

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dharma (2013) meneliti tentang pengaruh *equivalence ratio* terhadap karakteristik api pembakaran *premixed* minyak jarak pada *perforated burner* dengan metode penelitian eksperimental. Dari hasil penelitiannya didapat kesimpulan bahwa *equivalence ratio* mempengaruhi pola api pembakaran *premixed* minyak jarak dan udara. Dengan massa alir bahan bakar yang konstan, penambahan massa alir udara mempengaruhi *equivalence ratio*. Perubahan nilai *equivalence ratio* akan mempengaruhi nyala api yang semakin tinggi dan stabilitas nyala api. Penambahan massa alir udara yang semakin besar menyebabkan difusivitas massa reaktan lebih besar daripada difusivitas panas, sehingga api akan mengalami *lift off* sampai pada akhirnya api akan padam. Disamping itu, pola warna api memberikan informasi pembakaran mendekati sempurna atau tidak. Warna biru mengindikasikan bahwa pembakarannya mendekati sempurna, sedangkan warna kuning mengindikasikan banyak terdapat bahan bakar yang belum terbakar dan terbakar secara difusi dengan udara.

Swaminathan (2005) melakukan penelitian tentang pengaruh medan magnet terhadap karakteristik api mikro difusi. Variasi yang digunakan dalam penelitiannya adalah kekuatan magnet dan kecepatan api. Dalam penelitiannya didapat kesimpulan bahwa dengan adanya medan magnet dapat mempengaruhi struktur api, panjang api juga berkurang seiring berkurangnya gradien medan magnet secara vertikal. Sedangkan temperatur nyala api akan semakin meningkat.

Gonzales (2008) dalam penelitiannya mengenai pengaruh medan magnet pada pembakaran difusi. Menyatakan bahwa dengan adanya medan magnet dapat meningkatkan kecepatan aliran oksigen secara paramagnetik dan mempengaruhi struktur dan bentuk api.

Buffan dan cox (2008) menyatakan bahwa kecepatan pembakaran dipengaruhi oleh diameter dari nosel. Selain itu juga menyimpulkan bahwa kecepatan pembakaran tertinggi didapat pada *equivalence ratio* sama dengan satu.

2.2 Bahan Bakar

Dalam penggunaannya bahan bakar dikategorikan ke dalam dua kelompok yaitu bahan bakar primer dan bahan bakar sekunder. Bahan bakar primer adalah bahan bakar yang dapat langsung digunakan seperti kayu dan gas alam. Sedangkan bahan bakar sekunder adalah bahan bakar yang diolah terlebih dahulu dari bahan primer sebelum dipakai, yang termasuk jenis ini adalah bensin, minyak tanah, dan solar.

Selain itu jenis bahan bakar dapat pula dikategorikan kedalam bahan bakar tak terbarukan dan bahan bakar terbarukan. Pada jenis ini bahan bakar tak terbarukan misalnya minyak bumi dan batu bara. Sedangkan contoh dari bahan bakar terbarukan salah satunya adalah minyak jarak.

2.2.1 Minyak Jarak (*Jatropha Curcas Linneaus*)

Tanaman jarak (*Jatropha Curcas Linneaus*) merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropis, dan merupakan tanaman semak yang tumbuh dengan sangat cepat hingga mencapai 3-5 meter. Tanaman ini tahan terhadap kekeringan dan dapat tumbuh ditempat-tempat dengan curah hujan 200 mm hingga 1500 mm per tahun.

Minyak jarak memiliki banyak manfaat dan memiliki karakter yang khas secara fisik. Pada suhu ruang minyak jarak berfasa cair dan tetap stabil pada suhu rendah maupun suhu tinggi. Meskipun telah lama dikenal sebagai bahan obat dan racun, saat ini minyak jarak semakin mendapat perhatian sebagai sumber bahan bakar hayati untuk mesin diesel karena kandungan minyak bijinya.

Jarak di pandang menarik sebagai biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi. Komposisi asam lemak minyak jarak pada setiap daerah tidak sama, tergantung dari geologi daerah tersebut. Dalam penelitian ini penulisan mengambil komposisi asam lemak minyak jarak produksi BALITAS Malang. Tabel 2.1 menunjukkan asam lemak serta komposisi kimia yang terkandung dalam tanaman jarak. Sedangkan sifat-sifat yang dimiliki minyak jarak ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 Jenis dan Komposisi Asam Lemak pada Minyak Jarak

| Lemak | Rumus Kimia |
|----------------------|-------------|
| Asam Miristat | C14H28O2 |
| Asam 7-Heksadekenoat | C16H30O2 |
| Asam Palmiteloat | C16H30O2 |
| Asam Palmitat | C16H32O2 |
| Asam Heptadekanoat | C17H34O2 |
| Asam Oleat | C18H32O2 |
| Asam 7-Oktadekenoat | C18H34O2 |
| Asam Stearat | C18H36O2 |
| Asam Eikosoanoat | C20H40O2 |
| Asam Linoleat | C18H32O2 |

Sumber : Laboratorium Jurusan Farmasi Universitas Airlangga Surabaya

Tabel 2.2 *Properties Of Jatropha Pure Oil (JPO)*

| Property | JPO |
|---|--------|
| Density at 30 °C (g/cm ³) | 0,9096 |
| Density at 50 °C (g/cm ³) | 0,896 |
| Density at 75 °C (g/cm ³) | 0,8793 |
| Viscosity at 30 °C (mm ² /s) | 49,78 |
| Viscosity at 50 °C (mm ² /s) | 25,04 |
| Viscosity at 75 °C (mm ² /s) | 13,01 |
| Surface tension at 23 °C (dyn/cm) | 32,9 |
| Surface tension at 50 °C (dyn/cm) | 31,1 |
| Surface tension at 75 °C (dyn/cm) | 29,2 |
| Flash point (°C) | 230 |
| Ignition point (°C) | 402 |
| Pour point (°C) | -2,5 |
| Water content (wt.%) | 0,0862 |
| Carbon content (wt.%) | 77,3 |
| Hydrogen content (wt.%) | 11,8 |
| Oxygen content (wt.%) | 10,9 |
| Nitrogen content (wt.%) | 0,0006 |
| Sulfur content (wt.%) | 0,0002 |
| Carbon residue content (wt.%) | 0,41 |
| HHV (MJ/kg) | 40,14 |
| LHV (MJ/kg) | 37,47 |

Sumber : Hashimoto, et al (2014:2)

2.3 Pembakaran

Pembakaran adalah proses lepasnya ikatan kimia lemah bahan bakar akibat pemberian energi tertentu dari luar menjadi atom yang bermuatan dan aktif sehingga mampu bereaksi dengan oksigen, sehingga membentuk ikatan molekuler yang kuat dan mampu menghasilkan cahaya dan panas dalam jumlah yang besar (Wardana, 2008:7).

Berdasarkan proses pencampuran bahan bakar dan oksigen, pembakaran dibedakan menjadi 2, yaitu :

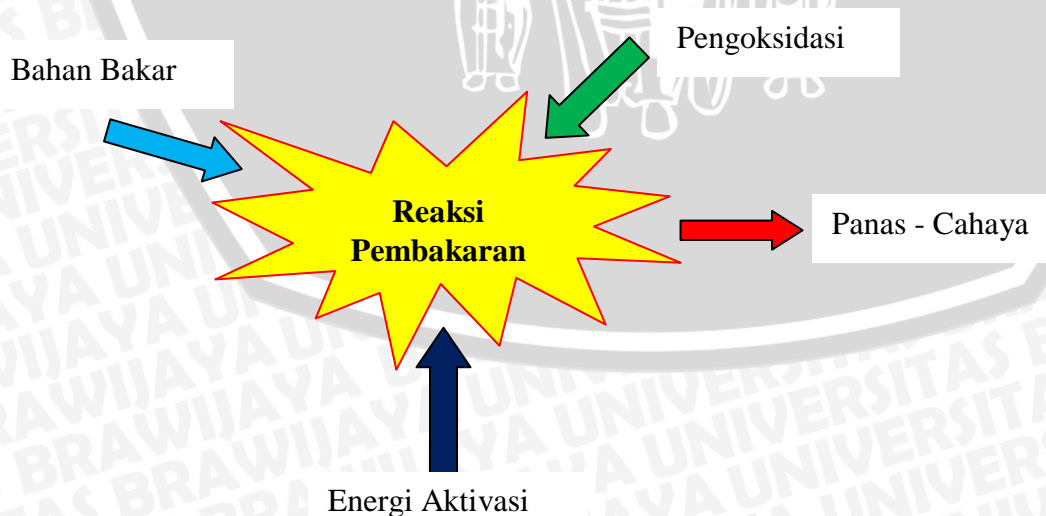
1. Pembakaran difusi

Pembakaran difusi merupakan proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik, melainkan dibiarkan bercampur secara alami melalui proses difusi kemudian terjadi pembakaran.

2. Pembakaran *premixed*

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*.

Setelah kita mengetahui definisi pembakaran maka kita harus mengetahui syarat terjadinya suatu pembakaran. Suatu pembakaran akan terjadi apabila bahan bakar dan udara bercampur dalam jumlah yang cukup dan diberikan energi aktivasi sehingga mampu untuk beroksidasi dan melepaskan energi panas. Berikut ini adalah contoh proses pembakaran



Gambar 2.1 Proses Pembakaran

Sumber : Wardhana (2008:3)

2.3.1 Proporsi Panas dan Cahaya pada Api Bunsen

Cahaya merupakan panas yang nampak dari suatu benda, untuk memancarkan cahaya tersebut dibutuhkan panas sebesar 400°C (752°F). Berikut ini beberapa penjelasan mengenai warna dan jenis api.

a. Api Merah

Api berwarna merah/kuning ini biasanya bersuhu dibawah 1000°C . api jenis ini termasuk api yang kurang panas, karena panasnya sebesar 40% dirubah menjadi cahaya.



Gambar 2.2 Api Merah/Kuning

Sumber : *Anonymous*

b. Api Biru

Api biru merupakan api yang bersuhu rata-rata sebesar 2000°C , api ini biasanya berbahan bakar gas dan termasuk jenis api yang panas, karena hanya 20% panasnya dibutuhkan untuk memancarkan cahaya.



Gambar 2.3 Api Biru/Api Bunsen

Sumber : *Anonymous*

2.4 Pembakaran *Premixed*

Pembakaran dapat dilakukan secara *premixed* maupun difusi. Pembakaran *premixed* merupakan pembakaran yang dapat terbentuk saat bahan bakar dan oksidator bercampur sempurna dalam *burner* sebelum dialirkan ke mulut *burner* dan mulai dibakar (*ignition*). Pembakaran secara *premixed* umumnya ditandai dengan nyala api yang berwarna biru.

Pengapian diperlukan untuk memberikan sejumlah energi dalam bentuk yang sesuai sehingga dapat menghasilkan suatu proses pembakaran. Selanjutnya akan terjadi penjaralan ke reaktan sebagai suatu nyala (*flame*). Proses pembakaran *premixed* secara luas digunakan pada sistem pembakaran seperti pada mesin otto dan bunsen *burner*.

Setelah melewati zona reaksi, campuran bahan bakar dan udara akan menjadi api. Zona reaksi dari pembakaran sangatlah tipis yang disebut api *premixed*. Api *premixed* akan merambat menuju ke arah reaktan dengan kecepatan unik. Jika kecepatan rambat reaktan sama dengan kecepatan rambat api maka api akan stasioner. Jadi karakter api *premixed* adalah merambat.

Dalam gelombang pembakaran terdapat dua zona, yaitu :

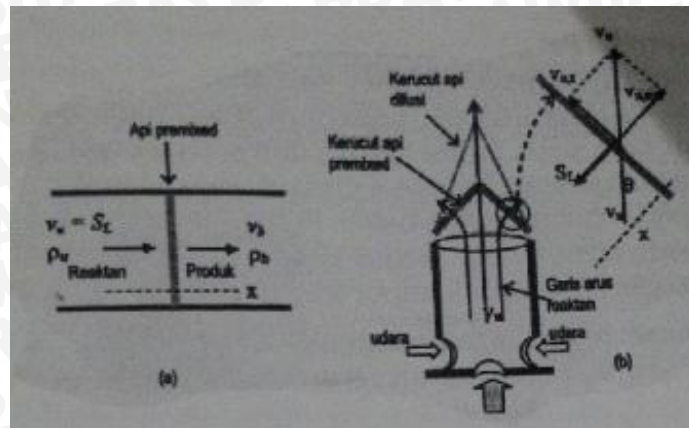
1. Zona pemanasan awal (*preheat zone*)

Dimana dalam zona ini merupakan daerah awal terjadinya pembakaran. Pada zona pemanasan awal ini masih banyak konsentrasi reaktan yang masih belum terbakar sehingga menyebabkan temperatur reaktan di zona ini masih rendah, seiring mendekati zona reaksi, konsentrasi reaktan akan semakin berkurang akibat adanya reaksi pembakaran yang terjadi sehingga temperatur reaktan akan semakin meningkat.

2. Zona reaksi (*reaction zone*)

Daerah dimana sebagian besar energi kimia yang bersal dari reaktan dilepaskan menjadi energi panas. Pada zona reaksi terjadi peningkatan temperatur dan penurunan konsentrasi reaktan akibat proses pembakaran sehingga menyebabkan konsentrasi produk meningkat.

Bentuk api *premixed* laminar yang paling khas adalah api bunsen dan api *premixed* yang merambat didalam tabung pembakar.



Gambar 2.5 Struktur api *premixed* : (a) Di dalam tabung pembakaran ; (b) Pada nosel bunsen

Sumber : Wardhana (2008:152)

Bentuk api *premixed* laminar yang paling khas adalah api bunsen dan api *premixed* yang merambat di tabung pembakar. Adapun struktur api untuk masing-masing pembakar dapat dilihat pada gambar 2.1 secara sederhana rambatan gelombang pembakaran dapat dibayangkan pada proses gelombang pembakaran di dalam tabung seperti dilihat pada gambar 2.1 (a). kedalam tabung dimasukkan campuran bahan bakar dan udara atau oksigen yang disebut reaktan. Jika salah satu ujung dari tabung diberi penyala, maka nyala api akan merambat dari kanan ke kiri. Di sebelah kanan api akan terbentuk produk sedangkan di sebelah kiri api adalah reaktan.

2.5 Kecepatan Pembakaran

Kecepatan pembakaran merupakan gelombang pembakaran (api) menuju reaktan yang terjadi karena adanya gradien temperatur antara produk yang memiliki temperatur tinggi dan reaktan yang memiliki temperatur rendah, sehingga terjadi transfer panas dari reaktan ke produk.

Vektor kecepatan api *premixed* didalam tabung gambar 2.1 (a) sejajar dengan vektor kecepatan yang lainnya, yakni vektor kecepatan dari reaktan dan vektor dari produk. Pada api *premixed* bunsen, garis arus kecepatan reaktan sedikit berbelok didekat api, hal ini dikarenakan perubahan dari densitas gas dan mengalir keluar tegak lurus dengan permukaan api.

Untuk api yang stasioner pada api bunsen, kecepatan api sama dengan komponen normal kecepatan gas reaktan pada uap lokasi seperti diilustrasikan gambar 2.1 (b) dengan demikian maka :

$$S_L = V_u \sin \theta \quad (2-1)$$

dengan :

S_L = kecepatan api *premixed*

V_u = kecepatan reaktan

θ = sudut antara api dengan sumbu nosel

Rumus diatas adalah rumus dasar untuk menghitung kecepatan api *premixed* pada nosel dunsen, dan θ adalah sudut antara api *premixed* pada nosel. Kecepatan reaktan bisa dihitung menggunakan rumus berikut :

$$V_u = \dot{m} / (\rho_u A) \quad (2-2)$$

dengan,

\dot{m} = massa alir reaktan

ρ_u = densitas reaktan

A = luas penampang lintang nosel

2.6 Campuran Udara Dan Bahan Bakar

Dalam suatu pembakaran hal yang perlu diperhatikan adalah jumlah campuran antara bahan bakar dengan udara karena hal ini memegang peranan penting dalam reaksi kimia terutama hasil produk yang akan terbentuk dalam pembakaran. Metode yang paling sering digunakan adalah AFR (*Air Fuel Ratio*), FAR (*Fuel Air Ratio*) dan *equivalen ratio*.

a. AFR (*Air Fuel Ratio*)

AFR (*Air Fuel Ratio*) adalah perbandingan massa udara terhadap massa bahan bakar dalam proses pembakaran. Jika nilai aktual perbandingan massa udara dan bahan bakar lebih besar dari nilai AFR maka campuran tersebut mengalami kelebihan udara, begitu juga sebaliknya. Jika dirumuskan maka AFR adalah :

$$AFR = \left(\frac{\text{massa udara}}{\text{massa bahan bakar}} \right) \quad (2-3)$$

b. *Equivalen Ratio* (ϕ)

Equivalen Ratio (ϕ) adalah perbandingan antara AFR saat kondisi stikiometri dengan AFR saat aktual atau juga dapat dikatakan perbandingan *Fuel Air Ratio* (FAR) saat kondisi aktual dengan FAR saat kondisi stikiometri. Jika dirumuskan maka ekuivalen ratio adalah :

$$\phi = \frac{AFR \text{ stikiometri}}{AFR \text{ aktual}} \quad (2-4)$$

dari penjelasan diatas terdapat tiga kondisi yang akan terjadi, yaitu :

- Jika $\phi > 1$: terdapat kelebihan bahan bakar dalam campuran atau disebut dengan campuran kaya bahan bakar.
- Jika $\phi = 1$: merupakan campuran yang stikiometri dan pembakaran akan sempurna
- Jika $\phi < 1$: terdapat kekurangan bahan bakar dalam campuran atau disebut dengan miskin bahan bakar.

2.7 Kestabilan Nyala Api

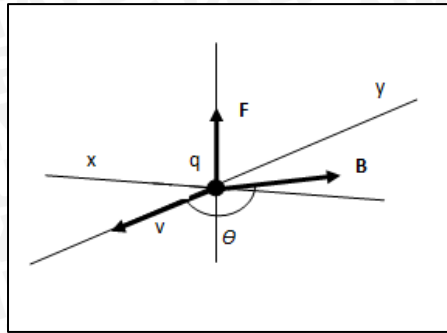
Api dikatakan stabil apabila kecepatan gas reaktan sama dengan kecepatan api.

Parameter yang menunjukkan kestabilan api dalam proses pembakaran yaitu *blow off*, *flash back*, *lift off*.

- *Blow off* adalah keadaan dimana api padam akibat batas kecepatan aliran reaktan lebih besar daripada laju nyala atau kecepatan pembakaan. Kondisi ini harus dihindari karena dapat membuat bahan bakar semakin boros, untuk mengatasi masalah ini harus memperhatikan kecepatan aliran reaktan yang tepat sebelum terjadinya *blow off*.
- *Flash back* adalah keadaan dimana kecepatan pembakaran atau laju nyala lebih besar dari pada laju aliran reaktan. *Flash back* ini tidak hanya merugikan karena api akan padam tetapi juga dari sisi keamanan sangat berbahaya. *Flash back* ini terjadi dengan cepat dan menimbulkan bunyi seperti ledakan.
- *Lift off* adalah ketika kecepatan aliran cukup tinggi dan tidak diimbangi dengan kecepatan api pembakaran, api akan menjauh dari mulut nosel. Peristiwa ini akan membuat api tidak bertahan stabil, oleh karena itu kecepatan aliran reaktan harus cukup rendah dan sebanding dengan kecepatan api pembakaran sehingga api akan menyentuh atau menempel dimulut nosel.

2.8 Medan Magnet

Medan magnet adalah suatu medan atau ruangan yang dapat menimbulkan gaya pada benda-benda magnet atau partikel bermuatan listrik. Kuat medan magnet akan semakin besar apabila jarak dari sumber magnet semakin dekat. Berikut gambar 2.3 adalah penggambaran gaya yang dihasilkan oleh medan magnet.



Gambar 2.5 Penggambaran gaya yang dihasilkan medan magnet
Sumber : (Halliday, 1984)

Keterangan :

F = Gaya magnetik (Newton)

B = Medan magnet (Tesla)

v = Arah kecepatan muatan (m/s)

q = Muatan (Coloumb)

y = Garis sumbu y

z = Garis sumbu z

x = Garis sumbu x

θ = sudut antara medan magnet dengan arah kecepatan muatan

2.8.1 Sifat Bahan Magnetik

Magnet hanya menarik bahan yang mempunyai kandungan partikel besi. Ada tiga jenis sifat bahan logam dilihat dari sifat kemagnetannya :

a) Feromagnetik adalah bahan feromagnetik merupakan bahan yang dapat ditarik magnet dengan kuat. Bahan feromagnetik contohnya besi, baja, nikel, dan kobalt. Selain dapat ditarik magnet dengan kuat, bahan feromagnetik dapat dibuat menjadi magnet.

b) Paramagnetik adalah bahan atau yang dapat ditarik oleh magnet, tetapi tarikannya sangat lemah. Bahan yang tergolong paramagnetik adalah aluminium, tembaga, kaca, kayu, dan oksigen.

c) Diamagnetik adalah bahan yang apabila didekatkan dengan magnet, maka magnet akan menolaknya (menjauhinya). Logam mineral yang tergolong bahan diamagnetik di antaranya emas dan timah hitam.

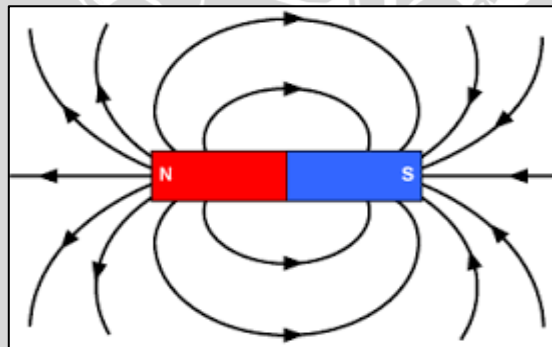
Dalam hal ini oksigen yang dipengaruhi oleh magnet dikarenakan oksigen memiliki sifat paramagnetik. Paramagnetik adalah suatu bentuk magnetisme yang hanya terjadi

karena adanya medan magnet eksternal. Material paramagnetik tertarik oleh medan magnet, dan karenanya memiliki permeabilitas magnetis relatif lebih besar. Meskipun demikian, tidak seperti ferromagnet yang juga tertarik oleh medan magnet, paramagnet tidak mempertahankan magnetismenya sewaktu medan magnet eksternal tak lagi diterapkan.

Magnet terdiri dari dua jenis, yaitu magnet sementara dan magnet permanen. Magnet sementara yaitu magnet yang hanya memiliki sifat-sifat magnetic dalam jangka waktu tertentu sebelum sifat kemagnetannya hilang atau dapat dengan sengaja dihilangkan. Sedangkan magnet permanen adalah magnet yang memiliki sifat kemagnetan dengan jangka waktu yang lama dan sulit untuk dihilangkan sifat kemagnetannya.

2.8.2 Garis Gaya Magnet

Garis gaya magnet adalah garis-garis khayal yang menunjukkan pola garis-garis lengkung yang terbentuk di sekitar magnet. Pola ini merupakan pola garis-garis medan magnetik yang disebut garis gaya magnetik. Garis gaya magnetik selalu berawal dari kutub utara menuju kutub selatan magnet. Begitu pula saat dua magnet berlawanan kutub didekatkan, arah garis gaya magnet tetap berawal dari kutub utara menuju kutub selatan magnet dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.6 Arah garis gaya magnet
Sumber : *Anonymous*

2.8.3 Kerapatan Fluks Magnet

Kerapatan fluks magnet (magnetic flux density) adalah fluks magnet per satuan luas pada bidang yang tegak lurus dengan fluks magnet tersebut. Kerapatan fluks magnet sering disebut juga dengan induksi magnet (magnetic induction). Kerapatan fluks magnet dapat dinyatakan dengan:

$$B = \Phi / A \quad (2-6)$$

dengan,

B = kuat medan magnet (Tesla)

Φ = fluks magnet (Weber)

A = luas penampang magnet (m^2)

Dipasaran sekarang ini banyak dijual peralatan magnetik yang diklaim dapat menghasilkan pembakaran sempurna yang akan meningkatkan nilai ekonomis bahan bakar dan menghasilkan polusi CO dan HC yang rendah. Berdasarkan penelitian oleh Sdr. I Nyoman Utama tentang “Studi eksperimental pengaruh penambahan medan magnet (0,4–1,12) tesla pada temperatur nyala api bahan bakar bensin“ diperoleh kesimpulan bahwa penambahan medan magnet dapat mempengaruhi kualitas pembakaran bahan bakar bensin yang ditandai dengan adanya kenaikan temperatur dari nyala api pada masing-masing titik pengukuran dengan peningkatan maksimum sebesar $59,93^{\circ}C$ atau sebesar 5,96% pada kuat medan magnet 1,12 tesla. Selain itu magnet juga bisa mempengaruhi laju aliran oksigen berdasarkan arah medan magnet yang dihasilkan.

2.9 Hipotesa

Hipotesa dari penelitian ini adalah apabila semakin kuat medan magnet yang digunakan maka kestabilan api akan semakin meningkat, hal ini dikarenakan kecepatan pembakaran akan semakin meningkat pada saat campuran kaya bahan bakar, sedangkan api akan mengalami *lift off* pada campuran miskin bahan bakar.