

**PENGARUH JARAK SELUBUNG DENGAN PANCI TERHADAP  
EFISIENSI SISTEM PEMANASAN MENGGUNAKAN KOMPOR  
GAS**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**MOHAMMAD HASAN ASHARI**

**NIM. 0910623013-62**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
MALANG  
2014**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PENGARUH JARAK SELUBUNG DENGAN PANCI TERHADAP EFISIENSI SISTEM PEMANASAN MENGGUNAKAN KOMPOR GAS

#### SKRIPSI

#### KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

**MOHAMMAD HASAN ASHARI**

**NIM. 0910623013-62**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Agung Sugeng W, ST., MT., Ph.D**  
**NIP. 19710321 199802 1 001**

**Francisca Gayuh Utami Dewi ST., MT.**  
**NIP. 820219 06 1 2 0259**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH JARAK SELUBUNG DENGAN PANCI TERHADAP EFISIENSI SISTEM PEMANASAN MENGGUNAKAN KOMPOR GAS

#### SKRIPSI KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

**MOHAMMAD HASAN ASHARI**

**NIM. 0910623013-62**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 30 Januari 2014

#### MAJELIS PENGUJI

Skripsi I

Skripsi II

**Purnami, ST., MT.**  
NIP. 19770707 200812 1 005

**Ir. Suharto, MT.**  
NIP. 19531030 198212 1 001

Skripsi III

**Ir. Ari Wahjudi, MT.**  
NIP. 19680324 199802 1 001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

**Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng.**  
NIP. 19740121 199903 1 001

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Pengaruh Jarak Selubung Dengan Panci Terhadap Efisiensi Sistem Pemanasan Menggunakan Kompor Gas” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya dan sebagai syarat memperoleh gelar sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini, terutama kepada :

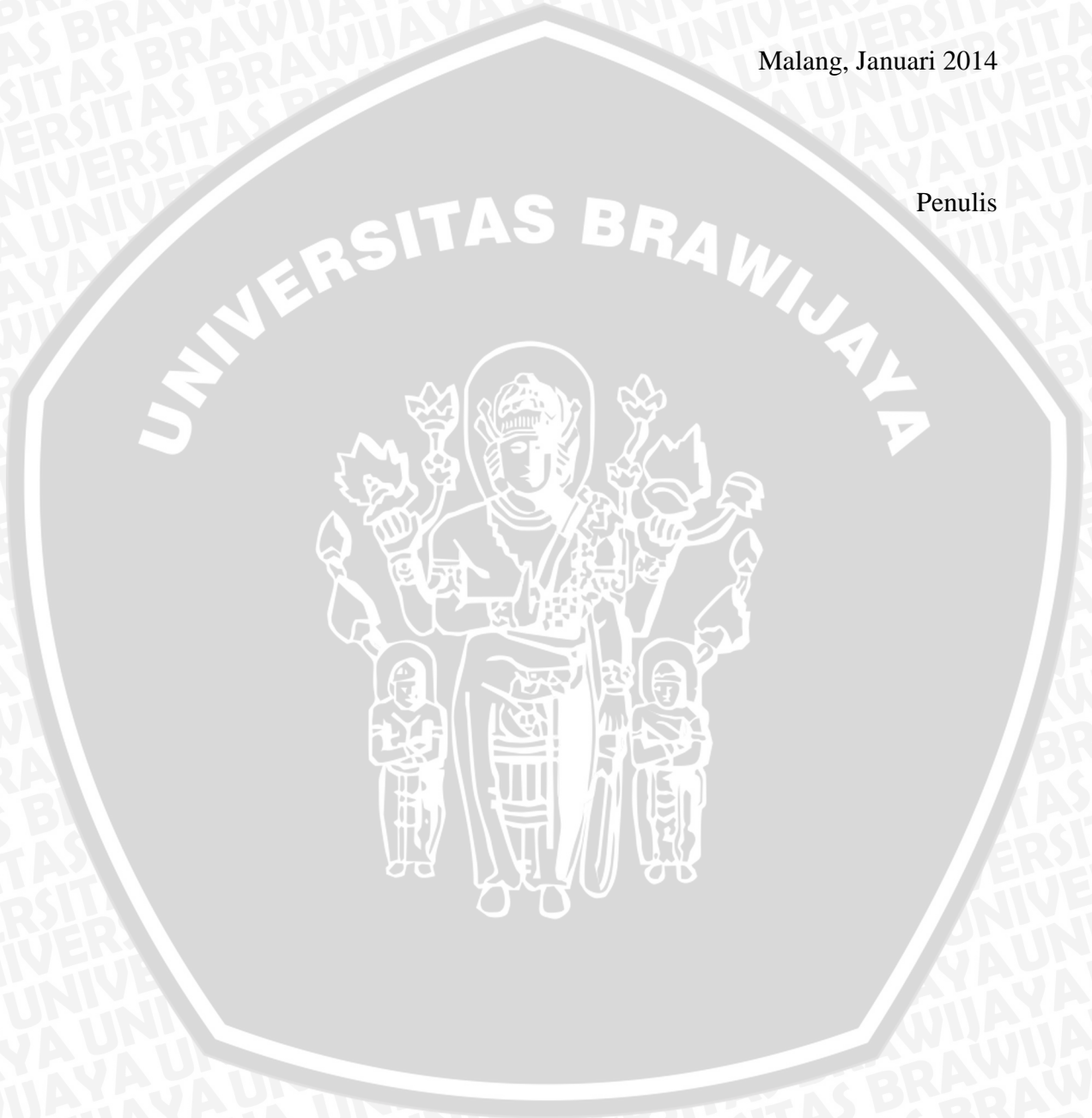
1. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST.,M.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Purnami, ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Agung Sugeng Widodo, ST.,MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Ketua Kelompok Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan bimbingan dalam menyusun skripsi ini.
4. Ibu Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dalam menyusun skripsi ini
5. Bapak Sugiarto, ST., MT. selaku pembimbing akademik
6. Orang tua Penulis, Pramudjito dan Puji Wahyu Utami, yang telah memberikan doa, kasih sayang, semangat dan dukungan selama ini.
7. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Administrasi Jurusan Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Seluruh Asisten dan Laboran Laboratorium Motor Bakar (Mas Kuzud, Mas Bayu, Hafid, Anas, Kenonk, Andra, dan Mas Eko) yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam menyusun skripsi ini.
9. Teman seperjuangan skripsi, Andra yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan teknik mesin angkatan 2009 “BLACK MAMBA”.
11. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.



Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis bersedia menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak agar terciptanya karya tulis yang lebih baik. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, Januari 2014

Penulis



**DAFTAR ISI**

	halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	3
2.2 Sistem Termodinamika .....	5
2.2.1 Keseimbangan energi untuk sistem tertutup .....	6
2.3 Perpindahan Kalor .....	6
2.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi .....	6
2.3.2 Perpindahan Kalor Konveksi .....	8
2.3.3 Perpindahan Kalor Radiasi .....	10
2.4 Pembakaran .....	11
2.5 Bahan Bakar Gas .....	12
2.5.1 LPG ( <i>Liquified Petroleum Gas</i> ) .....	13
2.6 Keramik .....	13
2.7 Hipotesa .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	16
3.1 Metode Penelitian .....	16
3.2 Variabel Penelitian .....	16



3.3 Alat Dan Bahan Penelitian .....	17
3.3.1 Alat Utama .....	17
3.3.2 Peralatan Bantu Pengujian .....	17
3.4 Tempat Penelitian .....	22
3.5 Prosedur Penelitian .....	22
3.5.1 Persiapan penelitian .....	22
3.5.2 Pelaksanaan percobaan .....	22
3.6 Diagram Alir Penelitian .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
4.1 Hasil .....	24
4.1.1 Data Hasil Pengujian .....	24
4.1.2 Pengolahan Data .....	27
4.2 Pembahasan Grafik .....	36
4.2.1 Grafik Hubungan Waktu dengan Efisiensi Kompor Gas.....	36
4.2.2 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci Terhadap Efisiensi Total Kompor Gas .....	37
4.2.3 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Penghematan Waktu Memasak.....	38
4.2.4 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Rata-Rata Kehilangan Energi yang Diradiasikan Selubung.....	39
4.2.5 Grafik Distribusi Energi Panas Kompor Gas Dengan Variasi Selubung.....	40
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Data Pengujian Kompor Standar	24
Tabel 4.2	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 7 mm	24
Tabel 4.3	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 6 mm	25
Tabel 4.4	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 5 mm	25
Tabel 4.5	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 4 mm	26
Tabel 4.6	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 3 mm	26
Tabel 4.7	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 2 mm	27
Tabel 4.8	Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 1 mm	27
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 7 mm	29
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 6 mm	29
Tabel 4.11	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 5 mm	30
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 4 mm	30
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 3 mm	31
Tabel 4.14	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 2 mm	31
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 1 mm	32
Tabel 4.16	Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Kompor Standar	32
Tabel 4.17	Hasil Perhitungan Efisiensi Total	33
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Kehilangan Energi yang diradiasikan Selubung	35
Tabel 4.19	Hasil Perhitungan Kehilangan Energi Total	35

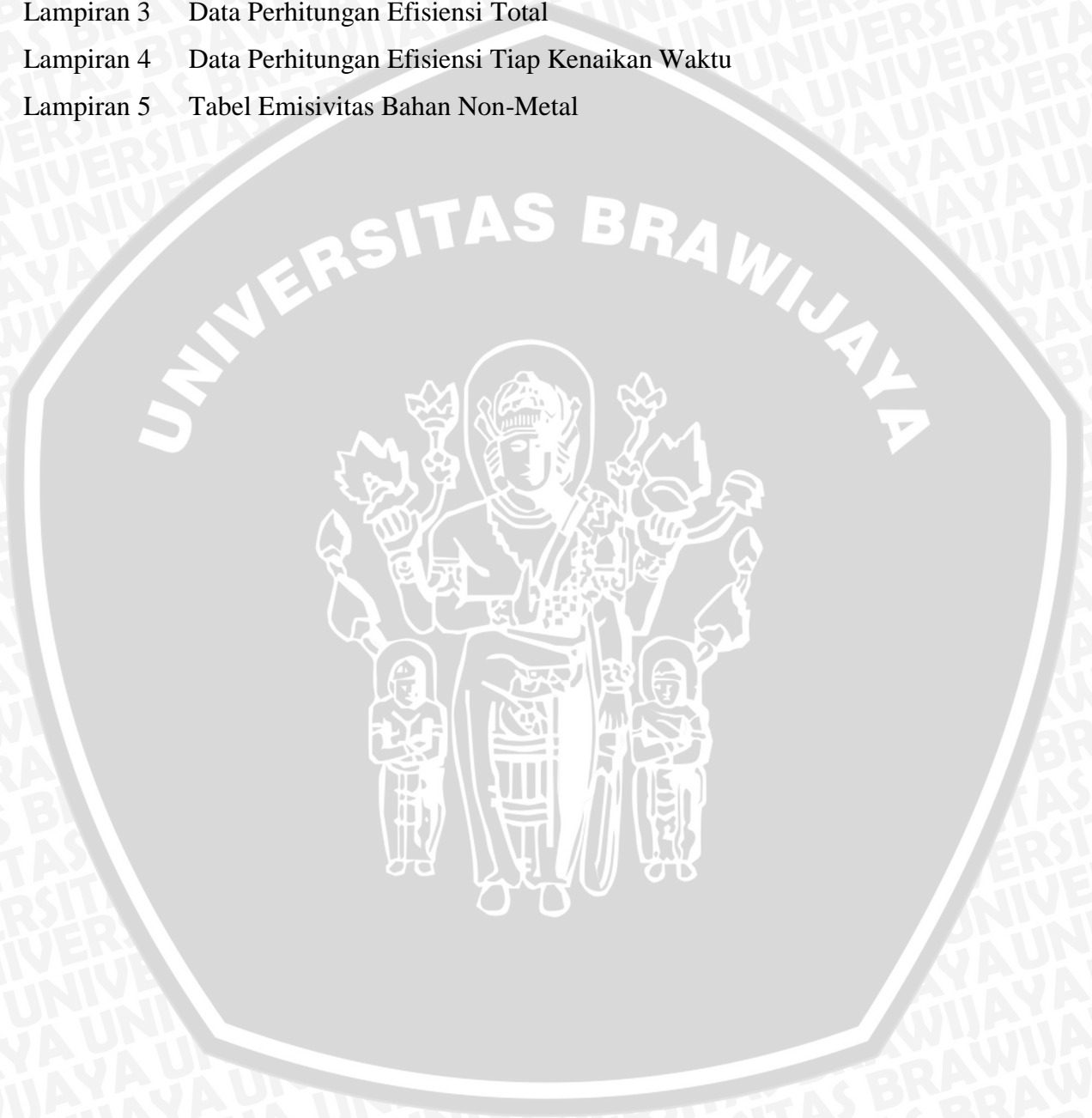


## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Sebaran energi panas hasil pembakaran	3
Gambar 2.2	Sebaran energi panas hasil pembakaran terkontrol	3
Gambar 2.3	Sebaran energi panas hasil pembakaran	4
Gambar 2.4	Sebaran energi panas hasil pembakaran terkontrol	5
Gambar 2.5	Perpindahan kalor konduksi	7
Gambar 2.6	Perpindahan kalor konveksi dari suatu permukaan panas yang ditiupkan udara dingin	9
Gambar 2.7	Ilustrasi Proses Pembakaran	11
Gambar 3.1	Selubung Keramik	17
Gambar 3.2	Skema Instalasi Alat Penelitian	18
Gambar 3.3	Kompore Gas 1 Tungku	18
Gambar 3.4	Tabung Gas	19
Gambar 3.5	<i>Thermocouple Set</i>	19
Gambar 3.6	<i>Thermometer</i>	19
Gambar 3.7	Panci	20
Gambar 3.8	Regulator	20
Gambar 3.9	Selang Gas	21
Gambar 3.10	<i>Flowmeter</i>	21
Gambar 3.11	Komputer	21
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Antara Waktu terhadap Efisiensi	36
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Jarak Selubung Dengan Panci terhadap efisiensi kompor gas	37
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Penghematan Waktu Memasak	38
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Rata-Rata Kehilangan Energi yang Diradiasikan Selubung	39
Gambar 4.5	Grafik Distribusi Energi Panas Kompore Gas dengan Variasi Kompore Gas	40

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Nilai Kalor Dari Berbagai Bahan Bakar Gas
Lampiran 2	Sifat-Sifat Gas <i>Propane</i> , <i>Butane</i> dan LPG
Lampiran 3	Data Perhitungan Efisiensi Total
Lampiran 4	Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu
Lampiran 5	Tabel Emisivitas Bahan Non-Metal



## RINGKASAN

**Mohammad Hasan Ashari**, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, *Pengaruh Jarak Selubung Dengan Panci Terhadap Efisiensi Kompor Gas*. Dosen Pembimbing : Agung Sugeng Widodo, ST., MT., Ph.D. dan Francisca Gayuh Utami Dewi ST., MT.

Semakin meningkatnya permintaan bahan bakar fosil menyebabkan semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak. Kondisi ini menuntut kita untuk melakukan penghematan bahan bakar. LPG merupakan salah satu bahan bakar hasil dari proses pengolahan bahan bakar minyak. Penggunaan gas LPG sebagian besar digunakan dalam bidang rumah tangga. Sehingga muncul ide untuk menghemat bahan bakar LPG dengan menggunakan selubung yang diletakkan diatas tungku kompor gas. Selubung yang digunakan terbuat dari keramik. Fungsi dari selubung tersebut untuk mengurangi panas yang hilang ke lingkungan. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jarak selubung dengan panci sehingga dapat dicari jarak optimum agar didapatkan efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas yang lebih baik. Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut: Variabel bebas dengan variasi jarak selubung dengan panci sebesar 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 mm. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi, penghematan waktu memasak, energi yang diradiasikan selubung dan distribusi panas kompor gas. Hasil dari penelitian menunjukkan kompor yang menggunakan selubung dengan jarak selubung dengan panci sebesar 4 mm memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sebesar 46,36%. Sehingga jika dibandingkan dengan kompor gas standar terdapat peningkatan efisiensi sebesar 10%.

**Kata Kunci:** Selubung kompor gas, efisiensi, keramik,

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari bahan bakar minyak merupakan kebutuhan yang sangat vital dalam menunjang kelangsungan hidup manusia. Hingga kini ketergantungan terhadap bahan bakar minyak belum dapat dihindarkan. Seiring bertambahnya waktu permintaan bahan bakar minyak di Indonesia semakin lama semakin meningkat. Seperti yang kita ketahui, bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, dan suatu saat akan habis. Krisis bahan bakar minyak tersebut menuntut kita untuk melakukan penghematan sehingga masa penggunaannya jauh lebih lama. Selain itu krisis energi juga menuntut kita untuk mencari sumber energi lain sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak.

Dalam rangka mengatasi krisis energi tersebut, pemerintah mengambil kebijakan dengan mengkonversi minyak tanah ke LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). LPG merupakan salah satu bahan bakar cair dengan bentuk energi yang serbaguna dan dapat digunakan untuk berbagai bidang, contohnya dalam bidang industri digunakan sebagai bahan bakar turbin gas pembangkit listrik, dalam bidang transportasi LPG digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Penggunaan LPG di Indonesia yang paling sering kita jumpai dalam bidang rumah tangga sebagai bahan bakar kompor. Dimana pemanfaatan LPG dalam bidang rumah tangga tidak dapat dipisahkan dalam hal pemenuhan kebutuhan hidup manusia.

Karena LPG juga merupakan salah satu dari hasil pengolahan bahan bakar fosil, maka melalui penelitian ini diharapkan dapat berperan dalam upaya penghematan bahan bakar fosil khususnya bahan bakar gas untuk pengaplikasian kompor gas. Metode penghematan bahan bakar gas pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan selubung yang terbuat dari bahan keramik yang diletakkan diatas tungku kompor gas. Dengan penambahan selubung tersebut, kerugian panas yang hilang ke lingkungan dapat dikurangi sehingga kinerja kompor gas menjadi lebih efektif dan efisien. Pemilihan bahan selubung dengan menggunakan keramik didasarkan pada nilai konduktivitas termal bahan keramik yang rendah.

Dari penjelasan diatas maka, diperlukan sebuah penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas. Dari penelitian ini diharapkan dapat ditemukan jarak selubung dengan panci yang pas sehingga didapatkan kinerja kompor gas lebih efektif dan efisien.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang akan dibahas yaitu bagaimana pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas ?

### 1.3. Batasan Masalah

Dengan tujuan agar penelitian ini lebih terarah dan mencapai tujuan yang diharapkan, maka penulis akan memberikan batasan masalah meliputi hal-hal berikut:

1. Tidak membahas tentang karakteristik api dari kompor LPG
2. Kandungan gas LPG yang digunakan memiliki komposisi 30% *propane* dan 70% *butane*
3. Menggunakan 1 unit kompor gas yang sama
4. Fluida yang dipanaskan adalah air dengan volume 1 liter, suhu 25<sup>0</sup> C
5. Kehilangan panas yang dihitung hanya energi panas yang diradiasikan selubung. Sehingga kehilangan energi lain dianggap *Heat Loss*.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

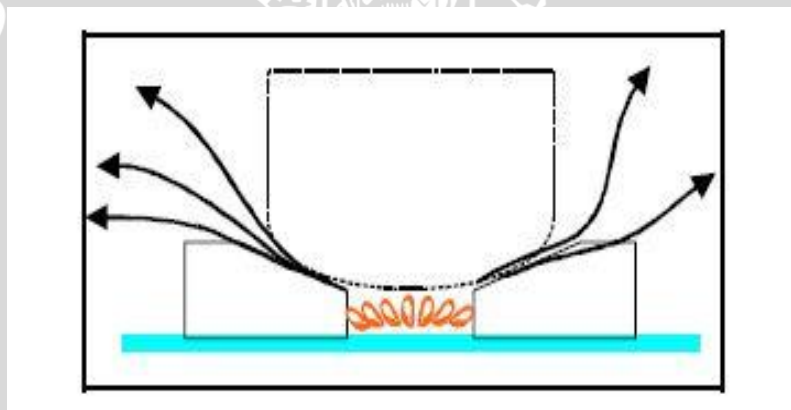
1. Agar mahasiswa dapat mengetahui pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas..
2. Agar dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari – hari dalam hal penghematan bahan bakar gas.

## BAB II

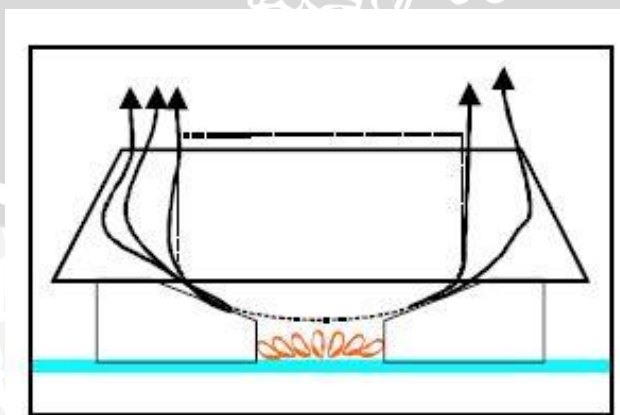
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Dendi Wardani (2007) melakukan penelitian alat penghemat bahan bakar kompor gas berupa selubung yang terbuat dari aluminium yang diletakkan di sekitar panci. Prinsip alat penghemat gas tersebut dengan menempatkan gas panas hasil dari pembakaran yang tersebar ke sisi-sisi panci sehingga energi panas hasil dari pembakaran dapat lebih banyak diserap oleh panci yang selanjutnya diserap oleh air. Dalam penelitiannya, teknik yang digunakan yaitu dengan memanfaatkan sebuah alat pengumpul aliran gas hasil pembakaran untuk diarahkan ke sisi-sisi luar panci dan energi hasil pembakaran dapat digunakan secara maksimal. Seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



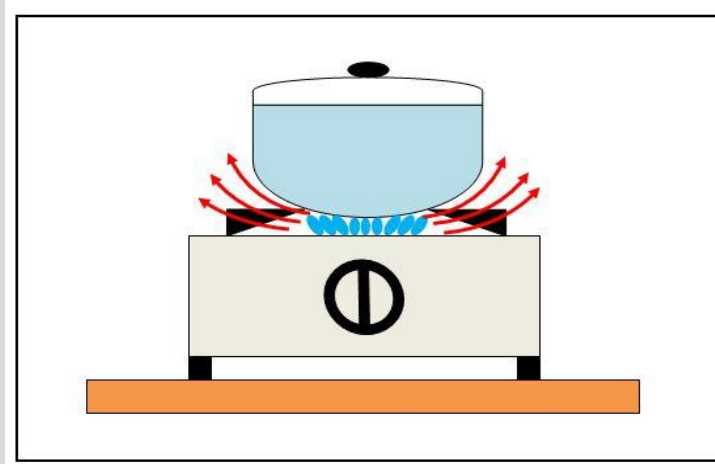
Gambar 2.1 Sebaran energi panas hasil pembakaran  
Sumber : Dendi Wardani (2007)



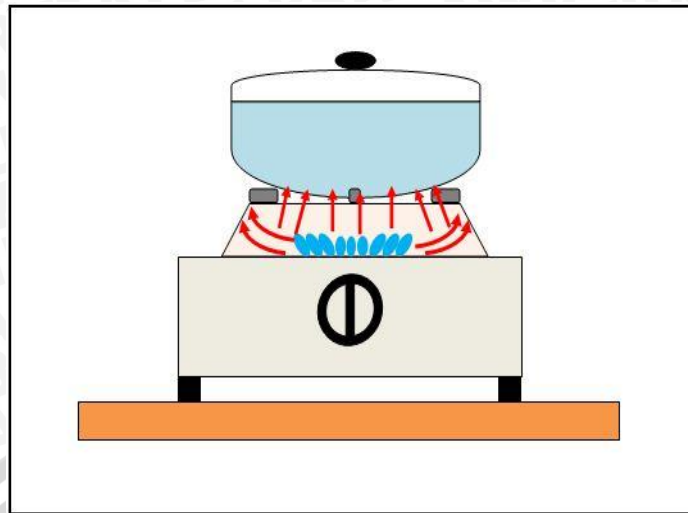
Gambar 2.2 Sebaran energi panas hasil pembakaran terkontrol  
Sumber : Dendi Wardani (2007)

Dengan menggunakan alat bantu berupa selubung disekitar panci, diharapkan proses pembakaran bahan bakar dapat terjadi sempurna dan aliran energi panas hasil pembakaran dapat terkontrol seperti pada gambar 2.2. Dari fenomena tersebut diharapkan energi dari bahan bakar yang dimanfaatkan untuk proses pembakaran lebih sedikit namun hasil dari pembakaran yang dihasilkan lebih besar karena energi panas yang hilang dari hasil pembakaran lebih sedikit dengan alat bantu selubung daripada jika tidak memakai selubung.

Namun pada penelitian ini, selubung yang digunakan sedikit berbeda. Selubung yang digunakan terbuat dari bahan keramik. Bahan keramik dipilih karena memiliki konduktivitas termal yang rendah sehingga diharapkan dapat mengurangi panas yang hilang ke lingkungan sekitar. Selain itu juga dengan selubung keramik diharapkan dapat meningkatkan suhu ruang bakar kompor sehingga panas yang digunakan untuk memanaskan air lebih banyak dan waktu pemanasan jadi lebih singkat.



Gambar 2.3 Sebaran energi panas hasil pembakaran



Gambar 2.4 Sebaran energi panas hasil pembakaran yang terkontrol

Selubung keramik tersebut diletakkan diatas kompor gas sebagai pengganti dudukan standar kompor gas. Pada penelitian ini di analisa bagaimana pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas, sehingga bisa didapatkan jarak selubung dengan panci yang optimal dan dapat meningkatkan efisiensi sistem pemanasan tersebut. Ilustrasi penggunaan selubung keramik pada kompor gas dapat dilihat pada gambar 2.4 diatas.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses pemanasan air dalam panci selain karena paling sering dilakukan dalam rumah tangga, pemanasan air merupakan hal yang paling mudah dilakukan dalam pengambilan data mengingat proses pengambilan data dilakukan secara berulang dengan jumlah sesuai variasi yang diperlukan.

## 2.2 Sistem Termodinamika

Sistem Termodinamika didefinisikan sebagai besaran atau suatu luasan pada ruang yang dipilih untuk di analisis. Sistem Termodinamika dibagi menjadi dua yaitu sistem tertutup (*closed system*) dan sistem terbuka (*open system*). Pada Sistem terbuka, energi dan massa dapat keluar atau masuk ke dalam sistem melewati batas sistem. Sedangkan pada sistem tertutup, jumlah massa yang dianalisa tetap namun volume dapat berubah. Pada sistem tertutup yang dapat keluar atau masuk adalah energi dalam bentuk panas atau kerja.

Pada penelitian ini, sistem memanaskan air dalam panci merupakan sistem tertutup



### 2.2.1 Keseimbangan Energi untuk Sistem Tertutup

Hukum pertama termodinamika adalah prinsip kekekalan energi. Prinsip kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan namun energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Keseimbangan energi dapat diartikan sebagai perubahan total energi yang terjadi dalam suatu sistem proses adalah sama dengan jumlah energi yang masuk maupun keluar sistem sepanjang proses tersebut. Sehingga dapat dirumuskan,

$$E_{in} - E_{out} = \Delta U = m C_v \Delta T \quad (\text{Çengel, 2003:13}) \quad (2-1)$$

Pada pemanasan air dalam panci, sistem yang mempengaruhi hanya perpindahan panas dan tidak ada kerja yang melewati batas sistem sehingga keseimbangan energi disederhanakan menjadi,

$$Q = m C_v \Delta T \quad (\text{Çengel, 2003:13}) \quad (2-2)$$

dengan :  $Q$  = Laju energi kalor (W)

$m$  = Massa fluida (kg)

$C_v$  = Kalor spesifik pada volume konstan (J/kg.°C)

$\Delta T$  = Perubahan temperatur (°C)

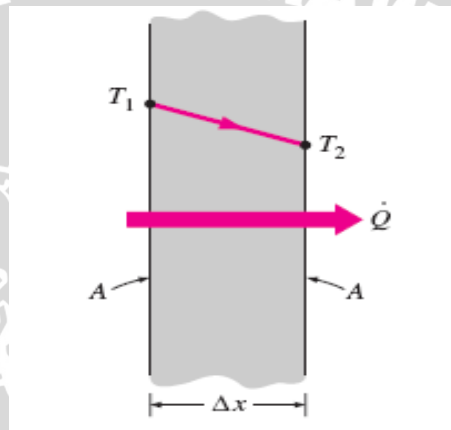
### 2.3 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu bentuk perpindahan energi dari suatu sistem ke sistem lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Perpindahan panas ini selalu terjadi dari suatu sistem bersuhu tinggi ke sistem lain yang bersuhu lebih rendah dan akan berhenti setelah kedua sistem mencapai temperatur yang sama. Macam-macam perpindahan kalor yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

#### 2.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor konduksi didefinisikan sebagai suatu perpindahan kalor dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah dalam satu medium atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan atau berinteraksi secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Perpindahan kalor konduksi dapat terjadi baik pada benda padat, benda cair maupun gas, Pada benda cair dan gas perpindahan kalor konduksi terjadi karena adanya

tumbukan serta difusi pada molekul selama mengalami gerak acak akibat kenaikan temperatur, sedangkan pada benda padat perpindahan kalor konduksi terjadi karena kombinasi getaran molekul pada kisi-kisinya serta perpindahan energi oleh elektron bebas, dimana pada saat dipanaskan, gerakan dari atom dan elektron bebas yang sebelumnya bergetar dengan setimbang akan berubah menjadi getaran yang lebih besar sehingga menumbuk atom-atom dan elektron disekitarnya. Interaksi antar atom maupun elektron tersebut menyebabkan adanya *transfer* energi dari atom yang satu ke atom yang lain, sehingga kalor akan merambat dalam substansi tersebut secara atomik. Perpindahan kalor konduksi melalui sebuah dinding dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Perpindahan kalor konduksi

Sumber : Çengel (2003:18)

Laju perpindahan kalor konduksi dikemukakan oleh J.B.J. Fourier pada tahun 1822 yaitu besarnya laju perpindahan kalor konduksi proporsioanal terhadap luas permukaan yang dilalui kalor, perbedaan temperatur, dan konduktivitas termal material, namun berbanding terbalik terhadap ketebalan dari permukaan yang dilalui oleh kalor, sehingga dapat dinyatakan :

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (\text{Çengel, 2003:18}) \quad (2-3)$$

Dengan :  $\dot{Q}_{cond}$  = Laju perpindahan kalor konduksi (W)

k = Konduktivitas *thermal* bahan (W/m °C)

A = Luas permukaan perpindahan kalor (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Perbedaan temperatur permukaan perpindahan kalor ( $^{\circ}\text{C}$ )

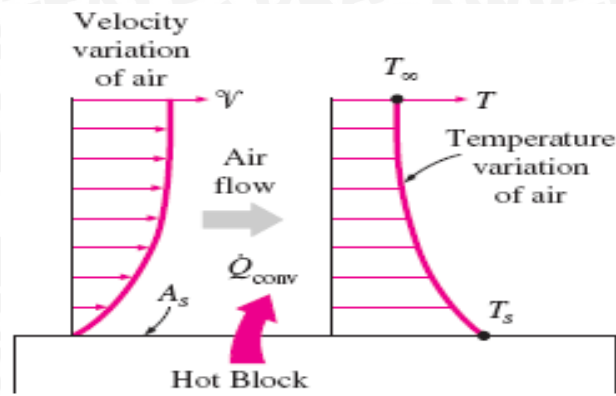
$\Delta x$  = Ketebalan permukaan perpindahan kalor pada arah x (m)

Konduktivitas termal merupakan suatu konstanta proporsional yang menyatakan kemampuan suatu material untuk menghantarkan kalor, konduktivitas termal di definisikan sebagai besarnya kalor yang dapat dihantarkan oleh setiap unit tebal dari material per unit area per unit perbedaan temperatur.

### 2.3.2 Perpindahan Kalor Konveksi

Perpindahan kalor konveksi adalah suatu mekanisme perpindahan kalor antara permukaan padat dengan fluida cair maupun gas yang bergerak dan melibatkan konduksi serta gerakan dari fluida tersebut. Semakin cepat gerakan fluida maka akan semakin besar laju perpindahan kalor konveksinya. Atas dasar suatu proses pendinginan balok panas yang ditiupkan udara dingin maka proses perpindahan kalor konveksi akan terjadi melalui beberapa tahap, pertama energi kalor akan mengalir secara konduksi dari permukaan benda padat ke partikel-partikel lapisan fluida yang berbatasan, kemudian energi ini akan terbawa menjauh dari permukaan benda padat melalui mekanisme konveksi, dimana terdapat dua proses yang terjadi secara bersamaan yaitu kombinasi dari efek konduksi didalam fluida akibat gerakan acak antar partikel-partikel fluida yang terjadi secara mikroskopis sehingga partikel fluida yang memiliki energi lebih tinggi akan memindahkan sebagian energinya pada partikel fluida yang memiliki energi lebih rendah, serta adanya gerakan fluida secara makroskopis yang akan menggantikan fluida yang telah panas di sekitar permukaan benda padat dengan fluida dingin.

Semakin cepat fluida bergerak maka laju perpindahan kalor juga akan semakin tinggi, adanya gerakan fluida akan semakin cepat menggantikan fluida yang telah panas disekitar permukaan benda padat dengan fluida dingin atau sebaliknya sehingga dihasilkan temperatur fluida yang lebih dingin atau lebih panas pada lapisan lapisan fluida yang saling berinteraksi melakukan perpindahan panas, hal ini menyebabkan laju perpindahan kalor akan semakin tinggi.



Gambar 2.6 Perpindahan kalor konveksi dari suatu permukaan panas yang ditiupkan udara dingin

Sumber : Çengel (2003:26)

Perpindahan kalor konveksi akan melibatkan perpindahan massa dari fluida, dengan tidak adanya gerakan fluida maka perpindahan kalor yang terjadi merupakan murni perpindahan kalor konduksi.

Secara umum perpindahan kalor konveksi dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Konveksi bebas (*free convection*)

Pada konveksi bebas gerakan perpindahan fluida terjadi karena adanya perbedaan densitas atau kerapatan fluida yang disebabkan oleh adanya perbedaan atau gradien temperatur, proses ini terjadi secara alamiah sehingga sering disebut konveksi alamiah (*natural convection*).

2. Konveksi paksa (*forced convection*)

Pada konveksi paksa fluida dipaksa bergerak oleh adanya gaya atau energi dari luar, misalnya oleh pompa atau kipas (*fan*). *transfer* kalor yang dihasilkan akan lebih tinggi dari konveksi bebas.

Besarnya laju perpindahan kalor konveksi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s(T_s - T_{\infty}) \quad (\text{Çengel, 2003:26}) \quad (2-4)$$

dengan :  $\dot{Q}_{conv}$  = Laju perpindahan kalor konveksi (W)

$h$  = Koefisien perpindahan kalor konveksi ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$A_s$  = Luas permukaan perpindahan kalor ( $\text{m}^2$ )

$T_s$  = Temperatur permukaan benda ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{\infty}$  = Temperatur fluida pada jarak tertentu dari permukaan benda ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 2.3.3 Perpindahan Kalor Radiasi

Radiasi merupakan perpindahan kalor tanpa adanya medium sehingga tidak ada transfer momentum maupun transfer massa yang dapat dianalogikan. Radiasi termal dapat didefinisikan sebagai energi yang dipancarkan oleh permukaan suatu bahan yang panas, dalam bentuk gelombang elektromagnetik (Holman, 1981). Menurut hukum Stefan, radiasi adalah pancaran energi dari suatu sumber kalor dan dinyatakan oleh rumus:

$$Q_{rad} = e \sigma A T^4 \quad (\text{Çengel, 2003:54}) \quad (2-5)$$

Dengan :

$Q_{rad}$	=	Laju perpindahan kalor radiasi (W)
$e$	=	Emisivitas; $0 \leq e \leq 1$
$\sigma$	=	Konstanta Stefan-Boltzmann; $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
$A$	=	Luas permukaan perpindahan kalor ( $\text{m}^2$ )
$T$	=	Temperatur absolut

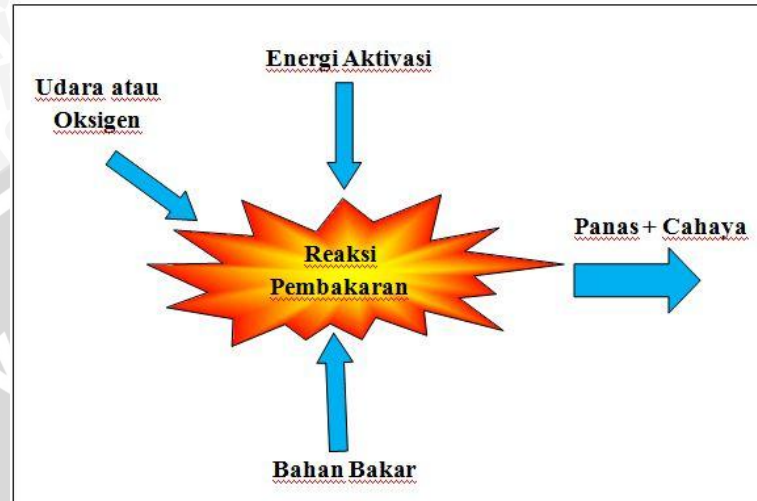
Perpindahan kalor secara radiasi dapat berlangsung di dalam kompor antara api yang menyala dengan benda-benda disekitar kompor gas. Perpindahan kalor secara radiasi berlangsung pada permukaan terluar kompor yang panas atau bersuhu tinggi ke lingkungan di sekitarnya sehingga terjadi *heat loss*. Namun, ada pula radiasi yang menguntungkan, seperti kalor yang dipancarkan api yang berpindah secara radiasi ke permukaan bawah panci sehingga dapat mempercepat proses memasak

## 2.4 Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi oksidasi yang terjadi antara bahan bakar dengan udara (oksigen) dengan bantuan energi dari luar (energi aktivasi) disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor (Turns, 1996). Energi tersebut berfungsi sebagai pemutus ikatan-ikatan bahan bakar menjadi radikal (ion) dan sangat reaktif. Ion-ion akan bereaksi dengan oksigen membentuk ikatan yang lebih kuat dan kelebihan-kelebihan energi ikatan akan dilepas kedalam sistem, sehingga menyebabkan kenaikan temperatur yang tinggi.

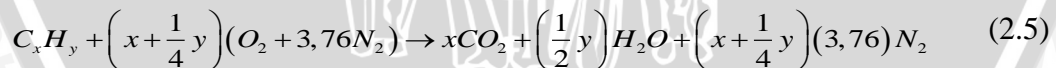
Proses pembakaran dapat berlangsung dengan syarat :

1. Bahan bakar
2. Pengoksidasi (oksigen atau udara)
3. Panas atau energi aktivasi



Gambar 2.7 Ilustrasi Proses Pembakaran  
Sumber : Wardana (2008:1)

Pembakaran ideal adalah pembakaran yang dapat menghasilkan produk pembakaran secara sempurna. Kondisi ini disebut dengan kondisi stoikiometri. Untuk memenuhi pembakaran sempurna, semua C bereaksi dengan  $O_2$  menjadi  $CO_2$  dan semua  $H_2$  akan bereaksi menjadi  $H_2O$ . Reaksi pembakaran sempurna antara bahan bakar ( $C_xH_y$ ) dengan udara secara matematis dituliskan sebagai berikut (Wardhana, 1995:21):



Ada 5 syarat yang harus dipenuhi untuk mengusahakan terjadinya pembakaran sempurna sesuai dengan aturan MATTP (Culp, 1996:108), yakni:

1. M, mixing atau pencampuran bahan bakar dan udara yang baik
2. A, air atau udara pembakaran yang cukup
3. T, time atau waktu harus mencukupi untuk proses reaksi
4. T, temperature atau suhu pembakaran yang cukup tinggi
5.  $\rho$ , massa jenis yang cukup untuk proses difusi

Salah satu keuntungan dari proses pembakaran adalah dapat memperoleh energi yang cepat dengan adanya reaksi kimia pembakaran yang berlangsung sangat cepat.

Oleh karena itu, peningkatan kecepatan reaksi pembakaran merupakan faktor penting di dalam pembakaran. Hal-hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan reaksi pembakaran adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan intensitas turbulensi untuk proses pencampuran reaktan.
2. Memperluas daerah kontak reaksi antara bahan bakar dan udara.
3. Meningkatkan temperatur pembakaran (pemanasan awal).

## 2.5 Bahan Bakar Gas

Bahan bakar merupakan suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Bahan bakar menjadi sumber energi pada proses pembakaran baik difusi maupun premix. Menurut wujudnya, ada tiga jenis bahan bakar yaitu bahan bakar padat, cair, dan gas. Namun jika ditinjau dari aspek lain seperti proses pembentukannya bahan bakar terbentuk secara alamiah dan buatan.

Bahan bakar alami adalah bahan bakar yang telah tersedia di alam dan tanpa ada campur tangan manusia dalam meningkatkan nilai kalor dari bahan bakar tersebut. Bahan bakar padat alami seperti: kayu, batubara, lignit, antrasit, dedaunan, dan sebagainya.

Bahan bakar buatan adalah bahan bakar yang telah melalui berbagai macam proses kimia maupun fisika untuk menambah nilai kalornya. Bahan bakar padat buatan seperti: kokas, briket batubara, arang dan bris. Bahan bakar cair buatan seperti olahan dari minyak bumi berupa *kerosene*, *pertamax*, *premium*, *solar* dan lain sebagainya. Sedangkan bahan bakar gas buatan misalnya *propane* dan *butane* pada gas LPG.

Penggunaan bahan bakar tergantung pada kebutuhan akan efisiensi dan keekonomisannya, Pada beberapa tahun silam, kebutuhan energi ntuk rumah tangga di indonesia disuplai dari bahan bakar cair, berupa *kerosene* (minyak tanah) namun dengan kebijakan menggunakan bahan bakar gas dari pemerintah penggunaan bahan bakar kerosin menjadi berkurang. Hal ini perlu diterapkan guna menyelamatkan keadaan ekonomi negara dari isu Internasional kenaikan harga bahan bakar minyak dunia. Bahan bakar gas memang sedikit lebih mahal dari bahan bakar cair namun dalam penanganannya mudah dan lebih sederhana serta kebutuhan akan udara lebih rendah dari bahan bakar lain.

### 2.5.1 LPG (*Liquefied Petroleum Gas*)

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) merupakan bahan bakar yang didapat dari proses pengolahan gas alam atau dari minyak mentah. Dari gas alam selain dihasilkan LNG juga didapat LPG, sedangkan dari pengolahan minyak mentah sebagian besar produk ringan dapat menghasilkan LPG dengan berbagai proses. Proses produksi LPG diawali dengan pembersihan gas alam dari berbagai kotoran. Selanjutnya gas yang sudah bersih dikeringkan, lalu didinginkan hingga menjadi cair. Gas yang sudah cair ini dipisahkan dengan proses fisika-kimia di instalasi pemisahan berturut-turut untuk mengeluarkan senyawa metana ( $\text{CH}_4$ ), etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), butana ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), dan lain sebagainya. LPG bisa dibuat dari senyawa propana (*propane*), butana (*butane*) atau campuran keduanya dengan perbandingan tertentu.

Elpiji yang diproduksi dan dipasarkan di Indonesia oleh PT. Pertamina terdapat tiga jenis yaitu:

#### 1. LPG Campuran

Bahan bakar gas elpiji untuk kebutuhan rumah tangga, industri dan komersial yaitu elpiji campuran propana dan butana. Terdiri atas 70% volume propana dan 30% volume butana serta ditambahkan *mercaptant* yang berbau menyengat.

#### 2. LPG Propana

Bahan bakar gas elpiji untuk kebutuhan khusus yaitu bahan bakar elpiji propana. Terdiri dari 95% propana dan ditambahkan *mercaptant* yang berbau menyengat.

#### 3. LPG Butana

Bahan bakar gas elpiji untuk kebutuhan industri yaitu bahan bakar elpiji butana. Terdiri dari 97,5% butana dan ditambahkan *mercaptant* yang berbau menyengat.

## 2.6 Keramik

Keramik adalah benda-benda yang terbuat dari tanah liat atau lempung yang mengalami suatu proses pengerasan dengan pembakaran suhu tinggi. Tetapi saat ini tidak semua keramik berasal dari tanah liat. Definisi keramik terbaru mencakup semua bahan bukan logam dan anorganik yang berbentuk padat. Keramik biasanya material yang kuat, dan keras dan juga tahan korosi. Contohnya, semen dan tanah liat, keduanya



dapat dibentuk ketika basah namun ketika kering akan menghasilkan objek yang lebih keras dan lebih kuat. Bahan baku keramik yang umum dipakai adalah felspar, *ball clay*, kwarsa, kaolin, dan air. Sifat yang umum dan mudah dilihat secara fisik pada kebanyakan jenis keramik adalah *brittle* atau rapuh. Sifat keramik sangat ditentukan oleh struktur kristal, komposisi kimia dan mineral bawaannya. Oleh karena itu sifat keramik juga tergantung pada lingkungan geologi dimana bahan diperoleh.

Jenis- Jenis Keramik antara lain:

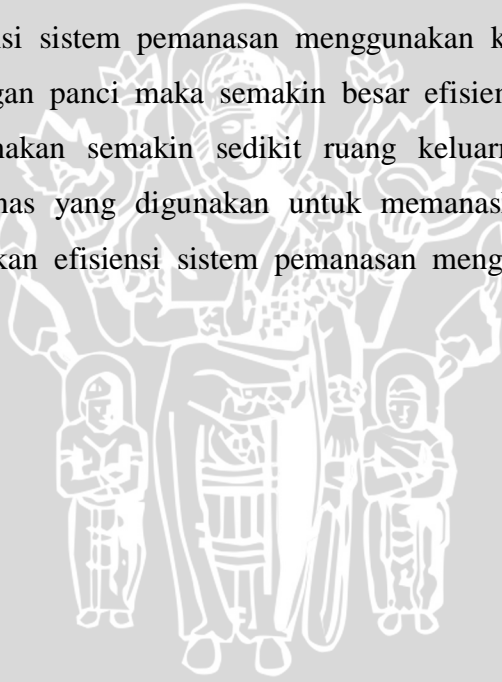
1. Gerabah (*Earthenware*), dibuat dari semua jenis bahan tanah liat yang plastis dan mudah dibentuk dan dibakar pada suhu maksimum 1000°C. Keramik jenis ini struktur dan teksturnya sangat rapuh, kasar dan masih berpori. Agar kedap air, gerabah kasar harus dilapisi glasir, semen atau bahan pelapis lainnya. Gerabah termasuk keramik berkualitas rendah apabila dibandingkan dengan keramik batu (*stoneware*) atau porselin. Contoh dari gerabah antara lain Bata, genteng, paso, pot, anglo, kendi dan gentong
2. Keramik Batu (*Stoneware*), dibuat dari bahan lempung plastis yang dicampur dengan bahan tahan api sehingga dapat dibakar pada suhu tinggi (1200°-1300°C). Keramik jenis ini mempunyai struktur dan tekstur halus dan kokoh, kuat dan berat seperti batu. Keramik jenis termasuk kualitas golongan menengah.
3. Porselin (*Porcelain*), adalah jenis keramik bakaran suhu tinggi yang dibuat dari bahan lempung murni yang tahan api, seperti kaolin, alumina dan silika. Oleh karena badan porselin jenis ini berwarna putih bahkan bisa tembus cahaya, maka sering disebut keramik putih. Pada umumnya, porselin dipijar sampai suhu 1350°C atau 1400°C, bahkan ada yang lebih tinggi lagi hingga mencapai 1500°C. Porselin yang tampaknya tipis dan rapuh sebenarnya mempunyai kekuatan karena struktur dan teksturnya rapat serta keras seperti gelas. Keramik jenis ini mempunyai kualitas tinggi dan bagus,
4. Keramik Baru (*New Ceramic*), adalah keramik yang dibuat dan diproses untuk keperluan teknologi tinggi seperti perangkat-perangkat mobil, listrik, konstruksi, komputer, pesawat, keramik metal, keramik multi lapis, keramik multi fungsi, komposit keramik, silikon, *bioceramic*, dan keramik magnit. Sifat khas dari material keramik jenis ini disesuaikan dengan keperluan yang bersifat teknis seperti tahan benturan, tahan gesek, tahan panas, tahan karat, tahan suhu kejutan seperti isolator, bahan pelapis dan komponen teknis lainnya

Jika dilihat pembuatannya, bahan mentah keramik digolongkan menjadi 5 (lima) yaitu :

1. Bahan Pengikat Contoh : kaolin, *ball clay*, *fire clay*, *red clay*
2. Bahan Pelebur Contoh : felspar, kapur
3. Bahan Pengisi Contoh : silika, grog (camot)
4. Bahan Tambahan Contoh : *water glass*, talk, pyrophillit
5. Bahan Mentah Glasir. (Bahan yang membuat lapisan gelas pada permukaan benda keramik setelah melalui proses pembakaran pada suhu tertentu)

## 2.7 Hipotesa

Dengan pemasangan selubung pada kompor gas maka panas yang hilang ke lingkungan akan berkurang sehingga panas hasil pembakaran akan seluruhnya digunakan untuk memanaskan air dalam panci. Jarak selubung dengan panci memiliki pengaruh terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas. Semakin kecil jarak selubung dengan panci maka semakin besar efisiensi sistem pemanasan tersebut. Hal ini dikarenakan semakin sedikit ruang keluarnya gas panas hasil pembakaran sehingga panas yang digunakan untuk memanaskan air dalam panci semakin besar menyebabkan efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas akan meningkat.



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*), yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti melalui proses eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas.

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga macam yaitu:

##### 1. Variabel bebas (*independent variabel*)

Variabel bebas adalah variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah:

- Jarak selubung dengan panci yaitu, 1, 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 mm dari puncak selubung

##### 2. Variabel terikat (*dependent variabel*)

Variabel terikat adalah variabel hasil yang besarnya bergantung dari nilai variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah:

##### 1. Energi panas hasil proses pembakaran

Merupakan energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran gas LPG.

##### 2. Penghematan waktu memasak

Merupakan penghematan waktu pemanasan pada kompor yang menggunakan selubung dibandingkan dengan waktu pemanasan pada kompor standar.

##### 3. Panas yang hilang

Merupakan panas yang tidak digunakan untuk memanaskan air dalam panci.

##### 4. Efisiensi

Merupakan perbandingan energi yang diperlukan untuk memanaskan air dalam panci dengan bahan bakar yang digunakan dalam proses pembakaran.

### 3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilainya dikondisikan konstan.

Variabel yang dikontrol dalam penelitian ini adalah:

1. Api kompor gas pada bukaan gas yang paling kecil
2. Fluida yang dipanaskan adalah air dengan volume 1 liter, suhu 25° C
3. Bahan selubung yang digunakan terbuat dari keramik
4. Menggunakan 1 unit kompor gas yang sama

### 3.3 Alat - Alat Penelitian

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa jenis, yaitu peralatan utama yang akan diambil data-data yang diperlukan, serta peralatan tambahan yang digunakan untuk mencatat data dan mengkondisikan pengujian.

#### 3.3.1 Alat Utama

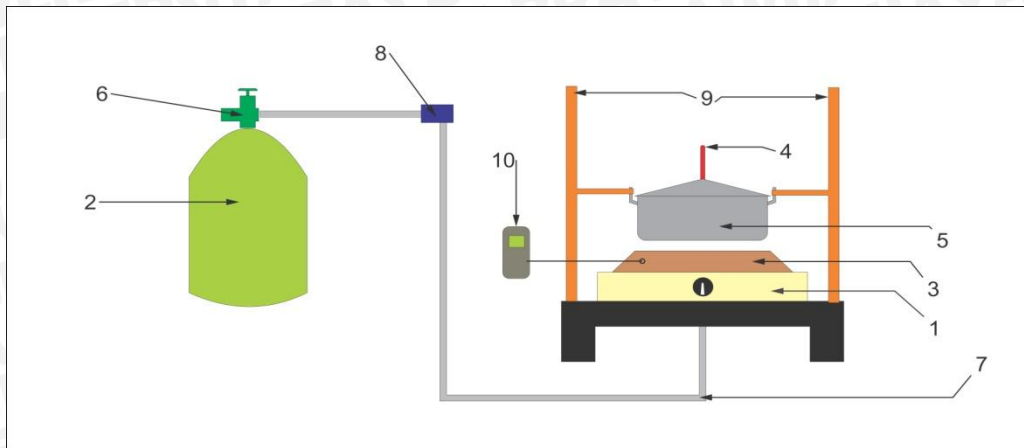
Peralataan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebuah selubung yang terbuat dari keramik. Komposisi yang dipakai dalam pembuatan keramik adalah 52% Kaolin, 20% Clay, 21% Camot dan 7% Zirkonium.



Gambar 3.1 Selubung Keramik

#### 3.3.2 Peralatan Bantu Pengujian

Adapun peralatan bantu pengujian terdiri dari:



Gambar 3.2 Skema Instalasi Alat Penelitian

- Keterangan :
- |                       |                     |                              |
|-----------------------|---------------------|------------------------------|
| 1. Kompor Gas         | 5. Panci            | 9. Pengatur ketinggian panci |
| 2. Tabung Gas         | 6. Regulator        | 10. <i>Thermocouple set</i>  |
| 3. Selubung keramik   | 7. Selang gas       |                              |
| 4. <i>Thermometer</i> | 8. <i>Flowmeter</i> |                              |

1. Kompor gas

Dalam hal ini kompor gas memiliki fungsi sebagai tempat dimana terjadinya proses pembakaran berlangsung. Kompor gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kompor gas standar yang ada dipasaran.



Gambar 3.3 Kompor Gas 1 Tungku

2. Tabung Gas

Tabung ini dipergunakan sebagai wadah untuk menyimpan bahan bakar gas tersebut dalam bentuk liquid. Tabung yang digunakan dalam penelitian adalah tabung LPG 3 kg.



Gambar 3.4 Tabung Gas

### 3. *Thermocouple Set*

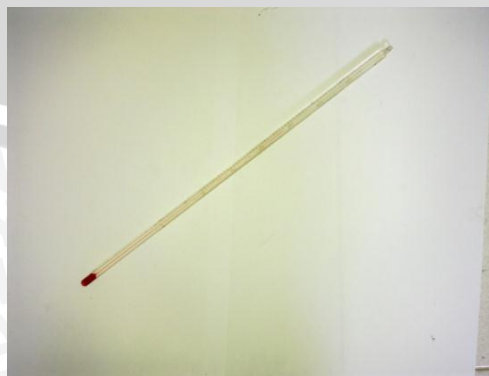
Alat ini dipergunakan untuk mengukur perubahan temperatur yang terjadi saat proses pembakaran. Alat ini nantinya akan dipasang pada ruang bakar dan dinding luar selubung.



Gambar 3.5 *Thermocouple Set*

### 4. *Thermometer*

Alat ini memiliki fungsi untuk mengukur perubahan suhu air yang terjadi pada saat proses pemanasan air dalam panci.



Gambar 3.6 *Thermometer*

5. Panci

Alat ini dipergunakan sebagai wadah air.



Gambar 3.7 Panci

6. Regulator

Alat ini digunakan untuk mengatur tekanan keluar gas dari dalam tabung LPG.



Gambar 3.8 Regulator

7. Selang Gas

Dalam hal ini selang dipergunakan sebagai lintasan bahan bakar dari tabung gas menuju kompor.



Gambar 3.9 Selang Gas

#### 8. *Flowmeter*

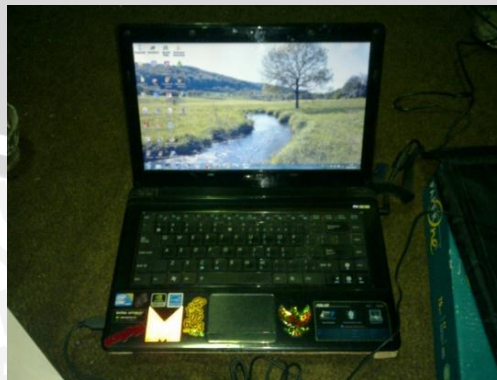
*Flowmeter* merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur jumlah atau laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau saluran. *Flowmeter* yang digunakan pada penelitian ini jenis *Flowmeter* gas



Gambar 3.10 *Flowmeter*

#### 9. Komputer

Alat ini digunakan mengolah dan menganalisa data hasil dari percobaan.



Gambar 3.11 Komputer



### 3.4 Tempat Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi kompor gas ini dilakukan pada bulan november 2013 sampai dengan bulan desember 2013, bertempat di Laboratorium Motor Bakar Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Brawijaya Malang.

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan penelitian

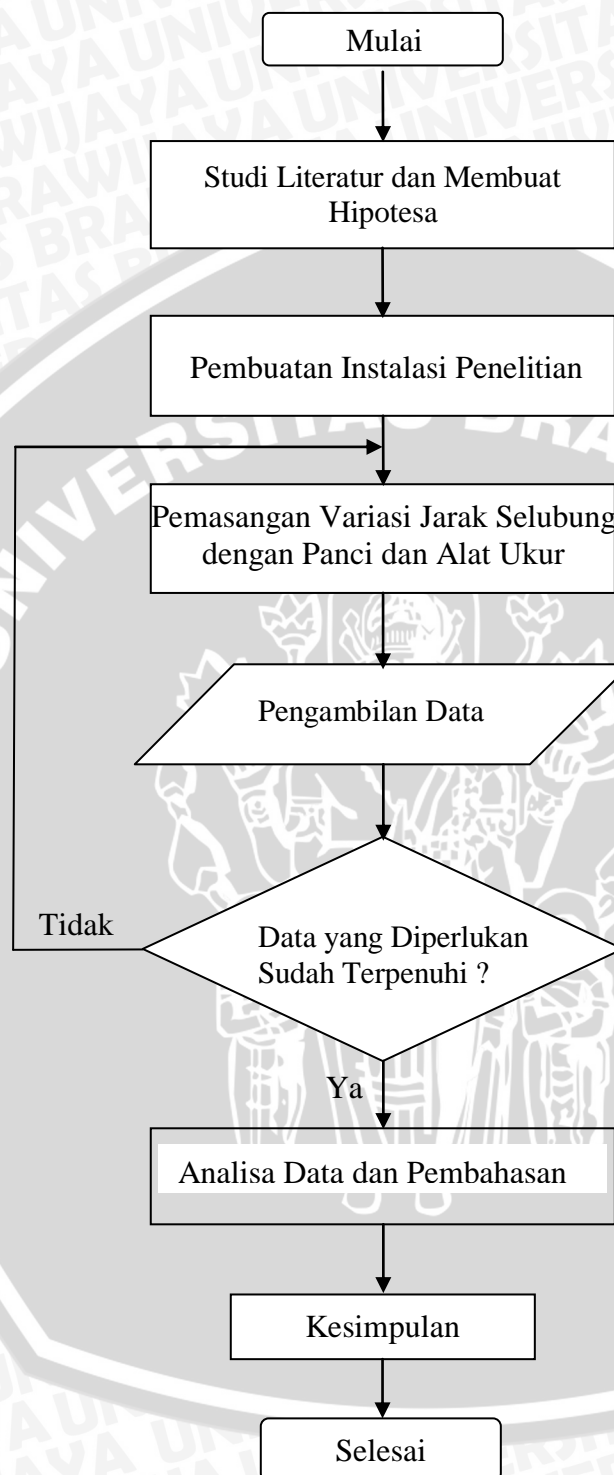
1. Menyiapkan instalasi penelitian dengan berbagai jarak selubung dengan panci.
2. Pengecekan kondisi alat baik alat utama maupun alat bantu.

#### 3.5.2 Pelaksanaan percobaan :

1. Memasang semua instalasi penelitian.
2. Menyalakan kompor gas.
3. Mengambil data temperatur pada kompor standar berupa temperatur ruang bakar, temperatur air dalam panci dan lama waktu untuk mencapai air mendidih.
4. Mengambil data temperatur pada kompor dengan selubung, berupa temperatur ruang bakar, temperatur sisi luar selubung, temperatur air dalam panci dan lama waktu untuk mencapai air mendidih.
5. Mengulangi langkah 1, 2, dan 4 dengan memasang berbagai variasi jarak selubung dengan panci yang telah disiapkan.
6. Setelah didapatkan data semua variasi, data kemudian diolah serta dilakukan analisa mengenai pengaruh jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi kompor gas yang dihubungkan dengan dasar teori.
7. Menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan..

### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini mengikuti diagram alir sebagai berikut:



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

##### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

Tabel 4.1 Data Pengujian Kompor Standar

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)	
		Air	Ruang Bakar
1	1	32	49
2	2	39,3	53
3	3	46,7	59
4	4	54,6	62
5	5	61,3	65
6	6	69,1	67
7	7	76	68
8	8	83,4	70
9	9	90,4	70
10		95	70

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 10 menit 37 detik = 637 detik

Tabel 4.2 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 7 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	31,3	30	53
2	2	38,5	34	59
3	3	46,8	38	65
4	4	54,8	41	71
5	5	63,4	45	75
6	6	71,2	48	79
7	7	79,4	51	82
8	8	87,6	53	84
9	9	94,5	56	87
10		95	56	88

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 9 menit 16 detik = 556 detik

Tabel 4.3 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 6 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	29,7	30	51
2	2	37,8	34	58
3	3	46,2	38	65
4	4	54,2	41	70
5	5	62,5	44	75
6	6	70,6	48	79
7	7	79	51	83
8	8	87,1	53	85
9	9	95	54	87

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 9 menit = 540 detik

Tabel 4.4 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 5 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	32,4	30	51
2	2	41	34	58
3	3	48,7	38	65
4	4	57	41	70
5	5	64,9	44	75
6	6	72,7	48	79
7	7	80,9	51	83
8	8	88,8	53	85
9	9	95	54	87

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 8 menit 42 detik = 522 detik

Tabel 4.5 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 4 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	31,2	29	51
2	2	38,9	33	57
3	3	47,7	38	64
4	4	55,4	41	69
5	5	64,7	44	75
6	6	73,5	48	78
7	7	81,7	51	83
8	8	89	54	85
9	9	95	55	87

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 8 menit 41 detik = 521 detik

Tabel 4.6 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 3 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	30,4	28	48
2	2	38,4	32	55
3	3	46,4	37	62
4	4	54,9	41	68
5	5	62,7	45	73
6	6	71,6	49	78
7	7	79,6	52	82
8	8	88	55	86
9	9	95	56	88

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 8 menit 55 detik = 535 detik

Tabel 4.7 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 2 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	31,5	30	52
2	2	40	35	59
3	3	47,9	39	65
4	4	56,3	43	70
5	5	64,8	47	76
6	6	73,2	50	81
7	7	81,4	53	85
8	8	89,7	56	88
9	9	95	57	90

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 8 menit 35 detik = 515 detik

Tabel 4.8 Data Pengujian Jarak Selubung dengan Panci 1 mm

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)		
		Air	Selubung	Ruang Bakar
1	1	31,7	28	52
2	2	40,9	34	58
3	3	49,3	38	63
4	4	56,7	41	70
5	5	65,1	45	76
6	6	73,9	49	80
7	7	81,7	52	85
8	8	89,2	55	88
9	9	95	56	90

Untuk mencapai suhu akhir membutuhkan waktu 8 menit 41 detik = 521 detik

#### 4.1.2 Pengolahan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari nilai efisiensi, penghematan waktu memasak dan distribusi panas kompor gas. Di bawah ini adalah contoh perhitungan data hasil penelitian.

Data yang diperoleh saat penelitian adalah sebagai berikut:

- Massa air : 1 kg
- $C_p$  air : 4200 J/kg °C
- Temperatur awal air : 25°C
- Temperatur akhir air : 95°C
- Debit ( $Q$ ) gas LPG : 0,0125 L/s
- Massa jenis ( $\rho$ ) gas LPG : 2,1 kg/m<sup>3</sup> = 0,0021 kg/L
- LHV gas propana : 46133,884 KJ/kg
- LHV gas butana : 46464,176 KJ/kg
- Komposisi gas LPG : 30% propana dan 70% butana

### Contoh Perhitungan

#### 1. Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu

Perhitungan efisiensi termal tiap kenaikan waktu untuk jarak selubung dengan panci 7 mm selama 1 menit.

- Energi yang diserap air

$$E_{\text{serap}} = \text{massa air} \times C_p \text{ air} \times \Delta T$$

$$E_{\text{serap}} = 1 \times 4200 \times (31,3 - 25)$$

$$E_{\text{serap}} = 26460 \text{ J}$$

- Massa alir gas LPG

$$\dot{m} = \rho_{\text{LPG}} \times Q_{\text{LPG}}$$

$$\dot{m} = 0,0021 \times 0,0125$$

$$\dot{m} = 0,0000265 \text{ kg/s}$$

- Nilai kalor (LHV) gas LPG

$$LHV_{\text{LPG}} = (0,3 \times LHV_{\text{propana}}) + (0,7 \times LHV_{\text{butana}})$$

$$LHV_{\text{LPG}} = (0,3 \times 46133,884) + (0,7 \times 46464,176)$$

$$LHV_{\text{LPG}} = 46365,08 \text{ kJ/kg}$$

- Energi hasil pembakaran

$$E_{\text{hasil}} = \dot{m} \times t \times LHV_{\text{LPG}}$$

$$E_{\text{hasil}} = 0,0000265 \times 60 \times 46365080$$

$$E_{\text{hasil}} = 73025,001 \text{ J}$$

- Efisiensi

$$\eta = \frac{E_{serap}}{E_{hasil}}$$

$$\eta = \frac{26460}{73025,001}$$

$$\eta = 36,23 \%$$

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 7 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$E_{serap}$ (J)	$m_{gas}$ (kg)	$E_{hasil}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	6,3	26460	0,0016	73025,001	36,23
2	120	13,5	56700	0,0032	146050,002	38,82
3	180	21,8	91560	0,0047	219075,003	41,79
4	240	29,8	125160	0,0063	292100,004	42,85
5	300	38,4	161280	0,0079	365125,005	44,17
6	360	46,2	194040	0,0095	438150,006	44,29
7	420	54,4	228480	0,0110	511175,007	44,70
8	480	62,6	262920	0,0126	584200,008	45,01

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 6 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$E_{serap}$ (J)	$m_{gas}$ (kg)	$E_{hasil}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	4.7	19740	0,0016	73025,001	27,03
2	120	12.8	53760	0,0032	146050,002	36,81
3	180	21.2	89040	0,0047	219075,003	40,64
4	240	29.2	122640	0,0063	292100,004	41,99
5	300	37.5	157500	0,0079	365125,005	43,14
6	360	45.6	191520	0,0095	438150,006	43,71
7	420	54,0	226800	0,0110	511175,007	44,37
8	480	62.1	260820	0,0126	584200,008	44,65



Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 5 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$E_{\text{serap}}$ (J)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	$E_{\text{hasil}}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	7,4	31080	0,0016	73025,001	42,56
2	120	16,0	67200	0,0032	146050,002	46,01
3	180	23,7	99540	0,0047	219075,003	45,44
4	240	32,0	134400	0,0063	292100,004	46,01
5	300	39,9	167580	0,0079	365125,005	45,90
6	360	47,7	200340	0,0095	438150,006	45,72
7	420	55,9	234780	0,0110	511175,007	45,93
8	480	63,8	267960	0,0126	584200,008	45,87

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 4 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$E_{\text{serap}}$ (J)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	$E_{\text{hasil}}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	6,2	26040	0,0016	73025,001	35,66
2	120	13,9	58380	0,0032	146050,002	39,97
3	180	22,7	95340	0,0047	219075,003	43,52
4	240	30,4	127680	0,0063	292100,004	43,71
5	300	39,7	166740	0,0079	365125,005	45,67
6	360	48,5	203700	0,0095	438150,006	46,49
7	420	56,7	238140	0,0110	511175,007	46,59
8	480	64,0	268800	0,0126	584200,008	46,01

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 3 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$E_{\text{serap}}$ (J)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	$E_{\text{hasil}}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	5,4	22680	0,0016	73025,001	31,06
2	120	13,4	56280	0,0032	146050,002	38,53
3	180	21,4	89880	0,0047	219075,003	41,03
4	240	29,9	125580	0,0063	292100,004	42,99
5	300	37,7	158340	0,0079	365125,005	43,37
6	360	46,6	195720	0,0095	438150,006	44,67
7	420	54,6	229320	0,0110	511175,007	44,86
8	480	63,0	264600	0,0126	584200,008	45,29

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 2 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}C$ )	$E_{\text{serap}}$ (J)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	$E_{\text{hasil}}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	4,4	18480	0,0016	73025,001	25,31
2	120	12,4	52080	0,0032	146050,002	35,66
3	180	20,0	84000	0,0047	219075,003	38,34
4	240	29,1	122220	0,0063	292100,004	41,84
5	300	36,0	151200	0,0079	365125,005	41,41
6	360	44,5	186900	0,0095	438150,006	42,66
7	420	52,1	218820	0,0110	511175,007	42,81
8	480	60,7	254940	0,0126	584200,008	43,64

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 1 mm

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$E_{\text{serap}}$ (J)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	$E_{\text{hasil}}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	5,0	21000	0,0016	73025,001	28,76
2	120	13,0	54600	0,0032	146050,002	37,38
3	180	20,3	85260	0,0047	219075,003	38,92
4	240	28,6	120120	0,0063	292100,004	41,12
5	300	37,1	155820	0,0079	365125,005	42,68
6	360	45,1	189420	0,0095	438150,006	43,23
7	420	52,8	221760	0,0110	511175,007	43,38
8	480	60,3	253260	0,0126	584200,008	43,35

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Kompor Standar

No	Waktu (detik)	$\Delta T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$E_{\text{serap}}$ (J)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	$E_{\text{hasil}}$ (J)	Efisiensi (%)
1	60	7,0	29400	0,0016	73025,001	40,26
2	120	14,3	60060	0,0032	146050,002	41,12
3	180	21,7	91140	0,0047	219075,003	41,60
4	240	29,6	124320	0,0063	292100,004	42,56
5	300	36,3	152460	0,0079	365125,005	41,76
6	360	44,1	185220	0,0095	438150,006	42,27
7	420	51,0	214200	0,0110	511175,007	41,90
8	480	58,4	245280	0,0126	584200,008	41,99

## 2. Efisiensi Total

Perhitungan efisiensi termal total untuk jarak selubung dengan panci 7 mm

- Beda temperatur total

$$\Delta T = T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}$$

$$\Delta T = 95 - 25$$

$$\Delta T = 70^{\circ}\text{C}$$

- Energi yang diserap air

$$E_{\text{serap}} = \text{massa air} \times C_p \text{ air} \times \Delta T$$

$$E_{\text{serap}} = 1 \times 4200 \times 70$$

$$E_{\text{serap}} = 294000 \text{ J}$$

- Energi hasil pembakaran

$$E_{\text{hasil}} = \dot{m} \times t \times LHV_{LPG}$$

$$E_{\text{hasil}} = 0,0000265 \times 556 \times 46365,08$$

$$E_{\text{hasil}} = 676698,343 \text{ J}$$

- Efisiensi

$$\eta = \frac{E_{\text{serap}}}{E_{\text{hasil}}}$$

$$\eta = \frac{294000}{676698,343}$$

$$\eta = 43,45 \%$$

- Penghematan waktu memasak

$$\text{Penghematan} = \text{Waktu}_{\text{standar}} - \text{Waktu}_{7\text{mm}}$$

$$\text{Penghematan} = 637 - 556$$

$$\text{Penghematan} = 81 \text{ detik}$$

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Efisiensi Total

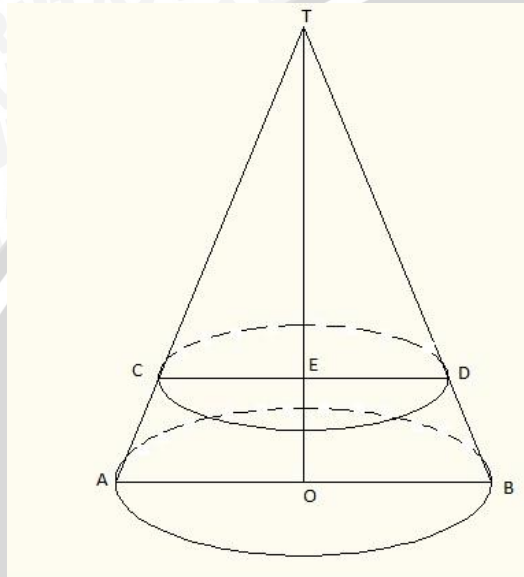
No	Variasi Jarak panci terhadap selubung	$\Delta T$ (°C)	E.serap (J)	E.hasil (J)	Efisiensi (%)	Penghematan Waktu Memasak
1	Kompore Standar	70	294000	775282.094	37.92	-
2	7 mm	70	294000	676698.343	43.45	81 s
3	6 mm	70	294000	657225.009	44.73	97 s
4	5 mm	70	294000	635317.509	46.28	115 s
5	4 mm	70	294000	634100.425	46.36	116 s
6	3 mm	70	294000	651139.592	45.15	102 s
7	2 mm	70	294000	670612,926	43.84	86 s
8	1 mm	70	294000	681566,676	43.14	77 s

### 3. Kehilangan Energi yang Diradiasikan Selubung

Data yang diperoleh saat penelitian adalah sebagai berikut:

- Konstanta Stefan-Boltzmann ( $\sigma$ ) :  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Emisivitas ( $\epsilon$ ) keramik : 0.70
- Temperatur ruangan :  $25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$

Perhitungan Luas permukaan luar selubung keramik



Diketahui :

$$AB = 21 \text{ cm}$$

$$OB = 10,5 \text{ cm}$$

$$CD = 15 \text{ cm}$$

$$ED = 7,5 \text{ cm}$$

$$TD = 11 \text{ cm}$$

$$TB = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Luas selubung } ABDC = (\pi \times OB \times TB) - (\pi \times ED \times TD)$$

$$\text{Luas selubung } ABDC = (\pi \times 10,5 \times 15) - (\pi \times 7,5 \times 11)$$

$$\text{Luas selubung } ABDC = 235,5 \text{ cm}^2 = 0,02355 \text{ m}^2$$

Perhitungan Energi yang Diradiasikan Permukaan Luar Selubung Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 7 mm

$$E_{\text{rad}} = \epsilon \sigma A ((\bar{T}_{\text{selubung}})^4 - T^4_{\text{lingkungan}}) t$$

$$E_{\text{rad}} = 0,70 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \cdot 0,02355 ((318,20)^4 - 298^4) \times 556$$

$$E_{\text{rad}} = 1229,418 \text{ J}$$

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Kehilangan Energi yang diradiasikan Selubung

No	Jarak (mm)	$\bar{T}_{\text{Selubung}}$ (K)	Waktu (detik)	$E_{\text{Radiasi selubung}}$ (J)
1	7	318,20	556	1229,418
2	6	316,67	540	1095,020
3	5	316,67	522	1058,519
4	4	316,67	521	1056,491
5	3	316,89	535	1099,010
6	2	318,40	551	1231,649
7	1	323,30	560	1590,648

#### 4. Kehilangan Energi Total

Perhitungan Kehilangan Energi Total Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 7 mm

$$E_{\text{hilang}} = E_{\text{Hasil}} - E_{\text{Serap}} - E_{\text{Radiasi Selubung}}$$

$$E_{\text{hilang}} = 676698,34 - 357571,2 - 1290,89$$

$$E_{\text{hilang}} = 319127,14 \text{ J}$$

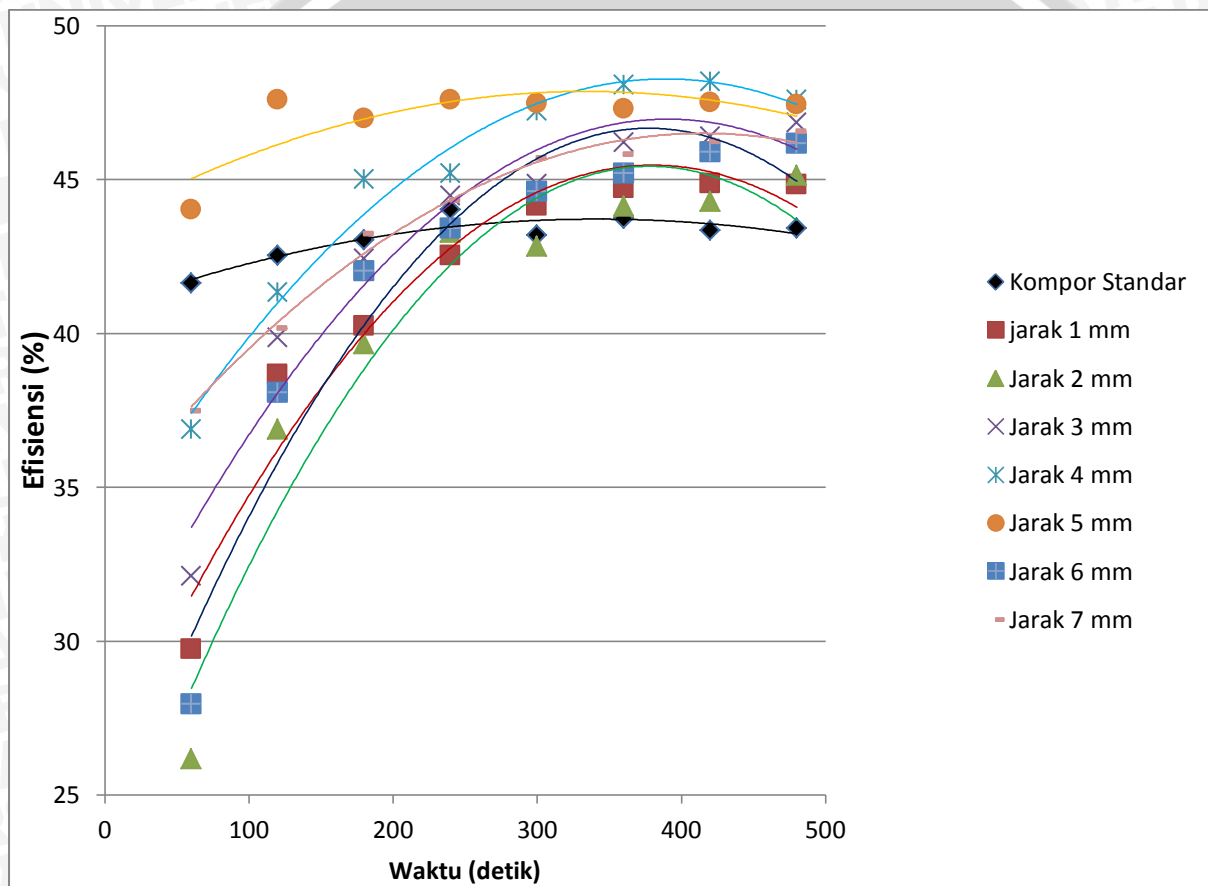
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Kehilangan Energi Total

No	Variasi Jarak panci terhadap selubung	E.serap (J)	E.hasil (J)	E. Radiasi Selubung (J)	E. Hilang (J)
1	Kompur Standar	294000	775282.09	0	481282.09
2	7 mm	294000	676698.34	1290.89	381407.45
3	6 mm	294000	657225.01	1149.77	362075.24
4	5 mm	294000	635317.51	1111.44	340206.06
5	4 mm	294000	634100.43	1109.32	338991.11
6	3 mm	294000	651139.59	1153.96	355985.63
7	2 mm	294000	670612.93	1293.23	375319.69
8	1 mm	294000	681566.68	1670.18	385896.50

## 4.2 Pembahasan Grafik

Dalam penelitian ini, data-data yang diperoleh dari perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga mempermudah dalam melakukan analisa dan pembahasan. Data yang diperoleh dari perhitungan berupa hubungan waktu dengan efisiensi kompor gas, keseimbangan energi, penghematan waktu memasak, efisiensi total dan kehilangan energi yang diradiasikan selubung.

### 4.2.1 Grafik Hubungan Waktu dengan Efisiensi Kompor Gas



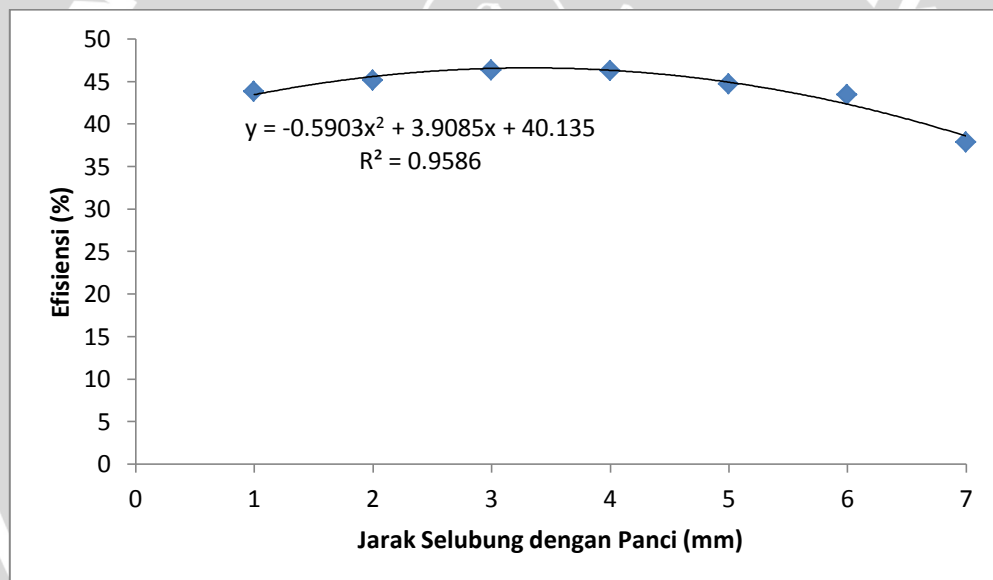
Gambar 4.1 grafik hubungan antara waktu terhadap efisiensi

Pada gambar 4.1 menjelaskan grafik tentang hubungan antara waktu dengan efisiensi pada kompor standar dan kompor dengan selubung dengan variasi jarak selubung dengan panci yang berbeda-beda. Pada kompor standar, efisiensi yang didapatkan pada awal pemanasan (60 dan 120 detik) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kompor yang diberi selubung. Hal ini disebabkan kompor dengan variasi jarak selubung pada awal pemanasan (60 dan 120 detik) energi hasil pembakaran cenderung diserap oleh selubung

sehingga panas yang digunakan untuk memanaskan air tidak sebesar pada kompor standar. Pada waktu pemanasan sekitar 300 detik, kompor yang menggunakan selubung dengan berbagai variasi jarak justru memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan kompor standar. Hal ini dikarenakan kenaikan temperatur air pada kompor yang menggunakan selubung lebih tinggi dibandingkan kompor standar sehingga energi panas yang diserap air lebih besar. Sehingga dalam kasus ini selubung keramik memiliki peran dalam menaikkan efisiensi termal kompor gas.

Kemudian terlihat pada gambar 4.1, kompor yang menggunakan selubung dengan jarak selubung terhadap panci sebesar 4 mm dan 5 mm memiliki efisiensi terhadap waktu yang paling tinggi diantara variasi jarak selubung lainnya.

#### 4.2.2 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci Terhadap Efisiensi Total Kompor Gas



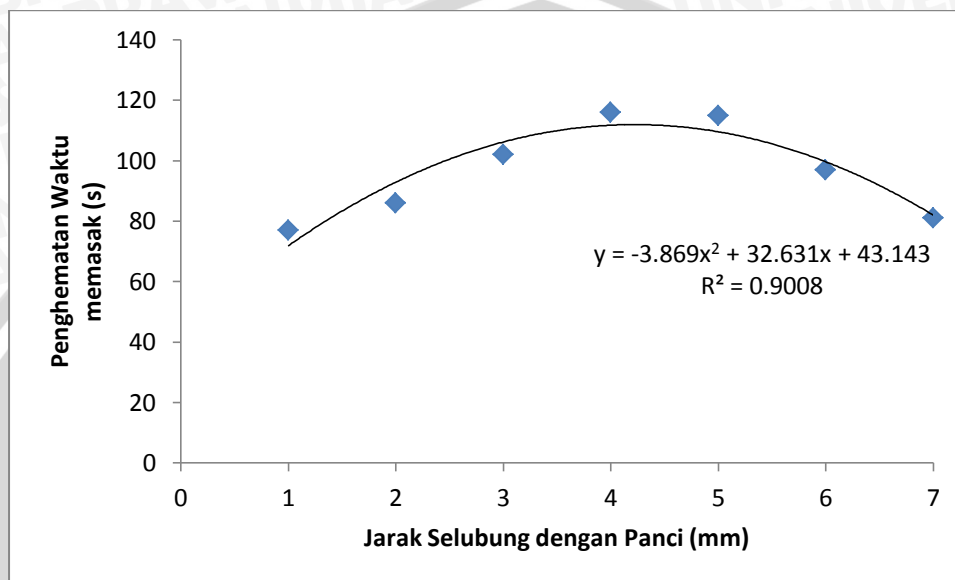
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap efisiensi kompor gas

Pada gambar 4.2 menjelaskan tentang hubungan antara jarak selubung dengan panci terhadap efisiensi total kompor gas. Terlihat bahwa semakin besar jarak selubung dengan panci maka semakin meningkat efisiensi total kompor gas sampai maksimum yaitu pada variasi jarak 4 mm, kemudian semakin menurun setelah melewati titik maksimum. Meningkatnya efisiensi kompor gas pada grafik diatas disebabkan semakin besar energi panas yang dimanfaatkan untuk memanaskan air dalam panci sehingga waktu yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari 25°C sampai 95°C semakin singkat. Sedangkan



menurunnya efisiensi disebabkan semakin kecil energi panas yang dimanfaatkan untuk memanaskan air dalam panci sehingga waktu yang diperlukan dalam pemanasan semakin besar.

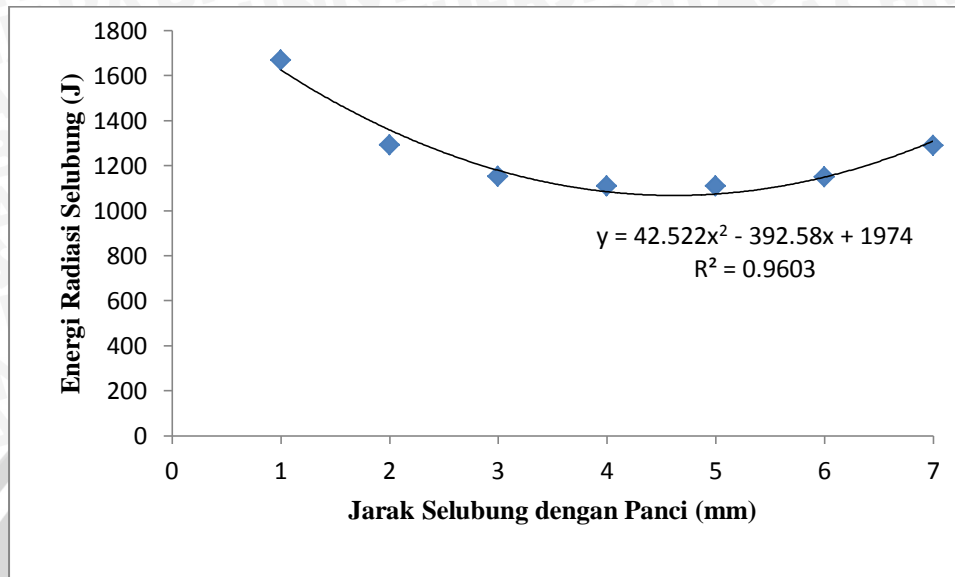
#### 4.2.3 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Penghematan Waktu Memasak



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Penghematan Waktu Memasak

Pada gambar 4.3 menjelaskan tentang hubungan antara jarak selubung dengan panci terhadap penghematan waktu memasak. Terlihat bahwa semakin kecil jarak selubung dengan panci maka penghematan waktu memasak akan semakin meningkat sampai titik maksimum kemudian menurun kembali setelah melewati titik tersebut. Dengan menggunakan selubung khususnya keramik dapat mengurangi energi panas yang terbuang ke lingkungan. Meningkatnya penghematan waktu memasak dikarenakan energi yang dimanfaatkan untuk memanaskan air dalam panci semakin besar sehingga waktu yang diperlukan untuk memanaskan air dari temperatur  $25^{\circ}$  sampai  $95^{\circ}$  semakin singkat. Terlihat pada grafik jarak selubung dengan panci yang paling optimum dalam penghematan waktu memasak yaitu pada jarak 4 mm. Menurunnya penghematan waktu memasak disebabkan aliran gas panas hasil pembakaran yang memanaskan sisi-sisi luar panci semakin sedikit sehingga energi kalor yang dimanfaatkan untuk memanaskan air semakin berkurang.

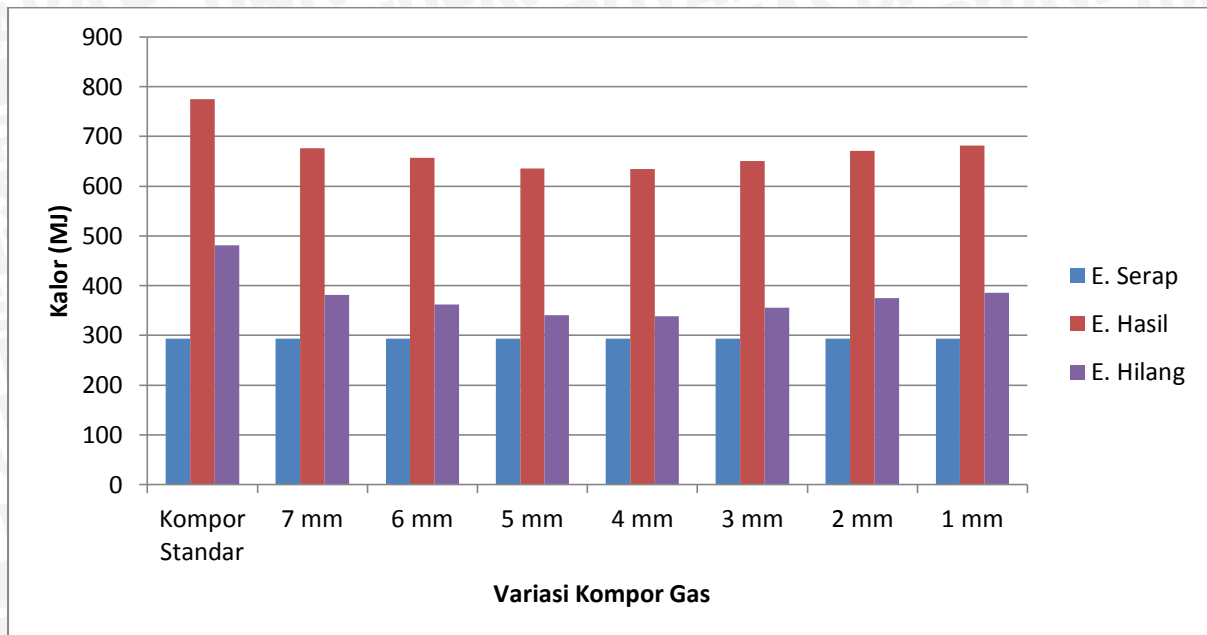
#### 4.2.4 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Rata-Rata Kehilangan Energi yang Diradiasikan Selubung



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Jarak Selubung dengan Panci terhadap Rata-Rata Kehilangan Energi yang Diradiasikan Selubung

Pada gambar 4.4 menjelaskan tentang hubungan antara jarak selubung dengan panci terhadap rata-rata kehilangan energi yang diradiasikan selubung. Terlihat bahwa semakin kecil jarak selubung dengan panci semakin besar energi yang diradiasikan selubung. Hal ini disebabkan semakin kecil jarak selubung dengan panci akan membuat temperatur ruang bakar semakin meningkat, sehingga semakin besar energi kalor yang diserap selubung keramik. Semakin besar kalor yang diserap selubung keramik membuat temperatur selubung tersebut akan semakin meningkat sehingga semakin besar kalor yang diradiasikan ke lingkungan.

#### 4.2.5 Grafik Distribusi Energi Panas Kompor Gas Dengan Variasi Selubung



Gambar 4.5 grafik distribusi energi panas kompor gas dengan variasi kompor gas

Pada gambar 4.5 menjelaskan tentang disitribusi energi panas kompor gas pada beberapa variasi kompor gas. Pada grafik terlihat bahwa kompor standar memiliki energi panas hasil pembakaran dan kehilangan energi paling besar diantara variasi kompor lainnya. Sedangkan pada kompor dengan menggunakan selubung dengan berbagai variasi memiliki energi panas hasil pembakaran dan kehilangan energi yang lebih kecil dari pada kompor gas standar.

Kemudian kompor yang menggunakan selubung dengan variasi jarak selubung dengan panci sebesar 4 mm dan 5 mm memiliki distribusi panas yang paling efisien.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan seperti yang dijelaskan dibawah ini:

1. Hasil pengujian dan pengolahan data menunjukkan jarak selubung dengan panci berpengaruh terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas.
2. Semakin kecil jarak selubung dengan panci maka efisiensi semakin meningkat sampai maksimum kemudian menurun. Meningkatnya efisiensi dikarenakan fungsi selubung keramik yang bekerja dengan baik mengurangi energi panas yang hilang ke lingkungan. Sehingga energi panas yang dimanfaatkan untuk memanaskan air semakin meningkat.
3. Efisiensi total paling tinggi yang diperoleh adalah 46,36% pada jarak selubung dengan panci sebesar 4 mm dengan waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu akhir selama 8 menit 41 detik.

#### 5.2 Saran

Dari penelitian ini, penulis menyampaikan beberapa hal untuk penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penggunaan selubung keramik terhadap efisiensi kompor gas diantaranya adalah:

1. Perlu dilakukan optimasi lebih lanjut dari selubung keramik sehingga didapat kinerja kompor gas yang lebih efisien.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang analisa kehilangan energi pada kompor gas, sehingga dapat ditemukan metode yang lebih baik dalam hal penghematan bahan bakar gas.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh massa alir gas sehingga didapat efisiensi kompor gas dengan selubung yang optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Wardana, ING. 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. PT. Dinar Wijaya. Brawijaya University Press: Malang
- Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael. 2002. *Thermodynamics An Engineering Approach, Fourth Edition*, McGraw-Hill: New York.
- Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael. 2003. *Heat and Transfer Mass A Practical Approach, second Edition*. McGraw-Hill: New York.
- Turns, S. R. 1996. "An Introduction To Combustion Concepts and Application". McGraw-Hill: New York.
- Wardani, Dendi. 2007. *Alat Penghemat Bahan Bakar Gas Pada Kompor Gas Rumah Tangga*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Wijayanta, Setya. 2012. *Analisis Perubahan Laju Aliran Massa LPG Pada Sistem Catu Bahan Bakar Kompor Gas Dengan Variasi Sudut Kemiringan Tabung*. Universitas Indonesia: Jakarta
- The Engineering Toolbox. "Fuel Gases-Heating Values" (On-line), ([http://www.engineeringtoolbox.com/heating-values-fuel-gases-d\\_823.html](http://www.engineeringtoolbox.com/heating-values-fuel-gases-d_823.html), diakses tanggal 30 Desember 2013)
- Haris, Ahmad. 2011. "Kandungan Gas Elpiji" (On-line), (<http://gaselpiji.com/kandungan-gas-elpiji.html>, diakses tanggal 30 Desember 2013)
- Incropera, Frank P, David P. De Witt. 2002. *Introduction to Heat Transfer, third edition*. John Willey & Sons 2002.

**Lampiran 1. Nilai Kalor dari berbagai bahan bakar gas**

Gas	Gross Heating Value		Net Heating Value		
	(Btu/ft <sup>3</sup> )	(Btu/lb)	(Btu/ft <sup>3</sup> )	(Btu/lb)	(kJ/kg)
Acetylene (ethyne) - C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	1,498	21,569	1,447	20,837	48466.86
Benzene	3,741	18,150	3,590	17,418	40514.27
Blast Furnace gas	92	1,178	92	1,178	2740.03
Blue water gas		6,550			
Butane - C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	3,225	21,640	2,977	19,976	46464.18
Butylene (Butene)	3,077	20,780	2,876	19,420	45170.92
Carbon to CO <sub>2</sub>		14,150		14,150	32912.90
Carbon to CO		3,960		3,960	9210.96
Carbon monoxide - CO	323	4,368	323	4,368	10159.97
Carburetted Water Gas	550	11,440	508	10,566	24576.52
Coal gas	149	16,500			
Coke Oven Gas	574	17,048	514	15,266	35508.72
Digester Gas (Sewage or Biogas)	690	11,316	621	10,184	23687.98
Ethane - C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,783	22,198	1,630	20,295	47206.17
Ethyl alcohol saturated with water	1,548	12,804			
Ethylene	1,631	21,884	1,530	20,525	47741.15
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	325	61,084	275	51,628	120086.73
Hydrogen Sulphide	672	7,479			
Methane - CH <sub>4</sub>	1,011	23,811	910	21,433	49853.16
Methyl alcohol saturated with water	818	9,603			
Naphthalene	5,859	17,298			
Natural Gas (typical)	950	19,500	850	17,500	40705.00
	1,150	22,500	1,050	22,000	51172.00
Octane saturated with water	6,239	20,542	3,170	10,444	24292.74
Pentane	3,981	20,908	3,679	19,322	44942.97
Propane - C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,572	21,564	2,371	19,834	46133.88
Propene (Propylene) - C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	2,332	20,990	2,181	19,630	45659.38
Propylene	2,336	21,042	2,185	19,683	45782.66
Sulphur		3,940			
Toulene	4,408	18,129	4,206	17,301	40242.13
Water Gas (bituminous)	261	4,881	239	4,469	10394.89
Xylene	5,155	18,410			

Sumber : "Fuel Gases-Heating Values" (On-line), ([http://www.engineeringtoolbox.com/heating-values-fuel-gases-d\\_823.html](http://www.engineeringtoolbox.com/heating-values-fuel-gases-d_823.html), diakses tanggal 30 Desember 2013)

**Lampiran 2. Sifat-sifat gas propane, butane dan LPG**

Property	Propane	Butane	LPG
Molecular weight	44,09	58,12	49,7 (av.)
Carbon content (wt %)	81,72	82,66	82,15
Hydrogen content (wt %)	18,28	17,34	17,85
Carbon : hydrogen ratio by weight	4,47	4,77	4,60
Density of liquid at 15°C (kg/ℓ)	0,510	0,575	0,536
Boiling point of liquid at atm. Pres. (kg/m <sup>3</sup> )	-42,1	-0,5	-42,1 -0,5
Density of gas at 15°C & atm. pres.(kg/m <sup>3</sup> )	1,86	2,46	2,10
Volume ratio of gas: liquid at STP	274:1	233:1	258:1
Volume of gas from 1kg liquid at STP (ℓ)	537	405	484
Mass ratio of gas: air at 15°C & atm. Pres.	1,52:1	2,01:1	1,716:1
Latent heat of vaporization at 15°C(kJ/kg)	20,43	21,27	20,77
Vapor pressure at 20°C (kPa abs.)	710	110	500
Sp. Heat of vapor at atm. Pres. (Cal/g. °C)	0,388	0,397	0,392
Wobbe number (kcal/Nm <sup>3</sup> )	19000	21600	
Limits of flammability in air (vol% gas)	2,2-10	1,8-9	1,8-10
Limits of flammability in oxygen (vol% gas)	2-50	2-50	2-50
Max. Flame temperature in air(°C)	1930	1900	1900
Max. flame temperature in oxygen (°C)	2740	2700	2700
Air reqd. for combustion at STP (m <sup>3</sup> /kg LPG)	12,10	11,93	12,03

Sumber : Tabel 2.1. Analisis Perubahan Laju Aliran Massa LPG Pada Sistem Catu Bahan Bakar Kompor Gas Dengan Variasi Sudut Kemiringan Tabung. (Setya Wijayanta, 7)

### Lampiran 3. Data Perhitungan Efisiensi total

Variasi Jarak (mm)	$m_{\text{air}}$ (kg)	Cp Air (J/kg °C)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{\text{LPG}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$m_{\text{LPG}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	Waktu (s)	E. Serap (J)	E. Hasil (J)	E. Hilang (J)	Efisiensi (%)	Penghematan Waktu (s)
Kompur Standar	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0167	46365,080	637	294000	775282,094	481282,094	37,92	-
7	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0146	46365,080	556	294000	676698,343	382698,343	43,45	81
6	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0142	46365,080	540	294000	657225,009	363225,009	44,73	97
5	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0137	46365,080	522	294000	635317,509	341317,509	46,28	115
4	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0137	46365,080	521	294000	634100,425	340100,425	46,36	116
3	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0140	46365,080	535	294000	651139,592	357139,592	45,15	102
2	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0145	46365,080	551	294000	670612,926	376612,926	43,84	86
1	1	4200	70	$1,25 \times 10^{-5}$	2,1	0,0147	46365,080	560	294000	681566,676	387566,676	43,14	77



#### Lampiran 4. Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu

##### Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Kompor Standar

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	32,0	7,0	29400	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	40,26
2	120	1	4200	25	39,3	14,3	60060	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	41,12
3	180	1	4200	25	46,7	21,7	91140	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	41,60
4	240	1	4200	25	54,6	29,6	124320	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	42,56
5	300	1	4200	25	61,3	36,3	152460	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	41,76
6	360	1	4200	25	69,1	44,1	185220	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	42,27
7	420	1	4200	25	76,0	51,0	214200	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	41,90
8	480	1	4200	25	83,4	58,4	245280	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	41,99

##### Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Jarak Selubung Dengan Panci 7 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	31,3	6,3	26460	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	36,23
2	120	1	4200	25	38,5	13,5	56700	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	38,82
3	180	1	4200	25	46,8	21,8	91560	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	41,79
4	240	1	4200	25	54,8	29,8	125160	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	42,85
5	300	1	4200	25	63,4	38,4	161280	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	44,17
6	360	1	4200	25	71,2	46,2	194040	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	44,29
7	420	1	4200	25	79,4	54,4	228480	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	44,70
8	480	1	4200	25	87,6	62,6	262920	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	45,01

## Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 6 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	29,7	4,7	19740	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	27,03
2	120	1	4200	25	37,8	12,8	53760	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	36,81
3	180	1	4200	25	46,2	21,2	89040	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	40,64
4	240	1	4200	25	54,2	29,2	122640	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	41,99
5	300	1	4200	25	62,5	37,5	157500	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	43,14
6	360	1	4200	25	70,6	45,6	191520	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	43,71
7	420	1	4200	25	79,0	54,0	226800	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	44,37
8	480	1	4200	25	87,1	62,1	260820	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	44,65

## Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 5 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	32,4	7,4	31080	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	42,56
2	120	1	4200	25	41,0	16,0	67200	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	46,01
3	180	1	4200	25	48,7	23,7	99540	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	45,44
4	240	1	4200	25	57,0	32,0	134400	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	46,01
5	300	1	4200	25	64,9	39,9	167580	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	45,90
6	360	1	4200	25	72,7	47,7	200340	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	45,72
7	420	1	4200	25	80,9	55,9	234780	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	45,93
8	480	1	4200	25	88,8	63,8	267960	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	45,87

## Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 4 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	31,2	6,2	26040	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	35,66
2	120	1	4200	25	38,9	13,9	58380	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	39,97
3	180	1	4200	25	47,7	22,7	95340	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	43,52
4	240	1	4200	25	55,4	30,4	127680	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	43,71
5	300	1	4200	25	64,7	39,7	166740	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	45,67
6	360	1	4200	25	73,5	48,5	203700	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	46,49
7	420	1	4200	25	81,7	56,7	238140	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	46,59
8	480	1	4200	25	89,0	64,0	268800	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	46,01

## Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 3 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	30,4	5,4	22680	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	31,06
2	120	1	4200	25	38,4	13,4	56280	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	38,53
3	180	1	4200	25	46,4	21,4	89880	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	41,03
4	240	1	4200	25	54,9	29,9	125580	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	42,99
5	300	1	4200	25	62,7	37,7	158340	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	43,37
6	360	1	4200	25	71,6	46,6	195720	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	44,67
7	420	1	4200	25	79,6	54,6	229320	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	44,86
8	480	1	4200	25	88,0	63,0	264600	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	45,29

## Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 2 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	29,4	4,4	18480	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	25,31
2	120	1	4200	25	37,4	12,4	52080	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	35,66
3	180	1	4200	25	45,0	20,0	84000	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	38,34
4	240	1	4200	25	54,1	29,1	122220	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	41,84
5	300	1	4200	25	61,0	36,0	151200	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	41,41
6	360	1	4200	25	69,5	44,5	186900	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	42,66
7	420	1	4200	25	77,1	52,1	218820	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	42,81
8	480	1	4200	25	85,7	60,7	254940	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	43,64

## Data Perhitungan Efisiensi Tiap Kenaikan Waktu Untuk Selubung Dengan Panci 1 mm

No	Waktu (detik)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$C_p$ (J/kg °C)	T		$\Delta T$ (°C)	E. serap (J)	$\rho_{\text{LPG}}$ (kg/L)	Debit <sub>LPG</sub> (L/s)	$m_{\text{gas}}$ (kg)	LHV <sub>LPG</sub> (kJ/kg)	E. hasil (J)	Efisiensi (%)
				T1 (°C)	T2 (°C)								
1	60	1	4200	25	30,0	5,0	21000	0,0021	0,0125	0,0016	46365,080	73025,001	28,76
2	120	1	4200	25	38,0	13,0	54600	0,0021	0,0125	0,0032	46365,080	146050,002	37,38
3	180	1	4200	25	45,3	20,3	85260	0,0021	0,0125	0,0047	46365,080	219075,003	38,92
4	240	1	4200	25	53,6	28,6	120120	0,0021	0,0125	0,0063	46365,080	292100,004	41,12
5	300	1	4200	25	62,1	37,1	155820	0,0021	0,0125	0,0079	46365,080	365125,005	42,68
6	360	1	4200	25	70,1	45,1	189420	0,0021	0,0125	0,0095	46365,080	438150,006	43,23
7	420	1	4200	25	77,8	52,8	221760	0,0021	0,0125	0,0110	46365,080	511175,007	43,38
8	480	1	4200	25	85,3	60,3	253260	0,0021	0,0125	0,0126	46365,080	584200,008	43,35

**Lampiran 5. Tabel emisivitas bahan non-metal**

**TABLE A.8** *Continued*

**Nonmetallic Substances<sup>b</sup>**

Description/Composition		Temperature (K)	Emissivity $\epsilon$
Aluminum oxide	(n)	600	0.69
		1000	0.55
		1500	0.41
Asphalt pavement	(h)	300	0.85–0.93
Building materials			
Asbestos sheet	(h)	300	0.93–0.96
Brick, red	(h)	300	0.93–0.96
Gypsum or plaster board	(h)	300	0.90–0.92
Wood	(h)	300	0.82–0.92
Cloth	(h)	300	0.75–0.90
Concrete	(h)	300	0.88–0.93
Glass, window	(h)	300	0.90–0.95
Ice	(h)	273	0.95–0.98
Paints			
Black (Parsons)	(h)	300	0.98
White, acrylic	(h)	300	0.90
White, zinc oxide	(h)	300	0.92
Paper, white	(h)	300	0.92–0.97
Pyrex	(n)	300	0.82
		600	0.80
		1000	0.71
		1200	0.62
Pyroceram	(n)	300	0.85
		600	0.78
		1000	0.69
		1500	0.57
Refractories (furnace liners)			
Alumina brick	(n)	800	0.40
1000		0.33	
1400		0.28	
1600		0.33	
Magnesia brick	(n)	800	0.45
1000		0.36	
1400		0.31	
1600		0.40	
Kaolin insulating brick	(n)	800	0.70
1200		0.57	
1400		0.47	
1600		0.53	
Sand	(h)	300	0.90
Silicon carbide	(n)	600	0.87
		1000	0.87
		1500	0.85
Skin	(h)	300	0.95
Snow	(h)	273	0.82–0.90

Sumber : Tabel A.8. Total, Normal (n) or Hemispherical (h) Emmissivity of selected Surfaces. (Frank P. Incropera & David P. De Witt, 768)