

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” **Karakteristik Pembakaran Pada Meso-scale combustor dengan Bahan Liquefied Petroleum Gas (LPG) dan**”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang untuk memperoleh gelar sarjana Teknik. Penulis juga tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Dr. Eng. Nurkholis Hamidi ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Bapak Purnami ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
2. Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. Selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Konversi Energi sekaligus Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin.
3. Ibu Dr. Eng. Lilis Yuliati ST., MT. selaku dosen pembimbing I skripsi yang juga sebagai kepala Lab. Fluida atas semua ilmu dan saran yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Purnami ST., MT. selaku pembimbing II skripsi yang memberikan arahan serta bimbingan guna kesempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen pengajar dan Staf administrasi Jurusan Teknik Mesin.
6. Kedua Orang Tua penulis yaitu Mochammad Solikin S.Pd. dan Kartuni atas segala pengorbanan baik dukungan do’a maupun material yang telah diberikan kepada penulis selama ini. Juga kepada kakak-kakak penulis Alfi Haris Wanto, Arof Kurniawan, dan Aris Wahyu Azizulawan serta adik penulis Aulia Putri Solikhatin yang telah membantu dalam kelancaran menyelesaikan penulisan skripsi.
7. Saudara-saudara “IMMORTAL” M’10, terima kasih atas semua dukungan dan bantuan yang telah diberikan mulai dari mahasiswa baru sampai saat ini.
8. Teman-teman dari Lab. Fluida dan Motor Bakar UB, Irsyad, Tedjo, Hendry, Tanjung, Amril, terima kasih atas semua kebersamaan dan dukungannya selama ini.
9. Teman-teman yang melakukan penelitian di Lab. Fluida di saat yang bersamaan Ramdha, Mas Afrima, Rendy, Bagus, Bayu, Irsyad, Debi, dan Bintang terima

kasih atas semua masalah, bantuan, candaan, kesusahan, semangat serta do'a yang telah diberikan kepada penulis selama ini.

10. Teman-teman di pesantren mahasiswa masjid Abu-Dzar Alghifari yang telah memberikan doa dan semangat serta contoh-contoh ketauladanan untuk terus belajar dan beribadah semata-mata mengharap ridho Allah SWT.
11. Izzur Rozabi, teman satu kamar yang selalu memberikan motivasi dan do'a selama dalam penyelesaian skripsi.
12. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu penulis baik selama proses penyusunan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis, tentunya skripsi ini banyak membutuhkan masukan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua. Amiin

Malang, Juli 2014

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2. Pembakaran.....	5
2.2.1. Reaksi Pembakaran.....	5
2.2.2. <i>Air fuel ratio</i> dan rasio ekuivalen	6
2.3. Klasifikasi Pembakaran	7
2.3.1. Pembakaran <i>premixed</i>	7
2.3.2. Kestabilan api	9
2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro (<i>Micro Power Generator</i>)	11
2.5. <i>Micro dan Meso-scale Combustor</i>	13
2.6. <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i>	13
2.6.1. Propana (C ₃ H ₈)	14
2.6.2. Butana (C ₄ H ₁₀).....	14
2.7. Metana (CH ₄).....	15
2.8. Hipotesis	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	18
3.2. Variabel Penelitian.....	18
3.3. Peralatan Penelitian.....	19
3.4. Skema Instalasi Penelitian	22

3.5. Metode Pengambilan Data.....	22
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Hasil Penelitian.....	25
4.2. Perhitungan Data.....	27
4.2.1. Perhitungan Rasio Ekuivalen.....	30
4.2.2. Perhitungan debit bahan bakar dan udara dengan variasi rasio ekuivalen (Φ).....	31
4.2.3. Perhitungan debit bahan bakar dan udara dengan variasi Kecepatan pembakaran.....	32
4.3. Diagram Kestabilan Api dan <i>Flame Stabilization Limit</i>	33
4.3.1. <i>Flame stabilization limit</i> saat aliran reaktan dalam keadaan <i>continoues</i>	35
4.4. Visulisasi Nyala Api.....	37
4.5. Pengukuran Temperatur Api.....	41
4.6. Pengukuran Temperatur Gas Buang.....	43
4.7. Pengukuran Temperatur Dinding <i>Meso-Scale Combustor</i>	45

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Batas Mampu Nyala Api	12
Tabel 2.2	Properties Bahan Bakar Propana	15
Tabel 2.3	Properties Bahan Bakar Butana	16
Tabel 2.4	Properties Bahan Bakar Metana	17
Tabel 4.1	Debit bahan bakar dan udara dimana api dapat menyala dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan bahan bakar LPG	25
Tabel 4.2	Debit bahan bakar dan udara dimana api dapat menyala dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan bahan bakar metana	25
Tabel 4.3	Titik pengambilan data karakteristik pembakaran dengan bahan bakar LPG dan metana dalam <i>meso-scale combustor</i>	26
Tabel 4.4	Temperatur api dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan bahan bakar LPG dan metana	26
Tabel 4.5	Temperatur gas buang dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan bahan bakar LPG dan metana	26
Tabel 4.6	Temperatur dinding <i>meso-scale combustor</i> dengan bahan bakar LPG dan metana	27

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram kestabilan api & <i>flame stabilization limit</i> dengan bahan bakar propana (C_3H_8) dalam <i>meso-scale combustor</i>	4
Gambar 2.2	Cara reaktan terbakar (a) pembakaran <i>premixed</i> ; (b) Pembakaran difusi	8
Gambar 2.3	Detail struktur di dalam api <i>premixed</i>	9
Gambar 2.4	Mekanisme kestabilan api <i>premixed</i>	10
Gambar 2.5	(a) <i>flashback</i> , (b) <i>stabil</i> , (c) <i>lift off</i> , (d) <i>lifted</i> , (e) <i>blowoff</i>	10
Gambar 3.1	<i>Meso-Scale Combustor</i>	18
Gambar 3.2	<i>Wire Mesh</i>	19
Gambar 3.3	<i>Flow meter</i>	20
Gambar 3.4	Kamera	21
Gambar 3.5	Laptop	21
Gambar 3.6	Skema instalasi alat penelitian	22
Gambar 3.7	Titik-titik pengukuran pada <i>meso-scale combustor</i>	23
Gambar 3.8	Diagram alir penelitian	24
Gambar 4.1	Diagram kestabilan api pada <i>meso-scale combustor</i> pada bahan bakar PG dan metana	35
Gambar 4.2	Hasil visualisasi api dengan variasi kecepatan reaktan pada rasio ekuivalen $\Phi = 0,9$	37
Gambar 4.3	Hasil visualisasi api dengan variasi rasio ekuivalen pada kecepatan reaktan 35 cm/detik	40
Gambar 4.4	Temperatur api dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan rasio ekuivalen $\Phi = 0,9$	41
Gambar 4.5	Temperatur api dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan variasi pada kecepatan 35 cm/detik	42
Gambar 4.6	Temperatur gas buang dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan rasio ekuivalen $\Phi = 0,9$	44
Gambar 4.7	Temperatur gas buang dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan kecepatan 35 cm/detik	45
Gambar 4.8	Skematik perpindahan panas dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>wire mesh</i> di dalamnya	46

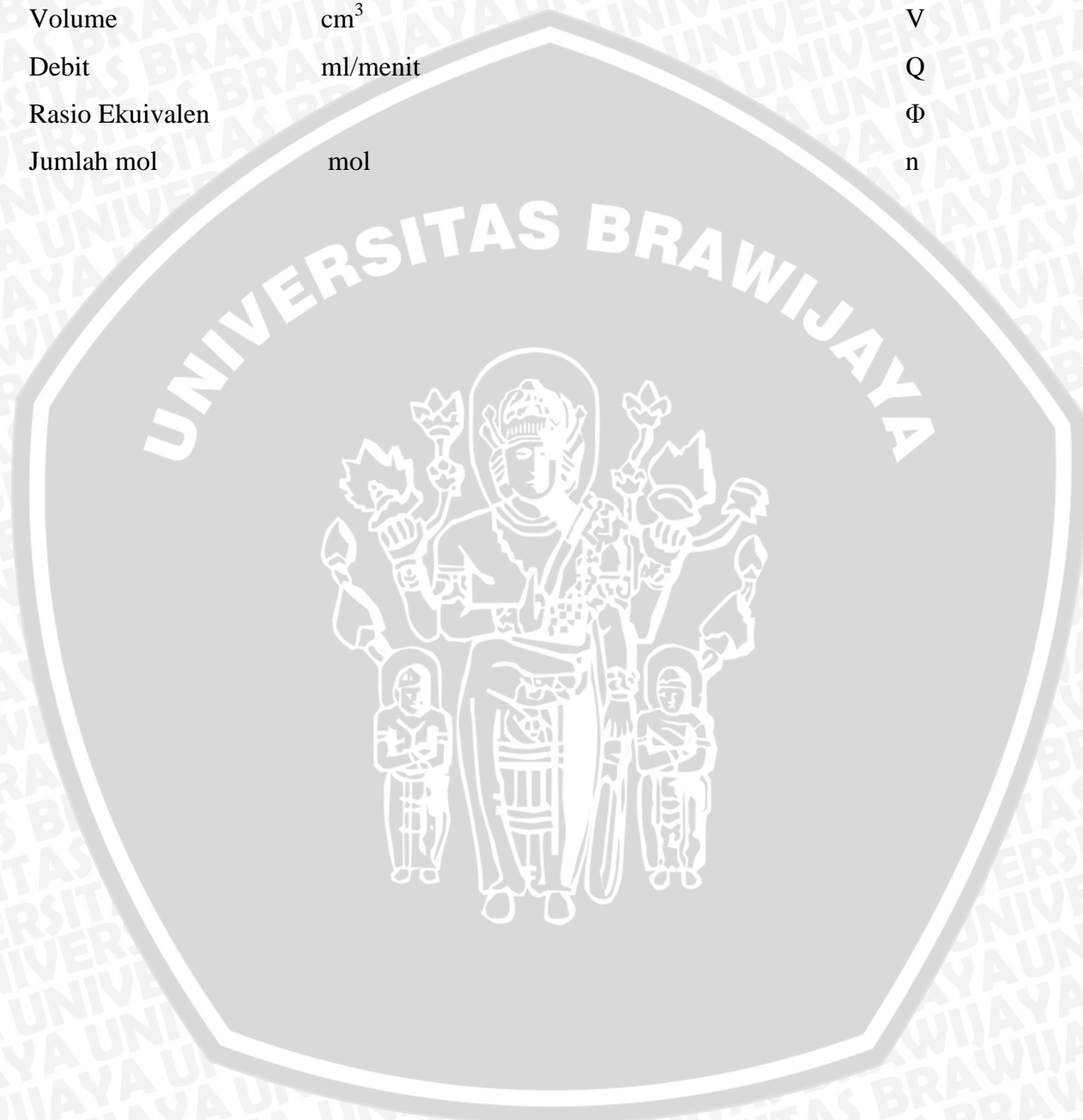
Gambar 4.9 Temperatur dinding luar *combustor* bagian depan dan belakang dengan rasio ekuivalen $\Phi = 0,9$ 47

Gambar 4.10 Temperatur dinding luar *combustor* bagian depan dan belakang dengan variasi rasio pada kecepatan pembakaran 35 cm/detik. 49



DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Massa	gram	m
Kerapatan Gas	gr/cm ³	ρ
Volume	cm ³	V
Debit	ml/menit	Q
Rasio Ekuivalen		Φ
Jumlah mol	mol	n



RINGKASAN

ADWIN SETYAWAN, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2014, Karakteristik Pembakaran pada *Meso-Scale Combustor* dengan Bahan Bakar *Liquified Petroleum Gas* (LPG) dan Metana, Dosen Pembimbing : Lilis Yuliati, Purnami.

Meso-scale combustor merupakan salah satu komponen dalam *micro power generator* yang berfungsi sebagai sumber energi alternatif untuk perangkat elektronik skala kecil dan portabel. Kebanyakan penelitian mengenai *micro* dan *meso-scale combustor* menggunakan bahan bakar hidrogen (H_2) yang memiliki kecepatan pembakaran tinggi. Dalam penelitian ini akan digunakan gas metana (CH_4) dan LPG (campuran propana/ C_3H_8 dan butana/ C_4H_{10}). Hal ini karena kedua jenis bahan bakar tersebut sangat berpotensi untuk dapat dikembangkan sebagai bahan bakar dalam *meso-scale combustor* karena selain ketersediaan di alam yang masih cukup melimpah serta menghasilkan densitas energi yang cukup besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan metana (CH_4) dan LPG (C_3H_8 dan C_4H_{10}) terhadap karakteristik pembakaran dalam *meso-scale combustor*. *Meso-scale combustor* yang digunakan terbuat dari *quartz glass tube* dengan diameter dalam 3,36 mm dengan panjang 40 mm. Di dalam *combustor* disisipkan sebuah *wire mesh* yang terbuat dari material *stainless steel* dengan spesifikasi 60 *mesh* dengan jarak *mesh* ke ujung *combustor* adalah 10 mm. Penelitian dilakukan dengan cara mengatur aliran debit udara dan bahan bakar dengan menggunakan *flow meter* udara dan *flow meter* bahan bakar hingga tercipta nyala api yang stabil di dalam *combustor* hingga didapatkan nilai *flame stabilization limit* untuk kedua jenis bahan bakar. Kemudian dilakukan pengambilan data visualisasi nyala api, temperatur api, temperatur gas hasil pembakaran dan temperatur dinding *combustor* pada rasio ekuivalen (Φ) = 0.83, 0.9 dan 1, dengan kecepatan reaktan = 25 cm/s, 35 cm/s, 40 cm/s.

Data yang didapat dari penelitian ini adalah *flame stabilization limit* yang dihasilkan bahan bakar LPG lebih luas dibandingkan dengan bahan bakar metana. Pada visualisasi nyala api, api dapat menyala stabil, semakin terang dan luas seiring dengan semakin meningkatnya kecepatan reaktan dan rasio ekuivalen yang semakin mendekati stoikiometri. Pada pengukuran temperatur didapatkan hasil bahwa temperatur api, temperatur gas hasil pembakaran dan temperatur dinding *combustor* pada bahan bakar LPG lebih tinggi dibanding dengan *meso-scale combustor* dengan bahan bakar metana. Hal ini terjadi karena nilai *heating release* yang dihasilkan bahan bakar metana lebih rendah dibandingkan dengan nilai *heating release* yang dihasilkan bahan bakar LPG yang terbakar dalam *meso-scale combustor*.

Kata Kunci : *Meso-scale combustor*, LPG, Metana, Karakteristik pembakaran.