penggunaan Isolator Terhadap Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Tungku Kayu Tanpa Selongsong Depan".

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Ir. Bambang Yuniarto, MSc.

()

Penguji : Muchammad, ST. MT.

()

Penguji : Ir. Sugiyanto, DEA.

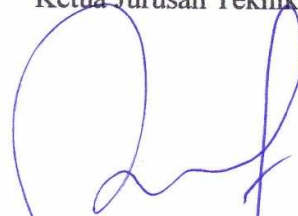
()

Penguji : Dr. Achmad Widodo, ST. MT.

()

Semarang, Juni 2011

Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar TK.

NIP. 195907221987031003

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fandi Ahmad
NIM : L2E 006 036
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

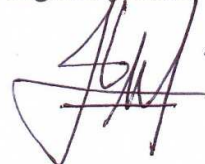
**“PENGARUH TINGGI DUDUKAN PANCI DAN RAK KAYU SERTA
PENGUNAAN ISOLATOR TERHADAP EFISIENSI KONSUMSI BAHAN
BAKAR TUNGKU KAYU TANPA SELONGSONG DEPAN”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan



(Fandi Ahmad)

ABSTRAK

Penggunaan kayu sebagai bahan bakar sebenarnya sudah dimulai sejak dulu. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dimana sebagian besar penduduknya tinggal di pedesaan. Sumber utama energi penduduk pedesaan adalah kayu bakar yang digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak. Konsumen energi kayu bakar disamping rumah tangga juga industri kecil. Permasalahan yang terjadi pada penggunaan tungku kayu bakar dengan cara konvensional adalah efisiensi dari tungku yang pada umumnya relatif rendah yang mengakibatkan borosnya konsumsi bahan bakar serta menghasilkan banyak asap yang dapat menimbulkan masalah kesehatan maupun lingkungan.

Beberapa cara untuk memaksimalkan kerja tungku antara lain dengan memberikan bahan isolator di sekitar ruang bakar tungku dan pengaturan suplai udara pembakaran yang tepat dengan variasi tinggi dudukan panci dan tinggi rak kayu. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan metode ekperimental uji mendidihkan air dengan variasi tinggi dudukan panci 0,7 cm, 1,4 cm, 2,1 cm dan tinggi rak kayu 3 cm dan 5 cm serta penggunaan isolator *glasswool* dan abu kayu. Pengujian dilakukan dalam dua fase yaitu fase *hot start* dan fase *cold start* untuk mendapatkan nilai konsumsi spesifik bahan bakar kayu dan nilai efisiensi tungku.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tungku tanpa isolator, nilai konsumsi spesifik bahan bakar yang paling baik terjadi pada variasi tinggi dudukan panci 0,7 cm dan tinggi rak kayu 3 cm dengan konsumsi spesifik sebesar 105,34 gram kayu/liter air (*cold start*) dan 92,83 gram kayu/liter air (*hot start*). Penggunaan isolator dengan variasi tinggi dudukan panci 0,7 cm dan tinggi rak kayu 3 cm dapat meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar. Penggunaan isolator *glasswool* didapatkan nilai konsumsi spesifik sebesar 99,71 gram kayu/liter air (*cold start*) dan 88,12 gram kayu/liter air (*hot start*) dan penggunaan isolator abu kayu didapatkan nilai konsumsi spesifik sebesar 86,07 gram kayu/liter air (*cold start*) dan 77,15 gram kayu/liter air (*hot start*).

Kata kunci: Tungku kayu, uji mendidihkan air, konsumsi spesifik, efisiensi.

ABSTRACT

Use of wood as fuel actually had started since along ago. Indonesia is one of the develop countries which most people live in rural areas. The main source of energy the rural population are firewood that used as fuel for cooking. Firewood consumer in addition to household is small industry. The problems that occurred in the use of firewood stoves with the conventional way are the efficiency of the furnace which is generally relatively low, resulting in extravagant of fuel consumption and to produce a lot of smoke that can cause health and environmental problems.

The ways to maximize the performance of wood stoves including by providing insulating material around the furnace combustion chamber and setting the proper combustion air supply with gap pan and shelf variation. In this study performed the test by experimental method water boiling water test with gap pan variation 0.7 cm, 1.4 cm, 2.1 cm and shelf variation 3 cm and 5 cm and the use of Glass wool insulation and wood ash. Tests conducted in two phases which hot start and cold start phase to get the value of specific consumption of fuel wood and the efficiency of wood stove.

The results showed that the wood stove without insulation, the best value of specific consumption of fuel wood occurred at gap 0.7 cm and shelf 3 cm with specific consumption of 105.34 grams of wood/liter of water (cold start) and 92.83 grams of wood/liter of water (hot start). Using insulation at gap 0,3 cm and shelf 3 cm can improve efficiency of fuel consumption. Using glass wool insulation obtained the value of specific consumption 99,71 grams of wood/liter of water (cold start) and 88,12 grams of wood/liter of water (hot start) and using wood ash insulation obtained the value of specific consumption 86,07 grams of wood/liter of water (cold start) and 77,15 grams of wood/liter of water (hot start)

Keywords : Woodstove, water boiling test, specific consumption, efficiency.

MOTTO

- *Dan hendaklah di antara kamu ada segolongan orang yang menyeru kepada kebajikan, menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar. dan mereka itulah orang-orang yang beruntung.*

{ Al-Qur'an Surat Ali Imran Ayat 104 }

- *Waktu bagaikan pedang, jika anda tidak memotongnya maka Anda akan dipotongnya. (gunakan waktu sebaik mungkin)*

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

- *Orang tua tercinta Bapak Asnawi dan Ibu Umi Chabibah yang telah sabar tiada lelah untuk selalu memberikan dorongan, bimbingan, cinta dan kasih sayangnya sepanjang waktu serta doa restunya yang selalu menyertai langkah sang anak tercinta.*
- *Kakak-kakakku (Mas Choliz, Mas Iip dan Mbak Norma) yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga selesainya Tugas Sarjana ini.*
- *Ponakanku Ilham sang dalang cilik.*
- *Dek Nurul yang selalu mendukung dan memberikan semangat*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, hidayah dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Sarjana ini. Tugas Sarjana yang berjudul **“Pengaruh Tinggi Dudukan Panci Dan Rak Kayu Serta Penggunaan Isolator Terhadap Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Tungku Kayu Tanpa Selongsong Depan”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan selama penyusunan Tugas Sarjana ini, antara lain:

1. Bapak ir. Bambang Yuniato, MSc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Sarjana ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Saudara Annur Chalandri selaku teman kuliah dan rekan tim dalam melaksanakan penelitian tungku kayu yang telah banyak membantu.
3. Semua pihak yang telah membantu atas terselesaikannya Tugas Sarjana ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Tugas Sarjana ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Semarang, 23 Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN ABSTRAK	vi
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	vii
MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
NOMENKLATUR	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan	6
2.2 Sifat-Sifat Kayu Sebagai Bahan Bakar	7
2.2.1 Aspek Umum	7
2.2.2 Nilai Kalori Kayu (<i>Caloric Value</i>)	9
2.3 Teori Pembakaran Kayu	10
2.3.1 Dasar-Dasar Pembakaran	10
2.3.2 Tahap-Tahap Pembakaran Kayu	11

2.3.3 Hal-Hal Yang Mempengaruhi Pembakaran Kayu	13
2.3.4 Model Udara Pembakaran kayu	18
2.4 Tungku Kayu Bakar	20
2.4.1 Teori Tungku Kayu Bakar	20
2.4.2 Sepuluh Prinsip Dasar Tungku Bahan Bakar Kayu	21
2.4.3 Jenis-Jenis Teknologi Tungku Kayu Bakar	25
2.4.4 Isolasi Tungku	27
2.4.5 Tungku Kayu Model <i>Rocket Stove</i>	28
2.5 Teori Perpindahan Kalor	29
2.5.1 Konduksi	29
2.5.2 Konveksi	30
2.5.3 Radiasi	32
2.6 Neraca Energi Sistem Pindah Kalor Pada Tungku	33
2.7 Perpindahan Kalor Pada Sistem Tungku	35
2.7.1 Perpindahan Kalor dari Bodi Tungku ke Lingkungan	35
2.7.2 Perpindahan Kalor dari Panci ke Lingkungan	36
2.8 Perhitungan Konsumsi Spesifik dan Efisiensi Tungku	37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	39
3.2 Variabel Penelitian	40
3.3 Pengujian Tungku	40
3.3.1 Metode Uji Mendidihkan Air	40
3.3.2 Alat-Alat Pengujian	40
3.3.3 Setting Alat Pengujian	42
3.3.4 Prosedur Pengujian	42
3.4 Persiapan Kayu Bakar untuk Pengujian Tungku Kayu Bakar	44
3.4.1 Pemilihan Kayu Bakar yang Digunakan	44
3.4.2 Pengkondisian Kayu Bakar	44,
3.4.3 Pengukuran Kelembaban Kayu	45
3.5 Tungku Kayu	46

BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

4.1 Variasi Pengujian	48
4.2 Data dan Analisa Hasil Pengujian	48
4.2.1 Kelembaban Kayu Bakar	48
4.2.2 Variasi Tinggi Rak Kayu (<i>shelf</i>) dan Tinggi Dudukan Panci (<i>Gap</i>)..	49
4.2.3 Variasi Penggunaan Isolator <i>Glasswool</i> dan Abu Kayu	52
4.2.4 Distribusi Temperatur Rata-Rata Ruang Bakar (T_d) dan Temperatur Rata-Rata Bodi Tungku (T_t)	53
4.2.5 Konsumsi Spesifik Dan Efisiensi Tungku	59
4.2.6 Rugi-Rugi Kalor Pada Bodi Tungku Dengan Variasi Penggunaan Isolator	69
4.3 Pembahasan	74

BAB V PENUTUP

4.1 Kesimpulan	76
4.2 Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kandungan kimia rata-rata pada kayu	8
Gambar 2.2	Tahap-tahap pembakaran kayu	11
Gambar 2.3	Pengaruh kelembaban terhadap nilai kalor kayu	15
Gambar 2.4	Isolasi pada tungku	22
Gambar 2.5	(a) Pembakaran yang bersih (b) Pembakaran yang penuh dengan asap	22
Gambar 2.6	Saluran udara pembakaran	23
Gambar 2.7	Pengaturan kayu pada rak kayu (<i>shelf</i>)	24
Gambar 2.8	Tungku perapian terbuka	25
Gambar 2.9	Dimensi dasar <i>rocket stove</i>	29
Gambar 2.10	Radiasi antara permukaan dan lingkungan yang luas	32
Gambar 2.11	Pindah kalor pada sistem tungku	34
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	39
Gambar 3.2	Termometer inframerah	41
Gambar 3.3	Setting alat pengujian	42
Gambar 3.4	Titik-titik pengukuran temperatur	44
Gambar 3.5	Kayu bakar	45
Gambar 3.6	Tungku kayu bakar penelitian	46
Gambar 4.1	Grafik hubungan distribusi temperatur rata-rata ruang bakar T_d dengan waktu pada kondisi <i>cold start</i>	55
Gambar 4.2	Grafik hubungan distribusi temperatur rata-rata bodi tungku T_t dengan waktu pada kondisi <i>cold start</i>	56
Gambar 4.3	Grafik hubungan distribusi temperatur rata-rata ruang bakar T_d dengan waktu pada kondisi <i>hot start</i>	57
Gambar 4.4	Grafik hubungan distribusi temperatur rata-rata bodi tungku T_t dengan waktu pada kondisi <i>hot start</i>	58

Gambar 4.5	Diagram hubungan konsumsi spesifik dengan variasi tinggi rak kayu (<i>shelf</i>) dan tinggi dudukan panci (<i>gap</i>) pada kondisi <i>cold start</i> dan <i>hot start</i>	62
Gambar 4.6	Grafik hubungan efisiensi dengan variasi tinggi rak kayu (<i>shelf</i>) dan tinggi dudukan panci (<i>gap</i>) pada kondisi <i>cold start</i>	63
Gambar 4.7	Grafik hubungan efisiensi dengan variasi tinggi rak kayu (<i>shelf</i>) dan tinggi dudukan panci (<i>gap</i>) pada kondisi <i>hot start</i>	64
Gambar 4.8	Diagram hubungan konsumsi spesifik pada <i>shelf</i> 3 cm dan <i>gap</i> 0,7 cm dengan variasi penggunaan isolator	67
Gambar 4.9	Diagram hubungan efisiensi tungku pada <i>shelf</i> 3 cm dan <i>gap</i> 0,7 cm dengan variasi penggunaan isolator	68
Gambar 4.10	Diagram hubungan rugi-rugi kalor pada bodi tungku dengan variasi penggunaan isolator	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	<i>Lower Heating Value</i> (LHV) untuk beberapa bahan bakar.....	9
Tabel 2.2	Nilai kelebihan udara (<i>excess air</i>)	17
Tabel 2.3	Hasil pengujian efisiensi termal rata-rata tungku	26
Tabel 4.1	Variasi pengujian	48
Tabel 4.2	Data dan persentase kelembaban kayu.....	48
Tabel 4.3	Data hasil pengukuran pada shelf 3 cm dengan gap 0,7 cm, 1,4 cm dan 2,1 cm	50
Tabel 4.4	Data hasil pengukuran pada shelf 5 cm dengan gap 0,7 cm, 1,4 cm dan 2,1 cm	51
Tabel 4.5	Data hasil pengukuran pada shelf 3 cm dan gap 0,7 cm dengan isolator glasswool dan isolator abu kayu	52
Tabel 4.6	Data hasil pengukuran temperatur rata-rata pada shelf 3 cm dengan gap 0,7 cm, 1,4 cm dan 2,1 cm	53
Tabel 4.7	Data hasil pengukuran temperatur rata-rata pada shelf 5 cm dengan gap 0,7 cm, 1,4 cm dan 2,1 cm	54
Tabel 4.8	Konsumsi spesifik dan efisiensi tungku pada variasi shelf 3 cm dan 5 cm dengan gap 0,7 cm, 1,4 cm dan 2,1 cm kondisi cold start	61
Tabel 4.9	Konsumsi spesifik dan efisiensi tungku pada variasi shelf 3 cm dan 5 cm dengan gap 0,7 cm, 1,4 cm dan 2,1 cm kondisi hot start	61
Tabel 4.10	Efisiensi dan konsumsi spesifik variasi shelf 3 cm dan gap 0,7 cm dengan variasi penggunaan isolator pada kondisi cold start	66
Tabel 4.11	Efisiensi dan konsumsi spesifik variasi shelf 3 cm dan gap 0,7 cm dengan variasi penggunaan isolator pada kondisi hot start	66
Tabel 4.12	Hasil perhitungan rugi-rugi kalor pada bodi tungku	72

NOMENKLATUR

A	Luas bodi tungku	m^2
$c_{p\ air}$	Kalor spesifik air pada tekanan konstan	$\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
ε	Emisivitas permukaan	
g	Gravitasi bumi	m/s^2
h	Koefisien perpindahan kalor koveksi	$\text{W/m}^\circ\text{C}$
m_{air}	Massa air	kg
\dot{m}_{bb}	Laju pembakaran kayu bakar	gram/menit
mk_{bb}	Massa konsumsi bahan bakar	gram
Q_{p-u}	Rugi kalor panci ke udara	Watt
$Q_{c_{p-u}}$	Rugi kalor panci ke udara secara konveksi	Watt
$Q_{r_{p-u}}$	Rugi kalor panci ke udara secara radiasi	Watt
Q_{t-u}	Rugi kalor bodi tungku ke udara	Watt
$Q_{c_{t-u}}$	Rugi kalor bodi tungku ke udara secara konveksi	Watt
$Q_{r_{t-u}}$	Rugi kalor bodi tungku ke udara secara radiasi	Watt
t_b	Waktu pendidihan	menit
T_d	Temperatur ruang bakar	$^\circ\text{C}$
T_f	Temperatur film	$^\circ\text{C}$
t_p	Waktu pengujian	menit
T_t	Temperatur bodi tungku	$^\circ\text{C}$

SC	Konsumsi spesifik kayu bakar	gr kayu/liter air
ν	Viskositas kinematik	m^2/s
V_{air}	Volume air	liter
V_m	Volume minyak tanah	liter
η	Efisiensi	%

Bilangan Tak Berdimensi

Gr	Bilangan Grashof
Nu	Bilangan Nusselt
Pr	Bilangan Prandtl
Ra	Bilangan Rayleigh