

**PENGARUH GRADIEN MEDAN MAGNET TERHADAP KECEPATAN
PEMBAKARAN API *PREMIXED* MINYAK JAGUNG**

SKRIPSI

KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

REZA HARENDRA PUTRA

NIM. 105060200111016-62

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2014

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH GRADIEN MEDAN MAGNET TERHADAP KECEPATAN
PEMBAKARAN API *PREMIXED* MINYAK JAGUNG**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

REZA HARENDRA PUTRA
NIM. 105060200111016-62

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Ir. ING Wardana, M. Eng., Ph.D.
NIP.19590703 198303 1 002

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH GRADIEN MEDAN MAGNET TERHADAP KECEPATAN
PEMBAKARAN API *PREMIXED* MINYAK JAGUNG**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

REZA HARENDRA PUTRA

NIM. 105060200111016-62

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 18 Nopember 2014 oleh
Majelis Penguji

Skripsi I

Skripsi II

Prof. Ir. Sudjito, Ph.D.
NIP. 19470330 198002 1 001

Ir. Agustinus Ariseno, MT.
NIP. 19510822 198701 1 001

Skripsi III

Dr. Eng. Yudi Surya Irawan, ST., M. Eng.
NIP. 19750710 199903 1 004

Mengetahui
Ketua Program Studi S1
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penyusun panjatkan kepada Allah S.W.T yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Medan Magnet Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

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

1. Bapak Suharsono sebagai ayah, Ibu Elik Endrawati sebagai ibu, dan Rizkia sebagai kakak penulis yang telah memberikan semangat, dukungan moril dan materiil, serta sebagai motivasi utama penulis dalam penyelesaian skripsi.
2. Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. Selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Purnami, ST., MT. Selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M. Eng., Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberi ilmu, bimbingan, masukan, dan saran dalam menyusun skripsi ini.
5. Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberi masukan, ilmu, dan bimbingan dalam menyusun skripsi ini.
6. Femiana Gapsari, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Akademik semester 1-6.
7. Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Akademik semester 7-9
8. Seluruh Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
9. Keluarga di Sawojajar, Buring, Ampelgading, Turen, Tulungagung, dan semua keluarga penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

10. Faisal Riski, Eli, beserta keluarga yang memotivasi penulis selama berkuliah di Teknik Mesin Universitas Brawijaya
11. Teman seperjuangan Skripsi Bombom Putu Dian dan Aditya Primadianto yang selalu membantu dan bahu-membahu dalam pengerjaan Skripsi ini.
12. Teman-teman SAUL dan Pecinta Liga yang selalu memberikan warna saat libur menjelang.
13. Teman IMMORTAL terima kasih kalian semua atas Kebersamaannya saat mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
14. Semua teman yang ada di Malang dan di seluruh penjuru dunia, dan semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terima kasih kalian semua atas dukungannya.

Penulis Menyadari bahwa Skripsi ini msih jauh dari sempurna, untk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak. Semoga Skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 6 Nopember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya	4
2.2 Definisi Medan Magnet	4
2.3 Injeksi Uap	6
2.4 Pembakaran	7
2.5 Bahan Bakar Nabati	8
2.6 Minyak Jagung	9
2.7 Rasio Udara dan Bahan Bakar	12
2.8 <i>Equivalence Ratio</i>	14
2.9 Pembakaran <i>Premixed laminer</i>	15
2.10 Hipotesis	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Variabel Penelitian	18
3.3 Skema Penelitian Secara Umum	19



3.4 Peralatan Penelitian	21
3.5 Prosedur Penelitian	23
3.6 Diagram Alir Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 . Hasil Penelitian.....	28
4.2 . Pengolahan Data	28
4.2.1 Contoh Perhitungan Kecepatan Alir Reaktan	28
4.2.2. Contoh Perhitungan Kecepatan Api	29
4.3 . Pembahasan	29
4.3.1 Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api Premixed Minyak Jagung Tanpa Medan Magnet.....	30
4.3.2 Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api Premixed Minyak Jagung Pada Titik 1	32
4.3.3 Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api Premixed Minyak Jagung Pada Titik 2	33
4.3.4 Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api Premixed Minyak Jagung Pada Titik 3	35
4.3.5 Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api Premixed Minyak Jagung Pada Berbagai Titik	37

BAB V PENUTUP

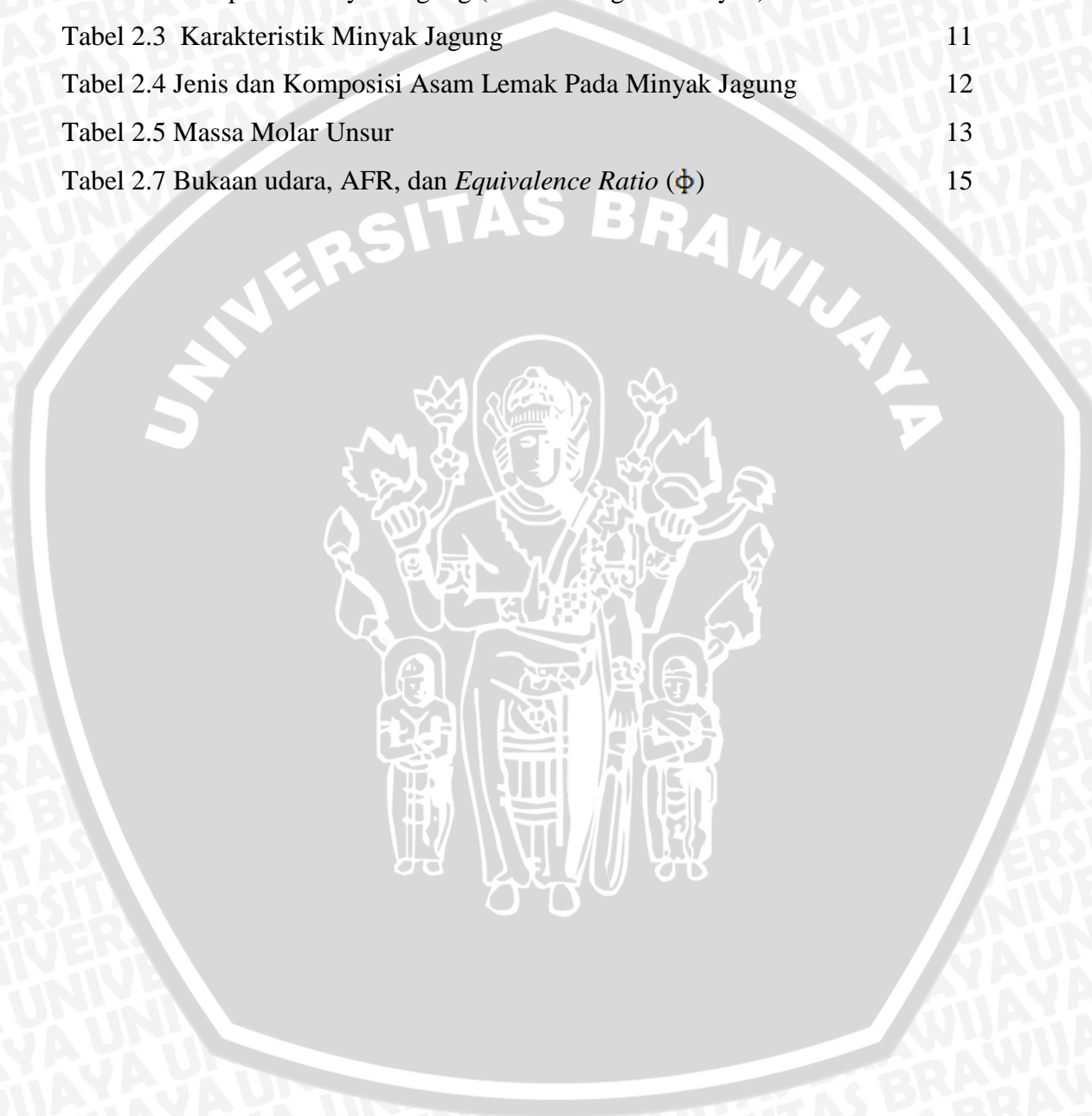
5.1 . Kesimpulan	42
5.2 . Saran	42

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Sifat Fisik Beberapa Jenis Minyak Nabati	9
Tabel 2.2	Komposisi Minyak Jagung (dalam 100 gram minyak)	11
Tabel 2.3	Karakteristik Minyak Jagung	11
Tabel 2.4	Jenis dan Komposisi Asam Lemak Pada Minyak Jagung	12
Tabel 2.5	Massa Molar Unsur	13
Tabel 2.7	Bukaan udara, AFR, dan <i>Equivalence Ratio</i> (ϕ)	15



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Penggambaran Gaya yang dihasilkan Medan Magnet	5
Gambar 2.2	Susunan Ikatan Molekul <i>Tryglyceride</i>	8
Gambar 2.3	Struktur Api <i>Premixed</i> (a) di dalam tabung pembakar (b) pada Nosel Bunsen	16
Gambar 3.1	Skema Penelitian	20
Gambar 3.2	(a) <i>Burner</i> dan Tabung <i>Premixed</i> , (b) dimensi <i>burner</i> dan tabung <i>premixed</i>	21
Gambar 3.3	(a) Magnet Silinder, (b) Ukuran Magnet	23
Gambar 3.4	Skema Pengujian Massa Alir Uap Minyak Jagung	25
Gambar 3.5	Skema Titik Peletakkan Ujung <i>Burner</i>	26
Gambar 3.6	Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh <i>Equivalence Ratio</i> terhadap Kecepatan Pembakaran Api <i>Premixed</i> Minyak Jagung Tanpa Magnet.	30
Gambar 4.2	Grafik Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api <i>Premixed</i> Minyak Jagung Pada Titik 1 Dengan Kuat Medan Magnet 30,1 mT	32
Gambar 4.3	Grafik Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api <i>Premixed</i> Minyak Jagung Pada Titik 2 Dengan Kuat Medan Magnet 10,4 mT	33
Gambar 4.4	Grafik Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api <i>Premixed</i> Minyak Jagung Pada Titik 3 Dengan Kuat Medan Magnet 29,8 mT	35
Gambar 4.5	Grafik Hubungan <i>Equivalence Ratio</i> Terhadap Kecepatan Api <i>Premixed</i> Minyak Jagung Pada Berbagai Titik	37
Gambar 4.6	Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Miskin Pada Titik 1 (30,1 mT)	38
Gambar 4.7	Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Miskin Pada Titik 2 (10,4 mT)	38
Gambar 4.8	Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Miskin Pada Titik 3 (29,8 mT)	38

Gambar 4.9 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Kaya Pada Titik
1 (30,1 mT) 40

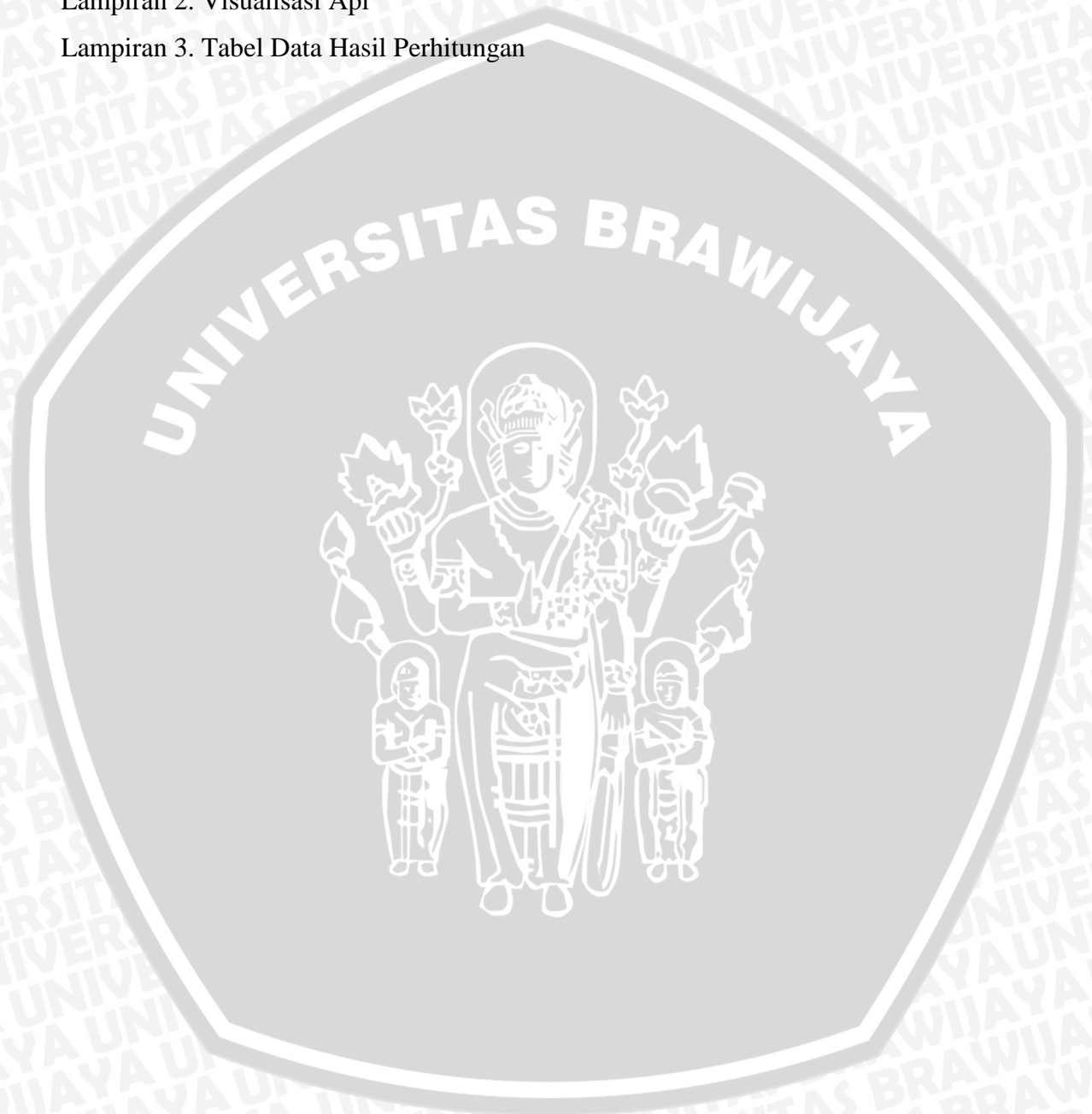
Gambar 4.10 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Kaya Pada Titik
2 (10,4 mT) 40

Gambar 4.11 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Kaya Pada Titik
3 (29,8 mT) 40



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1.	Tabel data hasil pengujian asam lemak di Universitas Airlangga
Lampiran 2.	Visualisasi Api
Lampiran 3.	Tabel Data Hasil Perhitungan



RINGKASAN

Reza Harendra Putra., Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2014, *Pengaruh Medan Magnet Terhadap Kecepatan Pembakaran Api Premixed Minyak Jagung*, Dosen Pembimbing : I.N.G. Wardana dan Mega Nur Sasongko.

Dalam perkembangan teknologi terkini *premix burners* telah diaplikasikan pada peralatan dengan fluida gas. Utamanya untuk merespon regulasi emisi gas hasil pembakaran. Selain masalah emisi gas, masalah keterbatasan bahan bakar fosil juga menjadi masalah yang penting. Bahan bakar minyak bumi saat ini adalah sumber energi paling umum, namun masalah muncul karena persediaan bahan bakar fosil termasuk minyak bumi terus menipis seiring berjalannya waktu. Salah satu bahan bakar alternatif adalah minyak nabati yang mengandung gliserol dan asam lemak. Salah satu minyak nabati yang cukup mudah ditemui di Indonesia adalah Minyak Jagung. Selain itu untuk mendapatkan pembakaran api yang efektif tentunya bisa dilakukan dengan banyak cara. Salah satunya adalah dengan memberikan pengaruh medan magnet pada api dalam pembakaran terutama dari segi kecepatan api.

Penelitian ini menggunakan uap minyak jagung yang dicampur dengan udara untuk menghasilkan api *premixed*, lalu diletakkan magnet silinder sejumlah dua buah di kedua sisi *burner* secara paralel. Variasi AFR yang digunakan adalah 8,96; 11,18; 13,33; 17,9; dan 27,41 untuk menghasilkan *equivalence ratio* yang bervariasi. Untuk variasi kuat medan magnet adalah tanpa medan magnet (0 mT); 30,8 mT pada titik 1; 10,4 mT pada titik 2; dan 29,8 mT pada titik 3.

Hasil dari penelitian ini adalah Medan magnet dapat mempengaruhi kecepatan pembakaran api *premixed* minyak jagung. Pada campuran miskin (*equivalence ratio* < 1) dengan adanya pengaruh magnet kecepatan api lebih rendah daripada tanpa adanya pengaruh medan magnet, namun pada campuran kaya (*equivalence ratio* > 1) dengan adanya pengaruh magnet kecepatan api lebih tinggi daripada tanpa pengaruh medan magnet. Hal ini disebabkan oleh pengaruh magnet yang menginduksi oksigen. Oksigen adalah bersifat paramagnetik, sehingga mampu ditarik oleh medan magnet.

Kata kunci : Pembakaran *premixed*, minyak jagung, medan magnet, kecepatan pembakaran

SUMMARY

Reza Harendra Putra., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2014, *Effect of Magnetic Field in Burning Velocity of Premixed Flame of Corn Oil*, Academic Supervisor : I.N.G. Wardana and Mega Nur Sasongko.

In the latest development of technology, premix burner have been applied to gas fluid equipment. Primarily in response to the gas emission regulation. Beside the effect of greenhouse gas emission, the other important issue is that fossil fuels are limited energy source. Petroleum fuels (fossil fuel based) are currently the most common source, but the problem arise as the fossil fuels source including crude oil continue to diminish over time. One of the alternative fuels are vegetable oils that contains glycerol an fatty acid. Corn oil is easily found in Indonesia and also a vegetable oil. In addition, to obtain effective flame burning can reached by several ways. Applying magnetic field on premix burner can effecting the flame characteristic, mainly in the terms of burning velocity.

In this study, corn oil vapour mixed with air to produce a premixed flame was performed. Then twin cylinder magnets placed on either side of the burner in parallel ways. AFR variation used in this study was 8.96; 11.18; 13.33; 17.9; and 27.41 to obtain different equivalence ratio. Variation of the magnetic field strength is without a magnetic field (0 mT); 30.8 mT at point 1; 10.4 mT at point 2; 29.8 mT at point 3

Result show that magnetic field could affect the burning velocity of corn oil flame. In lean mixture (*equivalence ratio* < 1) with magnetic field appllied the burning velocity was lower than without magnetic field, but in rich mixture (*equivalence ratio* > 1) with magnetic field appllied the burning velocity was higher than without magnetic field. This is caused by the influence of oxygen-induced magnetic. Oxygen is paramagnetic in nature, so can be attracted by magnetic field.

Key words : Premixed burning, corn oil, magnetic field, burning velocity

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi terkini *premix burners* telah diaplikasikan pada peralatan dengan fluida gas. Utamanya untuk merespon regulasi emisi gas hasil pembakaran. Emisi dari nitrogen oksida (NO_x) pada kondisi tertentu dapat dikurangi ketika sistem pembakaran konvensional digantikan oleh sistem *premix*. Selain itu efisiensi peralatan memungkinkan untuk ditingkatkan karena *premix burners* mampu ber-operasi pada udara berlebih yang lebih sedikit daripada sistem pembakaran konvensional.

Kontrol proses pembakaran adalah topik yang mengedepankan tentang efisiensi energi, peningkatan nilai ekonomis, dan peningkatan ekologi. Dari beberapa metode pengontrolan pembakaran, pemakaian medan magnet adalah salah satu yang cukup menjanjikan. Dari interaksi medan magnet dengan pembakaran maka ada 3 mekanisme yang dapat diidentifikasi : 1) Gaya Lorentz yang bekerja pada partikel bermuatan, 2) efek langsung dari medan magnet terhadap reaksi kimia, dan 3) efek tidak langsung gradien magnet terhadap oksigen (Khaldi, 2005). Dengan mengacu pada mekanisme ketiga maka dapat diasumsikan bahwa medan magnet dapat mempengaruhi oksigen yang merupakan salah satu unsur utama dalam pembakaran selain panas dan bahan bakar. Manfaat dari penggunaan magnet bisa meningkatkan efisiensi pembakaran karena magnet dapat meningkatkan kecepatan pembakaran pada kondisi tertentu.

Bahan bakar minyak bumi saat ini sudah sangat umum digunakan di seluruh belahan dunia. Namun masalah muncul karena persediaan bahan bakar fosil termasuk minyak bumi terus menipis seiring berjalannya waktu. Minyak bumi adalah salah satu jenis dari bahan bakar yang berasal dari fosil makhluk hidup yang bereaksi selama ribuan tahun, sehingga cadangan minyak bumi tidak dapat diperbaharui. Untuk mengatasi masalah tersebut ilmuwan masa kini terus mencari alternatif energi yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Salah satunya adalah minyak nabati. Minyak nabati adalah minyak yang diambil ekstraknya dari tumbuhan, bisa dari daun, batang ataupun bijinya. Salah satu minyak nabati yang cukup mudah ditemui di Indonesia adalah Minyak Jagung.

Minyak jagung adalah produk minyak nabati yang dihasilkan dari ekstraksi jagung. Seperti minyak nabati lainnya (minyak kelapa sawit, minyak bunga matahari,

dan lain-lain), minyak jagung umum digunakan untuk minyak memasak. Minyak jagung juga mengandung senyawa pentosan yang dapat dimanfaatkan pada produksi *bio fuel*, sehingga uap dari minyak jagung dapat dibakar secara difusi maupun *premix*. Selain pentosan, minyak jagung juga mengandung sekitar 3,3% selulosa + lignin, 9,5% serat, 2,6% gula, dan kandungan lainnya (White, P.J., and Johnson, 2003).

Di seluruh dunia produksi jagung adalah sekitar 700 juta ton setiap tahunnya. Jumlah ini melebihi produksi gandum dimana sekitar 600 juta ton setiap tahunnya. Produksi jagung di Indonesia memang bukan yang utama, namun pemerintah pada tahun 2014 merencanakan untuk beralih dari importir jagung menjadi eksportir jagung. Dengan kata lain penanaman jagung beserta pemasarannya akan terus berkembang di Indonesia (ITPC Osaka, 2013).

Dengan mengacu pada produksi jagung yang cukup diperhatikan di Indonesia, maka ketersediaan untuk bahan bakar alternatif berbahan dasar jagung bisa menjadi salah satu opsi. Salah satu produk jadi berbahan dasar jagung adalah minyak jagung yang merupakan minyak nabati, sehingga penguapan minyak tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar secara difusi maupun *premixed*.

Penelitian ini mencari pengaruh dari penggunaan medan magnet yang diletakkan pada api pembakaran *premix* campuran udara dan uap minyak jagung. Medan magnet yang dihasilkan adalah dari penggunaan elektromagnetik logam yang dialiri arus listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh besar medan magnet terhadap laju pembakaran *premix* campuran udara dan uap minyak jagung ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjawab rumusan masalah diatas dan untuk menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut

1. *Burner* yang digunakan adalah *circular tube premix burner*.
2. Bahan bakar yang digunakan adalah uap minyak jagung.
3. Magnet yang digunakan adalah magnet silinder sejumlah 2 buah.

4. Debit aliran gas elpiji untuk pembakaran kompor dijaga konstan pada 0,5 liter/menit.
5. Data yang diambil adalah sudut yang dihasilkan api *premixed* pada *circular tube burner*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh besar medan magnet terhadap laju pembakaran *premix* campuran udara dan uap minyak jagung.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Media untuk mengaplikasikan teori yang telah diperoleh selama perkuliahan, khususnya teknologi pembakaran.
2. Untuk menambah pengetahuan tentang pengaruh medan magnet terhadap pembakaran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Barmina, et al, (2010) melakukan penelitian tentang efek dari medan magnet terhadap karakteristik *swirling flame*. Medan magnet diaplikasikan terhadap *swirling flame*. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa medan magnet dapat mempengaruhi komposisi profil api, mengganggu kecepatan tangensial dan aksial, dan dapat menghasilkan pembakaran diluar zona reaksi yang disebut ekspansi radial.

Swaminathan (2005) melakukan penelitian tentang pengaruh medan magnet terhadap karakteristik api mikro difusi. Penelitian ini memvariasikan kekuatan magnet dan kecepatan api. Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi medan magnet dapat mempengaruhi struktur api, panjang api juga berkurang seiring berkurangnya gradien medan magnet secara vertikal. Pada kondisi yang sama temperatur nyala api meningkat. Aplikasi dari gradien medan magnet mengindikasikan bahwa medan magnet dapat meng-induksi oksigen dan juga dapat dijadikan sebagai kontrol pembakaran.

Gilard, et al, (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh medan magnet terhadap stabilitas api *lifted* difusi. Hasil dari penelitian ini adalah tinggi *lift-off* api difusi menurun akibat dari adanya gradien magnetik. Efek tersebut dihasilkan dari kekuatan magnet yang muncul di udara dan mempengaruhi oksigen secara paramagnetik.

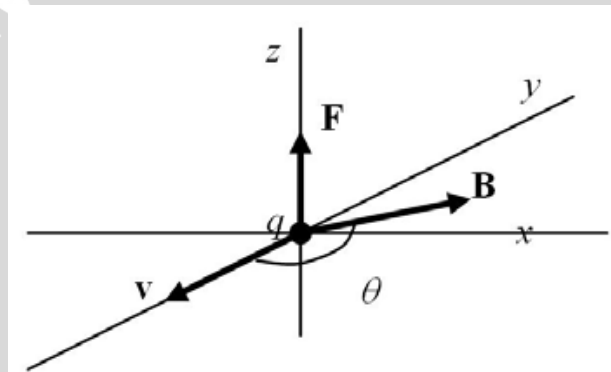
2.2 Definisi Medan Magnet

Ilmu pengetahuan magnetis berawal dari penemuan batu-batuan tertentu yang mampu menarik potongan besi yang kecil-kecil. Kata *magnetisme* berasal dari daerah magnesia di Asia kecil, yaitu tempat dimana batu-batu magnetik ditemukan. Pada tahun 1820 Oersted menemukan bahwa arus di dalam sebuah kawat juga mampu menghasilkan efek magnetik, dimana arus tersebut mampu mengubah arah (orientasi) dari sebuah jarum kompas.

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 akan semakin lemah 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 letakkan pada titik pusat dalam keadaan diam pada sebuah magnet permanen. Maka tidak akan mendapatkan sebuah gaya. Tetapi apabila sebuah muatan q_0 kita tembakkan dari titik diamnya dengan kecepatan v maka akan timbul sebuah gaya (*slideway 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 2.1



Gambar 2.1 Penggambaran Gaya yang dihasilkan Medan Magnet

Sumber :

Dari penjelasan di atas didapatkan sebuah rumusan dasar dari besarnya medan magnetik yang ditunjukkan rumus 2.1 dan 2.2

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

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

Medan magnet (B) memiliki satuan SI *tesla* (disingkat T) atau weber/m^2 dengan mengingat 1 coulomb/sekond 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:

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

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 $59,93^{\circ}\text{C}$ 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, sementara oksigen adalah salah satu dari tiga syarat terjadinya pembakaran.

2.3 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 Takeguchi (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 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 ada dua gas atau lebih tercampur, 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 wadahnya. Bila gas tidak diwadahi maka volume gas akan tak terhingga besarnya dan tekanannya akan menjadi tak terhingga kecilnya.

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 molekuler yang kuat yang mampu menghasilkan cahaya dan panas dalam jumlah yang besar (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 stokiometri dan kesetimbangan energi yang diterapkan ketika proses pembakaran berlangsung diturunkan dari prinsip-prinsip termokimia (Wardana, 2008:55).

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

1. Pembakaran difusi, dimana bahan bakar dan udara sebagai pengoksidasi tidak bercampur secara mekanik pada proses pembakaran, melainkan secara alami melalui proses difusi.
2. Pembakaran *premixed*, 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*.

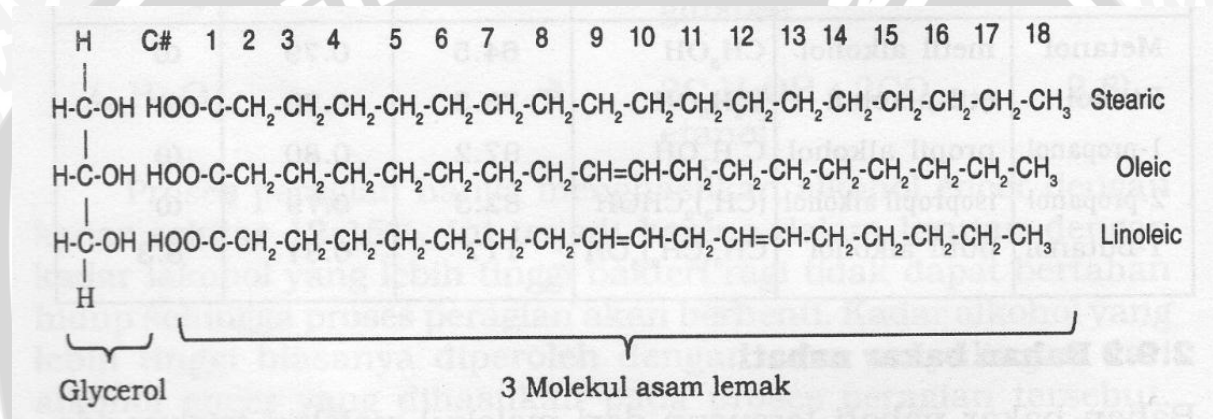
Selama proses pembakaran yang diharapkan adalah didapatkannya pembakaran yang sempurna, di bawah ini adalah syarat untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna.

1. Penguapan yang efisien dari bahan bakar.
2. Perbandingan yang cukup
3. Harus terjadi pencampuran homogen antara bahan bakar dan udara.

4. Temperatur pembakaran yang cukup tinggi.

2.5 Bahan bakar nabati

Bahan bakar nabati tersusun dari molekul-molekul triglyceride yang terdiri dari glycerol yakni alkohol dengan rantai 3 karbon sebagai tulang punggung (rantai utama) dan 3 cabang asam lemak dengan rantai 18 karbon atau 16 karbon. Asam lemak merupakan rantai hidrokarbon lurus dan panjang yang berisi 12 sampai 24 atom karbon. Salah satu ujung molekul asam lemak berisi kelompok asam *carboxylic* (COOH). Dari kelompok asam carboxylic ini bisa dihitung jumlah atom karbon. Ujung molekul lainnya adalah methyl atau omega. Posisi ikatan ganda pertama menentukan apakah asam lemak tersebut omega 3 atau omega 6 (Wardana, 2008:38)



Gambar 2.2 Susunan Ikatan Molekul *Tryglyceride*

Sumber : Wardana, 2008:38

Sifat fisik untuk beberapa jenis minyak nabati ditampilkan pada tabel 2.2. Pada beberapa minyak nabati terlihat bahwa sifat fisik yang hampir sama ditunjukkan oleh beberapa minyak nabati.



Tabel 2.1 Sifat Fisik beberapa jenis Minyak Nabati

Sifat Fisik	Minyak Biji Lobak	Minyak Bunga Matahari	Minyak Kedelai	Minyak Sawit
Densitas (gr/ml)	0,871	0,873	0,870	0,842
Viskositas (cSt)	4,43	4,30	4,12	5,15
Titik nyala (°C)	178	182	18	179
Titik alir (°C)	-13	-5	-2	12
Titik kabut (°C)	-4	1	1	18

Sumber : Wardana (2008:42)

2.6 Minyak Jagung

Jagung merupakan sumber karbohidrat, protein nabati dan minyak nabati yang penting dalam menu masyarakat Indonesia. Di Indonesia, jagung merupakan bahan pangan pokok kedua setelah beras. Jagung banyak ditanam dan dikonsumsi terutama di daerah marjinal. Kandungan gizi utama jagung adalah pati (72-73%), dengan nisbah amilosa dan amilopektin 25-30% : 70-75%. Protein jagung (8-11%) terdiri atas lima fraksi, yaitu: albumin, globulin, prolamin, glutelin, dan nitrogen nonprotein. Asam lemak pada jagung meliputi asam lemak jenuh (palmitat dan stearat) serta asam lemak tidak jenuh, yaitu oleat (omega 9) dan linoleat (omega-6). Linoleat dan linolenat merupakan asam lemak esensial. Vitamin A atau karotenoid dan vitamin E terdapat dalam komoditas ini, terutama pada jagung kuning. Selain fungsinya sebagai zat gizi mikro, vitamin tersebut berperan sebagai antioksidan alami yang dapat meningkatkan imunitas tubuh dan menghambat kerusakan degeneratif sel (Rachmatikawati, 2010). Ada 2 jenis jagung yang baik di Indonesia yaitu jagung jenis hibrida dan bersari bebas. Salah satu jagung bersari bebas yang dilepas pada tahun 1956 adalah metro (Adnan, 2010)

Produksi jagung menempati ketiga produksi tanaman pangan di Indonesia, setelah padi dan ubi kayu. Daerah produksi jagung utama di Indonesia adalah Jawa Tengah dan Jawa Timur yang menyumbangkan 60% dari seluruh produksi jagung nasional. Di luar Jawa, daerah produksi jagung adalah Sulawesi Selatan dan Lampung yang menyumbangkan 8% dan 6% dari total produksi nasional. Di Indonesia digunakan sebagai bahan makanan pakan, bibit dan untuk bahan industri olahan. Sebagian besar jagung di Indonesia digunakan untuk makanan yaitu sebesar 48.4%. penggunaan lainnya adalah untuk pakan 38.3%, bibit 1.2% dan bahan industri olahan 6.2%. Daerah-daerah

dengan pola konsumsi beras dan jagung adalah Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Utara (Sutrisno, 2009).

Minyak jagung yang dipakai sebagai minyak untuk makanan adalah minyak yang diperoleh dari lembaga biji jagung (*Zea Mays L*) dan telah mengalami proses pemurnian dengan atau penambahan bahan tambahan yang diizinkan (BSN, 1998). Minyak jagung merupakan trigliserida yang disusun oleh gliserol dan asam-asam lemak. Persentase trigliserida sekitar 98,6 persen, sedangkan sisanya merupakan bahan non minyak, seperti abu, zat warna atau lilin. Minyak jagung relatif stabil karena kandungan asam linolenatnya sangat kecil (0,4%) dan mengandung antioksidan alami yang tinggi. Mutu minyak jagung cukup tinggi karena distribusi asam lemaknya yang berimbang, terutama oleat dan linoleat. Minyak jagung diperoleh dari biji tanaman jagung atau *Zea mays L*, yaitu pada bagian inti biji jagung (*kernel*) atau benih jagung (*corn germ*).

Biji jagung mengandung 4.5% minyak, sebagian besar (85%) pada lembaga. Cara memperoleh minyak jagung adalah dengan cara pengepresan mekanik dan ekstraksi dengan pelarut. Lembaga yang dihasilkan dari proses penggilingan kering mengandung 25 – 30 % minyak, sedangkan dari penggilingan basah 45 – 50 %. Minyak dari lembaga dikeluarkan dengan proses pengepresan mekanik dan atau ekstraksi pelarut. Pengepresan mekanik menggunakan ekspeller ulir biasanya memisahkan sekitar 80 % minyak. Minyak yang tertinggal pada ampas masih dapat diambil dengan ekstraksi pelarut heksan. Minyak yang dihasilkan dari lembaga penggilingan kering biasanya lebih baik dibandingkan dengan dari lembaga penggilingan basah karena lebih pucat dan lebih sedikit yang hilang selama proses pemurnian. Hasil proses pengepresan atau ekstraksi pelarut disebut minyak kasar (Sutrisno, 2009).

Minyak kasar merupakan campuran trigliserida, asam lemak bebas, fosfolipid, sterol, tokoferol, lilin dan pigmen. Sebelum digunakan, minyak kasar perlu dimurnikan untuk memisahkan komponen yang tidak dikehendaki (asam lemak bebas, fosfolipid, pigmen, komponen aroma dan citarasa). Tahap-tahap pemurnian minyak kasar adalah deguming, netralisasi (penghilangan asam lemak bebas), bleaching (pemucatan), dandehodorisasi (penghilangan aroma). Minyak jagung banyak digunakan sebagai minyak goreng, minyak salad dan margarin.

Tabel 2.2 Komposisi Minyak Jagung (dalam 100 gram minyak)

Komponen	Jumlah
Berat (gram)	100
Protein (N x 6,25) (gram)	-
Kadar air (gram)	-
Lemak total (gram)	100
Trigliserida (gram)	98,8
<i>Polyunsaturated</i> (gram)	59,7
<i>Monounsaturated</i> (gram)	26
<i>Saturated</i> (gram)	13,1
Kandungan <i>unsaponifiable</i> (gram)	1,2
Kolesterol (miligram)	-
Phytosterol (miligram)	1000
<i>Alfa-tocopherol</i> (miligram)	19
<i>Gamma-tocopherol</i> (miligram)	67
<i>Delta-tocopherol</i> (miligram)	3
Karbohidrat (gram)	-
Energi (kalori)	885

Sumber : Corn Refiners Association (2006)

Tabel 2.3 Karakteristik Minyak Jagung

Karakteristik	Nilai
Bilangan Iodin (Wijs)	122-131
Bilangan Penyabunan	189-195
Viskositas (Sayboldt-Universal, 38°C)	165-175 detik
Indeks Bias (-3 °C)	1,47-1,474
Berat Jenis (16 °C)	0,922-0,928
Titik Lebur	-10 °C
Titik Pengasapan	230 °C
Titik Nyala	335 °C
Titik Api	370 °C
Titik Kabut	-12 °C

Sumber : Corn Refiners Association (2006)

Tabel 2.4 Jenis dan Komposisi Asam Lemak Pada Minyak Jagung

Asam Lemak	Rumus Kimia	Mr	Massa (mg)	Mol
Asam Miristat	$C_{14}H_{28}O_2$	256	0,0365	0,000142578
Asam Palmitat	$C_{16}H_{32}O_2$	256	1,7208	0,006721875
Asam Linoleat	$C_{18}H_{32}O_2$	280	4,666	0,016664286
Asam Oleat	$C_{18}H_{34}O_2$	282	2,6928	0,009548936
Asam 9, 12, 15-Oktadekatrienoat	$C_{18}H_{30}O_2$	278	0,033	0,000118705
Asam Stearat	$C_{18}H_{36}O_2$	284	0,6663	0,002346127
Asam 11-Eikosenoat	$C_{20}H_{38}O_2$	310	0,0403	0,00013000
Asam Arakhidat	$C_{20}H_{40}O_2$	312	0,0647	0,000207372
Asam Dokosanoat	$C_{22}H_{44}O_2$	340	0,0563	0,000165588
Asam Lignoserat	$C_{24}H_{48}O_2$	368	0,0234	0,00006359
Massa Total	10 mg			

Sumber : Laboratorium Jurusan Farmasi Universitas Airlangga Surabaya

2.7 Rasio udara dan Bahan Bakar

Udara dan bahan bakar adalah parameter yang mempunyai peranan penting dalam pembakaran. Rasio udara dan bahan bakar (*air to fuel ratio*, atau sering disingkat AFR) mempunyai persamaan berikut dimana N = jumlah mol dan M = massa molekul.

$$AFR = \left(\frac{N \text{ udara}}{N \text{ bahan bakar}} \right) \text{ stoic} \quad (\text{Turns, 1996:19})$$

$$AFR = \left(\frac{M \text{ udara}}{M \text{ bahan bakar}} \right) \text{ stoic} \quad (\text{Wardana, 2008:58})$$

Menggunakan massa molar langsung adalah cara lain dalam menentukan perbandingan udara dan bahan bakar. Menurut Avogadro, setiap satuan gram zat apa saja memiliki $6,022 \times 10^{23}$ sma (satuan massa atom), dimana $6,022 \times 10^{23}$ merupakan bilangan Avogadro. Avogadro menerangkan bahwa volume gas yang sama mempunyai jumlah molekul yang sama dengan massa molekul atau massa atom zat tersebut yang dinyatakan dalam gram atau kilogram.

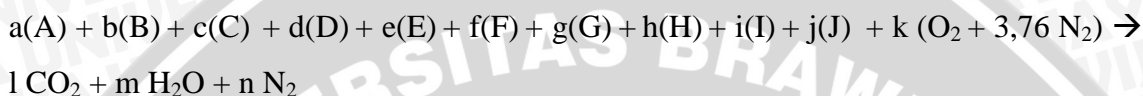
C, H, O₂, dan N₂ adalah atom-atom yang terlibat dalam reaksi pembakaran antara bahan bakar dan udara pada umumnya maka massa molarnya bisa diketahui dari tabel 2.1 Berikut:

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 : Wardana (2008:59)

Reaksi pembakaran stokiometri minyak jagung adalah :



a(A)	= 0,00014 (C ₁₄ H ₂₈ O ₂)	= Asam Miristat
b(B)	= 0,0065 (C ₁₆ H ₃₂ O ₂)	= Asam Palmitat
c(C)	= 0,016 (C ₁₈ H ₃₂ O ₂)	= Asam Linoleat
d(D)	= 0,0095 (C ₁₈ H ₃₄ O ₂)	= Asam Oleat
e(E)	= 0,00011 (C ₁₈ H ₃₀ O ₂)	= Asam 9, 12, 15-Oktadekatrienoat
f(F)	= 0,0023 (C ₁₈ H ₃₆ O ₂)	= Asam Stearat
g(G)	= 0,00013 (C ₂₀ H ₃₈ O ₂)	= Asam 11-Eikosenoat
h(H)	= 0,0002 (C ₂₀ H ₄₀ O ₂)	= Asam Arakhidat
i(I)	= 0,00016 (C ₂₂ H ₄₄ O ₂)	= Asam Dokosanoat
j(J)	= 0,000063 (C ₂₄ H ₄₈ O ₂)	= Asam Lignoserat
k	= 0,934	= Koefisien mol udara
l	= 0,637	= Koefisien mol CO ₂
m	= 0,594	= Koefisien mol H ₂ O
n	= 3,514	= Koefisien mol N ₂

$$\begin{aligned} \text{Massa Udara} &= 0,934 (\text{Mr } O_2 + 3,76 \text{ Mr } N_2) \\ &= 0,934 (16 \times 2 + 3,76 \times 14 \times 2) \\ &= 128,33 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\text{Massa Bahan Bakar} = 10 \text{ mg}$$

$$\text{AFR Stokiometrik Minyak Jagung} = \left(\frac{128,33}{10} \right) = 12,83$$

Untuk perhitungan AFR aktual dari pembakaran minyak jagung dengan menggunakan bukaan udara 2 l/min; 2,5 l/min; 3 l/min; 4 l/min; 5 l/min; adalah sebagai berikut.

Contoh perhitungan AFR aktual :

$$\bullet \quad \text{AFR} = \frac{Q_{\text{udara}} \times \rho_{\text{udara}}}{\dot{m}_{\text{bb}}}$$

Q_{udara} = Debit aliran udara (g/s)

ρ_{udara} = massa jenis udara pada 20° C dan 1 atm = 1,21 kg/m³

\dot{m}_{bb} = Massa alir bahan bakar

$$\text{AFR} = \frac{2 \text{ liter/menit} \times 1,21 \text{ kg/m}^3}{0,0002 \text{ kg/menit}} = 8,96$$

2.8 Equivalence Ratio

Equivalence Ratio merupakan perbandingan antara rasio udara-bahan bakar (AFR) stokiometrik dengan rasio udara-bahan bakar (AFR) aktual sebagai berikut :

$$\phi = \frac{\text{AFR stokiometrik}}{\text{AFR aktual}}$$

Jika *equivalence ratio* didapat lebih dari satu ($\phi > 1$) maka campuran kaya bahan bakar. Jika *equivalence ratio* didapat kurang dari satu ($\phi < 1$) maka campuran miskin bahan bakar. Jika *equivalence ratio* didapat sama dengan 1 ($\phi = 1$) maka campuran stokiometrik.

Untuk perhitungan *Equivalence Ratio* dari pembakaran minyak jagung dengan menggunakan bukaan udara 2 l/min; 2,5 l/min; 3 l/min; 4 l/min; 5 l/min; adalah sebagai berikut.

Contoh perhitungan *Equivalence ratio* :

$$\begin{aligned} \bullet \quad \phi &= \frac{\text{AFR stokiometrik}}{\text{AFR aktual}} \\ &= \frac{12,8}{8,96} \\ &= 1,4 \end{aligned}$$

Tabel 2.7 Bukaan udara, AFR, dan *Equivalence Ratio* (ϕ)

No	Bukaan Udara (liter/min)	AFR Aktual	AFR Stokiometri	<i>Equivalence Ratio</i> (ϕ)
1	2	8,96	12,8	1,4
2	2,5	11,18		1,14
3	3	13,33		0,96
4	4	17,9		0,7
5	5	27,41		0,5

2.9 Pembakaran *Premixed Laminer*

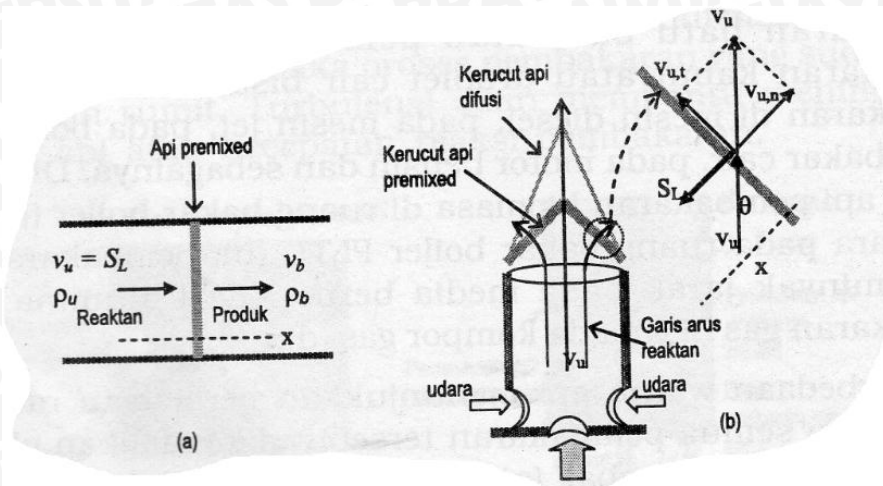
Api pembakaran *premixed* adalah proses pembakaran dimana bahan bakar dan udara (oksigen) dicampur terlebih dahulu secara mekanik, lalu dibakar (Wardana, 2008:152). Pengapian diperlukan untuk memberikan sejumlah energi yang sesuai, sehingga dapat menilai suatu proses pembakaran. Selanjutnya akan terjadi penjaralan (*propagation*) ke campuran, sebagai suatu nyala (*deflagration*) Beberapa aplikasi dari api *premixed* adalah api pada las karbit, motor bensin, dan pembakaran roket.

Dalam struktur nyala api *premixed* laminar, profil dan konsentrasi temperatur dapat dibagi ke dalam tiga zona, yaitu :

- i. zona *pre-heat* dimana temperatur gas yang tidak terbakar meningkat sampai suatu nilai yang berubah-ubah, dan sedikit panas yang dilepaskan.
- ii. zona reaksi, dimana pembakaran berlangsung, sebagian besar energi kimia dilepaskan.
- iii. zona *post-flame*, ditunjukkan dengan temperatur yang tinggi dan pengkombinasian ulanh yang radikal, menuju suatu keseimbangan setempat.

(Furjiyanto, 2008)

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



Gambar 2.3 Struktur Api *Premixed* (a) di dalam tabung pembakar (b) pada Nosel Bunsen

Sumber : Wardana, 2008:152

Vektor kecepatan rambatan api *premixed* S_L di dalam tabung (gambar 2.) sejajar dengan vektor kecepatan yang lainnya yakni vektor kecepatan reaktan V_u dan vektor kecepatan produk V_b . Pada api *premixed* bunsen, garis arus reaktan membelok di dekat api akibat perubahan densitas gas dan mengalir ke luar tegak lurus dengan permukaan api. Densitas gas reaktan menurun sekitar 10 kali akibat kenaikan suhu api yang mencapai sekitar 3000 K. Karena sifat fluida yang cenderung mengalir ke kerapatan yang lebih rendah maka gas berbelok menuju api secara tegak lurus. Dengan demikian maka penguraian komponen vektor kecepatan gas reaktan V_u pada api adalah seperti nampak pada gambar 2. (b)

Untuk api stasioner pada api bunsen, kecepatan api sama dengan komponen normal kecepatan gas reaktan pada tiap lokasi, dengan demikian

$$S_L = V_u \sin\theta \quad (\text{Wardana, 2008:154})$$

S_L = kecepatan api *premixed*

V_u = kecepatan reaktan

θ = sudut antara api dengan sumbu nosel

Kecepatan reaktan bisa dihitung dengan rumus :

$$V_u = \dot{m} / (\rho_u A) \quad (\text{Wardana, 2008:154})$$

\dot{m} = massa alir reaktan

ρ_u = densitas reaktan

A = luas penampang lintang nosel

Cara lain untuk menghitung kecepatan pembakaran pada api *premixed* laminer adalah dengan melakukan eksperimen pada tabung pembakaran dengan menggunakan hukum kekekalan massa. Dari hukum kekekalan massa diketahui bahwa massa alir reaktan sama dengan massa alir produk yang besarnya tetap

$$\dot{m}_u = \dot{m}_b = \text{tetap}$$

$$\rho_u A V_u = \rho_b A V_b \quad (\text{Wardana, 2008:154})$$

$$\rho_b = \text{densitas produk}$$

$$V_b = \text{kecepatan produk}$$

Karena luas penampang tabung sama sebesar A maka

$$V_u = V_b (\rho_b / \rho_u) \quad (\text{Wardana, 2008:154})$$

Jika api *premixed* di dalam tabung stasioner (diam), itu berarti bahwa kecepatan api laminer sama dengan kecepatan reaktan, $S_L = V_u$, maka:

$$S_L = V_b (\rho_b / \rho_u) \quad (\text{Wardana, 2008:154})$$

2.10 Hipotesis

Semakin kuat medan magnet maka kecepatan pembakaran akan semakin tinggi pada campuran kaya, semakin kuat medan magnet maka kecepatan pembakaran akan semakin kecil pada campuran miskin.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Metode penelitian ini dipilih karena dianggap paling tepat untuk meneliti hubungan sebab-akibat antar variabel dalam suatu proses. Sebab-akibat yang diteliti pada penelitian ini adalah pengaruh kuat medan magnet terhadap kecepatan pembakaran *premixed* minyak jagung.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mesin Fluida, Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, pada bulan Agustus 2014 sampai selesai.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum penelitian dilakukan. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah variasi kekuatan medan magnet dan AFR (*Air to Fuel Ratio*).

- Kekuatan Medan Magnet yang digunakan :
 - Tanpa Medan Magnet (0 mT)
 - 30,1 mT
 - 10,4 mT
 - 29,8 mT
- Variasi AFR yang digunakan :
 - 8,96 (*Equivalence ratio* = 1,4)
 - 11,18 (*Equivalence ratio* = 1,14)
 - 13,33 (*Equivalence ratio* = 0,96)
 - 17,9 (*Equivalence ratio* = 0,7)
 - 27,41 (*Equivalence ratio* = 0,5)

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan besarnya dapat diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kecepatan pembakaran.

3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang dijaga tetap selama pengujian. Dalam penelitian ini variabel yang dijaga tetap adalah dimensi *burner*, debit LPG ke kompor mawar, debit minyak jagung yang diuapkan.

3.3 Skema Penelitian secara umum

Penelitian ini adalah meneliti api *premixed* dari pembakaran uap minyak jagung yang dipengaruhi oleh magnet, sehingga alat utamanya adalah *burner*, tabung *premixed*, dan magnet.

Pada gambar 3.1 dapat dilihat terdapat 9 alat penelitian utama yaitu LPG, *flowmeter* LPG dan udara, kompor gas mawar, ketel, *burner* dan tabung *premixed*, *holder* dan magnet, kamera, dan kompresor udara.

Gas LPG disini diatur debit alirannya menggunakan *flowmeter* LPG sebesar 0,5 liter/min, lalu dialirkan ke kompor gas mawar. Api dari gas mawar tersebut digunakan untuk memanaskan ketel berisi minyak jagung.

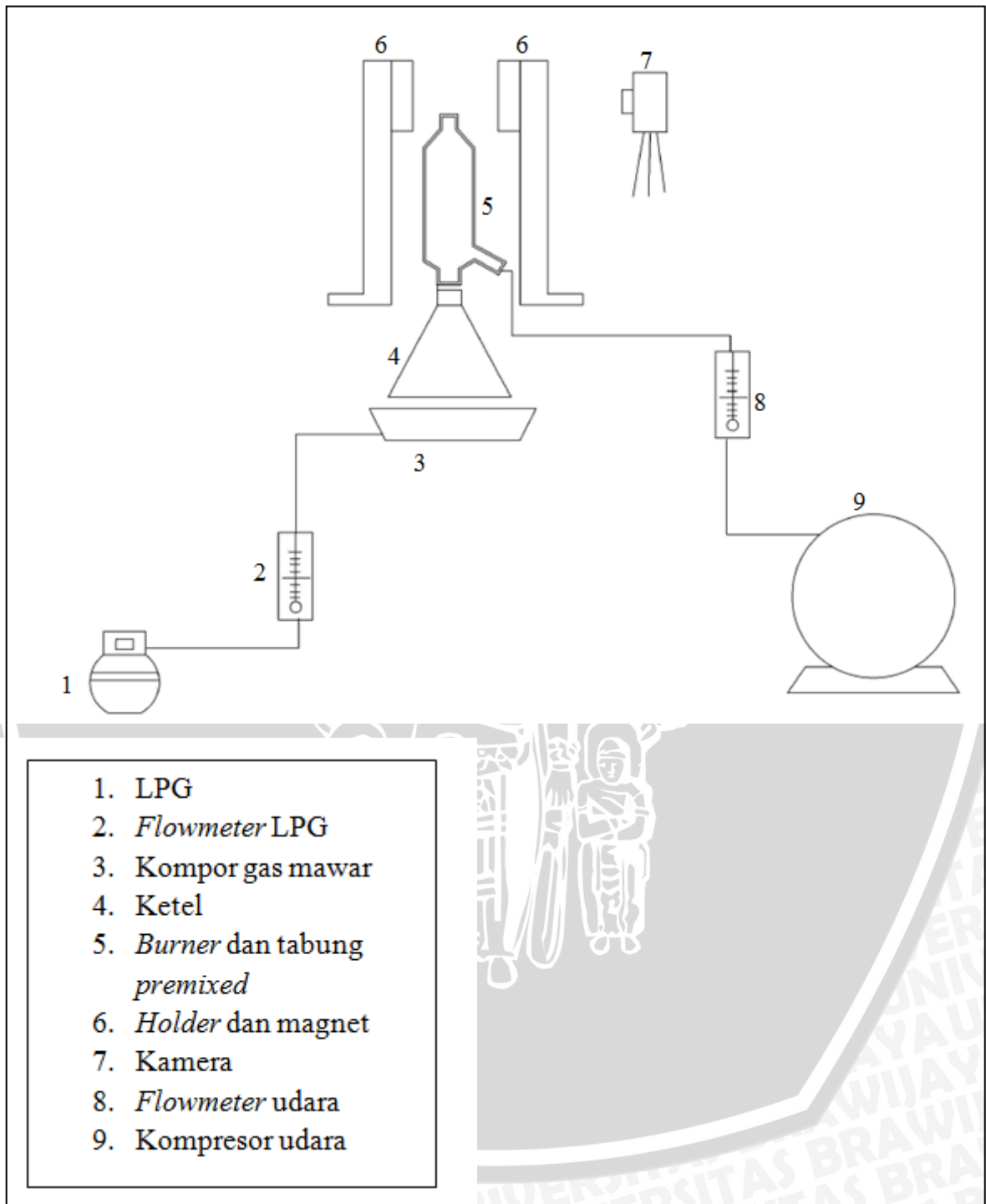
Ketel, dan *burner* dan tabung *premixed* dirangkai menjadi satu untuk mengalirkan uap minyak jagung ke ujung *burner*. Ketel yang telah dipanaskan oleh kompor gas mawar akan menguapkan minyak jagung. Uap minyak jagung tersebut akan mengalir ke atas menuju tabung *premixed* untuk selanjutnya dicampur dengan udara dari kompresor.

Udara untuk campuran bahan bakar disini diperoleh dari kompresor udara lalu debit alirannya di atur oleh *flowmeter* udara untuk memperoleh AFR yang berbeda-beda.

Magnet disini diletakkan di sisi kiri dan kanan dari *burner*, dengan kata lain *burner* diapit oleh kedua magnet. Peletakkan magnet akan berbeda sebanyak 3 titik untuk aplikasi gradien kuat medan magnet yang berbeda-beda. Titik pertama adalah letak *burner* sedikit di bawah ujung atas magnet, titik kedua adalah letak *burner* di tengah kedua magnet, dan titik ketiga adalah letak *burner* sedikit di atas ujung bawah magnet. Untuk lebih jelasnya lihat gambar 3.5.

Kamera diletakkan di depan *burner* untuk mendapatkan gambar yang akan diolah sebagai data. Untuk pengambilan data dilakukan pengambilan data selama 10 detik. Setelah diperoleh data berupa *file* video diubah menjadi gambar jpeg sebanyak 100 gambar. Dari gambar tersebut diambil 5 secara acak sebagai data untuk diolah

menggunakan *software* autocad 2012. Visualisasi gambar api tersebut diukur sudut apinya.



Gambar 3.1 Skema Penelitian

3.4 Peralatan Penelitian

1. Ketel Bahan Bakar

Alat ini digunakan untuk tempat memanaskan bahan bakar minyak jagung sampai mencapai fase uap.

Merk	: Iwaki
Bahan	: Kaca Pyrex
Volume maksimum	: 500 ml

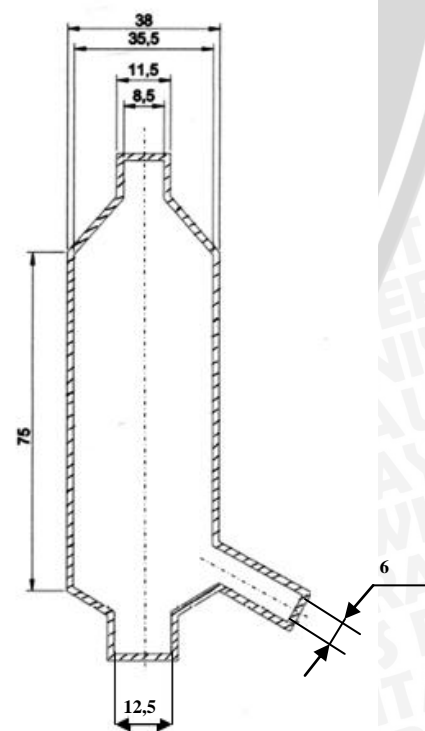
2. *Burner* dan Tabung *premixed*

Jenis burner yang digunakan pada penelitian ini adalah *circular tube burner* yang menjadi satu dengan tabung pencampur bahan bakar dan udara.

Bahan	: Besi dan kuningan
Diameter luar <i>burner</i>	: 11,5
Diameter dalam <i>burner</i>	: 8,5 mm
Diameter luar tabung <i>premixed</i>	: 38 mm
Diameter dalam tabung <i>premixed</i>	: 35,5 mm
Tinggi tabung <i>premixed</i>	: 75 mm
Tebal	: 1,75 mm



(a)



(b)

Gambar 3.2 (a) *Burner* dan Tabung *Premixed*, (b) dimensi *burner* dan tabung *premixed*

3. Minyak jagung

Minyak jagung digunakan sebagai bahan bakar yang akan diteliti. Minyak jagung yang digunakan adalah minyak jagung yang didapat dari toko swalayan.

4. LPG (*Liquified Petroleum Gas*)

LPG digunakan sebagai bahan bakar kompor mawar untuk memanaskan minyak jagung. LPG yang digunakan berasal dari PT. Pertamina Persero dengan campuran 50% propana (C_3H_8) dan 50% butana (C_4H_{10}).

5. *Flow Meter* LPG dan Udara

Alat ini digunakan untuk mengukur serta mengontrol debit aliran LPG ke kompor mawar serta debit aliran udara ke tabung *premixed*.

- Merk : Zyia
- Kapasitas : 0,5 – 8 Liter/min (*flowmeter* udara)
0,3 – 3 Liter/ min (*flowmeter* LPG)

6. Kompor Gas Mawar

Kompor ini digunakan untuk menghasilkan api pemanas minyak jagung

7. Kompresor Udara

Alat ini digunakan untuk mensuplai udara pada instalasi penelitian.

Spesifikasi kompresor yang digunakan adalah :

8. Selang

Selang digunakan untuk mengalirkan aliran gas LPG ke *Flow meter* lalu ke kompor gas mawar. Selain itu selang juga digunakan untuk mengalirkan suplai udara ke *Flow meter* udara lalu ke tabung *premixed*.

9. Pipet Tinta Printer

Pipet ini digunakan untuk mengambil uap minyak jagung lalu ditimbang.

Tujuannya adalah mencari densitas atau massa jenis dari uap minyak jagung.

10. Engsel Timbang

Engsel timbang digunakan untuk mengetahui perubahan berat minyak jagung di ketel saat pemanasan berlangsung. Tujuannya adalah untuk mengetahui massa alir dari uap minyak jagung.

- Panjang Lengan : 50 cm
- Tinggi : 40 cm
- Bahan : Kayu

11. Timbangan Elektrik

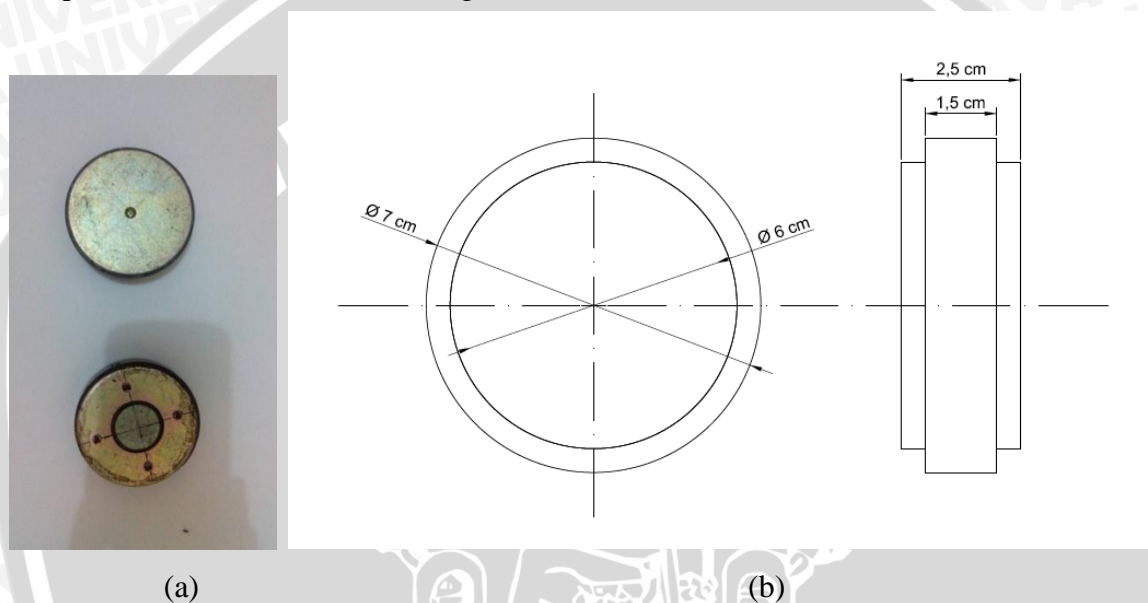
Timbangan ini digunakan untuk mengukur perubahan berat minyak jagung di ketel saat pemanasan, selain itu untuk menimbang berat pipet tinta printer saat kosong dan saat terdapat uap minyak jagung.

12. Holder Magnet

Digunakan untuk memegang dan menahan magnet saat pengambilan data.

13. Magnet Silinder

Digunakan untuk menghasilkan medan magnet sebagai variabel bebas penelitian ini. Dimensi dari magnet ini adalah Diameter 7 cm dan tebal 4 cm.



Gambar 3.3 (a) Magnet Silinder, (b) Ukuran Magnet

14. Kamera

Digunakan untuk pengambilan data yaitu berupa gambar dimensi api.

3.5 Prosedur Penelitian

Sebelum dilakukan pengambilan data berupa gambar dimensi api, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui densitas uap minyak jagung dan massa alir uap minyak jagung.

A. Prosedur menentukan massa jenis uap minyak jagung

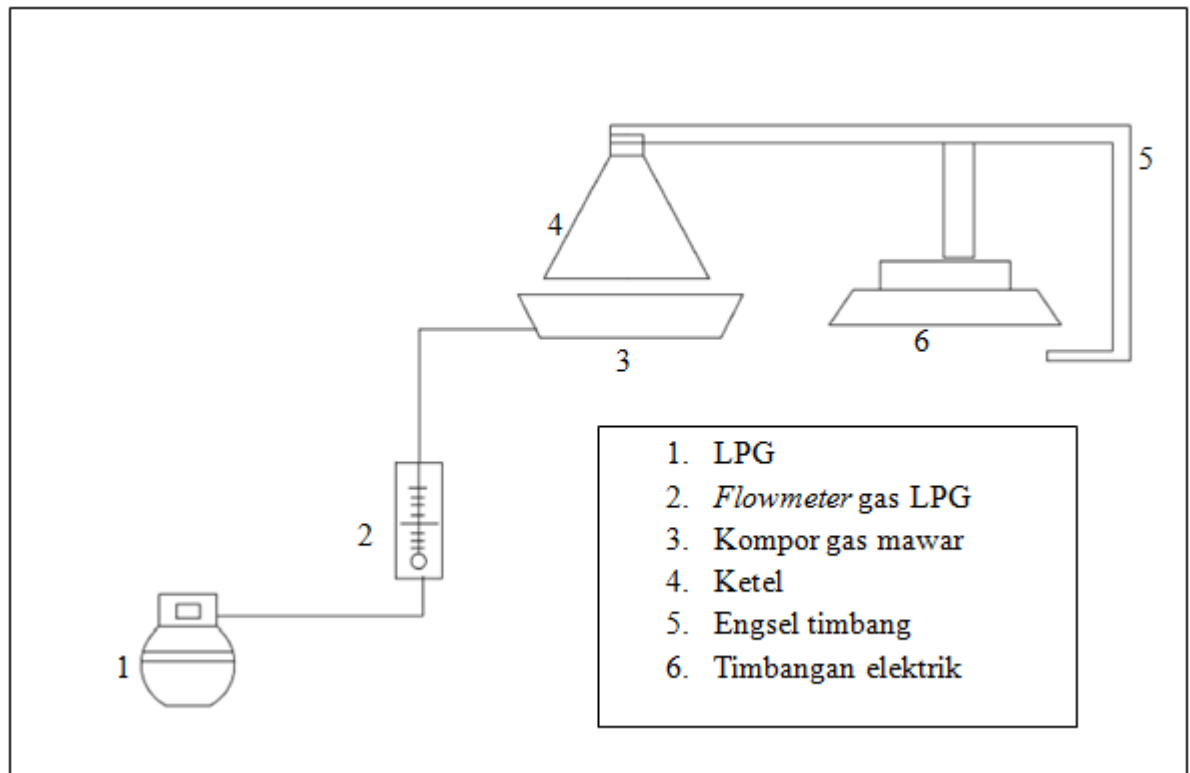
1. Menyiapkan ketel, kompor gas mawar, pipet tinta printer, *flowmeter* gas LPG, dan timbangan elektrik.
2. Menimbang berat pipet tinta printer kosong lalu dicatat hasilnya.

3. Menuangkan minyak jagung sebanyak 100 ml lalu dipanaskan dengan kompor gas mawar.
4. Mengatur debit aliran gas LPG menggunakan *flowmeter* gas LPG.
5. Ditunggu sampai minyak jagung menguap dengan debit uap yang dirasa sudah konstan.
6. Mengambil uap minyak jagung menggunakan pipet tinta printer sebanyak 20 ml.
7. Menimbang pipet tinta printer yang sudah berisi uap minyak jagung lalu dicatat hasilnya.
8. Menghitung massa uap minyak jagung dengan mengurangi hasil dari langkah 7 dengan langkah 2.
9. Menghitung massa jenis uap minyak jagung dengan membagi hasil langkah 8 dengan volume pipet tinta printer (20 ml).

Dari pengujian massa jenis uap minyak jagung didapatkan nilai 0,05 g/20 ml atau sama dengan 2500 g/m³.

B. Prosedur menentukan massa alir uap minyak jagung

1. Menyiapkan ketel, kompor gas mawar, *flowmeter* gas LPG, engsel timbang, dan timbangan elektrik.
2. Mengatur lengan tekan engsel timbang pada posisi tengah lengan engsel timbang (25 cm dari ketel dan 25 cm dari engsel).
3. Menyusun instalasi penelitian seperti gambar skema 3.10.
4. Menuangkan minyak jagung sebanyak 150 ml lalu panaskan dengan kompor gas mawar.
5. Mengatur debit aliran gas LPG menggunakan *flowmeter* gas LPG.
6. Ditunggu sampai minyak jagung menguap dengan debit uap yang dirasa sudah konstan.
7. Mencatat berat yang terbaca di timbangan elektrik.
8. Setelah langkah 7 biarkan minyak menguap selama 1 menit.
9. Setelah 1 menit dicatat perubahan berat yang terbaca di timbangan elektrik.
10. Menghitung massa alir per-menit uap minyak jagung dengan cara mengurangi hasil langkah 9 dengan hasil langkah 7.



Gambar 3.4 Skema pengujian massa alir uap minyak jagung

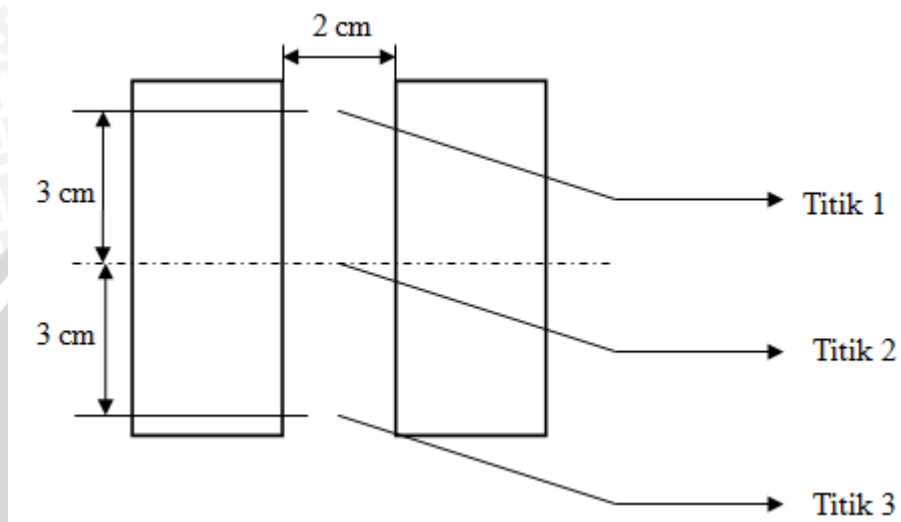
Dari pengujian massa alir uap minyak jagung dengan debit aliran LPG 0,5 liter/min adalah 0,27 g/min atau sama dengan 0,00027 kg/min.

C. Prosedur pengambilan data

1. Menyiapkan ketel, kompor gas mawar, *flowmeter* gas LPG dan udara, kompresor udara, kamera, *burner* dan tabung *premixed*, *holder* dan magnet.
2. Menyusun instalasi penelitian seperti pada gambar 3.1
3. Menuangkan minyak jagung sebanyak 150 ml lalu panaskan dengan kompor gas mawar.
4. Mengatur debit aliran gas LPG menggunakan *flowmeter* gas LPG.
5. Ditunggu sampai minyak jagung menguap dengan debit uap yang dirasa sudah konstan.
6. Membuka katup pada *flowmeter* udara.
7. Mengatur debit aliran udara menggunakan *flowmeter* udara.
8. Menyalakan api menggunakan korek api.
9. Meletakkan kedua magnet bersama *holder* mengapit ujung *burner* pada posisi jarak antar kedua magnet 2 cm, pada titik 1 dengan debit aliran udara 2 liter/menit
10. Pengambilan data gambar menggunakan kamera.

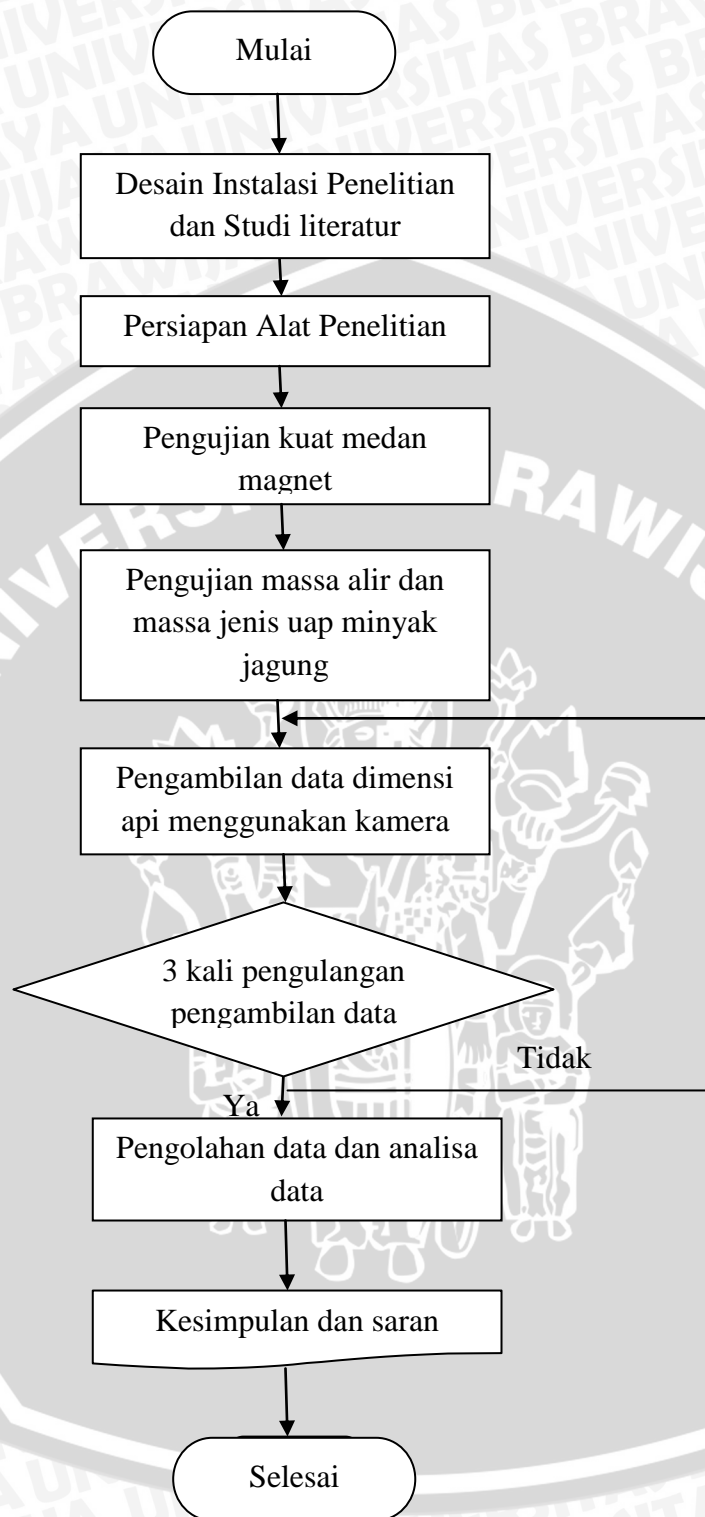
11. Mengulangi langkah 9 dan 10 pada :

- Titik 1, debit aliran udara 2,5; 3; 4; 5 liter/menit
- Titik 2, debit aliran udara 2; 2,5; 3; 4; 5 liter/menit
- Titik 3, debit aliran udara 2; 2,5; 3; 4; 5 liter/menit
- Tanpa magnet, debit aliran udara 2; 2,5; 3; 4; 5 liter/menit



Gambar 3.5 Skema titik Peletakkan ujung *burner*

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Dari penelitian variasi gradien medan magnet terhadap kecepatan api *premixed* didapatkan beberapa hasil sebagai berikut :

- Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Tanpa Medan Magnet.
- Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 1.
- Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 2.
- Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 3.
- Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Berbagai Titik.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Contoh Perhitungan Kecepatan Alir Reaktan

Diketahui:

$$\dot{m} = 0,00027 \text{ (kg/min)} = 0,27 \text{ (g/min)}$$

$$\rho_{uap} = 2500 \text{ (g/m}^3\text{)}$$

$$Q_{udara} = 2 \text{ liter/min} = 0,002 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

$$A = 0,0000785 \text{ (m}^2\text{)}$$

Contoh Perhitungan:

$$V_u = \frac{(\dot{m}/\rho_{uap}) + Q_{udara}}{A_{burner}}$$

$$\dot{m} = \text{massa alir uap minyak jagung (g/min)}$$

$$\rho_{uap} = \text{massa jenis uap minyak jagung (g/m}^3\text{)}$$

$$\rho_{udara} = \text{massa jenis udara (g/m}^3\text{)}$$

$$Q_{udara} = \text{debit aliran udara (liter/min)}$$

$$A_{burner} = \text{Luas penampang burner (mm}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}
 & \left(\frac{0,27 \left(\frac{\text{g}}{\text{min}} \right)}{2500 \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^3} \right)} \right) + 0,002 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{menit}} \right) \\
 & = \frac{\quad}{0,0000785 (\text{m}^2)} \\
 & = 26,85 \text{ (m/menit)}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Contoh perhitungan Kecepatan Api

Diketahui :

$$V_u = 26,85 \text{ (m/menit)}$$

$$\theta = 5^\circ$$

$$\sin \theta = 0,087$$

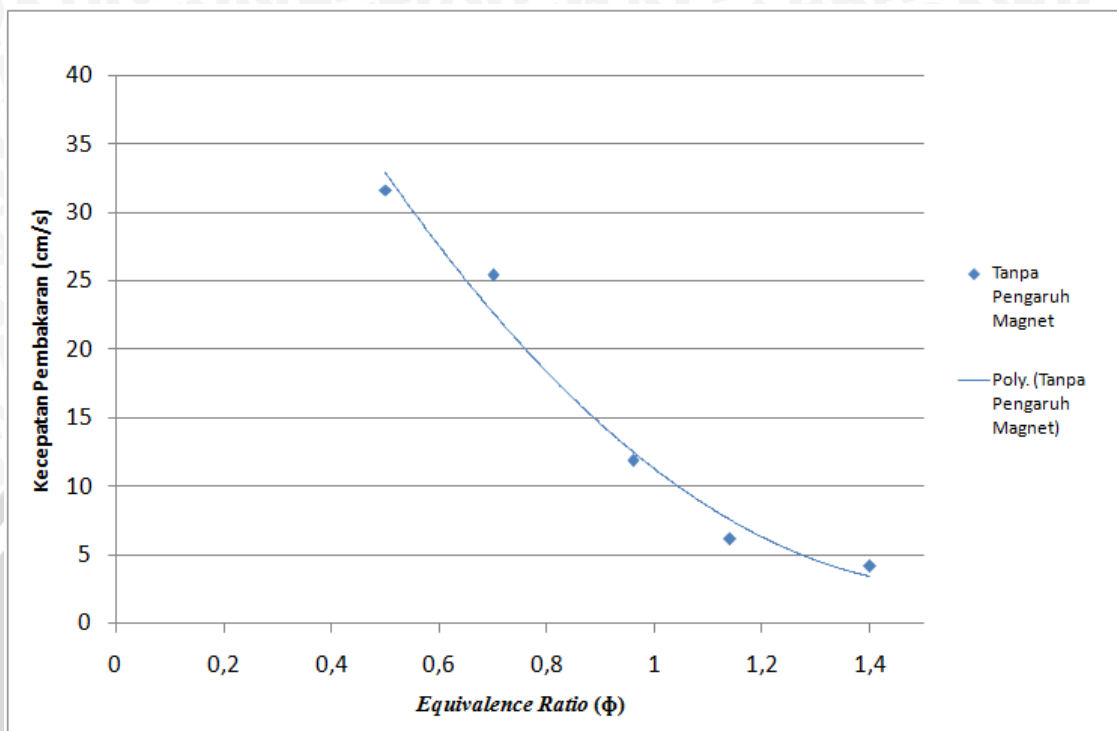
Contoh Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 S_L &= V_u \sin \theta \\
 &= 26,85 (\text{m/menit}) \cdot 0,087 \\
 &= 2,336 \text{ (m/menit)} \\
 &= 3,894 \text{ (cm/s)}
 \end{aligned}$$

4.3 Pembahasan

Pembahasan ini dilakukan untuk mendapatkan pola kecenderungan dari data hasil penelitian

4.3.1 Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Tanpa Medan Magnet



Gambar 4.1 Grafik Hubungan *Equivalence Ratio* terhadap Kecepatan Pembakaran Api *Premixed* Minyak Jagung Tanpa Magnet.

Gambar 4.1 menunjukkan grafik data hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan pembakaran tanpa magnet dengan pengambilan data sebanyak 5 kali lalu di rata-rata. Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat penurunan kecepatan pembakaran dari *equivalence ratio* 0,5 sampai ke *equivalence ratio* 1,4. Kecepatan pembakaran tertinggi terdapat pada *equivalence ratio* 0,5 dengan 33,551 cm/s, dan yang terendah pada *equivalence ratio* 1,4 dengan 3,894 cm/s.

Terdapat penurunan tajam pada *equivalence ratio* 0,5 sampai 0,96 dimana pada rentang *equivalence ratio* ini campuran adalah miskin bahan bakar dan bentuk sudut api terdapat perbedaan yang terlihat. Pada *equivalence ratio* 1,14 sampai 1,4 terdapat penurunan namun tidak terlalu tajam. Hal ini dibuktikan pada data gambar pada lampiran gambar visualisasi api tanpa magnet yang didapatkan menunjukkan sudut api yang tidak terlalu berbeda namun kecepatan reaktan *equivalence ratio* 1,4 lebih rendah.

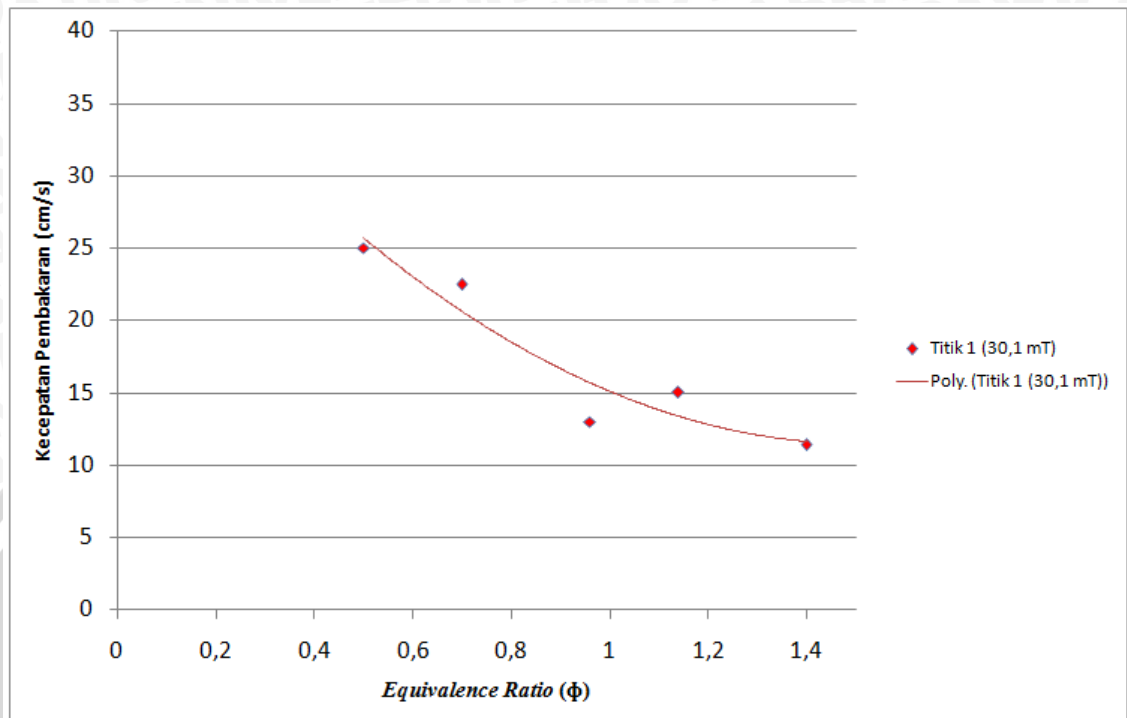
Kecepatan pembakaran tertinggi pada pembakaran api premixed minyak jagung adalah pada campuran miskin (*equivalence ratio* < 1), lalu menurun terus

sampai pada campuran kaya atau (*equivalence ratio* > 1). Hal ini disebabkan oleh kandungan asam palmitat dan asam stearat pada minyak jagung yang berkisar 17% dan 6%. Asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$) dan asam stearat ($C_{18}H_{36}O_2$) adalah termasuk jenis asam lemak yang jenuh, yang artinya tidak terdapat ikatan ganda pada rantai karbon penyusunnya. Ikatan tunggal pada rantai asam lemak lebih sulit terbakar dibandingkan asam lemak dengan ikatan ganda pada rantai penyusunnya. Sehingga minyak jagung butuh udara yang banyak untuk mencapai api stokiometri, hal ini ditunjukkan pada grafik yang puncaknya ada pada campuran miskin (udara berlebih) lalu terus menurun seiring campuran semakin kaya bahan bakar.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



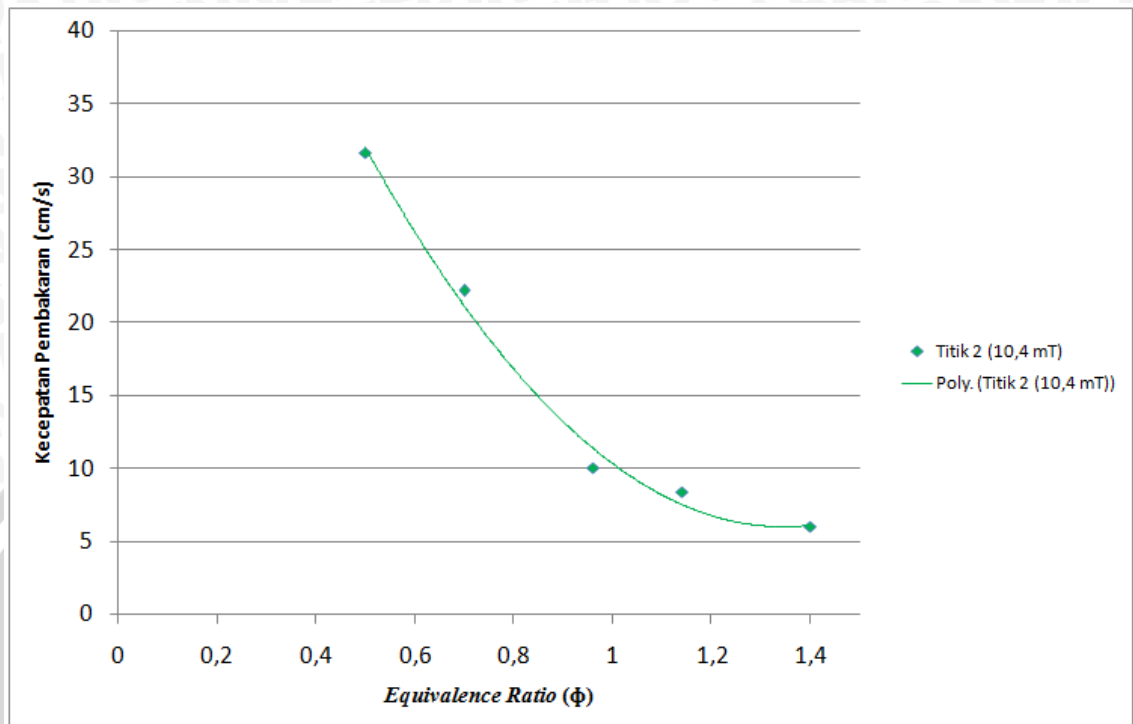
4.3.2 Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 1



Gambar 4.2 Grafik Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 1 Dengan Kuat Medan Magnet 30,1 mT

Gambar 4.2 menunjukkan grafik data hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan pembakaran pada titik 1 dengan kekuatan magnet 30,1 dengan pengambilan data sebanyak 5 kali lalu di rata-rata. Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat penurunan kecepatan pembakaran dari *equivalence ratio* 0,5 sampai ke *equivalence ratio* 1,4. Kecepatan pembakaran tertinggi terdapat pada *equivalence ratio* 0,5 dengan 27,98 cm/s, dan yang terendah pada *equivalence ratio* 1,4 dengan 10,025 cm/s.

4.3.3 Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 2



Gambar 4.3 Grafik Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 2 Dengan Kuat Medan Magnet 10,4 mT

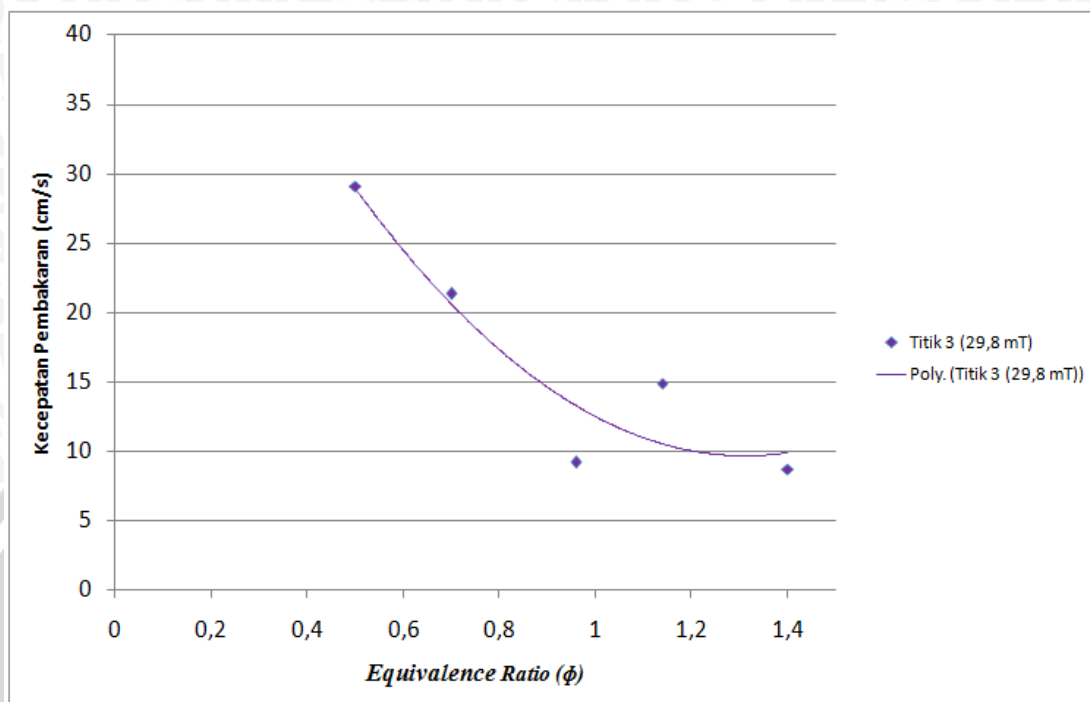
Gambar 4.3 menunjukkan grafik data hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan pembakaran pada titik 2 dengan kekuatan magnet 10,4 dengan pengambilan data sebanyak 5 kali lalu di rata-rata. Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat penurunan kecepatan pembakaran dari *equivalence ratio* 0,5 sampai ke *equivalence ratio* 1,4. Kecepatan pembakaran tertinggi terdapat pada *equivalence ratio* 0,5 dengan 33,511 cm/s, dan yang terendah pada *equivalence ratio* 1,4 dengan 6,221 cm/s.

Pada *equivalence ratio* 0,96; 1,14; 1,4 tidak terdapat perubahan kecepatan pembakaran yang signifikan, hal ini dapat disebabkan oleh kekuatan magnet yang mempengaruhi campuran kaya. Udara yang terus dikurangi pada bukaan 2,5 l/min dan 2 l/min menghasilkan bentuk api tidak terlalu memiliki perbedaan dalam bentuk sudut api. Hal ini bisa disebabkan oleh udara yang ditarik oleh titik medan magnet yang lebih kuat di atas dan di bawah *burner*, sesuai dengan peletakkan titik *burner* yang di tengah atau di bawah dan di atas titik magnet terkuat. Sehingga ketika udara terus ditambah, udara akan menjauhi zona reaksi sehingga

campuran dalam kondisi yang konstan. Hal ini disebabkan oleh sifat udara yang paramagnetik, artinya ditarik oleh medan magnet. Sebaliknya bahan bakar yang bersifat diamagnetik atau menolak medan magnet, akan tertahan di zona reaksi akibat dari magnet kuat diatas dan dibawah *burner*. Selain itu magnet juga dapat mempengaruhi ion positif pada zona reaksi api sehingga bentuk api (sudutnya) terjaga pada campuran kaya.



4.3.4 Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 3



Gambar 4.4 Grafik Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Titik 3 Dengan Kuat Medan Magnet 29,8 mT

Gambar 4.4 menunjukkan grafik data hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan pembakaran pada titik 2 dengan kekuatan magnet 29,8 mT dengan pengambilan data sebanyak 5 kali lalu di rata-rata. Dari grafik dapat dilihat bahwa terdapat penurunan kecepatan pembakaran dari *equivalence ratio* 0,5 sampai ke *equivalence ratio* 1,4. Kecepatan pembakaran tertinggi terdapat pada *equivalence ratio* 0,5 dengan 33,551 cm/s, dan yang terendah pada *equivalence ratio* 1,4 dengan 6,982 cm/s.

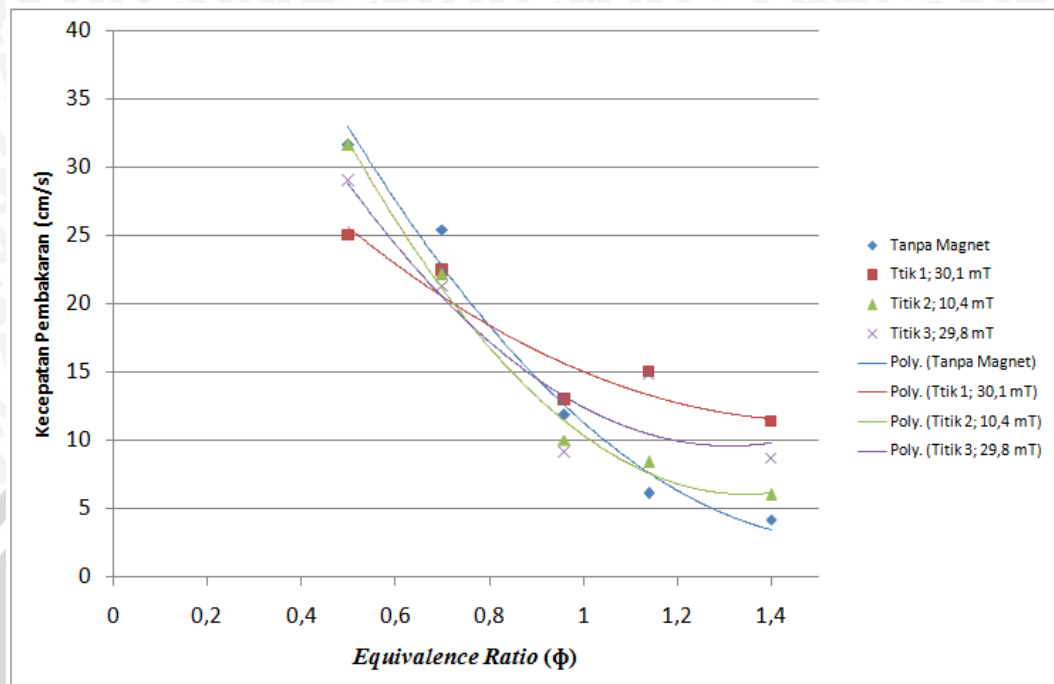
Pada *equivalence ratio* 0,96 dan *equivalence ratio* 1,4 tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan pada *equivalence ratio* 1,4 yang merupakan campuran kaya bentuk apinya hampir sama dengan api dengan *equivalence ratio* 0,96 yang mendekati campuran stokiometri. Bentuk api yang sama ini bisa disebabkan oleh magnet pada titik 3 dimana letak *burner* dipengaruhi magnet kuat ke lemah dari bawah ke atas, sehingga oksigen yang berkurang pada bukaan udara 2,5 l/min digantikan oleh oksigen dari udara bebas yang tertarik ke bawah sehingga campuran cenderung mendekati stokiometri.

Selain itu magnet kuat yang terdapat di bawah burner dapat mempengaruhi ion positif pada campuran kaya sehingga bentuk api terjaga.

Penyimpangan terjadi pada *equivalence ratio* 1,14 dimana terjadi peningkatan. Hal ini bisa disebabkan tidak konstannya aliran massa alir bahan bakar pada *equivalence ratio* 1,14.

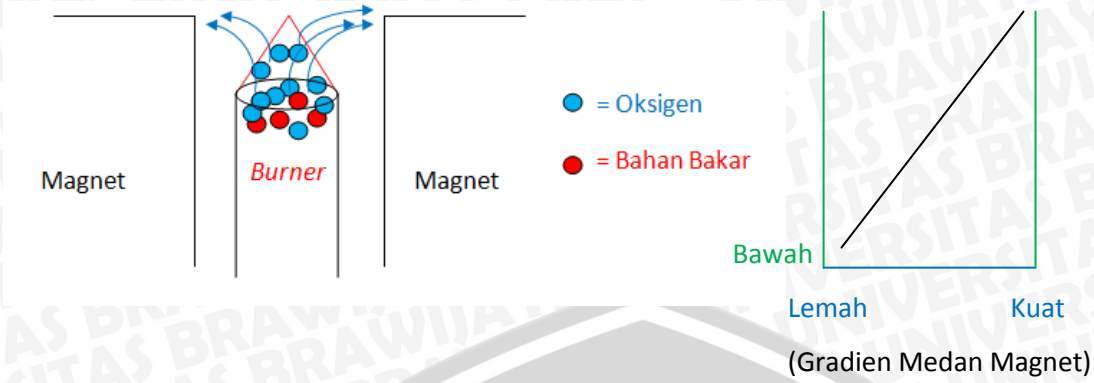


4.3.5 Hubungan Equivalence Ratio Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Berbagai Titik

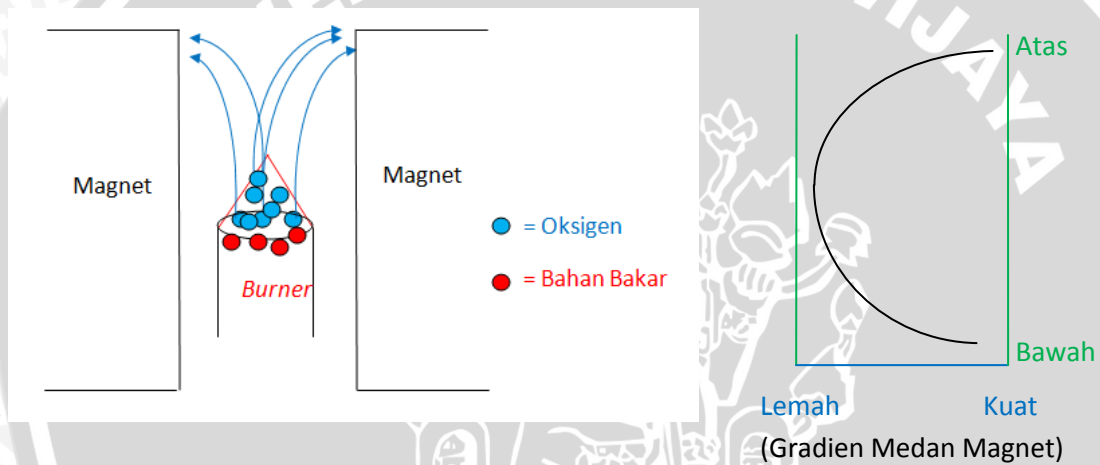


Gambar 4.5 Grafik Hubungan *Equivalence Ratio* Terhadap Kecepatan Api *Premixed* Minyak Jagung Pada Berbagai Titik

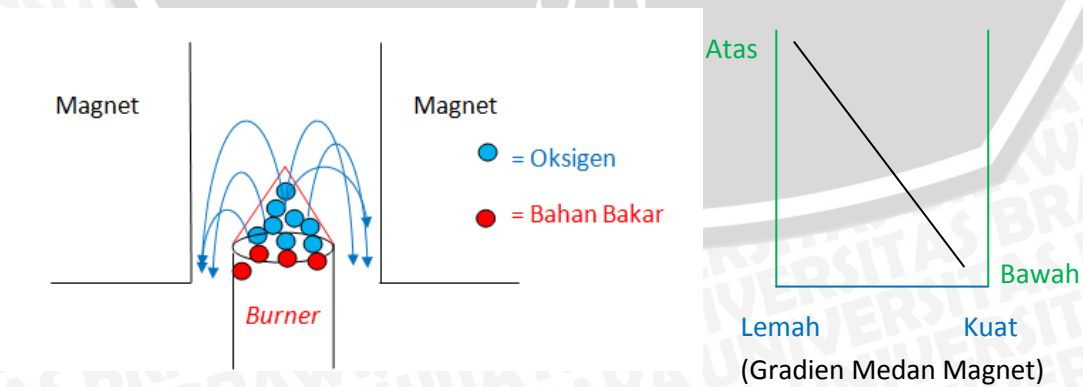
Gambar 4.5 menunjukkan grafik data hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan pembakaran pada berbagai Letak Titik dan Kekuatan Magnet yang berbeda. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada api tanpa pengaruh magnet dan dengan pengaruh magnet terdapat penurunan kecepatan pembakaran pada campuran miskin (*equivalence ratio* < 1), namun terdapat peningkatan kecepatan pembakaran pada campuran kaya (*equivalence ratio* > 1).



Gambar 4.6 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Miskin Pada Titik 1 (30,1 mT)



Gambar 4.7 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Miskin Pada Titik 2 (10,4 mT)



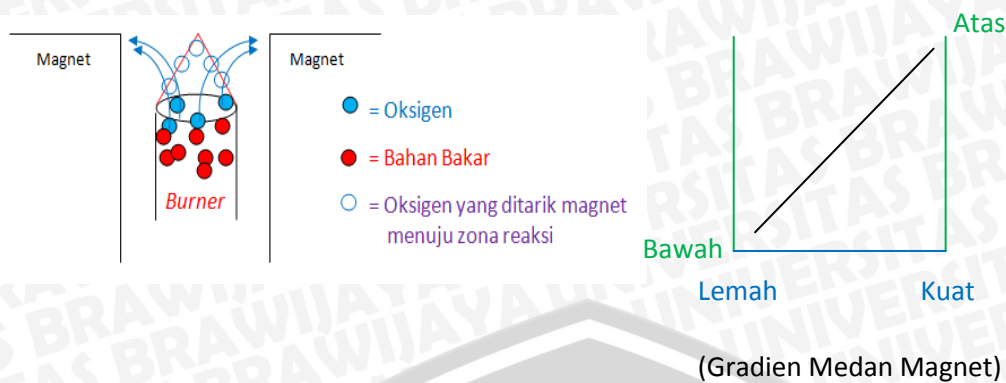
Gambar 4.8 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Miskin Pada Titik 3 (29,8 mT)

Gambar 4.6 menunjukkan pengaruh magnet pada campuran miskin pada titik 1. Pada peletakkan *burner* di titik 1, kuat medan magnet yang lebih kuat adalah di atas *burner*, sehingga tarikan magnet terhadap oksigen kuat. Oksigen (udara) berlebih pada campuran miskin ditarik oleh magnet keluar zona reaksi, sehingga campuran kekurangan bahan bakar dan udara. Hal ini menyebabkan kecepatan reaktan (V_u) berkurang sehingga kecepatan pembakaran (S_L) juga ikut berkurang (V_u berbanding lurus dengan S_L).

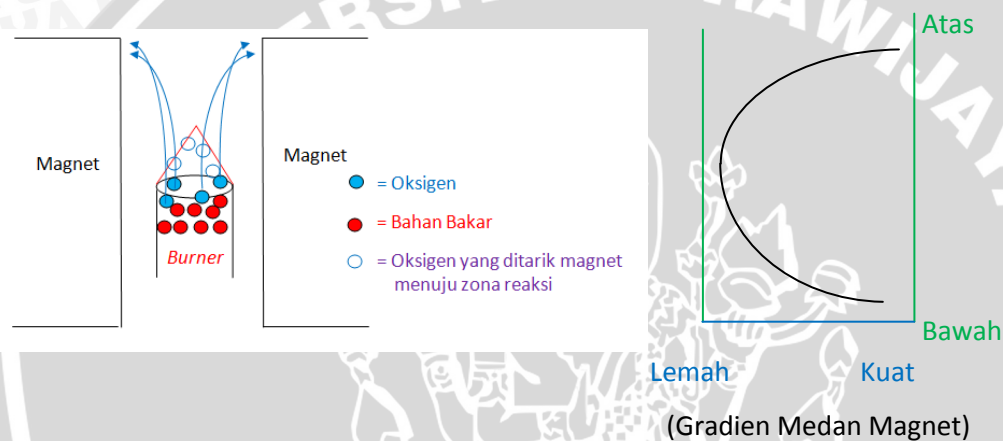
Gambar 4.7 menunjukkan pengaruh medan magnet pada campuran miskin pada titik 2. Medan magnet yang lebih kuat terletak di atas dan di bawah *burner*, namun titik yang terkuat adalah di atas *burner*. Hal ini menyebabkan oksigen tertarik ke atas, sama halnya dengan pada titik 1. Namun karena letak *burner* yang di tengah-tengah menyebabkan pengaruh medan magnet terkecil diantara titik 1 dan titik 3 (dapat dilihat pada gambar grafik 4.5).

Gambar 4.8 menunjukkan pengaruh medan magnet pada campuran miskin pada titik 3. Medan magnet yang lebih kuat terletak di bawah *burner*. Hal ini menyebabkan oksigen ditarik magnet ke arah bawah sehingga campuran kekurangan oksigen dan juga bahan bakar sama seperti pada titik 1 dan titik 2. Namun di titik 3 ini pengaruhnya lebih besar daripada titik 2 dikarenakan medan magnet yang mempengaruhi oksigen lebih besar, namun lebih kecil daripada titik 1 dikarenakan letak magnet terkuat ada di bawah *burner*. Letak kuat medan magnet yang lebih kuat di bawah *burner* menyebabkan oksigen lebih sulit terinduksi daripada magnet yang lebih kuat di atas *burner* (titik 1).

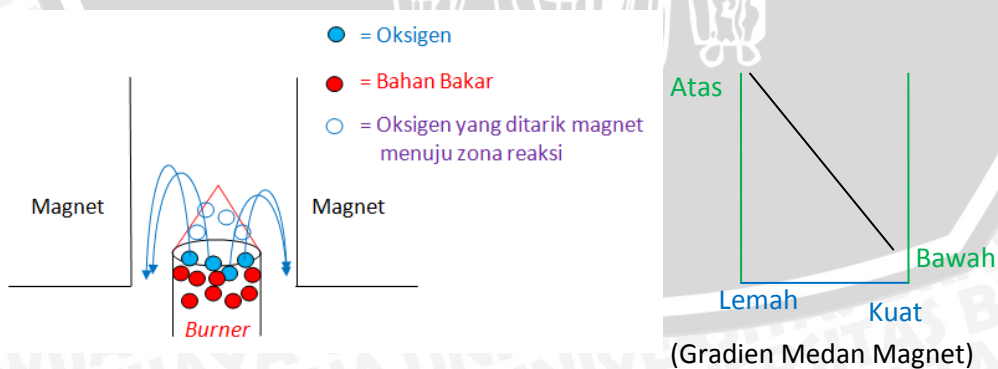
Dari gambar 4.6, 4.7, dan 4.8, dapat dilihat bahwa magnet dapat menurunkan kecepatan pembakaran pada semua titik peletakan pada campuran miskin. Hal ini disebabkan oksigen yang tertarik keluar dari zona reaksi sehingga kecepatan reaktan kekurangan oksigen dan bahan bakar, alhasil kecepatan reaktan (V_u) berkurang sehingga kecepatan pembakaran (S_L) juga ikut berkurang (V_u berbanding lurus dengan S_L).



Gambar 4.9 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Kaya Pada Titik 1 (30,1 mT)



Gambar 4.10 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Kaya Pada Titik 2 (10,4 mT)



Gambar 4.11 Perkiraan Pengaruh Medan Magnet Pada Campuran Kaya Pada Titik 3 (29,8 mT)

Gambar 4.9 menunjukkan pengaruh magnet pada campuran kaya pada titik 1. Campuran kaya adalah campuran yang kaya bahan bakara dan sedikit oksigen. Akibat medan magnet, oksigen dari saluran reaktan ditarik oleh magnet menuju ke zona reaksi. Hal ini menyebabkan api cenderung lebih stokiometri dan kecepatan pembakarannya meningkat.

Gambar 4.10 menunjukkan pengaruh magnet pada campuran kaya pada titik 2. Titik 2 adalah dimana peletakkan ujung *burner* pada tengah magnet atau terdapat medan magnet yang lebih kuat di atas dan di bawah *burner*. Namun medan magnet yang terkuat ada di atas *burner*. Hal ini menyebabkan oksigen dari saluran reaktan ditarik menuju ke zona reaksi sama dengan pada titik 1. Namun pada titik 2 ini pengaruhnya lebih kecil daripada titik 1 dikarenakan pada titik 2 kekuatan magnet yang menginduksi jauh lebih kecil.

Gambar 4.11 menunjukkan pengaruh magnet pada campuran kaya pada titik 3. Titik 3 adalah dimana medan magnet yang lebih kuat terletak di bawah *burner*. Hal ini menyebabkan oksigen dari saluran reaktan ditarik magnet ke arah bawah sehingga berkumpul di zona reaksi sama seperti pada titik 1 dan titik 2. Namun di titik 3 ini pengaruhnya lebih besar daripada titik 2 dikarenakan medan magnet yang mempengaruhi oksigen lebih besar, namun lebih kecil daripada titik 1 dikarenakan letak magnet terkuat ada di bawah *burner*. Letak kuat medan magnet yang lebih kuat di bawah *burner* menyebabkan oksigen lebih sulit terinduksi daripada magnet yang lebih kuat di atas *burner* (titik 1).

Dari gambar 4.9, 4.10, dan 4.11, dapat dilihat bahwa magnet dapat menaikkan kecepatan pembakaran pada semua titik peletakan pada campuran kaya. Hal ini disebabkan oksigen yang tertarik menuju ke zona reaksi, sehingga api cenderung lebih stokiometrik dan kecepatan pembakaran api meningkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan analisa pengaruh medan magnet terhadap kecepatan pembakaran api *premixed* minyak jagung didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Medan magnet dapat mempengaruhi kecepatan pembakaran api *premixed* minyak jagung pada campuran miskin bahan bakar, dimana kecepatan pembakaran lebih kecil daripada tanpa pengaruh medan magnet.
2. Medan magnet dapat mempengaruhi kecepatan pembakaran api *premixed* minyak jagung pada campuran kaya bahan bakar, dimana kecepatan pembakaran lebih besar daripada tanpa pengaruh medan magnet.

5.2 Saran

1. Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya digunakan pengatur tekanan untuk keluaran gas elpiji yang memanaskan kompor mawar. Karena tekanan yang berubah-ubah akan menyebabkan nyala api tidak stabil pada kompor mawar meskipun sudah diberi *flowmeter*.
2. Sebaiknya dalam pengambilan data gambar dilakukan di tempat yang bebas dari angin luar, sehingga gambar api yang di dapat tidak terpengaruh atau miring akibat hembusan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, A.M., & C. Rapar, Zubachtirodin. 2010. *Deskripsi Varietas Ungul Jagung. Balai Penelitian Serealia*. Maros.
- Buffam, Julie, & Cox, Kevin. 2008. *Measurement of Laminar Burning Velocity of Methane-Air Mixtures Using a Slot and Bunsen Burner*. Journal of Degree of Bachelor of Science. Worchester Polytechnic Institute.
- SNI 01-3394-1998. 1998. *Minyak Jagung Sebagai Minyak Makan*. Badan Standarisasi Nasional
- Chalid, Muchammad., Saksono, Nelson., Adiwari. & Darsono, Nono. 2005. *Studi Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol terhadap Karakteristik Kerosin*. Jurnal Teknik Metalurgi dan Material. Universitas Indonesia.
- Corn Refiners Association. 2006. *Corn Oil*
- Halliday, David, & Resnick, Robert, & Walker, Jearl. 2007. *Fundamental of Physics 8th Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Hardiansyah, Bayu A. 2014. *Karakteristik Pembakaran Premixed Minyak Jarak pada Circular Tube Turner*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Brawijaya.
- Harianto, Bagus. 2014. *Pengaruh Ketebalan Circular Tube Burner pada Pembakaran Premixed Uap Minyak Jarak*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Brawijaya.
- ITPC Osaka. 2013. *Minyak Jagung*.
- Khalidi, F., Gilard, V., Gillon, P. & Blanchard, C. J. N., 2009. *Effects of a Magnetic Field on the Stabilization of a Lifted Diffusion Flame*. Journal of Science. EPM - CNRS Rue de la piscine, St Martin d'Herès.
- Kholiluddin, Muhammad I. 2014. *Karakteristik Pembakaran Premixed Campuran Uap Minyak Jarak Pagar (jatropha curcas l.) dan LPG (Liquified Petroleum Gas)*. Jurnal Teknik Mesin. Universitas Brawijaya.
- Rachmatikawati, Friska. 2010. *Minyak Nabati dari Biji Jagung*.
- Swaminathan, Sumathi. 2005. *Effects of Magnetic Field on Micro Flames*. Journal of Mechanical Engineering. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Wardana, ING. 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. PT. Danar Wijaya Brawijaya University Press, Malang.

Young, Hugh D.2001.*Fisika Universitas Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

Zake, M. & Barmina, I. 2010. *Effect of Magnetic Field on Swirling Flame*. Journal of International Scientific Colloquium. Institute of Physics, University of Latvia.



Lampiran 1. Tabel data hasil pengujian asam lemak di Universitas Airlangga

Tabel Profil Asam Lemak

No	Nama Komponen (metil ester)	kode GC-MS 9-60			kode GC-MS 9-61			kode GC-MS 9-59		
		Waktu Tambat	% Area	Quality*	Waktu Tambat	% Area	Quality	Waktu Tambat	% Area	Quality*
1	Myristic acid	5.075	26.778%	98%	-	-	-	5.059	0.365%	98%
2	palmitic acid	8.291	26.024%	99%	8.275	12.052%	98%	8.292	17.208%	99%
3	8,11-octadecadienoic acid	11.825	12.523%	99%	-	-	-	-	-	-
	linoleic acid	-	-	-	11.931	53.313%	99%	11.939	46.660%	99%
4	Oleic acid	11.996	30.163%	99%	12.061	26.153%	99%	12.069	26.928%	99%
	9,12,15-octadecatrienoic acid	-	-	-	-	-	-	12.312	0.330%	97%
5	stearic acid	12.540	3.890%	99%	12.556	6.119%	99%	12.564	6.663%	99%
6	11-eicosenoic acid	16.983	0.298%	99%	16.983	0.297%	99%	16.983	0.403%	99%
7	arachidic acid	17.852	0.167%	99%	17.860	0.454%	99%	17.860	0.647%	99%
	Docosanoic acid	-	-	-	23.019	1.212%	99%	23.019	0.563%	99%
8	lignoceric acid	25.602	0.156%	99%	25.602	0.400%	99%	25.602	0.234%	99%

ket. Quality = Kesesuaian spektrum MS dengan pustaka Alat

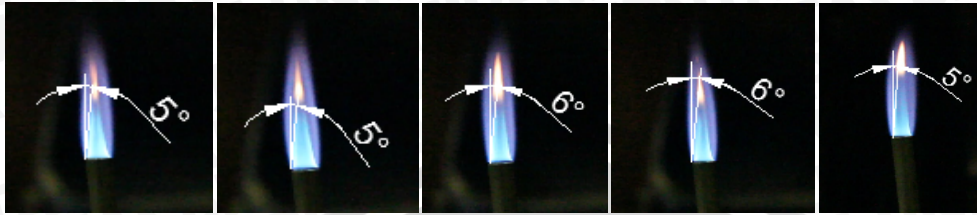
Surabaya, 15 September 2014
Analisis ULPPFUA

Mega Ferdina Warsito, S.Farm., Apt.

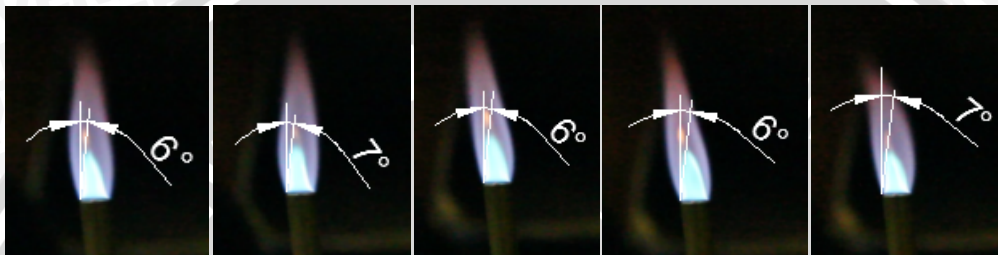


Lampiran 2. Visualisasi Api

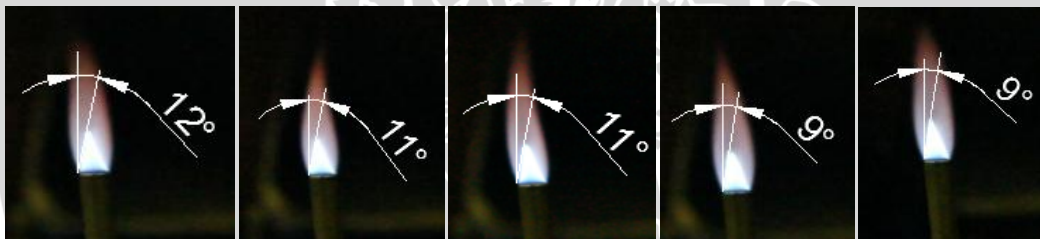
Tanpa magnet *Equivalence Ratio* 1,4



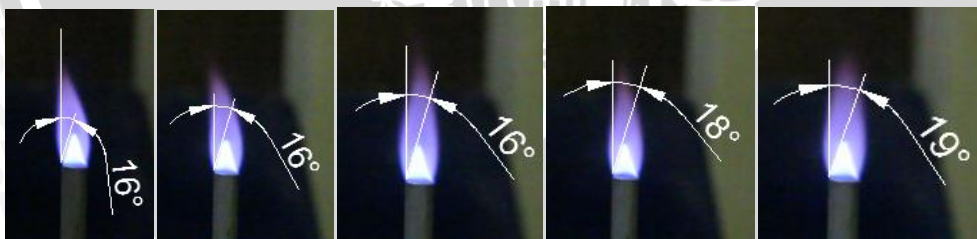
Tanpa magnet *Equivalence Ratio* 1,14



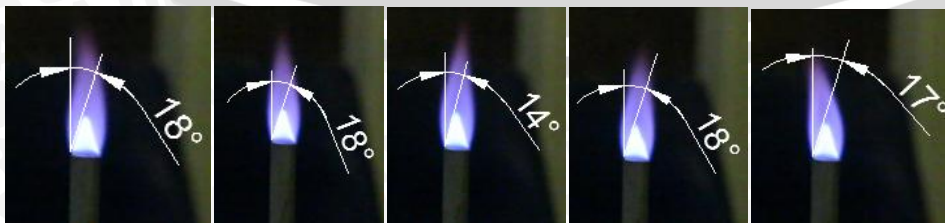
Tanpa magnet *Equivalence Ratio* 0,96



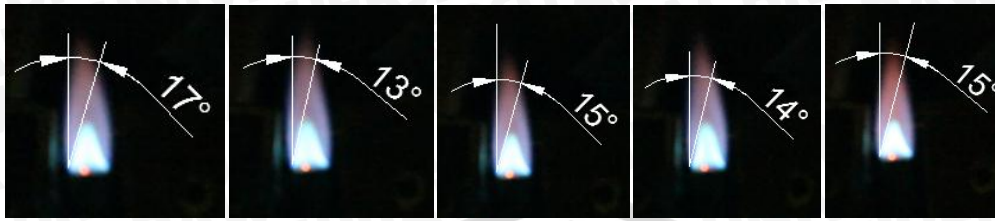
Tanpa magnet *Equivalence Ratio* 0,7



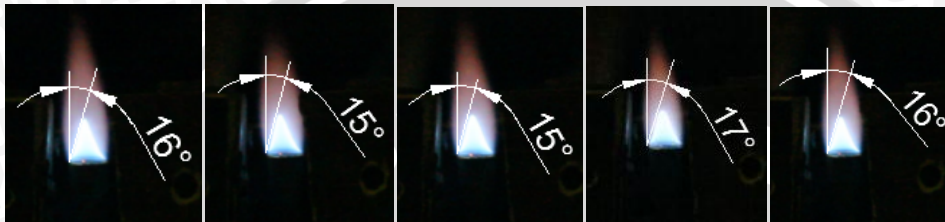
Tanpa Magnet *Equivalence Ratio* 0,5



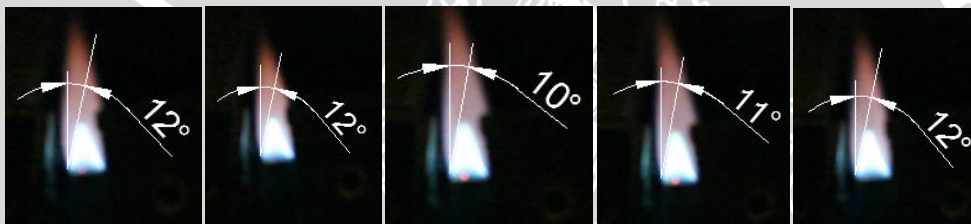
Titik 1 *Equivalence Ratio 1,4*



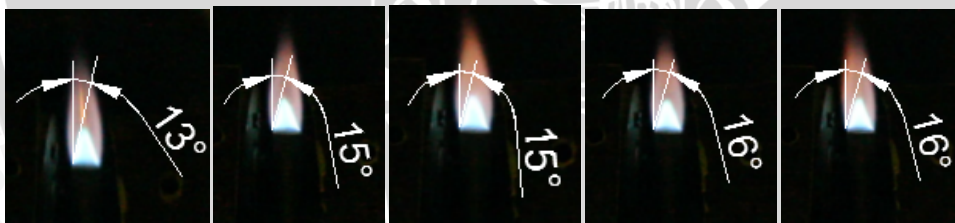
Titik 1 *Equivalence Ratio 1,14*



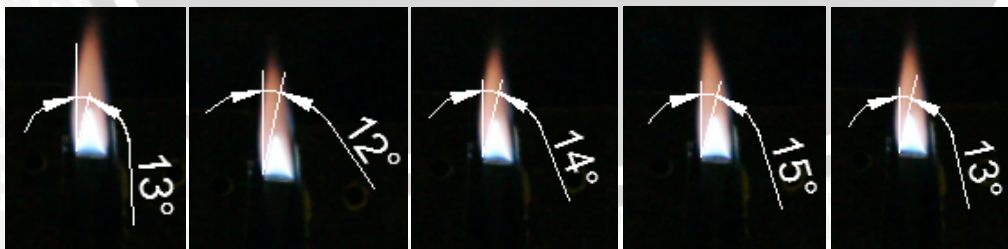
Titik 1 *Equivalence Ratio 0,96*



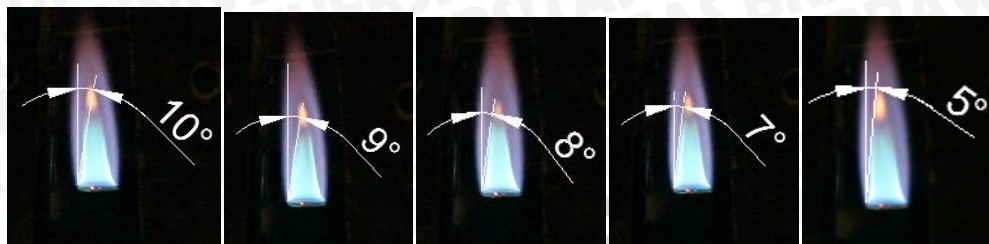
Titik 1 *Equivalence Ratio 0,7*



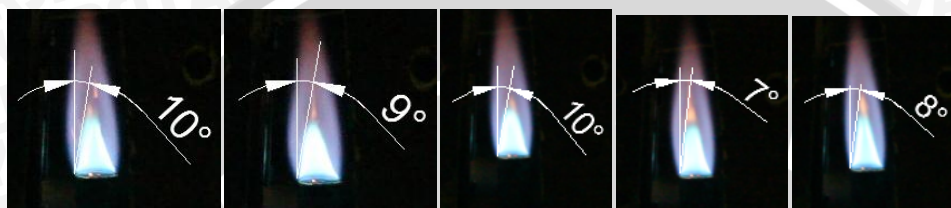
Titik 1 *Equivalence Ratio 0,5*



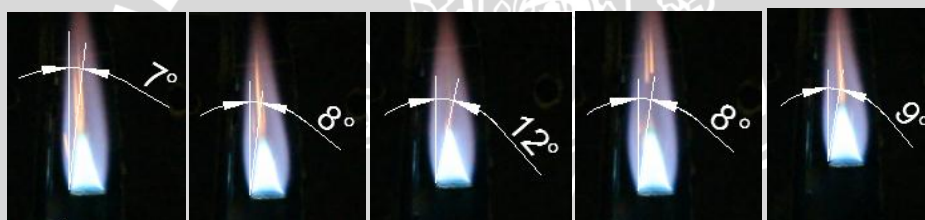
Titik 2 Equivalence Ratio 1,4



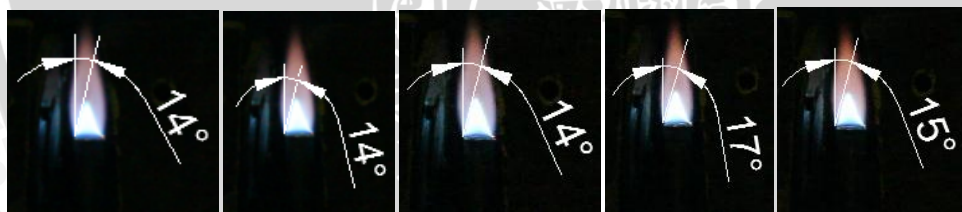
Titik 2 Equivalence Ratio 1,14



Titik 2 Equivalence Ratio 0,96



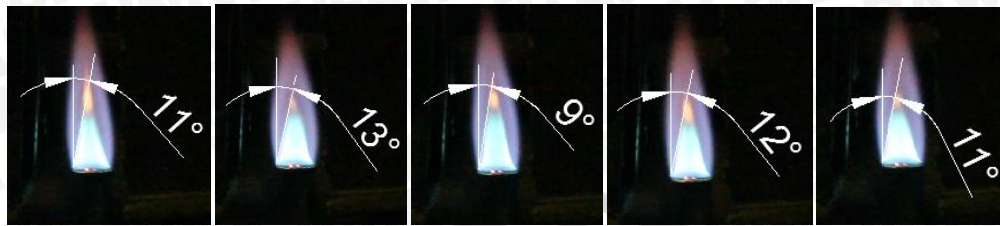
Titik 2 Equivalence Ratio 0,7



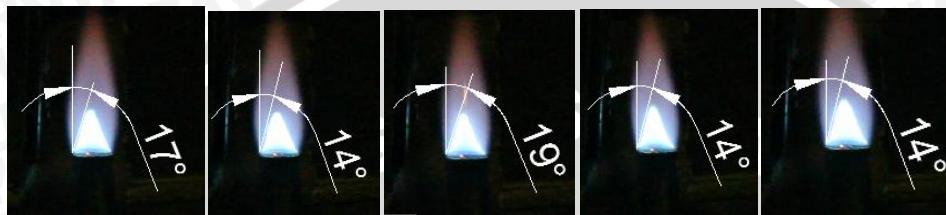
Titik 2 Equivalence Ratio 0,5



Titik 3 Equivalence Ratio 1,4



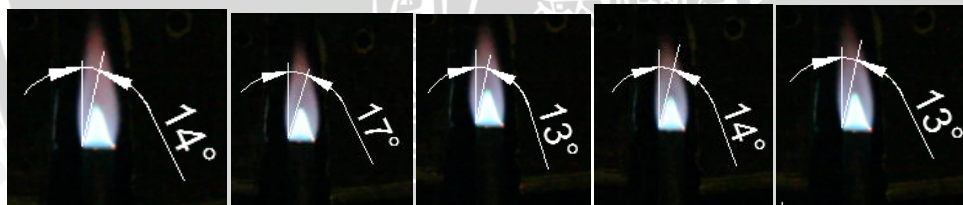
Titik 3 Equivalence Ratio 1,14



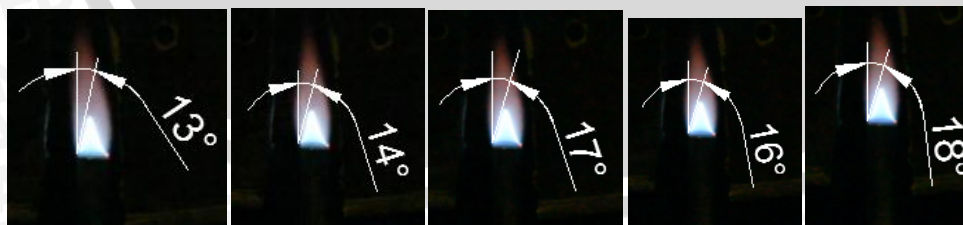
Titik 3 Equivalence Ratio 0,96



Titik 3 Equivalence Ratio 0,7



Titik 3 Equivalence Ratio 0,5



Lampiran 3. Tabel Data Hasil Perhitungan

No	Jarak Magnet (cm)	Letak Titik	Kuat Medan Magnet (mT)	Debit Udara (l/min)	AFR Stokiometri	AFR Aktual	Equivalence Ratio (ϕ)	Sudut Api (θ)	Sin θ	V _u (cm/s)	S _L (cm/s)
1	-	-	-	2	12,8	8,96	1,4	5	0,087	44,756	3,894
2								5	0,087		3,894
3								6	0,104		4,655
4								6	0,104		4,655
5								5	0,087		3,894
6				2,5	12,8	11,18	1,14	6	0,104	55,372	5,759
7								7	0,121		6,700
8								6	0,104		5,759
9								6	0,104		5,759
10								7	0,121		6,700
11				3	12,8	13,33	0,96	12	0,207	65,987	13,659
12								11	0,191		12,604
13								11	0,191		12,604
14								9	0,156		10,294
15								9	0,156		10,294
16				4	12,8	17,9	0,7	16	0,275	87,219	23,985
17								16	0,275		23,985
18								16	0,275		23,985
19								18	0,309		26,951
20								19	0,325		28,346
21				5	12,8	27,41	0,5	18	0,309	108,450	33,511
22								18	0,309		33,511
23								14	0,241		26,136
24								18	0,309		33,511
25								17	0,292		31,667

No	Jarak Magnet (cm)	Letak Titik	Kuat Medan Magnet (mT)	Debit Udara (l/min)	AFR Stokiometri	AFR Aktual	Equivalence Ratio (ϕ)	Sudut Api (θ)	Sin θ	V _u (cm/s)	S _L (cm/s)
1	2	1	30,1	2	12,8	8,96	1,4	17	0,292	44,756	13,069
2								13	0,224		10,025
3								15	0,258		11,547
4								14	0,241		10,786
5								15	0,258		11,547
6				2,5	12,8	11,18	1,14	16	0,275	55,372	15,227
7								15	0,258		14,286
8								15	0,258		14,286
9								17	0,292		16,168
10								16	0,275		15,227
11				3	12,8	13,33	0,96	12	0,207	65,987	13,659
12								12	0,207		13,659
13								10	0,173		11,416
14								11	0,191		12,604
15								12	0,207		13,659
16				4	12,8	17,9	0,7	13	0,224	87,219	19,537
17								15	0,258		22,502
18								15	0,258		22,502
19								16	0,275		23,985
20								16	0,275		23,985
21				5	12,8	27,41	0,5	13	0,224	108,450	24,293
22								12	0,207		22,449
23								14	0,241		26,136
24								15	0,258		27,980
25								13	0,224		24,293

No	Jarak Magnet (cm)	Letak Titik	Kuat Medan Magnet (mT)	Debit Udara (l/min)	AFR Stokimetri	AFR Aktual	Equivalence Ratio (φ)	Sudut Api (θ)	Sin θ	Vu (cm/s)	S _L (cm/s)
1	2	2	10,4	2	12,8	8,96	1,4	10	0,173	44,756	7,743
2								9	0,156		6,982
3								8	0,139		6,221
4								7	0,121		5,415
5								5	0,087		3,894
6								10	0,173		9,579
7				9	0,156	8,638					
8				10	0,173	9,579					
9				7	0,121	6,700					
10				8	0,139	7,697					
11				7	0,121	7,984					
12				8	0,139	9,172					
13				12	0,207	13,659					
14				8	0,139	9,172					
15				9	0,156	10,294					
16				14	0,241	21,020					
17				14	0,241	21,020					
18				14	0,241	21,020					
19				17	0,292	25,468					
20				15	0,258	22,502					
21				16	0,275	29,824					
22				16	0,275	29,824					
23				18	0,309	33,511					
24				18	0,309	33,511					
25				17	0,292	31,667					

No	Jarak Magnet (cm)	Letak Titik	Kuat Medan Magnet (mT)	Debit Udara (l/min)	AFR Stokimetri	AFR Aktual	Equivalence Ratio (φ)	Sudut Api (θ)	Sin θ	Vu (cm/s)	S _L (cm/s)
1	2	3	29,8	2	12,8	8,96	1,4	11	0,191	44,756	8,548
2								13	0,224		10,025
3								9	0,156		6,982
4								12	0,207		9,264
5								11	0,191		8,548
6								17	0,292		16,168
7				14	0,241	13,345					
8				19	0,325	17,996					
9				14	0,241	13,345					
10				14	0,241	13,345					
11				10	0,173	11,416					
12				8	0,139	9,172					
13				9	0,156	10,294					
14				6	0,104	6,863					
15				7	0,121	7,984					
16				14	0,241	21,020					
17				17	0,292	25,468					
18				13	0,224	19,537					
19				14	0,241	21,020					
20				13	0,224	19,537					
21				13	0,224	24,293					
22				14	0,241	26,136					
23				17	0,292	31,667					
24				16	0,275	29,824					
25				18	0,309	33,511					