

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Pengaruh Jenis Flame holder terhadap Karakteristik Pembakaran pada Meso-scale combustor**" dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW.

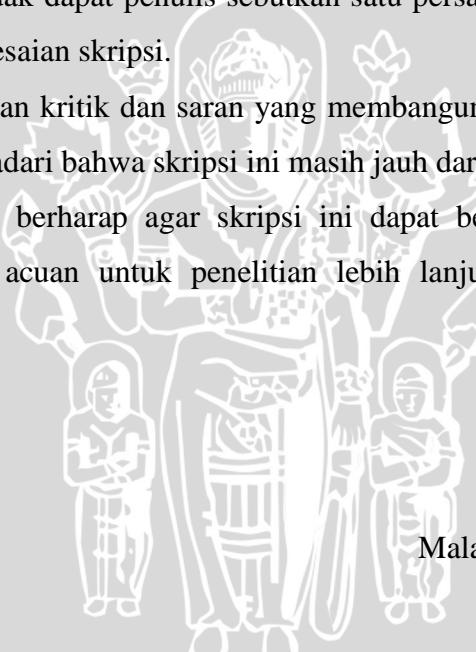
Dalam penyusunan skripsi penulis telah mendapatkan bantuan, petunjuk, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut, antara lain:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Insan Bastari dan Ibu Anggraini yang tiada henti mendoakan, memberi dukungan secara materiil dan non-materiil, serta motivasi kepada penulis.
2. Kakak kandung Indri Putri Handayani beserta suami yang senantiasa mendoakan dan memotivasi penulis.
3. Dr.Eng.Lilis Yuliati,ST.,MT. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi banyak pengetahuan, bimbingan, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
4. Purnami, ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan arahan demi kesempurnaan penulisan skripsi.
5. Dr.Eng. Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
6. Purnami, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
7. Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
8. Francisca Gayuh Utami Dewi ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Konsentrasi Teknik Konversi Energi.
9. Dr.Ir. Wahyono Suprapto, MT.Met. selaku dosen wali yang tiada henti memberikan arahan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
10. Ibu / Bapak Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Mesin.
11. Untuk Bude-ku Hartati terima kasih atas dukungan,bantuan serta hangatnya selama di rumah perantauan.

12. Sofia Dwi Yuliani S.Pn ,terima kasih atas semua kisah yang pernah tercipta, yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.
13. Felix Ernest dan Muh. Asyrofil anam selaku partner berjuang di tugas akhir.
14. Saudara seperjuangan “KAM11KAZE”, terima kasih atas doa, kebersamaan, dan solidaritas selama berada di bumi Biru Abang Arek Mesin.
15. Seluruh Keluarga Besar *Refrigeration Laboratory*, (Arif, Ridho, Aji, Andhika eka, Yoga 'Uprek' , Aulia, Franz dan Desy) terima kasih atas dukungan dan hiburan selama penulis melakukan penelitian.
16. Seluruh Keluarga Besar *Fluid Machine Laboratory*, (Ferry, Hispano, Fauzi, Wigung, Tanjung, Musthofa, Elga, Bachrul , Moh. Zainullah dan Josep) terima kasih atas bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
17. Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
18. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi.

Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyusunan yang baik karena penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna.

Akhir kata, penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi kita semua sehingga dapat menjadi acuan untuk penelitian lebih lanjut untuk kemajuan kita bersama.



Malang, Desember 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	i
<b>DAFTAR ISI .....</b>	iii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	v
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</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 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Proses Pembakaran .....	5
2.2.1 Reaksi Kimia danProses Pembakaran.....	6
2.2.2 <i>Air fuel Ratio (AFR)</i> .....	7
2.2.3 <i>Rasio ekuivalen (<math>\phi</math>)</i> .....	9
2.3 Klasifikasi Pembakaran .....	9
2.3.1 Pembakaran <i>Premixed</i> .....	10
2.3.2 <i>Flame stability limit</i> dan Kestabilan api.....	11
2.4 <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i> .....	12
2.5 <i>Micropower Generator</i> dan <i>Micro/Meso-scale combustor</i> .....	12
2.6 <i>Flame holder</i> dalam <i>Meso-scale Combustor</i> .....	14
2.7 Hipotesa .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	16
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	16
3.2 Variabel Penelitian.....	16



3.3 Peralatan Penelitian .....	18
3.4 Skema Instalasi Penelitian .....	23
3.5 Daigram alir penelitian .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Data Hasil Penelitian .....	25
4.2 Pengolahan Data <i>Flame stability limit</i> .....	28
4.4.1 Perhitungan <i>Rasio ekuivalen</i> ( $\Phi$ ).....	29
4.4.2 Perhitungan Kecepatan Reaktan ( $V_{tot}$ ).....	30
4.3 Pembahasan <i>Flame stability limit</i> .....	31
4.4 Visualisasi nyala api .....	33
4.5 Pengambilan data visualisasi Bentuk Nyala Api .....	34
4.6 Temperatur Nyala Api dan gas hasil pembakaran .....	37
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>43</b>



**DAFTAR TABEL**

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi udara kering.....	7
Tabel 4.1	Data <i>flame stability limit</i> untuk <i>Meso-scale combustor</i> dengan <i>perforated plate</i> .....	25
Tabel 4.2	Data <i>flame stability limit</i> untuk <i>Meso-scale combustor</i> dengan <i>Wire mesh</i> .....	26
Tabel 4.3	Data <i>flame stability limit</i> untuk <i>Meso-scale combustor</i> dengan <i>Backward facing step</i> .....	26
Tabel 4.4	Data kalibrasi <i>flowmeter</i> bahan bakar (LPG).....	27
Tabel 4.5	Data visualisasi bentuk nyala api dan temperatur nyala api dan gas hasil pembakaran.....	34
Tabel 4.6	Pengambilan data temperatur nyala api dan gas hasil pembakaran <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>perforated plate</i> .....	37
Tabel 4.7	Pengambilan data temperatur nyala api dan gas hasil pembakaran <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>wiremesh</i> .....	37
Tabel 4.8	Pengambilan data temperatur nyala api dan gas hasil pembakaran <i>meso-scale combustor</i> dengan variasi <i>flame holder</i> yaitu <i>perforated plate</i> , <i>wiremesh</i> dan <i>backward facing step</i> .....	37

## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Diagram kestabilan api pada <i>meso-scale combustor</i> .....	4
Gambar 2.2	Ilustrasi proses pembakaran.....	6
Gambar 2.3	Klasifikasi pembakaran (a) Pembakaran <i>Premixed</i> ; (b) Pembakaran difusi.....	10
Gambar 2.4	(a) Pembakaran <i>Premixed</i> pada tube (b) Pembakaran bunsen...	10
Gambar 2.5	<i>Micropower generator</i> dengan siklus daya konvensional.....	13
Gambar 2.6	<i>Micropower generator</i> dengan prinsip <i>thermoelectric</i> .....	13
Gambar 3.1	<i>Flame holder wire mesh</i> .....	16
Gambar 3.2	<i>Flame holder backward facing step</i> .....	17
Gambar 3.3	<i>Flame holder perforated plate</i> .....	17
Gambar 3.4	<i>Meso-scale combustor</i> dengan <i>backward facing step</i> .....	18
Gambar 3.5	<i>Meso-scale combustor</i> dengan <i>wire mesh</i> dan <i>perforated plate</i>	18
Gambar 3.6	<i>Combustor holder</i> .....	19
Gambar 3.7	<i>Flow meter</i> .....	20
Gambar 3.8	<i>Pisco Tube</i> .....	21
Gambar 3.9	Skema instalasi penelitian.....	23
Gambar 3.10	Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 4.1	Grafik kalibrasi <i>flowmeter</i> bahan bakar LPG.....	27
Gambar 4.2	Grafik <i>flame stability limit</i> pada <i>meso-scale combustor</i> dengan variasi <i>flame holder</i> .....	31
Gambar 4.3	Titik - titik untuk pengambilan data visualisasi dan temperatur nyala api.....	33
Gambar 4.4	Visualisasi bentuk nyala api pada <i>meso-scale combustor</i> dengan variasi <i>flame holder</i> pada <i>equivalence ratio</i> 1.25 dan kecepatan reaktan 30 cm/s.....	34



Gambar 4.5	Visualisasi bentuk nyala api pada meso-scale <i>combustor</i> dengan <i>perforated plate</i> pada variasi kecepatan reaktan dan variasi <i>equivalence ratio</i> .....	35
Gambar 4.6	Visualisasi bentuk nyala api pada <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>wiremesh</i> pada variasi <i>equivalence ratio</i> dan variasi kecepatan reaktan.....	35
Gambar 4.7	Visualisasi bentuk nyala api pada <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>Backward facing step</i> pada kecepatan reaktan 30 cm/s dengan variasi <i>equivalence ratio</i> .....	36
Gambar 4.8	Perbandingan temperatur nyala api pada kondisi $\phi 1.25$ dan $V_{reaktan}$ 30 cm/s <i>meso- scale combustor</i> dengan variasi <i>flame holder</i> yaitu <i>perforated plate</i> , <i>wiremesh</i> dan <i>backward facing step</i> .....	38
Gambar 4.9	Hubungan kecepatan reaktan terhadap temperatur nyala api pada <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>perforated plate</i> dan <i>wiremesh</i> .....	39
Gambar 4.10	Hubungan <i>Equivalence ratio</i> terhadap temperatur nyala api pada <i>meso-scale combustor</i> dengan <i>perforated plate</i> dan <i>wiremesh</i> .....	40

**DAFTAR LAMPIRAN**

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data <i>flame stability limit</i> pada <i>combustor Perforated plate</i> (Setelah konversi).....	43
Lampiran 2	Data <i>flame stability limit</i> pada <i>combustor Wire mesh</i> (Setelah konversi).....	44
Lampiran 3	Data <i>flame stability limit</i> pada <i>combustor Bacward facing step</i> (Setelah konversi).....	45
Lampiran 4	Data <i>flame stability limit</i> pada <i>combustor Perforated plate</i> (Setelah konversi) .....	46
Lampiran 5	Data <i>flame stability limit</i> pada <i>combustor</i> dengan <i>wire mesh</i> (Setelah konversi).....	47
Lampiran 6	Data <i>flame stability limit</i> pada <i>combustor Backward facing step</i> (Setelah konversi) .....	48



## RINGKASAN

**Andhika Dwi Saputro**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, September 2015, *Pengaruh jenis flame holder terhadap karakteristik pembakaran dalam meso-scale combustor*, Dosen Pembimbing: Lilis Yuliati dan Purnami .

Kehidupan manusia di zaman modern ini memiliki mobilitas tinggi yang mengharuskan mereka menggunakan perangkat *portable* yang sebagian besar menggunakan baterai sebagai sumber energi. Untuk menanggulangi ketergantungan terhadap penggunaan baterai, maka dikembangkan suatu sumber energi mikro berbasis *microcombustion* yang disebut *micropower generator* (MPG). *Meso-scale combustor* merupakan salah satu komponen MPG, yang merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai *meso-scale combustor* dengan menggunakan *wire mesh* dan *backward facing step*. Api akan menempel pada *wiremesh* dan dapat stabil dikarenakan adanya resirkulasi panas dari *flame* ke reaktan, sedangkan *backward facing step* mengasilkan pencampuran bahan bakar dan udara yang lebih baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis *flame holder* yang menghasilkan *combustor* dengan pembakaran yang paling stabil.

Karakteristik yang diamati meliputi *flame stability limit*, visualisasi nyala api dan temperatur api dan gas hasil pembakaran. Variasi bentuk *flame holder* meliputi *perforated plate* yang terbuat dari tembaga dengan ketebalan 1 mm , *wire mesh* yang terbuat dari *stainless steel* serta *facing step* pada *meso-scale combustor*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *meso-scale combustor* dengan *perforated plate* memiliki pembakaran dengan nyala api yang stabil pada kecepatan reaktan yang tinggi, sedangkan *meso-scale combustor* dengan *backward facing step* cenderung memiliki nyala api yang stabil pada kecepatan reaktan yang rendah. Selanjutnya pada *meso-scale combustor* dengan *flame holder perforated plate* memiliki luasan api yang lebih luas bila dibandingkan dengan *wiremesh* maupun *backward facing step*. Temperatur nyala api pada *meso-scale combustor* dengan *perforated plate* dapat mencapai temperatur api yang tertinggi bila dibandingkan *flame holder wire mesh* maupun *backward facing step*.

Kata Kunci :Meso-scale combustor, flame holder , karakteristik pembakaran



## DAFTAR PUSTAKA

- Fernandes-Pello, C. 2002. *Micropower Generation Using Combustion: Issues and Approaches. Proceedings of The Combustion Institute.* 29 (1) : 883-899. Barkeley: University of California.
- Li, Z.W., Chou, S. K., Shu, C., Xue, H., and Yang, W. M. 2005. Characteristics of premixed flame in *micro combustors* with different diameters. *Applied Thermal Engineering.* (25) : 271–281.
- Li, Z.W., Chou, S. K., Shu, and Yang, W. M. 2005. *Effects of step height on wall temperature of a microcombustor. Micro mechanics And Micro engineering.* (15): 207–212.
- Maruta, K. 2011. *Meso Scale Combustor. Proceedings of The Combustion Institute* 33 (1) : 125-150.
- Mikami, M., Maeda, Y., Matsui, K., Seo, T. & Yuliati, L. 2013. *Combustion of Gaseous and Liquid Fuels In Meso-Scale Tubes With Wire Mesh. Proceedings of The Combustion Institute.* 34 (2) : 3387-3394.
- Sari, Sulistiayah. 2015. *Pengaruh diameter combustor terhadap karakteristik pembakaran pada meso-scale combustor dengan backward facing step.* Malang: Universitas Brawijaya.
- Wardana, I.N.G. 2008. *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran.* PT. Danar Wijaya. Malang: Brawijaya University Press.
- Yang, W. M., Chou, S. K., Shu, C., Li, Z. W., and Xue, H. 2002. Combustion in *micro-cylindrical combustors* with and without a *backward facing step.* *Applied Thermal Engineering.* (22): 1777–1787.

