UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
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 PERSEMBAHAN v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xv
INTISARI xvii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
BAB III DASAR TEORI 7
3.1. *Gas Engine* 7
3.1.1. Siklus Otto 8
3.1.2. Siklus Empat Langkah 9
3.1.3. *Turbocharger* 11
3.2. Kompresor 11
3.3. Persamaan Gas Ideal 13
3.4. Faktor Kompresibilitas Gas 13
3.5. Faktor Volum Gas 16
3.6. Massa Jenis 16

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.7. *Spesific Gravity* 17
3.8. Kalor Jenis 17
3.9. Reaksi Pembakaran 18
3.10. Proses Pembakaran, Teori, dan Aktualnya 22
3.11. Enthalpi Pembentukan dan Enthalpi Pembakaran 23
3.12. Bahan Bakar Gas 25
3.12.1. Gas Alam 25
3.12.2. Nilai Kalor Bahan Bakar 26
3.13. Udara Pembakaran..... 27
3.14. Analisis Massa 27
3.15. Komposisi Campuran Gas 28
3.16. Analisis Aliran Energi 29
3.16.1. Kerja *Engine*..... 29
3.16.2. Kalor yang Dipindahkan Melalui Gas Buang 30
3.16.3. Kalor yang Dipindahkan Melalui *Water Jacket*.... 31
3.16.4. Kalor yang Dipindahkan Melalui *Afterccoler*..... 31
3.16.5. Rugi-Rugi Karena Gesekan dan Lain-lain..... 32
3.17. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC) 33

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 34
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian 34
4.2. Objek Penelitian 34
4.3. Alat Ukur..... 35
4.4. Metode Pengumpulan Data..... 36
4.5. Rancangan Studi 37

BAB V ANALISIS DATA, PERHITUNGAN, DAN PEMBAHASAN..... 38
5.1. Udara Pembakaran..... 38
5.1.1. Massa Jenis Udara 38
5.1.2. Komposisi Kimia Udara Pembakaran 38
5.2. Analisis Data dan Perhitungan *Gas Engine* 39
5.2.1. Analisis Kompresor Gas..... 41

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.1.1. Analisis laju aliran massa gas 41
5.2.1.2. Kalor jenis gas 44
5.2.1.3. Kerja Kompresor..... 48
5.2.2. Analisis *Gas Engine* 48
5.2.2.1. Analisis laju aliran massa bahan bakar 49
5.2.2.2. Analisis laju aliran mol bahan bakar..... 51
5.2.2.3. Analisis laju aliran mol komponen bahan bakar 53
5.2.2.4. Analisis laju aliran massa komponen bahan bakar..... 54
5.2.2.5. Reaksi pembakaran bahan bakar 56
5.2.2.6. Analisis laju aliran massa udara pembakaran stokiometri..... 57
5.2.2.7. Analisis laju aliran massa udara pembakaran aktual..... 58
5.2.2.8. Analisis laju aliran mol udara pembakaran aktual..... 58
5.2.2.9. Reaksi pembakaran aktual bahan bakar 59
5.2.2.10. Analisis laju aliran massa udara pembakaran Aktual..... 60
5.2.2.11. Analisis laju aliran massa gas buang 62
5.2.2.12. Kalor jenis gas buang..... 62
5.2.2.13. Analisis aliran energi *gas engine*..... 65
5.2.2.14. Konsumsi bahan bakar spesifik 68
5.2.3. Hasil Keseluruhan Analisis dan Perhitungan *Gas Engine*..... 69
5.2.4. Analisis Kerja *Gas Engine* dalam Periode Tertentu 71
5.2.4.1. Analisis kerja *gas engine* dalam satu hari 71
5.2.4.2. Analisis kerja *gas engine* dalam satu minggu .. 72
5.2.4.3. Analisis kerja *gas engine* dalam satu bulan..... 73
5.3. Pembahasan..... 74
5.3.1. Pembahasan Analisis Data dan Perhitungan..... 74

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.3.2. Potensi Penghematan Energi Gas Engine di *Plant* Kompresor Stasiun A 74
5.3.3. Besar Penghematan Apabila Efisiensi *Gas engine* Sesuai Standar Spesifikasinya 75
BAB VI PENUTUP 78
6.1. Kesimpulan 78
6.2. Saran dan Rekomendasi 79
DAFTAR PUSTAKA 80
LAMPIRAN

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggunaan energi dalam *plant* kompresor 4
Tabel 3.1 Nilai A, B, C,dan D komposisi gas..... 18
Tabel 3.2 Sifit-sifat fisik dan kimia berbagai bahan bakar gas..... 26
Tabel 3.2 Komposisi udara atmosfer 27
Tabel 4.1. Jenis *gas engine* di *Plant* Kompresor Stasiun A 34
Tabel 5.1 Mol dan fraksi mol komponen udara pembakaran 38
Tabel 5.2 Komposisi gas dan bahan bakar kompresor di Stasiun A..... 40
Tabel 5.3. Temperatur dan tekanan gas yang masuk ke kompresor 41
Tabel 5.4 Kalor jenis komponen gas pada kondisi ideal..... 44
Tabel 5.5 Temperatur *suction* dan *discharge* tiap tingkat kompresor AR#1 44
Tabel 5.6 Nilai kalor jenis komponen gas yang masuk ke *gas engine* AR#1 47
Tabel 5.7 Kalor jenis gas yang masuk ke *Plant* Kompresor Stasiun A ... 47
Tabel 5.8 Nilai massa molar (Mr) komponen bahan bakar 52
Tabel 5.9 Laju aliran mol dan massa komponen penyusun bahan bakar. 56
Tabel 5.10 Kalor jenis dari komposisi gas buang pada kondisi ideal 62
Tabel 5.11 Neraca massa proses pembakaran dalam *gas engine* AR#1 64
Tabel 5.12 Persentase penggunaan energi *gas engine* di Stasiun A 69
Tabel 5.13 Besar penghematan *gas engine* dalam rupiah 77

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Keseimbangan energi pada *gas engine*	5
Gambar 2.2	Teknik kogenerasi *gas engine* dan *absorption chiller*	6
Gambar 3.1	Aliran bahan bakar, udara, dan gas buang pada *gas engine*	7
Gambar 3.2	Siklus Otto	9
Gambar 3.3	Langkah kerja mesin 4 langkah dan perbandingannya dengan siklus otto ideal	10
Gambar 3.4	Prinsip kerja *Turbocharger*	11
Gambar 5.1	*Boundary system* pada *gas engine*	39
Gambar 5.2	Diagram perbandingan jumlah pemakaian energi antar *gas engine* di Stasiun A	69
Gambar 5.3	Diagram Sankey penggunaan energi *gas engine* AR#1 tanggal 8 Juni 2010	70
Gambar 5.4	Perbandingan SFC aktual dengan SFC berdasarkan spesifikasi *engine*	70
Gambar 5.5	Grafik kerja *gas engine* tanggal 8 Juni selama satu hari	71
Gambar 5.6	Grafik kerja *gas engine* selama satu minggu pukul 17.00 pada bulan Juni 2010	72
Gambar 5.7	Grafik kerja *gas engine* selama satu bulan pukul 17.00 pada bulan Juni 2010	73

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Spesifikasi *Gas Engine*..... 82
Lampiran 2 : Data Teknis *Gas Engine*..... 83

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A = Luas penampang pipa, m^2.

AFR = *Air Fuel Ratio*.

APBN = Anggaran Pendaparan dan Belanja Negara.

BBM = Bahan Bakar Miinyak.

BDC = *Bottom Dead Center.*

B_g = Volume faktor gas, ft^3/scf.

C_p = Kalor jenis zat pada tekanan konstan, kJ/kg.K.

C_v = Kalor jenis zat pada volum konstan, kJ/kg.K.

DEA = *Detailed Energy Audit.*

η_{adi} = Efisiensi adiabatis kompresor

η_{eng} = Efisiensi e*ngine*

η_e = Efisiensi gas buang

η_{wj} = Efisiensi *water jacket*

η_{fr} = Efisiensi rugi-rugi karena gesekan dan lain-lain

γ_g = *Specific gravity* gas.

$\overline{h}_f^0$ = Entalpi pembentukan pada kondisi standar, kJ/kmol.

$\overline{h}$ = Entalpi pada temperatur zat, kJ/kmol.

$\overline{h}^0$ = Entalpi zat pada temperatur referensi, kJ/kmol

h_c = Entalpi pembakaran, kJ/kmol.

h_P = Entalpi produk, kJ/kmol.

h_R = Entalpi reaktan, kJ/kmol.

h_{fg} = Etalpi penguapan, kJ/kmol.

HHV = *High Heating Value,* Btu/scf.

HV = *Heating Value,* Btu/scf.

k = $C_P/C_{V.}$

LHV = *Low Heating Value,* Btu/scf.

$\dot{m}$ = massa spesifik zat, kg/jam.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
STUDI ENERGI PADA GAS ENGINE PENGGERAK KOMPRESOR GAS DI INDUSTRI MIGAS SUMATERA SELATAN
Arizal Erry Wicaksono, Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

mf = Fraksi massa.

MMBtu = *Milion Metric British thermal unit*

MMSCFD = *Million Metric Standard Cubic Feet per Day*

Mr = Massa Molar, kg/kmol.

$\dot{N}$ = Laju aliran mol, kmol/jam.

P = Tekanan absolut, kPa.

PEA = *Preliminary Energy Audit.*

p_{pcm} = Tekanan *pseudocritical*, psia.

p_{pr} = Tekanan *pseudoreduced*, psia.

psi = *Pound per square inch.*

ρ = Massa jenis zat, kg/m^3

Q = Energi kalor, kW.

q_g = Laju gas, MMSCFD.

q_f = Laju bahan bakar, MMSCFD.

R = Konstanta gas, kJ/kg·K.

R_u = Konstanta gas universal, 8,31447 kJ/kmol·K.

s = Entropi, kJ/kg.

T = Temperatur, ^{0}C.

TDC = *Top Dead Center.*

T_{pcm} = Temperatur *pseudocritical*, ^{o}F.

T_{pr} = Temperatur *pseudoreduced*, ^{o}F.

u = Energi internal, kJ/kmol

v = Volum spesifik, kg/m^3.

V = Volum zat, m^3.

W_{adi} = Kerja kompresor adiabatis, kW.

W_{akt} = Kerja kompresor aktual, kW.

W_{akt} = Kerja *gas engine*, kW.

W_{eng} = Kerja *gas engine*

y = fraksi mol.

Z = Faktor kompresibilitas.