

**ANALISIS PENGGUNAAN VENTURI MIXER  
4 LUBANG TERHADAP PERUBAHAN PERFORMA  
DAN EMISI SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH / 125 CC  
DENGAN PENAMBAHAN LPG**

**SKRIPSI**

Oleh

**ARDI MARDIKA**

**0403020122**



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL 2007/2008**

**ANALISIS PENGGUNAAN VENTURI MIXER  
4 LUBANG TERHADAP PERUBAHAN PERFORMA  
DAN EMISI SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH / 125 CC  
DENGAN PENAMBAHAN LPG**

**SKRIPSI**

Oleh

**ARDI MARDIKA**

**0403020122**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL 2007/2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**”ANALISIS PENGGUNAAN VENTURI MIXER 4 LUBANG TERHADAP  
PERUBAHAN PERFORMA DAN EMISI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH /  
125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG”**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 9 Januari 2008

**Ardi Mardika**

NPM : 0403020122

# PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**ANALISIS PENGGUNAAN VENTURI MIXER 4 LUBANG TERHADAP  
PERUBAHAN PERFORMA DAN EMISI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH /  
125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG**

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Disusun oleh : Ardi Mardika  
Nomor Mahasiswa : 0403020122  
Program Studi : Teknik Mesin

Skripsi ini dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang Ujian Skripsi

Depok, 9 Januari 2008

Dosen Pembimbing

**Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto , M.Eng**

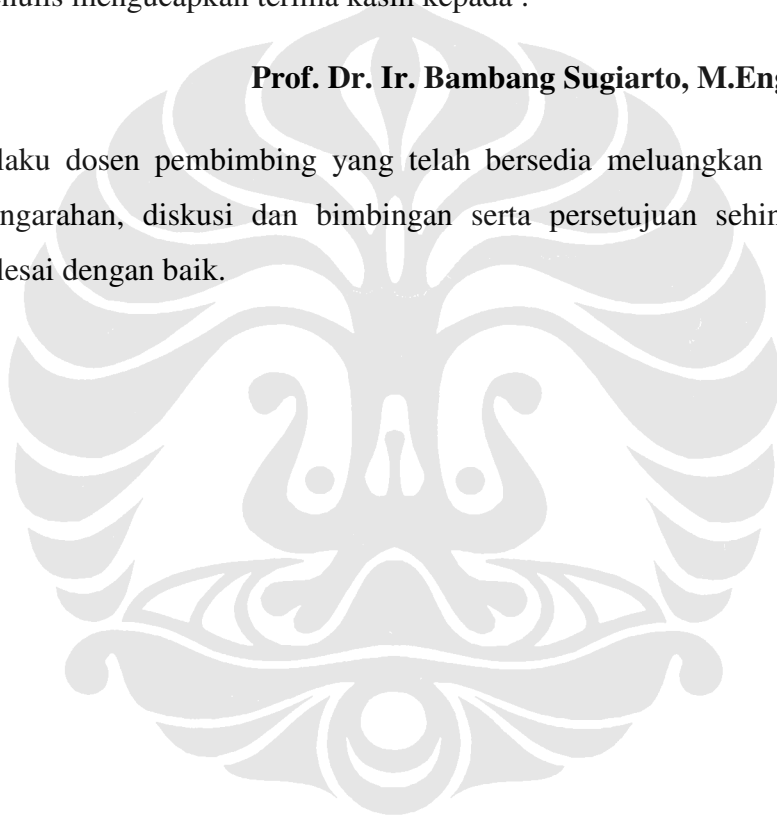
NIP. 131 597 860

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



# DAFTAR ISI

|  |             |
|--|-------------|
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>             | <b>iii</b>  |
| <b>PENGESAHAN</b>                              | <b>iv</b>   |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b>                     | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK</b>                                 | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>                                | <b>vii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>                              | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                           | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                            | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR NOTASI</b>                           | <b>xiv</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>                         | <b>xvi</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                       | <b>1</b>    |
| 1.1 LATAR BELAKANG                             | 1           |
| 1.2 TUJUAN PENELITIAN                          | 3           |
| 1.3 PEMBATASAN MASALAH                         | 3           |
| 1.4 METODOLOGI PENELITIAN                      | 4           |
| 1.5 SISTEMATIKA PENULISAN                      | 4           |
| <b>BAB II DASAR TEORI</b>                      | <b>6</b>    |
| 2.1 MOTOR OTTO                                 | 6           |
| 2.1.1 Siklus Kerja Motor Otto                  | 7           |
| 2.2 PARAMETER PRESTASI MESIN                   | 11          |
| 2.3 PEMBAKARAN DAN EMISI PADA MOTOR OTTO       | 13          |
| 2.4 TERBENTUKNYA POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG | 14          |
| 2.4.1 CO                                       | 14          |
| 2.4.2 HC                                       | 15          |
| 2.4.3 NO <sub>x</sub>                          | 16          |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.4.4 Udara Berlebih (Excess Air)  | 17        |
| 2.5 KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR CAIR LPG                                   | 17        |
| 2.5.1 Butana   | 18        |
| 2.5.2 Propana  | 20        |
| 2.6 PENGARUH ALIRAN LPG SEBAGAI PENAMBAH TENAGA                          | 21        |
| 2.6.1 Perbandingan Udara Bahan Bakar (A/F) atau AFR                      | 22        |
| 2.7 MIXER  | 22        |
| 2.8 TEORI PENCAMPURAN  | 25        |
| 2.8.1 Pencampuran gas  | 25        |
| 2.8.2 Hukum Dalton untuk pencampuran gas ideal                           | 28        |
| 2.9 DYNAMOMETER DYNODYNAMICS   | 30        |
| 2.9.1 Perhitungan yang berhubungan dengan inersia chassis<br>dynamometer | 31        |
| 2.9.2 Pengukuran tenaga mesin  | 32        |
| 2.9.3 Cara kerja inersia pada dynamometer jenis rolling road             | 34        |
| 2.10 SIMULASI PENCAMPURAN GAS  | 35        |
| 2.10.1 Analisis vektor kecepatan   | 38        |
| 2.10.4 Analisis kontur turbulensi  | 41        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>                                     | <b>45</b> |
| 3.1 PROSES Pengerjaan Sistem Pemasukan Gas                               | 45        |
| 3.2 INSTALASI ALAT UJI   | 46        |
| 3.3 PERSIAPAN PENGUJIAN  | 53        |
| 3.3.1 Pengujian dynotest dan uji emisi                                   | 53        |
| 3.4 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA  | 56        |
| 3.4.1 Prosedur Pengambilan data konsumsi bahan bakar                     | 57        |
| 3.4.2 Pengambilan Data dengan Dynamometer                                | 61        |
| 3.4.3 Pengambilan Data Analisa Gas Buang                                 | 62        |
| <b>BAB IV PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA</b>                            | <b>64</b> |
| 4.1 PERHITUNGAN KONSUMSI LPG   | 64        |
| 4.2 PERHITUNGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR                                     | 66        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.3 PERHITUNGAN LAJU ALIRAN MASSA CAMPURAN BAHAN<br>BAKAR                   | 68         |
| <b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>  | <b>75</b>  |
| 5.1 ANALISIS PRESTASI MESIN   | 75         |
| 5.1.1 Analisis Perbandingan Daya dan Torsi Mesin                            | 75         |
| 5.2 ANALISIS EMISI GAS BUANG  | 77         |
| 5.2.1 Analisis Kadar CO <sub>2</sub>  | 77         |
| 5.2.2 Analisis Kadar CO   | 79         |
| 5.2.3 Analisis kadar NO <sub>x</sub>  | 80         |
| 5.2.4 Analisis Kadar HC   | 81         |
| 5.2.5 Analisis Kadar O <sub>2</sub>   | 82         |
| 5.3 ANALISIS PERBANDINGAN BERBAGAI VENTURI MIXER<br>( 4, 8, DAN 12 LUBANG ) | 83         |
| 5.3.1 Analisis Prestasi Mesin   | 83         |
| 5.3.1.1 Analisis Perbandingan Daya Mesin                                    | 83         |
| 5.3.1.2 Analisis Perbandingan Torsi   | 85         |
| 5.3.2 Analisis Emisi gas Buang  | 88         |
| 5.3.2.1 Analisis Kadar CO <sub>2</sub>                                      | 88         |
| 5.3.2.2 Analisis Kadar CO   | 90         |
| 5.3.2.3 Analisis kadar NO <sub>x</sub>                                      | 92         |
| 5.3.2.4 Analisis Kadar HC   | 94         |
| 5.3.2.5 Analisis Kadar O <sub>2</sub>                                       | 96         |
| <b>BAB VI KESIMPULAN</b>  | <b>99</b>  |
| <b>DAFTAR ACUAN</b>   | <b>101</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>   | <b>102</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>   | <b>103</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>Gambar 2.1</b> Proses kerja motor otto 4 langkah   | 8       |
| <b>Gambar 2.2</b> Diagram P-V dan T-S ideal motor Otto 4 langkah  | 9       |
| <b>Gambar 2.3</b> Venturi   | 24      |
| <b>Gambar 2.4</b> Hukum Dalton  | 30      |
| <b>Gambar 2.5</b> Grafik iterasi  | 37      |
| <b>Gambar 2.6</b> Kontur kecepatan pada simulasi CFD  | 38      |
| <b>Gambar 2.7</b> Kontur turbulensi pada simulasi CFD   | 41      |
| <b>Gambar 3.1</b> (a) Sistem penyaluran gas LPG model lama ( fuel jet mixer )<br>(b) Penempatan sistem penyaluran gas LPG pada sepeda motor model baru ( venturi mixer) | 46      |
| <b>Gambar 3.2</b> (a) Kompor gas portabel, (b) Mekanisme, (c) Venturi mixer dan (d) Katup penghubung  | 48      |
| <b>Gambar 3.3</b> Lowboy Chassis AWD  | 51      |
| <b>Gambar 3.4</b> Skema pencampuran bahan bakar   | 52      |
| <b>Gambar 3.5</b> Alat Tachometer   | 53      |
| <b>Gambar 3.6</b> Pengikatan motor di atas Dyno   | 54      |
| <b>Gambar 3.7</b> Gas analyzer  | 54      |
| <b>Gambar 3.8</b> Pengukuran temperatur   | 58      |
| <b>Gambar 3.9</b> Pengukuran massa gas  | 58      |
| <b>Gambar 3.10</b> Pengukuran konsumsi bahan bakar bensin   | 60      |
| <b>Gambar 3.11</b> Proses pengambilan data dyno   | 62      |
| <b>Gambar 3.12</b> Proses pengambilan data emisi  | 62      |
| <b>Gambar 5.1</b> Grafik perbandingan daya mesin  | 75      |
| <b>Gambar 5.2</b> Grafik perbandingan torsi mesin   | 76      |
| <b>Gambar 5.3</b> Grafik perbandingan kadar CO <sub>2</sub> dalam gas buang   | 78      |

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Gambar 5.4</b>  | Grafik perbandingan kadar CO dalam gas buang             | 79 |
| <b>Gambar 5.5</b>  | Grafik perbandingan kadar NOx dalam gas buang            | 80 |
| <b>Gambar 5.6</b>  | Grafik perbandingan kadar HC dalam gas buang             | 81 |
| <b>Gambar 5.7</b>  | Grafik perbandingan kadar O <sub>2</sub> dalam gas buang | 82 |
| <b>Gambar 5.8</b>  | Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 180°    | 83 |
| <b>Gambar 5.9</b>  | Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 270°    | 84 |
| <b>Gambar 5.10</b> | Grafik perbandingan daya mesin pada bukaan katup 360°    | 85 |
| <b>Gambar 5.11</b> | Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 180°   | 86 |
| <b>Gambar 5.12</b> | Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 270°   | 87 |
| <b>Gambar 5.13</b> | Grafik perbandingan torsi mesin pada bukaan katup 360°   | 88 |
| <b>Gambar 5.14</b> | Perbandingan CO <sub>2</sub> antar venturi mixer         | 89 |
| <b>Gambar 5.15</b> | Perbandingan CO antar venturi mixer                      | 91 |
| <b>Gambar 5.16</b> | Perbandingan NOx antar venturi mixer                     | 93 |
| <b>Gambar 5.17</b> | Perbandingan HC antar venturi mixer                      | 94 |
| <b>Gambar 5.18</b> | Perbandingan O <sub>2</sub> antar venturi mixer          | 97 |

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>Tabel II.1</b> Sifat Butana   | 19      |
| <b>Tabel II.2</b> Sifat Propana  | 20      |
| <b>Tabel IV.1</b> Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 180 <sup>0</sup> untuk venturi<br><i>mixer</i> 4 lubang                     | 64      |
| <b>Tabel IV.2</b> Konsumsi LPG pada bukaan katup regulator 270 <sup>0</sup> untuk venturi<br><i>mixer</i> 4 lubang                     | 65      |
| <b>Tabel IV.3</b> LPG pada bukaan katup regulator 360 <sup>0</sup> untuk venturi <i>mixer</i><br>4 lubang                              | 65      |
| <b>Tabel IV.4</b> Konsumsi bahan bakar tanpa campuran LPG  | 66      |
| <b>Tabel IV.5</b> Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG dengan bukaan<br>katup 180 <sup>0</sup> untuk venturi <i>mixer</i> 4 lubang | 66      |
| <b>Tabel IV.6</b> Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG dengan bukaan<br>Katup 270 <sup>0</sup> untuk venturi <i>mixer</i> 4 lubang | 67      |
| <b>Tabel IV.7</b> Konsumsi bahan bakar dengan tambahan LPG dengan bukaan<br>katup 360 <sup>0</sup> untuk venturi <i>mixer</i> 4 lubang | 67      |
| <b>Tabel IV.8</b> BHP tanpa LPG  | 69      |
| <b>Tabel IV.9</b> BHP penambahan LPG bukaan katup 180 <sup>0</sup>   | 69      |
| <b>Tabel IV.10</b> BHP penambahan LPG bukaan katup 270 <sup>0</sup>  | 69      |
| <b>Tabel IV.11</b> BHP penambahan LPG bukaan katup 360 <sup>0</sup>  | 70      |

## DAFTAR NOTASI

| Notasi          | Keterangan  | Dimensi                           |
|-----------------|---|-----------------------------------|
| AFR             | Perbandingan massa udara – bahan bakar                            |                                   |
| AF <sub>s</sub> | Perbandingan massa udara–bahan bakar<br>(isooktana) stoikiometris |                                   |
| M               | Berat molekul   | gr/mol                            |
| N               | Jumlah molekul  | mol <sup>-1</sup>                 |
| Q <sub>in</sub> | Kalor masuk   | Joule                             |
| Q <sub>HV</sub> | Nilai kalor pembakaran bahan bakar                                | kJ/kg                             |
| R               | Konstanta gas ideal   |                                   |
| T               | Temperatur  | K                                 |
| V               | Volume  | m <sup>3</sup>                    |
| a               | Akselerasi  | m/s <sup>2</sup>                  |
| c               | Fraksi massa  |                                   |
| g               | Percepatan gravitasi  | m/s <sup>2</sup>                  |
| k               | Konstanta Boltzmann   | J K <sup>-1</sup>                 |
| m               | Massa   | kg                                |
| $\dot{m}_f$     | Laju aliran massa bahan bakar                                     | kg/s                              |
| n               | densitas jumlah partikel  | mol <sup>-1</sup> m <sup>-3</sup> |
| p               | Tekanan   | bar                               |
| t               | Waktu   | s                                 |
| y               | Fraksi mol  |                                   |
| μ <sub>H</sub>  | Massa satu atom hidrogen  | kg                                |
| ρ               | Massa jenis   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| ρ <sub>f</sub>  | Massa jenis bahan bakar   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| Q <sub>in</sub> | Kalor masuk   | Joule                             |
| Q <sub>HV</sub> | Nilai kalor pembakaran bahan bakar                                | kJ/kg                             |

|                            |  |                   |
|----------------------------|--|-------------------|
| BFC                        | <i>Brake Fuel Consumption</i>          | l/h               |
| $\overset{\circ}{m}_f$     | Laju aliran massa bahan bakar          | kg/s              |
| V <sub>f</sub>             | Volume bahan bakar                     | cc                |
| t                          | Waktu                                  | s                 |
| T                          | Torsi                                  | N.m               |
| F                          | Gaya pembebanan                        | N                 |
| $\overset{\circ}{m}_a$     | Laju aliran massa udara                | kg/s              |
| $\overset{\circ}{m}_i$     | Laju aliran massa yang melewati intake | kg/s              |
| $\overset{\circ}{m}_{LPG}$ | Laju aliran massa LPG                  | kg/s              |
| L                          | Lengan brake                           | m                 |
| BHP                        | Daya mesin yang terukur pada brake     | HP                |
| BSFC                       | Konsumsi bahan bakar spesifik          | gr/hp.h           |
| $\rho_f$                   | Massa jenis bahan bakar                | kg/m <sup>3</sup> |
| $\lambda$                  | Lambda                                 |                   |
| $\Phi$                     | Rasio ekivalensi                       |                   |

## DAFTAR LAMPIRAN

|              |                          |     |
|--------------|--------------------------|-----|
| LAMPIRAN I   | SNI 09-4405-1997         | 104 |
| LAMPIRAN II  | DATA PERCOBAAN DYNOTEST  | 110 |
| LAMPIRAN III | DATA PERCOBAAN UJI EMISI | 111 |

