

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Penelitian Sebelumnya

Bhupendra Khandelwal, *et al.* (2004) secara eksperimen mempelajari batas stabilitas api dan karakteristik api dalam suatu *microcombustor* dengan profile divergen. Mereka menguji stabilitas api campuran *premixed* metana dan udara, menemukan bahwa *combustor* memberikan suatu batas stabilitas api, profil temperatur yang lebih tinggi yang bermanfaat dalam penggunaan produksi panas oleh pembakaran.

Swarup Y. Jejurkar, *et al.* (2009) meneliti tentang pencapaian efisiensi optimal dengan menaikkan perbedaan temperatur *thermoelectric generator* dan *combustion chamber* pada *microcombustor*. Dengan penambahan katalis dan pendingin generator, dapat meningkatkan energi yang dibangkitkan lebih besar dari baterai *lithium-ion*. Sehingga penambahan pemanas campuran bahan bakar atau penukar kalor sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan.

Lee Min Jung (2010) meneliti tentang karakteristik api pada *microcombustor of counter-current channel type*, dan didapatkan bahwa dengan tebal celah ruang bakar sebesar 1,1 mm dimana ukurannya lebih kecil dari diameter *quenching distance*, api tidak bisa berpropagasi di dalam saluran. Stabilitas api lebih dipengaruhi oleh tebal celah ruang bakar daripada faktor yang lain.

Mochamad Chalid, *et al.* (2005) meneliti bahwa dengan penambahan medan magnet pada bahan bakar mampu memberikan peningkatan kepolaran dan penurunan viskositas tanpa merubah komposisi dari struktur molekul bahan bakar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran.

2.2 Minyak Jarak

Minyak jarak pagar (*Jatropha Curcas L.*) merupakan salah satu sumber bahan bakar alternatif yang bersifat *renewable* dan tidak berdampak buruk terhadap kelestarian lingkungan. Minyak jarak adalah minyak nabati yang

diperoleh dari ekstraksi biji tanaman. Tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas* Linn) termasuk famili *Euphorbiaceae*, satu famili dengan karet dan ubi kayu.

Tanaman jarak pagar merupakan jenis tanaman tahunan yang hidup di daerah tropis maupun sub-tropis, merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropik. Tumbuhan ini dikenal sangat tahan kekeringan dan mudah diperbanyak dengan. Saat ini tanaman jarak pagar makin mendapat perhatian sebagai sumber untuk mesin karena kandungan. Peran yang agak serupa sudah lama dimainkan oleh kerabat dekatnya, (*Ricinus communis*), yang bijinya menghasilkan minyak campuran untuk



Gambar 2.1 Tanaman jarak pagar.
Sumber: Lail, 2011: 5

Panen tanaman jarak pagar dapat dilakukan setelah biji masak, yaitu sekitar 90 hari setelah pembungaan. Biji matang ditandai dengan kulit buah berwarna kuning kecoklatan kemudian menjadi hitam. Gambar 2.2 menunjukkan tingkat kematangan buah jarak berikut dengan biji jaraknya.



Gambar 2.2 Tingkat kematangan buah jarak pagar.
Sumber: Lail, 2011: 5

Tabel 2.1 Kadar minyak jarak pagar pada berbagai tingkat umur buah.

No	Warna kulit buah	Kadar minyak
1	Hijau tua	10,93%
2	Hijau kekuningan	27,28%
3	Kuning	29,38%
4	Kuning kehitaman	22,83%
5	Hitam	23,68%

Sumber: *Anonymous 1*

Tabel 2.1 menunjukkan kadar minyak yang dikandung oleh biji jarak menurut tingkat kematangannya, dimana kadar minyak paling banyak pada saat kulit buah berwarna kuning. Pemanenan dilakukan terhadap biji yang sudah berwarna hitam. Biji yang sudah dipanen selanjutnya disimpan dalam suatu wadah yang rapat agar peningkatan kadar air pada biji tidak terjadi sehingga dapat mencegah kerusakan biji.

Buah jarak yang masih berkulit dijemur beberapa hari, sehingga kulit akan mengelupas dari cangkangnya. Proses pembuatan minyak jarak pagar ini tergolong sangat sederhana. Daging buah dan biji tanaman jarak pagar dihancurkan dengan menggunakan mesin blender. Setelah itu, daging buah dan biji yang sudah dihancurkan di masukkan ke dalam mesin tekan hidrolik. Dengan melakukan penekanan dongkrak hidrolik, biji jarak yang sudah dihancurkan diperas hingga menghasilkan minyak. Wujud dari bahan bakar minyak tanaman jarak pagar seperti minyak goreng, baunya tidak mencolok, kental dan licin seperti ditunjukkan gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Minyak jarak pagar.

Sumber: Lail, 2011: 6

Sifat dan karakteristik minyak jarak (*Jatropha curcas L*) dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Sifat fisik minyak jarak pagar.

Sifat Fisik	Satuan	Nilai
Titik nyala (<i>Flash point</i>)	°C	236
Densitas pada 15° C (<i>Density at 15° C</i>)	g/cm ³	0,9177
Viskositas pada 30° C (<i>Viscosity at 30° C</i>)	Cst	52,6
Carbon residue on 10% destillation residue	%(m/m)	0,34
Kadar abu sulfat (<i>Sulfated ash content</i>)	%(m/m)	0,007
Titik tuang (<i>Pour point</i>)	°C	-2,5
Kadar air (<i>Water content</i>)	Ppm	935
Kadar sulfur (<i>Sulfur content</i>)	Ppm	<1
Bilangan asam (<i>Acid value</i>)	mg KOH/g	4,75
Bilangan iodin (<i>Iodine value</i>)	g iod/100 g	96,5

Sumber: Erliza Hambali, 2007.

Tabel 2.3 Analisa kimia minyak jarak pagar.

Kandungan	Rumus Kimia	Jumlah (%)
Risinoalat	C ₁₅ H ₃₄ O ₃	89,5
Dihidroksistearat	C ₁₅ H ₃₆ O ₄	0,7
Palmitat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1
Stearat	C ₁₅ H ₃₆ O ₂	1
Oleat	C ₁₅ H ₃₄ O ₂	3
Linoleat	C ₁₅ H ₃₂ O ₂	4,2
Linolenat	C ₁₅ H ₃₃ O ₂	0,3
Eikosaenoat	C ₁₅ H ₄₀ O ₂	0,3

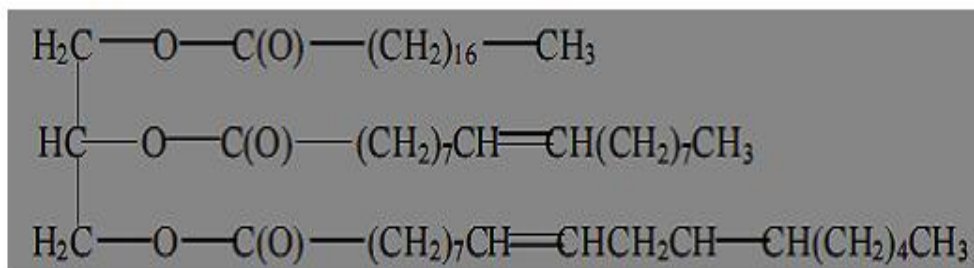
Sumber: Elisa Julianti, 2006.

Tabel 2.4 Perbandingan karakteristik minyak jarak alami dengan solar.

Parameter	Minyak Jarak	Solar
Densitas 15 °C (g/cm ³)	0,92	0,85
Viscositas 30°C (cst)	52,6	3,6
Bilangan setana	51	48
Flash point (°C)	240	80
Nilai kalor (kkal/kg)	9.470	10.170
Karbon (C) per molekul	16 – 18	8 - 10

Sumber: I.N.G Wardana, 2008.

Minyak jarak merupakan minyak yang struktur molekulnya mengandung unsur oksigen yang cukup banyak sehingga memungkinkan dalam proses pembakaran yang terjadi akan menjadi lebih sempurna. Sehingga akibatnya gas-gas hasil pembakaran akan lebih ramah terhadap lingkungan. Akan tetapi, nilai kalor yang dimiliki minyak jarak lebih rendah jika dibandingkan dengan minyak diesel. Sehingga tanpa modifikasi bahan bakar (transesterifikasi), minyak jarak tidak dapat langsung digunakan untuk menggantikan minyak diesel. Minyak jarak pagar terdiri dari molekul trigliserida dengan atau tanpa ikatan rangkap. Adapun rumus struktur kimia dari minyak jarak pagar adalah:



Gambar 2.4 Struktur kimia minyak jarak pagar.

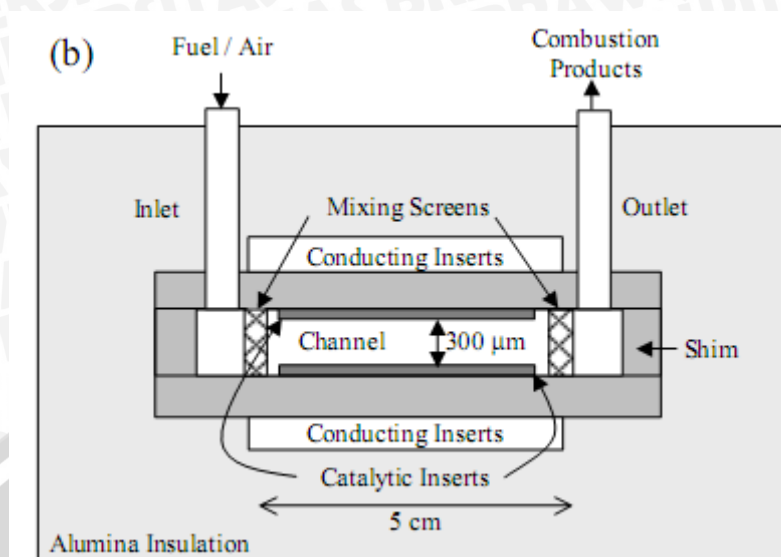
Sumber: Lail, 2011: 8

Dari rumus struktur kimia minyak jarak (*Jatropha Curcas L*) pada gambar di atas terlihat bahwa minyak jarak mempunyai rantai molekul yang panjang. Rantai yang panjang tersebut menyebabkan ikatan kimia yang dimilikinya stabil, hal ini berarti minyak jarak akan lebih sulit untuk terbakar, dan dibutuhkan energi yang besar untuk memutuskan rantai-rantai tersebut. Dalam struktur kimia minyak jarak tersebut terdapat juga ikatan ganda yang mempunyai energi disosiasi lebih besar daripada ikatan tunggal. Sehingga dibutuhkan energi yang lebih besar untuk memutus ikatan-ikatan atomnya.

2.3 *Microcombustor*

Microcombustor merupakan rangkaian proses pembakaran yang umumnya dilakukan namun pada hal ini reaksi kimia antara bahan bakar dan oksidan (udara dan O_2) berlangsung pada skala mikro. Proses terjadinya pembakaran (*combustion*) pada ukuran ruang bakar yang cukup kecil yaitu 100-1000 μm (Jejukur, 2009: 1). Unsur yang berperan dalam *microcombustor* sama dengan pembakaran pada umumnya yaitu bahan bakar, udara dan O_2 serta energi aktivasi atau panas. Bahan bakar yang digunakan biasanya hidrokarbon dalam bentuk gas, cair maupun padat.

Microcombustor dapat diaplikasikan dalam berbagai ilmu teknologi. Perkembangan teknologi dengan pemanfaatan *microcombustor* dapat dilihat dalam propulsi pembangkit listrik dan pemanas. Hasil produk yang memiliki ukuran yang lebih kecil seperti miniatur perangkat informasi lebih diminati karena sistem kontrol lebih mudah dan ketepatan dimensi yang cukup akurat. Perangkat ini dapat digunakan dengan menggunakan baterai. Energi *thermal* hasil pembakaran diubah menjadi energi listrik pada baterai. Sehingga diharapkan dengan menggunakan *microcombustor* dapat mengurangi biaya material maupun prosesnya. Konsep *microcombustor* dapat ditunjukkan pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 : *Microcombustor*
Sumber : D.G Norton, et al (2004:3)

Studi awal tentang pemanfaatan *microcombustor* telah dilakukan pada perangkat komunikasi militer Amerika. Sejak saat itu pemanfaatan *microcombustor* dengan bahan bakar fosil diproyeksikan untuk mengganti baterai pada perangkat tersebut. Hal ini disebabkan ketersediaan baterai *Li-ion* yang terbaik memiliki kapasitas penyimpanan energi (dalam hal ini energi kimia yang tersedia) 1,2 kg/MJ terhadap 45 MJ/kg hidrokarbon. Produk elektronik seperti komputer, ponsel, laptop serta perangkat komunikasi militer akan mendapatkan keuntungan dari metode ini sejak *charging* dan *down times* dapat berkurang secara substansial. Namun yang menjadi masalah dalam pemanfaatan *microcombustor* ini adalah teknologi yang mampu merubah energi *thermal* menjadi energi listrik secara efisien dengan menggunakan konverter.

Microcombustor dalam pembuatannya cukup sulit untuk direalisasikan secara efisien dalam optimalisasi perubahan panas. Hal ini disebabkan terjadinya kerugian panas (*heat loss* tinggi) akibat proses perpindahan panas secara konduksi pada dinding ruang bakar. Sehingga api hasil pembakaran mengalami pendinginan secara cepat (*quenching*) dan kurang stabil atau cepat padam. Selain itu perbandingan luas per volume ruang bakar yang relatif besar, sehingga kehilangan panas tiap satuan luas menjadi sangat besar. Pencampuran udara dan bahan bakar pada *microcombustor* sulit dilakukan sehingga dibutuhkan waktu yang cukup

lama untuk terjadinya reaksi antara reaktan dan udara. Akibatnya pembakaran yang terjadi kurang sempurna yang berujung pada efisiensi operasi buruk.

2.4 Pembakaran

Pembakaran adalah proses lepasnya ikatan-ikatan kimia lemah bahan bakar akibat pemberian energi tertentu dari luar menjadi atom-atom yang bermuatan dan aktif sehingga mampu bereaksi dengan oksigen sehingga membentuk ikatan molekul-molekul yang kuat yang mampu menghasilkan cahaya dan panas dalam jumlah yang besar (I.N.G Wardana, 2008:7). Menurut Turns pembakaran merupakan reaksi kimia oksidasi yang sangat cepat antara oksigen dan bahan bakar yang dapat terbakar dengan bantuan energi dari luar (energi aktivasi) disertai dengan timbulnya cahaya (*flame*) dan menghasilkan kalor (Turns, 1996:12).

Pada saat pembakaran terdapat dua peristiwa utama yang terjadi:

1. Ikatan-ikatan molekul yang lemah terlepas, kemudian digantikan oleh ikatan yang lebih kuat. Kelebihan energi yang kuat ini akan dilepas ke dalam sistem dan akan menghasilkan kenaikan temperatur.
2. Komposisi dari campuran berubah terhadap waktu dan perubahan ini disebabkan oleh proses pada tingkat molekuler.

Berdasarkan pada peristiwa di atas terdapat dua hal yang harus dipenuhi agar reaksi pembakaran dapat berlangsung, yaitu: kesetimbangan massa yang disebut stoikiometri dan kesetimbangan energi yang diterapkan ketika proses pembakaran berlangsung diturunkan dari prinsip-prinsip termokimia (I.N.G Wardana, 2008:55)

Berdasarkan pada proses pencampuran bahan bakar dan oksigen, pembakaran dibedakan menjadi dua jenis:

1. Pembakaran difusi adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur secara alami melalui proses difusi baru terjadi pembakaran.
2. Pembakaran *premixed* adalah pembakaran dimana bahan bakar dan udara sudah bercampur terlebih dahulu secara mekanik sebelum terjadi

pembakaran. Homogenitas dari campuran udara dan bahan bakar mempengaruhi kualitas dari pembakaran pada pembakaran *premixed*.

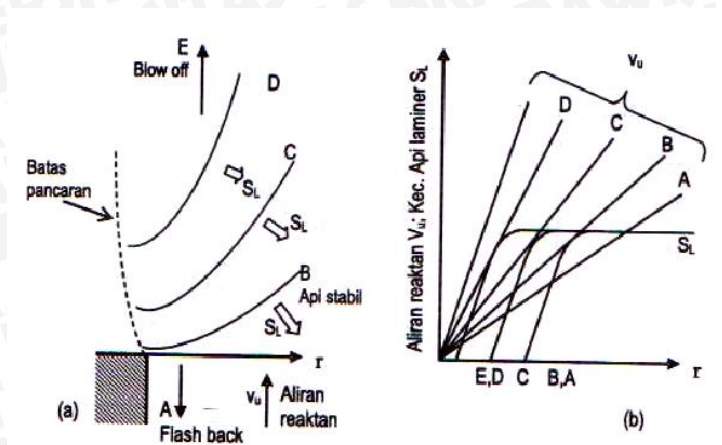
Selama proses pembakaran yang diharapkan adalah didapatkannya pembakaran yang sempurna, di bawah ini adalah beberapa syarat pembakaran yang harus dipenuhi agar terjadi pembakaran yang sempurna.

1. Penguapan yang efisien dari bahan bakar.
2. Perbandingan udara yang cukup, harus terjadi pencampuran homogen antara bahan bakar dan udara.
3. Temperatur pembakaran yang cukup tinggi.

2.4.1 Pembakaran *Premixed*

Seperti pada penjelasan sebelumnya, pembakaran *premixed* merupakan pembakaran dimana bahan bakar dan udara bercampur terlebih dahulu secara mekanik sebelum terjadi pembakaran. Pada pembakaran *premixed*, terjadi perambatan gelombang pembakaran yang disebut dengan *flame* (I.N.G Wardana, 2008:152). Contoh paling khas dari api *premixed* ini adalah api bunsen, dimana api *premixed* ini berbentuk kerucut. Kerucut pada api bunsen ada dua, yaitu kerucut dalam (yang dekat dengan mulut nosel) yang merupakan api *premixed* dan kerucut luar adalah kerucut api difusi.

Di dalam proses pembakaran, kestabilan memegang peranan yang sangat besar. Api dikatakan stabil jika keadaan tetap stasioner pada posisi tertentu. Peristiwa ini dapat terjadi jika kecepatan gas reaktan sama dengan kecepatan rambat api. Kondisi pembakaran yang stabil akan terjadi jika garis kecepatan gas reaktan menyinggung garis kecepatan pembakaran, seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gradien kecepatan api dan reaktan
Sumber: I.N.G Wardana, 2008: 171

Jika garis kecepatan gas reaktan tidak memotong garis kecepatan pembakaran yaitu kondisi dimana kecepatan gas reaktan lebih besar dari kecepatan pembakaran, maka akan terjadi *blow-off*. Pada kondisi lain jika garis kecepatan gas memotong garis kecepatan pembakaran di dua titik, maka akan terjadi peristiwa yang dikenal dengan *flash back*.

Warna api adalah panjang gelombang dari getaran ion yang dominan di api. Warna api bahan bakar hidrokarbon hasil pembakaran sempurna umumnya berwarna biru yang menandakan bahwa proses pembakaran didominasi pembentukan ion CH. Jika pembakaran tidak sempurna karena kekurangan oksigen, maka sebagian karbon tidak terbakar dan bergetar pada panjang gelombang tertentu sehingga api menjadi berwarna merah kekuningan.

2.4.2 Injeksi Uap

Uap adalah gas yang terbentuk dari cairan yang dipanaskan. Kemampuan menguap suatu cairan berhubungan dengan titik didihnya, semakin tinggi titik didihnya maka semakin rendah kemampuan menguapnya. Pembakaran dalam bentuk gas memiliki beberapa manfaat yaitu bahan bakar mampu terbakar tanpa adanya jelaga dan asap.

Menurut Takeuchi (2006:104), gas memiliki beberapa sifat antara lain:

1. Gas bersifat transparan.
2. Gas dalam suatu ruangan akan memberikan tekanan ke dinding.

3. Gas terdistribusi merata dalam ruangan apapun bentuk dari ruangnya.
4. Gas berdifusi ke segala arah tidak peduli ada atau tidak tekanan dari luar.
5. Bila dipanaskan gas akan mengembang, bila didinginkan akan mengerut.
6. Bila dua gas atau lebih bercampur, maka gas-gas tersebut akan terdistribusi merata.
7. Gas dapat ditekan dengan tekanan luar. Bila tekanan luar dikurangi maka gas akan mengembang.
8. Volume sejumlah gas sama dengan volume wadahnya. Bila gas tidak diwadahi maka volume gas akan tak terhingga besarnya dan tekanannya menjadi tak hingga kecilnya.

Fase uap pada minyak jarak menyebabkan ikatan antar molekul semakin lemah sehingga mudah untuk bereaksi dengan udara. Kecepatan reaksi pembakaran akan semakin cepat sehingga dibutuhkan sedikit energi aktivasi agar terjadi pembakaran yang akan menghasilkan panas hasil pembakaran bahan bakar.

2.4.3 Rasio udara dan Bahan Bakar (*Air Fuel Ratio*)

Salah satu yang mempengaruhi proses terjadinya pembakaran adalah perbandingan jumlah mol bahan bakar dan jumlah mol udara atau lebih dikenal *Air-fuel ratio* (AFR). Nilai ini sangat berpengaruh pada jumlah udara yang akan disuplai untuk mereaksikan jumlah tertentu dari bahan bakar. Jika udara yang disediakan benar-benar membakar semua bahan bakar, rasio ini dikenal sebagai campuran *stoichiometry*, sering disingkat *stoic*. Apabila nilai AFR ini tidak diperhitungkan secara *stoichiometry* maka proses pembakaran tidak akan berlangsung secara maksimal, sehingga dibutuhkan campuran yang sesuai karena apabila kekurangan jumlah udara yang disediakan maka ada sebagian bahan bakar yang tidak akan terbakar untuk menghasilkan energi panas atau yang lainnya. Persamaan AFR dapat dilihat pada persamaan 2-1 dan 2-2

$$AFR = \frac{N_{udara}}{N_{bahan\ bakar}} \quad (\text{I.N.G Wardana, 2008: 58}) \quad (2-1)$$

$$AFR = \frac{M_{udara}}{M_{bahan\ bakar}} \quad (\text{I.N.G Wardana, 2008: 58}) \quad (2-2)$$

Dimana:

AFR = Perbandingan udara dengan bahan bakar ($\text{Kg}_{udara} / \text{Kg}_{bahan\ bakar}$)

N = Jumlah mol (mol)

M = Massa molekul (Kg)

Untuk menghitung AFR dapat menghitung massa molar secara langsung dengan menggunakan massa molar. Menurut Avogadro, setiap gram zat memiliki $6,022 \times 10^{23}$ sma (satuan massa atom). Angka $6,022 \times 10^{23}$ adalah bilangan Avogadro. Avogadro menerangkan bahwa volume gas yang sama punya jumlah molekul yang sama. Jadi satu mol sebuah zat adalah jumlah yang massanya sama dengan massa molekul atau massa atom zat tersebut yang dinyatakan dalam gram atau kilogram.

Biasanya atom-atom yang terlibat dalam reaksi pembakaran adalah bahan bakar hidrokarbon yaitu C, H, O₂ dan N₂ maka massa molarnya bisa diketahui dari tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5. Massa molar unsur

Atom, Molekul	Massa Molekul	Massa Molar
C	12,01 sma	12,01 g
H	1,01 sma	1,01 g
O ₂	32 sma	32 g
N ₂	28,02 sma	28,02 g

Sumber: I.N.G Wardana (2008:59)

2.4.4 Tekanan Gas

Tekanan berdasarkan rumusnya didefinisikan sebagai gaya per satuan luas.

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{Young, 2000:425}) \quad (2.3)$$

Dengan:

P = Tekanan (N/m²)

F = Gaya (Kg m/s²)

A = Luas Penampang (m²)

Tekanan gas besarnya diukur secara tidak langsung dengan jalan membandingkan dengan tekanan cairan. Besarnya tekanan cairan bergantung pada berat jenis dan tinggi dari cairan, seperti ditunjukkan pada persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} W &= m.g \\ &= V.\rho.g \\ &= A.h.\rho.g \end{aligned}$$

Dengan:

W = gaya berat / berat zat cair (Kg.m/s^2)

V = volume zat cair (m^3)

A = Luas penampang zat cair (m^2)

h = tinggi zat cair (m)

ρ = densitas zat cair (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s^2)

Sehingga tekanan gas dapat dinyatakan dengan

$$\begin{aligned} P &= \frac{F}{A} = \frac{W}{A} \\ &= \frac{A \cdot h \cdot \rho \cdot g}{A} \\ &= \rho \cdot g \cdot h \end{aligned} \quad (\text{Young, 2000:428}) \quad (2.4)$$

2.4.5 Persamaan Keadaan

Persamaan keadaan gas ideal adalah persamaan yang menunjukkan hubungan antara tekanan (P), temperatur (T) dan volume (V) atau volume spesifik (v) dari suatu zat. Untuk sifat gas ideal dimana gaya persatuan volume antar molekul dapat diabaikan maka persamaan untuk gas ideal adalah:

$$PV = N R_U T \quad (\text{I.N.G Wardana, 2008:108}) \quad (2.5)$$

Jika persamaan 2.5 dikalikan dengan berat molekul gas (M_W) maka bentuknya menjadi seperti berikut:

$$\begin{aligned} PV &= (N M_W) \left(\frac{R_U}{M_W} \right) T \\ PV &= m R T \\ P \left(\frac{V}{m} \right) &= R T \\ \frac{P}{\rho} &= R T \\ P &= \rho R T \end{aligned} \quad (\text{I.N.G Wardana, 2008:108}) \quad (2.6)$$

Dengan:

R_U = konstanta gas universal (8315 J/kmol.K)

V = volume spesifik (m^3/kg)

ρ = densitas (kg/m^3)

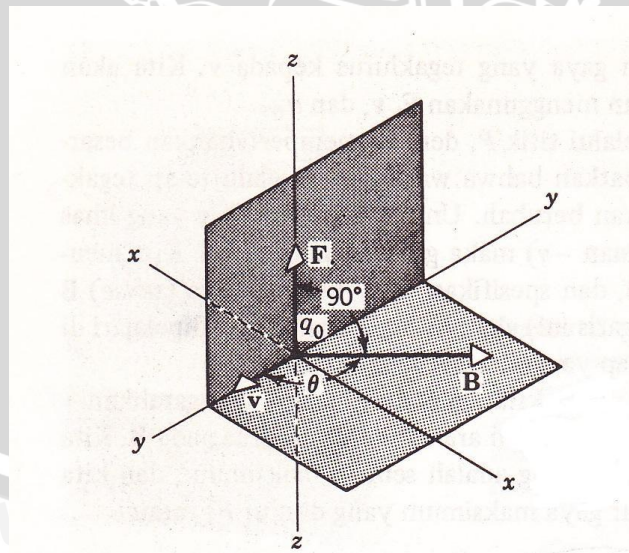
R = konstanta gas spesifik (J/kmol.K)

M = massa molekul gas (kg)

2.5 Medan Magnet

Medan magnet adalah suatu medan atau ruangan yang dapat menimbulkan gaya pada benda-benda magnet atau partikel bermuatan listrik. Medan magnet merupakan medan tertutup, artinya garis medannya selalu merupakan lingkaran tertutup. Kawat penghantar yang dialiri arus listrik, garis medan magnetnya merupakan lingkaran-lingkaran tertutup yang berpusat pada penghantar tersebut. Kuat medan magnet makin melemah jika jarak dari sumber semakin jauh. Medan magnet tidak dapat dihalangi oleh benda-benda yang tidak permeabel seperti tubuh manusia, bangunan, tanah dan pepohonan.

Untuk lebih jelasnya sebuah muatan q_0 sebagai benda uji kita letakan pada titik pusat dalam keadaan diam pada sebuah magnet permanen. Maka tidak akan mendapatkan sebuah gaya. Tetapi bila sebuah muatan q_0 kita tembakan dari titik diamnya dengan kecepatan v maka akan timbul sebuah gaya (*slideways force*) F yang bekerja pada benda uji tersebut. Maka akan timbul sebuah medan magnet B pada titik diam dimana B adalah vektor yang memenuhi hubungan antara q_0 , V dan F seperti ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hubungan antara q_0 , V dan F
Sumber: Halliday (1984)

Dari penjelasan di atas didapatkan sebuah rumusan dasar dari besarnya medan magnetik yang ditunjukkan pada rumus 2.7 dan 2.8

$$F = q_0 \cdot V \cdot B \quad (\text{Halliday, 1984:253}) \quad (2.7)$$

$$B = \frac{F}{q_0 \cdot V} \quad (\text{Halliday, 1984:253}) \quad (2.8)$$

Medan magnet (B) memiliki satuan SI *tesla* (disingkat T) atau weber/m² dengan mengingat 1 Coloumb/secon adalah satu ampere maka kita peroleh:

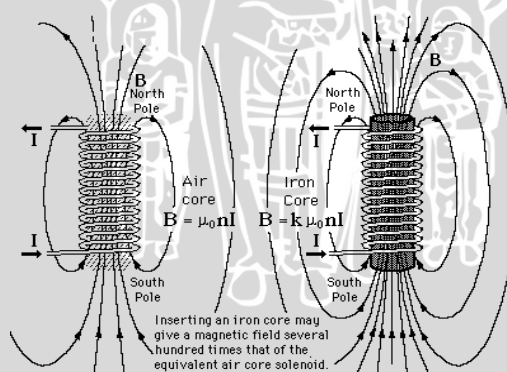
$$1 \text{ tesla} = 1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ Newton} / (\text{ampere} \cdot \text{meter})$$

Sebuah satuan lain yang digunakan adalah *gauss*, hubungan diantara satuan-satuan tersebut adalah:

$$1 \text{ tesla} = 1 \text{ webber/m}^2 = 10^4 \text{ gauss}$$

2.5.1 Medan Magnet Selenoida

Selenoida merupakan kumparan atau lilitan kawat yang biasanya membungkus inti logam dan dapat menghasilkan medan magnet apabila arus listrik dialirkan pada kumparan tersebut. Selenoida dapat menghasilkan medan magnet yang besarnya dapat diatur. Adapun arah garis medan magnet tergantung pada arah aliran arus listrik dalam kumparan selenoida yang ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Arah garis medan magnet dalam selenoida
Sumber: Irawan (2002)

Apabila kedalam sebuah selenoida dimasukan bahan ferromagnetik seperti besi, baja, silikon, maka medan magnet yang akan dihasilkan semakin bertambah besar. Peningkatan medan magnet yang terjadi pada selenoida adalah penjumlahan medan magnet yang dihasilkan selenoida itu sendiri dan medan magnet eksternal yang dihasilkan oleh inti selenoida yang menjadi magnet.

Peningkatan medan magnet yang terjadi tersebut dinamakan induksi magnetik atau rapat fluksmagnetik yang diberi simbol B.

Besarnya peningkatan medan magnet yang terjadi diukur menggunakan besaran yang dinamakan permeabilitas magnetik yang merupakan perbandingan antara induksi magnetik dan kuat medan magnet yang terjadi H atau dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (\text{Smith, 2004:831}) \quad (2.9)$$

Apabila dalam selenoida tidak terdapat inti logam maka permeabilitas magnetik merupakan permeabilitas ruang kosong (μ_0) dimana nilai dari $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Wb(Am)}^{-1}$. Peningkatan medan magnet yang terjadi juga dapat dinyatakan dalam besaran permeabilitas relatif (μ_r) yang merupakan perbandingan antara μ dan μ_0 .

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad (\text{Smith, 2004:832}) \quad (2.10)$$

Secara umum besar induksi magnetik yang dihasilkan dapat dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut:

$$B = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H \quad (\text{Smith, 2004:832}) \quad (2.11)$$

Adapun nilai dari permeabilitas relatif dari beberapa material dapat ditunjukkan pada tabel 2.6 berikut:

Tabel 2.6 Nilai Permeabilitas Realtif Material

Jenis material	Nilai permeabilitas relatif
Magnetic iron	200
Nickel	100
Permalloy (78,5%nickel, 21,5%iron)	8000
Mumetal 75% nickel, 2% chromium, 5% copper, 18% iron)	20000

Sumber: I.N.G Wardana (2008:19)

Adapun besar induksi magnetik yang dibangkitkan oleh selenoida yang berarus listrik dapat dirumuskan sebagai berikut:

1.Induksi magnet ditengah panjang solenoida:

$$B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{l} \quad (\text{Irawan, 2002:19}) \quad (2.12)$$

2.Induksi magnet diujung panjang solenoida:

$$B = \frac{\mu \cdot I \cdot N}{2l} \quad (\text{Irawan, 2002:19}) \quad (2.13)$$

Dengan:

B = medan magnet selenoida (Tesla = $\text{NA}^{-1}\text{m}^{-1}$)

μ = permeabilitas magnetik Wb (Am)^{-1}

I = arus listrik (A)

N = jumlah lilitan

l = panjang selenoida (m)

2.6 Hipotesa

Semakin besar pembangkitan medan magnet dengan *range* 0T sampai dengan 0,5 Tesla pada *microcombustor* berbahan bakar minyak jarak akan mampu meningkatkan intensitas tumbukan ion akibatnya temperatur pembakaran semakin tinggi sehingga proses pembakaran semakin sempurna dan mempengaruhi nyala api.

