

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat ALLAH S.W.T. atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk lulus studi di jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

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

1. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST.,MT. Selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Dr.Eng Anindito Purnowidodo, ST., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr. Eng. Deny Widhiyanuriyawan, ST., MT. Selaku Ketua Kelompok Dosen Konsentrasi Konversi Energi Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak Prof. Ir. Sudjito, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, dan banyak memfasilitasi dalam menyusun skripsi ini.
5. Bapak Ir. Endi Sutikno, MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, masukan, dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua yang telah memberikan banyak dukungan moril, dan materiil, nasehat serta doa yang sangat berarti sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Rekan kerja Ahmad Hanif, Tatas Prima, M.N. Rohim, Andri arisetto dan Mukti Baskara yang selalu memotivasi dan bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini, serta Amiratus Sa'adiyah dan teman-teman seperjuangan M'07 yang selalu membantu dan memotivasi.
8. Ustadz Johan Pambudi, Ustadz Baqi' serta seluruh unsur pimpinan Pondok Pesantren Nurul Haromain, Pujon, Kabupaten Malang

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik pembaca yang sangat saya harapkan demi untuk perbaikan di masa mendatang dan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Motor Bensin (Otto) .....	5
2.2.1 Siklus Ideal Motor Bensin Empat Langkah .....	5
2.2.2 Waktu Pengapian .....	7
2.3 <i>Intake Manifold</i> .....	8
2.4 Pembakaran .....	8
2.4.1 Pembakaran Stoikiometrik .....	9
2.4.2 Pembakaran Pada Motor Bensin Empat Langkah .....	10
2.4.3 Pengaruh Turbulensi Pada Pembakaran .....	11
2.5 Biogas .....	12
2.5.1 Pengertian .....	12
2.5.2 Proses pembuatan biogas .....	12
2.5.3 Komposisi dan nilai kalor biogas .....	15
2.6 Modifikasi Motor Bensin Empat Langkah Dengan Bahan Bakar Biogas....	16
2.7 parameter kinerja motor bakar .....	16
2.7.1 Torsi .....	16



2.7.2 Daya Efektif / Daya Poros (Ne) .....	17
2.7.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe) .....	17
2.7.4 Efisiensi Termal Efektif .....	18
2.7.5 Karbon Monoksida .....	19
2.7.6 Hidrokarbon .....	19
2.8 Aliran Laminer dan Turbulen .....	19
2.9 <i>Convergent Turbulator</i> .....	21
2.10 Grafik teoritis karakteristik kinerja motor bakar .....	22
2.13 Hipotesis .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	24
3.1 Metode Penelitian .....	24
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	24
3.3 Variabel Penelitian .....	24
3.4 Peralatan Penelitian .....	25
3.4.1 Peralatan Utama .....	25
3.4.2 Perlatan Bantu .....	27
3.5 Diagram Skematik Instalasi Penelitian .....	30
3.6 Prosedur Pengambilan Data Penelitian .....	31
3.7 Rancangan penelitian .....	32
3.7.1 Rancangan data penelitian .....	32
3.7.2 Rancangan grafik antar variable .....	33
3.5 Analisa Statistik .....	35
3.8 Diagram Alir Penelitian .....	38
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	39
4.1 Analisis Data .....	39
4.1.1 Data Hasil Pengujian .....	37
4.1.2 Pengolahan Data .....	41
4.2 Analisis Statistik .....	46
4.2.1 Contoh perhitungan Analisa varian dua arah untuk torsi .....	46
4.2.2 Analisis Statistik Untuk Torsi yang Dihasilkan .....	50
4.2.3 Analisis Statistik Untuk Daya Efektif yang Dihasilkan .....	51
4.2.4 Analisis Statistik Untuk SFCE yang Dihasilkan .....	52
4.2.5 Analisis Statistik Untuk Efisiensi Termal Efektif yang Dihasilkan ...	53
4.2.6 Analisis Statistik Untuk Emisi gas CO yang Dihasilkan .....	53

4.2.7 Analisis Statistik Untuk Emisi gas HC yang Dhasilkan .....	54
4.3 Pembahasan .....	55
4.3.1 Hubungan antara Putaran dengan Torsi .....	55
4.3.2 Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif (Ne).....	57
4.3.3 Hubungan antara Putaran dengan SF <i>C</i> <sub>e</sub> .....	58
4.3.4 Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif.....	59
4.3.5 Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas Buang (CO) .....	60
4.3.6 Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas Buang (HC) .....	62
4.3.7 Perbandingan kinerja motor bensin empat langkah berbahan bakar biogas dengan bensin .....	63
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	65
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	



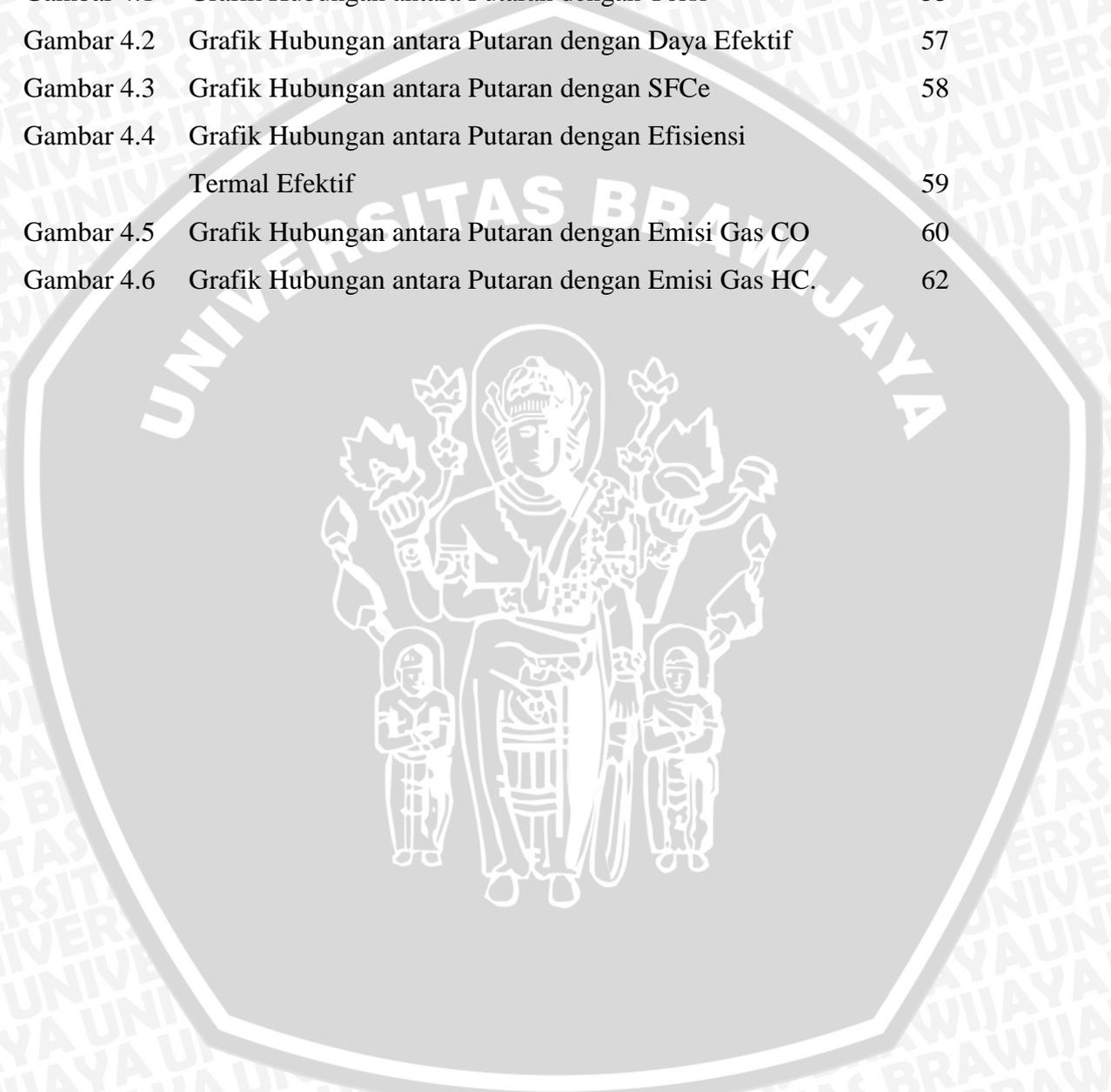
## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi dan Sifat Penyusun Biogas	14
Tabel 3.1	Rancangan data penelitian hasil pengujian	32
Tabel 3.2	Rancangan data penelitian hasil perhitungan	32
Tabel 3.3	Analisa Varian	37
Tabel 4.1	Data hasil pengujian kondisi tanpa <i>convergent turbulator</i>	39
Tabel 4.2	Data hasil pengujian dengan jumlah lubang 6	40
Tabel 4.3	Data hasil pengujian dengan jumlah lubang 7	40
Tabel 4.4	Data hasil pengujian dengan jumlah lubang 8	41
Tabel 4.5	Data hasil perhitungan kondisi tanpa <i>convergent turbulator</i>	44
Tabel 4.6	Data hasil perhitungan dengan jumlah lubang 6	44
Tabel 4.7	Data hasil perhitungan dengan jumlah lubang 7	45
Tabel 4.8	Data hasil perhitungan dengan jumlah lubang 8	45
Tabel 4.9	Torsi dengan Tiga Ulangan	47
Tabel 4.10	Jumlah Torsi dari Tiga Ulangan	47
Tabel 4.11	Analisa Varian Dua Arah Untuk Torsi	50
Tabel 4.12	Analisa Varian Dua Arah Untuk Daya Efektif	51
Tabel 4.13	Analisa Varian Dua Arah Untuk SFCE	52
Tabel 4.14	Analisa Varian Dua Arah Untuk Efisiensi Termal Efektif	53
Tabel 4.15	Analisa Varian Dua Arah Untuk Emisi gas CO	54
Tabel 4.16	Analisa Varian Dua Arah Untuk Emisi gas HC	54

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Skema Langkah Kerja Motor Bakar Empat Langkah	5
Gambar 2.2	Diagram P - v dan T - s Pada Siklus Volume Konstan	7
Gambar 2.3	Cara reaktan terbakar. (a) pembakaran premix; (b) Pembakaran difusi	9
Gambar 2.4	Grafik Kecepatan Rata-Rata Pembakaran Terhadap Putaran Mesin	11
Gambar 2.5	Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Intensitas Turbulensi	12
Gambar 2.6	<i>Fixed dome plant</i>	15
Gambar 2.7	<i>T-joint mixer</i>	16
Gambar 2.8	<i>Internal flow</i> melewati <i>nozzle</i>	19
Gambar 2.9	Aliran Laminer	22
Gambar 2.10	Aliran Turbulen	23
Gambar 2.11	Grafik teoritis karakteristik kinerja motor bensin	23
Gambar 2.12	Gambar karakteristik emisi gas buang pada motor bensin	23
Gambar 3.1	Motor Honda Kharisma 125 cc	26
Gambar 3.2	<i>Programmable CDI</i>	26
Gambar 3.3	<i>Mixer</i>	27
Gambar 3.4	<i>Convergent turbulator</i>	27
Gambar 3.5	Dynamometer Prony Brake	28
Gambar 3.6	Tachometer	28
Gambar 3.7	Manometer U	28
Gambar 3.8	Barometer	29
Gambar 3.9	<i>Stopwatch</i>	29
Gambar 3.10	<i>Gas Analyzer</i>	29
Gambar 3.11	Diagram skematik instalasi penelitian	30
Gambar 3.12	Rancangan Grafik Hubungan antara Putaran dengan Torsi	33
Gambar 3.13	Rancangan Grafik Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif	33
Gambar 3.14	Rancangan Grafik Hubungan antara Putaran dengan SFCe	34
Gambar 3.15	Rancangan Grafik Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif	34

Gambar 3.16	Rancangan Grafik Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas CO	35
Gambar 3.17	Rancangan Grafik Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas HC.	35
Gambar 3.18	Diagram alir penelitian	38
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara Putaran dengan Torsi	55
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara Putaran dengan Daya Efektif	57
Gambar 4.3	Grafik Hubungan antara Putaran dengan SFCE	58
Gambar 4.4	Grafik Hubungan antara Putaran dengan Efisiensi Termal Efektif	59
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas CO	60
Gambar 4.6	Grafik Hubungan antara Putaran dengan Emisi Gas HC.	62



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Data gas buang
Lampiran 2	Sertifikat komposisi Biogas
Lampiran 3	Gambar <i>Convergent Turbulator</i>
Lampiran 4	Dokumentasi kegiatan



DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Volume	meter kubik atau m <sup>3</sup>	<i>V</i>
Massa	kilogram atau kg	<i>m</i>
Waktu	sekon atau s	<i>t</i>
Torsi	kilogram meter atau kg.m	<i>T</i>
Gaya pengereman	kilogram force atau Kgf	<i>F</i>
Panjang	Meter atau m	<i>L</i>
Daya efektif	Horse power atau HP	<i>Ne</i>
Kecepatan angular	radian per detik atau rad/s	$\omega$
Putaran	rotasi per menit atau rpm	<i>n</i>
Percepatan gravitasi bumi	meter per sekon kuadrat atau m/s <sup>2</sup>	<i>g</i>
Efisiensi termal efektif	persen atau %	
<i>Fuel Consumption</i>	kilogram per jam atau kg/jam	<i>FC</i>
Konsumsi bahan bakar spesifik efektif	kilogram per horse power jam atau kg/HP.jam	<i>SFCe</i>
Beda tekanan	millimeter air raksa atau mmHg	$\Delta H$
Nilai kalor bahan bakar terendah	kilokalori per kilogram atau kkal/kg	<i>LHV/Q<sub>1</sub></i>
Massa jenis	kilogram per meter kubik atau kg/m <sup>3</sup>	$\rho$
Laju massa alir	kilogram per sekon atau kg/s	$\dot{m}$



## RINGKASAN

**Nur Dwi Setyawan**, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2012, *Pengaruh Variasi Jumlah Lubang Convergent Turbulator Pada Intake Manifold Terhadap Kinerja Motor Bensin Berbahan Bakar Biogas*, Dosen Pembimbing Prof. Ir. Sudjito, Ph.D., dan Ir. Endi Sutikno, MT.

Ketersediaan bahan bakar fosil di alam semakin menipis dari tahun ke tahun, khususnya bahan bakar bensin. Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor khususnya motor bensin, merupakan alternatif yang ideal untuk mengurangi tekanan permintaan bahan bakar fosil dan penghematan penggunaan cadangan devisa. Motor bensin lebih banyak digunakan karena dikenal sebagai mesin yang responsif, dimana karakter torsi, daya dan kemampuan berputarnya tinggi. Unjuk kerja motor bensin ditentukan oleh peran aktif dari kesempurnaan proses pembakaran, karena kesempurnaan proses pembakaran akan mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan motor bensin. Maka digunakanlah motor bensin berbahan bakar biogas dan upaya untuk mengurangi emisi gas buang dilakukan penambahan alat berupa *convergent turbulator*.

Pada penelitian ini menggunakan metode dengan memasang alat tambahan berupa *convergent turbulator* yang dipasang antara *mixer* dan *intake manifold* dari kendaraan bermotor karisma 125 cc. Kemudian bahan bakar berupa biogas dialirkan melalui pipa kapiler yang selanjutnya dimasukkan ke ruang bakar melalui *mixer*. Pengambilan data dilakukan untuk masing-masing variable, dengan variabel bebas yang pertama adalah jumlah lubang *Convergent turbulator* berjumlah 6, 7, dan 8. Dan variabel bebas kedua yaitu putaran mesin sebesar 5500, 5700, 5900, 6100, 6300, dan 6500. Untuk mengontrol pengambilan data maka dibuat variabel control yaitu sudut pengapian diatur sebesar  $39^\circ$ , sudut *convergent turbulator*  $20^\circ$  dan bukaan *throttle* 100%. Variable terikatnya yaitu torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar spesifik efektif, efisiensi termal efektif dan emisi gas buang.

Didapatkan bahwa semakin banyak jumlah lubang pada *convergent turbulator*, maka kinerja dari motor bakar akan semakin meningkat dan emisi gas buang semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah lubang pada *convergent turbulator* akan menyebabkan meningkatnya intensitas turbulensi meningkat, sehingga campuran antar bahan bakar dan udara semakin homogen yang mengakibatkan pembakaran sempurna pada ruang bakar.

Kata kunci : *Convergent turbulator*, *Intake manifold*, Motor bensin, Biogas.