

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“PENGARUH PROSENTASE CO<sub>2</sub> TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR PEMBAKARAN DIFUSI CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> PADA COUNTERFLOW BURNER”**.

Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari keterlibatan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi ST., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Bapak Purnami ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
2. Bapak Dr. Eng. Mega Nur S. ST., MT. selaku Posen Pembimbing I skripsi yang juga sebagai kepala Lab. Mesin Pendingin atas semua ilmu dan saran yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang memberikan arahan serta bimbingan guna kesempurnaan penulisan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen pengajar dan Staf administrasi Jurusan Teknik Mesin.
5. Kedua Orang Tua penulis yaitu Agus Hari Prihantoko S.Sn. dan Dr. Wilujeng Saptarini Sp.Rad serta adik-adik tercinta Hani Hanum Fitra Fitri tak henti-hentinya memberikan segala pengorbanan baik dukungan do'a, semangat maupun material yang telah diberikan kepada penulis selama ini. Juga berserta keluarga besar penulis yang telah mendo'akan dan memberikan semangat kepada penulis hingga saat ini.
6. Saudara-saudara Mesin 2010 (immortal), terima kasih atas semua dukungan dan bantuan serta keakraban luar biasa yang telah diberikan mulai dari mahasiswa baru sampai saat ini.
7. Rekan-rekan Asisten Lab. Komputer, Hangga Wicaksono, Dharu F S, Cahya R D, Dio Akbar, Adnan R, Roid A, Hendro, dan mas Anang, terima kasih banyak atas semua kebersamaan dan dukungannya selama ini.
8. Seseorang yang selalu memberikan motivasi dan do'a selama dalam penyelesaian skripsi.

9. Kepada Lab. Motor Bakar yang telah memberikan banyak bantuan dalam penelitian ini. Serta rekan-rekan yang banyak membantu dalam penelitian ini : Amril Yurifan, Agung K N S, Faisal D, Agus A G, Raka M, Hamid, Dindra dll.
10. Kepada sahabat-sahabat Kentang dan teman-teman kontrakan candi agung atas doa dan semangatnya.
11. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Universitas Brawijaya.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu penulis baik selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini dan ilmu yang dimiliki masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kebaikan di kemudian hari. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi semua pihak. Amin



Malang, Juli 2014

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 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 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Biogas .....	10
2.2.1 Prinsip Pembentukan Biogas .....	10
2.2.2 Karakteristik Gas yang Terkandung dalam Biogas .....	12
2.3 Pengertian dan Reaksi Pembakaran .....	13
2.3.1 Pembakaran Stoikiometri.....	15
2.4 Pembakaran Difusi.....	16
2.4.1 Struktur Aliran Reaktan Api Difusi .....	17
2.5 Karakteristik Nyala Api .....	17
2.5.1 Batas Mampu Nyala ( <i>Flammability Limits</i> ).....	17
2.5.2 Warna Api .....	17
2.5.3 Lebar Api.....	18
2.5.4 Distribusi Temperatur .....	18
2.6 Inhibitor .....	18
2.7 <i>Counterflow Diffusion Flame</i> .....	18
2.8 Hipotesis .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	21
3.1 Metode Penelitian .....	21





3.2	Variabel Penelitian.....	21
3.3	Peralatan Penelitian.....	22
3.4	Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	25
3.5	Skema Instalasi Penelitian .....	26
3.6	Metode Pengambilan Data.....	28
3.7	Metode Pengolahan Data .....	29
3.8	Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
4.1	Data Hasil Penelitian .....	34
4.1.1	Data Warna Api.....	34
4.1.2	Data Lebar Api.....	35
4.2	Pembahasan .....	36
4.2.1	Analisa Pengaruh Prosentase CO <sub>2</sub> Terhadap Warna Api.....	36
4.2.2	Analisa Grafik Hubungan Konsentrasi CO <sub>2</sub> pada Bahan Bakar Terhadap Lebar Api .....	37
4.2.3	Analisa Pengaruh Prosentase CO <sub>2</sub> Terhadap Distribusi Temperatur..	40
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi pada Biogas	11
Tabel 2.2	Komposisi Udara kering	15
Tabel 2.3	Batas mampu nyala api	18
Tabel 4.1	Lebar Api Kuning dan Api Biru 4 L/M	35
Tabel 4.2	Lebar Api Kuning dan Api Biru 8 L/M	35
Tabel 4.3	Lebar Api Kuning dan Api Biru 12 L/M	36

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Foto api debit 4 L/M (a) YO <sub>2</sub> 0.233 (b) YO <sub>2</sub> 0.276 (c) YO <sub>2</sub> 0.314	6
Gambar 2.2	Foto api debit 8 L/M (a) YO <sub>2</sub> 0.314 (b) YO <sub>2</sub> 0.276 (c) YO <sub>2</sub> 0.233	7
Gambar 2.3	Foto api debit 12 L/M (a) YO <sub>2</sub> 0.314 (b) YO <sub>2</sub> 0.276 (c) YO <sub>2</sub> 0.233	8
Gambar 2.4	Ilustrasi proses Pembakaran	14
Gambar 2.5	Struktur api difusi	17
Gambar 2.6	Lebar daerah api difusi	20
Gambar 2.7	Nyala api pada <i>counterflow burner</i>	21
Gambar 2.8	Skematik Counterflow flame burner	21
Gambar 3.1	(a) Ruang bakar model <i>Counterflow Burner</i> (b) Geometri <i>Counterflow Burner</i>	22
Gambar 3.2	Pemantik	22
Gambar 3.3	Kamera Video	23
Gambar 3.4	Regulator CO <sub>2</sub> , Regulator O <sub>2</sub> , Regulator N <sub>2</sub>	23
Gambar 3.5	<i>Flowmeter</i> gas	24
Gambar 3.6	Termokopel tipe K	24
Gambar 3.7	<i>Data Logger</i>	24
Gambar 3.8	<i>Motor Stepper</i>	25
Gambar 3.9	(a) <i>Micro Controller</i> AT-MEGA (b) instalasi gerak otomatis maju-mundur naik-turun	25
Gambar 3.10	Skema Instalasi Alat Penelitian	26
Gambar 3.11	Skematik pengambilan data distribusi temperatur	28
Gambar 3.12	Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 4.1	Foto api dari berbagai variasi CO <sub>2</sub> pada kondisi YO <sub>2</sub> 0.225 (a) 4 L/M (b) 8 L/M (c) 12 L/M	35
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Grafik Hubungan Prosentase CO <sub>2</sub> pada Bahan Bakar Terhadap Lebar Api, YO <sub>2</sub> 0.225, Debit 4 L/M	37
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Grafik Hubungan Prosentase CO <sub>2</sub> pada Bahan Bakar Terhadap Lebar Api, YO <sub>2</sub> 0.225, Debit 8 L/M	38



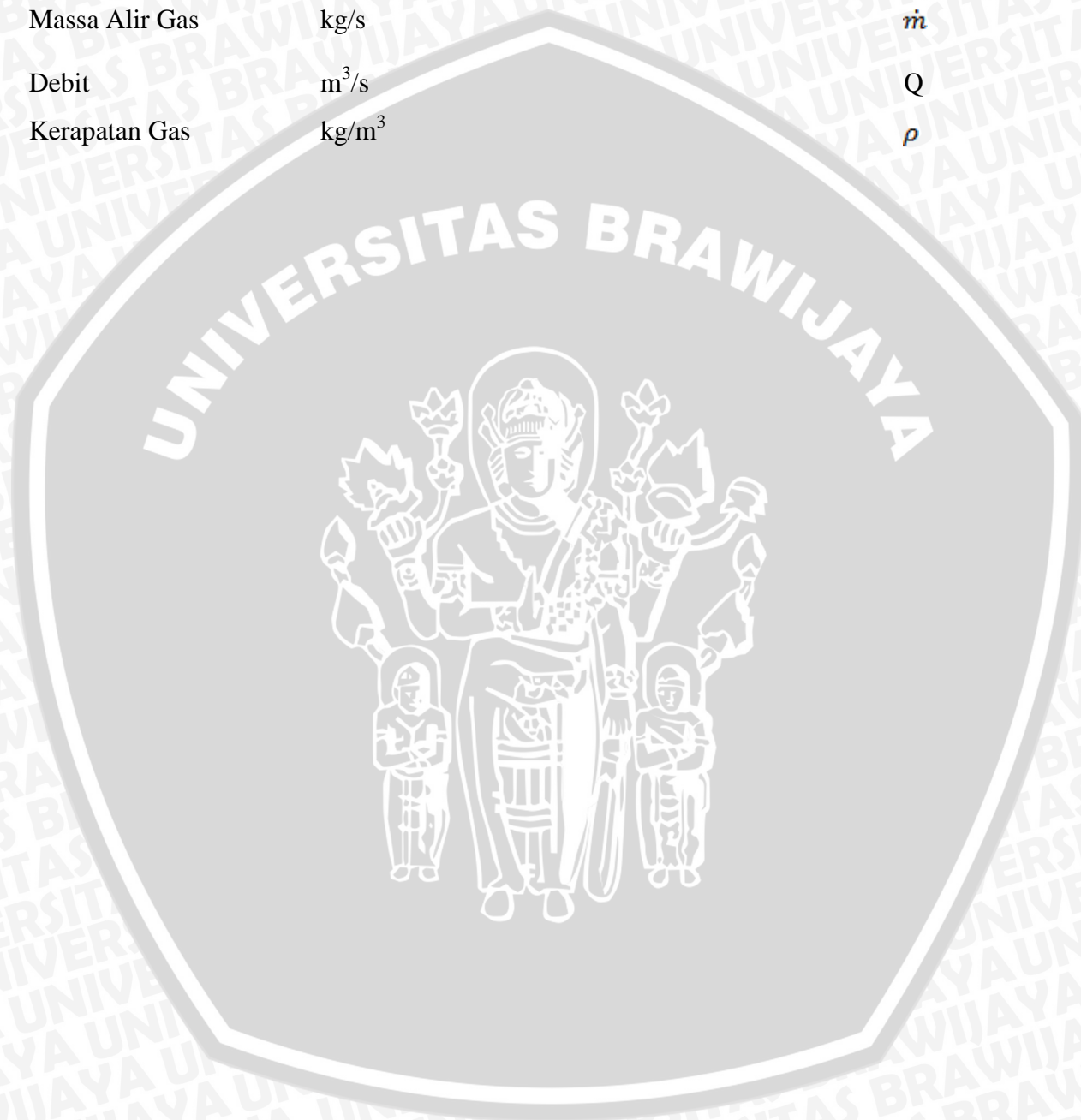
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Grafik Hubungan Prosentase CO<sub>2</sub> pada Bahan Bakar Terhadap Lebar Api, YO<sub>2</sub> 0.225, Debit 12 L/M 39

Gambar 4.5 Distribusi temperatur api difusi *counterflow flame burner* dari berbagai prosentase CO<sub>2</sub> debit bahan 8 L/M dan kondisi YO<sub>2</sub> sebesar 0.225 (a) 0% (b) 10% (c) 20% (d) 30% (e) 40 % (f) 50% 42



## DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Jumlah mol	mol	N
Massa Relatif	kg/mol	M
Massa Alir Gas	kg/s	$\dot{m}$
Debit	$m^3/s$	Q
Kerapatan Gas	$kg/m^3$	$\rho$





## RINGKASAN

**Hano KharismanToko**, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, *Pengaruh Prosentase CO<sub>2</sub> terhadap Distribusi Temperatur Pembakaran Difusi CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> pada Counterflow Burner*, Dosen Pembimbing : Mega Nur S. dan Widya Wijayanti.

Seiring bertambahnya waktu, konsumsi akan energi semakin meningkat, sedangkan dilain sisi persediaan sumber energi yang ada di bumi semakin menipis. Maka saat ini sangatlah dibutuhkan suatu tindakan untuk menanggulangi hal tersebut, diantaranya adalah dengan memanfaatkan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui seperti biogas. Biogas memiliki kandungan gas yang beragam dan konsentrasi gas-gas yang terkandung dalam biogas sangat mempengaruhi karakteristik api dari pembakaran yang terjadi.. Pada umumnya gas yang terkandung dalam biogas sendiri adalah CH<sub>4</sub> (50%-70%), CO<sub>2</sub> (30%-40%), H<sub>2</sub>S (0%-10%), H<sub>2</sub>O (0,3%), N<sub>2</sub> (1%-2%), H<sub>2</sub> (5%-10%). Dalam hal ini yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar adalah gas CH<sub>4</sub> karena memiliki nilai kalor (panas) yang bisa digunakan sebagai bahan bakar, sedangkan gas-gas lain seperti CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> merupakan zat pengotor yang bersifat merugikan pada pembakaran. Pengaruhnya pada pembakaran yang disebabkan oleh zat pengotor tersebut pun bisa dilihat dari karakteristik api yang terbentuk .

Pembakaran dengan Counterflow diffusion burner merupakan salah satu cara untuk mempelajari struktur api yang dipengaruhi oleh jenis kandungan bahan bakar, karakteristik reaktan bahan bakar dan oksidator. Berdasarkan latar belakang tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh prosentase CO<sub>2</sub> terhadap distribusi temperatur api difusi CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub> pada counterflow flame configuration. Prosentase CO<sub>2</sub> yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dengan ukuran panjang pipa sebesar 750 mm dimana pipa bagian dalam berdiameter 25.4 mm dan bagian pipa luar berdiameter 38.1 mm. Tekanan gas masuk ruang bakar sebesar 0.5 bar, kecuali gas CH<sub>4</sub> sebesar 2.5 bar. Jarak antar pipa atas dan bawah yaitu 20 mm. Sensor temperatur menggunakan thermocouple type K yang dihubungkan dengan data logger.

Pola api yang terbentuk terlihat bahwa dengan semakin meningkatnya Prosentase CO<sub>2</sub> dari bahan bakar menyebabkan api semakin gelap. Sesuai dengan sifatnya gas CO<sub>2</sub> yaitu sebagai inhibitor, dimana kalor hasil proses pembakaran sebagian terserap oleh gas CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu tingkat kecerahan api pada bahan bakar yang lebih banyak mengandung gas CO<sub>2</sub> lebih rendah kecerahannya secara keseluruhan. Dapat dilihat pula pada gambar variasi penambahan debit aliran bahan bakar akan mempengaruhi warna api yang terbentuk, dimana pada debit bahan bakar yang lebih besar terlihat warna api yang lebih terang atau memiliki *luminosity* tinggi. Sedangkan, api kuning yang terbentuk semakin kecil seiring pengurangan bahan bakar dikarenakan terbentuknya api campuran miskin bahan bakar. Penambahan prosentase CO<sub>2</sub> pada penelitian ini menurunkan derajat temperatur yang dapat digenerasi oleh nyala api. Gas CO<sub>2</sub> bersifat inhibitor menyerap sebagian kalor hasil pembakaran sehingga hasil dari pembakaran yang terjadi tidak sempurna dan perambatan nyala api juga semakin terhambat.

Kata kunci: prosentase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>-CO<sub>2</sub>, distribusi temperatur, warna api, lebar api, *counterflow flame burner*