UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PENGESAHAN HASIL UJIAN PENDADARAN v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv
INTISARI xvi

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3.Asumsi dan Batasan Masalah 3
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Meningkatkan Batas *Exhaust Gas Recirculation* pada Mesin Diesel 4
2.2. Penelitian Penggunaan EGR pada *Spark Ignition Engine* Berbahan Bakar Gas Alam 6
2.3. Eksperimen Pengaruh EGR dan Kecepatan Mesin terhadap Emisi CO dan HC pada Mesin HCCI *Dual Fuel* 8

BAB III DASAR TEORI
3.1. Parameter Geometri Mesin 10
3.2. Parameter Unjuk Kerja Mesin 11
3.2.1. Kerja (*work*) 11

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2.2. Tekanan efektif rata-rata (*mean effective pressure*) 13
3.2.3. Torsi (*torque*) dan daya (*power*) 13
3.2.4. *Specific fuel consumption* 14
3.3. Siklus Otto 14
3.4. Emisi 18
3.4.1. Oksida nitrogen (NOx) 18
3.4.2. Hidrocarbon (HC) 22
3.4.3. Karbon Monoksida (CO) 23
3.5. *Exhaust Gas Recirculation* (EGR) 23

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Motor Uji 25
4.2. Komponen Modifikasi Sistem EGR 26
4.2.1. Leher knalpot 26
4.2.2. *Intake manifold* dan *ball valve* 26
4.3. Alat Penelitian 26
4.3.1. Alat ukur putaran mesin 26
4.3.2. Alat ukur debit EGR 27
4.3.3. Alat ukur konsumsi bahan bakar 27
4.3.4. *Gas analyzer* 28
4.3.5. Dinamometer 28
4.4. Pengambilan Data 29
4.5. Penghitungan Persentase EGR 30
4.6. Penghitungan *brake specific fuel consumption* (*bsfc*) 35
4.7. Kesulitan –Kesulitan dalam Penelitian dan Solusinya 35

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengaruh EGR terhadap Unjuk Kerja Mesin 37
5.2. Pengaruh EGR terhadap Emisi Gas Buang 41
5.3. Persentase Optimal EGR pada Mesin Bensin Silinder Tunggal Empat Langkah 45

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan 50

6.2. Saran 50

DAFTAR PUSTAKA 51

LAMPIRAN 53

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Tinjauan Pustaka

Gambar 2.1 Pertukaran konsentrasi HC dan NOx sebagai fungsi tingkat EGR (Wagner dkk, 2000) 5

Gambar 2.2 Pertukaran konsentrasi PM dan NOx sebagai fungsi tingkat EGR (Wagner dkk, 2000) 5

Gambar 2.3 Variasi emisi NO terhadap EGR pada berbagai putaran (Ibrahim dan Bari, 2007) 7

Gambar 2.4 Variasi *brake specific fuel consumption* terhadap jumlah EGR dengan temperatur masuk 333 K, menggunakan *Supercharger,* dan berbagai macam putaran. (Ibrahim Dan Bari, 2007) 7

Gambar 2.5 Pengaruh EGR terhadap emisi CO pada mesin HCCI-DI *dual fuel* pada berbagai putaran mesin (Ghazikhani dkk, 2009) 9

Gambar 2.6 Pengaruh EGR terhadap emisi HC pada mesin HCCI-DI *dual fuel* pada berbagai putaran mesin (Ghazikhani dkk, 2009) 9

Dasar Teori

Gambar 3.1 Geometri piston dan silinder pada *reciprocating engine* (Pulkrabek, 1997) 11

Gambar 3.2 Diagram indikator untuk mesin bensin empat langkah (Pulkrabek, 1997) 12

Gambar 3.3 Skema langkah piston mesin bensin empat langkah (Cengel dan Boles, 2006) 15

Gambar 3.4 Siklus Otto pada (a) Koordinat $P - v$ dan (b) Koordinat $T - s$ (Pulkrabek, 1997) 16

Gambar 3.5 Pengaruh rasio ekuivalen terhadap emisi mesin bensin (Pulkrabek, 1997) 20

Gambar 3.6 Pengaruh lama pembakaran terhadap pembentukan NOx (Pulkrabek, 1997) 21

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.7 Pengaruh waktu penyalaan awal terhadap konsentrasi NOx pada gas buang (Pulkrabek, 1997) 21

Metodologi Penelitian

Gambar 4.1 Mesin Yamaha Jupiter MX 25

Gambar 4.2 Leher knalpot yang telah dimodifikasi 26
Gambar 4.3 *Intake manifold* dan *ball valve* 26
Gambar 4.4 *Digital tachometer* 27
Gambar 4.5 Alat-alat yang digunakan untuk mengukur debit EGR (a) *orifice,* (b) manometer, (c) termometer digital 27
Gambar 4.6 Pipa ukur 27
Gambar 4.7 *Gas analyzer* (a) Stargas 898, (b) Dwyer model 1207 28
Gambar 4.8 Dinamometer 28
Gambar 4.9 Skema susunan peralatan penelitian 29
Gambar 4.10 *Orifice* dengan tipe tap D dan D/2 30
Gambar 4.11 *Coefficient of discharged* untuk beberapa rasio diameter dan angka Reynold (Dally dkk,1984) 33
Gambar 4.12 *Coeffisien of discharged* untuk beberapa rasio area (Yahya, 1982) 34

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Gambar 5.1 Pengaruh EGR terhadap torsi pada putaran yang berbeda 38
Gambar 5.2 Pengaruh EGR terhadap *bsfc* pada putaran yang berbeda 39
Gambar 5.3 Variasi *brake power* terhadap EGR pada 1000 rpm dan kondisi masuk yang berbeda (Ibrahim dan Bari, 2007) 40
Gambar 5.4 Pengaruh EGR terhadap emisi NOx pada putaran yang berbeda 41
Gambar 5.5 Pengaruh AFR terhadap kecepatan pembakaran (Pulkrabek, 2004) 42
Gambar 5.6 Pengaruh persentase EGR terhadap temperatur EGR pada

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	orifice	42
Gambar 5.7	Pengaruh EGR terhadap kualitas pembakaran mesin bensin dan emisi HC pada gas buang (Kuroda dkk, 1978)	43
Gambar 5.8	Pengaruh EGR terhadap emisi HC pada putaran yang berbeda	43
Gambar 5.9	Pengaruh EGR terhadap emisi CO pada putaran yang berbeda	44
Gambar 5.10	Skema penelitian yang dilakukan Ghazikhani dkk (2009)	45
Gambar 5.11	Pertukaran konsentrasi NOx dan *bsfc* sebagai fungsi EGR pada putaran yang berbeda	46
Gambar 5.12	Pertukaran konsentrasi NOx dan HC sebagai fungsi EGR pada putaran yang berbeda	47
Gambar 5.13	Perbandingan massa emisi HC terhadap emisi NOx	48

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
EFEK EXHAUST GAS RECIRCULATION TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SILINDER TUNGGAL EMPAT LANGKAH
Taufik Joko Pitoyo, Dr. Ir. Jayan Sentanuhadi, S.T. M.Eng., IPU., ASEAN .Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Φ	=	rasio ekuivalen
ρ	=	massa jenis
r_c	=	rasio kompresi
A	=	luas penampang
AFR	=	Air-Fuel Ratio
B	=	diameter silinder (Bore)
BDC	=	Bottom Dead center
bsfc	=	brake specific fuel consumption
CO	=	Karbon monoksida
EGR	=	Exhaust Gas Recirculation
HC	=	Hidrokarbon
HCCI	=	Homogenous Charge Compression Ignition
$\dot{m}_f$	=	laju konsumsi bahan bakar
mep	=	mean effective pressure
NO	=	Nitrogen monoksida
NOx	=	Oksida nitrogen
NO_2	=	Nitrogen dioksida
P	=	tekanan
O_3	=	Ozon
PM	=	Particulate Mass
S	=	panjang langkah (Stroke)
T	=	temperatur
TDC	=	Top Dead Center
v	=	volume jenis / kecepatan
V_c	=	*clearance volume* / volume silinder minimum
V_d	=	*displacement volume* / kapasitas silinder
W	=	kerja
$\dot{W}$	=	daya
WOT	=	Wide Open Throttle