

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Zulkarnaen (2014) melakukan penelitian mengenai pengaruh *perforated burner* terhadap karakteristik api pada pembakaran *premixed*. *Perforated burner* yang digunakan memiliki 7 lubang dimana nantinya dibandingkan dengan *bunsen burner* untuk mengamati perbedaan karakteristik nyala api (tinggi api, temperatur, serta kecepatan pembakaran laminar) dengan cara memvariasikan rasio ekuivalen dari masing-masing *burner*. Dari penelitian didapatkan bahwa penggunaan *perforated burner* mempengaruhi nilai tinggi api serta temperatur api. Dimana pada *perforated burner* nilai temperatur api yang dihasilkan lebih tinggi dari *bunsen burner*, hal ini dikarenakan pada *perforated burner* terdapat akumulasi nilai kalor pada mulut *burner* yang mengakibatkan perubahan temperatur bahan bakar dimana panas yang terakumulasi tersebut menginduksi bahan bakar sehingga meningkatkan temperatur api. Pada *perforated burner* tinggi api memiliki kecenderungan untuk naik dari rasio ekuivalen rendah menuju rasio ekuivalen tinggi. Hal ini dikarenakan pada *perforated burner* terdapat *pressure drop* yang memicu terjadinya peningkatan kecepatan. Dan peningkatan kecepatan tersebut maka gas yang keluar akan semakin tinggi sehingga membentuk api difusi yang semakin tinggi.

Girsang (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi *equivalence ratio* dan jumlah lubang pada *perforated burner* terhadap karakteristik nyala api pembakaran *premixed*. Variabel bebas pada penelitian ini adalah *Equivalence ratio* divariasikan 0.66, 0.72, 0.8, 0.9, 1.03, 1.2, 1.45. Jumlah lubang *perforated burner* divariasikan sebanyak 7, 19, dan 37 lubang dengan luasan yang sama. Variabel terikat pada penelitian ini adalah kecepatan pembakaran laminar dan tinggi api. Sedangkan variabel terkontrolnya temperatur lingkungan 27°C, bahan bakar yang digunakan LPG dengan 50% propana dan 50% butana, debit bahan bakar dijaga konstan sebesar 4.4 ml/s, Jumlah luasan total lubang *perforated plate* dibuat konstan, yaitu  $A = 93.22 \text{ mm}^2$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari hasil penelitian diketahui urutan tinggi api dari yang paling tinggi ke rendah adalah *perforated burner* 37 lubang, 19 lubang, 7 lubang, lalu *bunsen burner*. Tinggi api pada *perforated burner* lebih besar dari *bunsen burner* dikarenakan pada *perforated burner* reaktan yang menuju mulut burner harus melewati *perforated plate* yang diameter setiap lubangnya lebih kecil dari *bunsen burner*

sehingga menyebabkan perubahan kecepatan di mulut burner. Perubahan kecepatan ini menyebabkan campuran bahan bakar terdorong lebih cepat melewati zona reaksi sehingga sebagian bahan bakar tidak terbakar pada zona reaksi. Bahan bakar yang tidak terbakar pada zona reaksi ini akan terbakar dengan udara sekitar secara difusi. Tinggi api pada *perforated burner* 37 lubang lebih besar dari *perforated burner* 19 lubang dan 7 lubang dikarenakan pada *perforated burner* 37 reaktan yang menuju mulut burner harus melewati *perforated plate* 37 lubang yang diameter setiap lubangnya lebih kecil dari diameter setiap lubang *perforated burner* 19 lubang dan 7 lubang sehingga menyebabkan perubahan kecepatan yang lebih besar dibanding 19 lubang dan 7 lubang di mulut burner.

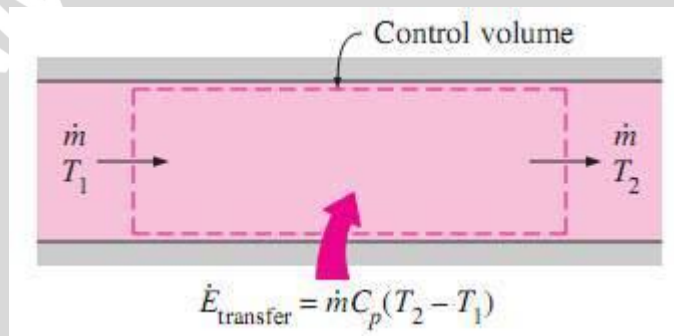
Widiandra (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh material selubung sebagai isolator terhadap efisiensi sistem pemanasan menggunakan kompor gas. Variabel bebas pada penelitian ini adalah material selubung aluminium, besi dan keramik. Variabel terikat pada penelitian ini adalah energi yang diserap oleh air, energi panas hasil pembakaran, efisiensi, panas yang hilang dan efektivitas material selubung. Sedangkan variabel terkontrolnya adalah massa alir gas  $2,625 \times 10^{-5}$  kg/s, banyaknya air yang dipanaskan sebanyak 1 liter, LPG 3kg dengan komposisi *propane* 30% + *butane* 70% dan jarak selubung dengan panci 4 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian menggunakan variasi material selubung dapat meningkatkan efisiensi kompor gas. Efisiensi tertinggi diperoleh dengan pengujian menggunakan selubung keramik yaitu sebesar 46,36 %. Pemakaian selubung keramik hanya memerlukan waktu yang singkat diantara variasi yang lain yaitu sebesar 521 detik, 32 detik lebih cepat daripada tanpa menggunakan selubung, 9 detik lebih cepat daripada menggunakan selubung aluminium dan 31 detik lebih cepat daripada menggunakan selubung besi. Dalam penelitian prima widiandra ini pemakaian dengan selubung keramik lebih efektif dan dapat menghemat penggunaan bahan bakar gas lebih banyak daripada variasi yang lain.

Pada penelitian ini, burner konvensional dari kompor gas digantikan dengan *perforated burner* yang di desain sendiri dengan 3 macam variasi jumlah lubang *perforated burner* yaitu 27 lubang, 37 lubang, dan 60 lubang dengan menggunakan material kuningan. Selain mengganti burner, pada penelitian ini juga menggunakan selubung dengan material keramik yang didasari pada penelitian sebelumnya (Widiandra, 2014). Yang membedakan penelitian ini yaitu apabila pada penelitian sebelumnya menggunakan *bunsen burner* (Zulkarnaen, 2014), pada penelitian ini menggunakan kompor gas yang diganti burnernya dengan *perforated burner*.



## 2.2 Energi Panas

Salah satu bentuk energi yang dapat berpindah dari sistem satu ke sistem yang lain sebagai akibat adanya perbedaan temperatur adalah energi panas (Cengel, 2003:2). Laju aliran massa fluida yang masuk akan sama dengan laju aliran massa fluida keluar atau  $\dot{m} = \dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}$ . Hal ini terjadi pada fluida yang mengalir *steady* di dalam suatu saluran dimana terdapat satu saluran masuk dan satu saluran keluar, jika fluida tersebut tidak melakukan kerja maka besarnya energi kalor yang di transfer akan sama dengan perubahan energi yang terdapat pada sistem tersebut, hal tersebut dapat diilustrasikan pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Transfer energi kalor pada sistem dengan *control volume*  
 Sumber: Cengel (2003:13)

Besarnya laju energi pada sistem tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p \Delta T \quad \text{(Cengel, 2003:13)} \quad (2-$$

1)

Dengan:

$\dot{Q}$  = Laju energi kalor (W)

$\dot{m}$  = Laju aliran massa fluida (kg/s)

$C_p$  = Kalor spesifik pada tekanan konstan (J/kg.°C)

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

Macam-macam kalor secara umum, yaitu:

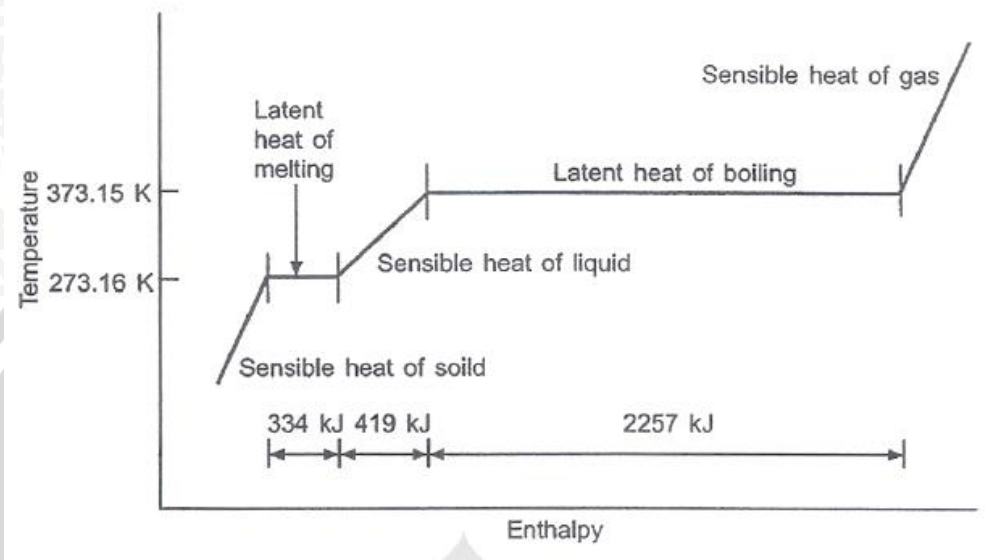
1. kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu disebut kalor sensibel

2. kalor yang digunakan untuk mengubah fase suatu zat disebut kalor laten, dirumuskan dengan:

$$Q = m \cdot h_l$$

Dimana:  $Q$  = Energi kalor yang dilepas atau diterima suatu zat (J)

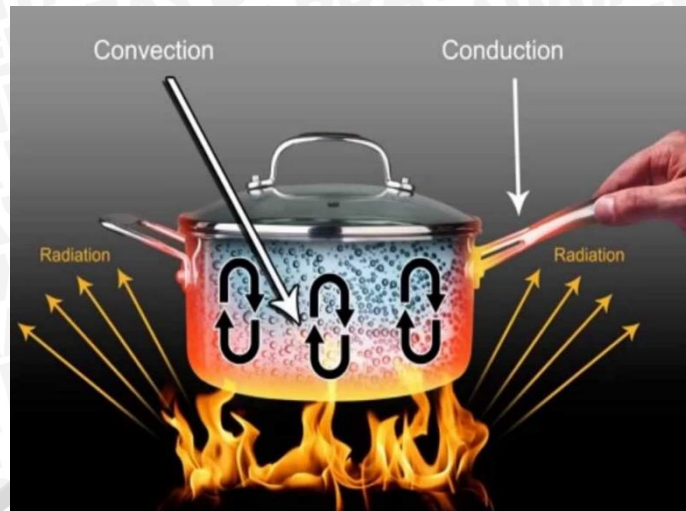
$h_l$  = Kalor laten (kJ/kg)



Gambar: 2.2 Energi yang dibutuhkan untuk merubah temperatur dan fase air.  
Sumber: Trot, A.R., & Welch, T. (2000:02)

### 2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi dari suatu sistem ke sistem lainnya dikarenakan adanya perbedaan temperatur yang merupakan syarat utama terjadinya perpindahan panas, perpindahan energi ini selalu terjadi dari suatu sistem bersuhu tinggi menuju sistem yang bersuhu lebih rendah dan akan berhenti jika tidak ada perbedaan temperatur antara kedua sistem. Tiga cara perpindahan panas yaitu perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi.

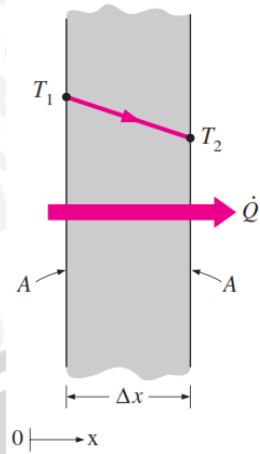


Gambar 2.3 Ilustrasi proses perpindahan panas (konduksi, konveksi dan radiasi)  
Sumber: Morgan, Hilary. (2014)

### 2.3.1 Konduksi

Perpindahan energi kalor dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam satu medium atau antara medium-medium yang berlainan secara bersinggungan tanpa disertai perpindahan massa disebut dengan perpindahan panas konduksi. Perpindahan kalor konduksi dapat terjadi baik pada benda padat, benda cair maupun gas. 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. Sedangkan pada benda cair dan gas perpindahan kalor konduksi terjadi karena adanya tumbukan (*collision*) serta *difusi* pada molekul selama mengalami gerak acak akibat kenaikan temperatur. Berikut ini adalah gambar perpindahan kalor konduksi melalui sebuah dinding.





Gambar 2.4 Perpindahan panas konduksi

Sumber: Cengel (2003:18)

Laju perpindahan kalor konduksi menurut J. Fourier yang dikemukakan pada tahun 1822 yaitu besarnya laju perpindahan kalor konduksi proporsional 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:

$$Q_{konduksi} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (\text{Cengel, 2003:18}) \quad (2-2)$$

Dengan:

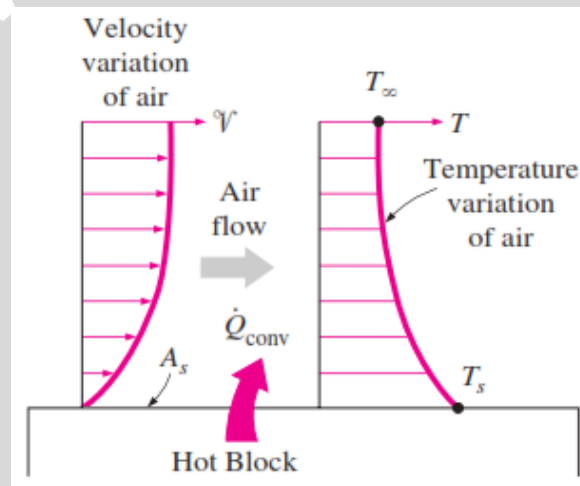
- $Q_{konduksi}$  = Laju perpindahan kalor konduksi (W)
- $k$  = Konduktivitas termal bahan (W/m°C)
- $A$  = Luas permukaan perpindahan panas (m<sup>2</sup>)
- $T_1 - T_2$  = Perbedaan temperatur (°C)
- $\Delta x$  = Ketebalan permukaan pada arah x (m)

### 2.3.2 Konveksi

Perpindahan panas konveksi secara definisi yaitu perpindahan kalor antara permukaan benda padat dengan fluida cair maupun gas yang bergerak dan melibatkan konduksi serta gerakan dari fluida tersebut. Gerakan fluida yang semakin cepat akan mengakibatkan semakin besar laju perpindahan panas konveksinya. Pada fenomena pendinginan balok panas yang ditiupkan udara dingin maka konveksi akan terjadi melalui beberapa tahap, pertama energi kalor akan mengalir secara konduksi melalui permukaan benda padat ke partikel-partikel lapisan fluida yang berbatasan, kemudian

energi ini akan terbawa menjauh dari permukaan benda padat secara konveksi, dimana terdapat dua proses yang terjadi secara bersamaan yaitu kombinasi dari efek konduksi didalam fluida akibat gerakan acak antar partikel-partikel fluida yang memiliki energi lebih rendah, serta adanya gerakan fluida secara makroskopis yang akan menggantikan fluida yang telah panas disekitar permukaan benda padat dengan fluida dingin.

Jika semakin cepat gerakan fluida maka laju perpindahan kalor konveksi 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 konveksi akan semakin tinggi.



Gambar 2.5 Perpindahan kalor konveksi dari suatu permukaan panas dengan konveksi  
Sumber: Cengel (2003:26)

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = h A_s (T_s - T_{\infty}) \quad (\text{Cengel, 2003:26}) \quad (2-)$$

3)

Dengan:

$\dot{Q}_{\text{conv}}$  = Laju perpindahan panas konveksi (Watt)

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

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

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

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

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 Paksa (*Forced Convection*)

Fluida dipaksa bergerak akibat adanya gaya atau energi dari luar, misalnya oleh pompa atau kipas (*fan*).

2. Konveksi Natural (*Natural Convection*)

Gerakan perpindahan fluida pada konveksi natural terjadi karena adanya perbedaan densitas atau kerapatan fluida yang disebabkan oleh adanya perbedaan atau gradien temperatur.

### 2.3.3 Radiasi

pancaran (emisi) energi terus menerus dari permukaan semua benda disebut dengan radiasi. Energi ini dinamakan energi radian dan dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Gelombang ini bergerak secepat kecepatan cahaya dan dapat melewati ruang hampa, dan juga melalui udara (yang lebih baik didalam ruang hampa, karena jika melewati udara sebagian kecilnya akan diserap oleh udara). Jika terhalang oleh suatu benda yang tak dapat dilaluinya, misalnya telapak tangan atau dinding kamar, gelombang itu akan diserapnya. (Sears Francis, 1982). Menurut hukum Stefan, radiasi adalah pancaran energi dari suatu sumber kalor dan dinyatakan oleh rumus:

$$Q_{radiasi} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{Cengel, 2003:28}) \quad (2-4)$$

Dengan:

$Q_{radiasi}$	=	Laju perpindahan panas radiasi	(Watt)
$\varepsilon$	=	Emisivitas; $0 \leq \varepsilon \leq 1$	
$\sigma$	=	Konstanta Stefan-Boltzman;	$(5.67 \times 10^8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$
$A_s$	=	Luas permukaan perpindahan kalor	$(\text{m}^2)$
$T_s$	=	Temperatur absolut	$(^\circ\text{C})$

## 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 efektif. Ion-ion akan bereaksi dengan oksigen membentuk ikatan yang lebih kuat dan kelebihan-kelebihan energi ikatan akan dilepas ke dalam sistem, sehingga menyebabkan kenaikan temperatur yang tinggi.

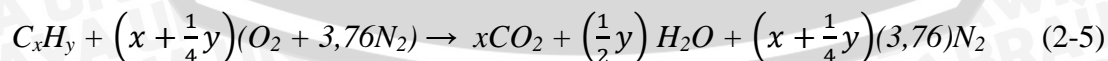


Gambar 2.6 Syarat proses pembakaran  
Sumber: Widodo, (2012)

Pada kondisi stoikiometri terjadi proses pembakaran yang disebut pembakaran sempurna yaitu pembakaran yang dapat menghasilkan produk pembakaran secara sempurna dimana produk pembakaran untuk senyawa hidrokarbon adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{N}_2$  sebagai inert gas, dimana  $\text{N}_2$  merupakan unsur inert gas yaitu tidak ikut bereaksi baik dengan bahan bakar maupun dengan oksigen.

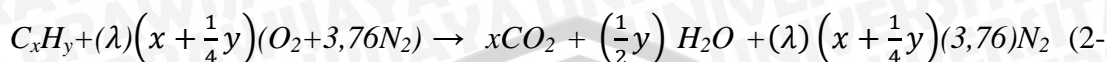
Fenomena-fenomena yang terjadi dalam proses pembakaran antara lain interaksi proses-proses kimia dan fisika, pelepasan panas yang berasal dari energi ikatan-ikatan kimia bahan bakar, proses perpindahan panas, proses perpindahan massa, dan gerakan fluida.

Pada proses pembakaran sempurna, semua C bereaksi menjadi  $\text{CO}_2$  dan semua  $\text{H}_2$  akan bereaksi menjadi  $\text{H}_2\text{O}$ . Reaksi pembakaran sempurna antara bahan bakar ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) dengan udara secara matematis dituliskan sebagai berikut (Wardana, 1995:21):



Pada persamaan (2-5) digunakan jumlah udara minimum yang biasa disebut dengan udara teoritis. Akan tetapi dalam kondisi awal pembakaran sempurna hampir tidak pernah terjadi karena pembakaran berlangsung secara kompleks. Pembakaran tidak hanya dipengaruhi dari model ruang bakarnya tetapi juga dipengaruhi kondisi bahan bakar, udara dan temperatur pembakarannya. Salah satu cara untuk memperbesar

kemungkinan terjadinya pembakaran sempurna adalah dengan menggunakan udara lebih. Udara lebih (*excess air*) didefinisikan sebagai udara yang diberikan untuk pembakaran dalam jumlah yang lebih besar dari jumlah teoritis yang dibutuhkan bahan bakar. Reaksi pembakaran ( $C_xH_y$ ) dengan menggunakan udara berlebih dituliskan sebagai berikut:



6)

Dengan:

$\lambda$  = faktor kelebihan udara

$\lambda = 1$ , apabila dipergunakan udara teoritis

$\lambda > 1$ , apabila dipergunakan udara berlebih

$\lambda < 1$ , apabila kekurangan udara

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. Berikut ini adalah cara-cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan reaksi pembakaran:

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

## 2.5 Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan selama ini secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu bahan bakar primer dan bahan bakar sekunder. Kayu dan gas alam merupakan bahan bakar primer yaitu bahan bakar yang dapat langsung digunakan. Sedangkan bensin, minyak tanah (kerosin) dan minyak diesel atau solar merupakan bahan bakar sekunder yaitu bahan bakar yang perlu diolah terlebih dahulu dari bahan bakar primer sebelum dipakai.

Beberapa tahun silam, kebutuhan energi untuk rumah tangga di Indonesia disuplai dari bahan bakar kerosin (minyak tanah), namun setelah adanya kebijakan menggunakan bahan bakar gas (LPG) dari pemerintah penggunaan bahan bakar kerosin menjadi berkurang. Penggunaan bahan bakar tergantung pada kebutuhan akan efisiensi



dan keekonomisannya. Hal ini perlu diterapkan guna menyelamatkan keadaan ekonomi negara dari harga bahan bakar minyak dunia yang tidak dapat diprediksi naik turunnya. Bahan bakar gas memang sedikit lebih mahal dari bahan bakar minyak dunia namun dalam penggunaannya mudah dan lebih sederhana.

## 2.6 LPG (*Liquified Petroleum Gas*)

LPG biasanya terdiri dari gas *propane* dan *butane*. Gas-gas tersebut diperoleh dari destilasi minyak mentah. Hasil destilasi minyak mentah adalah:

- LPG sekitar 1-2 %
- Naphtha ringan 5-30 %
- Naphtha berat 5-10 %
- Kerosin 10-15 %
- Minyak gas 15-20 %
- Minyak residu 40-50 %

Ada dua tipe umum LPG yaitu dalam bentuk *propane* komersial. Jenis ini terdiri dari 90% *propane* dan *propylene* sedangkan sisanya adalah *ethane*, *ethene*, *butane*, *butene*. Tekanan uapnya pada 50°C adalah antara 11.5 sampai 19.3 *bar gauge*. Sedangkan temperatur penguapannya adalah lebih kecil atau sama dengan 15°C. Bentuk lain dari LPG adalah *butane* komersial. Jenis ini sebagian besar terdiri dari *butane* dan *butene*. Sedangkan sisanya kurang dari 19% mengandung *propane* dan *propylene*. Tekanan uap jenisnya pada 50°C adalah  $p \leq 6.9$  *bar gauge*. Temperatur penguapannya adalah  $T \leq 1^\circ\text{C}$ .

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

### 1. LPG Campuran

Bahan bakar gas LPG untuk kebutuhan rumah tangga, industri dan komersial yaitu LPG campuran *propana* dan *butana*. Terdiri dari 50% volume *propana* dan 50% volume *butana* serta ditambahkan *mercaptant* yang berbau menyengat.

### 2. LPG Butana

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

### 3. LPG Propana

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

## 2.7 Efisiensi Sistem Pemanasan

Agar dapat memahami apa yang terjadi pada proses pemanasan air, maka terlebih dahulu yang dilakukan adalah menentukan sistemnya.



Gambar 2.7 Model sistem.

Dari Gambar 2.7 dapat dilihat bahwa sumber energi yang masuk ke dalam sistem berasal dari api kompor. Energi serap pada air dalam bentuk kenaikan temperatur air. Energi yang terbuang ke lingkungan adalah energi dari api yang belum sempat berpindah ke air maupun panci.

Permasalahan disini dapat diselesaikan dengan cara neraca energi. Pada proses memanaskan air, neraca energi ditinjau pada keadaan belum memanaskan air terhadap keadaan sesudah memanaskan air.

Kesetimbangan energi untuk sistem tertutup adalah :

Energi masuk = Energi keluar

E.pembakaran = E.serap air + E.hilang

$$\dot{m}_{gas} \times t \times LHV_{LPG} = m_{H_2O} \times C_{p_{H_2O}} \times (T_2 - T_1) + E.hilang \quad (2-7)$$

E.serap air dapat didekati dengan

$$E.serap air = m_{H_2O} \times C_{p_{H_2O}} \times (T_2 - T_1) . \quad (2-8)$$

Dengan:

$m_{H_2O}$  : Massa air (kg)



$C_{p_{H_2O}}$	:	Panas Spesifik Air (4,2 kJ/kg <sup>o</sup> K)
$T_2$	:	Temperatur akhir air (°K)
$T_1$	:	Temperatur awal air (°K)

E.pembakaran adalah massa alir dari bahan bakar yang digunakan dikali LHV bahan bakar gas tersebut dikali waktu:

$$E_{pembakaran} = \dot{m}_{gas} \times t \times LHV_{LPG} \quad (2-9)$$

Dengan:

$\dot{m}_{gas}$	:	Massa alir LPG (kg/s)
Massa alir LPG	:	$\rho \text{ LPG} \times Q \text{ LPG}$ (kg/s)
$\rho \text{ LPG}$	:	Massa jenis LPG (0,0021 kg/l)
$Q \text{ LPG}$	:	Debit LPG (l/s)
$t$	:	Waktu pembakaran (s)
$LHV_{LPG}$	:	Low Heating Value bahan bakar (kJ/kg)

Dengan menukarkan sisi kiri pada persamaan (2-8) dengan  $E_{hilang}$  yang ada di sisi kanan dengan  $E_{pembakaran}$ , maka persamaannya menjadi:

$$E_{hilang} = E_{pembakaran} - E_{serap \text{ air}}$$

$$E' + E_{radiasi} = [\dot{m}_{gas} \times t \times LHV_{LPG}] - [m_{H_2O} \times C_{H_2O} \times (T_2 - T_1)] \quad (2-10)$$

Dengan :

$E'$  : Energi hilang berupa panas konveksi dan konduksi

Sehingga, efisiensi sistem pemanasan untuk memanaskan air dengan kompor gas adalah:

$$\eta = \frac{E_{serap \text{ air}}}{E_{pembakaran}} \times 100 \% \quad (2-11)$$

$$\eta = \frac{massa \text{ air} \times C_{p \text{ air}} \times \Delta T}{\dot{m} \times t \times LHV_{LPG}} \times 100 \% \quad (2-12)$$

## 2.8 Hipotesis

Semakin banyak jumlah lubang pada *perforated burner* (dengan diameter masing-masing lubang tiap burner sama) dapat meningkatkan efisiensi sistem pemanasan. Hal ini dikarenakan jika semakin banyak jumlah lubang maka semakin besar luas

permukaan bidang sentuh api dengan media yang akan dipanaskan yang menyebabkan laju perpindahan panas menjadi lebih cepat dikarenakan laju perpindahan panas berbanding lurus dengan luas permukaan perpindahan panas.

