

## PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Rahman dan Kuasa yang atas berkat kemurahan dan karunia-Nya lah sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang ketauladanannya menjadi inspirasi bagi penulis agar selalu memberikan yang terbaik dalam segala aktivitas termasuk dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian skripsi ini, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sangat mendalam kepada :

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Bapak Dr.Eng, Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan dosen wali penulis yang telah banyak memberikan saran bagi penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Wardana, M.Eng, Ph.D dan Ibu Dr.Eng Lilis Yuliati,ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan II yang telah banyak memberikan keluangan waktu, pikiran, dan tenaga untuk membimbing dan berdiskusi dengan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Dr.Eng Lilis Yuliati,ST, MT selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan saran dalam pemilihan judul skripsi penulis.
5. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin serta Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas bantuan dan kelancaran dalam hal administrasi dan surat menyurat.
7. Keluargaku yang sederhana Bapakku Darmadi; Ibuku Anneke Surya; kedua adikku Ines dan Daffas yang telah banyak memberikan motivasi dan memfasilitasi pendidikan penulis.

8. *Special someone*, yang menemani saat suka dan duka dan tidak pernah berhenti untuk selalu mendukung kesuksesan penulis.
9. Rekan-rekan Seleksi Alih Program (SAP) 2010 yakni Wahyu, Putra, Farid, Arizal, Yasid, dan Arif, yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian dan memberikan masukan terhadap metode penelitian skripsi penulis.
10. Rekan-rekan seperjuangan Brawijaya M'06, M'07, M'08, M'09, M'10 serta Polinema M'07 yang telah banyak memberikan motivasi dan saran untuk perbaikan skripsi penulis.
11. Rekan-rekan asisten Laboratorium Motor Bakar yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi.
12. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama ini, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa isi dari skripsi ini masih jauh dari yang diharapkan karena keterbatasan disiplin ilmu yang dikuasai oleh penulis, oleh karena itu kritik serta saran yang konstruktif sangat diharapkan bagi penulis untuk perbaikan skripsi ini sehingga akan jauh lebih bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak terkait. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Malang, 10 Januari 2013

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>PENGANTAR .....</b>	i
<b>DAFTAR ISI.....</b>	iii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	v
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	vi
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	viii
<b>RINGKASAN .....</b>	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	1
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
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	4
2.1. Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2. Pembakaran.....	6
2.2.1. Reaksi Pembakaran.....	7
2.2.2. Campuran Udara-Bahan Bakar.....	7
2.2.2.1. Rasio Udara-Bahan Bakar ( <i>Air Fuel Ratio/AFR</i> ) .....	7
2.2.2.2. Rasio Bahan Bakar-Udara ( <i>Fuel Air Ratio/FAR</i> ) .....	8
2.2.2.3. Rasio Ekuivalen ( <i>Equivalent Ratio <math>\Phi</math></i> ) .....	8
2.2.3. Jenis-jenis Pembakaran.....	8
2.3. Pembakaran <i>Premixed</i> .....	9
2.4. Stabilitas Api.....	10
2.4.1. Fenomena <i>Flashback</i> .....	11
2.4.2. Fenomena <i>Lift-Off</i> .....	11
2.4.3. Fenomena <i>Blow-Off</i> .....	12
2.5. LPG ( <i>Liquid Petroleum Gas</i> ) .....	12
2.6. <i>Micro Power Generator</i> .....	13
2.7. Pembakaran Pada <i>Meso-scale combustor</i> .....	14
2.8. Hipotesis .....	15

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	16
3.1. Metodologi Penelitian.....	16
3.2. Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	16
3.3. Variabel Penelitian .....	16
3.4. Peralatan Penelitian .....	17
3.5. Skema Instalasi Penelitian .....	21
3.6. Metode Pengambilan Data.....	21
3.7. Diagram Alir Penelitian.....	23
3.8. Rencana Pengambilan Data .....	24
3.9. Rencana Pengolahan Data.....	24
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	26
4.1. Analisis Data .....	26
4.1.1. Data Hasil Penelitian.....	26
4.1.2. Perhitungan.....	29
4.2. Pembahasan.....	33
4.2.1. Visualisasi Api	33
4.2.2. Pembahasan Grafik .....	39
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	43
5.1. Kesimpulan .....	43
5.2. Saran .....	44

**DAFTAR PUSTAKA**

**DAFTAR TABEL**

No.	Judul	Halaman
	Tabel 3.1 Tabel pengambilan data <i>meso-scale combustor</i> dengan jarak <i>wire mesh</i> 3mm. ....	24
	Tabel 3.2 Tabel rasio ekuivalen pada saat mulai menyala dalam <i>combustor</i> dan <i>fire extinguish</i> .....	25
	Tabel 4.1 Debit bahan bakar dan udara dimana api dapat menyala dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>single wire mesh</i> . ....	26
	Tabel 4.2 Debit bahan bakar dan udara dimana api dapat menyala dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>double wire mesh</i> pada jarak antar <i>wire mesh</i> 3 mm. ....	27
	Tabel 4.3 Debit bahan bakar dan udara dimana api dapat menyala dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>double wire mesh</i> pada jarak antar <i>wire mesh</i> 4 mm. ....	27
	Tabel 4.4 Debit bahan bakar dan udara dimana api dapat menyala dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>double wire mesh</i> pada jarak antar <i>wire mesh</i> 5 mm .....	28
	Tabel 4.5 Rasio ekuivalen pada <i>lower</i> dan <i>upper limit</i> dalam <i>combustor</i> dengan <i>single wire mesh</i> .....	32
	Tabel 4.6 Rasio ekuivalen pada <i>lower</i> dan <i>upper limit</i> dalam <i>combustor</i> dengan <i>double wire mesh</i> (jarak antar <i>wire mesh</i> 3 mm). ....	32
	Tabel 4.7 Rasio ekuivalen pada <i>lower</i> dan <i>upper limit</i> dalam <i>combustor</i> dengan <i>double wire mesh</i> (jarak antar <i>wire mesh</i> 4 mm). ....	32
	Tabel 4.8 Rasio ekuivalen pada <i>lower</i> dan <i>upper limit</i> dalam <i>combustor</i> dengan <i>double wire mesh</i> (jarak antar <i>wire mesh</i> 5 mm). ....	33

**DAFTAR GAMBAR**

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram kestabilan api & <i>flammability limit</i> dalam <i>meso-scale combustor</i> dengan dan tanpa <i>wire mesh</i> .....	5
Gambar 2.2	Ilustrasi terjadinya pembakaran.....	6
Gambar 2.3	Cara reaktan terbakar pada pembakaran <i>premixed</i> .....	9
Gambar 2.4	Nyala api pada pembakaran <i>premixed</i> .....	10
Gambar 2.5	Fenomena <i>lift-off</i> pada <i>mini tube nozzle</i> .....	11
Gambar 2.6	<i>Micro gas Turbine</i> .....	13
Gambar 2.7	Prototip <i>micro-power generator</i> .....	14
Gambar 3.1	<i>Meso-scale combustor</i> dengan variasi jarak antar <i>wire mesh</i> .....	16
Gambar 3.2	<i>Wire mesh</i> pada <i>combustor</i> .....	17
Gambar 3.3	Kompresor udara .....	18
Gambar 3.4	Tabung LPG .....	18
Gambar 3.5	<i>Ignitor</i> .....	19
Gambar 3.6	<i>Flowmeter</i> udara dan bahan bakar .....	19
Gambar 3.7	<i>Pressure meter</i> LPG.....	20
Gambar 3.8	Kamera dan lensa makro.....	20
Gambar 3.9	Skema instalasi alat penelitian.....	21
Gambar 3.10	Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 4.1	Visualisasi nyala api pada debit bahan bakar 12,5 mL/menit .....	33
Gambar 4.2	. Visualisasi nyala api pada debit bahan bakar 20 mL/menit .....	34
Gambar 4.3	Visualisasi nyala api pada debit bahan bakar 25 mL/menit .....	34
Gambar 4.4	Visualisasi nyala api pada kondisi $\Phi = 0,8$ .....	36
Gambar 4.5	Visualisasi nyala api pada kondisi stoikiometri ( $\Phi = 1$ ).....	36
Gambar 4.6	Visualisasi nyala api pada kondisi $\Phi = 1,2$ .....	36
Gambar 4.7	Rangkaian visualisasi api pada <i>meso-scale combustor</i> dari awal menyala hingga <i>extinguish</i> .....	39
Gambar 4.8	Grafik <i>flammability limit</i> pada <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>single</i> dan <i>double wire mesh</i> .....	39
Gambar 4.9	Grafik <i>flammability limit</i> pada <i>meso-scale combustor</i> dengan variasi jarak antar <i>wire mesh</i> .....	41

**DAFTAR SIMBOL**

Besaran dasar	Satuan	Simbol
Rasio Ekuivalen		$\Phi$
Debit bahan bakar	mL/menit	$Q_{bb}$
Debit udara	mL/menit	$Q_{udara}$
Kecepatan	m/s	v
<i>Air-Fuel Ratio</i>		<i>AFR</i>
<i>Heating Value</i>	MJ/kg	<i>HV</i>
Konduktivitas Termal	W/ (m. $^{\circ}$ K)	k
Putaran	rpm	n
Daya	watt	W
Mol	mol	N
Massa jenis	gr/cm $^3$	$\rho$
Massa relatif	gr	Mr
Volume	cm $^3$	V



## RINGKASAN

**Muh. Andy Raditya P**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2013, Pengaruh Variasi Jarak Antar *Wire Mesh* Terhadap Karakteristik Pembakaran Pada *Meso-Scale Combustor*, Dosen Pembimbing : I.N.G. Wardana dan Lilis Yuliati.

*Meso-scale combustor* merupakan komponen penting dari *micro power generator* yang berfungsi merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi termal. Penelitian-penelitian sebelumnya pada *meso-scale combustor* telah dilakukan dengan menggunakan *quartz glass tube* yang disisipkan *single wire mesh*. Hasil yang dicapai api dapat stabil didalam *combustor* namun dengan debit reaktan yang relatif kecil, apabila debit reaktan diperbesar lagi maka api akan mengalami *blow off*. Maka dari itu dalam penelitian ini penulis menggunakan *double wire mesh* dimana hasil yang diharapkan nantinya, *wire mesh* kedua dapat mencegah *blow off* api pada *downstream wire mesh* pertama.

Penelitian yang dilakukan menggunakan bahan bakar LPG dan udara sebagai oksidator. Sedangkan *meso-scale combustor* menggunakan material *quartz glass tube* dengan diameter dalam 4 mm, dan *combustor* menggunakan *double wire mesh* dengan variasi masing-masing jarak antar *wire mesh* 3 mm, 4 mm, dan 5 mm. Api dipantik dan distabilkan pada *downstream wire mesh* pertama dan nantinya tiap interval debit bahan bakar dan udara tertentu diambil visualisasi *combustor combustor* tampak samping dan tampak depan hingga api dalam *combustor* mengalami *extinguish*.

Api pada *meso-scale combustor* hanya dapat distabilkan pada *downstream wire mesh* pertama dan *wire mesh* kedua terlihat merah menyala, namun *wire mesh* kedua tidak dapat menjadi *flame holder*. Semakin besar jarak antar *wire mesh* maka semakin besar panjang dan penampang api yang terbentuk. Sedangkan semakin pendek jarak antar *wire mesh*, *wire mesh* kedua terlihat semakin merah menyala. Pada penambahan debit bahan bakar dengan kondisi stoikiometri, semakin besar debit bahan bakar, warna api cenderung sedikit semakin terang. Sedangkan *wire mesh* kedua terlihat semakin merah menyala. Sedangkan semakin besar debit bahan bakar maka *wire mesh* kedua terlihat semakin merah menyala. *Meso-scale combustor* dengan jarak antar *wire mesh* 5 mm, memiliki daerah *flammability limit* yang lebih luas khususnya pada daerah *lower limit*, dibanding *meso-scale combustor* dengan jarak antar *wire mesh* 4 mm dan 3 mm. Pada *combustor* dengan jarak antar *wire mesh* 5 mm daerah *lower limit*-nya dapat mencapai angka rasio ekuivalen terendah hingga 0,71, sedangkan pada *combustor* dengan jarak antar *wire mesh* 4 mm daerah *lower limit*-nya mencapai 0,77, dan *combustor* dengan jarak antar *wire mesh* 3 mm *lower limit* terendahnya 0,8.

Kata kunci: *Meso-scale combustor*, *karakteristik pembakaran*, *multiple wire mesh*, *visualisasi api*, *flammability limit*.