



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PERBANDINGAN BIFUEL GASOLINE LPG
ENGINE DENGAN VARIASI WAKTU PENYALAHAN UNTUK
BUKAAN REGULATOR 180° DAN 270°**

*(Comparative Analysis of Bifuel Gasoline LPG Engine with The Ignition Timing
Variation for The Regulator Aperture 180° and 270°)*

SKRIPSI

SULAIMAN ACHMAD

0606073625

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun
dirujuk telah saya nyatakan benar

Nama : Sulaiman Achmad

NPM : 0606073625

Tanda Tangan :



Tanggal : 12 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Sulaiman Achmad
NPM : 0606073625
Program Studi: Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan *Bifuel Gasoline LPG Engine* dengan Variasi Waktu Penyalaan untuk Buka-an Regulator 180° dan 270°

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof.Dr.Ir. Bambang Sugiarto ,M.Eng

Perugji : Prof. Ir. Yulianto S Nugroho ,M.Sc, Ph.D

Penguji : Dr.Ir.R. Danardono A. S,DEA, PE

Penguji : Dr.Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2011

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Robbil'alamin. Saya panjatkan puji serta syukur kehadiran Allah SWT atas izin dan karunia-Nya maka skripsi yang berjudul analisis perbandingan *bifuel gasoline lpg engine* dengan variasi waktu penyalaan untuk bukaan regulator 180° dan 270° dapat rampung dan menjadi suatu tulisan yang Insyallah dapat menjadi manfaat.

Skripsi ini sebagai salah satu syarat kelulusan program studi S1 reguler departemen teknik mesin fakultas teknik Universitas Indonesia. Saya selaku penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang tanpa nya skripsi ini tidak akan terwujud.

Penulis berterima kasih kepada **Ir. Achmad Ali** dan **dr. Laila Bahasoean** selaku ayah dan ibu penulis, yang dengan kasih dan sayang nya terus memberi saya kekuatan dimana saya berpijak. Serta doa yang selalu terucap dibibir mereka untuk keberhasilan saya di dunia dan di akhirat.

Penulis juga berterima kasih kepada kakak dan adik; **Shela Sheha, S.Kom, M.M** , **Ibrahim Achmad, Chaula Jawas** atas bantuan dan dukungannya selama ini.

Terima kasih saya ucapkan kepada **Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng** sebagai pembimbing dari skripsi ini juga sebagai mentor saya dimana beliau tidak mengharap apa pun kecuali yang terbaik.

Tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada **Prof. Ir. Yulianto Sulistyono Nugroho M.Sc., Ph.D** , **Dr. Ir. R. Danardono Agus Sumarsono DEA. PE** , **Dr. Ir Adi Surjosatyo, M.Eng** , **Dr. Ir. Engkos A. Kosasih M.T** selaku dosen yang telah membantu. Dan, kepada semua karyawan departemen teknik mesin yang juga turut andil dalam proses penulisan.

Penulis juga berterima kasih kepada:

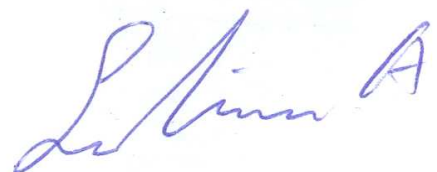
- **Farhan Hasan**

- **Ranny Monita, S.Ars**
- **Muhammad Falah, Dipl. Ing., S.T.**
- **Raja Darmawan Noerhadi, S.T.**
- **Immanuel Stevie**
- **Emral Aris Abdillah**
- **Iwan Satriawan**
- **Satriawan Wiguna**
- **Hasan Nasser**
- **Umar Hasan, S.E., MBA**
- **Abdul Latief Hasan, B.Eng., M.Eng**
- **Muhammad Fathir, S.H, M.H**
- **Diyas Muchdi, S.H**
- **Merdi Poyoh, S.H**

Semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan Insyallah akan terus diingat.

Akhir kata, penulis meminta maaf jika ada sesuatu yang tidak berkenan dalam penulisan ini. Kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan dengan baik.

Jakarta, 27 Juni 2011



Sulaiman Achmad

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sulaiman Achmad

NPM : 0606073625

Program Studi : Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi penghargaan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Analisis Perbandingan Bifuel Gasoline LPG Engine dengan Variasi Waktu
Penyalan untuk Buka-an Regulator 180° dan 270°**

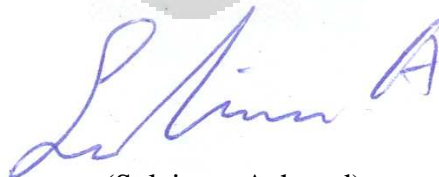
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan mengalihmedia/forma-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Tanggal : 26 Juni 2011

Yang Menyatakan



(Sulaiman Achmad)

ABSTRAK

Nama : Sulaiman Achmad

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : Analisis Perbandingan Bifuel Gasoline LPG Engine dengan Variasi Waktu Penyalaan untuk Bukaannya Regulator 180° dan 270°

Penelitian pada motor otto 4 langkah ini bertujuan untuk meningkatkan performa, mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperbaiki emisi dengan melakukan pemetaan ulang pada waktu penyalaan. Alat pencampuran yang digunakan pada penelitian ini menggunakan hasil dari penelitian sebelumnya yang bertujuan memperbaiki tingkat pencampuran. Oleh karena adanya perbedaan energi aktivasi dan nilai oktan yang sangat tinggi dari LPG (*Liquified Petroleum Gas*) maka pada penelitian ini diubah waktu penyalaan guna mencari pemetaan waktu penyalaan terbaik pada bukanya katup regulator 180° dan 270°. Penulis menggunakan CDI (*Capasitor Discharge Ignition*) yang dapat diprogram agar perubahan pemetaan ini mudah dilakukan. Hasil dari penelitian ini membuktikan perlu adanya perubahan dari waktu penyalaan untuk meningkatkan hal-hal tersebut yang bergantung pada jumlah LPG yang masuk ke dalam ruang bakar.

Kata Kunci : LPG, Ignition timing, CDI, re-mapping

ABSTRACT

Name : Sulaiman Achmad
Major : Mechanical Engineering
Title : Comparative Analysis of Bifuel Gasoline LPG Engine with The Ignition Timing Variation for The Regulator Aperture 180° and 270°

The purposes of this research are to improve the performance of a four stroke motorcycle, reduce the emission level and also minimize the fuel consumption by using a mixing device which has a twelve crossing holes, bluff body, and a cyclone designed to modify the ignition time. The device is applied to mix air and LPG (Liquified Petroleum Gas) before entering the carburator. A similar research has been done in the past however, since there is an activation energy difference between fuel and LPG therefore, in this research the ignition timing is modified until it reaches the maximum performance. In addition, various tests were performed and also adding a CDI (Capacitor Discharge Ignition) device to re-mapp the best ignition timing. The results from this research verifies that by modifying the ignition timing, the performance of a motorcycle becomes better.

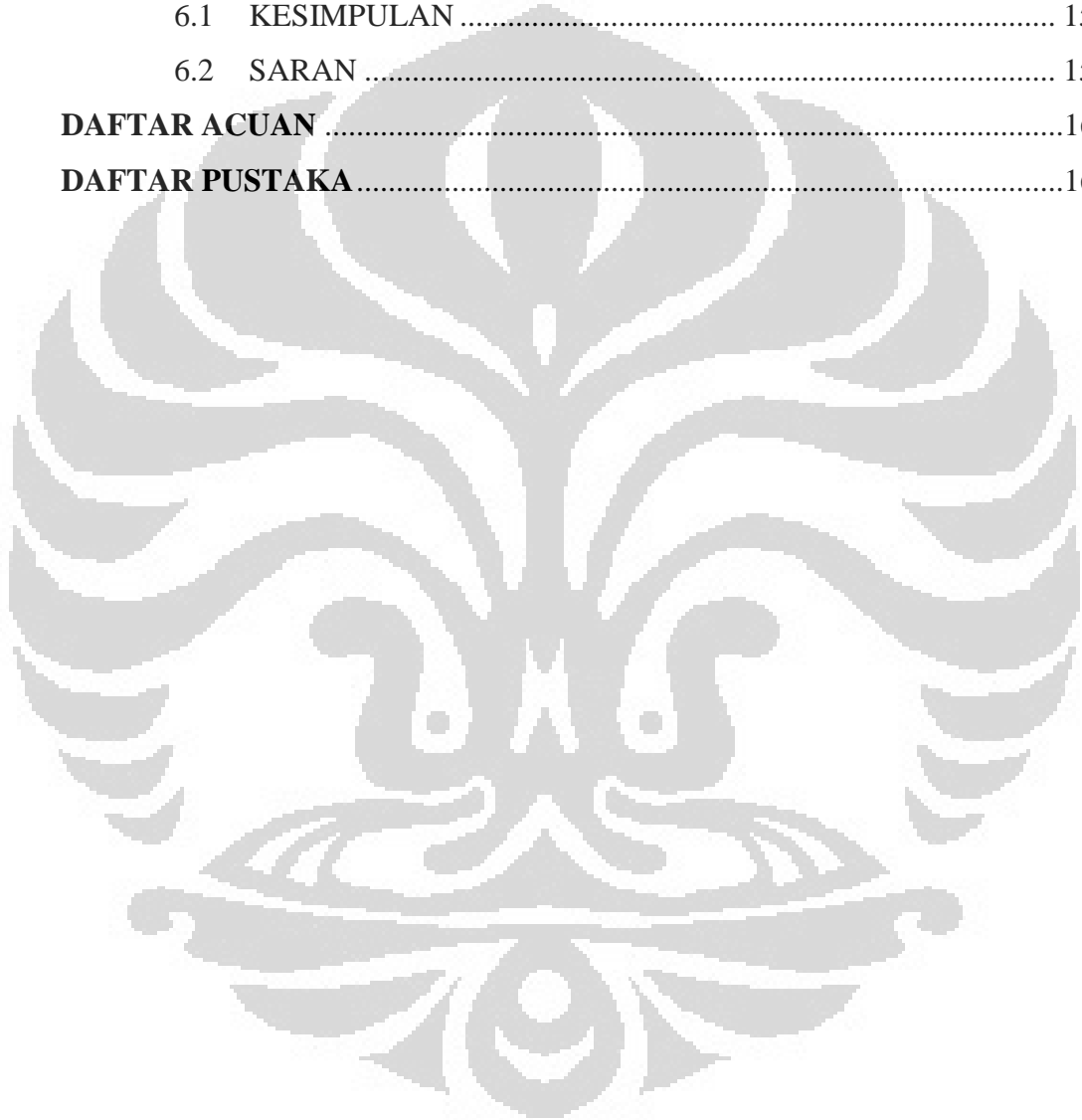
Key Word : LPG, ignition timing, re-mapping, CDI

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 PEMBATASAN MASALAH	2
1.4 METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	6
2.1 MOTOR OTTO.....	6
2.2 PARAMETER PRESTASI MESIN.....	11
2.3 PEMBAKARAN DAN EMISI PADA MOTOR OTTO	14
2.4 TERBENTUKNYA POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG.....	15
2.5 KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR CAIR LPG.....	18
2.6 PENGARUH ALIRAN LPG SEBAGAI PENAMBAH TENAGA.....	21
2.6.1 PERBANDINGAN UDARA BAHAN BAKAR (A/F) ATAU AFR	22
2.7 MIXER	23
2.8 CYCLONE	25
2.9 TEORI PENCAMPURAN.....	26
2.9.1 PENCAMPURAN GAS.....	26

2.9.2	HUKUM DALTON UNTUK PENCAHAMPURAN GAS IDEAL: PENAMBAHAN TEKANAN PARSIAL.....	29
2.10	DINAMOMETER DYNODYNAMICS	32
2.10.1	PERHITUNGAN INERSIA CHASSIS DINAMOMETER	32
2.10.2	PENGUKURAN TENAGA MESIN.....	33
2.10.3	CARA KERJA INERSIA PADA DINAMOMETER JENIS ROLLING ROAD.....	35
2.11	SIMULASI PENCAHAMPURAN GAS	36
2.12	SISTEM PENGAPIAN AC PADA SEPEDA MOTOR	37
2.12.1.	FLYWHEEL MAGNETO DAN ALTERNATOR	39
2.12.2.	KOIL PENGAPIAN (IGNITION COIL).....	40
2.12.3.	BUSI	41
2.12.4.	CDI (CAPACITOR DISCHARGE IGNITION)	43
2.12.5.	DIODA	45
2.12.6.	JENIS-JENIS DIODA	46
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	48
3.1	PENELITIAN.....	48
3.2	ALAT UJI.....	49
3.3	PEMERIKSAAN DAN KALIBRASI ALAT	54
3.4	PELAKSANAAN PENGUJIAN	57
3.4.1	PENGUJIAN KADAR EMISI/ GAS BUANG.....	57
3.4.2	PENGUJIAN PERCEPATAN SEPEDA MOTOR.....	57
3.4.3	PENGUJIAN TORSI DENGAN DINAMOMETER.....	59
3.4.4.	PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR	60
BAB 4	PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA.....	64
4.1	PEMBUATAN MAPPING WAKTU PENYALAHAN.....	64
4.2	PERHITUNGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR	125
4.2.1.	LAJU KONSUMSI LPG	125
4.2.2.	LAJU KONSUMSI BENSIN	126
4.2.3.	LAJU KONSUMSI BAHAN BAKAR CAMPURAN....	127
4.3	PERHITUNGAN AKSELERASI	128

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	129
5.1 ANALISIS PRESTASI MESIN	129
5.1.1. ANALISIS PERBANDINGAN BHP DAN TORSI	129
5.2 ANALISA KONSUMSI BAHAN BAKAR	149
5.3 ANALISA EMISI GAS BUANG	150
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	158
6.1 KESIMPULAN	158
6.2 SARAN	159
DAFTAR ACUAN	160
DAFTAR PUSTAKA.....	161



DAFTAR TABEL

TABEL 4.1.1.	VARIASI <i>MAPPING</i> YANG DIUJIKAN.....	64
TABEL 4.1.2.	<i>PERFORMANCE</i> MAP-1, REGULATOR 180°	67
TABEL 4.1.3.	<i>PERFORMANCE</i> MAP-2, REGULATOR 180°	69
TABEL 4.1.4.	<i>PERFORMANCE</i> MAP-3, REGULATOR 180°	71
TABEL 4.1.5.	<i>PERFORMANCE</i> MAP-4, REGULATOR 180°	73
Tabel 4.1.6.	<i>Performance</i> Map-5, Regulator 180°	75
Tabel 4.1.7.	<i>Performance</i> Map-6, Regulator 180°	77
Tabel 4.1.8.	<i>Performance</i> Map-7, Regulator 180°	79
Tabel 4.1.9.	<i>Performance</i> Map-8, Regulator 180°	81
Tabel 4.1.10.	<i>Performance</i> Map-9, Regulator 180°	83
Tabel 4.1.11.	<i>Performance</i> Map-10, Regulator 180°	85
Tabel 4.1.12.	<i>Performance</i> Map-11, Regulator 180°	87
Tabel 4.1.13.	<i>Performance</i> Map-12, Regulator 180°	89
Tabel 4.1.14.	<i>Performance</i> Map-13, Regulator 180°	91
Tabel 4.1.15.	<i>Performance</i> Map-14, Regulator 180°	93
Tabel 4.1.16.	<i>Performance</i> Map-15, Regulator 180°	95
Tabel 4.1.17.	<i>Performance</i> Map-16, Regulator 180°	97
Tabel 4.1.18.	<i>Performance</i> Map-3, Regulator 270°	99
Tabel 4.1.19.	<i>Performance</i> Map-4, Regulator 270°	100
Tabel 4.1.20.	<i>Performance</i> Map-5, Regulator 270°	102
Tabel 4.1.21.	<i>Performance</i> Map-6, Regulator 270°	104
Tabel 4.1.22.	<i>Performance</i> Map-7, Regulator 270°	105
Tabel 4.1.23.	<i>Performance</i> Map-8, Regulator 270°	107
Tabel 4.1.24.	<i>Performance</i> Map-9, Regulator 270°	109
Tabel 4.1.25.	<i>Performance</i> Map-11, Regulator 270°	111
Tabel 4.1.26.	<i>Performance</i> Map-12, Regulator 270°	113
Tabel 4.1.27.	<i>Performance</i> Map-13, Regulator 270°	114
Tabel 4.1.28.	<i>Performance</i> Map-14, Regulator 270°	116
Tabel 4.1.29.	<i>Performance</i> Map-15, Regulator 270°	118
Tabel 4.1.30.	<i>Performance</i> Map-16, Regulator 270°	119
Tabel 4.1.31.	Perbandingan Tenaga dan Torsi, Regulator 180°	121
Tabel 4.1.32.	Waktu Pengapian untuk Regulator 180°	122
Tabel 4.1.33.	Perbandingan Tenaga dan Torsi, Regulator 270°	124
Tabel 4.2.1.	Hasil Uji Jalan	125
Tabel 4.2.1.1.	Laju Aliran LPG	126
Tabel 4.2.2.1.	Laju Konsumsi Bensin	127
Tabel 4.2.3.1.	Laju Konsumsi Bahan Bakar Campuran.....	127
Tabel 4.3.1.	Waktu Akselerasi	128
Tabel 5.2.1.	Penghematan Bahan Bakar Bensin antara penggunaan LPG dengan penggunaan LPG setelah <i>re-map</i>	149
Tabel 5.2.2.	Penghematan Bahan Bakar Bensin antara tanpa penggunaan LPG dengan penggunaan LPG setelah <i>re-map</i>	149
Tabel 5.3.1.	Hasil uji dengan <i>gas analyzer</i>	150

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

Gambar 2.1	Proses Kerja Motor Otto Empat Langkah	8
Gambar 2.2	Diagram P-V dan T-S Ideal Motor Otto Empat Langkah	9
Gambar 2.7.1	Venturi.....	25
Gambar 2.9.2.1.	Hukum Dalton	31
Gambar 2.12.1	Konstruksi Flywheel Magneto dan Alternator.....	39
Gambar 2.12.2.1	Koil Pengapian	41
Gambar 2.12.3.1	Busi.....	42
Gambar 2.17	Skema CDI	44
Gambar 2.12.5.1	lambang dioda	45
Gambar 2.12.5.2	Kaki Dioda	46
Gambar 2.12.6.1	Lambang Dioda Zener.....	46
Gambar 2.12.6.2	Lambang LED (<i>Light Emitting Diodes</i>).....	47
Gambar 3.2.1	Dynojet model 250i.....	53
Gambar 3.2.2	Skema Pencampuran Bahan Bakar	54
Gambar 3.3.1	<i>gas analyzer</i>	55
Gambar 3.4.2.1	Skema Pengujian Percepatan	59
Gambar 3.4.4.1	Pengukuran Massa Gas	61
Grafik 4.1.1.	<i>Mapping</i> Waktu Penyalaan	67
Grafik 5.1.1.	BHP <i>timing</i> standar, regulator 180°.....	130
Grafik 5.1.2.	BHP map-1, regulator 180°	131
Grafik 5.1.3.	BHP map-2, regulator 180°	131
Grafik 5.1.4.	BHP map-3, regulator 180°	132
Grafik 5.1.5.	BHP map-4, regulator 180°	132
Grafik 5.1.6.	BHP map-5, regulator 180°	133
Grafik 5.1.7.	BHP map-6, regulator 180°	133
Grafik 5.1.8.	BHP map-7, regulator 180°	133
Grafik 5.1.9.	BHP map-8, regulator 180°	134
Grafik 5.1.10.	BHP map-9, regulator 180°	134
Grafik 5.1.11.	BHP map-10, regulator 180°	134
Grafik 5.1.12.	BHP map-11, regulator 180°	135
Grafik 5.1.13.	BHP map-12, regulator 180°	135
Grafik 5.1.14.	BHP map-13, regulator 180°	135
Grafik 5.1.15.	BHP map-14, regulator 180°	136
Grafik 5.1.16.	BHP map-15, regulator 180°	136
Grafik 5.1.17.	BHP map-16, regulator 180°	136
Grafik 5.1.18.	BHP dari setiap variasi <i>timing</i> penyalaan, regulator 180°	137
Grafik 5.1.19.	BHP dari setiap variasi <i>timing</i> penyalaan, regulator 180°-2	138
Grafik 5.1.20.	Timing pengapian, regulator 180°	139
Grafik 5.1.21.	BHP standar, regulator 270°	140
Grafik 5.1.22.	BHP map-3, regulator 270°	140
Grafik 5.1.23.	BHP map-4, regulator 270°	141
Grafik 5.1.24.	BHP map-5, regulator 270°	141
Grafik 5.1.25.	BHP map-6, regulator 270°	142
Grafik 5.1.26.	BHP map-7, regulator 270°	142
Grafik 5.1.27.	BHP map-8, regulator 270°	143

Grafik 5.1.28.	BHP map-9, regulator 270°	143
Grafik 5.1.29.	BHP map-11, regulator 270°	144
Grafik 5.1.30.	BHP map-12, regulator 270°	144
Grafik 5.1.31.	BHP map-13, regulator 270°	145
Grafik 5.1.32.	BHP map-14, regulator 270°	145
Grafik 5.1.33.	BHP map-15, regulator 270°	145
Grafik 5.1.34.	BHP map-16, regulator 270°	146
Grafik 5.1.35.	BHP Setiap Timing Penyalaan.....	147
Grafik 5.1.36.	BHP Setiap <i>Timing</i> penyalaan, Regulator 270°	147
Grafik 5.1.37.	<i>Timing</i> pengapian, regulator 270°	148
Grafik 5.3.1.	Perbandingan gas CO antara sebelum dan sesudah <i>re-map</i> , regulator 180°	152
Grafik 5.3.2.	Perbandingan gas CO antara sebelum dan sesudah <i>re-map</i> , regulator 270°	152
Grafik 5.3.3.	Perbandingan gas CO antara hasil <i>re-map</i> , regulator 180° dan 270°	153
Grafik 5.3.4.	Perbandingan gas CO ₂ antara sebelum dan sesudah <i>re-map</i> , regulator 180°	154
Grafik 5.3.5.	Perbandingan gas CO ₂ antara sebelum dan sesudah <i>re-map</i> , regulator 270°	154
Grafik 5.3.6.	Perbandingan gas CO ₂ antara hasil <i>re-map</i> , regulator 180° dan 270°	155
Grafik 5.3.7.	Perbandingan kadar HC antara sebelum dan sesudah <i>re-map</i> , regulator 180°	155
Grafik 5.3.8.	Perbandingan kadar HC antara sebelum dan sesudah <i>re-map</i> , regulator 270°	156
Grafik 5.3.9.	Perbandingan kadar HC antara hasil <i>re-map</i> , regulator 180° dan 270°	156

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Teknologi dan ilmu pengetahuan yang terus berkembang menghasilkan inovasi-inovasi radikal maupun inkremental yang mengarah pada optimasi dan efisiensi sistem. Salah satu bidang dengan tingkat inovasi inkremental yang cukup tinggi adalah bidang otomotif. Inovasi inkremental ini ditunjukkan melalui berbagai modifikasi yang dilakukan untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan dari para pengendara kendaraan bermotor dalam rangka mencapai performa yang paling optimal dan efisien.

Selain itu, sebagai kaum *engineering*, kita ditantang untuk menciptakan modifikasi-modifikasi baru untuk mencapai performa yang optimal dan efisien. Kendaraan bermotor selalu dituding sebagai penyebab pencemaran udara dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi. Dengan proses modifikasi, maka akan dihasilkan kendaraan dengan tingkat konsumsi bahan bakar yang minimal, dan gas buang yang bebas polutan. Selain efisiensi dari segi konsumsi bahan bakar dan gas buang, modifikasi juga dapat menambah torsi dan akselerasi.

Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia telah melakukan beberapa jenis modifikasi yang bertujuan untuk meningkatkan performa dan menurunkan tingkat emisi dari kendaraan bermotor. Jenis-jenis modifikasi yang dilakukan antara lain penambahan LPG di ruang bakar, penggunaan *ventury mixer*, dan penambahan *bluff body* secara berturut-turut. Tentunya dalam penelitian mengenai modifikasi tersebut diberikan variasi untuk tiap modifikasi untuk menentukan komposisi yang paling optimal. Dari penelitian-penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa modifikasi yang dilakukan mampu memberikan peningkatan torsi yang cukup signifikan.

Pada kenyataannya, masih banyak modifikasi yang dapat dilakukan dan memiliki potensi yang cukup besar terhadap peningkatan optimasi system kendaraan bermotor, bahkan mungkin lebih baik daripada modifikasi yang lebih

ada, baik dari segi performa maupun biaya. Pada penelitian sebelumnya dilakukan modifikasi penggunaan *cyclone* dengan sudut pengarah yang bervariasi dengan tetap mempertahankan modifikasi yang telah dilakukan sebelumnya.

Pada penelitian kali ini dilakukan perubahan dari waktu penyalaan dengan menggunakan CDI yang dapat diprogram. Waktu penyalaan yang akan diuji menjauhi titi mati atas dimulai dari waktu penyalaan standar pada motor suzuki thunder 125cc tahun 2007. Hal ini dikarenakan nilai oktan dan energi aktivasi dari LPG lebih tinggi sehingga diperlukan waktu yang lebih lama agar pembakaran lebih sempurna.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mendapatkan derajat pengapian baru yang akan membuat pembakaran menjadi lebih baik saat menggunakan *bifuel gasoline LPG*. Perubahan – perubahan yang diharapkan membaik yaitu, konsumsi bahan bakar dan emisi yang dihasilkan motor tersebut.

Tujuan lainnya adalah membandingkan hasil penelitian ini dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Pengujian ini juga dilakukan dengan beberapa variasi pengujian yang sudah dilakukan sebelumnya, yaitu variasi bukaan regulator LPG, variasi putaran mesin, variasi derajat pengapian, serta metode pembebanan dinamometer.

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Pembatasan masalah yang ditentukan agar penelitian ini terarah dan fokus pada bahasannya adalah:

- Pembahasan dilakukan pada hal-hal yang berkaitan dengan motor bensin 4 langkah SOHC dan sistem pengaplikasian gas LPG pada sistem bahan bakar untuk mengetahui tingkat konsumsi, prestasi mesin, dan kualitas emisi yang dihasilkan.

- Parameter yang diamati saat penelitian hanya konsumsi bahan bakar dan rasio campuran bahan bakar-udara, parameter prestasi mesin berupa daya keluaran, akselerasi dan konsumsi bahan bakar spesifik, serta kandungan emisi gas buang (HC, CO, CO₂).
- Pengujian dilakukan dengan menggunakan motor bensin 4 langkah SOHC yang dilengkapi dengan sistem saluran penambahan gas LPG dengan bahan bakar utama adalah bensin pertamax plus (oktan 95).
- Variasi besarnya bukaan regulator gas LPG sebesar 180° dan 270°. Ada pun kesamaan variabel berupa bukaan katup regulator 180° dikarenakan susahnya penyalaan motor pada bukaan 360°. Namun, jika dilakukan variasi bukaan dengan beda 45° perbedaan hasil tidak tampak.
- Variasi perubahan waktu penyalaan.

1.4 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rangkaian urutan kegiatan sebagai berikut:

- Memilih subjek penelitian.
- Melakukan studi literatur.
- Melakukan simulasi.
- Membuat mixer gas dan udara.
- Melakukan instalasi alat uji.
- Melakukan eksperimen pengujian unjuk kerja jalan sepeda motor.
- Melakukan eksperimen pengujian prestasi mesin.
- Melakukan eksperimen pengujian akselerasi sepeda motor.
- Melakukan eksperimen pengujian gas buang.
- Mengumpulkan dan mengolah data-data yang diperoleh dalam bentuk grafik dan menganalisisnya.
- Membuat kesimpulan.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun dalam urutan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang masalah, tujuan dilakukannya penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan tentang konsep motor pembakaran dalam empat langkah, parameter prestasi mesin, gas buang kendaraan bermotor, karakteristik bahan bakar cair LPG, langkah-langkah pemasangan gas LPG pada motor bakar satu silinder empat langkah, penjelasan mengenai *chasis dynamometer dynodynamics*, penjelasan mengenai kelebihan dari penambahan *cyclone* pada *bluff body* silinder venturi *mixer* 12 lubang menyilang, serta simulasi pencampuran LPG dan udara pada venturi *mixer*, dasar – dasar teori mengenai CDI.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan urutan proses instalasi alat uji, persiapan pengujian, tahap pengujian, serta prosedur pengambilan data.

BAB IV : PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data hasil dari percobaan, perhitungan dan pengolahan dari data yang telah diambil dari pengujian. Hasil pengolahan akan ditampilkan dalam bentuk tabel terpadu.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil pengujian yang telah dilakukan dan disajikan adalah dalam bentuk tabel dan grafik.

BAB VI : KESIMPULAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapat dari pengujian sepeda motor silinder 125 cc 4 langkah yang telah dilakukan perubahan ignition timing sehingga bisa didapatkan titik paling optimal yang menghasilkan tambahan horse power dan dengan fuel consumption lebih baik.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 MOTOR OTTO

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme pada mesin seperti torak, batang torak, dan poros engkol.

Berdasarkan metode penyalaan campuran bahan bakar—udara, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi *spark ignition engine* dan *compression ignition engine*. Dalam melakukan proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor yang telah disebutkan di atas akan melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja.

Berdasarkan siklus langkah kerjanya, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi motor 2 langkah dan motor 4 langkah. Berdasarkan pembatasan masalah, peralatan uji yang digunakan adalah motor *Otto* berbahan bakar bensin (*spark ignition engine*) dengan siklus 4 langkah. Motor *Otto* merupakan motor pembakaran dalam, karena motor *Otto* melakukan proses pembakaran gas dan udara di dalam silinder untuk melakukan kerja mekanis.

Motor *Otto* dengan sistem *Spark Ignition* menggunakan bantuan bunga api untuk menyalakan atau membakar campuran bahan bakar—udara. Bunga api yang digunakan berasal dari busi. Busi akan menyala saat campuran bahan bakar-udara mencapai rasio kompresi, temperatur, dan tekanan tertentu sehingga akan terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong torak

bergerak bolak-balik. Siklus langkah kerja yang terjadi pada mesin jenis ini dinamakan siklus *Otto* dengan menggunakan bahan bakar bensin.

Siklus Kerja Motor Otto

Komponen-komponen utama dari sebuah motor *Otto* adalah:

1. Katup Masuk (*intake valve*)

Katup masuk adalah katup yang berfungsi untuk mengontrol pemasukan campuran udara-bahan bakar ke dalam silinder mesin dan mencegah terjadinya aliran balik ke dalam saluran masuk campuran udara-bahan bakar (*intake manifold*).

2. Katup Buang (*exhaust valve*)

Katup buang adalah katup yang mengontrol pengeluaran hasil pembakaran dari silinder mesin untuk dibuang keluar dan menjaga agar arah aliran yang mengalir hanya satu arah.

3. Torak

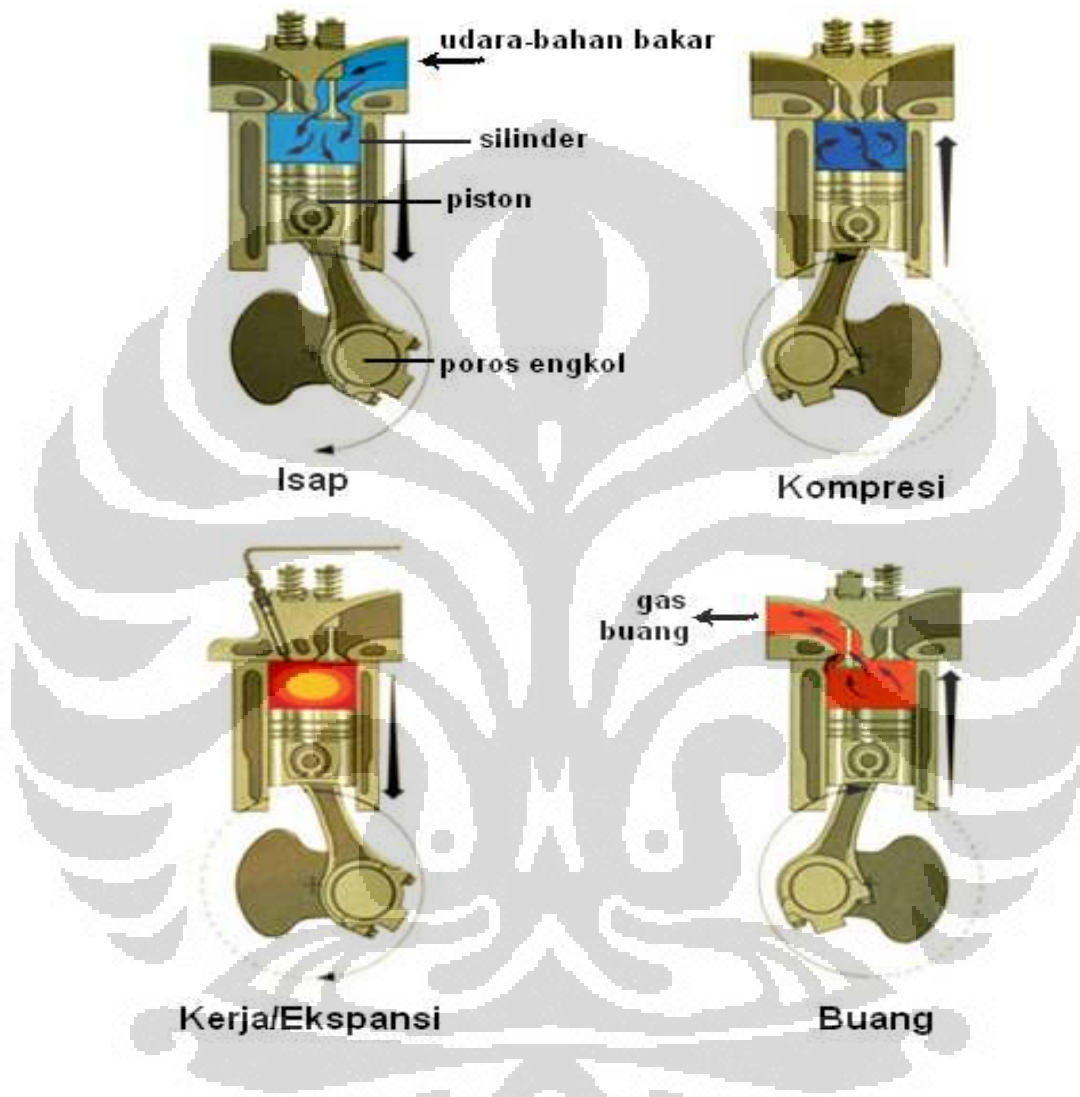
Torak adalah komponen berbentuk silinder yang bergerak naik turun di dalam silinder, dan berfungsi untuk mengubah tekanan di dalam ruang bakar menjadi gerak rotasi poros engkol.

4. Busi

Busi adalah komponen listrik yang digunakan untuk memicu pembakaran campuran udara-bahan bakar dengan menciptakan percikan listrik bertegangan tinggi pada celah elektroda.

Pada mesin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik dalam silinder dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sebanyak 2 putaran engkol untuk memenuhi 1 siklus kerja. Jarak yang ditempuh torak selama gerakan bolak-

balik disebut dengan *stroke* atau langkah torak. Langkah-langkah yang terdapat pada motor bensin 4 langkah adalah langkah isap, kompresi, kerja, dan buang.

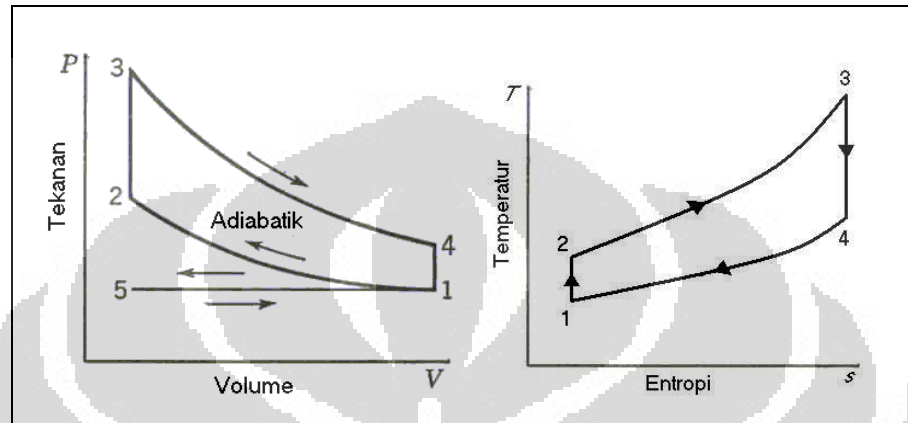


Gambar 2.1 Proses Kerja Motor Otto Empat Langkah

Sumber : <http://www.bankspower.com>

Pada motor *Otto* 4 langkah ini, gas pembakaran hanya mendorong torak pada langkah ekspansi saja. Oleh karena itu, untuk memungkinkan gerak torak pada tiga langkah lainnya maka sebagian energi pembakaran selama langkah ekspansi diubah dan disimpan dalam bentuk energi kinetis roda gila (*flywheel*).

Siklus kerja motor *Otto* dapat digambarkan pada diagram indikator, yaitu diagram P-V (tekanan-volume) dan diagram T-S (tekanan-entropi). Diagram indikator ini berguna untuk melakukan analisis terhadap karakteristik internal motor *Otto*.



Gambar 2.2 Diagram P-V dan T-S Ideal Motor Otto Empat Langkah

Sumber : <http://www.bankspower.com>

Langkah-langkah pada mesin *Otto* 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.1. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Langkah Isap (*intake*)

Selama langkah isap torak bergerak dari TMA menuju TMB, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Gerakan torak memperbesar volume ruang bakar dan menciptakan ruang hampa (*vacuum*) dalam ruang bakar. Akibatnya campuran udara dan bahan bakar terisap masuk ke dalam ruang bakar melalui katup masuk. Langkah isap berakhir ketika torak telah mencapai TMB.

2. Langkah kompresi (*compression*)

Selama langkah kompresi katup isap tertutup dan torak bergerak kembali ke TMA dengan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Gerakan torak tersebut mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar yang ada di dalam ruang bakar tertekan akibat volume ruang bakar yang diperkecil, sehingga tekanan dan temperatur di dalam silinder meningkat.

3. Pembakaran (*combustion*)

Pada akhir langkah kompresi, busi menyala sehingga campuran udara-bahan bakar yang telah memiliki tekanan dan temperatur tinggi terbakar. Pembakaran yang terjadi mengubah komposisi campuran udara-bahan bakar menjadi produk pembakaran dan menaikkan temperatur dan tekanan dalam ruang bakar secara drastis.

4. Langkah kerja/ekspansi (*expansion/power*)

Tekanan tinggi hasil dari proses pembakaran campuran udara-bahan bakar mengakibatkan torak terdorong menjauhi TMA. Dorongan ini merupakan kerja keluaran dari siklus mesin *Otto*. Dengan Bergeraknya torak menuju TMB, volume silinder meningkat sehingga temperatur dan tekanan dalam ruang bakar turun.

5. Langkah buang (*exhaust*)

Katup buang terbuka ketika torak telah mencapai TMB. Torak terus bergerak kembali menuju TMA sehingga gas hasil pembakaran tertekan keluar dari ruang bakar melalui katup buang.

Berdasarkan gambar 2.2. perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan siklus ini adalah sebagai berikut :

Proses 1-2 kerja kompresi isentropik :

$$q_{1-2} = 0 \text{ dan } w_{1-2} = c_v (T_1 - T_2) \quad (2.1)$$

Proses 2-3 pemasukan kalor pada volume konstan :

$$w_{2-3} = 0$$

$$Q_{2-3} = Q_{in} = m_f Q_H \nu \eta_c \text{ atau}$$

$$m_m c_v (T_3 - T_2) = (m_a + m_f) c_v (T_3 - T_2) \quad (2.2)$$

$$q_{2-3} = c_v (T_3 - T_2)$$

Proses 3-4 kerja ekspansi isentropik yang dihasilkan :

$$q_{3-4} = 0$$

$$w_{3-4} = c_v (T_3 - T_4) \quad (2.3)$$

Proses 4-1 pengeluaran gas buang pada volume konstan :

$$w_{4-1} = 0$$

$$q_{4-1} = q_{\text{out}} = c_v (T_4 - T_1) \quad (2.4)$$

Dari perhitungan didapat :

$$W_{\text{net}} = W_{3-4} + W_{1-2} = q_{\text{in}} - q_{\text{out}} \quad (2.5)$$

besarnya efisiensi termal :

$$\eta_{\text{th}} = W_{\text{net}} / q_{\text{in}} = 1 - (q_{\text{out}} / q_{\text{in}}) \quad (2.6)$$

Nilai efisiensi diatas hanya merupakan nilai *indicated* dari nilai perhitungan termodinamikanya.

2.2 Parameter Prestasi Mesin

Karakteristik unjuk kerja suatu motor bakar torak dinyatakan dalam beberapa parameter diantaranya adalah konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik, perbandingan bahan bakar—udara, daya keluaran. Berikut ditampilkan rumus-rumus dari beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan unjuk kerja motor bakar torak:

Konsumsi Bahan Bakar / Fuel Consumption (FC)

$$BFC = \frac{V_f}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \quad (2.7)$$

Keterangan:

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

V_f = konsumsi bahan bakar selama t detik (mL)

t = interval waktu pengukuran konsumsi bahan bakar (detik)

Laju Aliran massa Bahan Bakar (\dot{m}_f)

$$\dot{m}_f = \frac{BFC \cdot \rho_f}{3600 \cdot 1000} \quad (2.8)$$

Keterangan:

\dot{m}_f = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m³)

Laju aliran massa Udara (\dot{m}_a)

$$\dot{m}_a = \frac{AFR \cdot BFC \cdot \rho_f}{3600 \cdot 1000} \quad (2.9)$$

Keterangan :

AFR = rasio massa udara—bahan bakar (kg udara / kg bahan bakar)

\dot{m}_a = laju aliran massa udara (kg/s)

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m³), dalam hal ini adalah bensin = 754,2 kg/m³

Torsi (T)

$$T = F \cdot r \quad (2.10)$$

Keterangan :

T = torsi keluaran mesin (FtLbs)

F = pembebanan mesin (Lbs)

r = panjang lengan torsi (Ft)

Daya Keluaran / Brake Horse Power (BHP)

Satuan daya keluaran yang digunakan dalam perhitungan bukan merupakan satuan *British unit* karena hasil yang didapatkan pada pengukuran dengan menggunakan dynamometer menggunakan pengukuran *British unit*.

$$BHP = \frac{Torsi(ft / lbs) \cdot rpm}{5252} \quad (2.11)$$

Keterangan :

BHP = daya keluaran mesin (hp)

T = torsi keluaran mesin (*FtLbs*)

rpm = putaran mesin / N

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

$$BSFC = \frac{BFC}{BHP} \cdot \rho_f \quad (2.12)$$

Keterangan :

BSFC = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/hp.h)

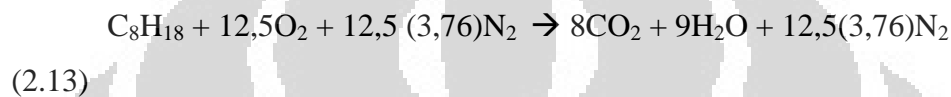
BFC = konsumsi bahan bakar (l/h)

BHP = daya keluaran mesin (hp)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m^3)

2.3 Pembakaran dan Emisi pada Motor Otto

Bahan bakar yang digunakan pada Motor Pembakaran Dalam – jenis *Otto* biasanya sejenis Hidro Karbon (HC). Dengan menganggap bahwa bahan bakar yang digunakan adalah *isooctane* maka reaksi pembakaran yang terjadi sebagai berikut :



Nilai 3,76 di dapat dari perbandingan % vol N_2 dengan % vol O_2 pada udara bebas yaitu $79\% / 21\% = 3,76$ dengan menganggap gas lainnya seperti argon, CO_2 dan lainnya sangat kecil.

Reaksi pembakaran tersebut terjadi di dalam ruang bakar pada tekanan dan suhu yang tinggi. Motor Bakar Dalam yang baik mempunyai komposisi gas buang berupa CO_2 , H_2O , N_2 seperti reaksi diatas,namun adakalanya terjadi pembakaran yang kurang sempurna sehingga akan menghasilkan emisi gas berupa CO, HC, Gas tersebut juga bersifat beracun. Agar dapat terjadi pembakaran yang sempurna diperlukan perbandingan yang tepat antara massa bahan-bakar / massa udara (AFR). Jika reaksi tersebut diatas terjadi sempurna maka perbandingannya :

Massa bahan bakar (m_f) adalah $1 \text{ kmol} (114 \text{ kg/kmol}) = 114 \text{ kg}$

Massa udara (m_a) adalah $12,5 (4,76) \text{ kmol} (29 \text{ kg/kmol}) = 1725,5 \text{ kg}$,
sehingga AFR untuk reaksi tersebut

$$\text{AFR} = m_a / m_f = 1725,5 / 114 = 15,13$$

(2.14)

Nilai perbandingan inilah yang nantinya dipakai pada lembar data untuk nilai AFR stoikiometrinya.

2.4 Terbentuknya Polutan pada Aliran Gas Buang

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor di bedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O₃) dan peroksiasetil nitrat (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

2.4.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida selalu terdapat didalam gas buang pada saat proses penguraian dan hanya ada pada knalpot kendaraan. CO merupakan produk dari pembakaran yang tidak tuntas yang disebabkan karena tidak seimbangny jumlah udara pada rasio udara-bahan bakar (AFR) atau waktu penyelesaian pembakaran yang tidak tepat. Pada campuran kaya bahan bakar, konsentrasi CO akan meningkat dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna untuk menghasilkan CO₂. Pada beberapa hasil, konsentrasi CO yang terukur lebih besar dari konsentrasi kesetimbangan. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi pembentukan yang tidak sempurna pada langkah ekspansi.

Untuk menurunkan emisi CO dapat dilakukan dengan menjalankan mesin dengan campuran kering yang menyebabkan hilangnya tenaga atau dengan cara menambahkan alat pada knalpot untuk mengoksidasi CO yang dihasilkan mesin. Secara teoritis, kadar CO pada gas buang dapat dihilangkan dengan menggunakan AFR lebih besar dari 16:1. Namun pada kenyataannya kadar CO akan selalu terdapat pada gas buang walaupun pada campuran yang kering sekalipun.

Persentase CO pada gas buang meningkat pada saat *idle* dan menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan dan pada saat kecepatan konstan. Pada saat perlambatan dimana terjadi penutupan *throttle* yang menyebabkan berkurangnya suplai oksigen ke mesin akan mengakibatkan tingginya kadar CO yang dihasilkan.

2.4.2 Hidrokarbon (HC)

Emisi hidrokarbon yang tidak terbakar merupakan hal berkaitan langsung dengan pembakaran yang tidak sempurna. Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variable disain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbon merupakan proses rantai dengan hasil lanjutan berupa aldehid. Beberapa jenis aldehid bersifat stabil dan keluar bersama gas buang. Sumber utama dari pembentukan hidrokarbon adalah *wall quenching* yang diamati pada saat api menjalar kearah dinding, terdapat lapisan tipis yang tidak terjadi reaksi kimia kecuali terjadinya pemecahan bahan bakar. Lapisan tipis ini mengandung hidrokarbon yang tidak terbakar atau disebut juga *quench distance*.

Besarnya *quench distance* ini bervariasi antara 0,008 sampai 0,038 cm yang dipengaruhi oleh temperature campuran, tekanan, AFR, temperatur permukaan dinding dan endapan pembakaran. Besarnya konsentrasi hidrokarbon didalam gas buang sama dengan besar konsentrasi CO, yaitu tinggi pada saat campuran kaya dan berkurang pada titik temperatur tertinggi.

2.4.3 Nitrogen Oksida (NO_x)

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor di bedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O₃) dan peroksi asetil nitrat (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

Komponen utama dari NO_x adalah nitrogen oksida (NO) yang dapat dikonversikan lagi menjadi nitrogen dioksida (NO₂) dan nitrogen tetraoksida (N₂O₄). Oksida-oksida nitrogen (NO_x) biasanya dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi dari bahan bakar gas, minyak atau batu bara. Suhu yang tinggi pada ruang bakar akan menyebabkan sebagian N₂ bereaksi dengan O₂. Jika terdapat N₂ dan O₂ pada temperatur lebih dari 1800 °C, akan terjadi reaksi pembentukan gas NO sebagai berikut:



Di udara, NO mudah berubah menjadi NO₂. Komposisi NO_x di dalam gas buang terdiri dari 95 % NO, 3—4 % NO₂, dan sisanya adalah N₂O serta N₂O₃.

Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif yang tinggi terhadap kesehatan manusia, NO merupakan gas inert dan ‘hanya’ bersifat racun. Sama halnya dengan CO, NO mempunyai afinitas yang tinggi terhadap oksigen dibandingkan dengan hemoglobin dalam darah. Dengan demikian pemaparan terhadap NO dapat mengurangi kemampuan darah membawa oksigen sehingga tubuh kekurangan oksigen dan mengganggu fungsi metabolisme. Namun NO₂ dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru.

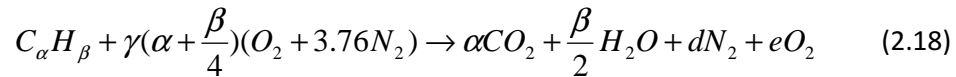
2.4.4 Udara Berlebih (Excess Air)

Perhitungan-perhitungan pembakaran harus terkait dengan persyaratan perlengkapan pembakaran aktual di mana perlengkapan tersebut masih layak pakai. Nilai udara stoikiometri mendefinisikan suatu proses pembakaran dengan efisiensi 100%, sehingga tidak ada lagi udara yang terbuang. Pada kenyataannya, untuk mencapai pembakaran sempurna, harus disediakan sejumlah udara yang lebih besar daripada kebutuhan stoikiometri. Hal ini dikarenakan sulitnya mendapatkan pencampuran yang memuaskan antara bahan bakar dengan udara pada proses pembakaran aktual. Udara perlu diberikan dalam jumlah berlebih untuk memastikan terbakarnya seluruh bahan bakar yang ada secara sempurna.

$$\% \text{ udara teoritis} = \left(\frac{m_{ua}}{m_{us}} \right) 100 = \left(\frac{N_{ua}}{N_{us}} \right) 100 \quad (2.16)$$

$$\% \text{ udara lebih} = \% \text{ udara teoritis} - 100 \quad (2.17)$$

dengan udara berlebih, pembakaran terjadi pada kondisi bahan bakar yang “kering” (*lean*). Sehingga udara berlebih (*excess air*) yang belum tereaksi muncul pada produk pembakaran.



Untuk pembakaran bahan bakar yang berwujud gas, total kebutuhan udara yang diperlukan cukup 5% di atas kebutuhan stoikiometri. Sehingga nilai γ adalah $(100 + 5) \% = 1,05$

2.5 KARAKTERISTIK BAHAN BAKAR CAIR LPG

Liquefied Petroleum Gas atau LPG merupakan campuran dari berbagai hidrokarbon yang dikenal sebagai butana, propana, isobutana atau campuran antara butana dengan propana, sebagai hasil sampingan minyak mentah, berbentuk gas. Dengan menambah tekanan atau menurunkan suhunya membuat menjadi cairan. Sifat-sifat umum LPG adalah sebagai berikut:

- Massa jenis butana dua kali lebih besar dari massa jenis udara.
- Massa jenis propana satu setengah kali lebih besar dari massa jenis udara.
- LPG tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal.
- LPG merupakan *solvent* yang baik terhadap karet sehingga kemasan atau tabung yang digunakan harus diperhatikan.
- LPG tidak memiliki warna, baik dalam bentuk cairan maupun dalam bentuk gas.
- LPG tidak memiliki bau. Umumnya LPG komersial ditambahkan zat yang berbau (*odor*) untuk alasan keselamatan. Zat berbau yang biasa digunakan adalah *Ethyl Mercaptane*, yang memiliki bau menyengat seperti petai.
- LPG tidak mengandung racun.
- Bila menguap di udara bebas, LPG akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga terdapat aliran gas.

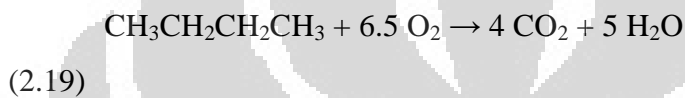
Selain digunakan sebagai bahan bakar, gas LPG digunakan pula sebagai bahan penekan. LPG banyak digunakan untuk hasil produksi yang berjenis *spray* seperti *deodorant*, minyak wangi *spray*, cat semprot, dan kosmetik yang digunakan dalam bentuk *spray*.

Zat berbau yang dicampurkan dengan LPG membantu agar kebocoran gas dapat diketahui. Bau yang dihasilkan sangat menusuk hidung sehingga kebocoran gas dapat ditanggulangi secepatnya.

Dalam proses pembakaran, LPG tidak menghasilkan sisa pembakaran sehingga kebersihan lingkungan sekitar dapat terjamin.

2.5.1 BUTANA

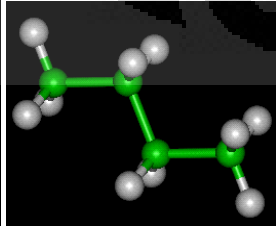
Butana, yang sering juga disebut sebagai n-butana, adalah alkana yang memiliki empat atom Karbon ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$). Butana sangat mudah terbakar, tidak berwarna dan mudah untuk dicairkan (*liquified gases*). Pada pembakaran dengan jumlah oksigen yang banyak, butana akan berubah menjadi karbon dioksida dan uap air. Persamaan reaksi pembakaran butana adalah:



Jika kadar oksigen yang tersedia terbatas, karbon monoksida kemungkinan akan terbentuk.

Gas butana biasanya dijual dalam bentuk LPG, dimana gas butana dicampur dengan propana dan gas-gas hidrokarbon lain. Gas butana biasa digunakan untuk keperluan rumah tangga dan perkemahan. Butana juga biasa digunakan sebagai *feedstock* untuk produksi kimia dasar dalam *steam cracking*, sebagai bahan bakar pada korek api dan sebagai propelan pada alat penyemprot. Karakteristik butana antara lain sebagai berikut:

Tabel 2.1 Sifat Butana

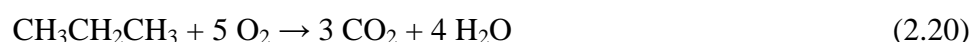
Butana ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)		
		
Sifat		
<i>Specific Gravity</i> (15°C)	0.582	(<i>liquid</i>), 2.01

	(gas)
<i>Solubility in water</i>	6.1 mg/100 ml (20 °C)
<i>Melting point</i>	-138.3 °C (134.9 K)
<i>Boiling point</i>	-0.5 °C (272.7 K)
<i>Flash point</i>	-60 °C
<i>Autoignition temperature</i>	287 °C
<i>Explosive limits</i>	1.8–8.4%
<i>Calorific value :</i>	
(MJ/m ³) dry	112.9
(Btu/ft ³) dry	3 030
(MJ/kg)	45.8
(Btu/lb)	19 700
<i>Mole weight</i>	58.12 kg/kmol

Sumber : www.wikipedia.org

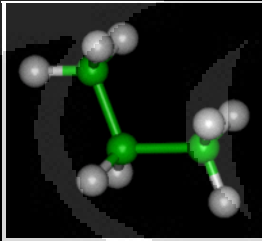
2.5.2 Propana

Propana adalah alkana yang memiliki tiga atom Karbon (C₃H₈) dan merupakan gas yang tidak berwarna. Propana diperoleh dari proses pemisahan gas tersebut dengan produk petroleum yang lain selama proses pengolahan minyak atau gas bumi. Propana secara umum digunakan sebagai sumber panas pada mesin, alat panggangan dan perumahan. Propana dijual dalam bentuk LPG sebagai bahan bakar, yang merupakan campuran propana dengan propilen, butana, dan butilen dalam jumlah yang lebih kecil dan ditambahkan pembau. Reaksi pembakaran propana dengan udara akan menghasilkan CO₂ dan H₂O dengan persamaan reaksi:



Karena massa jenisnya lebih besar daripada udara, propana akan jatuh dan berada di atas permukaan lantai jika dilepaskan ke udara bebas. Propana cair akan berubah menjadi uap pada tekanan atmosfer dan berwarna putih karena mengembun. Propana memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2.2 Sifat Propana

Propana (CH₃CH₂CH₃)	
	
Sifat	
<i>Specific Gravity (15°C)</i>	0.54 (<i>liquid</i>), 1.5 (<i>gas</i>)
<i>Melting point</i>	-187.6 °C (85.5 K)
<i>Boiling point</i>	-42.09 °C (231.1 K)
<i>Solubility in water</i>	0.1 g/cm ³ (37.8°C)
<i>Flash point</i>	-104 °C
<i>Autoignition temperature</i>	432 °C
<i>Explosive limits</i>	2.1–9.5%
<i>Calorific value :</i>	
(MJ/m ³) <i>dry</i>	86.1
(Btu/ft ³) <i>dry</i>	2 310
(MJ/kg)	46.3
(Btu/lb)	19 900
<i>Mole weight</i>	44.10 kg/kmol

Sumber : www.wikipedia.org

2.6 PENGARUH ALIRAN LPG SEBAGAI PENAMBAH TENAGA

Gas LPG yang telah dicampurkan dengan udara akan mempermudah proses pembakaran di dalam ruang bakar. Campuran udara dan gas LPG akan bercampur dengan bensin di karburator yang kemudian dibakar di ruang bakar.

Campuran udara, gas LPG, dan bensin akan lebih mudah terbakar daripada campuran yang hanya terdiri atas udara dan bensin. Hal ini disebabkan karena gas LPG yang tercampur dengan udara akan lebih dulu terbakar dibandingkan dengan bahan bakar cair yang belum sepenuhnya menguap. Pembakaran LPG yang lebih awal akan membantu terjadinya pembakaran bahan bakar minyak (bensin) yang sempurna.

Reaksi pembakaran yang sangat cepat akan mengakibatkan terjadi gangguan dalam sistem pembakaran, seperti terjadi *autoignition*, besarnya kadar bahan bakar yang tidak terbakar. Hal ini disebabkan oleh :

- Angka *Oktan* yang terlalu rendah
- Penyetelan sudut pengapian yang tidak tepat
- Busi terlalu panas
- Pendinginan terlalu miskin
- *Reignition* terhadap hasil pembakaran sebelumnya
- Kurangnya oksigen (udara)

Oleh karena itu untuk pembakaran yang baik diperlukan keadaan:

- Angka *Oktan* yang lebih tinggi
- Jumlah campuran udara dan bensin yang tepat
- Temperatur pembakaran yang sesuai
- Waktu pembakaran yang cukup

2.6.1 Perbandingan Udara Bahan Bakar (A/F) atau AFR

Perbandingan antara massa campuran udara dan LPG serta bahan bakar , sangat berpengaruh pada kualitas pembakaran. Setiap bahan bakar memiliki standard tersendiri, berapa rasio perbandingan udara dan bahan bakar yang minimum, sehingga reaksi pembakaran dapat berlangsung secara sempurna. Rasio standard bahan bakar disebut AFR teoritis.

$$(A/F)_{\text{teoritis}} = m_{\text{udara}} / m_{\text{bahan bakar}} \quad (2.21)$$

Pada pembakaran reaksi aktual, sulit untuk mencapai $(A/F)_{teoritis}$, tergantung dari setingan mesin dan pengendara kendaraan bermotor dalam memacu kendaraannya.

2.7 MIXER

Venturi *mixer* ialah suatu konstruksi pencampuran sederhana, yaitu sebuah venturi yang diletakkan sebelum karburator. *Mixer* ini digunakan untuk mencampurkan gas dengan udara sebelum dicampur dengan bensin. Bentuk venturi akan mempengaruhi kualitas pencampuran dan jenis aliran yang dihasilkan, sehingga akan berpengaruh terhadap proses pembakaran nantinya.

Dalam perancangan *mixer* yang perlu diperhatikan ialah:

1. *Mixer* dapat menghasilkan campuran yang homogen sehingga siap untuk dibakar dalam ruang bakar mesin.
2. *Mixer* mudah dipasang pada mesin konvensional serta pemeliharaan mudah serta murah.
3. *Dual Fuel* tidak akan mengganggu kerja karburator utama.
4. *Mixer* dapat menghasilkan campuran dengan perbandingan yang tepat agar dapat menghasilkan unjuk kerja yang optimum pada berbagai kondisi

Terdapat dua jenis *mixer* dalam penelitian ini, yaitu:

1. Jet Fuel (Model Lama)

Model ini merupakan *mixer* sederhana. Pada *mixer* ini udara mengalir melalui saluran udara yang berbentuk venturi, tekanan udara turun sehingga terjadi kevakuman, bersamaan dengan itu gas disemburkan melalui jet fuel/nozzle. Kelemahan pada sistem ini yaitu aliran udara tertahan oleh jet fuel sehingga udara tidak mengalir sempurna dan campuran yang dihasilkan kurang homogen.

2. Mixer Ring

Pada *mixer* jenis ini gas masuk melalui lubang-lubang di sekeliling saluran udara. Keuntungan dengan menggunakan *mixer* jenis ini ialah aliran udara tidak terganggu oleh nozzle, dan juga lubang-lubang di sekeliling saluran udara memungkinkan tumbukan antara molekul gas dengan udara lebih

banyak terjadi sehingga kemungkinan campuran yang dihasilkan untuk mencapai keadaan homogen lebih besar. Kekurangannya antara lain terdapat kemungkinan aliran tidak merata karena tekanan dan kecepatan yang mengalir ke dalam lubang *mixer* mengalami *losses* pada daerah terjauh dari inlet gas masuk.

Venturi *mixer* memanfaatkan efek venturi, yaitu fenomena terjadinya kevakuman pada venturi. Fenomena ini terjadi ketika udara mengalir melalui pembatas (*constriction*), dan pada saat itu (vakum) gas akan mengalir ke dalam saluran udara.

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa rasio aliran (flow rate) pada sisi kiri suatu saluran fluida harus sama dengan rasio aliran pada sisi kanan saluran tersebut.

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.22)$$

Persamaan Bernoulli menunjukkan bahwa perubahan kecepatan aliran berpengaruh pada besar kecilnya tekanan pada aliran tersebut.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gZ_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gZ_2 \quad (2.23)$$

$$P_2 = \left\{ \frac{\rho}{2} (V_1^2 - V_2^2) \right\} + \{ g (Z_1 - Z_2) \} + P_1 \quad (2.24)$$

dimana

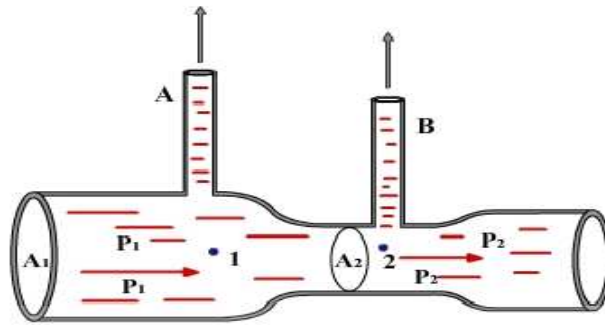
v = kecepatan fluida sepanjang aliran

g = percepatan gravitasi

h = tinggi fluida

p = tekanan sepanjang aliran

ρ = massa jenis fluida



Gambar 2.7.1 Venturi

Sumber : www.wikipedia.org

Persamaan di atas menyatakan bahwa semakin cepat suatu fluida bergerak, semakin kecil tekanannya. Fluida yang mengalir melalui saluran pipa akan mengalami kenaikan kecepatan ketika melewati pipa yang diameternya mengecil sesuai dengan persamaan kontinuitas. Fluida yang mengalir dalam hal ini adalah udara. Ketika kecepatan udara yang melewati pipa bertambah besar, tekanannya berkurang sehingga membuat terjadinya tekanan rendah atau kevakuman pada venturi sesuai dengan hukum kekekalan energi. Kevakuman ini membuat fluida yang lain dapat mengalir mengisi ruang vakum melalui saluran yang ada. Fluida kedua yang digunakan dalam penelitian ini adalah LPG.

2.8 CYCLONE

Cyclone merupakan alat tambahan yang ditempatkan pada saringan udara sebelum masuk karburator dan ada juga yang diletakkan pada saluran intake manifold sesuai dengan jumlah silinder atau saluran intake manifold yang ada pada motor bensin/diesel. Pada umumnya cyclone terbuat dari bahan yang tahan karat serta memiliki sudu-sudu yang membentuk kemiringan tertentu, dimana sudu-sudu tersebut berfungsi agar udara yang melewati sudu-sudu tersebut akan berbentuk pusaran sehingga dengan terbentuknya aliran pusaran udara tersebut pencampuran bahan bakar-udara menjadi lebih homogen dan aliran pencampuran bahan bakar-udara langsung menuju pusat pembakaran pada ruang bakar akibatnya

pembakaran menjadi lebih sempurna yang pada akhirnya akan meningkatkan performansi/unjuk kerja dari motor bensin/diesel.

Berikut adalah faktor yang mempengaruhi kinerja dari cyclone :

- Jumlah atau banyaknya sudu yang digunakan
- Bentuk atau profil daun sudu dari cyclone
- Posisi pemasangan cyclone dari karburator
- Pengaruh lain akibat sifat dari mesin dan manusia (*machine and human errors*)

2.9 TEORI PENCAMPURAN

2.9.1 PENCAMPURAN GAS

Banyak aplikasi termodinamika melibatkan pencampuran pada beberapa zat murni. Udara merupakan campuran antara berbagai macam gas. Bahan bakar ditambahkan ke dalam udara pada proses pembakaran yang berakibat pada terjadinya beberapa gas baru seperti karbon dioksida, uap air dan nitrogen oksida. Selain itu, sifat-sifat termodinamika dari zat-zat murni yang digunakan sebagai komponen pencampuran diketahui, haruslah dikembangkan suatu aturan yang dapat menentukan sifat-sifat campuran yang terjadi dan berkaitan dengan komposisi campuran dan sifat-sifat dari masing-masing komponen.

Campuran yang digunakan terdiri atas $\alpha = 1, \dots, v$ zat-zat murni yang berbeda, dalam hal ini merupakan komponen-komponen. Massa setiap komponen, yang secara umum dapat diidentifikasi dengan huruf Yunani, α , diberikan dengan m_α . Jika berat molekul dilambangkan dengan M_α dan jumlah seluruh molekul zat adalah N_α , dapat ditulis:

$$m_\alpha = N_\alpha M_\alpha \mu_H \quad (2.25)$$

dengan μ_H adalah massa dari satu atom hidrogen:

$$\mu_H = 1,67 \cdot 10^{-27} \quad (2.26)$$

Total massa dari campuran diberikan oleh persamaan:

$$m_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v (N_{\alpha} M_{\alpha} \mu_H) \quad (2.27)$$

dan, jika tidak terjadi reaksi kimia, jumlah total molekul dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan:

$$N_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} \quad (2.28)$$

Seringkali kita ingin mendefinisikan berat molekul rata-rata, M_{mix} , dari suatu campuran. Dengan persamaan (2.23) kita dapat mendefinisikan:

$$m_{mix} = N_{mix} M_{mix} \mu_H \quad (2.29)$$

Dengan mengombinasikan persamaan (2.27) dan (2.23), diperoleh persamaan:

$$N_{mix} = \frac{m_{mix}}{M_{mix} \mu_H} = \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{m_{\alpha}}{M_{\alpha} \mu_H} \quad (2.30)$$

Dengan demikian:

$$M_{mix} = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^v \left(\frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} \frac{1}{M_{\alpha}} \right)} \quad (2.31)$$

Rasio massa suatu komponen, m_{α} , terhadap massa campuran, m_{mix} , disebut fraksi atau konsentrasi massa, c_{mix} :

$$c_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} \quad (2.32)$$

dan dapat ditulis dengan cara alternatif untuk memperoleh berat molekul rata-rata campuran:

$$M_{mix} = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^v \left(\frac{c_{\alpha}}{M_{\alpha}} \right)} \quad (2.33)$$

Kuantitas yang seringkali dihitung dalam teori pencampuran termasuk:

- jumlah mol komponen α :

$$v_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{N_{Avo}} \quad (2.34)$$

dengan N_{avo} adalah bilangan Avogadro yang merupakan suatu konstanta dan merepresentasikan jumlah molekul/atom yang diperlukan untuk mengetahui satu mol substansi:

$$N_{avo} = 6,023 \cdot 10^{23} \quad (2.35)$$

- fraksi mol y_{α} :

$$y_{\alpha} = \frac{v_{\alpha}}{v_{mix}} \equiv \frac{N_{\alpha}}{N_{mix}}, \text{ dimana } v_{mix} = \frac{N_{mix}}{N_{Avo}} \quad (2.36)$$

- densitas massa parsial dan volume spesifik komponen α :

$$\rho_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{V_{mix}}, \quad v_{\alpha} = \frac{1}{\rho_{\alpha}} = \frac{V_{mix}}{m_{\alpha}} \quad (2.37)$$

dengan V_{mix} menyatakan volume yang ditempati campuran zat-zat, dan

- densitas jumlah partikel komponen α :

$$n_{\alpha} = \frac{N_{\alpha}}{V_{mix}} \quad (2.38)$$

Kuantitas-kuantitas di atas menyatakan identitas-identitas tertentu. Sebagai contoh, jumlah dari semua fraksi massa dan semua fraksi mol sama dengan satu:

$$\sum_{\alpha=1}^v c_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} = \frac{1}{m_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} = \frac{m_{mix}}{m_{mix}} = 1, \quad (2.39)$$

$$\sum_{\alpha=1}^v y_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{v_{\alpha}}{v_{mix}} = \frac{1}{v_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v v_{\alpha} = \frac{1}{N_{mix}/N_{Avo}} \sum_{\alpha=1}^v \frac{N_{\alpha}}{N_{Avo}} = \quad (2.40)$$

$$\frac{1}{N_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} = \frac{N_{mix}}{N_{mix}} = 1$$

Densitas jumlah partikel dan densitas massa komponen α dihubungkan dengan cara sebagai berikut:

$$\rho_{\alpha} = \frac{m_{\alpha}}{m_{mix}} = \frac{M_{\alpha} N_{\alpha} \mu_H}{V_{mix}} = M_{\alpha} \mu_H \frac{N_{\alpha}}{V_{mix}} = M_{\alpha} \mu_H n_{\alpha} \quad (2.41)$$

Densitas massa campuran diberikan oleh jumlah densitas massa parsial:

$$\rho_{mix} = \frac{m_{mix}}{V_{mix}} = \frac{1}{V_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} = \sum_{\alpha=1}^v \frac{m_{\alpha}}{V_{mix}} = \sum_{\alpha=1}^v \rho_{\alpha} \quad (2.42)$$

Perlu diketahui bahwa persamaan ini merupakan jenis aturan yang ingin ditemukan. Densitas massa campuran diikuti dengan penambahan sederhana dari densitas massa parsial dari unsur-unsur pokok atau, dengan kata lain, suatu sifat campuran dengan mudah ditentukan oleh sifat-sifat zat-zat murni, yang dapat diketahui.

Selain itu, konservasi massa juga memperbolehkan ditemukannya persamaan alternatif berikut untuk menghitung berat molekul rata-rata, M_{mix} :

$$m_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v m_{\alpha} \Leftrightarrow M_{mix} \mu_H N_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v (M_{\alpha} \mu_H N_{\alpha}) \quad (2.43)$$

$$M_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v \left(M_{\alpha} \frac{N_{\alpha}}{N_{mix}} \right) = \sum_{\alpha=1}^v (M_{\alpha} y_{\alpha})$$

2.9.2 HUKUM DALTON UNTUK PENCAMPURAN GAS IDEAL: PENAMBAHAN TEKANAN PARSIAL

Suatu gas ideal terdiri atas molekul-molekul dengan energi potensial rata-rata di antaranya besarnya jauh lebih kecil daripada energi kinetik rata-ratanya. Dengan kata lain, jarak antara molekul-molekul pada gas ideal secara komparatif besar dan molekul-molekul tersebut merasakan kehadiran satu sama lain hanya pada waktu singkat ketika terjadi tumbukan. Kita mengetahui bahwa pada gas ideal, yang diidentifikasi dengan indeks α , tekanannya, p_{α} , temperatur, T , dan

densitas, ρ_α , berhubungan satu sama lain sesuai dengan persamaan keadaan termal, hukum gas ideal.

$$p_\alpha = \rho_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T, \quad (2.44)$$

R melambangkan konstanta ideal gas dan M_α merupakan berat molekul gas. Sekarang persamaan (2.35) dan (2.39) dapat digunakan untuk densitas partikel dan persamaan dapat ditulis kembali seperti persamaan berikut:

$$p_\alpha = \rho_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T = M_\alpha \mu_H n_\alpha \frac{R}{M_\alpha} T = n_\alpha k T, \quad k = \mu_H R = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K} \quad (2.45)$$

Jika gas ideal ini terdistribusi secara homogen di dalam volume V_{mix} , persamaan tersebut secara alternatif dapat ditulis sebagai berikut:

$$p_\alpha = \frac{N_\alpha}{V_{mix}} k T \quad (2.46)$$

dimana k merupakan *konstanta Boltzmann*. Konstanta tersebut dapat dilihat sebagai “konstanta gas atomik” per atom hidrogen dan untuk memperoleh nilai numeriknya dibutuhkan pengetahuan tentang massa dari satu atom tersebut. Sekarang ini nilai numerik untuk massa satu atom hidrogen dapat dengan mudah diperoleh pada buku-buku fisika. Faktanya, Albert Einstein sendiri yang pada pertama kali di tahun 1905 menentukan nilai k secara numerik dalam tesis *Ph.D*-nya pada pergerakan Brownian.

Dengan mengacu pada situasi persamaan (2.42), beberapa gas ideal, yang masing-masing berada dalam volume yang sama (V_{mix}), dikombinasikan untuk membentuk sebuah campuran (tak bereaksi). Dapat diasumsikan bahwa pencampuran tidak mempengaruhi waktu interaksi dan waktu tumbukan antara atom-atom, yaitu bahwa kehadiran atom-atom/molekul-molekul lain yang serupa atau yang tidak serupa tidak terasa sama sekali. Secara atomistik, tekanan merupakan perubahan momentum atom-atom yang memantul pada sebuah dinding dan tidaklah mengejutkan untuk menyatakan bahwa tekanan parsial, p_α , dari setiap komponen gas ideal, α , dapat dengan mudah ditambahkan untuk

menghasilkan tekanan total campuran tersebut, p_{mix} , yang sekali lagi dapat dianggap sebagai gas ideal:

$$p_{mix} = \sum_{\alpha=1}^v p_{\alpha}, \quad (2.47)$$

$$p_{\alpha} = \rho_{\alpha} \frac{R}{M_{\alpha}} T = \frac{m_{\alpha}}{V_{mix}} \frac{R}{M_{\alpha}} T = n_{\alpha} kT = \frac{N_{\alpha}}{V_{mix}} kT, \quad (2.48)$$

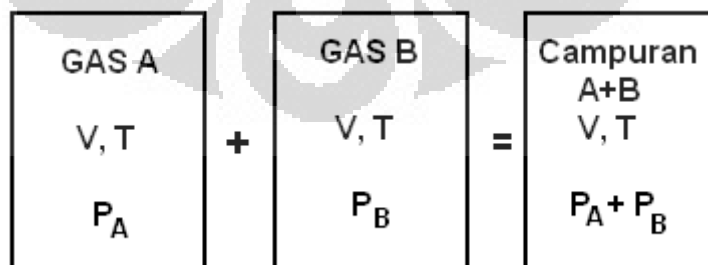
$$p_{mix} = \rho_{mix} \frac{R}{M_{mix}} T = \frac{m_{mix}}{V_{mix}} \frac{R}{M_{mix}} T = n_{mix} kT = \frac{N_{mix}}{V_{mix}} kT \quad (2.49)$$

Dua persamaan terakhir menunjukkan beberapa kemungkinan penulisan persamaan gas ideal yang akan lebih atau kurang berguna tergantung pada permasalahan. Persamaan tersebut konsisten dalam arti jika kita menjumlahkan persamaan (2.46) dengan mempertimbangkan semua komponen, dapat diperoleh persamaan berikut:

$$\sum_{\alpha=1}^v p_{\alpha} = \frac{kT}{V_{mix}} \sum_{\alpha=1}^v N_{\alpha} = \frac{kT}{V_{mix}} N_{mix} \quad (2.50)$$

Orang yang pertama menyatakan "hukum" ini secara jelas adalah ahli kimia Inggris John Dalton yang berpendapat demikian:

Tekanan pada campuran gas ideal sama dengan penjumlahan setiap tekanan gas ideal dan akan menekan keberadaannya sendiri pada temperatur dan volume campuran.



Gambar 2.9.2.1. Hukum Dalton

Sumber : www.wikipedia.org

Batas-batas pada validasi hukum Dalton akan terjadi khususnya jika gas-gas tersebut bertambah tebal dan gaya-gaya intermolekul menjadi lebih signifikan.

2.10 DINAMOMETER *DYNODYNAMICS*

Alat dinamometer yang digunakan bertipe **Dynojet dynamometer tipe 250i**, dengan kemampuan pembacaan daya maksimum oleh roller sebesar 750 hp. Alat dinamometer ini hanya dapat digunakan oleh kendaraan beroda dua (sepeda motor) yang bersifat real time.

Data yang didapatkan saat snap shot : Tampilan layar snap shot merekam informasi pada setiap saat operator menekan tombol yang ada pada remote modul. Autograph snap shot secara otomatis mengambil data snap shot sesuai dengan yang ditentukan antara kecepatan atau RPM selama grafik terbentuk. Ketika tombol snap shot sistem akan merekam secara real time nilai yang dipilih oleh operator. Data yang dihasilkan akan disimpan pada file pengambilan data dalam format file .drf (untuk software WINPEP 7) namun dapat pula dengan program yang lainnya. Data bisa dimasukkan ke dalam spreadsheet, database, atau program word processor yang diinginkan.

2.10.1 PERHITUNGAN INERSIA CHASSIS DINAMOMETER

$$\text{Linear Inertia (kg)} = \frac{\text{Tractive Effort (N)} \times 3.6}{\text{Ramp Rate (km/h)}} \quad (2.51)$$

$$\text{Linear Inertia (kg)} = \frac{\text{Power (kW)} \times 12960}{\text{Speed (km/h)} \times \text{Ramp Rate (km/h)}} \quad (2.52)$$

$$\text{Tractive Effort (N)} = \frac{\text{Linear Inertia (kg)} \times \text{Ramp Rate (km/h)}}{3.6} \quad (2.53)$$

$$\text{Power (kW)} = \frac{\text{Linear Inertia (kg)} \times \text{Ramp Rate (km/h)}}{12960} \quad (2.54)$$

Perlu diketahui bahwa Dynojet bukan merupakan suatu alat yang dapat melakukan segala dan bukan merupakan akhir dari segala penyetelan (*tuning*). Alat dinamometer efektif jika sang operator handal dalam mengoperasikannya, seperti halnya perlengkapan lainnya.

2.10.2 PENGUKURAN TENAGA MESIN

Pada faktanya tidak ada cara yang secara langsung dapat mengukur tenaga mesin, segala macam dinamometer mengukur torsi dan daya keluaran melakukan perhitungan dengan rumus BHP. Persamaan ini merupakan persamaan dasar yang mendasari segala jenis mesin, modifikasi, dan penyetelan (*tuning*). Dua metode utama yang digunakan dalam industri mesin adalah : (1) Pengukuran pada *crankshaft* dari mesin, atau (2) *Roller road dynamometer* (pengukuran pada roda).

Berikut ini kita bahas mengenai perbedaan dari kedua metode tersebut:

(1) Dinamometer mesin

Apabila kita hanya ingin mengetahui power dari mesin maka kita menggunakan dinamometer khusus untuk mesin. Ini menyerupai pada manufaktur *output shaft* dari mesin kendaraan. Mesin diletakkan pada dudukannya kemudian dihubungkan pada dynamometer, biasanya menggunakan *Propeler Shaft* (as kopel) yang dihubungkan pada bagian belakang dari poros engkol (atau pada roda gila). Gambaran dari *power* yang diukur dengan cara ini umumnya disebut sebagai "*flywheel power*". Alat Dinamometer memerlukan pengereman (rem) dimana digunakan untuk mengetahui torsi (atau beban) dari mesin tersebut. Pada saat mesin ditahan pada kecepatan tetap dengan beban yang diberikan oleh dinamometer kemudian torsi yang telah diberikan oleh dinamometer harus dengan tepat menyamakan dengan torsi yang dihasilkan oleh mesin.

Sebagai contoh, apabila kita ingin mengetahui torsi mesin pada saat *wide open throttle* (WOT) di rpm 4000. *Throttle* secara perlahan-lahan akan membuka

dan pada saat yang bersamaan beban yang diberikan oleh dinamometer juga bertambah – kemungkinan dengan memainkan besaran dari beban yang diberikan kita mencapai keadaan dimana skep karburator dibuka penuh dan rpm tetap pada 4000. Torsi yang diberikan dicatat kemudian pengoperasian diulang pada interval lain seperti rpm 5000. Dengan meneruskan proses ini kita akan mendapatkan grafik torsi dari keseluruhan putaran mesin. Tentu saja kita juga bisa melakukan pengukuran dengan bukaan skep karburator yang tidak *full* bila diinginkan. Alat dinamometer yang modern dikontrol oleh sistem komputer dan bisa menghasilkan kurva tenaga dan torsi dengan cepat dan seorang operatornya pun tidak perlu bersusah payah untuk mengatur *throttle* dan kontrol beban secara manual. Hal itu bisa diprogram untuk mengukur di setiap kelipatan rpm, sebagai contoh pada setiap penambahan 250 atau 500 rpm.

(2) *Rolling Road Dynamometer*

Biasa disebut dengan *chassis* dinamometer, digunakan untuk mengukur tenaga yang dihasilkan pada roda kendaraan. Alat ini diciptakan agar kita tidak perlu bersusah payah untuk melepaskan mesin dari kendaraannya hanya untuk tujuan melakukan tuning modifikasi yang telah ada. Bagaimanapun juga, hal ini berarti gambaran *power* yang terbentuk akan lebih rendah dibandingkan dengan *flywheel power* karena adanya *frictional losses* pada transmisi dan ban. Selanjutnya kita terangkan cara kerja *rolling road dynamometer*. Kendaraan dinaikkan keatas *chassis dyno* dan letakkan roda tepat diatas *roller* kemudian di ikat menggunakan strap. Torsi diukur pada kecepatan yang berbeda akan tetapi tepat sama seperti pada mesin dinamometer kecuali torsi pada roller lebih baik daripada torsi pada *flywheel*. Beban pengereman dihasilkan oleh salah satu roller dengan menggunakan hidrolis (*water brake*) atau dengan sistem elektrik sama pada *engine dyno* yang mengaplikasikan torsi pada *crankshaft* dari mesin. Perhitungan umum yang sama, $BHP = \text{Torsi (ft/lbs)} \times \text{rpm} / 5252$, bisa digunakan untuk menghitung bhp pada roller dengan mengetahui torsi dan rpm pada roller (bukan rpm pada mesin). Tapi bila rpm mesin diukur secara serentak atau berbarengan maka kita juga dapat mengetahui bhp di roller pada rpm mesin utama.

Masalah besar yang kita hadapi pada dinamometer tipe seperti ini adalah bila terjadinya slip pada ban. Kita ketahui bahwa permukaan dari roller adalah besi yang memiliki grip halus, dimana lama kelamaan akan menjadi licin. Kita bisa bayangkan perbedaan grip yang dihasilkan antara besi dibandingkan dengan permukaan aspal. Efek dari slipnya ban ini cukup kompleks sehingga grafik yang dihasilkan akan terlihat tidak bagus, namun hal ini bisa diminimalisir dengan menggunakan ban yang memiliki tapak permukaan yang lebar dan dengan tekanan ban yang tepat.

2.10.3 CARA KERJA INERSIA PADA DINAMOMETER JENIS ROLLING ROAD

Sebagian besar jenis *dyno rolling road* yang sering dipakai untuk menentukan kekuatan bentuk di US adalah dynamometer inersia. *Inersia dyno* tidak secara langsung mengukur gaya pada perputaran roller dyno ke dalam penentuan kekuatan bentuknya. Dari beberapa sistem tersebut untuk melakukan perhitungan gaya (*force*) dalam perputaran digunakan rumus :

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (2.55)$$

dimana F merupakan gaya (N), m adalah massa (kg), dan a adalah percepatan (m/s^2)

Massa dan sistem inertia dari perputaran dyno telah kita ketahui sebelumnya. Dimana untuk menghitung kekuatan yang digunakan, dyno inersia mengukur kecepatan dari perputaran berdasarkan pengukuran peningkatan dalam aliran dan *voltage* yang dihasilkan ketika *dyno eddy* mengalir secara *retarders* di pakai sebagai generator pembangkit dari pada power yang diserap (dipakai sebagai penahan beban dinamometer ketika melakukan penyetelan mesin).

Gaya pada roller dimana massa roller dikalikan oleh percepatan ditentukan oleh *voltage output*. Gaya ini dikalikan oleh radius dari perputaran itu sendiri untuk memberikan torsi pada roda, persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$T = F \cdot r \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana

T = torsi;

F = gaya : dan

r = radius atau jarak yang diaplikasikan.

Power ditentukan dengan rumus

$$\text{BHP} = \text{Torsi (ft/lbs)} \times \text{rpm} / 5252 \quad (2.57)$$

Rumus ini kemudian digunakan untuk mengukur power pada roda. Apabila point-point power yang terjadi pada mesin ini digunakan sebagai acuan, maka gambaran power ini bisa dijadikan plot kurva power. Untuk menggambarkan power yang terjadi pada *flywheel*, penurunan coast prosedur dipakai untuk mengukur deselerasi pada roller, dan memakai gambaran ini sebagai kecepatan negative dan rumus $F = ma$ kembali digunakan untuk mengetahui power yang hilang melalui transmisi.

Masalah besar yang dihadapi adalah ketika perubahan terjadi pada setiap sistem yang mengalami perputaran. Dalam hal ini termasuk didalamnya seperti kopling, *flywheel*, atau roda. Bagian-bagian tersebut tidak mempengaruhi power pada mesin, akan tetapi bagaimanapun juga hal tersebut akan merubah atau mempengaruhi hasil pengukuran *output power* dalam *inersia dyno*. Ini merupakan alasan lain mengapa angka yang dihasilkan oleh dinamometer tidak dapat menjamin keakuratannya lebih dari 5%.

2.11 SIMULASI PENCAMPURAN GAS

Hasil simulasi dilakukan dengan menggunakan software Cosmos Flow, maka akan dapat diketahui dan terlihat karakteristik dari hasil pencampuran LPG dan udara pada *mixer*. Parameter yang akan diamati ialah :

- Vektor kecepatan
- Tekanan Statis
- Temperatur
- Fraksi massa spesies (butana dan oksigen)

2.12 SISTEM PENGAPIAN AC PADA SEPEDA MOTOR

Sistem pengapian pada motor bensin berfungsi mengatur proses pembakaran campuran bensin dan udara di dalam silinder sesuai waktu yang sudah ditentukan yaitu pada akhir langkah kompresi. Permulaan pembakaran diperlukan karena pada motor bensin pembakaran tidak bisa terjadi dengan sendirinya. Pembakaran campuran bensin-udara yang dikompresikan terjadi di dalam silinder setelah busi memercikkan bunga api, sehingga diperoleh tenaga akibat pemuai gas (eksplosif) hasil pembakaran, mendorong piston ke TMB menjadi langkah usaha. Agar busi dapat memercikkan bunga api, maka diperlukan suatu sistem yang bekerja secara akurat. Sistem pengapian terdiri dari berbagai komponen, yang bekerja bersama-sama dalam waktu yang sangat cepat dan singkat.

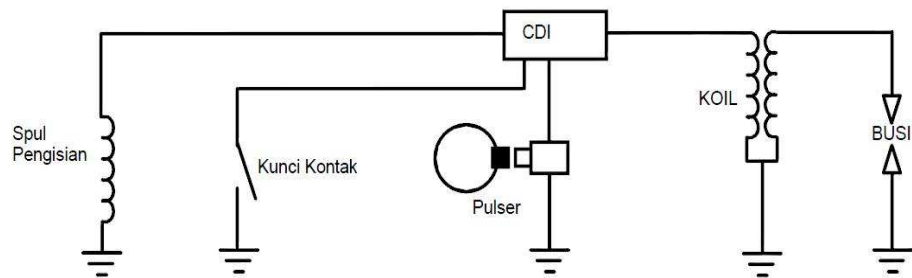
Saat pengapian dari campuran bensin dan udara adalah saat terjadinya percikan bunga api busi beberapa derajat sebelum Titik Mati Atas (TMA) pada akhir langkah kompresi. Saat terjadinya percikan waktunya harus ditentukan dengan tepat supaya dapat membakar dengan sempurna campuran bensin dan udara agar dicapai energi maksimum. Setelah campuran bahan bakar dibakar oleh bunga api, maka diperlukan waktu tertentu bagi api untuk merambat di dalam ruangan bakar. Oleh sebab itu akan terjadi sedikit keterlambatan antara awal pembakaran dengan pencapaian tekanan pembakaran maksimum. Dengan demikian, agar diperoleh output maksimum pada engine dengan tekanan pembakaran mencapai titik tertinggi (*sekitar 10^0 setelah TMA*), periode perambatan api harus diperhitungkan pada saat menentukan saat pengapian (*ignition timing*).

Karena diperlukannya waktu untuk perambatan api, maka campuran bahan bakar dan udara harus sudah dibakar sebelum TMA. Saat mulai terjadinya pembakaran campuran bahan bakar dan udara tersebut disebut dengan saat pengapian (*ignition timing*). Agar saat pengapian dapat disesuaikan dengan kecepatan, beban mesin dan lainnya, diperlukan peralatan untuk merubah (memajukan atau memundurkan) saat pengapian. Salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan vacuum advancer dan governor advancer untuk pengapian

konvensional. Dalam sepeda motor biasanya disebut dengan unit pengatur saat pengapian otomatis atau ATU (Automatic Timing Unit). ATU akan mengatur pemajuan saat pengapian. Pada sepeda motor dengan sistem pengapian konvensional (menggunakan platina) ATU diatur secara mekanik sedangkan pada sistem pengapian elektronik ATU diatur secara elektronik.

Bila saat pengapian dimajukan terlalu jauh maka tekanan pembakaran maksimum akan tercapai sebelum 10^0 sesudah TMA. Karena tekanan di dalam silinder akan menjadi lebih tinggi dari pada pembakaran dengan waktu yang tepat, pembakaran campuran udara bahan bakar yang spontan akan terjadi dan akhirnya akan terjadi *knocking atau detonasi*. Knocking merupakan ledakan yang menghasilkan gelombang kejutan berupa suara ketukan karena naiknya tekanan yang besar dan kuat yang terjadi pada akhir pembakaran. Knocking yang berlebihan akan mengakibatkan katup, busi dan torak terbakar. Saat pengapian yang terlalu maju juga bisa menyebabkan suhu mesin menjadi terlalu tinggi. Sedangkan bila saat pengapian *dimundurkan terlalu jauh* maka tekanan pembakaran maksimum akan terjadi setelah 10^0 setelah TMA (saat dimana torak telah turun cukup jauh). Bila dibandingkan dengan pengapian yang waktunya tepat, maka tekanan di dalam silinder agak rendah sehingga output mesin menurun, dan masalah pemborosan bahan bakar dan lainnya akan terjadi. Saat pengapian yang tepat dapat menghasilkan tekanan pembakaran yang optimal

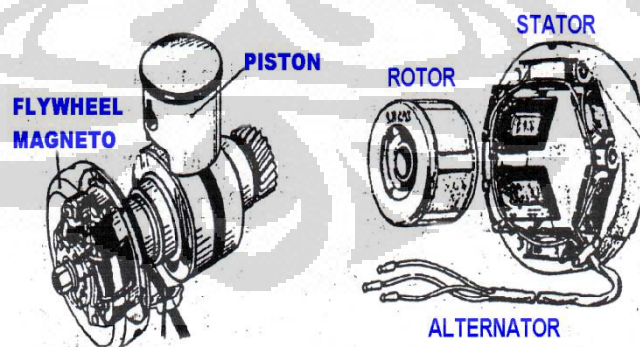
Untuk menjamin tersedianya tegangan pengapian yang tetap tinggi maka diperlukan sistem yang akurat. Sistem pengapian tegangan tinggi menghasilkan percikan bunga api di busi. Bentuk yang paling sederhana sumber tegangan pengapian adalah dengan menyediakan source coil (koil sumber pengapian) yang tergabung langsung dengan generator utama (alternator atau flywheel magneto). Keuntungannya adalah sumber tegangan tidak dipengaruhi oleh beban sistem kelistrikan mesin. Sedangkan kekurangannya adalah pada kecepatan mesin rendah, seperti pada saat menghidupkan (starting) mesin, tegangan yang keluar dari koil sumber berkemungkinan tidak cukup untuk menghasilkan percikan yang kuat.



Gambar 2.14 Sistem Pengapian Langsung (AC) Sepeda Motor 4 Langkah

2.12.1. FLYWHEEL MAGNETO DAN ALTERNATOR

Arus listrik yang dihasilkan oleh alternator atau *flywheel magneto* adalah arus listrik AC (*Alternating Current*). Prinsip kerja alternator dan *flywheel magneto* sebenarnya adalah sama, perbedaannya hanyalah terletak pada penempatan atau konstruksi magnetnya. Pada *flywheel magneto* bagian magnet ditempatkan di sebelah luar spool (kumparan). Magnet tersebut berputar untuk membangkitkan listrik pada spool (kumparan) dan juga sebagai roda gila (*flywheel*) agar putaran poros engkol tidak mudah berhenti atau berat. Sedangkan pada alternator magnet ditempatkan di bagian dalam spool (kumparan). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.12.1 Kontruksi Flywheel Magneto dan Alternator

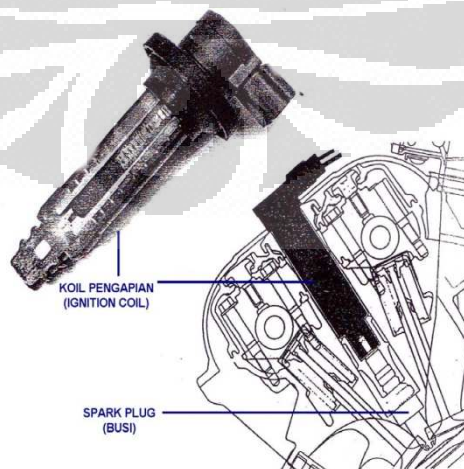
Pembangkit listrik AC pada sepeda motor baik model alternator ataupun model flywheel magneto terdiri dari beberapa buah kumparan kawat yang

berbeda-beda jumlah lilitannya sesuai dengan fungsinya masing-masing, dan akan menghasilkan arus listrik apabila ada kutub- kutub magnet yang mempengaruhi kumparan tersebut. Kutub ini didapat dari rotor magnet yang ditempatkan pada poros engkol, dan biasanya dilengkapi dengan empat atau enam buah magnet permanen dan arus listrik AC yang dihasilkan dapat berubah-ubah sekitar 50 kali per detik (50 cycle per second).

2.12.2. KOIL PENGAPIAN (*IGNITION COIL*)

Untuk menghasilkan percikan, listrik harus melompat melewati celah udara yang terdapat di antara dua elektroda pada busi. Karena udara merupakan isolator (penghantar listrik yang jelek), tegangan yang sangat tinggi dibutuhkan untuk mengatasi tahanan dari celah udara tersebut, juga untuk mengatasi sistem itu sendiri dan seluruh komponen Sistem pengapian lainnya. Koil pengapian mengubah sumber tegangan rendah dari CDI 4-5A 12 V menjadi sumber tegangan tinggi 10 KV atau lebih yang diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api yang kuat pada celah busi dalam sistem pengapian.

Pada koil pengapian, kumparan primer dan sekunder digulung pada inti besi. Kumparan-kumparan ini akan menaikkan tegangan yang diterima dari CDI menjadi tegangan yang sangat tinggi melalui induksi elektromagnetik. Inti besi (core) dikelilingi kumparan yang terbuat dari baja silicon tipis. Terdapat dua kumparan yaitu sekunder dan primer di mana lilitan primer digulung oleh lilitan sekunder.



Gambar 2.12.2.1 Koil Pengapian

Untuk mencegah terjadinya hubungan singkat (short circuit) maka antara lapisan kumparan disekat dengan kertas khusus yang mempunyai tahanan sekat yang tinggi. Ujung kumparan primer dihubungkan dengan terminal negatif primer, sedangkan ujung yang lainnya dihubungkan dengan terminal positif primer. Kumparan sekunder dihubungkan dengan cara serupa di mana salah satunya dihubungkan dengan kumparan primer lewat (pada) terminal positif primer yang lainnya dihubungkan dengan tegangan tinggi melalui suatu pasak dan keduanya digulung. Medan magnet akan dibangkitkan pada saat arus mengalir pada gulungan (kumparan) primer. Garis gaya magnet yang dibangkitkan pada inti besi berlawanan dengan garis gaya magnet dalam kumparan primer.

Arus yang mengalir pada rangkaian primer tidak akan segera mencapai maksimum, karena adanya perlawanan oleh induksi diri pada kumparan primer. Diperlukan waktu agar arus maksimum pada rangkaian primer dapat tercapai.

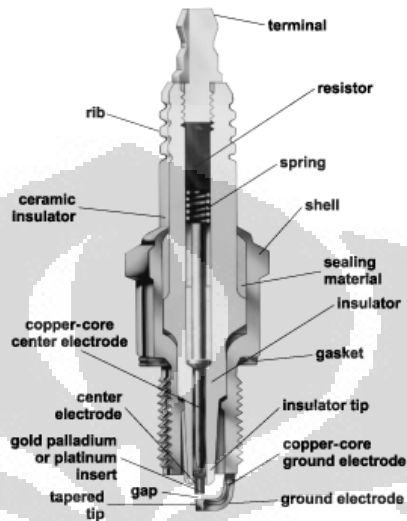
Bila arus mengalir dalam kumparan primer dan kemudian arus tersebut diputuskan tiba-tiba, maka akan dibangkitkan tegangan dalam kumparan primer berupa induksi sendiri sebesar 300 – 400 V, searah dengan arus yang mengalir sebelumnya. Arus ini kemudian mengalir dan disimpan untuk sementara dalam kondensator. Apabila platina menutup kembali maka muatan listrik yang ada dalam kondensator tersebut akan mengalir ke rangkaian, sehingga arus primer segera menjadi penuh.

Jika dua kumparan disusun dalam satu garis (dalam satu inti besi) dan arus yang mengalir kumparan primer dirubah (diputuskan), maka akan terbangkitkan tegangan pada kumparan sekunder berupa induksi sebesar 10 KV atau lebih. Arahnya berlawanan dengan garis gaya magnet pada kumparan primer.

2.12.3. BUSI

Tegangan tinggi yang dihasilkan oleh kumparan sekunder koil pengapian, setelah melalui rangkaian tegangan tinggi akan dikeluarkan diantara elektroda tengah (elektroda positif) dan elektroda sisi (elektroda negatif) busi berupa percikan bunga api. Tujuan adanya busi dalam hal ini adalah untuk mengalirkan

pulsa atau arus tegangan tinggi dari tutup (terminal) busi ke bagian elektroda tengah ke elektroda sisi melewati celah udara dan kemudian berakhir ke masa (ground).



Gambar 2.12.3.1 Busi

Busi merupakan bagian (komponen) sistem pengapian yang bisa habis, dirancang untuk melakukan tugas dalam waktu tertentu dan harus diganti dengan yang baru jika busi sudah aus atau terkikis.

Bagian paling atas dari busi adalah terminal yang menghubungkan kabel tegangan tinggi. Terminal ini berhubungan dengan elektroda tengah yang biasanya terbuat dari campuran nikel agar tahan terhadap panas dan elemen perusak dalam bahan bakar, dan sering mempunyai inti tembaga untuk membantu membuang panas.

Pada beberapa busi elektroda terbuat dari campuran perak, platina, paladium atau emas. Busi-busi ini dirancang untuk memberikan ketahanan terhadap erosi yang lebih besar serta bisa tetap bagus.

Elektroda tengah melewati isolator (penyekat) keramik yang terdapat pada bagian luarnya. Isolator ini berfungsi untuk melindungi elektroda tengah dari kebocoran listrik dan melindungi dari panas mesin. Untuk mencegah kebocoran

gas terdapat seal (perapat) antara elektroda tengah dengan isolator dan antara isolator dengan bodi busi.

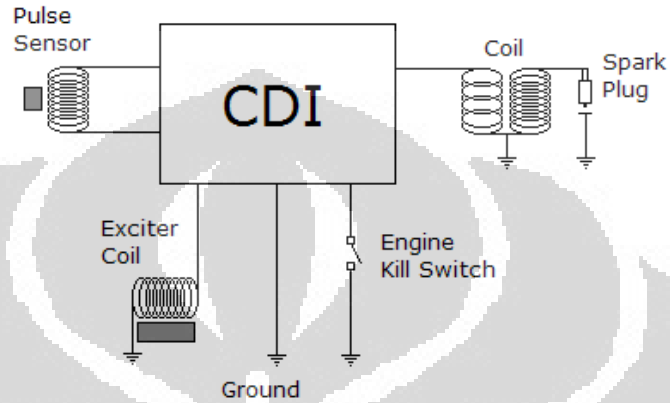
Bodi busi dibuat dari baja dan biasanya diberi pelat nikel untuk mencegah korosi. Bagian atas luar bodi berbentuk hexagon (sudut segi enam) yang berfungsi untuk mengeraskan dan mengendorkan busi. Pada bagian bawahnya dibuat ulir agar busi bisa dipasang ke kepala silinder. Pada bagian ujung bawah busi terdapat elektroda sisi atau elektroda negatif. Elektroda ini dilas ke bodi busi untuk jalur ke masa saat terjadi percikan. Terdapat dua tipeudukan busi yaitu berbentuk datar dan kerucut. Dudukan busi merupakan bagian dari bodi busi pada bagian atas ulir yang akan bertemu/berpasangan dengan kepala silinder. Jika dudukan businya berbentuk datar, maka terdapat cincin perapat, sebaliknya jika dudukannya berbentuk kerucut maka tidak memerlukan cincin perapat.

2.12.4. CDI (CAPACITOR DISCHARGE IGNITION)

CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) adalah sistem pengapian pada mesin pembakaran dalam dengan memanfaatkan energi yang disimpan didalam kapasitor yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi ke koil pengapian sehingga dengan output tegangan tinggi *coil* akan menghasilkan pengapian di busi. Fungsi CDI adalah membaca sensor yang mengatur waktu pengapian yang terdapat pada mesin lalu diolah secara digital dalam CDI. Hasil pemrosesan CDI berupa output yang akan mengatur perangkat pengapian untuk melakukan pembakaran (*combustion*) bahan bakar di dalam ruang bakar (*combustion chamber*) sebuah mesin sepeda motor.

Sensor pengatur *timing* pengapian terdapat pada bagian ruang magnet sebuah mesin. Sensor berupa pulser (*pick-up coil*) akan membaca tonjolan (*pulse*) yang terdapat pada sisi luar pelat dudukan (*sitting*) magnet. Magnet yang terhubung dengan *crankshaft* akan berputar sesuai dengan putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin maka semakin tinggi pula putaran magnet yang akan berpengaruh terhadap pembacaan pulser terhadap tonjolan sisi luar *sitting plate* magnet. Besarnya energi yang tersimpan didalam kapasitor CDI sangat menentukan seberapa kuat pengapian dari busi untuk memantik campuran gas di dalam ruang bakar. Semakin besar energi yang tersimpan didalam kapasitor maka

semakin kuat pengapian yang dihasilkan di busi untuk memantik campuran gas bakar dengan catatan diukur pada penggunaan *coil* yang sama. Energi yang besar juga akan memudahkan pengapian menembus kompresi yang tinggi ataupun campuran gas bakar yang banyak akibat dari pembukaan *throttle* yang lebih besar.



Gambar 2.17 Skema CDI

Dari uraian di atas dapat kita simpulkan bahwa CDI yang kita pasang untuk pengapian sangat berpengaruh pada performa kendaraan yang kita gunakan. Hal ini disebabkan karena dengan penggunaan pengapian yang baik maka pembakaran di dalam ruang bakar akan tuntas dan sempurna sehingga panas yang dihasilkan dari pembakaran akan optimal. Semakin panas hasil pembakaran di ruang bakar artinya semakin besar ledakan yang dihasilkan dari campuran gas di ruang bakar sehingga menghasilkan energi gerak yang besar pula di mesin. Panas disini adalah panas yang dihasilkan murni dari ledakan campuran gas bakar, bukan karena gesekan antar komponen didalam ruang bakar. Dengan kata lain panas yang dimaksudkan adalah panas ideal yang dapat dihasilkan dari pembakaran campuran gas bakar dengan energi dari sistem pengapian yang digunakan.

Besarnya energi ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus dasar untuk menghitung energi kapasitor yaitu :

$$E = \frac{1}{2} C V^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

E=energi (joule)

C=kapasitor (farad)

V=tegangan(Volt)

Energi inilah yang akan dikirimkan ke busi melalui Koil yang kemudian akan digunakan untuk memantik campuran gas di ruang bakar. Oleh karena itu semakin besar energi ini, semakin kuat pengapian yang dihasilkan oleh busi.

Pada zaman sekarang sudah banyak CDI digital berkembang. *Digital CDI* adalah sistem pengapian *CDI* yang dikendalikan oleh *microcomputer* agar *Ignition Timing* (waktu pengapian) yang dihasilkan sangat presisi dan stabil sampai *RPM* tinggi. Akibatnya pembakaran lebih sempurna dan hemat bahan bakar, serta tenaga yang dihasilkan akan sangat stabil dan besar mulai dari putaran rendah sampai putaran tinggi.

2.12.5. DIODA

Dioda adalah komponen elektronika yang hanya memperbolehkan arus listrik mengalir dalam satu arah sehingga dioda biasa disebut juga sebagai “Penyearah”. Dioda terbuat dari bahan semikonduktor jenis *silicon* dan *germanium*. Simbol dioda dalam rangkaian elektronika diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 2.12.5.1 lambang dioda

Dioda terbuat dari penggabungan dua tipe semikonduktor yaitu tipe P (*Positive*) dan tipe N (*Negative*), kaki dioda yang terhubung pada semikonduktor tipe P dinamakan “*Anode*” sedangkan yang terhubung pada semikonduktor tipe N disebut “*Katode*”

Pada bentuk aslinya pada dioda terdapat tanda cincin yang melingkar pada salah satu sisinya, ini digunakan untuk menandakan bahwa pada sisi yang terdapat cincin tersebut merupakan kaki *Katode*.



Gambar 2.12.5.2 Kaki Dioda

Arus listrik akan sangat mudah mengalir dari anoda ke katoda hal ini disebut sebagai “*Forward-Bias*” tetapi jika sebaliknya yakni dari katoda ke anoda, arus listrik akan tertahan atau tersumbat hal ini dinamakan sebagai “*Reverse-Bias*”. Tegangan yang melewati dioda dalam keadaan *forward-bias* akan turun sebesar 0,7V pada *Silicon*, 0,3V pada *Germanium*.

2.12.6. JENIS-JENIS DIODA

- Diode Zener

Ketika tegangan *reserve-bias* maksimum diberikan kepada dioda, maka arus listrik akan mengalir seperti layaknya pada keadaan *forward-bias*. Arus listrik ini tidak akan merusak dioda jika tidak melebihi dari apa yang telah ditentukan. Ketika tegangan *reserve-bias* ini dapat dikendalikan pada level tertentu maka dioda ini disebut sebagai Dioda Zener.



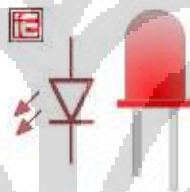
Gambar 2.12.6.1 Lambang Dioda Zener

Dioda zener memiliki nilai tegangan yang telah ditentukan dalam pembuatannya, nilai tegangan ini mempunyai rentang dari beberapa volt hingga ratusan volt dan toleransi dioda zener berkisar antara 5% - 10%. Pada aplikasinya di dalam rangkaian elektronika, dioda zener berfungsi sebagai pengatur tegangan

(regulator) dengan berperan sebagai beban. Dioda zener akan mengalirkan banyak arus listrik jika tegangan terlalu tinggi, dan mengurangi arus listrik jika tegangan terlalu rendah, sehingga menyebabkan tegangan stabil. Seperti pada contoh gambar diatas tegangan dari sumber tegangan adalah 12V tetapi tegangan yang terukur pada Rload adalah 9V sama dengan nilai tegangan dioda zener.

- LED (*Light Emitting Diodes*)

LED merupakan jenis dioda yang jika diberikan tegangan forward-bias akan menimbulkan cahaya dengan warna-warna tertentu seperti merah, hijau, dan kuning.



Gambar 2.12.6.2 Lambang LED (*Light Emitting Diodes*)

Simbol LED hampir sama dengan simbol dioda hanya saja pada simbol LED ditambahkan dua garis panah ke arah luar seperti ter-ilustrasi pada gambar diatas. LED dalam rangkaian elektronika biasa digunakan sebagai lampu indikator.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan rangkaian urutan kegiatan sebagai berikut:

- Memilih subjek penelitian
- Melakukan studi literatur
- Melakukan pembuatan sistem penyaluran gas
- Melakukan instalasi alat uji
- Melakukan eksperimen pengujian

Pengujian dilakukan dalam 3 kategori :

- a. Membandingkan konsumsi bahan bakar dengan mengubah derajat waktu pengapian dan kondisi standar melalui uji jalan sepeda motor
 - b. Membandingkan emisi yang dihasilkan dengan mengubah derajat waktu pengapian dan kondisi standar
 - c. Membandingkan daya keluaran yang dihasilkan dengan mengubah derajat waktu pengapian dan kondisi standar melalui uji dinamometer
- Mengumpulkan dan mengolah data-data yang diperoleh serta mengevaluasinya
 - Mempresentasikan hasil penelitian dalam bentuk grafik-grafik dan kemudian melakukan analisis

3.2 ALAT UJI

Peralatan uji yang digunakan dalam penelitian antara lain:

- Peralatan yang digunakan untuk semua jenis pengujian berikut spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Motor Suzuki Thunder 125 cc

Spesifikasi Mesin Suzuki Thunder 125

Kapasitas : 124 cc 4 langkah

Tipe mesin : satu silinder

Diameter x langkah : 57 x 48,8 mm

Rasio kompresi : 9,2 : 1

Gigi Transmisi : 5 speed

Sistem pengapian : CDI

Kopling : Manual, constant mesh

Kapasitas pelumas : 1,1 liter

Sistem Starter : kick starter dan listrik

- Gas LPG dan perlengkapannya

Gas LPG : Gas yang digunakan untuk mencampur bahan bakar bensin

Selang : Selang menyalurkan gas dengan menghubungkan kompor gas portable dengan katup dan antara katup dengan nosel.

Nosel : mulut pipa yang merupakan bawaan kompor gas.

Katup penghubung : bagian ini merupakan regulator yang biasa digunakan pada sistem bahan bakar.

Venturi mixer : bagian ini berfungsi untuk mencampur udara dan LPG

Cyclone : bagian ini untuk menyempurnakan pencampuran udara

- Peralatan yang digunakan untuk masing-masing jenis pengujian adalah sebagai berikut, berikut spesifikasinya:

• Alat uji emisi:

▪ *Multigas Infra Red Gas Analyzer*

Spesifikasi *Gas Analyzer*

Merek : *Tecnotest*

Model : 488

Jenis : *Multigas Tester* dengan infra merah

Negara pembuat : Italia

Tahun produksi : 1997

Jangkauan pengukuran

- CO : 0 – 9,99 % Vol res 0,01

- CO₂ : 0 – 19,99 % Vol res 0,1

- HC : 0 – 9999 ppm vol res 1

- O ₂	: 0 – 4	% Vol res 0,01
	: 4 – 25,0	% Vol res 0,1
- NO _x	: 0 – 2000	ppm Vol res 5
- Lambda	: 0,500 – 2,000	res 0,001
- Temp. operasi	: 5 – 40 °C	
Hisapan gas yang ditiup	: 8 L/menit	
Waktu respons	: < 10 detik	(untuk panjang probe 3m)
Dimensi	: 400 x 180 x 420 mm	
Berat	: 13,5 kg	
Waktu pemanasan	: maksimal 15 menit	
Sumber tegangan	: 110/220/240 V, 50/60 Hz	
Tes kebocoran dan kalibrasi otomatis.		
Kontrol aliran internal dan kalibrasi secara otomatis.		

Prinsip Kerja Infra Red Gas Analyzer

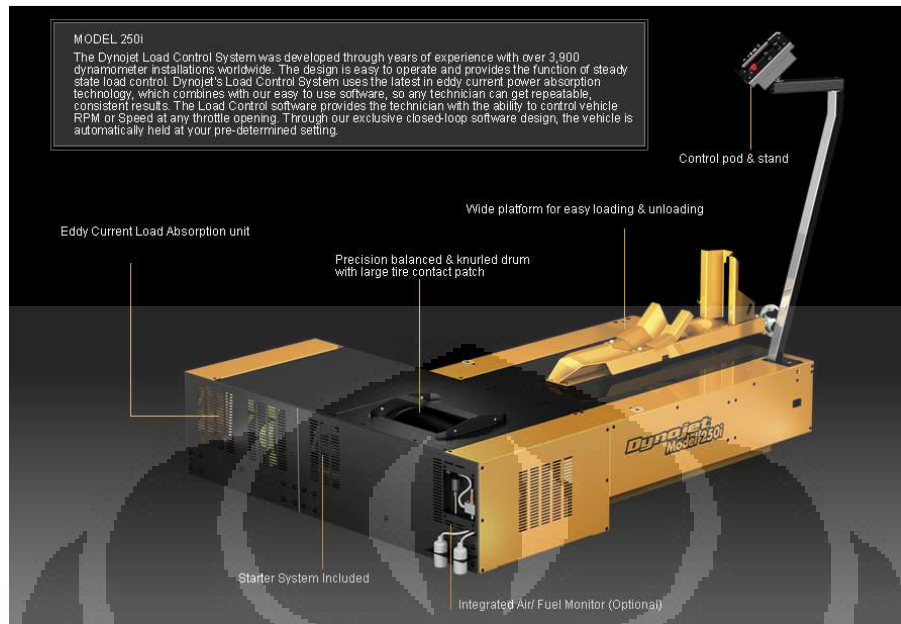
Gas Analyzer akan menganalisis kandungan gas buang dan menghitung campuran udara-bahan bakar (lambda). Gas buang diukur dengan memasukkan probe ke dalam gas buang kendaraan. Gas buang yang dianalisis telah dipisahkan dari kandungan airnya melalui saringan kondensasi yang lalu diteruskan ke sel pengukuran.

Pemancar akan menghasilkan sinar infra merah yang dikirim melalui filter optis ke penerima sinar infra merah untuk menganalisis kandungan gas buang berupa CO, HC, CO₂, yang lalu diteruskan ke amplifier dan selanjutnya ditampilkan di display. Gas yang terdapat pada sel ukur akan menyerap sinar infra merah dengan panjang gelombang yang berbeda tergantung dari masing-masing

konsentrasi gas. Gas H₂, N₂, dan O₂ (memiliki nomor atom yang sama) akan membentuk komposisi molekul dan tidak menyerap sinar infra merah. Sehingga pengukuran ketiga komponen tersebut melalui sensor kimia.

- Alat uji konsumsi bahan bakar
 - Timbangan digital merk AND tipe EK-300i
 - Gelas ukur dengan ukuran maksimum 250 ml dan ketelitian 2 ml
- Alat uji percepatan
 - *Stopwatch*
 - *Speedometer, and tachometer*
- Alat uji torsi:
 - Dinamometer *Dynojet*

Merk	: <i>Dynojet</i>
Model	: <i>250 i</i>
Spesifikasi	
- Max. Power	: 750HP
- Max. Torque	: 750 ft lb
- Max. Speed	: 200 mph
- Wheel Base Max.	: 213.4 cm



Gambar 3.2.1 Dynojet model 250i

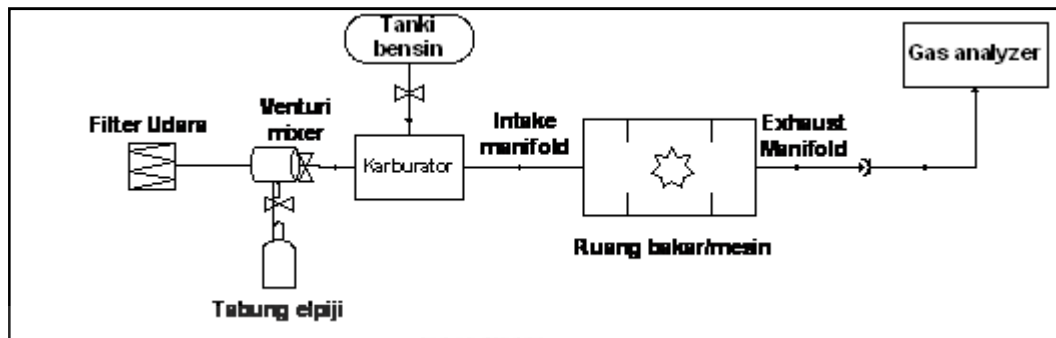
Perhitungan-perhitungan yang dapat dihasilkan antara lain

1. Tenaga yang dihasilkan
2. *Tractive Effort*
3. Torsi mesin
4. *Air Fuel Ratio* atau *lambda*
5. Kecepatan roda
6. Kecepatan putaran mesin
7. Temperatur udara masuk
8. *Odometer*

Jenis kendaraan yang dapat di diagnosa oleh dinamometer *dynodynamics*

Sepeda motor (roda dua)

Kemudian seluruh peralatan uji tersebut dirangkai seperti yang tergambar dalam skema berikut ini:



Gambar 3.2.2 Skema Pencampuran Bahan Bakar

Perlu diketahui, data-data prestasi mesin yang diperoleh dari eksperimen dengan alat uji di atas pada penelitian ini merupakan data-data terukur karena tidak mewakili nilai sebenarnya dari suatu parameter yang diukur sehingga analisis hasil pengolahan data dilakukan dengan membandingkannya dalam bentuk persen untuk tiap perubahan variabel gas elpiji.

3.3 PEMERIKSAAN DAN KALIBRASI ALAT

Kegiatan persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pengujian dimaksudkan untuk memperoleh data terukur yang lebih akurat dan presisi. Persiapan-persiapan tersebut mencakup beberapa pemeriksaan dan pemanasan alat uji seperti:

- Pemeriksaan kondisi motor secara umum dan pemeriksaan sambungan-sambungan pada sistem penambahan elpiji.
- Menempatkan sepeda motor diatas sasis *dyno test*, kemudian mengikatnya menggunakan *strap* yang kuat agar posisi ban belakang dari sepeda motor tepat diatas bantalan *roller*.
- Melakukan kalibrasi antara rasio gigi terhadap kecepatannya, dalam hal ini percobaan dilakukan menggunakan perseneling gigi 1 dengan pertimbangan agar kerja kopling motor tidak terlalu berat. Perlu diketahui bahwa posisi gigi 1 ataupun gigi yang lainnya sama-sama menghasilkan *output* yang sama.

- Pemeriksaan *filter*, *probe*, sambungan selang, dan sambungan listrik *gas analyzer*.



Gambar 3.3.1 *gas analyzer*

- Pemanasan mesin hingga dicapai kondisi operasi dan putaran idle selama kurang lebih lima menit.
- Pemanasan *gas analyzer* maksimal selama 15 menit.

Prosedur Menghidupkan *Gas Analyzer*

1. Menghubungkan kabel utama *Gas Analyzer* ke sumber listrik.
2. Menekan tombol '**ON/OFF**' di bagian belakang untuk menyalakan *gas analyzer*.
3. Setelah alat menyala, pada display kiri atas muncul kode '**01**' yang berarti proses pemanasan alat yang berlangsung maksimal 15 menit.
4. Selanjutnya, pada display akan muncul kode '**21**' yang berarti sedang berlangsung proses kalibrasi otomatis selama \pm 2 menit.
5. Setelah proses kalibrasi selesai, alat akan mengukur kandungan O₂ di udara bebas (sekitar 21 % vol), kemudian menekan tombol '**pump**' untuk menampilkan kode '**03**' yang berarti *gas analyzer* berada dalam kondisi *stand by* dan siap untuk digunakan.

Prosedur Pengoperasian *Gas Analyzer*

1. Memasang kabel pengukur kecepatan putaran mesin pada kabel busi dengan memperhatikan arah tanda panah.
2. Memasukkan *probe* ke dalam knalpot lalu menekan tombol '**pump**' dan alat segera akan melakukan pengukuran.
3. Menunggu hingga seluruh komponen gas buang sudah tampil dan menunjukkan nilai yang stabil, lalu menekan tombol '**print**' untuk mencetak hasil pengukuran.
4. Mengeluarkan *probe* dari knalpot.
5. Menekan tombol '**pump**' setelah proses mencetak selesai agar alat kembali kepada posisi *stand by*.
6. Hal-hal yang perlu diperhatikan:
 - Bila pada alat muncul kode '**71**' (*vacuum too low*) atau '**72**' (*vacuum too high*) berarti aliran gas dari knalpot yang masuk ke dalam alat mengalami penyumbatan yang kemungkinan disebabkan selang terjepit, tertekuk, atau terjadi kebocoran. Hal ini dapat diatasi dengan memeriksa kondisi alat dan menyemprotkan aliran udara kompresor pada selang dan probe.
 - Kode '**81**' (*voltage too high*) dan kode '**82**' (*voltage too low*) akan muncul bila tegangan listrik terlalu tinggi / rendah.
 - Kode '**92**' (*span O₂ factor*) akan muncul bila sensor oksigen terlepas atau masa pakai sudah habis dan perlu diganti (1-2 tahun).
 - Kode '**00**' akan muncul jika alat perlu diset ulang dengan mematikan alat selama 10 detik lalu dihidupkan kembali.
 - Kode '**61**' berarti alat sedang melakukan tes kebocoran. Apabila setelah itu muncul kode '**65**', maka alat mengalami kebocoran.

Prosedur Mematikan *Gas Analyzer*

1. Memastikan alat berada pada kondisi *stand by* (pada *display* muncul kode '**03**') dan kemudian alat dimatikan dengan menekan tombol '**ON/OFF**'.
2. Melepaskan kabel utama dari sumber listrik.

3. Membersihkan embun pada selang dan filter pemisah kondensasi serta sisa karbon pada *probe* dengan menyemprotkan aliran udara kompresor agar tidak mampat saat digunakan lagi.

3.4 PELAKSANAAN PENGUJIAN

Dalam proses pengujian motor dengan penambahan LPG ini, diperlukan data-data yang digunakan untuk proses penganalisisan hasil pengujian. Data-data tersebut antara lain adalah laju aliran massa LPG, konsumsi bahan bakar, daya dan torsi mesin, gas buang, serta akselerasi. Kesemuanya diambil dengan memvariasikan banyaknya LPG yang masuk, dikombinasikan dengan derajat pengapian yang berbeda sejumlah enam belas titik.

3.4.1 PENGUJIAN KADAR EMISI/ GAS BUANG

Untuk pencatatan data gas buang, pengambilan data ini dilakukan tanpa dan dengan penambahan LPG pada ketiga variasi bukaan regulator, putaran mesin yang diuji mulai dari rpm 3000 sampai dengan 8000 pada kenaikan tiap 1000 rpm. *Probe* dimasukan kedalam knalpot dan ketika putaran mesin yang dipilih telah stabil maka data emisi di catat ketika beberapa gas telah menunjukkan % vol dan ppm yang stabil.

Hal yang perlu diperhatikan dalam pengujian ini adalah Pemasangan *probe* ke dalam knalpot paling sedikit sedalam 20 cm. Pengambilan data dengan mengisi tabel pada lembar pengambilan data.

3.4.2 PENGUJIAN PERCEPATAN SEPEDA MOTOR

Pengujian percepatan sepeda motor dilakukan dengan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk setiap titik pengujian, yaitu 50 m, 100 m, dan 200 m.

Pengujian dilakukan dengan mengambil 2 sampel untuk setiap variasi venturi *mixer* dan variasi bukaan regulator gas. Pengujian ini merujuk pada SNI 09-1400-1995 tentang Cara uji percepatan sepeda motor roda dua:

Ruang Lingkup

Standar ini meliputi kondisi uji, alat uji dan cara uji percepatan untuk sepeda motor roda dua

Kondisi Uji

Pengujian ini harus dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

- 2.1. Berat pengendara 95 ± 1 kg
- 2.2. Kondisi sepeda motor harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan sebelum dilakukan pengukuran, sepeda motor harus sudah beroperasi pada suhu normalnya.
- 2.3. Tempat uji meliputi jalan lurus, rata, datar dan dikeraskan.

Alat Uji

Alat uji percepatan sepeda motor roda dua meliputi:

- 3.1. Alat pengukur jarak
- 3.2. Alat pencatat waktu otomatis/manual dengan ketelitian minimal 1/100 detik
- 3.3. Gelas ukur kapasitas 250 ml dengan ketelitian 2 ml

Cara Uji

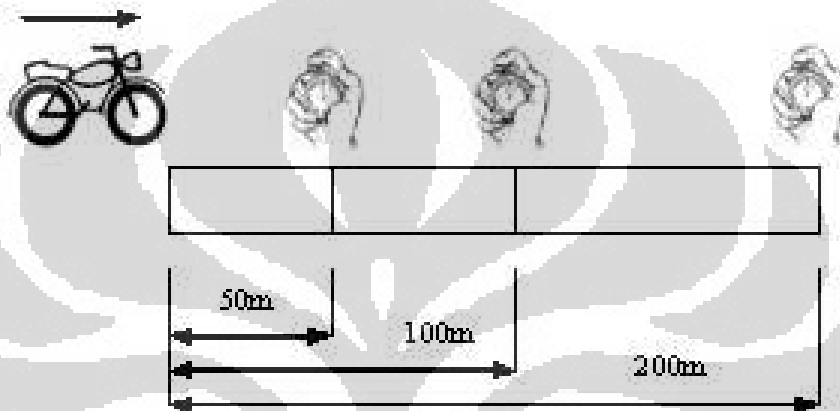
Uji percepatan, dengan kecepatan awal = 0 km/jam

Pengujian ini dilakukan dari sepeda motor dalam keadaan berhenti ($v = 0$ km/jam), kemudian gas dibuka penuh, mulai dari gigi yang paling kecil hingga gigi tertentu, untuk menghasilkan percepatan sesegera mungkin dan kecepatan paling optimal sampai titik akhir percepatan.

Pencatatan waktu tempuh dapat dilakukan pada jarak 50 m, 100 m, hingga 200 m dari titik awal 0.

Data hasil uji dicatat pada tabel uji

Data-data hasil dari pengujian dituliskan ke dalam tabel uji.



Gambar 3.4.2.1 Skema Pengujian Percepatan

Hasil dari pengujian ini adalah waktu tempuh yang dibutuhkan sepeda motor untuk mencapai setiap titik pengukuran. Dengan pengujian ini dapat diketahui percepatan sepeda motor untuk setiap titik pengujian (50 m, 100 m, dan 200 m).

3.4.3 PENGUJIAN TORSI DENGAN DINAMOMETER

1. Seluruh pengambilan data dilakukan diatas mesin *dyno test* dimana terlebih dahulu kita harus memposisikan sepeda motor tepat diatas bantalan *roller* yang telah ditentukan. Pengambilan data ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pada saat motor dalam keadaan standar, tanpa tambahan LPG dan pada saat dilakukan penambahan LPG. Hasil dari pengambilan data ini adalah :

- a. Putaran mesin (RPM), range yang diuji adalah 3000 sampai dengan 10000 rpm
- b. Rasio antara 3rd gear dengan kecepatan kita dapatkan 139,16 : 1
- c. Nilai *lambda* (λ)

Dari pengujian tersebut di atas akan didapat data-data daya mesin, torsi, dan AFR.

2. Pengambilan data tahap pertama dimulai dengan pengetesan motor tanpa tambahan LPG, range RPM yang diuji adalah 3000 sampai dengan 10000. Dilanjutkan dengan variasi bukaan regulator gas 90°, 180°, dan 270°.
3. Tahap kedua dilakukan dengan melakukan perubahan waktu pengapian sampai 16 derajat perubahan masing – masing dengan bukaan regulator gas 90°, 180°, dan 270° pada RPM 3000 sampai dengan 10000.

3.4.4. PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur sesuai standar yang ada. Data yang diperoleh merupakan data konsumsi bahan bakar dan percepatan sepeda motor.

Pengambilan data dilakukan di lingkungan kampus Universitas Indonesia Depok dengan melakukan pengujian jalan terhadap sepeda motor yang diuji. Pengambilan data dilakukan dengan variasi derajat pengapian dan bukaan regulator gas.

Hasil pengambilan data pada penelitian ini merupakan data terukur. Hal ini disebabkan karena data-data ini tidak mewakili nilai sebenarnya dari suatu parameter yang diukur. Dengan demikian, analisis yang dilakukan terhadap data-data tersebut berdasarkan nilai persentase pengaruh yang dihasilkan untuk setiap variasi derajat pengapian.

Sebelum dilakukan pengujian, beberapa persiapan perlu dilakukan supaya data yang diperoleh lebih terukur, lebih akurat dan presisi. Persiapan-persiapan tersebut mencakup beberapa pemeriksaan dan pemanasan alat uji seperti :

1. Pemeriksaan kondisi motor secara umum dan pemeriksaan sambungan-sambungan pada sistem penambahan LPG dan saluran bahan bakar.
2. Pemanasan mesin hingga dicapai kondisi operasi dan putaran *idle* selama lebih kurang lima menit.



Gambar 3.4.4.1 Pengukuran Massa Gas

Ruang Lingkup

Standar ini meliputi kondisi uji, alat uji dan cara uji untuk kerja jalan untuk sepeda motor

Kondisi Uji

Pengujian ini dilakukan dengan kondisi sebagai berikut:

1. Berat pengendara 95 ± 1 kg
2. Kondisi sepeda motor harus sesuai dengan spesifikasi pabrik dan sebelum dilakukan pengukuran, sepeda motor harus sudah beroperasi pada suhu normalnya.

3. Tempat uji meliputi jalan datar, dan tikungan.

Alat Uji

Alat uji unjuk kerja jalan sepeda motor meliputi:

1. Perlengkapan pengukuran konsumsi bahan bakar
2. Alat pencatat waktu otomatis/manual dengan ketelitian minimal 1/100 sekon.
3. Alat pengukur jarak.
4. Gelas ukur kapasitas 250 ml dengan ketelitian 2 ml

Cara Uji

1. Untuk uji unjuk kerja jalan sepeda motor, jarak yang ditempuh 1820 m meliputi jalan datar, dan tikungan untuk masing – masing data
2. Pengukuran dilakukan pada setiap kondisi jalan dan pada total kondisi jalan.
3. Pada awal pengujian dan pada setiap perhentian harus diukur dan dicatat mengenai waktu, jarak, konsumsi bahan bakar.
4. Pada saat pengujian, harus diperhatikan terutama pada mesin, kopling, pergantian gigi, pengereman, kemampuan pengendalian, stabilitas kendaraan, percepatan, kenyamanan berkendara dan kondisi jalan.
5. Hasil harus diperhatikan dan dicatat adanya perubahan dari komponen sepeda motor setelah pengujian.
6. Hasil uji harus dimasukkan dalam tabel uji.

Pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali pemberhentian untuk setiap variasi derajat pengapian dan variasi bukaan katup dengan jarak masing - masing 1820 m.

Bukaan katup gas LPG divariasikan sebanyak tiga macam bukaan katup, yaitu bukaan 90°, 180° dan 270°. Metode pengukuran konsumsi bahan bakar minyak dalam setiap pemberhentian adalah dengan mengisi penuh reservoir uji bahan bakar sebelum pengujian, melakukan pengujian, kemudian mengisi kembali tangki bahan bakar dengan gelas ukur dan melihat konsumsi bahan bakar minyak untuk dimasukkan sebagai data.

Hasil dari pengujian yang dilakukan adalah data konsumsi bahan bakar minyak, jarak tempuh dan waktu tempuh untuk setiap set putaran. Data-data yang diambil merupakan data untuk setiap variasi derajat pengapian dan variasi bukaan katup gas.



BAB 4

PENGOLAHAN DAN PERHITUNGAN DATA

Peninjauan prestasi mesin pada mesin motor bakar 4-Tak yang mengalami penambahan bahan bakar berupa gas LPG perlu dilakukan untuk mendapatkan pengaruh penggunaan sistem tersebut pada mesin pengujian. Penambahan gas LPG ini pada awalnya bertujuan untuk mempercepat akselerasi, mengurangi kadar emisi gas buang dan mengurangi penggunaan bahan bakar bensin.

4.1 PEMBUATAN *MAPPING* WAKTU PENYALAN

Pembuatan *mapping* ini dilakukan dengan menguji ke 16 variasi *mapping* waktu penyalaan pada setiap bukaan katup regulator menggunakan *chassis dynamometer*. Dari hasil yang didapat pada setiap variasi dibentuklah *mapping* baru berdasarkan BHP tertinggi dari hasil uji *dynotest* pada setiap 100 RPM. *Trendline* pada grafik persebaran data tersebut, terbentuklah *mapping* baru yang akan digunakan pada uji konsumsi bahan bakar dan uji emisi.

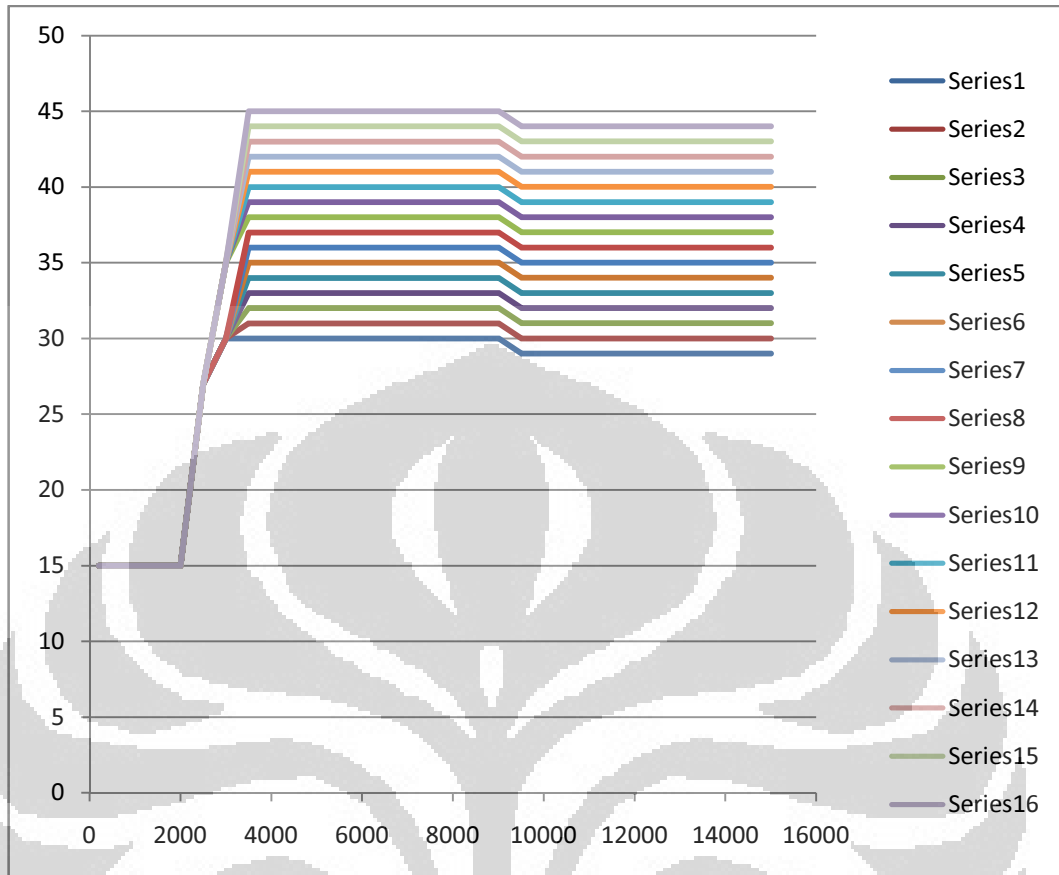
TABEL 4.1.1. VARIASI *MAPPING* YANG DIUJIKAN

N	N	P	D	P	P	D	N
		D	D	D	D	D	D
1	1	15	15	27	30	30	30
2	2	15	15	27	30	31	31
3	3	15	15	27	30	32	32
4	4	15	15	27	30	33	33
5	5	15	15	27	30	34	34
6	6	15	15	27	30	35	35
7	7	15	15	27	30	36	36
8	8	15	15	27	30	37	37
9	9	15	15	27	35	38	38
10	10	15	15	27	35	39	39
11	11	15	15	27	35	40	40
12	12	15	15	27	35	41	41
13	13	15	15	27	35	42	42
14	14	15	15	27	35	43	43

15	15	15	15	27	35	44	44
16	16	15	15	27	35	45	45
M	M	B	B	S	B	D	D
		D	D	D	D	D	D
1	1	30	30	30	30	30	30
2	2	31	31	31	31	31	31
3	3	32	32	32	32	32	32
4	4	33	33	33	33	33	33
5	5	34	34	34	34	34	34
6	6	35	35	35	35	35	35
7	7	36	36	36	36	36	36
8	8	37	37	37	37	37	37
9	9	38	38	38	38	38	38
10	10	39	39	39	39	39	39
11	11	40	40	40	40	40	40
12	12	41	41	41	41	41	41
13	13	42	42	42	42	42	42
14	14	43	43	43	43	43	43
15	15	44	44	44	44	44	44
16	16	45	45	45	45	45	45
M	M	S	S	B	S	B	B
		D	D	D	D	D	D
1	1	30	30	30	30	29	29
2	2	31	31	31	31	30	30
3	3	32	32	32	32	31	31
4	4	33	33	33	33	32	32
5	5	34	34	34	34	33	33
6	6	35	35	35	35	34	34
7	7	36	36	36	36	35	35
8	8	37	37	37	37	36	36
9	9	38	38	38	38	37	37
10	10	39	39	39	39	38	38
11	11	40	40	40	40	39	39
12	12	41	41	41	41	40	40
13	13	42	42	42	42	41	41
14	14	43	43	43	43	42	42
15	15	44	44	44	44	43	43
16	16	45	45	45	45	44	44
M	M	S	B	D	D	S	
		D	D	D	D	D	
1	1	29	29	29	29	29	
2	2	30	30	30	30	30	

3	3	31	31	31	31	31
4	4	32	32	32	32	32
5	5	33	33	33	33	33
6	6	34	34	34	34	34
7	7	35	35	35	35	35
8	8	36	36	36	36	36
9	9	37	37	37	37	37
10	10	38	38	38	38	38
11	11	39	39	39	39	39
12	12	40	40	40	40	40
13	13	41	41	41	41	41
14	14	42	42	42	42	42
15	15	43	43	43	43	43
16	16	44	44	44	44	44
M	M	2	3	4	5	6
		D	D	D	D	D
1	1	29	29	29	29	29
2	2	30	30	30	30	30
3	3	31	31	31	31	31
4	4	32	32	32	32	32
5	5	33	33	33	33	33
6	6	34	34	34	34	34
7	7	35	35	35	35	35
8	8	36	36	36	36	36
9	9	37	37	37	37	37
10	10	38	38	38	38	38
11	11	39	39	39	39	39
12	12	40	40	40	40	40
13	13	41	41	41	41	41
14	14	42	42	42	42	42
15	15	43	43	43	43	43
16	16	44	44	44	44	44

GRAFIK 4.1.1. MAPPING WAKTU PENYALAN



TABEL 4.1.2. PERFORMANCE MAP-1, REGULATOR 180°

S	M	H	B	A	N
0,52	3,6	N/A	N/A	18	
0,62	3,65	2,93	4,22	18	5,721552
0,66	3,7	3	4,27	18	5,789343
0,69	3,75	3,09	4,32	18	5,857134
0,73	3,8	3,19	4,4	18	5,965599
0,77	3,85	3,29	4,48	18	6,074064
0,81	3,9	3,38	4,55	18	6,168972
0,84	3,95	3,46	4,6	18	6,236763
0,88	4	3,53	4,64	18	6,290995
0,92	4,05	3,6	4,67	18	6,33167
0,96	4,1	3,68	4,71	18	6,385903
0,99	4,15	3,77	4,77	18	6,467252
1,03	4,2	3,87	4,84	18	6,562159
1,07	4,25	3,95	4,88	18	6,616392
1,11	4,3	4,03	4,92	18	6,670624
1,14	4,35	4,1	4,95	18	6,711299
1,18	4,4	4,17	4,98	18	6,751973
1,22	4,45	4,26	5,02	18	6,806206
1,25	4,5	4,36	5,09	18	6,901113

S	■	H	B	▲	M
1,29	4,55	4,48	5,17	18	7,009579
1,33	4,6	4,59	5,24	18	7,104486
1,37	4,65	4,67	5,27	18	7,145161
1,4	4,7	4,72	5,27	18	7,145161
1,44	4,75	4,77	5,27	18	7,145161
1,48	4,8	4,81	5,27	18	7,145161
1,52	4,85	4,86	5,27	18	7,145161
1,55	4,9	4,92	5,28	18	7,158719
1,59	4,95	5	5,3	18	7,185835
1,63	5	5,08	5,34	18	7,240068
1,67	5,05	5,16	5,36	18	7,267184
1,7	5,1	5,23	5,38	18	7,294301
1,74	5,15	5,3	5,4	18	7,321417
1,78	5,2	5,37	5,42	18	7,348533
1,81	5,25	5,45	5,46	18	7,402766
1,85	5,3	5,55	5,5	18	7,456999
1,89	5,35	5,65	5,54	18	7,511231
1,93	5,4	5,73	5,57	18	7,551906
1,96	5,45	5,79	5,58	18	7,565464
2	5,5	5,83	5,57	18	7,551906
2,04	5,55	5,87	5,56	18	7,538348
2,08	5,6	5,92	5,55	18	7,52479
2,11	5,65	5,98	5,56	18	7,538348
2,15	5,7	6,05	5,58	18	7,565464
2,19	5,75	6,12	5,59	18	7,579022
2,22	5,8	6,2	5,61	18	7,606139
2,26	5,85	6,29	5,64	18	7,646813
2,3	5,9	6,38	5,68	18	7,701046
2,34	5,95	6,46	5,7	18	7,728162
2,37	6	6,52	5,71	18	7,74172
2,41	6,05	6,56	5,7	18	7,728162
2,45	6,1	6,6	5,68	18	7,701046
2,49	6,15	6,63	5,67	18	7,687488
2,52	6,2	6,68	5,66	18	7,67393
2,56	6,25	6,73	5,66	18	7,67393
2,6	6,3	6,79	5,66	18	7,67393
2,64	6,35	6,85	5,66	18	7,67393
2,67	6,4	6,89	5,65	18	7,660371
2,71	6,45	6,93	5,64	18	7,646813
2,75	6,5	6,97	5,63	18	7,633255
2,78	6,55	7,01	5,62	18	7,619697
2,82	6,6	7,03	5,6	18	7,592581
2,86	6,65	7,04	5,56	18	7,538348
2,9	6,7	7,03	5,51	18	7,470557

S	■	H	B	▲	M
2,93	6,75	7,02	5,47	18	7,416324
2,97	6,8	7,02	5,43	18	7,362091
3,01	6,85	7,04	5,4	18	7,321417
3,05	6,9	7,07	5,38	18	7,294301
3,08	6,95	7,1	5,36	18	7,267184
3,12	7	7,09	5,32	18	7,212951
3,16	7,05	7,05	5,25	18	7,118044
3,2	7,1	7,03	5,2	18	7,050253
3,23	7,15	7,04	5,18	18	7,023137
3,27	7,2	7,1	5,18	18	7,023137
3,31	7,25	7,2	5,21	18	7,063812
3,34	7,3	7,33	5,27	18	7,145161
3,38	7,35	7,44	5,31	18	7,199393
3,42	7,4	7,45	5,29	18	7,172277
3,46	7,45	7,38	5,2	18	7,050253
3,49	7,5	7,25	5,08	18	6,887555
3,53	7,55	7,12	4,95	18	6,711299
3,57	7,6	7,02	4,85	18	6,575717
3,61	7,65	6,94	4,76	18	6,453693
3,64	7,7	6,88	4,69	18	6,358786
3,68	7,75	6,82	4,62	18	6,263879
3,72	7,8	6,77	4,56	18	6,18253
3,76	7,85	6,71	4,49	18	6,087623
3,79	7,9	6,62	4,4	18	5,965599
3,83	7,95	6,52	4,31	18	5,843575

TABEL 4.1.3. PERFORMANCE MAP-2, REGULATOR 180°

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
0,68	3,6	N/A	N/A	18	
0,77	3,65	2,96	4,26	17,95	5,775784
0,81	3,7	3,03	4,3	17,04	5,830017
0,85	3,75	3,1	4,35	16,04	5,897808
0,9	3,8	3,2	4,42	15,35	5,992715
0,95	3,85	3,31	4,51	14,88	6,114739
1	3,9	3,42	4,61	14,52	6,250321
1,04	3,95	3,53	4,7	14,26	6,372344
1,08	4	3,62	4,75	14,08	6,440135
1,11	4,05	3,69	4,78	13,95	6,48081
1,14	4,1	3,76	4,81	13,83	6,521484
1,18	4,15	3,83	4,84	13,7	6,562159
1,22	4,2	3,91	4,89	13,55	6,62995
1,26	4,25	4,02	4,96	13,36	6,724857

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
1,31	4,3	4,12	5,03	13,2	6,819764
1,35	4,35	4,2	5,07	13,09	6,873997
1,39	4,4	4,27	5,09	13,01	6,901113
1,42	4,45	4,33	5,11	12,95	6,92823
1,46	4,5	4,4	5,13	12,9	6,955346
1,5	4,55	4,47	5,16	12,82	6,996021
1,54	4,6	4,56	5,21	12,73	7,063812
1,58	4,65	4,65	5,25	12,64	7,118044
1,61	4,7	4,73	5,29	12,57	7,172277
1,64	4,75	4,81	5,32	12,51	7,212951
1,67	4,8	4,88	5,34	12,48	7,240068
1,7	4,85	4,97	5,38	12,45	7,294301
1,74	4,9	5,06	5,42	12,44	7,348533
1,79	4,95	5,16	5,47	12,43	7,416324
1,83	5	5,24	5,51	12,41	7,470557
1,86	5,05	5,31	5,52	12,39	7,484115
1,89	5,1	5,37	5,53	12,37	7,497673
1,91	5,15	5,43	5,54	12,34	7,511231
1,94	5,2	5,5	5,56	12,32	7,538348
1,98	5,25	5,58	5,59	12,3	7,579022
2,02	5,3	5,7	5,64	12,28	7,646813
2,07	5,35	5,81	5,7	12,27	7,728162
2,1	5,4	5,89	5,73	12,27	7,768837
2,13	5,45	5,96	5,74	12,27	7,782395
2,16	5,5	6,02	5,75	12,28	7,795953
2,19	5,55	6,09	5,76	12,28	7,809511
2,22	5,6	6,16	5,77	12,28	7,82307
2,25	5,65	6,23	5,79	12,28	7,850186
2,29	5,7	6,3	5,81	12,28	7,877302
2,33	5,75	6,35	5,8	12,28	7,863744
2,36	5,8	6,38	5,78	12,27	7,836628
2,4	5,85	6,41	5,76	12,26	7,809511
2,43	5,9	6,44	5,74	12,26	7,782395
2,46	5,95	6,49	5,73	12,25	7,768837
2,49	6	6,56	5,74	12,25	7,782395
2,52	6,05	6,65	5,77	12,24	7,82307
2,56	6,1	6,74	5,8	12,23	7,863744
2,59	6,15	6,83	5,83	12,21	7,904419
2,63	6,2	6,89	5,84	12,16	7,917977
2,67	6,25	6,92	5,82	12,12	7,89086
2,7	6,3	6,93	5,78	12,07	7,836628
2,73	6,35	6,94	5,74	12,03	7,782395
2,76	6,4	6,96	5,71	12,01	7,74172
2,79	6,45	6,99	5,69	11,99	7,714604

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
2,83	6,5	7,03	5,68	11,98	7,701046
2,86	6,55	7,09	5,69	11,98	7,714604
2,9	6,6	7,16	5,7	11,96	7,728162
2,93	6,65	7,22	5,7	11,94	7,728162
2,97	6,7	7,26	5,69	11,9	7,714604
3	6,75	7,3	5,68	11,87	7,701046
3,03	6,8	7,31	5,65	11,82	7,660371
3,08	6,85	7,28	5,59	11,76	7,579022
3,13	6,9	7,19	5,48	11,71	7,429882
3,17	6,95	7,1	5,37	11,66	7,280742
3,2	7	7,05	5,29	11,63	7,172277
3,23	7,05	7,04	5,24	11,6	7,104486
3,26	7,1	7,06	5,22	11,57	7,07737
3,3	7,15	7,12	5,23	11,54	7,090928
3,34	7,2	7,15	5,21	11,5	7,063812
3,39	7,25	7,11	5,15	11,45	6,982462
3,43	7,3	7,03	5,06	11,39	6,860439
3,46	7,35	6,98	4,99	11,34	6,765532
3,5	7,4	6,99	4,96	11,29	6,724857
3,55	7,45	7,07	4,99	11,26	6,765532
3,59	7,5	7,21	5,05	11,26	6,846881
3,63	7,55	7,36	5,12	11,27	6,941788
3,66	7,6	7,48	5,17	11,28	7,009579
3,69	7,65	7,54	5,17	11,28	7,009579
3,73	7,7	7,46	5,09	11,26	6,901113
3,77	7,75	7,03	4,76	11,24	6,453693
3,83	7,8	6,15	4,14	11,21	5,613086

TABEL 4.1.4. PERFORMANCE MAP-3, REGULATOR 180°

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
0,56	3,6	N/A	N/A	18	
0,62	3,65	2,86	4,14	18	5,613086
0,68	3,7	2,95	4,2	17,65	5,694435
0,73	3,75	3,03	4,25	16,4	5,762226
0,77	3,8	3,12	4,31	15,74	5,843575
0,8	3,85	3,2	4,36	15,32	5,911366
0,84	3,9	3,29	4,43	14,97	6,006274
0,89	3,95	3,4	4,52	14,62	6,128297
0,94	4	3,52	4,62	14,31	6,263879
0,99	4,05	3,63	4,7	14,08	6,372344
1,02	4,1	3,71	4,76	13,91	6,453693
1,06	4,15	3,79	4,8	13,76	6,507926

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
1,09	4,2	3,87	4,84	13,63	6,562159
1,12	4,25	3,95	4,89	13,49	6,62995
1,16	4,3	4,05	4,94	13,35	6,697741
1,21	4,35	4,16	5,02	13,2	6,806206
1,26	4,4	4,26	5,08	13,08	6,887555
1,3	4,45	4,34	5,12	13	6,941788
1,33	4,5	4,4	5,14	12,95	6,968904
1,36	4,55	4,46	5,15	12,9	6,982462
1,39	4,6	4,52	5,16	12,85	6,996021
1,42	4,65	4,59	5,19	12,8	7,036695
1,46	4,7	4,68	5,23	12,74	7,090928
1,51	4,75	4,8	5,3	12,67	7,185835
1,56	4,8	4,9	5,36	12,61	7,267184
1,59	4,85	4,99	5,4	12,57	7,321417
1,62	4,9	5,06	5,42	12,54	7,348533
1,65	4,95	5,12	5,44	12,52	7,37565
1,68	5	5,19	5,45	12,51	7,389208
1,71	5,05	5,27	5,48	12,5	7,429882
1,75	5,1	5,35	5,51	12,5	7,470557
1,79	5,15	5,44	5,54	12,49	7,511231
1,83	5,2	5,51	5,57	12,48	7,551906
1,86	5,25	5,58	5,58	12,47	7,565464
1,89	5,3	5,64	5,59	12,47	7,579022
1,93	5,35	5,7	5,59	12,46	7,579022
1,96	5,4	5,76	5,6	12,47	7,592581
1,99	5,45	5,83	5,62	12,49	7,619697
2,03	5,5	5,91	5,64	12,52	7,646813
2,07	5,55	5,99	5,67	12,55	7,687488
2,1	5,6	6,06	5,69	12,58	7,714604
2,13	5,65	6,13	5,7	12,6	7,728162
2,17	5,7	6,2	5,71	12,6	7,74172
2,21	5,75	6,25	5,71	12,59	7,74172
2,25	5,8	6,3	5,7	12,57	7,728162
2,28	5,85	6,33	5,69	12,55	7,714604
2,31	5,9	6,37	5,67	12,54	7,687488
2,33	5,95	6,41	5,66	12,52	7,67393
2,36	6	6,46	5,65	12,51	7,660371
2,4	6,05	6,53	5,67	12,48	7,687488
2,44	6,1	6,61	5,69	12,46	7,714604
2,48	6,15	6,69	5,72	12,43	7,755279
2,51	6,2	6,76	5,73	12,4	7,768837
2,54	6,25	6,83	5,74	12,37	7,782395
2,57	6,3	6,89	5,74	12,34	7,782395
2,6	6,35	6,95	5,75	12,3	7,795953

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
2,64	6,4	7,01	5,75	12,24	7,795953
2,69	6,45	7,04	5,74	12,17	7,782395
2,72	6,5	7,05	5,7	12,11	7,728162
2,76	6,55	7,05	5,65	12,07	7,660371
2,79	6,6	7,06	5,62	12,05	7,619697
2,82	6,65	7,08	5,59	12,02	7,579022
2,85	6,7	7,12	5,58	12	7,565464
2,89	6,75	7,16	5,57	11,97	7,551906
2,92	6,8	7,21	5,57	11,93	7,551906
2,96	6,85	7,24	5,55	11,88	7,52479
3	6,9	7,26	5,53	11,83	7,497673
3,03	6,95	7,27	5,5	11,78	7,456999
3,07	7	7,27	5,46	11,74	7,402766
3,11	7,05	7,26	5,41	11,71	7,334975
3,15	7,1	7,22	5,34	11,69	7,240068
3,2	7,15	7,14	5,24	11,66	7,104486
3,24	7,2	6,99	5,1	11,63	6,914672
3,28	7,25	6,82	4,94	11,59	6,697741
3,32	7,3	6,68	4,8	11,55	6,507926
3,36	7,35	6,61	4,72	11,51	6,399461
3,4	7,4	6,61	4,69	11,47	6,358786
3,44	7,45	6,67	4,7	11,43	6,372344
3,48	7,5	6,76	4,73	11,39	6,413019
3,52	7,55	6,84	4,76	11,35	6,453693
3,57	7,6	6,85	4,74	11,31	6,426577
3,63	7,65	6,63	4,55	11,26	6,168972
3,69	7,7	6,24	4,26	11,19	5,775784
3,74	7,75	6,01	4,07	11,12	5,518179
3,77	7,8	5,92	3,98	11,07	5,396155
3,82	7,85	5,9	3,95	11,02	5,355481
3,87	7,9	5,89	3,92	10,95	5,314806

TABEL 4.1.5. PERFORMANCE MAP-4, REGULATOR 180°

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
0,74	3,7	N/A	N/A	16,8	
0,81	3,75	3,17	4,43	15,87	6,006274
0,86	3,8	3,24	4,47	15,19	6,060506
0,91	3,85	3,31	4,51	14,67	6,114739
0,95	3,9	3,39	4,56	14,33	6,18253
0,99	3,95	3,47	4,61	14,1	6,250321
1,03	4	3,54	4,65	13,92	6,304553
1,06	4,05	3,62	4,69	13,76	6,358786

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
1,09	4,1	3,7	4,73	13,62	6,413019
1,13	4,15	3,78	4,78	13,48	6,48081
1,18	4,2	3,88	4,86	13,32	6,589275
1,24	4,25	3,99	4,93	13,17	6,684182
1,28	4,3	4,07	4,98	13,06	6,751973
1,31	4,35	4,14	5	12,98	6,77909
1,34	4,4	4,21	5,02	12,91	6,806206
1,37	4,45	4,27	5,04	12,83	6,833322
1,4	4,5	4,34	5,06	12,75	6,860439
1,44	4,55	4,42	5,1	12,66	6,914672
1,49	4,6	4,53	5,17	12,56	7,009579
1,54	4,65	4,64	5,25	12,49	7,118044
1,58	4,7	4,73	5,28	12,46	7,158719
1,61	4,75	4,8	5,3	12,44	7,185835
1,64	4,8	4,86	5,32	12,41	7,212951
1,67	4,85	4,92	5,33	12,37	7,22651
1,71	4,9	4,99	5,35	12,31	7,253626
1,74	4,95	5,07	5,38	12,25	7,294301
1,78	5	5,15	5,41	12,19	7,334975
1,82	5,05	5,22	5,43	12,15	7,362091
1,85	5,1	5,29	5,45	12,14	7,389208
1,89	5,15	5,35	5,46	12,14	7,402766
1,92	5,2	5,42	5,47	12,16	7,416324
1,96	5,25	5,49	5,49	12,17	7,443441
1,99	5,3	5,57	5,52	12,18	7,484115
2,03	5,35	5,65	5,55	12,19	7,52479
2,06	5,4	5,73	5,57	12,19	7,551906
2,09	5,45	5,8	5,58	12,19	7,565464
2,13	5,5	5,85	5,59	12,2	7,579022
2,16	5,55	5,9	5,59	12,21	7,579022
2,21	5,6	5,94	5,57	12,22	7,551906
2,25	5,65	5,96	5,54	12,24	7,511231
2,28	5,7	5,99	5,52	12,26	7,484115
2,31	5,75	6,04	5,52	12,27	7,484115
2,34	5,8	6,1	5,52	12,28	7,484115
2,37	5,85	6,17	5,54	12,29	7,511231
2,4	5,9	6,27	5,58	12,29	7,565464
2,44	5,95	6,39	5,64	12,28	7,646813
2,48	6	6,5	5,69	12,25	7,714604
2,52	6,05	6,57	5,7	12,22	7,728162
2,55	6,1	6,62	5,7	12,19	7,728162
2,58	6,15	6,66	5,69	12,17	7,714604
2,61	6,2	6,71	5,68	12,16	7,701046
2,64	6,25	6,77	5,68	12,15	7,701046

S	RPMX1000	HP	FT-LBS	AIR/FUEL	NM
2,68	6,3	6,83	5,7	12,14	7,728162
2,72	6,35	6,9	5,71	12,12	7,74172
2,76	6,4	6,96	5,71	12,09	7,74172
2,79	6,45	7,01	5,71	12,05	7,74172
2,82	6,5	7,07	5,71	12	7,74172
2,85	6,55	7,12	5,71	11,95	7,74172
2,89	6,6	7,17	5,7	11,91	7,728162
2,92	6,65	7,2	5,68	11,86	7,701046
2,96	6,7	7,19	5,64	11,83	7,646813
2,99	6,75	7,15	5,57	11,81	7,551906
3,03	6,8	7,09	5,48	11,8	7,429882
3,07	6,85	7,05	5,41	11,78	7,334975
3,11	6,9	7,04	5,36	11,77	7,267184
3,14	6,95	7,07	5,34	11,75	7,240068
3,18	7	7,1	5,32	11,72	7,212951
3,23	7,05	7,1	5,29	11,67	7,172277
3,27	7,1	7,05	5,21	11,61	7,063812
3,31	7,15	6,99	5,13	11,56	6,955346
3,34	7,2	6,94	5,06	11,51	6,860439
3,38	7,25	6,92	5,01	11,47	6,792648
3,42	7,3	6,95	5	11,43	6,77909
3,46	7,35	7,02	5,02	11,4	6,806206
3,5	7,4	7,13	5,06	11,37	6,860439
3,53	7,45	7,25	5,11	11,34	6,92823
3,57	7,5	7,36	5,15	11,31	6,982462
3,61	7,55	7,46	5,19	11,28	7,036695
3,65	7,6	7,5	5,18	11,24	7,023137
3,7	7,65	7,46	5,12	11,22	6,941788
3,74	7,7	7,41	5,05	11,23	6,846881
3,77	7,75	7,37	4,99	11,24	6,765532
3,81	7,8	7,32	4,93	11,25	6,684182
3,85	7,85	7,2	4,82	11,26	6,535043
3,92	7,9	6,57	4,37	11,25	5,924924
3,98	7,95	5,65	3,74	11,23	5,070759

Tabel 4.1.6. Performance Map-5, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,6	3,7	N/A	N/A	18	
0,64	3,75	3,13	4,42	18	5,992715
0,68	3,8	3,21	4,46	18	6,046948
0,73	3,85	3,29	4,5	17,66	6,101181
0,78	3,9	3,37	4,54	16,38	6,155413

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,83	3,95	3,46	4,61	15,52	6,250321
0,87	4	3,55	4,66	14,96	6,318112
0,91	4,05	3,63	4,71	14,58	6,385903
0,94	4,1	3,71	4,75	14,29	6,440135
0,98	4,15	3,79	4,79	14,07	6,494368
1,02	4,2	3,86	4,83	13,88	6,548601
1,06	4,25	3,95	4,89	13,69	6,62995
1,11	4,3	4,05	4,95	13,52	6,711299
1,15	4,35	4,14	5	13,37	6,77909
1,19	4,4	4,22	5,04	13,25	6,833322
1,22	4,45	4,29	5,06	13,13	6,860439
1,26	4,5	4,35	5,07	13,02	6,873997
1,3	4,55	4,41	5,09	12,9	6,901113
1,34	4,6	4,48	5,11	12,81	6,92823
1,38	4,65	4,55	5,13	12,75	6,955346
1,42	4,7	4,61	5,16	12,72	6,996021
1,45	4,75	4,68	5,18	12,68	7,023137
1,48	4,8	4,76	5,21	12,65	7,063812
1,51	4,85	4,85	5,25	12,6	7,118044
1,55	4,9	4,95	5,31	12,54	7,199393
1,59	4,95	5,08	5,39	12,45	7,307859
1,64	5	5,19	5,46	12,38	7,402766
1,67	5,05	5,27	5,48	12,34	7,429882
1,7	5,1	5,34	5,5	12,32	7,456999
1,73	5,15	5,4	5,51	12,31	7,470557
1,76	5,2	5,46	5,51	12,3	7,470557
1,79	5,25	5,53	5,53	12,29	7,497673
1,83	5,3	5,61	5,56	12,28	7,538348
1,88	5,35	5,68	5,58	12,27	7,565464
1,92	5,4	5,74	5,58	12,26	7,565464
1,95	5,45	5,78	5,57	12,25	7,551906
1,98	5,5	5,83	5,57	12,25	7,551906
2,01	5,55	5,89	5,57	12,25	7,551906
2,04	5,6	5,96	5,58	12,25	7,565464
2,08	5,65	6,04	5,61	12,25	7,606139
2,12	5,7	6,12	5,64	12,25	7,646813
2,15	5,75	6,2	5,66	12,25	7,67393
2,18	5,8	6,27	5,68	12,24	7,701046
2,22	5,85	6,33	5,69	12,24	7,714604
2,25	5,9	6,4	5,69	12,22	7,714604
2,28	5,95	6,46	5,7	12,2	7,728162
2,32	6	6,53	5,71	12,18	7,74172
2,35	6,05	6,59	5,72	12,15	7,755279
2,38	6,1	6,66	5,74	12,12	7,782395

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,42	6,15	6,74	5,75	12,1	7,795953
2,46	6,2	6,82	5,78	12,08	7,836628
2,5	6,25	6,89	5,79	12,08	7,850186
2,53	6,3	6,94	5,79	12,07	7,850186
2,56	6,35	6,99	5,78	12,06	7,836628
2,59	6,4	7,03	5,77	12,05	7,82307
2,62	6,45	7,06	5,75	12,02	7,795953
2,65	6,5	7,07	5,72	11,98	7,755279
2,69	6,55	7,08	5,68	11,93	7,701046
2,73	6,6	7,07	5,63	11,88	7,633255
2,77	6,65	7,08	5,59	11,85	7,579022
2,8	6,7	7,11	5,57	11,83	7,551906
2,83	6,75	7,16	5,57	11,81	7,551906
2,87	6,8	7,23	5,58	11,8	7,565464
2,91	6,85	7,3	5,6	11,77	7,592581
2,95	6,9	7,35	5,59	11,73	7,579022
2,99	6,95	7,36	5,56	11,68	7,538348
3,02	7	7,36	5,52	11,63	7,484115
3,05	7,05	7,35	5,47	11,59	7,416324
3,09	7,1	7,34	5,43	11,54	7,362091
3,13	7,15	7,36	5,4	11,5	7,321417
3,16	7,2	7,38	5,39	11,46	7,307859
3,2	7,25	7,42	5,38	11,43	7,294301
3,23	7,3	7,46	5,37	11,41	7,280742
3,27	7,35	7,51	5,36	11,39	7,267184
3,31	7,4	7,54	5,35	11,38	7,253626
3,35	7,45	7,53	5,31	11,36	7,199393
3,4	7,5	7,43	5,2	11,33	7,050253
3,44	7,55	7,29	5,07	11,3	6,873997
3,48	7,6	7,16	4,95	11,26	6,711299
3,52	7,65	7,03	4,83	11,25	6,548601
3,56	7,7	6,84	4,67	11,25	6,33167
3,64	7,75	6,32	4,28	11,28	5,802901

Tabel 4.1.7. Performance Map-6, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,6	3,5	N/A	N/A	18	
0,66	3,55	2,88	4,28	18	5,802901
0,7	3,6	2,94	4,31	17,88	5,843575
0,75	3,65	3	4,33	16,66	5,870692
0,79	3,7	3,07	4,35	15,93	5,897808
0,83	3,75	3,13	4,38	15,46	5,938483

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,87	3,8	3,2	4,42	15,07	5,992715
0,91	3,85	3,28	4,47	14,66	6,060506
0,96	3,9	3,38	4,55	14,25	6,168972
1,01	3,95	3,49	4,64	13,94	6,290995
1,06	4	3,58	4,7	13,76	6,372344
1,09	4,05	3,66	4,75	13,63	6,440135
1,12	4,1	3,74	4,79	13,53	6,494368
1,15	4,15	3,82	4,84	13,44	6,562159
1,19	4,2	3,91	4,88	13,34	6,616392
1,24	4,25	4	4,94	13,23	6,697741
1,29	4,3	4,09	4,99	13,1	6,765532
1,34	4,35	4,16	5,03	12,98	6,819764
1,38	4,4	4,22	5,04	12,88	6,833322
1,41	4,45	4,28	5,05	12,81	6,846881
1,44	4,5	4,33	5,05	12,74	6,846881
1,47	4,55	4,39	5,07	12,68	6,873997
1,5	4,6	4,45	5,09	12,64	6,901113
1,54	4,65	4,53	5,12	12,6	6,941788
1,58	4,7	4,64	5,18	12,58	7,023137
1,63	4,75	4,75	5,25	12,55	7,118044
1,67	4,8	4,84	5,3	12,51	7,185835
1,7	4,85	4,92	5,33	12,47	7,22651
1,73	4,9	4,99	5,35	12,42	7,253626
1,76	4,95	5,06	5,37	12,38	7,280742
1,79	5	5,13	5,39	12,34	7,307859
1,83	5,05	5,21	5,42	12,3	7,348533
1,87	5,1	5,31	5,46	12,29	7,402766
1,92	5,15	5,39	5,5	12,28	7,456999
1,95	5,2	5,46	5,52	12,29	7,484115
1,99	5,25	5,53	5,53	12,29	7,497673
2,02	5,3	5,59	5,54	12,29	7,511231
2,06	5,35	5,66	5,55	12,29	7,52479
2,1	5,4	5,72	5,56	12,29	7,538348
2,13	5,45	5,77	5,56	12,29	7,538348
2,16	5,5	5,81	5,55	12,29	7,52479
2,19	5,55	5,86	5,54	12,29	7,511231
2,22	5,6	5,9	5,54	12,3	7,511231
2,26	5,65	5,96	5,54	12,3	7,511231
2,3	5,7	6,03	5,56	12,32	7,538348
2,34	5,75	6,1	5,57	12,33	7,551906
2,37	5,8	6,17	5,58	12,34	7,565464
2,4	5,85	6,23	5,59	12,34	7,579022
2,43	5,9	6,3	5,61	12,33	7,606139
2,46	5,95	6,39	5,64	12,32	7,646813

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,49	6	6,5	5,69	12,28	7,714604
2,54	6,05	6,63	5,76	12,22	7,809511
2,58	6,1	6,72	5,78	12,19	7,836628
2,62	6,15	6,76	5,77	12,18	7,82307
2,64	6,2	6,79	5,75	12,17	7,795953
2,67	6,25	6,81	5,73	12,18	7,768837
2,7	6,3	6,84	5,7	12,18	7,728162
2,74	6,35	6,87	5,69	12,17	7,714604
2,77	6,4	6,92	5,68	12,14	7,701046
2,81	6,45	6,97	5,68	12,09	7,701046
2,85	6,5	7,02	5,67	12,04	7,687488
2,88	6,55	7,08	5,68	11,99	7,701046
2,91	6,6	7,14	5,68	11,94	7,701046
2,94	6,65	7,21	5,7	11,9	7,728162
2,98	6,7	7,28	5,71	11,85	7,74172
3,02	6,75	7,32	5,69	11,81	7,714604
3,06	6,8	7,31	5,65	11,76	7,660371
3,1	6,85	7,27	5,58	11,73	7,565464
3,13	6,9	7,25	5,52	11,71	7,484115
3,16	6,95	7,27	5,5	11,69	7,456999
3,19	7	7,33	5,5	11,66	7,456999
3,23	7,05	7,42	5,52	11,63	7,484115
3,26	7,1	7,52	5,56	11,59	7,538348
3,3	7,15	7,59	5,58	11,54	7,565464
3,34	7,2	7,6	5,55	11,5	7,52479
3,38	7,25	7,56	5,48	11,47	7,429882
3,41	7,3	7,52	5,41	11,46	7,334975
3,45	7,35	7,48	5,35	11,47	7,253626
3,49	7,4	7,47	5,3	11,48	7,185835
3,53	7,45	7,46	5,26	11,48	7,131602
3,58	7,5	7,41	5,19	11,46	7,036695
3,61	7,55	7,27	5,06	11,44	6,860439
3,65	7,6	7,03	4,86	11,41	6,589275
3,7	7,65	6,7	4,61	11,37	6,250321

Tabel 4.1.8. Performance Map-7, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,6	3,5	N/A	N/A	18	
0,66	3,55	2,88	4,28	18	5,802901
0,7	3,6	2,94	4,31	17,88	5,843575
0,75	3,65	3	4,33	16,66	5,870692
0,79	3,7	3,07	4,35	15,93	5,897808

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,83	3,75	3,13	4,38	15,46	5,938483
0,87	3,8	3,2	4,42	15,07	5,992715
0,91	3,85	3,28	4,47	14,66	6,060506
0,96	3,9	3,38	4,55	14,25	6,168972
1,01	3,95	3,49	4,64	13,94	6,290995
1,06	4	3,58	4,7	13,76	6,372344
1,09	4,05	3,66	4,75	13,63	6,440135
1,12	4,1	3,74	4,79	13,53	6,494368
1,15	4,15	3,82	4,84	13,44	6,562159
1,19	4,2	3,91	4,88	13,34	6,616392
1,24	4,25	4	4,94	13,23	6,697741
1,29	4,3	4,09	4,99	13,1	6,765532
1,34	4,35	4,16	5,03	12,98	6,819764
1,38	4,4	4,22	5,04	12,88	6,833322
1,41	4,45	4,28	5,05	12,81	6,846881
1,44	4,5	4,33	5,05	12,74	6,846881
1,47	4,55	4,39	5,07	12,68	6,873997
1,5	4,6	4,45	5,09	12,64	6,901113
1,54	4,65	4,53	5,12	12,6	6,941788
1,58	4,7	4,64	5,18	12,58	7,023137
1,63	4,75	4,75	5,25	12,55	7,118044
1,67	4,8	4,84	5,3	12,51	7,185835
1,7	4,85	4,92	5,33	12,47	7,22651
1,73	4,9	4,99	5,35	12,42	7,253626
1,76	4,95	5,06	5,37	12,38	7,280742
1,79	5	5,13	5,39	12,34	7,307859
1,83	5,05	5,21	5,42	12,3	7,348533
1,87	5,1	5,31	5,46	12,29	7,402766
1,92	5,15	5,39	5,5	12,28	7,456999
1,95	5,2	5,46	5,52	12,29	7,484115
1,99	5,25	5,53	5,53	12,29	7,497673
2,02	5,3	5,59	5,54	12,29	7,511231
2,06	5,35	5,66	5,55	12,29	7,52479
2,1	5,4	5,72	5,56	12,29	7,538348
2,13	5,45	5,77	5,56	12,29	7,538348
2,16	5,5	5,81	5,55	12,29	7,52479
2,19	5,55	5,86	5,54	12,29	7,511231
2,22	5,6	5,9	5,54	12,3	7,511231
2,26	5,65	5,96	5,54	12,3	7,511231
2,3	5,7	6,03	5,56	12,32	7,538348
2,34	5,75	6,1	5,57	12,33	7,551906
2,37	5,8	6,17	5,58	12,34	7,565464
2,4	5,85	6,23	5,59	12,34	7,579022
2,43	5,9	6,3	5,61	12,33	7,606139

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,46	5,95	6,39	5,64	12,32	7,646813
2,49	6	6,5	5,69	12,28	7,714604
2,54	6,05	6,63	5,76	12,22	7,809511
2,58	6,1	6,72	5,78	12,19	7,836628
2,62	6,15	6,76	5,77	12,18	7,82307
2,64	6,2	6,79	5,75	12,17	7,795953
2,67	6,25	6,81	5,73	12,18	7,768837
2,7	6,3	6,84	5,7	12,18	7,728162
2,74	6,35	6,87	5,69	12,17	7,714604
2,77	6,4	6,92	5,68	12,14	7,701046
2,81	6,45	6,97	5,68	12,09	7,701046
2,85	6,5	7,02	5,67	12,04	7,687488
2,88	6,55	7,08	5,68	11,99	7,701046
2,91	6,6	7,14	5,68	11,94	7,701046
2,94	6,65	7,21	5,7	11,9	7,728162
2,98	6,7	7,28	5,71	11,85	7,74172
3,02	6,75	7,32	5,69	11,81	7,714604
3,06	6,8	7,31	5,65	11,76	7,660371
3,1	6,85	7,27	5,58	11,73	7,565464
3,13	6,9	7,25	5,52	11,71	7,484115
3,16	6,95	7,27	5,5	11,69	7,456999
3,19	7	7,33	5,5	11,66	7,456999
3,23	7,05	7,42	5,52	11,63	7,484115
3,26	7,1	7,52	5,56	11,59	7,538348
3,3	7,15	7,59	5,58	11,54	7,565464
3,34	7,2	7,6	5,55	11,5	7,52479
3,38	7,25	7,56	5,48	11,47	7,429882
3,41	7,3	7,52	5,41	11,46	7,334975
3,45	7,35	7,48	5,35	11,47	7,253626
3,49	7,4	7,47	5,3	11,48	7,185835
3,53	7,45	7,46	5,26	11,48	7,131602
3,58	7,5	7,41	5,19	11,46	7,036695
3,61	7,55	7,27	5,06	11,44	6,860439
3,65	7,6	7,03	4,86	11,41	6,589275
3,7	7,65	6,7	4,61	11,37	6,250321

Tabel 4.1.9. Performance Map-8, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,58	3,6	N/A	N/A	18	
0,71	3,65	2,93	4,21	18	5,707994
0,75	3,7	2,99	4,24	18	5,748668
0,79	3,75	3,05	4,27	18	5,789343

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,84	3,8	3,12	4,31	18	5,843575
0,88	3,85	3,21	4,38	18	5,938483
0,92	3,9	3,32	4,47	18	6,060506
0,97	3,95	3,43	4,55	18	6,168972
1,01	4	3,52	4,62	18	6,263879
1,05	4,05	3,6	4,67	18	6,33167
1,1	4,1	3,68	4,72	18	6,399461
1,14	4,15	3,76	4,76	18	6,453693
1,19	4,2	3,85	4,82	18	6,535043
1,23	4,25	3,96	4,89	18	6,62995
1,27	4,3	4,07	4,97	18	6,738415
1,32	4,35	4,16	5,02	18	6,806206
1,36	4,4	4,21	5,03	18	6,819764
1,4	4,45	4,26	5,03	18	6,819764
1,45	4,5	4,31	5,03	18	6,819764
1,49	4,55	4,37	5,05	18	6,846881
1,53	4,6	4,44	5,07	18	6,873997
1,58	4,65	4,52	5,11	18	6,92823
1,62	4,7	4,61	5,15	18	6,982462
1,66	4,75	4,69	5,18	18	7,023137
1,71	4,8	4,76	5,21	18	7,063812
1,75	4,85	4,84	5,24	18	7,104486
1,8	4,9	4,91	5,26	18	7,131602
1,84	4,95	5	5,3	18	7,185835
1,88	5	5,08	5,33	18	7,22651
1,93	5,05	5,16	5,36	18	7,267184
1,97	5,1	5,23	5,38	18	7,294301
2,01	5,15	5,3	5,4	18	7,321417
2,06	5,2	5,37	5,42	18	7,348533
2,1	5,25	5,45	5,45	18	7,389208
2,14	5,3	5,55	5,5	18	7,456999
2,19	5,35	5,64	5,54	18	7,511231
2,23	5,4	5,71	5,55	18	7,52479
2,28	5,45	5,76	5,55	18	7,52479
2,32	5,5	5,8	5,54	18	7,511231
2,36	5,55	5,85	5,53	18	7,497673
2,41	5,6	5,89	5,53	18	7,497673
2,45	5,65	5,95	5,53	18	7,497673
2,49	5,7	6,02	5,54	18	7,511231
2,54	5,75	6,07	5,55	18	7,52479
2,58	5,8	6,13	5,55	18	7,52479
2,62	5,85	6,19	5,55	18	7,52479
2,67	5,9	6,26	5,57	18	7,551906
2,71	5,95	6,34	5,6	18	7,592581

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,75	6	6,45	5,65	18	7,660371
2,8	6,05	6,57	5,71	18	7,74172
2,84	6,1	6,67	5,75	18	7,795953
2,89	6,15	6,74	5,76	18	7,809511
2,93	6,2	6,79	5,76	18	7,809511
2,97	6,25	6,83	5,74	18	7,782395
3,02	6,3	6,87	5,73	18	7,768837
3,06	6,35	6,91	5,72	18	7,755279
3,1	6,4	6,96	5,71	18	7,74172
3,15	6,45	7,01	5,71	18	7,74172
3,19	6,5	7,06	5,71	18	7,74172
3,23	6,55	7,11	5,7	18	7,728162
3,28	6,6	7,14	5,68	18	7,701046
3,32	6,65	7,15	5,65	18	7,660371
3,36	6,7	7,16	5,61	18	7,606139
3,41	6,75	7,15	5,56	18	7,538348
3,45	6,8	7,13	5,51	18	7,470557
3,5	6,85	7,09	5,44	18	7,37565
3,54	6,9	7,08	5,39	18	7,307859
3,58	6,95	7,08	5,35	18	7,253626
3,63	7	7,11	5,33	18	7,22651
3,67	7,05	7,16	5,33	18	7,22651
3,71	7,1	7,22	5,34	18	7,240068
3,76	7,15	7,28	5,35	18	7,253626
3,8	7,2	7,33	5,35	18	7,253626
3,84	7,25	7,33	5,31	18	7,199393
3,89	7,3	7,29	5,25	18	7,118044
3,93	7,35	7,18	5,13	18	6,955346

Tabel 4.1.10. Performance Map-9, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,54	3,7	N/A	N/A	16,47	
0,64	3,75	3,08	4,31	15,47	5,843575
0,69	3,8	3,16	4,36	15,01	5,911366
0,74	3,85	3,25	4,43	14,55	6,006274
0,79	3,9	3,34	4,5	14,17	6,101181
0,83	3,95	3,42	4,54	13,91	6,155413
0,86	4	3,48	4,57	13,71	6,196088
0,89	4,05	3,55	4,6	13,56	6,236763
0,93	4,1	3,62	4,63	13,43	6,277437
0,97	4,15	3,7	4,68	13,32	6,345228
1,03	4,2	3,81	4,77	13,18	6,467252

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,08	4,25	3,92	4,84	13,06	6,562159
1,12	4,3	3,99	4,88	12,96	6,616392
1,16	4,35	4,06	4,9	12,87	6,643508
1,19	4,4	4,12	4,91	12,79	6,657066
1,22	4,45	4,18	4,93	12,71	6,684182
1,26	4,5	4,24	4,95	12,62	6,711299
1,3	4,55	4,31	4,97	12,54	6,738415
1,35	4,6	4,38	5	12,47	6,77909
1,39	4,65	4,45	5,03	12,42	6,819764
1,42	4,7	4,51	5,04	12,38	6,833322
1,46	4,75	4,57	5,05	12,34	6,846881
1,5	4,8	4,62	5,06	12,3	6,860439
1,53	4,85	4,69	5,08	12,23	6,887555
1,57	4,9	4,77	5,11	12,16	6,92823
1,61	4,95	4,86	5,15	12,09	6,982462
1,65	5	4,95	5,2	12,04	7,050253
1,68	5,05	5,04	5,24	12	7,104486
1,72	5,1	5,13	5,28	11,97	7,158719
1,75	5,15	5,22	5,32	11,95	7,212951
1,8	5,2	5,3	5,36	11,92	7,267184
1,85	5,25	5,37	5,37	11,9	7,280742
1,88	5,3	5,42	5,37	11,87	7,280742
1,91	5,35	5,46	5,36	11,86	7,267184
1,94	5,4	5,5	5,35	11,85	7,253626
1,97	5,45	5,54	5,34	11,84	7,240068
2	5,5	5,6	5,35	11,84	7,253626
2,04	5,55	5,69	5,38	11,85	7,294301
2,09	5,6	5,79	5,43	11,87	7,362091
2,13	5,65	5,87	5,46	11,9	7,402766
2,16	5,7	5,94	5,48	11,92	7,429882
2,19	5,75	6	5,48	11,94	7,429882
2,22	5,8	6,07	5,5	11,96	7,456999
2,25	5,85	6,14	5,52	11,97	7,484115
2,29	5,9	6,23	5,55	11,98	7,52479
2,34	5,95	6,3	5,57	11,97	7,551906
2,38	6	6,36	5,56	11,95	7,538348
2,41	6,05	6,4	5,56	11,95	7,538348
2,44	6,1	6,45	5,55	11,94	7,52479
2,47	6,15	6,51	5,56	11,95	7,538348
2,51	6,2	6,58	5,57	11,97	7,551906
2,54	6,25	6,65	5,59	11,98	7,579022
2,57	6,3	6,73	5,61	11,99	7,606139
2,61	6,35	6,81	5,63	11,99	7,633255
2,64	6,4	6,87	5,64	11,98	7,646813

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,68	6,45	6,92	5,64	11,95	7,646813
2,71	6,5	6,96	5,63	11,93	7,633255
2,74	6,55	7	5,61	11,91	7,606139
2,78	6,6	7,04	5,6	11,9	7,592581
2,81	6,65	7,08	5,6	11,9	7,592581
2,85	6,7	7,14	5,6	11,91	7,592581
2,9	6,75	7,2	5,6	11,9	7,592581
2,93	6,8	7,24	5,59	11,89	7,579022
2,97	6,85	7,26	5,57	11,86	7,551906
3	6,9	7,27	5,54	11,83	7,511231
3,03	6,95	7,28	5,5	11,8	7,456999
3,06	7	7,27	5,45	11,76	7,389208
3,11	7,05	7,25	5,4	11,72	7,321417
3,14	7,1	7,22	5,34	11,67	7,240068
3,18	7,15	7,18	5,28	11,64	7,158719
3,22	7,2	7,12	5,19	11,6	7,036695
3,26	7,25	7,05	5,11	11,57	6,92823
3,32	7,3	7,03	5,05	11,53	6,846881
3,36	7,35	7,08	5,06	11,49	6,860439
3,39	7,4	7,17	5,09	11,45	6,901113
3,42	7,45	7,27	5,12	11,41	6,941788
3,45	7,5	7,36	5,15	11,37	6,982462
3,48	7,55	7,4	5,15	11,32	6,982462
3,53	7,6	7,29	5,04	11,28	6,833322
3,59	7,65	6,92	4,75	11,28	6,440135
3,63	7,7	6,51	4,44	11,27	6,019832

Tabel 4.1.11. Performance Map-10, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,52	3,4	N/A	N/A	18	
0,58	3,45	2,76	4,21	18	5,707994
0,62	3,5	2,82	4,23	18	5,73511
0,67	3,55	2,87	4,25	17,91	5,762226
0,72	3,6	2,93	4,28	16,56	5,802901
0,77	3,65	3	4,31	15,6	5,843575
0,82	3,7	3,05	4,33	15,08	5,870692
0,86	3,75	3,11	4,35	14,75	5,897808
0,9	3,8	3,16	4,37	14,5	5,924924
0,93	3,85	3,22	4,39	14,28	5,952041
0,97	3,9	3,28	4,42	14,06	5,992715
1,01	3,95	3,36	4,47	13,82	6,060506
1,07	4	3,48	4,56	13,55	6,18253

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,12	4,05	3,59	4,66	13,31	6,318112
1,16	4,1	3,68	4,72	13,17	6,399461
1,2	4,15	3,76	4,75	13,07	6,440135
1,23	4,2	3,83	4,78	13	6,48081
1,26	4,25	3,9	4,81	12,95	6,521484
1,29	4,3	3,98	4,86	12,9	6,589275
1,34	4,35	4,08	4,93	12,84	6,684182
1,39	4,4	4,2	5,01	12,72	6,792648
1,44	4,45	4,28	5,06	12,6	6,860439
1,48	4,5	4,34	5,06	12,52	6,860439
1,52	4,55	4,38	5,05	12,46	6,846881
1,55	4,6	4,42	5,05	12,43	6,846881
1,58	4,65	4,47	5,04	12,4	6,833322
1,62	4,7	4,53	5,06	12,38	6,860439
1,65	4,75	4,6	5,09	12,36	6,901113
1,7	4,8	4,7	5,14	12,33	6,968904
1,74	4,85	4,79	5,19	12,3	7,036695
1,77	4,9	4,88	5,23	12,26	7,090928
1,81	4,95	4,95	5,26	12,23	7,131602
1,84	5	5,03	5,28	12,21	7,158719
1,88	5,05	5,1	5,3	12,19	7,185835
1,91	5,1	5,17	5,33	12,18	7,22651
1,95	5,15	5,24	5,35	12,18	7,253626
1,99	5,2	5,31	5,37	12,18	7,280742
2,02	5,25	5,38	5,38	12,19	7,294301
2,06	5,3	5,44	5,4	12,21	7,321417
2,09	5,35	5,52	5,42	12,22	7,348533
2,14	5,4	5,61	5,45	12,23	7,389208
2,18	5,45	5,69	5,49	12,23	7,443441
2,21	5,5	5,76	5,5	12,22	7,456999
2,24	5,55	5,82	5,51	12,22	7,470557
2,27	5,6	5,88	5,51	12,22	7,470557
2,3	5,65	5,94	5,52	12,22	7,484115
2,33	5,7	6,01	5,54	12,23	7,511231
2,38	5,75	6,09	5,56	12,25	7,538348
2,42	5,8	6,17	5,59	12,25	7,579022
2,45	5,85	6,23	5,59	12,24	7,579022
2,48	5,9	6,28	5,59	12,22	7,579022
2,51	5,95	6,34	5,59	12,2	7,579022
2,54	6	6,4	5,6	12,17	7,592581
2,58	6,05	6,48	5,63	12,15	7,633255
2,62	6,1	6,59	5,67	12,13	7,687488
2,66	6,15	6,69	5,71	12,12	7,74172
2,7	6,2	6,77	5,73	12,12	7,768837

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,73	6,25	6,83	5,74	12,12	7,782395
2,76	6,3	6,88	5,74	12,11	7,782395
2,79	6,35	6,93	5,73	12,11	7,768837
2,82	6,4	6,98	5,73	12,1	7,768837
2,85	6,45	7,01	5,71	12,08	7,74172
2,89	6,5	7,02	5,68	12,06	7,701046
2,93	6,55	7,03	5,64	12,04	7,646813
2,96	6,6	7,03	5,6	12,01	7,592581
3	6,65	7,06	5,57	11,98	7,551906
3,03	6,7	7,11	5,57	11,94	7,551906
3,07	6,75	7,17	5,58	11,91	7,565464
3,1	6,8	7,22	5,58	11,86	7,565464
3,14	6,85	7,23	5,54	11,81	7,511231
3,18	6,9	7,16	5,45	11,75	7,389208
3,22	6,95	7,04	5,32	11,68	7,212951
3,26	7	6,91	5,19	11,61	7,036695
3,31	7,05	6,82	5,08	11,54	6,887555
3,35	7,1	6,79	5,02	11,48	6,806206
3,38	7,15	6,82	5,01	11,46	6,792648
3,42	7,2	6,91	5,04	11,45	6,833322
3,45	7,25	7,04	5,1	11,45	6,914672
3,48	7,3	7,19	5,17	11,46	7,009579
3,52	7,35	7,35	5,25	11,46	7,118044
3,56	7,4	7,46	5,3	11,43	7,185835
3,61	7,45	7,42	5,23	11,38	7,090928
3,66	7,5	7,21	5,05	11,31	6,846881
3,71	7,55	6,93	4,82	11,27	6,535043
3,75	7,6	6,63	4,59	11,26	6,223204
3,8	7,65	6,36	4,37	11,25	5,924924
3,88	7,7	6,19	4,22	11,17	5,721552

Tabel 4.1.12. Performance Map-11, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,64	3,4	N/A	N/A	18	
0,73	3,45	2,77	4,22	17,91	5,721552
0,77	3,5	2,82	4,23	16,88	5,73511
0,82	3,55	2,87	4,24	15,96	5,748668
0,87	3,6	2,91	4,25	15,39	5,762226
0,91	3,65	2,95	4,24	14,97	5,748668
0,96	3,7	2,99	4,24	14,6	5,748668
1	3,75	3,04	4,25	14,25	5,762226
1,06	3,8	3,11	4,3	13,94	5,830017

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,11	3,85	3,2	4,36	13,69	5,911366
1,15	3,9	3,28	4,42	13,5	5,992715
1,19	3,95	3,36	4,47	13,36	6,060506
1,23	4	3,45	4,53	13,23	6,141855
1,28	4,05	3,55	4,61	13,11	6,250321
1,33	4,1	3,66	4,69	12,97	6,358786
1,37	4,15	3,74	4,74	12,86	6,426577
1,4	4,2	3,81	4,76	12,76	6,453693
1,44	4,25	3,87	4,79	12,67	6,494368
1,47	4,3	3,93	4,8	12,58	6,507926
1,5	4,35	4	4,83	12,5	6,548601
1,55	4,4	4,08	4,87	12,42	6,602833
1,6	4,45	4,18	4,93	12,35	6,684182
1,65	4,5	4,26	4,97	12,3	6,738415
1,69	4,55	4,32	4,99	12,27	6,765532
1,72	4,6	4,37	4,99	12,24	6,765532
1,74	4,65	4,43	5	12,21	6,77909
1,77	4,7	4,49	5,01	12,18	6,792648
1,81	4,75	4,56	5,04	12,15	6,833322
1,86	4,8	4,67	5,11	12,1	6,92823
1,92	4,85	4,77	5,17	12,06	7,009579
1,95	4,9	4,85	5,2	12,05	7,050253
1,99	4,95	4,92	5,22	12,05	7,07737
2,02	5	4,98	5,23	12,06	7,090928
2,05	5,05	5,04	5,24	12,08	7,104486
2,09	5,1	5,11	5,26	12,09	7,131602
2,12	5,15	5,19	5,29	12,11	7,172277
2,16	5,2	5,27	5,32	12,12	7,212951
2,2	5,25	5,33	5,34	12,12	7,240068
2,24	5,3	5,4	5,35	12,13	7,253626
2,27	5,35	5,46	5,36	12,14	7,267184
2,3	5,4	5,53	5,38	12,17	7,294301
2,34	5,45	5,61	5,4	12,2	7,321417
2,38	5,5	5,69	5,43	12,24	7,362091
2,41	5,55	5,77	5,46	12,27	7,402766
2,45	5,6	5,85	5,48	12,29	7,429882
2,48	5,65	5,92	5,5	12,29	7,456999
2,52	5,7	5,97	5,5	12,29	7,456999
2,56	5,75	6,01	5,49	12,27	7,443441
2,61	5,8	6,04	5,47	12,27	7,416324
2,64	5,85	6,07	5,45	12,27	7,389208
2,67	5,9	6,11	5,44	12,27	7,37565
2,7	5,95	6,17	5,45	12,28	7,389208
2,73	6	6,25	5,47	12,28	7,416324

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,76	6,05	6,36	5,52	12,28	7,484115
2,8	6,1	6,49	5,59	12,28	7,579022
2,84	6,15	6,61	5,65	12,27	7,660371
2,88	6,2	6,7	5,68	12,25	7,701046
2,9	6,25	6,77	5,69	12,24	7,714604
2,93	6,3	6,84	5,7	12,22	7,728162
2,97	6,35	6,9	5,7	12,2	7,728162
3	6,4	6,95	5,7	12,18	7,728162
3,04	6,45	7	5,7	12,16	7,728162
3,09	6,5	7,02	5,68	12,15	7,701046
3,12	6,55	7,05	5,65	12,14	7,660371
3,15	6,6	7,07	5,63	12,13	7,633255
3,19	6,65	7,1	5,61	12,12	7,606139
3,22	6,7	7,13	5,59	12,1	7,579022
3,25	6,75	7,16	5,57	12,08	7,551906
3,29	6,8	7,19	5,55	12,04	7,52479
3,32	6,85	7,21	5,52	12,01	7,484115
3,36	6,9	7,22	5,49	11,97	7,443441
3,4	6,95	7,23	5,47	11,95	7,416324
3,43	7	7,26	5,45	11,93	7,389208
3,46	7,05	7,3	5,44	11,92	7,37565
3,5	7,1	7,37	5,45	11,89	7,389208
3,55	7,15	7,44	5,47	11,85	7,416324
3,59	7,2	7,49	5,47	11,8	7,416324
3,62	7,25	7,51	5,44	11,76	7,37565
3,65	7,3	7,52	5,41	11,72	7,334975
3,69	7,35	7,51	5,36	11,69	7,267184
3,72	7,4	7,47	5,3	11,66	7,185835
3,77	7,45	7,4	5,22	11,65	7,07737
3,81	7,5	7,3	5,11	11,63	6,92823
3,85	7,55	7,19	5	11,62	6,77909
3,89	7,6	7,05	4,87	11,6	6,602833
3,95	7,65	6,78	4,65	11,56	6,304553
4,05	7,7	6,15	4,19	11,47	5,680877

Tabel 4.1.13. Performance Map-12, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,58	3,3	N/A	N/A	18	
0,64	3,35	2,69	4,23	18	5,73511
0,68	3,4	2,74	4,24	18	5,748668
0,72	3,45	2,79	4,26	17,93	5,775784
0,77	3,5	2,85	4,27	16,82	5,789343

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,81	3,55	2,9	4,29	15,94	5,816459
0,86	3,6	2,95	4,3	15,34	5,830017
0,91	3,65	2,99	4,31	14,9	5,843575
0,95	3,7	3,05	4,32	14,57	5,857134
1	3,75	3,11	4,35	14,31	5,897808
1,05	3,8	3,18	4,4	14,08	5,965599
1,09	3,85	3,25	4,43	13,9	6,006274
1,13	3,9	3,32	4,47	13,73	6,060506
1,17	3,95	3,39	4,51	13,57	6,114739
1,22	4	3,48	4,57	13,39	6,196088
1,28	4,05	3,58	4,64	13,19	6,290995
1,32	4,1	3,67	4,69	13,04	6,358786
1,36	4,15	3,73	4,72	12,94	6,399461
1,39	4,2	3,79	4,74	12,86	6,426577
1,42	4,25	3,85	4,76	12,78	6,453693
1,45	4,3	3,92	4,78	12,72	6,48081
1,49	4,35	3,99	4,81	12,65	6,521484
1,55	4,4	4,07	4,86	12,6	6,589275
1,6	4,45	4,14	4,89	12,57	6,62995
1,64	4,5	4,2	4,9	12,54	6,643508
1,67	4,55	4,25	4,91	12,51	6,657066
1,7	4,6	4,31	4,92	12,47	6,670624
1,73	4,65	4,37	4,94	12,42	6,697741
1,77	4,7	4,45	4,97	12,36	6,738415
1,81	4,75	4,57	5,05	12,3	6,846881
1,87	4,8	4,7	5,15	12,26	6,982462
1,91	4,85	4,8	5,2	12,24	7,050253
1,94	4,9	4,87	5,22	12,23	7,07737
1,97	4,95	4,93	5,23	12,22	7,090928
2,01	5	4,99	5,24	12,19	7,104486
2,04	5,05	5,05	5,26	12,17	7,131602
2,08	5,1	5,13	5,28	12,14	7,158719
2,12	5,15	5,21	5,31	12,12	7,199393
2,16	5,2	5,28	5,34	12,12	7,240068
2,19	5,25	5,36	5,36	12,13	7,267184
2,22	5,3	5,43	5,38	12,14	7,294301
2,26	5,35	5,5	5,4	12,16	7,321417
2,3	5,4	5,58	5,42	12,17	7,348533
2,33	5,45	5,64	5,44	12,19	7,37565
2,37	5,5	5,7	5,45	12,2	7,389208
2,4	5,55	5,76	5,45	12,21	7,389208
2,44	5,6	5,81	5,44	12,21	7,37565
2,47	5,65	5,86	5,44	12,21	7,37565
2,52	5,7	5,91	5,45	12,21	7,389208

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,56	5,75	5,97	5,45	12,22	7,389208
2,6	5,8	6,02	5,45	12,23	7,389208
2,63	5,85	6,07	5,45	12,25	7,389208
2,65	5,9	6,13	5,45	12,26	7,389208
2,68	5,95	6,2	5,47	12,28	7,416324
2,71	6	6,29	5,51	12,28	7,470557
2,76	6,05	6,41	5,56	12,27	7,538348
2,8	6,1	6,53	5,62	12,22	7,619697
2,84	6,15	6,62	5,65	12,17	7,660371
2,87	6,2	6,68	5,66	12,13	7,67393
2,89	6,25	6,74	5,66	12,1	7,67393
2,92	6,3	6,79	5,66	12,08	7,67393
2,96	6,35	6,85	5,66	12,07	7,67393
3	6,4	6,9	5,67	12,07	7,687488
3,04	6,45	6,95	5,66	12,08	7,67393
3,08	6,5	6,99	5,65	12,07	7,660371
3,11	6,55	7,02	5,63	12,05	7,633255
3,15	6,6	7,05	5,61	12,03	7,606139
3,18	6,65	7,08	5,6	12	7,592581
3,21	6,7	7,11	5,58	11,97	7,565464
3,24	6,75	7,14	5,55	11,93	7,52479
3,28	6,8	7,16	5,53	11,89	7,497673
3,32	6,85	7,18	5,5	11,84	7,456999
3,36	6,9	7,19	5,47	11,79	7,416324
3,39	6,95	7,19	5,43	11,76	7,362091
3,43	7	7,2	5,4	11,72	7,321417
3,46	7,05	7,2	5,37	11,68	7,280742
3,5	7,1	7,22	5,34	11,62	7,240068

Tabel 4.1.14. Performance Map-13, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,74	3,5	N/A	N/A	17,61	
0,82	3,55	2,89	4,27	16,19	5,789343
0,87	3,6	2,94	4,28	15,47	5,802901
0,91	3,65	2,98	4,29	14,95	5,816459
0,95	3,7	3,03	4,31	14,59	5,843575
1	3,75	3,09	4,33	14,31	5,870692
1,05	3,8	3,16	4,37	14,06	5,924924
1,09	3,85	3,23	4,4	13,84	5,965599
1,14	3,9	3,3	4,44	13,67	6,019832
1,18	3,95	3,37	4,48	13,51	6,074064
1,21	4	3,44	4,52	13,35	6,128297

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,25	4,05	3,53	4,57	13,2	6,196088
1,3	4,1	3,62	4,64	13,04	6,290995
1,35	4,15	3,72	4,71	12,9	6,385903
1,4	4,2	3,82	4,77	12,79	6,467252
1,45	4,25	3,88	4,8	12,71	6,507926
1,48	4,3	3,93	4,8	12,66	6,507926
1,51	4,35	3,97	4,8	12,6	6,507926
1,54	4,4	4,02	4,8	12,54	6,507926
1,58	4,45	4,07	4,81	12,48	6,521484
1,62	4,5	4,15	4,84	12,4	6,562159
1,68	4,55	4,25	4,91	12,33	6,657066
1,72	4,6	4,34	4,96	12,28	6,724857
1,76	4,65	4,42	4,99	12,25	6,765532
1,79	4,7	4,48	5,01	12,23	6,792648
1,82	4,75	4,54	5,02	12,21	6,806206
1,85	4,8	4,61	5,05	12,19	6,846881
1,89	4,85	4,7	5,09	12,16	6,901113
1,93	4,9	4,81	5,16	12,12	6,996021
1,98	4,95	4,92	5,22	12,09	7,07737
2,02	5	5	5,26	12,07	7,131602
2,06	5,05	5,06	5,26	12,06	7,131602
2,09	5,1	5,11	5,26	12,05	7,131602
2,13	5,15	5,16	5,26	12,06	7,131602
2,16	5,2	5,22	5,27	12,07	7,145161
2,2	5,25	5,28	5,28	12,09	7,158719
2,24	5,3	5,35	5,31	12,12	7,199393
2,27	5,35	5,43	5,33	12,13	7,22651
2,3	5,4	5,51	5,36	12,14	7,267184
2,34	5,45	5,59	5,39	12,14	7,307859
2,38	5,5	5,69	5,43	12,14	7,362091
2,42	5,55	5,78	5,47	12,15	7,416324
2,45	5,6	5,87	5,5	12,16	7,456999
2,48	5,65	5,94	5,52	12,18	7,484115
2,51	5,7	6	5,53	12,2	7,497673
2,54	5,75	6,06	5,54	12,21	7,511231
2,58	5,8	6,13	5,55	12,22	7,52479
2,63	5,85	6,18	5,55	12,2	7,52479
2,67	5,9	6,22	5,54	12,17	7,511231
2,71	5,95	6,27	5,53	12,15	7,497673
2,73	6	6,32	5,53	12,13	7,497673
2,76	6,05	6,38	5,54	12,12	7,511231
2,79	6,1	6,46	5,56	12,11	7,538348
2,83	6,15	6,56	5,61	12,1	7,606139
2,87	6,2	6,68	5,66	12,1	7,67393

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,91	6,25	6,77	5,69	12,08	7,714604
2,94	6,3	6,83	5,7	12,06	7,728162
2,97	6,35	6,88	5,69	12,04	7,714604
3	6,4	6,92	5,68	12,01	7,701046
3,03	6,45	6,96	5,67	11,97	7,687488
3,07	6,5	7,01	5,66	11,92	7,67393
3,11	6,55	7,06	5,66	11,88	7,67393
3,15	6,6	7,1	5,65	11,84	7,660371
3,19	6,65	7,12	5,62	11,8	7,619697
3,22	6,7	7,13	5,59	11,77	7,579022
3,26	6,75	7,13	5,55	11,75	7,52479
3,29	6,8	7,14	5,51	11,73	7,470557
3,32	6,85	7,14	5,48	11,7	7,429882
3,36	6,9	7,16	5,45	11,66	7,389208
3,4	6,95	7,19	5,43	11,61	7,362091
3,43	7	7,23	5,43	11,55	7,362091
3,47	7,05	7,31	5,44	11,49	7,37565
3,5	7,1	7,39	5,47	11,44	7,416324
3,53	7,15	7,49	5,5	11,41	7,456999
3,57	7,2	7,59	5,54	11,4	7,511231
3,62	7,25	7,65	5,54	11,41	7,511231
3,66	7,3	7,6	5,47	11,42	7,416324
3,7	7,35	7,44	5,32	11,41	7,212951
3,73	7,4	7,18	5,1	11,4	6,914672
3,77	7,45	6,75	4,76	11,39	6,453693
3,82	7,5	5,92	4,15	11,36	5,626644

Tabel 4.1.15. Performance Map-14, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,56	3,4	N/A	N/A	18	
0,62	3,45	2,68	4,11	18	5,572412
0,66	3,5	2,75	4,14	17,98	5,613086
0,71	3,55	2,81	4,17	16,6	5,653761
0,77	3,6	2,88	4,21	15,69	5,707994
0,82	3,65	2,94	4,24	15,22	5,748668
0,86	3,7	3	4,25	14,88	5,762226
0,9	3,75	3,05	4,27	14,56	5,789343
0,94	3,8	3,11	4,3	14,24	5,830017
0,99	3,85	3,19	4,34	13,92	5,88425
1,04	3,9	3,28	4,41	13,65	5,979157
1,08	3,95	3,37	4,48	13,46	6,074064
1,12	4	3,45	4,53	13,33	6,141855

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,16	4,05	3,53	4,58	13,22	6,209646
1,2	4,1	3,61	4,62	13,12	6,263879
1,24	4,15	3,68	4,65	13,02	6,304553
1,28	4,2	3,75	4,68	12,92	6,345228
1,33	4,25	3,82	4,72	12,8	6,399461
1,38	4,3	3,91	4,77	12,67	6,467252
1,43	4,35	3,99	4,81	12,56	6,521484
1,47	4,4	4,06	4,84	12,49	6,562159
1,5	4,45	4,12	4,87	12,44	6,602833
1,53	4,5	4,19	4,89	12,41	6,62995
1,56	4,55	4,26	4,92	12,4	6,670624
1,59	4,6	4,34	4,96	12,38	6,724857
1,64	4,65	4,45	5,02	12,37	6,806206
1,7	4,7	4,55	5,09	12,33	6,901113
1,74	4,75	4,62	5,11	12,28	6,92823
1,77	4,8	4,67	5,11	12,25	6,92823
1,8	4,85	4,71	5,11	12,23	6,92823
1,83	4,9	4,76	5,11	12,21	6,92823
1,86	4,95	4,82	5,11	12,21	6,92823
1,9	5	4,9	5,15	12,22	6,982462
1,95	5,05	5	5,2	12,22	7,050253
2	5,1	5,1	5,25	12,21	7,118044
2,03	5,15	5,17	5,28	12,2	7,158719
2,07	5,2	5,24	5,29	12,18	7,172277
2,1	5,25	5,31	5,31	12,17	7,199393
2,14	5,3	5,38	5,34	12,17	7,240068
2,18	5,35	5,46	5,36	12,19	7,267184
2,21	5,4	5,53	5,37	12,2	7,280742
2,24	5,45	5,59	5,39	12,22	7,307859
2,27	5,5	5,65	5,4	12,23	7,321417
2,31	5,55	5,72	5,42	12,23	7,348533
2,35	5,6	5,8	5,44	12,23	7,37565
2,39	5,65	5,89	5,48	12,23	7,429882
2,43	5,7	5,98	5,51	12,22	7,470557
2,46	5,75	6,06	5,54	12,22	7,511231
2,49	5,8	6,14	5,56	12,21	7,538348
2,52	5,85	6,23	5,59	12,21	7,579022
2,55	5,9	6,32	5,63	12,21	7,633255
2,6	5,95	6,4	5,65	12,21	7,660371
2,64	6	6,44	5,64	12,21	7,646813
2,68	6,05	6,45	5,6	12,21	7,592581
2,71	6,1	6,47	5,57	12,2	7,551906
2,73	6,15	6,49	5,54	12,18	7,511231
2,76	6,2	6,54	5,54	12,15	7,511231

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,8	6,25	6,61	5,55	12,11	7,52479
2,84	6,3	6,71	5,6	12,06	7,592581
2,87	6,35	6,81	5,64	12,01	7,646813
2,91	6,4	6,89	5,66	11,98	7,67393
2,94	6,45	6,95	5,66	11,97	7,67393
2,97	6,5	7	5,65	11,96	7,660371
3,01	6,55	7,03	5,64	11,96	7,646813
3,05	6,6	7,06	5,61	11,95	7,606139
3,08	6,65	7,06	5,58	11,92	7,565464
3,13	6,7	7,06	5,53	11,88	7,497673
3,16	6,75	7,04	5,48	11,84	7,429882
3,2	6,8	7,03	5,43	11,79	7,362091
3,24	6,85	7,02	5,39	11,74	7,307859
3,27	6,9	7,02	5,35	11,69	7,253626
3,31	6,95	7,03	5,31	11,65	7,199393
3,34	7	7,04	5,29	11,6	7,172277
3,38	7,05	7,06	5,26	11,56	7,131602
3,42	7,1	7,09	5,24	11,51	7,104486
3,45	7,15	7,12	5,23	11,47	7,090928
3,5	7,2	7,15	5,22	11,42	7,07737
3,54	7,25	7,17	5,2	11,36	7,050253
3,58	7,3	7,16	5,15	11,3	6,982462
3,62	7,35	7,09	5,07	11,26	6,873997
3,66	7,4	6,98	4,96	11,23	6,724857
3,7	7,45	6,86	4,84	11,19	6,562159

Tabel 4.1.16. Performance Map-15, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,52	3,2	N/A	N/A	18	
0,62	3,25	2,74	4,44	18	6,019832
0,66	3,3	2,78	4,43	18	6,006274
0,7	3,35	2,81	4,41	18	5,979157
0,74	3,4	2,84	4,39	18	5,952041
0,78	3,45	2,87	4,36	17,18	5,911366
0,83	3,5	2,89	4,33	16,09	5,870692
0,89	3,55	2,92	4,31	15,18	5,843575
0,94	3,6	2,95	4,31	14,66	5,843575
0,98	3,65	2,99	4,31	14,36	5,843575
1,02	3,7	3,04	4,32	14,13	5,857134
1,06	3,75	3,1	4,35	13,92	5,897808
1,12	3,8	3,19	4,4	13,72	5,965599
1,17	3,85	3,27	4,46	13,53	6,046948

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,21	3,9	3,35	4,51	13,37	6,114739
1,25	3,95	3,42	4,54	13,23	6,155413
1,28	4	3,49	4,58	13,12	6,209646
1,32	4,05	3,56	4,62	13,01	6,263879
1,35	4,1	3,64	4,66	12,92	6,318112
1,39	4,15	3,74	4,73	12,84	6,413019
1,45	4,2	3,85	4,81	12,76	6,521484
1,5	4,25	3,95	4,89	12,66	6,62995
1,54	4,3	4,03	4,92	12,57	6,670624
1,57	4,35	4,08	4,93	12,5	6,684182
1,6	4,4	4,13	4,93	12,43	6,684182
1,63	4,45	4,18	4,94	12,36	6,697741
1,67	4,5	4,24	4,95	12,3	6,711299
1,71	4,55	4,31	4,97	12,23	6,738415
1,77	4,6	4,38	5,01	12,16	6,792648
1,82	4,65	4,44	5,02	12,13	6,806206
1,86	4,7	4,49	5,02	12,11	6,806206
1,89	4,75	4,54	5,02	12,09	6,806206
1,92	4,8	4,59	5,02	12,07	6,806206
1,96	4,85	4,65	5,03	12,05	6,819764
2	4,9	4,72	5,05	12,03	6,846881
2,04	4,95	4,79	5,08	12	6,887555
2,08	5	4,86	5,11	11,98	6,92823
2,11	5,05	4,93	5,13	11,97	6,955346
2,15	5,1	4,99	5,14	11,98	6,968904
2,18	5,15	5,06	5,16	11,99	6,996021
2,22	5,2	5,14	5,19	12,02	7,036695
2,26	5,25	5,22	5,22	12,06	7,07737
2,3	5,3	5,3	5,26	12,08	7,131602
2,33	5,35	5,38	5,29	12,11	7,172277
2,37	5,4	5,47	5,32	12,13	7,212951
2,4	5,45	5,55	5,35	12,16	7,253626
2,45	5,5	5,64	5,39	12,19	7,307859
2,49	5,55	5,72	5,41	12,22	7,334975
2,53	5,6	5,78	5,42	12,25	7,348533
2,56	5,65	5,81	5,41	12,26	7,334975
2,59	5,7	5,85	5,39	12,26	7,307859
2,62	5,75	5,89	5,38	12,25	7,294301
2,65	5,8	5,94	5,38	12,24	7,294301
2,69	5,85	6,01	5,39	12,21	7,307859
2,74	5,9	6,1	5,43	12,18	7,362091
2,77	5,95	6,19	5,47	12,16	7,416324
2,81	6	6,27	5,49	12,16	7,443441
2,83	6,05	6,35	5,51	12,16	7,470557

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,86	6,1	6,44	5,54	12,16	7,511231
2,9	6,15	6,54	5,58	12,15	7,565464
2,94	6,2	6,65	5,63	12,12	7,633255
2,98	6,25	6,73	5,66	12,08	7,67393
3,02	6,3	6,77	5,65	12,04	7,660371
3,05	6,35	6,79	5,62	12	7,619697
3,09	6,4	6,81	5,59	11,97	7,579022
3,12	6,45	6,84	5,57	11,95	7,551906
3,15	6,5	6,88	5,56	11,93	7,538348
3,18	6,55	6,93	5,56	11,91	7,538348
3,22	6,6	6,99	5,56	11,88	7,538348
3,26	6,65	7,03	5,55	11,85	7,52479
3,29	6,7	7,05	5,53	11,82	7,497673
3,33	6,75	7,04	5,48	11,79	7,429882
3,37	6,8	7,02	5,42	11,75	7,348533
3,4	6,85	6,98	5,35	11,7	7,253626
3,43	6,9	6,95	5,3	11,62	7,185835

Tabel 4.1.17. Performance Map-16, Regulator 180°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,64	3,4	N/A	N/A	18	
0,75	3,45	2,77	4,24	18	5,748668
0,8	3,5	2,84	4,27	17,29	5,789343
0,85	3,55	2,89	4,28	16,13	5,802901
0,89	3,6	2,93	4,28	15,47	5,802901
0,93	3,65	2,97	4,28	15,02	5,802901
0,96	3,7	3,01	4,28	14,66	5,802901
1	3,75	3,06	4,28	14,34	5,802901
1,05	3,8	3,13	4,32	14,05	5,857134
1,11	3,85	3,21	4,38	13,76	5,938483
1,17	3,9	3,3	4,44	13,52	6,019832
1,21	3,95	3,37	4,48	13,34	6,074064
1,24	4	3,43	4,5	13,19	6,101181
1,28	4,05	3,48	4,52	13,06	6,128297
1,31	4,1	3,54	4,54	12,94	6,155413
1,35	4,15	3,61	4,57	12,83	6,196088
1,4	4,2	3,7	4,63	12,73	6,277437
1,46	4,25	3,81	4,71	12,65	6,385903
1,51	4,3	3,89	4,75	12,57	6,440135
1,54	4,35	3,96	4,78	12,49	6,48081
1,58	4,4	4,02	4,8	12,41	6,507926
1,61	4,45	4,08	4,82	12,34	6,535043

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,65	4,5	4,15	4,84	12,27	6,562159
1,7	4,55	4,23	4,88	12,22	6,616392
1,74	4,6	4,31	4,92	12,19	6,670624
1,78	4,65	4,38	4,95	12,16	6,711299
1,81	4,7	4,45	4,97	12,14	6,738415
1,85	4,75	4,51	4,99	12,12	6,765532
1,88	4,8	4,58	5,01	12,09	6,792648
1,93	4,85	4,67	5,06	12,06	6,860439
1,97	4,9	4,76	5,1	12,03	6,914672
2,01	4,95	4,84	5,14	12	6,968904
2,04	5	4,91	5,16	11,98	6,996021
2,08	5,05	4,97	5,17	11,96	7,009579
2,11	5,1	5,03	5,18	11,95	7,023137
2,14	5,15	5,1	5,2	11,96	7,050253
2,19	5,2	5,17	5,22	11,98	7,07737
2,24	5,25	5,24	5,24	12,01	7,104486
2,28	5,3	5,29	5,24	12,03	7,104486
2,31	5,35	5,33	5,23	12,03	7,090928
2,34	5,4	5,37	5,23	12,04	7,090928
2,37	5,45	5,42	5,23	12,04	7,090928
2,4	5,5	5,49	5,24	12,05	7,104486
2,45	5,55	5,57	5,27	12,08	7,145161
2,5	5,6	5,67	5,32	12,12	7,212951
2,53	5,65	5,76	5,36	12,15	7,267184
2,56	5,7	5,84	5,38	12,16	7,294301
2,59	5,75	5,92	5,41	12,17	7,334975
2,62	5,8	6	5,44	12,16	7,37565
2,66	5,85	6,09	5,47	12,13	7,416324
2,7	5,9	6,18	5,5	12,09	7,456999
2,74	5,95	6,26	5,53	12,06	7,497673
2,78	6	6,33	5,54	12,04	7,511231
2,82	6,05	6,39	5,55	12,04	7,52479
2,85	6,1	6,46	5,56	12,04	7,538348
2,89	6,15	6,53	5,58	12,05	7,565464
2,92	6,2	6,6	5,59	12,04	7,579022
2,95	6,25	6,66	5,6	12,03	7,592581
2,98	6,3	6,71	5,6	12,02	7,592581
3,01	6,35	6,75	5,58	11,99	7,565464
3,05	6,4	6,77	5,56	11,96	7,538348
3,09	6,45	6,78	5,52	11,93	7,484115
3,13	6,5	6,8	5,49	11,9	7,443441
3,16	6,55	6,84	5,48	11,88	7,429882
3,19	6,6	6,9	5,49	11,86	7,443441
3,23	6,65	6,98	5,51	11,83	7,470557

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,27	6,7	7,05	5,52	11,8	7,484115
3,31	6,75	7,05	5,48	11,77	7,429882
3,35	6,8	6,97	5,39	11,73	7,307859
3,38	6,85	6,89	5,28	11,68	7,158719
3,41	6,9	6,81	5,19	11,61	7,036695

Tabel 4.1.18. Performance Map-3, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,04	3,8	2,71	3,8	13,32	5,152108
1,1	3,85	2,85	3,89	13,22	5,274132
1,13	3,9	2,94	3,96	13,16	5,369039
1,17	3,95	3,05	4,06	13,09	5,504621
1,24	4	3,2	4,21	12,98	5,707994
1,3	4,05	3,33	4,31	12,85	5,843575
1,34	4,1	3,4	4,35	12,75	5,897808
1,37	4,15	3,46	4,38	12,64	5,938483
1,41	4,2	3,52	4,4	12,53	5,965599
1,44	4,25	3,6	4,44	12,4	6,019832
1,5	4,3	3,71	4,53	12,25	6,141855
1,56	4,35	3,85	4,65	12,12	6,304553
1,61	4,4	3,96	4,72	12,05	6,399461
1,64	4,45	4,04	4,77	12	6,467252
1,67	4,5	4,11	4,8	11,93	6,507926
1,71	4,55	4,18	4,83	11,86	6,548601
1,74	4,6	4,27	4,87	11,77	6,602833
1,79	4,65	4,36	4,93	11,68	6,684182
1,83	4,7	4,47	4,99	11,61	6,765532
1,87	4,75	4,55	5,03	11,57	6,819764
1,91	4,8	4,63	5,06	11,54	6,860439
1,94	4,85	4,7	5,09	11,52	6,901113
1,98	4,9	4,77	5,11	11,49	6,92823
2,02	4,95	4,84	5,14	11,45	6,968904
2,06	5	4,93	5,18	11,39	7,023137
2,1	5,05	5,02	5,22	11,34	7,07737
2,13	5,1	5,1	5,25	11,3	7,118044
2,16	5,15	5,18	5,29	11,27	7,172277
2,2	5,2	5,27	5,32	11,24	7,212951
2,23	5,25	5,36	5,36	11,23	7,267184
2,28	5,3	5,46	5,41	11,22	7,334975
2,32	5,35	5,54	5,44	11,22	7,37565
2,36	5,4	5,59	5,44	11,22	7,37565
2,39	5,45	5,63	5,43	11,22	7,362091

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,42	5,5	5,66	5,41	11,22	7,334975
2,45	5,55	5,69	5,39	11,21	7,307859
2,48	5,6	5,73	5,37	11,2	7,280742
2,52	5,65	5,77	5,36	11,19	7,267184
2,57	5,7	5,81	5,35	11,18	7,253626
2,61	5,75	5,85	5,35	11,19	7,253626
2,64	5,8	5,9	5,34	11,2	7,240068
2,67	5,85	5,95	5,34	11,22	7,240068
2,7	5,9	6	5,34	11,24	7,240068
2,74	5,95	6,07	5,36	11,24	7,267184
2,78	6	6,14	5,38	11,21	7,294301
2,83	6,05	6,2	5,38	11,15	7,294301
2,87	6,1	6,23	5,37	11,09	7,280742
2,9	6,15	6,26	5,35	11,04	7,253626
2,94	6,2	6,3	5,34	11,01	7,240068
2,97	6,25	6,36	5,34	10,98	7,240068
3	6,3	6,43	5,36	10,97	7,267184
3,04	6,35	6,52	5,39	10,96	7,307859
3,07	6,4	6,61	5,43	10,94	7,362091
3,11	6,45	6,7	5,46	10,92	7,402766
3,15	6,5	6,78	5,48	10,89	7,429882
3,19	6,55	6,82	5,47	10,87	7,416324
3,22	6,6	6,85	5,45	10,85	7,389208
3,25	6,65	6,86	5,42	10,84	7,348533
3,28	6,7	6,84	5,37	10,84	7,280742
3,33	6,75	6,8	5,29	10,84	7,172277
3,39	6,8	6,74	5,2	10,86	7,050253
3,43	6,85	6,72	5,15	10,89	6,982462
3,46	6,9	6,71	5,11	10,9	6,92823
3,49	6,95	6,69	5,06	10,91	6,860439
3,52	7	6,63	4,98	10,9	6,751973
3,57	7,05	6,49	4,84	10,86	6,562159

Tabel 4.1.19. Performance Map-4, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,88	3,8	2,75	3,84	13,46	5,206341
0,95	3,85	2,94	4,01	13,35	5,43683
0,99	3,9	3,1	4,17	13,26	5,653761
1,04	3,95	3,27	4,35	13,12	5,897808
1,1	4	3,43	4,51	12,95	6,114739
1,16	4,05	3,54	4,59	12,79	6,223204
1,2	4,1	3,61	4,62	12,68	6,263879

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,23	4,15	3,66	4,63	12,59	6,277437
1,27	4,2	3,71	4,64	12,52	6,290995
1,3	4,25	3,77	4,66	12,45	6,318112
1,33	4,3	3,84	4,69	12,35	6,358786
1,38	4,35	3,93	4,74	12,23	6,426577
1,44	4,4	4,05	4,83	12,06	6,548601
1,49	4,45	4,15	4,9	11,94	6,643508
1,52	4,5	4,23	4,94	11,87	6,697741
1,56	4,55	4,3	4,97	11,83	6,738415
1,59	4,6	4,37	4,99	11,8	6,765532
1,63	4,65	4,44	5,01	11,77	6,792648
1,67	4,7	4,51	5,04	11,72	6,833322
1,71	4,75	4,59	5,08	11,66	6,887555
1,75	4,8	4,67	5,11	11,6	6,92823
1,78	4,85	4,74	5,14	11,55	6,968904
1,81	4,9	4,82	5,16	11,51	6,996021
1,85	4,95	4,9	5,2	11,48	7,050253
1,89	5	4,99	5,25	11,46	7,118044
1,93	5,05	5,1	5,3	11,45	7,185835
1,97	5,1	5,18	5,34	11,44	7,240068
2	5,15	5,25	5,36	11,44	7,267184
2,03	5,2	5,31	5,37	11,44	7,280742
2,06	5,25	5,38	5,38	11,43	7,294301
2,1	5,3	5,44	5,4	11,43	7,321417
2,15	5,35	5,52	5,42	11,42	7,348533
2,2	5,4	5,58	5,43	11,42	7,362091
2,24	5,45	5,62	5,41	11,42	7,334975
2,26	5,5	5,64	5,39	11,43	7,307859
2,29	5,55	5,67	5,37	11,43	7,280742
2,32	5,6	5,71	5,36	11,44	7,267184
2,35	5,65	5,77	5,37	11,45	7,280742
2,39	5,7	5,86	5,4	11,47	7,321417
2,44	5,75	5,96	5,44	11,47	7,37565
2,47	5,8	6,05	5,48	11,47	7,429882
2,51	5,85	6,12	5,5	11,46	7,456999
2,54	5,9	6,19	5,51	11,45	7,470557
2,57	5,95	6,27	5,53	11,45	7,497673
2,6	6	6,35	5,56	11,45	7,538348
2,64	6,05	6,43	5,58	11,46	7,565464
2,68	6,1	6,49	5,59	11,47	7,579022
2,72	6,15	6,53	5,58	11,48	7,565464
2,76	6,2	6,56	5,56	11,47	7,538348
2,79	6,25	6,6	5,55	11,44	7,52479
2,83	6,3	6,66	5,55	11,42	7,52479

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,86	6,35	6,72	5,56	11,39	7,538348
2,89	6,4	6,79	5,58	11,37	7,565464
2,92	6,45	6,87	5,6	11,35	7,592581
2,96	6,5	6,95	5,62	11,34	7,619697
3	6,55	7,02	5,63	11,34	7,633255
3,03	6,6	7,06	5,62	11,34	7,619697
3,06	6,65	7,09	5,6	11,32	7,592581
3,09	6,7	7,11	5,58	11,3	7,565464
3,13	6,75	7,13	5,55	11,27	7,52479
3,17	6,8	7,13	5,51	11,23	7,470557
3,22	6,85	7,13	5,46	11,2	7,402766
3,26	6,9	7,13	5,43	11,2	7,362091
3,3	6,95	7,15	5,4	11,21	7,321417
3,33	7	7,17	5,38	11,23	7,294301
3,36	7,05	7,19	5,35	11,25	7,253626
3,39	7,1	7,18	5,31	11,27	7,199393
3,43	7,15	7,15	5,25	11,28	7,118044
3,47	7,2	7,09	5,18	11,29	7,023137
3,52	7,25	7,05	5,11	11,27	6,92823
3,56	7,3	7,03	5,06	11,24	6,860439
3,6	7,35	7,04	5,03	11,2	6,819764
3,64	7,4	7,07	5,02	11,15	6,806206
3,68	7,45	7,11	5,01	11,12	6,792648
3,73	7,5	7,07	4,95	11,12	6,711299
3,76	7,55	6,89	4,79	11,14	6,494368
3,8	7,6	6,57	4,54	11,16	6,155413
3,83	7,65	6,17	4,24	N/A	5,748668

Tabel 4.1.20. Performance Map-5, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,96	4,1	3,46	4,48	12,65	6,074064
1,05	4,15	3,71	4,69	12,53	6,358786
1,09	4,2	3,8	4,75	12,45	6,440135
1,12	4,25	3,87	4,78	12,39	6,48081
1,14	4,3	3,92	4,79	12,32	6,494368
1,17	4,35	3,98	4,81	12,26	6,521484
1,21	4,4	4,05	4,84	12,2	6,562159
1,26	4,45	4,15	4,89	12,11	6,62995
1,32	4,5	4,24	4,95	12,02	6,711299
1,37	4,55	4,31	4,97	11,95	6,738415
1,4	4,6	4,36	4,98	11,9	6,751973
1,43	4,65	4,41	4,99	11,85	6,765532

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,47	4,7	4,48	5	11,8	6,77909
1,5	4,75	4,55	5,03	11,73	6,819764
1,55	4,8	4,64	5,08	11,64	6,887555
1,59	4,85	4,73	5,12	11,56	6,941788
1,62	4,9	4,81	5,16	11,5	6,996021
1,65	4,95	4,88	5,18	11,46	7,023137
1,69	5	4,95	5,2	11,43	7,050253
1,72	5,05	5,01	5,22	11,4	7,07737
1,76	5,1	5,09	5,24	11,38	7,104486
1,81	5,15	5,17	5,28	11,35	7,158719
1,84	5,2	5,25	5,3	11,31	7,185835
1,88	5,25	5,32	5,32	11,27	7,212951
1,91	5,3	5,4	5,35	11,23	7,253626
1,94	5,35	5,47	5,37	11,21	7,280742
1,97	5,4	5,56	5,41	11,2	7,334975
2,02	5,45	5,67	5,46	11,23	7,402766
2,07	5,5	5,75	5,49	11,29	7,443441
2,11	5,55	5,78	5,47	11,32	7,416324
2,14	5,6	5,8	5,44	11,32	7,37565
2,16	5,65	5,82	5,41	11,32	7,334975
2,19	5,7	5,84	5,39	11,3	7,307859
2,23	5,75	5,87	5,37	11,27	7,280742
2,27	5,8	5,92	5,36	11,24	7,267184
2,31	5,85	5,98	5,37	11,22	7,280742
2,35	5,9	6,03	5,37	11,22	7,280742
2,38	5,95	6,09	5,37	11,22	7,280742
2,41	6	6,15	5,38	11,23	7,294301
2,45	6,05	6,21	5,39	11,23	7,307859
2,48	6,1	6,29	5,42	11,22	7,348533
2,53	6,15	6,36	5,43	11,2	7,362091
2,57	6,2	6,4	5,42	11,17	7,348533
2,61	6,25	6,41	5,39	11,13	7,307859
2,64	6,3	6,41	5,34	11,08	7,240068
2,68	6,35	6,4	5,29	11,03	7,172277
2,72	6,4	6,4	5,25	10,99	7,118044
2,76	6,45	6,4	5,21	10,97	7,063812
2,8	6,5	6,42	5,19	10,97	7,036695
2,83	6,55	6,48	5,2	10,97	7,050253
2,87	6,6	6,57	5,23	10,97	7,090928
2,9	6,65	6,69	5,28	10,96	7,158719
2,93	6,7	6,82	5,35	10,94	7,253626
2,96	6,75	6,94	5,4	10,91	7,321417
3	6,8	7,01	5,41	10,86	7,334975
3,05	6,85	6,95	5,33	10,82	7,22651

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,1	6,9	6,79	5,17	10,84	7,009579
3,14	6,95	6,63	5,01	10,87	6,792648
3,18	7	6,48	4,87	10,9	6,602833
3,22	7,05	6,31	4,71	10,91	6,385903
3,26	7,1	6,1	4,51	10,88	6,114739

Tabel 4.1.21. Performance Map-6, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,5	4	N/A	N/A	13,28	
0,6	4,05	3,4	4,42	13,04	5,992715
0,63	4,1	3,49	4,47	12,93	6,060506
0,67	4,15	3,58	4,53	12,81	6,141855
0,71	4,2	3,7	4,62	12,68	6,263879
0,75	4,25	3,84	4,74	12,53	6,426577
0,79	4,3	3,97	4,85	12,38	6,575717
0,83	4,35	4,07	4,92	12,25	6,670624
0,87	4,4	4,15	4,96	12,15	6,724857
0,91	4,45	4,22	4,98	12,07	6,751973
0,95	4,5	4,29	5,01	12	6,792648
1	4,55	4,36	5,04	11,93	6,833322
1,05	4,6	4,43	5,06	11,85	6,860439
1,08	4,65	4,49	5,07	11,78	6,873997
1,11	4,7	4,55	5,09	11,72	6,901113
1,14	4,75	4,61	5,1	11,66	6,914672
1,17	4,8	4,68	5,12	11,6	6,941788
1,21	4,85	4,76	5,16	11,54	6,996021
1,26	4,9	4,87	5,22	11,48	7,07737
1,31	4,95	4,97	5,27	11,45	7,145161
1,34	5	5,04	5,29	11,42	7,172277
1,37	5,05	5,09	5,3	11,4	7,185835
1,4	5,1	5,14	5,3	11,37	7,185835
1,43	5,15	5,2	5,3	11,34	7,185835
1,46	5,2	5,27	5,32	11,3	7,212951
1,51	5,25	5,37	5,37	11,25	7,280742
1,56	5,3	5,47	5,42	11,21	7,348533
1,59	5,35	5,56	5,45	11,18	7,389208
1,63	5,4	5,62	5,47	11,17	7,416324
1,66	5,45	5,69	5,48	11,17	7,429882
1,69	5,5	5,75	5,49	11,19	7,443441
1,73	5,55	5,81	5,49	11,22	7,443441
1,76	5,6	5,86	5,5	11,26	7,456999
1,8	5,65	5,92	5,5	11,29	7,456999

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,83	5,7	5,98	5,51	11,31	7,470557
1,86	5,75	6,03	5,51	11,33	7,470557
1,9	5,8	6,1	5,52	11,34	7,484115
1,94	5,85	6,18	5,54	11,35	7,511231
1,97	5,9	6,26	5,57	11,37	7,551906
2,01	5,95	6,35	5,61	11,4	7,606139
2,04	6	6,44	5,64	11,42	7,646813
2,07	6,05	6,55	5,68	11,44	7,701046
2,1	6,1	6,66	5,73	11,46	7,768837
2,14	6,15	6,78	5,79	11,47	7,850186
2,18	6,2	6,85	5,8	11,45	7,863744
2,22	6,25	6,88	5,78	11,43	7,836628
2,25	6,3	6,89	5,75	11,42	7,795953
2,28	6,35	6,91	5,71	11,41	7,74172
2,31	6,4	6,93	5,69	11,41	7,714604
2,34	6,45	6,96	5,67	11,41	7,687488
2,38	6,5	7,02	5,67	11,43	7,687488
2,42	6,55	7,08	5,68	11,44	7,701046
2,45	6,6	7,14	5,68	11,45	7,701046
2,48	6,65	7,18	5,67	11,45	7,687488
2,51	6,7	7,23	5,67	11,45	7,687488
2,55	6,75	7,27	5,66	11,43	7,67393
2,59	6,8	7,3	5,64	11,41	7,646813
2,63	6,85	7,31	5,61	11,37	7,606139
2,67	6,9	7,3	5,56	11,32	7,538348
2,71	6,95	7,27	5,5	11,28	7,456999
2,74	7	7,25	5,44	11,26	7,37565
2,77	7,05	7,23	5,39	11,24	7,307859
2,81	7,1	7,22	5,34	11,23	7,240068
2,84	7,15	7,21	5,3	11,23	7,185835

Tabel 4.1.22. Performance Map-7, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,6	4	N/A	N/A	13,6	
0,71	4,05	3,46	4,49	13,38	6,087623
0,74	4,1	3,53	4,52	13,29	6,128297
0,78	4,15	3,6	4,55	13,2	6,168972
0,81	4,2	3,69	4,61	13,11	6,250321
0,86	4,25	3,79	4,68	13	6,345228
0,91	4,3	3,9	4,76	12,89	6,453693
0,95	4,35	3,99	4,81	12,81	6,521484
0,99	4,4	4,06	4,84	12,73	6,562159

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,02	4,45	4,12	4,86	12,65	6,589275
1,05	4,5	4,19	4,89	12,55	6,62995
1,09	4,55	4,27	4,93	12,43	6,684182
1,14	4,6	4,36	4,98	12,28	6,751973
1,19	4,65	4,46	5,03	12,16	6,819764
1,23	4,7	4,53	5,06	12,1	6,860439
1,26	4,75	4,59	5,07	12,06	6,873997
1,29	4,8	4,64	5,08	12,04	6,887555
1,32	4,85	4,7	5,09	12	6,901113
1,36	4,9	4,77	5,11	11,95	6,92823
1,4	4,95	4,86	5,16	11,87	6,996021
1,45	5	4,97	5,22	11,77	7,07737
1,5	5,05	5,06	5,26	11,7	7,131602
1,53	5,1	5,13	5,28	11,66	7,158719
1,56	5,15	5,19	5,29	11,64	7,172277
1,59	5,2	5,26	5,31	11,63	7,199393
1,62	5,25	5,33	5,33	11,62	7,22651
1,65	5,3	5,41	5,37	11,63	7,280742
1,7	5,35	5,51	5,41	11,64	7,334975
1,74	5,4	5,59	5,43	11,66	7,362091
1,78	5,45	5,64	5,44	11,67	7,37565
1,81	5,5	5,68	5,43	11,67	7,362091
1,84	5,55	5,73	5,42	11,68	7,348533
1,87	5,6	5,77	5,42	11,67	7,348533
1,91	5,65	5,84	5,43	11,67	7,362091
1,95	5,7	5,92	5,45	11,68	7,389208
1,99	5,75	6	5,48	11,69	7,429882
2,02	5,8	6,09	5,51	11,71	7,470557
2,06	5,85	6,16	5,53	11,74	7,497673
2,1	5,9	6,24	5,55	11,75	7,52479
2,13	5,95	6,3	5,56	11,75	7,538348
2,17	6	6,35	5,56	11,74	7,538348
2,2	6,05	6,4	5,55	11,72	7,52479
2,22	6,1	6,44	5,55	11,7	7,52479
2,26	6,15	6,48	5,54	11,68	7,511231
2,3	6,2	6,53	5,53	11,67	7,497673
2,34	6,25	6,59	5,54	11,67	7,511231
2,38	6,3	6,67	5,56	11,67	7,538348
2,41	6,35	6,75	5,58	11,67	7,565464
2,44	6,4	6,85	5,62	11,66	7,619697
2,46	6,45	6,95	5,66	11,64	7,67393
2,5	6,5	7,07	5,71	11,61	7,74172
2,54	6,55	7,19	5,76	11,57	7,809511
2,59	6,6	7,24	5,76	11,53	7,809511

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,62	6,65	7,25	5,73	11,51	7,768837
2,65	6,7	7,24	5,68	11,49	7,701046
2,68	6,75	7,23	5,63	11,48	7,633255
2,71	6,8	7,22	5,58	11,47	7,565464
2,75	6,85	7,21	5,53	11,46	7,497673
2,79	6,9	7,2	5,48	11,44	7,429882
2,83	6,95	7,18	5,43	11,41	7,362091
2,87	7	7,17	5,38	11,38	7,294301
2,9	7,05	7,17	5,34	11,35	7,240068
2,94	7,1	7,17	5,3	11,32	7,185835
2,98	7,15	7,19	5,28	11,29	7,158719
3,02	7,2	7,22	5,26	11,26	7,131602
3,06	7,25	7,23	5,24	11,23	7,104486
3,1	7,3	7,19	5,17	11,21	7,009579
3,14	7,35	7,08	5,06	11,19	6,860439
3,17	7,4	6,9	4,9	11,18	6,643508
3,21	7,45	6,66	4,7	11,16	6,372344

Tabel 4.1.23. Performance Map-8, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,52	3,6	N/A	N/A	14,06	
0,62	3,65	2,26	3,3	13,86	4,474199
0,69	3,7	2,43	3,46	13,72	4,69113
0,74	3,75	2,57	3,59	13,64	4,867386
0,77	3,8	2,7	3,72	13,56	5,043643
0,82	3,85	2,85	3,89	13,47	5,274132
0,88	3,9	3,07	4,14	13,32	5,613086
0,94	3,95	3,27	4,34	13,15	5,88425
0,98	4	3,38	4,43	13,04	6,006274
1,01	4,05	3,47	4,49	12,94	6,087623
1,04	4,1	3,55	4,55	12,85	6,168972
1,08	4,15	3,65	4,62	12,74	6,263879
1,12	4,2	3,78	4,72	12,6	6,399461
1,18	4,25	3,9	4,82	12,4	6,535043
1,24	4,3	3,98	4,86	12,22	6,589275
1,27	4,35	4,03	4,86	12,09	6,589275
1,31	4,4	4,07	4,86	11,99	6,589275
1,34	4,45	4,12	4,86	11,91	6,589275
1,37	4,5	4,17	4,87	11,85	6,602833
1,41	4,55	4,24	4,89	11,81	6,62995
1,45	4,6	4,33	4,94	11,77	6,697741
1,49	4,65	4,44	5,01	11,71	6,792648

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,54	4,7	4,54	5,07	11,64	6,873997
1,58	4,75	4,63	5,12	11,57	6,941788
1,61	4,8	4,7	5,15	11,52	6,982462
1,64	4,85	4,77	5,17	11,47	7,009579
1,68	4,9	4,85	5,19	11,43	7,036695
1,71	4,95	4,93	5,23	11,41	7,090928
1,75	5	5,01	5,26	11,4	7,131602
1,79	5,05	5,09	5,29	11,39	7,172277
1,83	5,1	5,16	5,32	11,36	7,212951
1,87	5,15	5,23	5,34	11,34	7,240068
1,9	5,2	5,3	5,36	11,3	7,267184
1,94	5,25	5,38	5,38	11,27	7,294301
1,99	5,3	5,46	5,41	11,24	7,334975
2,02	5,35	5,53	5,43	11,22	7,362091
2,05	5,4	5,59	5,44	11,22	7,37565
2,08	5,45	5,64	5,44	11,22	7,37565
2,11	5,5	5,69	5,43	11,23	7,362091
2,14	5,55	5,75	5,44	11,24	7,37565
2,19	5,6	5,81	5,45	11,28	7,389208
2,23	5,65	5,87	5,46	11,32	7,402766
2,27	5,7	5,92	5,46	11,35	7,402766
2,3	5,75	5,97	5,45	11,37	7,389208
2,33	5,8	6,02	5,45	11,39	7,389208
2,36	5,85	6,08	5,46	11,4	7,402766
2,39	5,9	6,17	5,49	11,41	7,443441
2,44	5,95	6,28	5,55	11,42	7,52479
2,48	6	6,39	5,59	11,44	7,579022
2,52	6,05	6,47	5,62	11,45	7,619697
2,55	6,1	6,53	5,63	11,45	7,633255
2,58	6,15	6,6	5,63	11,46	7,633255
2,61	6,2	6,66	5,64	11,45	7,646813
2,64	6,25	6,72	5,64	11,44	7,646813
2,68	6,3	6,77	5,65	11,43	7,660371
2,71	6,35	6,82	5,64	11,41	7,646813
2,75	6,4	6,87	5,64	11,41	7,646813
2,78	6,45	6,92	5,63	11,41	7,633255
2,82	6,5	6,97	5,63	11,41	7,633255
2,85	6,55	7,03	5,64	11,42	7,646813
2,89	6,6	7,09	5,64	11,42	7,646813
2,92	6,65	7,14	5,64	11,41	7,646813
2,96	6,7	7,17	5,62	11,4	7,619697
3	6,75	7,15	5,57	11,37	7,551906
3,04	6,8	7,12	5,5	11,34	7,456999
3,08	6,85	7,11	5,45	11,31	7,389208

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,11	6,9	7,12	5,42	11,29	7,348533
3,14	6,95	7,18	5,42	11,28	7,348533
3,17	7	7,26	5,45	11,26	7,389208
3,21	7,05	7,33	5,46	11,24	7,402766
3,25	7,1	7,36	5,45	11,23	7,389208
3,28	7,15	7,34	5,39	11,21	7,307859
3,32	7,2	7,25	5,29	11,19	7,172277
3,38	7,25	7,04	5,1	11,15	6,914672
3,45	7,3	6,76	4,86	11,06	6,589275
3,48	7,35	6,69	4,78	11,01	6,48081
3,51	7,4	6,72	4,77	10,98	6,467252
3,54	7,45	6,83	4,81	10,96	6,521484
3,56	7,5	7	4,9	10,94	6,643508
3,6	7,55	7,24	5,03	10,94	6,819764
3,64	7,6	7,46	5,16	10,93	6,996021
3,69	7,65	7,49	5,14	10,9	6,968904
3,73	7,7	7,42	5,06	10,85	6,860439
3,77	7,75	7,4	5,01	10,81	6,792648
3,81	7,8	7,43	5	10,78	6,77909
3,85	7,85	7,44	4,98	10,78	6,751973
3,91	7,9	7,23	4,81	10,82	6,521484

Tabel 4.1.24. Performance Map-9, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,54	3,8	N/A	N/A	13,97	
0,65	3,85	2,89	3,94	13,71	5,341923
0,69	3,9	3,04	4,09	13,62	5,545295
0,73	3,95	3,18	4,23	13,52	5,73511
0,77	4	3,31	4,35	13,43	5,897808
0,81	4,05	3,45	4,47	13,33	6,060506
0,86	4,1	3,59	4,59	13,24	6,223204
0,9	4,15	3,71	4,69	13,14	6,358786
0,94	4,2	3,81	4,76	13,05	6,453693
0,98	4,25	3,89	4,81	12,95	6,521484
1,02	4,3	3,97	4,85	12,86	6,575717
1,06	4,35	4,05	4,89	12,76	6,62995
1,1	4,4	4,14	4,94	12,67	6,697741
1,14	4,45	4,22	4,99	12,57	6,765532
1,18	4,5	4,3	5,02	12,48	6,806206
1,22	4,55	4,36	5,03	12,38	6,819764
1,26	4,6	4,41	5,04	12,29	6,833322
1,3	4,65	4,47	5,05	12,19	6,846881

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,35	4,7	4,53	5,06	12,09	6,860439
1,39	4,75	4,6	5,09	12	6,901113
1,43	4,8	4,7	5,14	11,9	6,968904
1,47	4,85	4,8	5,2	11,81	7,050253
1,51	4,9	4,89	5,24	11,71	7,104486
1,55	4,95	4,96	5,26	11,62	7,131602
1,59	5	5,03	5,28	11,52	7,158719
1,63	5,05	5,09	5,3	11,43	7,185835
1,67	5,1	5,17	5,32	11,33	7,212951
1,71	5,15	5,25	5,36	11,24	7,267184
1,75	5,2	5,35	5,4	11,14	7,321417
1,79	5,25	5,42	5,42	11,05	7,348533
1,84	5,3	5,47	5,42	10,95	7,348533
1,88	5,35	5,52	5,42	10,86	7,348533
1,92	5,4	5,56	5,41	10,76	7,334975
1,96	5,45	5,62	5,41	10,67	7,334975
2	5,5	5,69	5,43	10,57	7,362091
2,04	5,55	5,78	5,47	10,47	7,416324
2,08	5,6	5,86	5,5	10,38	7,456999
2,12	5,65	5,94	5,52	10,28	7,484115
2,16	5,7	5,99	5,52	10,19	7,484115
2,2	5,75	6,04	5,52	10,09	7,484115
2,24	5,8	6,08	5,51	10	7,470557
2,28	5,85	6,12	5,49	9,9	7,443441
2,33	5,9	6,16	5,48	9,81	7,429882
2,37	5,95	6,21	5,48	9,71	7,429882
2,41	6	6,28	5,5	9,62	7,456999
2,45	6,05	6,38	5,54	9,52	7,511231
2,49	6,1	6,49	5,59	9,43	7,579022
2,53	6,15	6,6	5,64	9,33	7,646813
2,57	6,2	6,7	5,67	9,24	7,687488
2,61	6,25	6,78	5,69	9,14	7,714604
2,65	6,3	6,85	5,71	9,05	7,74172
2,69	6,35	6,92	5,72	8,95	7,755279
2,73	6,4	6,97	5,72	8,85	7,755279
2,77	6,45	6,98	5,69	8,76	7,714604
2,82	6,5	6,96	5,63	8,66	7,633255
2,86	6,55	6,95	5,57	8,57	7,551906
2,9	6,6	6,95	5,53	8,47	7,497673
2,94	6,65	6,97	5,51	8,38	7,470557
2,98	6,7	7,01	5,5	8,28	7,456999
3,02	6,75	7,07	5,5	8,19	7,456999
3,06	6,8	7,11	5,49	8,09	7,443441
3,1	6,85	7,13	5,47	8	7,416324

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,14	6,9	7,12	5,42	7,9	7,348533
3,18	6,95	7,09	5,36	7,81	7,267184
3,22	7	7,01	5,26	7,71	7,131602
3,26	7,05	6,83	5,09	7,62	6,901113
3,31	7,1	6,69	4,95	7,52	6,711299
3,35	7,15	6,59	4,84	7,42	6,562159
3,39	7,2	6,51	4,75	7,33	6,440135
3,43	7,25	6,45	4,67	7,23	6,33167
3,47	7,3	6,4	4,61	7,14	6,250321

Tabel 4.1.25. Performance Map-11, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,82	3,7	N/A	N/A	13,31	
0,95	3,75	2,88	4,03	13,03	5,463946
0,99	3,8	2,99	4,13	12,93	5,599528
1,04	3,85	3,1	4,22	12,84	5,721552
1,08	3,9	3,21	4,32	12,76	5,857134
1,12	3,95	3,31	4,4	12,66	5,965599
1,17	4	3,41	4,48	12,56	6,074064
1,21	4,05	3,51	4,55	12,45	6,168972
1,25	4,1	3,6	4,61	12,34	6,250321
1,29	4,15	3,7	4,68	12,23	6,345228
1,33	4,2	3,8	4,75	12,14	6,440135
1,37	4,25	3,89	4,8	12,06	6,507926
1,41	4,3	3,97	4,85	12,01	6,575717
1,45	4,35	4,04	4,88	11,96	6,616392
1,49	4,4	4,11	4,91	11,92	6,657066
1,52	4,45	4,18	4,93	11,86	6,684182
1,56	4,5	4,25	4,97	11,8	6,738415
1,61	4,55	4,34	5,01	11,73	6,792648
1,66	4,6	4,42	5,05	11,69	6,846881
1,71	4,65	4,49	5,07	11,67	6,873997
1,74	4,7	4,54	5,08	11,67	6,887555
1,77	4,75	4,6	5,08	11,67	6,887555
1,8	4,8	4,65	5,09	11,67	6,901113
1,83	4,85	4,72	5,11	11,67	6,92823
1,86	4,9	4,81	5,15	11,66	6,982462
1,91	4,95	4,92	5,22	11,65	7,07737
1,96	5	5,05	5,31	11,64	7,199393
1,99	5,05	5,15	5,35	11,64	7,253626
2,02	5,1	5,22	5,38	11,64	7,294301
2,05	5,15	5,29	5,39	11,64	7,307859

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,08	5,2	5,36	5,41	11,65	7,334975
2,11	5,25	5,43	5,44	11,66	7,37565
2,16	5,3	5,52	5,47	11,69	7,416324
2,2	5,35	5,61	5,5	11,73	7,456999
2,24	5,4	5,66	5,5	11,75	7,456999
2,28	5,45	5,69	5,48	11,77	7,429882
2,31	5,5	5,72	5,46	11,78	7,402766
2,34	5,55	5,76	5,45	11,78	7,389208
2,38	5,6	5,82	5,46	11,78	7,402766
2,41	5,65	5,9	5,48	11,79	7,429882
2,45	5,7	5,98	5,51	11,79	7,470557
2,48	5,75	6,06	5,53	11,8	7,497673
2,51	5,8	6,14	5,56	11,81	7,538348
2,55	5,85	6,22	5,58	11,82	7,565464
2,59	5,9	6,3	5,61	11,82	7,606139
2,62	5,95	6,37	5,62	11,8	7,619697
2,66	6	6,43	5,63	11,78	7,633255
2,68	6,05	6,49	5,63	11,75	7,633255
2,71	6,1	6,55	5,64	11,73	7,646813
2,75	6,15	6,63	5,66	11,71	7,67393
2,79	6,2	6,74	5,7	11,69	7,728162
2,83	6,25	6,84	5,75	11,69	7,795953
2,87	6,3	6,92	5,77	11,69	7,82307
2,9	6,35	6,97	5,77	11,69	7,82307
2,93	6,4	7,01	5,76	11,68	7,809511
2,96	6,45	7,05	5,74	11,67	7,782395
2,99	6,5	7,08	5,72	11,65	7,755279
3,03	6,55	7,11	5,7	11,62	7,728162
3,07	6,6	7,12	5,66	11,58	7,67393
3,1	6,65	7,12	5,62	11,55	7,619697
3,14	6,7	7,13	5,59	11,51	7,579022
3,17	6,75	7,14	5,56	11,48	7,538348
3,2	6,8	7,17	5,54	11,45	7,511231
3,24	6,85	7,21	5,53	11,43	7,497673
3,28	6,9	7,24	5,51	11,42	7,470557
3,33	6,95	7,24	5,47	11,4	7,416324
3,36	7	7,21	5,41	11,38	7,334975
3,4	7,05	7,18	5,35	11,35	7,253626
3,43	7,1	7,16	5,3	11,3	7,185835
3,47	7,15	7,18	5,27	11,25	7,145161
3,5	7,2	7,21	5,26	11,2	7,131602
3,54	7,25	7,25	5,25	11,16	7,118044
3,58	7,3	7,25	5,22	11,14	7,07737
3,62	7,35	7,2	5,14	11,12	6,968904

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,66	7,4	7,1	5,04	11,11	6,833322

Tabel 4.1.26. Performance Map-12, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,58	3,6	N/A	N/A	13,92	
0,66	3,65	2,62	3,8	13,66	5,152108
0,71	3,7	2,73	3,89	13,5	5,274132
0,76	3,75	2,85	3,99	13,34	5,409714
0,81	3,8	2,97	4,1	13,21	5,558854
0,85	3,85	3,08	4,2	13,1	5,694435
0,88	3,9	3,19	4,29	13,01	5,816459
0,92	3,95	3,29	4,37	12,92	5,924924
0,96	4	3,4	4,46	12,81	6,046948
1,02	4,05	3,51	4,55	12,66	6,168972
1,08	4,1	3,61	4,62	12,47	6,263879
1,13	4,15	3,68	4,66	12,33	6,318112
1,16	4,2	3,74	4,68	12,22	6,345228
1,2	4,25	3,8	4,7	12,15	6,372344
1,23	4,3	3,86	4,72	12,1	6,399461
1,26	4,35	3,93	4,74	12,05	6,426577
1,3	4,4	4	4,78	12,01	6,48081
1,35	4,45	4,1	4,84	11,94	6,562159
1,4	4,5	4,2	4,9	11,84	6,643508
1,44	4,55	4,29	4,95	11,74	6,711299
1,48	4,6	4,35	4,97	11,67	6,738415
1,51	4,65	4,41	4,98	11,61	6,751973
1,54	4,7	4,47	5	11,57	6,77909
1,58	4,75	4,54	5,01	11,53	6,792648
1,62	4,8	4,61	5,04	11,5	6,833322
1,66	4,85	4,69	5,08	11,47	6,887555
1,7	4,9	4,77	5,12	11,45	6,941788
1,74	4,95	4,85	5,14	11,42	6,968904
1,78	5	4,92	5,17	11,39	7,009579
1,82	5,05	4,99	5,19	11,35	7,036695
1,86	5,1	5,07	5,22	11,31	7,07737
1,9	5,15	5,14	5,24	11,28	7,104486
1,93	5,2	5,2	5,25	11,26	7,118044
1,96	5,25	5,25	5,26	11,26	7,131602
1,99	5,3	5,3	5,26	11,28	7,131602
2,03	5,35	5,35	5,26	11,31	7,131602
2,06	5,4	5,41	5,26	11,35	7,131602
2,11	5,45	5,48	5,28	11,4	7,158719

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,16	5,5	5,54	5,29	11,43	7,172277
2,19	5,55	5,6	5,3	11,44	7,185835
2,22	5,6	5,66	5,31	11,45	7,199393
2,25	5,65	5,73	5,33	11,46	7,22651
2,28	5,7	5,82	5,36	11,47	7,267184
2,32	5,75	5,93	5,42	11,5	7,348533
2,37	5,8	6,06	5,48	11,55	7,429882
2,41	5,85	6,12	5,5	11,58	7,456999
2,45	5,9	6,16	5,48	11,6	7,429882
2,48	5,95	6,19	5,46	11,6	7,402766
2,51	6	6,22	5,45	11,59	7,389208
2,54	6,05	6,27	5,44	11,58	7,37565
2,57	6,1	6,33	5,45	11,56	7,389208
2,61	6,15	6,42	5,48	11,54	7,429882
2,65	6,2	6,5	5,51	11,53	7,470557
2,68	6,25	6,59	5,54	11,51	7,511231
2,72	6,3	6,67	5,56	11,5	7,538348
2,75	6,35	6,74	5,58	11,49	7,565464
2,78	6,4	6,81	5,59	11,49	7,579022
2,82	6,45	6,87	5,59	11,49	7,579022
2,85	6,5	6,91	5,58	11,49	7,565464
2,9	6,55	6,92	5,55	11,48	7,52479
2,94	6,6	6,91	5,5	11,47	7,456999
2,98	6,65	6,92	5,47	11,45	7,416324
3,01	6,7	6,96	5,45	11,44	7,389208
3,04	6,75	7,01	5,46	11,43	7,402766
3,07	6,8	7,09	5,48	11,43	7,429882
3,1	6,85	7,17	5,5	11,44	7,456999
3,14	6,9	7,23	5,5	11,45	7,456999
3,18	6,95	7,21	5,45	11,45	7,389208
3,22	7	7,15	5,37	11,44	7,280742
3,25	7,05	7,1	5,29	11,42	7,172277

Tabel 4.1.27. Performance Map-13, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,08	4	3,25	4,31	12,9	5,843575
1,15	4,05	3,39	4,4	12,74	5,965599
1,19	4,1	3,51	4,49	12,63	6,087623
1,25	4,15	3,66	4,63	12,49	6,277437
1,31	4,2	3,8	4,75	12,36	6,440135
1,35	4,25	3,89	4,8	12,24	6,507926
1,39	4,3	3,94	4,82	12,14	6,535043
1,42	4,35	3,99	4,82	12,05	6,535043
1,45	4,4	4,04	4,83	11,96	6,548601

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,49	4,45	4,1	4,84	11,88	6,562159
1,53	4,5	4,17	4,86	11,81	6,589275
1,57	4,55	4,25	4,91	11,75	6,657066
1,62	4,6	4,33	4,95	11,71	6,711299
1,66	4,65	4,41	4,98	11,67	6,751973
1,69	4,7	4,47	5	11,63	6,77909
1,73	4,75	4,54	5,02	11,59	6,806206
1,76	4,8	4,61	5,04	11,54	6,833322
1,8	4,85	4,68	5,07	11,48	6,873997
1,84	4,9	4,77	5,11	11,43	6,92823
1,88	4,95	4,85	5,15	11,38	6,982462
1,92	5	4,93	5,18	11,34	7,023137
1,96	5,05	5	5,2	11,33	7,050253
1,99	5,1	5,07	5,22	11,33	7,07737
2,03	5,15	5,14	5,24	11,34	7,104486
2,07	5,2	5,22	5,28	11,37	7,158719
2,11	5,25	5,3	5,3	11,39	7,185835
2,15	5,3	5,37	5,32	11,39	7,212951
2,18	5,35	5,43	5,33	11,4	7,22651
2,21	5,4	5,49	5,34	11,4	7,240068
2,24	5,45	5,56	5,35	11,4	7,253626
2,28	5,5	5,64	5,38	11,42	7,294301
2,33	5,55	5,73	5,42	11,47	7,348533
2,37	5,6	5,8	5,44	11,51	7,37565
2,4	5,65	5,85	5,44	11,55	7,37565
2,43	5,7	5,9	5,44	11,57	7,37565
2,45	5,75	5,94	5,43	11,59	7,362091
2,49	5,8	6	5,43	11,59	7,362091
2,53	5,85	6,07	5,45	11,58	7,389208
2,58	5,9	6,16	5,48	11,57	7,429882
2,62	5,95	6,23	5,5	11,56	7,456999
2,65	6	6,3	5,52	11,56	7,484115
2,68	6,05	6,38	5,54	11,55	7,511231
2,71	6,1	6,46	5,56	11,55	7,538348
2,74	6,15	6,56	5,6	11,55	7,592581
2,77	6,2	6,65	5,63	11,55	7,633255
2,81	6,25	6,73	5,66	11,55	7,67393
2,85	6,3	6,79	5,66	11,55	7,67393
2,88	6,35	6,84	5,66	11,55	7,67393
2,91	6,4	6,88	5,64	11,54	7,646813
2,95	6,45	6,93	5,64	11,54	7,646813
2,98	6,5	6,99	5,65	11,53	7,660371
3,01	6,55	7,07	5,67	11,53	7,687488
3,05	6,6	7,15	5,69	11,52	7,714604

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,09	6,65	7,22	5,7	11,52	7,728162
3,13	6,7	7,22	5,66	11,51	7,67393
3,17	6,75	7,15	5,57	11,5	7,551906
3,21	6,8	7,08	5,47	11,48	7,416324
3,24	6,85	7,04	5,4	11,46	7,321417
3,27	6,9	7,03	5,35	11,42	7,253626
3,3	6,95	7,08	5,35	11,38	7,253626
3,34	7	7,15	5,36	11,34	7,267184
3,38	7,05	7,2	5,37	11,31	7,280742
3,42	7,1	7,19	5,32	11,29	7,212951
3,46	7,15	7,12	5,23	11,28	7,090928
3,51	7,2	7,02	5,12	11,27	6,941788
3,56	7,25	6,97	5,05	11,24	6,846881
3,59	7,3	6,99	5,03	11,21	6,819764
3,63	7,35	7,02	5,02	11,18	6,806206
3,66	7,4	7,03	4,99	11,16	6,765532
3,69	7,45	6,98	4,92	11,13	6,670624
3,73	7,5	6,79	4,76	11,11	6,453693
3,78	7,55	6,37	4,43	11,09	6,006274

Tabel 4.1.28. Performance Map-14, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,58	3,6	N/A	N/A	13,23	
0,69	3,65	2,67	3,87	13,04	5,247015
0,73	3,7	2,74	3,91	12,95	5,301248
0,76	3,75	2,82	3,95	12,87	5,355481
0,8	3,8	2,89	4	12,8	5,423272
0,84	3,85	2,99	4,07	12,71	5,518179
0,89	3,9	3,12	4,2	12,59	5,694435
0,96	3,95	3,29	4,37	12,41	5,924924
1,01	4	3,4	4,46	12,28	6,046948
1,05	4,05	3,47	4,5	12,17	6,101181
1,09	4,1	3,54	4,53	12,06	6,141855
1,12	4,15	3,61	4,56	11,96	6,18253
1,16	4,2	3,69	4,61	11,86	6,250321
1,21	4,25	3,77	4,66	11,78	6,318112
1,25	4,3	3,86	4,71	11,72	6,385903
1,3	4,35	3,93	4,75	11,67	6,440135
1,33	4,4	4	4,78	11,62	6,48081
1,37	4,45	4,07	4,8	11,54	6,507926
1,41	4,5	4,13	4,82	11,45	6,535043
1,45	4,55	4,21	4,86	11,34	6,589275

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,49	4,6	4,29	4,89	11,25	6,62995
1,54	4,65	4,36	4,93	11,21	6,684182
1,57	4,7	4,43	4,95	11,2	6,711299
1,61	4,75	4,49	4,96	11,2	6,724857
1,64	4,8	4,55	4,98	11,2	6,751973
1,68	4,85	4,61	5	11,19	6,77909
1,72	4,9	4,69	5,03	11,16	6,819764
1,77	4,95	4,8	5,09	11,11	6,901113
1,82	5	4,89	5,14	11,08	6,968904
1,85	5,05	4,96	5,16	11,08	6,996021
1,89	5,1	5,02	5,17	11,09	7,009579
1,91	5,15	5,08	5,18	11,11	7,023137
1,94	5,2	5,13	5,18	11,13	7,023137
1,98	5,25	5,2	5,2	11,14	7,050253
2,02	5,3	5,28	5,23	11,15	7,090928
2,07	5,35	5,37	5,27	11,16	7,145161
2,11	5,4	5,43	5,28	11,17	7,158719
2,14	5,45	5,48	5,29	11,17	7,172277
2,17	5,5	5,53	5,28	11,18	7,158719
2,2	5,55	5,58	5,28	11,2	7,158719
2,24	5,6	5,64	5,29	11,22	7,172277
2,28	5,65	5,72	5,31	11,26	7,199393
2,33	5,7	5,79	5,33	11,31	7,22651
2,37	5,75	5,85	5,34	11,35	7,240068
2,4	5,8	5,91	5,35	11,38	7,253626
2,43	5,85	5,97	5,36	11,4	7,267184
2,47	5,9	6,03	5,37	11,41	7,280742
2,5	5,95	6,1	5,39	11,4	7,307859
2,54	6	6,16	5,4	11,39	7,321417
2,57	6,05	6,22	5,4	11,38	7,321417
2,6	6,1	6,28	5,41	11,38	7,334975
2,64	6,15	6,35	5,42	11,39	7,348533
2,68	6,2	6,43	5,44	11,4	7,37565
2,72	6,25	6,51	5,47	11,41	7,416324
2,75	6,3	6,6	5,5	11,41	7,456999
2,78	6,35	6,69	5,53	11,41	7,497673
2,81	6,4	6,78	5,56	11,41	7,538348
2,85	6,45	6,87	5,59	11,4	7,579022
2,9	6,5	6,93	5,6	11,38	7,592581
2,94	6,55	6,95	5,57	11,37	7,551906
2,97	6,6	6,95	5,53	11,36	7,497673
3	6,65	6,96	5,5	11,36	7,456999
3,03	6,7	6,98	5,47	11,36	7,416324
3,06	6,75	7,02	5,46	11,36	7,402766

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,1	6,8	7,08	5,47	11,38	7,416324
3,14	6,85	7,14	5,48	11,39	7,429882
3,18	6,9	7,2	5,48	11,4	7,429882
3,21	6,95	7,25	5,48	11,39	7,429882
3,24	7	7,29	5,47	11,37	7,416324
3,28	7,05	7,3	5,44	11,34	7,37565
3,32	7,1	7,26	5,37	11,3	7,280742
3,36	7,15	7,13	5,24	11,27	7,104486
3,4	7,2	6,98	5,09	11,26	6,901113

Tabel 4.1.29. Performance Map-15, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,34	4,6	4,11	4,77	11,67	6,467252
1,41	4,65	4,33	4,89	11,52	6,62995
1,43	4,7	4,42	4,94	11,45	6,697741
1,46	4,75	4,52	4,99	11,37	6,765532
1,49	4,8	4,62	5,05	11,3	6,846881
1,53	4,85	4,72	5,12	11,21	6,941788
1,58	4,9	4,84	5,19	11,14	7,036695
1,64	4,95	4,94	5,24	11,1	7,104486
1,67	5	5	5,26	11,09	7,131602
1,7	5,05	5,07	5,27	11,09	7,145161
1,73	5,1	5,13	5,28	11,1	7,158719
1,77	5,15	5,19	5,3	11,11	7,185835
1,8	5,2	5,27	5,32	11,13	7,212951
1,84	5,25	5,35	5,35	11,15	7,253626
1,88	5,3	5,43	5,38	11,17	7,294301
1,91	5,35	5,51	5,4	11,2	7,321417
1,95	5,4	5,57	5,42	11,22	7,348533
1,98	5,45	5,63	5,43	11,25	7,362091
2,02	5,5	5,7	5,44	11,28	7,37565
2,05	5,55	5,77	5,46	11,3	7,402766
2,09	5,6	5,85	5,49	11,32	7,443441
2,12	5,65	5,92	5,51	11,33	7,470557
2,16	5,7	6	5,52	11,32	7,484115
2,19	5,75	6,07	5,54	11,3	7,511231
2,23	5,8	6,14	5,56	11,27	7,538348
2,28	5,85	6,19	5,56	11,25	7,538348
2,32	5,9	6,22	5,53	11,24	7,497673
2,35	5,95	6,23	5,5	11,24	7,456999
2,38	6	6,24	5,46	11,23	7,402766
2,4	6,05	6,26	5,44	11,23	7,37565

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
2,43	6,1	6,3	5,43	11,21	7,362091
2,47	6,15	6,37	5,44	11,19	7,37565
2,52	6,2	6,46	5,47	11,14	7,416324
2,56	6,25	6,53	5,49	11,09	7,443441
2,59	6,3	6,57	5,48	11,06	7,429882
2,62	6,35	6,6	5,46	11,04	7,402766
2,65	6,4	6,61	5,42	11,03	7,348533
2,69	6,45	6,6	5,37	11,02	7,280742
2,75	6,5	6,55	5,29	11	7,172277

Tabel 4.1.30. Performance Map-16, Regulator 270°

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
0,68	3,7	N/A	N/A	13,23	
0,79	3,75	3	4,22	12,94	5,721552
0,85	3,8	3,08	4,26	12,77	5,775784
0,89	3,85	3,16	4,31	12,64	5,843575
0,92	3,9	3,23	4,35	12,53	5,897808
0,96	3,95	3,3	4,39	12,42	5,952041
0,99	4	3,38	4,44	12,32	6,019832
1,04	4,05	3,48	4,51	12,21	6,114739
1,09	4,1	3,58	4,59	12,12	6,223204
1,15	4,15	3,67	4,65	12,04	6,304553
1,2	4,2	3,74	4,68	11,97	6,345228
1,23	4,25	3,79	4,69	11,9	6,358786
1,27	4,3	3,84	4,7	11,83	6,372344
1,3	4,35	3,9	4,7	11,77	6,372344
1,33	4,4	3,95	4,72	11,72	6,399461
1,37	4,45	4,02	4,74	11,67	6,426577
1,42	4,5	4,1	4,78	11,64	6,48081
1,47	4,55	4,19	4,83	11,61	6,548601
1,51	4,6	4,26	4,87	11,58	6,602833
1,55	4,65	4,33	4,9	11,54	6,643508
1,58	4,7	4,4	4,92	11,51	6,670624
1,62	4,75	4,48	4,95	11,47	6,711299
1,65	4,8	4,56	4,99	11,44	6,765532
1,7	4,85	4,64	5,03	11,41	6,819764
1,74	4,9	4,73	5,07	11,38	6,873997
1,78	4,95	4,8	5,09	11,37	6,901113
1,82	5	4,86	5,1	11,37	6,914672
1,85	5,05	4,92	5,11	11,38	6,92823
1,9	5,1	4,99	5,13	11,4	6,955346
1,94	5,15	5,06	5,16	11,42	6,996021

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
1,98	5,2	5,12	5,17	11,43	7,009579
2,01	5,25	5,17	5,18	11,42	7,023137
2,04	5,3	5,22	5,17	11,42	7,009579
2,07	5,35	5,26	5,17	11,42	7,009579
2,11	5,4	5,31	5,17	11,42	7,009579
2,16	5,45	5,37	5,17	11,45	7,009579
2,2	5,5	5,41	5,17	11,49	7,009579
2,24	5,55	5,45	5,16	11,53	6,996021
2,27	5,6	5,5	5,16	11,55	6,996021
2,3	5,65	5,55	5,16	11,57	6,996021
2,33	5,7	5,63	5,18	11,58	7,023137
2,37	5,75	5,74	5,24	11,59	7,104486
2,42	5,8	5,9	5,34	11,6	7,240068
2,47	5,85	6	5,39	11,6	7,307859
2,5	5,9	6,07	5,4	11,6	7,321417
2,53	5,95	6,11	5,4	11,6	7,321417
2,56	6	6,16	5,39	11,6	7,307859
2,59	6,05	6,2	5,38	11,6	7,294301
2,63	6,1	6,26	5,39	11,58	7,307859
2,67	6,15	6,32	5,4	11,57	7,321417
2,71	6,2	6,38	5,4	11,55	7,321417
2,74	6,25	6,44	5,41	11,53	7,334975
2,78	6,3	6,51	5,43	11,51	7,362091
2,81	6,35	6,59	5,45	11,49	7,389208
2,84	6,4	6,67	5,47	11,48	7,416324
2,88	6,45	6,75	5,49	11,48	7,443441
2,92	6,5	6,81	5,5	11,48	7,456999
2,96	6,55	6,85	5,49	11,49	7,443441
3	6,6	6,85	5,45	11,49	7,389208
3,03	6,65	6,85	5,41	11,49	7,334975
3,07	6,7	6,86	5,37	11,48	7,280742
3,1	6,75	6,88	5,35	11,47	7,253626
3,13	6,8	6,93	5,35	11,44	7,253626
3,17	6,85	6,98	5,35	11,41	7,253626
3,21	6,9	7,03	5,35	11,38	7,253626
3,25	6,95	7,04	5,32	11,36	7,212951
3,29	7	7,03	5,27	11,34	7,145161
3,32	7,05	7	5,21	11,32	7,063812
3,37	7,1	6,94	5,13	11,28	6,955346
3,42	7,15	6,85	5,03	11,21	6,819764
3,47	7,2	6,81	4,97	11,13	6,738415
3,5	7,25	6,84	4,95	11,07	6,711299
3,53	7,3	6,91	4,97	11,02	6,738415
3,56	7,35	7,01	5,01	10,99	6,792648

s	RPMX1000	hp	ft-lbs	Air/Fuel	NM
3,59	7,4	7,12	5,05	10,96	6,846881
3,64	7,45	7,18	5,06	10,94	6,860439
3,69	7,5	7,1	4,97	10,93	6,738415
3,73	7,55	7,04	4,9	10,91	6,643508
3,77	7,6	7,06	4,88	10,9	6,616392
3,8	7,65	7,16	4,92	10,87	6,670624
3,84	7,7	7,31	4,98	10,84	6,751973
3,89	7,75	7,32	4,96	10,79	6,724857
3,94	7,8	7,01	4,72	10,73	6,399461
3,98	7,85	6,52	4,37	10,69	5,924924

Pemilihan waktu penyalan ditinjau dari besarnya tenaga dan torsi dari hasil *dynotest*. Kemudian kami membandingkan tenaga dan torsi setiap *timing* yang dicoba guna mendapat *mapping* waktu penyalan yang terbaik.

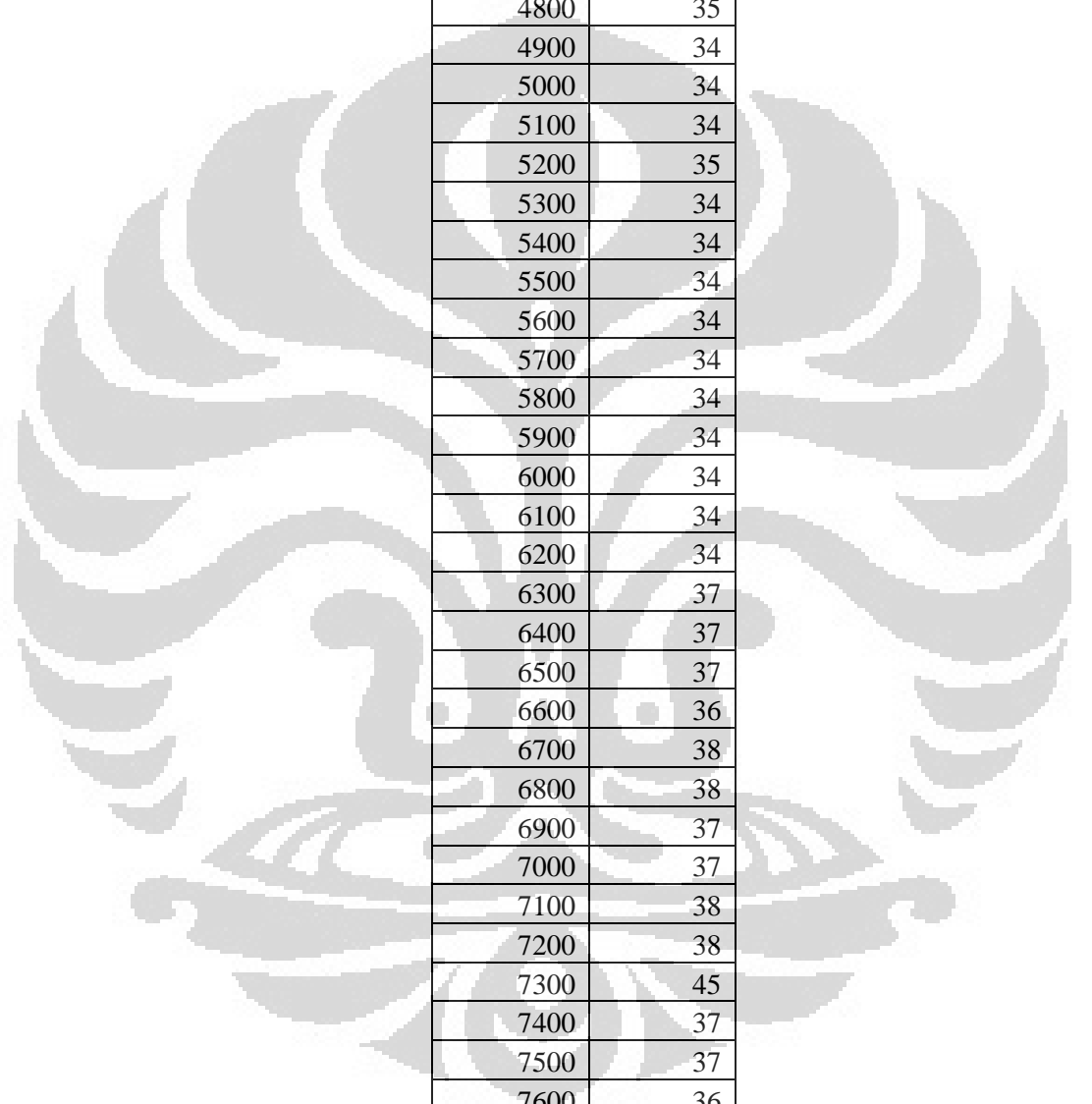
Tabel 4.1.31. Perbandingan Tenaga dan Torsi, Regulator 180°

RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3,85	3,885	3,91	3,78	3,91	3,895	3,875	3,875	3,795	3,84	3,805	3,835	3,84	3,815	3,765	3,865	3,795
3,9	3,965	4,015	3,86	3,975	3,955	3,965	3,965	3,895	3,92	3,85	3,93	3,895	3,87	3,845	3,93	3,87
3,95	4,03	4,115	3,96	4,04	4,035	4,065	4,065	3,99	3,98	3,915	4,0275	3,95	3,925	3,925	3,98	3,925
4	4,085	4,185	4,07	4,095	4,105	4,14	4,14	4,07	4,025	4,02	4,105	4,025	3,98	3,99	4,035	3,965
4,05	4,135	4,235	4,165	4,155	4,17	4,205	4,205	4,135	4,075	4,125	4,17	4,11	4,05	4,055	4,09	4
4,1	4,195	4,285	4,235	4,215	4,23	4,265	4,265	4,2	4,125	4,2	4,2325	4,18	4,13	4,115	4,15	4,04
4,15	4,27	4,335	4,295	4,28	4,29	4,33	4,33	4,26	4,19	4,255	4,295	4,225	4,215	4,165	4,235	4,09
4,2	4,355	4,4	4,355	4,37	4,345	4,395	4,395	4,335	4,29	4,305	4,365	4,265	4,295	4,215	4,33	4,165
4,25	4,415	4,49	4,42	4,46	4,42	4,47	4,47	4,425	4,38	4,355	4,4475	4,305	4,34	4,27	4,42	4,26
4,3	4,475	4,575	4,495	4,525	4,5	4,54	4,54	4,52	4,435	4,42	4,53	4,35	4,365	4,34	4,475	4,32
4,35	4,525	4,635	4,59	4,57	4,57	4,595	4,595	4,59	4,48	4,505	4,5925	4,4	4,385	4,4	4,505	4,37
4,4	4,575	4,68	4,67	4,615	4,63	4,63	4,63	4,62	4,515	4,605	4,625	4,465	4,41	4,45	4,53	4,41
4,45	4,64	4,72	4,73	4,655	4,675	4,665	4,665	4,645	4,555	4,67	4,655	4,515	4,44	4,495	4,56	4,45
4,5	4,725	4,765	4,77	4,7	4,71	4,69	4,69	4,67	4,595	4,7	4,68	4,55	4,495	4,54	4,595	4,495
4,55	4,825	4,815	4,805	4,76	4,75	4,73	4,73	4,71	4,64	4,715	4,72	4,58	4,58	4,59	4,64	4,555
4,6	4,915	4,885	4,84	4,85	4,795	4,77	4,77	4,755	4,69	4,735	4,7625	4,615	4,65	4,65	4,695	4,615
4,65	4,97	4,95	4,89	4,945	4,84	4,825	4,825	4,815	4,74	4,755	4,82	4,655	4,705	4,735	4,73	4,665
4,7	4,995	5,01	4,955	5,005	4,885	4,91	4,91	4,88	4,775	4,795	4,895	4,71	4,745	4,82	4,755	4,71
4,75	5,02	5,065	5,05	5,05	4,93	5	5	4,935	4,81	4,845	4,9675	4,81	4,78	4,865	4,78	4,75
4,8	5,04	5,11	5,13	5,09	4,985	5,07	5,07	4,985	4,84	4,92	5,0275	4,925	4,83	4,89	4,805	4,795
4,85	5,065	5,175	5,195	5,125	5,05	5,125	5,125	5,04	4,885	4,99	5,0825	5	4,895	4,91	4,84	4,865
4,9	5,1	5,24	5,24	5,17	5,13	5,17	5,17	5,085	4,94	5,055	5,1275	5,045	4,985	4,935	4,885	4,93
4,95	5,15	5,315	5,28	5,225	5,235	5,215	5,215	5,15	5,005	5,105	5,1825	5,08	5,07	4,965	4,935	4,99
5	5,21	5,375	5,32	5,28	5,325	5,26	5,26	5,205	5,075	5,155	5,2325	5,115	5,13	5,025	4,985	5,035
5,05	5,26	5,415	5,375	5,325	5,375	5,315	5,315	5,26	5,14	5,2	5,2875	5,155	5,16	5,1	5,03	5,07
5,1	5,305	5,45	5,43	5,37	5,42	5,385	5,385	5,305	5,205	5,25	5,345	5,205	5,185	5,175	5,065	5,105
5,15	5,35	5,485	5,49	5,405	5,455	5,445	5,445	5,35	5,27	5,295	5,3975	5,26	5,21	5,225	5,11	5,15
5,2	5,395	5,53	5,54	5,445	5,485	5,49	5,49	5,395	5,33	5,34	5,4425	5,31	5,245	5,265	5,165	5,195
5,25	5,455	5,585	5,58	5,49	5,53	5,53	5,53	5,45	5,37	5,38	5,49	5,36	5,28	5,31	5,22	5,24
5,3	5,525	5,67	5,615	5,545	5,585	5,565	5,565	5,525	5,395	5,42	5,545	5,405	5,33	5,36	5,28	5,265
5,35	5,595	5,755	5,645	5,6	5,63	5,605	5,605	5,59	5,41	5,47	5,5975	5,45	5,38	5,41	5,335	5,28
5,4	5,65	5,81	5,68	5,65	5,66	5,64	5,64	5,63	5,425	5,53	5,635	5,5	5,435	5,45	5,395	5,3
5,45	5,685	5,85	5,725	5,69	5,675	5,665	5,665	5,655	5,44	5,59	5,66	5,54	5,49	5,49	5,45	5,325
5,5	5,7	5,885	5,775	5,72	5,7	5,68	5,68	5,67	5,475	5,63	5,675	5,575	5,56	5,525	5,515	5,365

RPM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5,55	5,715	5,925	5,83	5,745	5,73	5,7	5,7	5,69	5,535	5,665	5,695	5,605	5,625	5,57	5,565	5,42
5,6	5,735	5,965	5,875	5,755	5,77	5,72	5,72	5,71	5,61	5,695	5,715	5,625	5,685	5,62	5,6	5,495
5,65	5,77	6,01	5,915	5,75	5,825	5,75	5,75	5,74	5,665	5,73	5,745	5,65	5,73	5,685	5,61	5,56
5,7	5,815	6,055	5,955	5,755	5,88	5,795	5,795	5,78	5,71	5,775	5,7875	5,68	5,765	5,745	5,62	5,61
5,75	5,855	6,075	5,98	5,78	5,93	5,835	5,835	5,81	5,74	5,825	5,8225	5,71	5,8	5,8	5,635	5,665
5,8	5,905	6,08	6	5,81	5,975	5,875	5,875	5,84	5,785	5,88	5,8575	5,735	5,84	5,85	5,66	5,72
5,85	5,965	6,085	6,01	5,855	6,01	5,91	5,91	5,87	5,83	5,91	5,89	5,76	5,865	5,91	5,7	5,78
5,9	6,03	6,09	6,02	5,925	6,045	5,955	5,955	5,915	5,89	5,935	5,935	5,79	5,88	5,975	5,765	5,84
5,95	6,08	6,11	6,035	6,015	6,08	6,015	6,015	5,97	5,935	5,965	5,9925	5,835	5,9	6,025	5,83	5,895
6	6,115	6,15	6,055	6,095	6,12	6,095	6,095	6,05	5,96	6	6,0725	5,9	5,925	6,04	5,88	5,935
6,05	6,13	6,21	6,1	6,135	6,155	6,195	6,195	6,14	5,98	6,055	6,1675	5,985	5,96	6,025	5,93	5,97
6,1	6,14	6,27	6,15	6,16	6,2	6,25	6,25	6,21	6	6,13	6,23	6,075	6,01	6,02	5,99	6,01
6,15	6,15	6,33	6,205	6,175	6,245	6,265	6,265	6,25	6,035	6,2	6,2575	6,135	6,085	6,015	6,06	6,055
6,2	6,17	6,365	6,245	6,195	6,3	6,27	6,27	6,275	6,075	6,25	6,2725	6,17	6,17	6,04	6,14	6,095
6,25	6,195	6,37	6,285	6,225	6,34	6,27	6,27	6,285	6,12	6,285	6,2775	6,22	6,23	6,08	6,195	6,13
6,3	6,225	6,355	6,315	6,265	6,365	6,27	6,27	6,3	6,17	6,31	6,285	6,225	6,265	6,155	6,21	6,155
6,35	6,255	6,34	6,35	6,305	6,385	6,28	6,28	6,315	6,22	6,33	6,2975	6,255	6,285	6,225	6,205	6,165
6,4	6,27	6,335	6,38	6,335	6,4	6,3	6,3	6,335	6,255	6,355	6,3175	6,285	6,3	6,275	6,2	6,165
6,45	6,285	6,34	6,39	6,36	6,405	6,325	6,325	6,36	6,28	6,36	6,3425	6,305	6,315	6,305	6,205	6,15
6,5	6,3	6,355	6,375	6,39	6,395	6,345	6,345	6,385	6,295	6,35	6,365	6,32	6,335	6,325	6,22	6,145
6,55	6,315	6,39	6,35	6,415	6,38	6,38	6,38	6,405	6,305	6,335	6,3925	6,325	6,36	6,335	6,245	6,16
6,6	6,315	6,43	6,34	6,435	6,35	6,41	6,41	6,41	6,32	6,315	6,41	6,33	6,375	6,335	6,275	6,195
6,65	6,3	6,46	6,335	6,44	6,335	6,455	6,455	6,4	6,34	6,315	6,4275	6,34	6,37	6,32	6,29	6,245
6,7	6,27	6,475	6,35	6,415	6,34	6,495	6,495	6,385	6,37	6,34	6,44	6,345	6,36	6,295	6,29	6,285
6,75	6,245	6,49	6,365	6,36	6,365	6,505	6,505	6,355	6,4	6,375	6,43	6,345	6,34	6,26	6,26	6,265
6,8	6,225	6,48	6,39	6,285	6,405	6,48	6,48	6,32	6,415	6,4	6,4	6,345	6,325	6,23	6,22	6,18
6,85	6,22	6,435	6,395	6,23	6,45	6,425	6,425	6,265	6,415	6,385	6,345	6,34	6,31	6,205	6,165	6,085
6,9	6,225	6,335	6,395	6,2	6,47	6,385	6,385	6,235	6,405	6,305	6,31	6,33	6,305	6,185	6,125	6
6,95	6,23	6,235	6,385	6,205	6,46	6,385	6,385	6,215	6,39	6,18	6,3	6,31	6,31	6,17		
7	6,205	6,17	6,365	6,21	6,44	6,415	6,415	6,22	6,36	6,05	6,3175	6,3	6,33	6,165	6,355	6,325
7,05	6,15	6,14	6,335	6,195	6,41	6,47	6,47	6,245	6,325	5,95	6,3575	6,285	6,375	6,16	3,525	3,505
7,1	6,115	6,14	6,28	6,13	6,385	6,54	6,54	6,28	6,28	5,905	6,41	6,28	6,43	6,165	0	0
7,15	6,11	6,175	6,19	6,06	6,38	6,585	6,585	6,315	6,23	5,915	6,45		6,495	6,175	0	0
7,2	6,14	6,18	6,045	6	6,385	6,575	6,575	6,34	6,155	5,975	6,4575	6,445	6,565	6,185	0	0
7,25	6,205	6,13	5,88	5,965	6,4	6,52	6,52	6,32	6,08	6,07	6,42	3,46	6,595	6,185	0	0
7,3	6,3	6,045	5,74	5,975	6,415	6,465	6,465	6,27	6,04	6,18	6,3675	0	6,535	6,155	0	0
7,35	6,375	5,985	5,665	6,02	6,435	6,415	6,415	6,155	6,07	6,3	6,285	0	6,38	6,08	0	0
7,4	6,37	5,975	5,65	6,095	6,445	6,385	6,385		6,13	6,38		0	6,14	5,97	0	0
7,45	6,29	6,03	5,685	6,18	6,42	6,36	6,36		6,195	6,325		0	5,755	5,85	0	0
7,5	6,165	6,13	5,745	6,255	6,315	6,3	6,3		6,255	6,13		0	5,035		0	0
7,55	6,035	6,24	5,8	6,325	6,18	6,165	6,165		6,275	5,875		0			0	0
7,6	5,935	6,325	5,795	6,34	6,055	5,945	5,945		6,165	5,61		0		3,395	0	0
7,65	5,85	6,355	5,59	6,29	5,93	5,655	5,655		5,835	5,365		0	3,52	0	0	0
7,7	5,785	6,275	5,25	6,23	5,755	0	0		5,475	5,205		0	0	0	0	0
7,75	5,72	5,895	5,04	6,18	5,3					0		0	0	0	0	0
7,8	5,665	5,145	4,95	6,125	0	3,58	3,58					0	0	0	0	0
7,85	5,6	0	4,925	6,01					3,695	3,485		0	0	0	0	0
7,9	5,51		4,905	5,47	3,705											
7,95	5,415	3,55		4,695												

Tabel 4.1.32. Waktu Pengapian untuk Regulator 180°

RPM	derajat
0	15
3000	15
3900	34
4000	34



RPM	derajat
4100	34
4200	34
4300	34
4400	34
4500	35
4600	33
4700	34
4800	35
4900	34
5000	34
5100	34
5200	35
5300	34
5400	34
5500	34
5600	34
5700	34
5800	34
5900	34
6000	34
6100	34
6200	34
6300	37
6400	37
6500	37
6600	36
6700	38
6800	38
6900	37
7000	37
7100	38
7200	38
7300	45
7400	37
7500	37
7600	36
7700	34
7800	36
7900	33
Rata-rata	35

Tabel 4.1.33. Perbandingan Tenaga dan Torsi, Regulator 270°

RPM	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MAX	MAP	BTDC
3,85	3,37	3,475				3,37	3,415		3,66	3,64		3,53		3,735	3,735	16	45
3,9	3,45	3,635				3,605	3,565		3,765	3,74		3,66		3,79	3,79	16	45
3,95	3,555	3,81				3,805	3,705		3,855	3,83		3,83		3,845	3,855	11	40
4	3,705	3,97				3,905	3,83		3,945	3,93	3,78	3,93		3,91	3,97	4	33
4,05	3,82	4,065		3,91	3,975	3,98	3,96		4,03	4,03	3,895	3,985		3,995	4,065	4	33
4,1	3,875	4,115	3,97	3,98	4,025	4,05	4,09		4,105	4,115	4	4,035		4,085	4,115	4	33
4,15	3,92	4,145	4,2	4,055	4,075	4,135	4,2		4,19	4,17	4,145	4,085		4,16	4,2	5	34
4,2	3,96	4,175	4,275	4,16	4,15	4,25	4,285		4,275	4,21	4,275	4,15		4,21	4,285	9	38
4,25	4,02	4,215	4,325	4,29	4,235	4,36	4,35		4,345	4,25	4,345	4,215		4,24	4,36	8	37
4,3	4,12	4,265	4,355	4,41	4,33	4,42	4,41		4,41	4,29	4,38	4,285		4,27	4,42	8	37
4,35	4,25	4,335	4,395	4,495	4,4	4,445	4,47		4,46	4,335	4,405	4,34		4,3	4,495	6	35
4,4	4,34	4,44	4,445	4,555	4,45	4,465	4,54		4,51	4,39	4,435	4,39		4,335	4,555	6	35
4,45	4,405	4,525	4,52	4,6	4,49	4,49	4,605		4,555	4,47	4,47	4,435		4,38	4,605	6	35
4,5	4,455	4,585	4,595	4,65	4,54	4,52	4,66		4,61	4,55	4,515	4,475		4,44	4,66	9	38
4,55	4,505	4,635	4,64	4,7	4,6	4,565	4,695		4,675	4,62	4,58	4,535		4,51	4,7	6	35
4,6	4,57	4,68	4,67	4,745	4,67	4,635	4,725		4,735	4,66	4,64	4,59	4,44	4,565	4,745	6	35
4,65	4,645	4,725	4,7	4,78	4,745	4,725	4,76		4,78	4,695	4,695	4,645	4,61	4,615	4,78	6	35
4,7	4,73	4,775	4,74	4,82	4,795	4,805	4,795		4,81	4,735	4,735	4,69	4,68	4,66	4,82	6	35
4,75	4,79	4,835	4,79	4,855	4,83	4,875	4,845		4,84	4,775	4,78	4,725	4,755	4,715	4,875	8	37
4,8	4,845	4,89	4,86	4,9	4,86	4,925	4,92		4,87	4,825	4,825	4,765	4,835	4,775	4,925	8	37
4,85	4,895	4,94	4,925	4,96	4,895	4,97	5		4,915	4,885	4,875	4,805	4,92	4,835	5	9	38
4,9	4,94	4,99	4,985	5,045	4,94	5,02	5,065		4,98	4,945	4,94	4,86	5,015	4,9	5,065	9	38
4,95	4,99	5,05	5,03	5,12	5,01	5,08	5,11		5,07	4,995	5	4,945	5,09	4,945	5,12	6	35
5	5,055	5,12	5,075	5,165	5,095	5,135	5,155		5,18	5,045	5,055	5,015	5,13	4,98	5,18	11	40
5,05	5,12	5,2	5,115	5,195	5,16	5,19	5,195		5,25	5,09	5,1	5,06	5,17	5,015	5,25	11	40
5,1	5,175	5,26	5,165	5,22	5,205	5,24	5,245		5,3	5,145	5,145	5,095	5,205	5,06	5,3	11	40
5,15	5,235	5,305	5,225	5,25	5,24	5,285	5,305		5,34	5,19	5,19	5,13	5,245	5,11	5,34	11	40
5,2	5,295	5,34	5,275	5,295	5,285	5,33	5,375		5,385	5,225	5,25	5,155	5,295	5,145	5,385	11	40
5,25	5,36	5,38	5,32	5,37	5,33	5,38	5,42		5,435	5,255	5,3	5,2	5,35	5,175	5,435	11	40
5,3	5,435	5,42	5,375	5,445	5,39	5,435	5,445		5,495	5,28	5,345	5,255	5,405	5,195	5,495	11	40
5,35	5,49	5,47	5,42	5,505	5,46	5,48	5,47		5,555	5,305	5,38	5,32	5,455	5,215	5,555	11	40
5,4	5,515	5,505	5,485	5,545	5,51	5,515	5,485		5,58	5,335	5,415	5,355	5,495	5,24	5,58	11	40
5,45	5,53	5,515	5,565	5,585	5,54	5,54	5,515		5,585	5,38	5,455	5,385	5,53	5,27	5,585	11	40
5,5	5,535	5,515	5,62	5,62	5,555	5,56	5,56		5,59	5,415	5,51	5,405	5,57	5,29	5,62	6	35
5,55	5,54	5,52	5,625	5,65	5,575	5,595	5,625		5,605	5,45	5,575	5,43	5,615	5,305	5,65	6	35
5,6	5,55	5,535	5,62	5,68	5,595	5,63	5,68		5,64	5,485	5,62	5,465	5,67	5,33	5,68	6	35
5,65	5,565	5,57	5,615	5,71	5,635	5,665	5,73		5,69	5,53	5,645	5,515	5,715	5,355	5,73	9	38
5,7	5,58	5,63	5,615	5,745	5,685	5,69	5,755		5,745	5,59	5,67	5,56	5,76	5,405	5,76	15	44
5,75	5,6	5,7	5,62	5,77	5,74	5,71	5,78		5,795	5,675	5,685	5,595	5,805	5,49	5,805	15	44
5,8	5,62	5,765	5,64	5,81	5,8	5,735	5,795		5,85	5,77	5,715	5,63	5,85	5,62	5,85	15	44
5,85	5,645	5,81	5,675	5,86	5,845	5,77	5,805		5,9	5,81	5,76	5,665	5,875	5,695	5,9	11	40
5,9	5,67	5,85	5,7	5,915	5,895	5,83	5,82		5,955	5,82	5,82	5,7	5,875	5,735	5,955	11	40
5,95	5,715	5,9	5,73	5,98	5,93	5,915	5,845		5,995	5,825	5,865	5,745	5,865	5,755	5,995	11	40
6	5,76	5,955	5,765	6,04	5,955	5,99	5,89		6,03	5,835	5,91	5,78	5,85	5,775	6,04	6	35
6,05	5,79	6,005	5,8	6,115	5,975	6,045	5,96		6,06	5,855	5,96	5,81	5,85	5,79	6,115	6	35
6,1	5,8	6,04	5,855	6,195	5,995	6,08	6,04		6,095	5,89	6,01	5,845	5,865	5,825	6,195	6	35
6,15	5,805	6,055	5,895	6,285	6,01	6,115	6,12		6,145	5,95	6,08	5,885	5,905	5,86	6,285	6	35
6,2	5,82	6,06	5,91	6,325	6,03	6,15	6,185		6,22	6,005	6,14	5,935	5,965	5,89	6,325	6	35
6,25	5,85	6,075	5,9	6,33	6,065	6,18	6,235		6,295	6,065	6,195	5,99	6,01	5,925	6,33	6	35
6,3	5,895	6,105	5,875	6,32	6,115	6,21	6,28		6,345	6,115	6,225	6,05	6,025	5,97	6,345	11	40
6,35	5,955	6,14	5,845	6,31	6,165	6,23	6,32		6,37	6,16	6,25	6,11	6,03	6,02	6,37	11	40
6,4	6,02	6,185	5,825	6,31	6,235	6,255	6,345		6,385	6,2	6,26	6,17	6,015	6,07	6,385	11	40
6,45	6,08	6,235	5,805	6,315	6,305	6,275	6,335		6,395	6,23	6,285	6,23	5,985	6,12	6,395	11	40
6,5	6,13	6,285	5,805	6,345	6,39	6,3	6,295		6,4	6,245	6,32	6,265	5,92	6,155	6,4	11	40
6,55	6,145	6,325	5,84	6,38	6,475	6,335	6,26		6,405	6,235	6,37	6,26		6,17	6,475	7	36
6,6	6,15	6,34	5,9	6,41	6,5	6,365	6,24		6,39	6,205	6,42	6,24		6,15	6,5	7	36
6,65	6,14	6,345	5,985	6,425	6,49	6,39	6,24		6,37	6,195	6,46	6,23		6,13	6,49	7	36
6,7	6,105	6,345	6,085	6,45	6,46	6,395	6,255		6,36	6,205	6,44	6,225		6,115	6,46	7	36
6,75	6,045	6,34	6,17	6,465	6,43	6,36	6,285		6,35	6,235	6,36	6,24		6,115	6,465	6	35

RPM	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	MAX	MAP	BTDC
6,8	5,97	6,32	6,21	6,47	6,4	6,31	6,3		6,355	6,285	6,275	6,275		6,14	6,47	6	35
6,85	5,935	6,295	6,14	6,46	6,37	6,28	6,3		6,37	6,335	6,22	6,31		6,165	6,46	6	35
6,9	5,91	6,28	5,98	6,43	6,34	6,27	6,27		6,375	6,365	6,19	6,34		6,19	6,43	6	35
6,95	5,875	6,275	5,82	6,385	6,305	6,3	6,225		6,355	6,33	6,215	6,365		6,18	6,385	6	35
7	5,805	6,275	5,675	6,345	6,275	6,355	6,135		6,31	6,26	6,255	6,38		6,15	6,38	14	43
7,05	5,665	6,27	5,51	6,31	6,255	6,395	5,96		6,265	6,195	6,285	6,37		6,105	6,395	8	37
7,1		6,245	5,305	6,28	6,235	6,405	5,82		6,23		6,255	6,315		6,035	6,405	8	37
7,15		6,2		6,255	6,235	6,365	5,715		6,225		6,175	6,185		5,94	6,365	8	37
7,2		6,135			6,24	6,27	5,63		6,235		6,07	6,035		5,89	6,27	8	37
7,25		6,08			6,235	6,07	5,56		6,25		6,01			5,895	6,25	11	40
7,3		6,045			6,18	5,81	5,505		6,235		6,01			5,94	6,235	11	40
7,35		6,035			6,07	5,735			6,17		6,02			6,01	6,17	11	40
7,4		6,045			5,9	5,745			6,07		6,01			6,085	6,085	16	45
7,45		6,06			5,68	5,82					5,95			6,12	6,12	16	45
7,5		6,01				5,95					5,775			6,035	6,035	16	45
7,55		5,84				6,135					5,4			5,97	6,135	8	37
7,6		5,555				6,31								5,97	6,31	8	37
7,65		5,205				6,315								6,04	6,315	8	37
7,7						6,24								6,145	6,24	8	37
7,75						6,205								6,14	6,205	8	37
7,8						6,215								5,865	6,215	8	37
7,85						6,21								5,445	6,21	8	37
7,9						6,02									6,02	8	37

4.2 PERHITUGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

Tabel 4.2.1. Hasil Uji Jalan

	regulator	Rpm	gasoline (ml)	waktu (s)
	standar	0	4000	30
5000			32	135
6000			33	113
180		4000	26	165
		5000	28	138
		6000	29	113
270	4000	28	167	
	5000	30	136	
	6000	31	113	
diikuti	180	4000	21	166
		5000	25	136
		6000	28	115
	270	4000	25	163
		5000	27	136
		6000	29	113

4.2.1. LAJU KONSUMSI LPG

Percobaan untuk mengetahui laju aliran massa LPG dilakukan dengan memasang instalasi sistem penginjeksian LPG pada motor uji. Dengan alat bantu berupa timbangan digital merek AND tipe EK-300i dan stopwatch, data laju aliran gas diambil dengan variasi bukaan regulator sebesar 180° dan 270°. LPG yang digunakan terdiri dari Propana (4,58%), Butana (83,14%) dan gas lain (12,28%) yang diasumsikan sebagai Etana (10,6%) dan Pentana (78,16%). Massa jenis LPG yang digunakan sebesar:

$$\rho_{LPG} = (10,6\% \cdot \rho_{\text{Propana}}) + (78,16\% \cdot \rho_{\text{Butana}}) + (6,12\% \rho_{\text{Etana}}) + (6,12\% \cdot \rho_{\text{Pentana}})$$

$$\rho_{LPG} = (0.106 \cdot 585) + (0.7816 \cdot 601) + (0.0612 \cdot 572) + (0.0612 \cdot 626)$$

$$\rho_{LPG} = 605.0692 \text{ gr/L}$$

Tabel 4.2.1.1. Laju Aliran LPG

regulator	Laju aliran (gr/s)
180°	0,0001314
270°	0,0002742

$$m_{f \text{ gas}}^{\circ} = \frac{FC \cdot 3600}{\rho_{LPG}} \text{ (L/h)}$$

sehingga didapat nilai FC LPG sebesar:

$$m_{f \text{ gas } 180}^{\circ} = \frac{0,0001314 \times 3600}{605.0692} = 0,000781 \text{ L/h}$$

$$m_{f \text{ gas } 270}^{\circ} = \frac{0,0002742 \times 3600}{605.0692} = 0,001631 \text{ L/h}$$

4.2.2. LAJU KONSUMSI BENSIN

$$m_{f \text{ bensin}}^{\circ} = \frac{ml}{s} \times \frac{3600}{1000} \text{ (L/h)}$$

sehingga

$$m_{f \text{ bensin TANPA LPG}}^{\circ} = \frac{32}{135} \times \frac{3600}{1000} = 0,853333333 \text{ L/h}$$

Tabel 4.2.2.1. Laju Konsumsi Bensin

	regulator	rpm	laju aliran bensin (L/h)
	0	4000	0,617142857
		5000	0,853333333
		6000	1,051327434
Standar	180	4000	0,567272727
		5000	0,730434783
		6000	0,923893805
	270	4000	0,603592814
		5000	0,794117647
		6000	0,987610619
re-map	180	4000	0,455421687
		5000	0,661764706
		6000	0,876521739
	270	4000	0,552147239
		5000	0,714705882
		6000	0,923893805

4.2.3. LAJU KONSUMSI BAHAN BAKAR CAMPURAN

$$m_f = \frac{m_{f_{bensin}} \times \rho_{bensin}}{3600 \times 1000} + \frac{m_{f_{LPG}} \times \rho_{LPG}}{3600 \times 1000}$$

Tabel 4.2.3.1. Laju Konsumsi Bahan Bakar Campuran

	regulator	rpm	Laju Aliran
	0	4000	0,000127
		5000	0,000176
		6000	0,000217
Standar	180	4000	0,000112
		5000	0,000148
		6000	0,000194
	270	4000	0,000114
		5000	0,000148
		6000	0,000184
re-map	180	4000	0,000101
		5000	0,000134
		6000	0,000177
	270	4000	0,000132
		5000	0,000159
		6000	0,000172

4.3 PERHITUNGAN AKSELERASI

Proses pengambilan data akselerasi sepeda motor dilakukan dengan melakukan uji percepatan sepeda motor roda dua dengan jarak 300 m. Data diambil pada kondisi motor tanpa penambahan LPG, dengan penambahan LPG pada variasi bukaan regulator dan dengan penambahan LPG pada variasi bukaan regulator pada waktu penyalaan yang telah diubah.

Tabel 4.3.1. Waktu Akselerasi

	regulator	waktu (s)
Standar	0	17,5
	180	17,7
	270	19
Remap	90	16,8
	180	16,4
	270	16,6

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 ANALISIS PRESTASI MESIN

Pada sub bab ini hal yang ditampilkan dan dibahas merupakan hasil dari pengujian *dyno test*, *gas analyzer*, dan tes jalan. Dari hasil pengujian dengan *dyno test* semua grafik yang ditampilkan merupakan trendline dari kumpulan data-data. Data yang didapat dari pengujian ini adalah BHP, torsi, AFR (*Air/Fuel Ratio*). Hasil uji dengan *gas analyzer* guna mengetahui hasil emisi dari mesin. Untuk *road test* hasil merupakan konsumsi bahan bakar motor. Bahasan penulis dalam sub bab ini hanya tidak mencakup torsi karena penulis tidak melakukan uji *dyno test* kembali setelah dilakukan proses *re-map*. Uji BHP ditampilkan dan dibahas karena penulis ingin memperlihatkan perbedaannya.

5.1.1. ANALISIS PERBANDINGAN BHP DAN TORSI

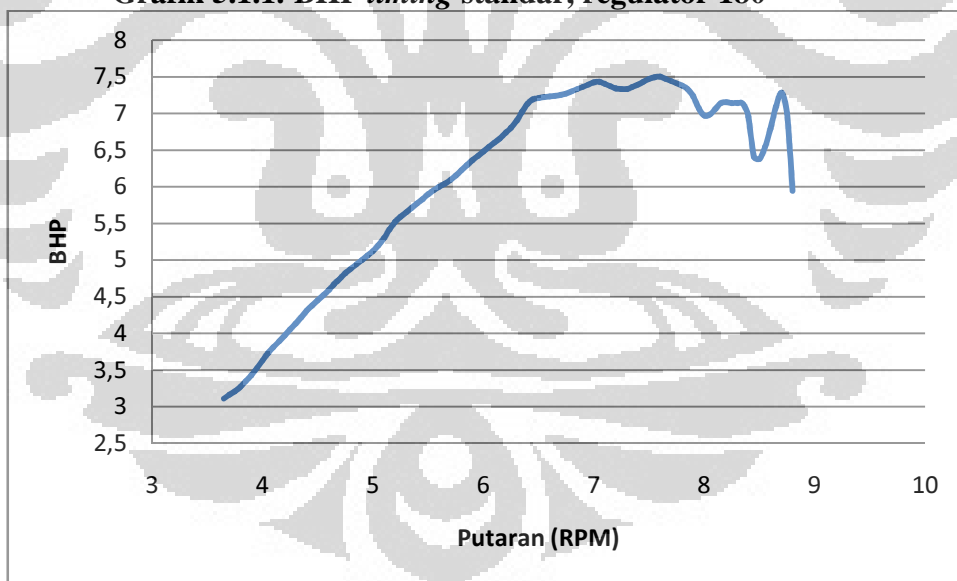
Hasil perhitungan yang dihasilkan oleh dinamometer berupa BHP (*Brake Horse Power*) yang merupakan perhitungan daya kuda yang dikeluarkan oleh roda terhadap roller dinamometer. BHP adalah daya kuda yang dihasilkan oleh mesin setelah dikurangi kerugian (*loses*) yang terjadi dalam penyaluran daya, baik berupa panas maupun juga yang disebabkan oleh gesekan-gesekan pada mesin, gear box, dan roda pada *roller* dinamometer. Dengan bantuan software, penulis dapat membagi set data dari setiap uji *dyno test* ini dalam setiap penambahan 50 RPM.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya, nilai BHP dan torsi dapat meningkat saat penambahan LPG. Hal ini disebabkan karena adanya tambahan energi yang berasal dari gas LPG kedalam ruang bakar. Selain itu nilai oktan pada gas LPG lebih tinggi dibandingkan dengan bensin, sehingga campuran gas dan udara yang masuk dapat terbakar dengan mudah. Terbakarnya udara dan LPG membantu pembakaran yang lebih baik dengan meningkatkan cepat rambat api

pada ruang bakar. Keuntungan lain yang didapat adalah meningkatnya kualitas emisi yang dihasilkan.

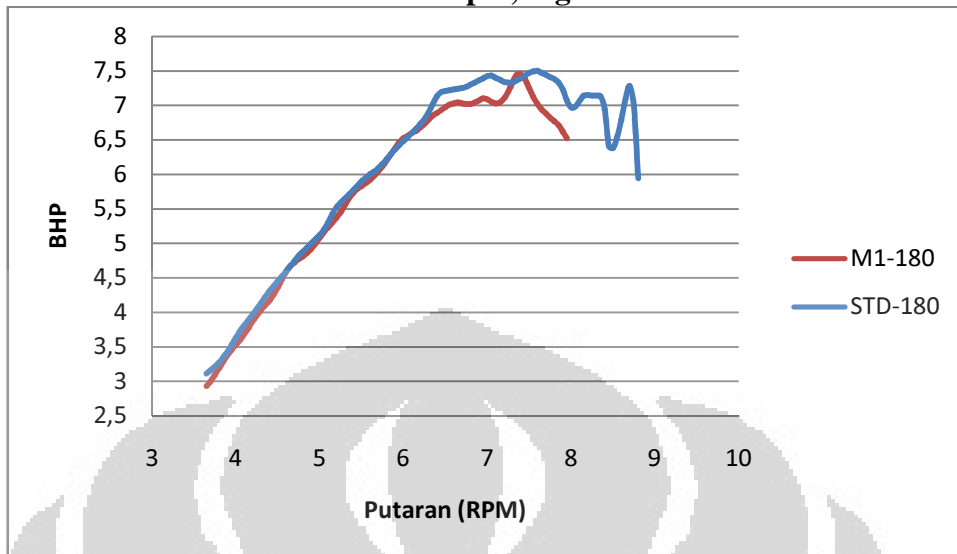
Dengan penambahan gas LPG (*liquified Petroleum Gas*) AFR (*Air Fuel Ratio*) yang masuk kedalam ruang bakar akan menjadi lebih *rich*. Hal ini dikarenakan tidak ada pengaturan untuk mengurangi masuknya bahan bakar minyak. Sehingga, dengan ditambahkan gas LPG maka udara yang semula berupa udara bebas berkurang dan diisi dengan gas LPG. Dan, dengan penambahan gas LPG yang memiliki karakteristik lebih mudah terbakar dari pada bahan bakar minyak maka perlu adanya pengaturan tambahan guna menghilangkan fenomena *knocking*. *Knocking* yang kerap terjadi dikarenakan pengaturan *timing* pembakaran standar diperhitungkan untuk bahan bakar minyak. Oleh karena itu, dibentuklah pengaturan *timing* pembakaran yang baru agar pembakaran sesuai dengan karakteristik dari gas LPG. Dan, dengan upaya ini akan meningkatkan BHP, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan memperbaiki emisi gas buang.

Grafik 5.1.1. BHP *timing* standar, regulator 180°



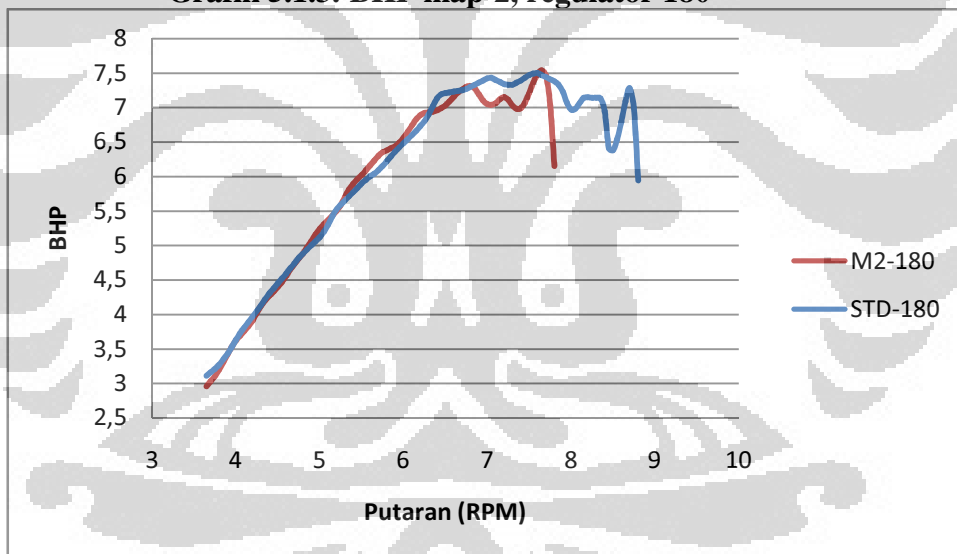
Pada **grafik 5.1.1** terlihat adanya penurunan tenaga setelah melewati putaran 8000 RPM kemudian naik kembali seiring mendekati putaran 9000 RPM. Ketidakstabilan ini diakibatkan karena adanya fenomena *knocking* yang terjadi. Dari hasil *dyno test* ini terlihat dibutuhkan pengaturan waktu penyalaan yang baru.

Grafik 5.1.2. BHP map-1, regulator 180°



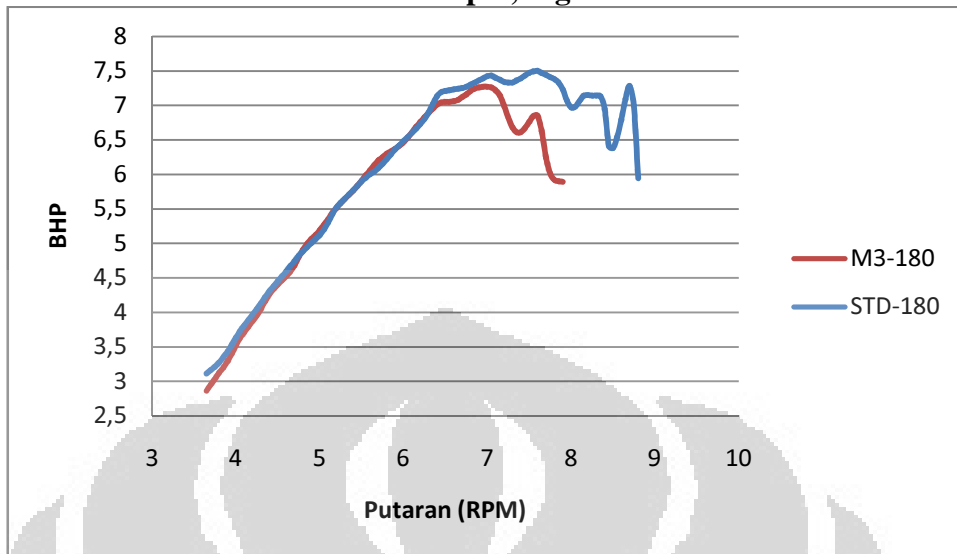
Perubahan *timing* pada *map* ini menunjukkan penurunan BHP.

Grafik 5.1.3. BHP map-2, regulator 180°



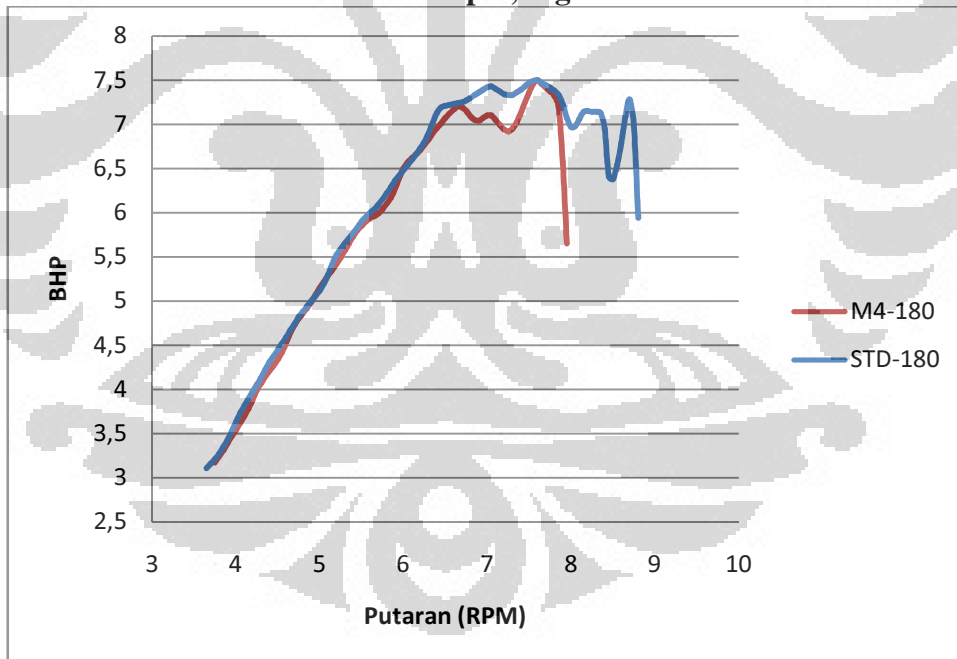
Pada *timing* ini mulai terdapat peningkatan BHP pada putaran 5500 RPM sampai putaran 6500 RPM

Grafik 5.1.4. BHP map-3, regulator 180°

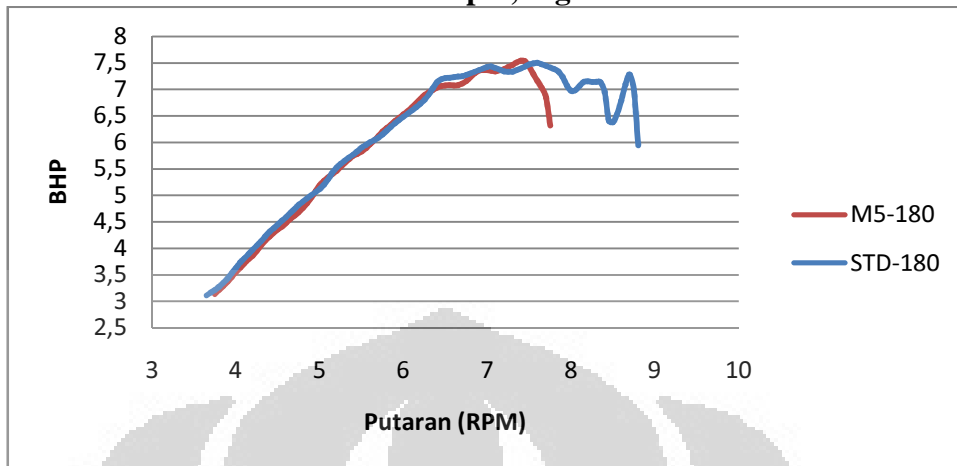


Pada *timing* ini terlihat perbedaan BHP yang menunjukkan penurunan pada putaran atas (diatas 6500 RPM)

Grafik 5.1.5. BHP map-4, regulator 180°

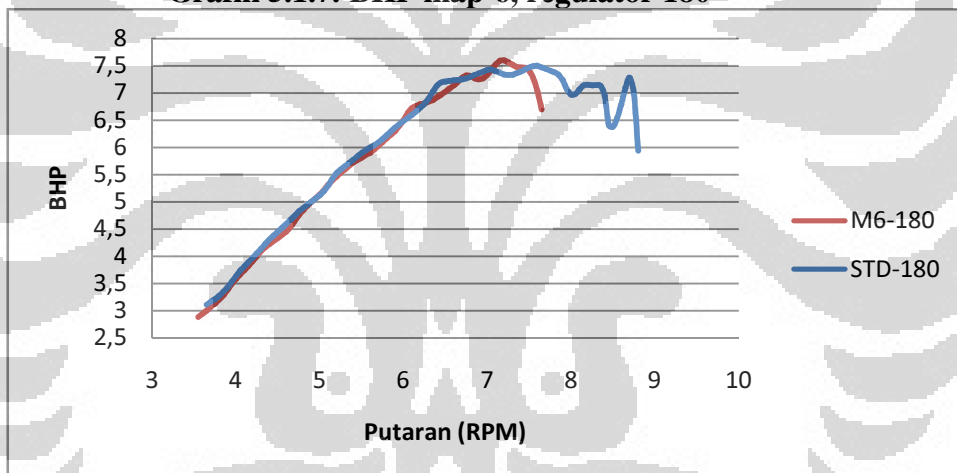


Grafik 5.1.6. BHP map-5, regulator 180°

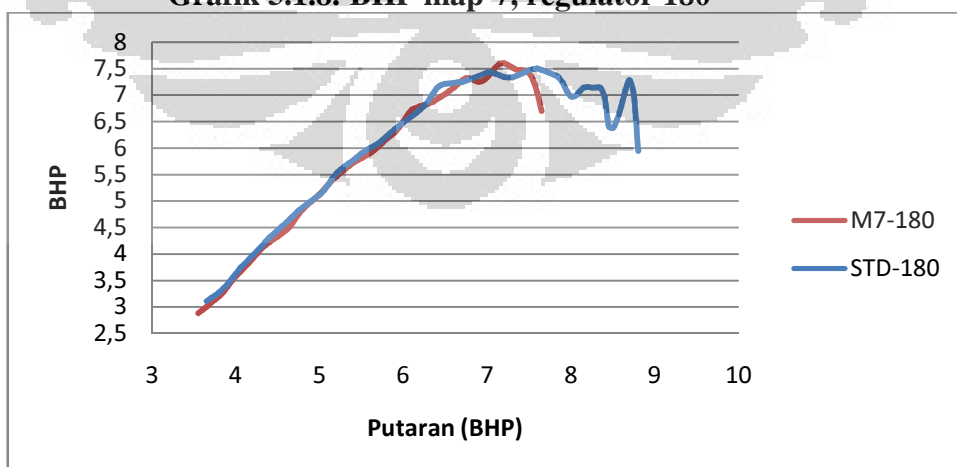


Pada *timing* ini ada peningkatan BHP pada putaran 7200 RPM

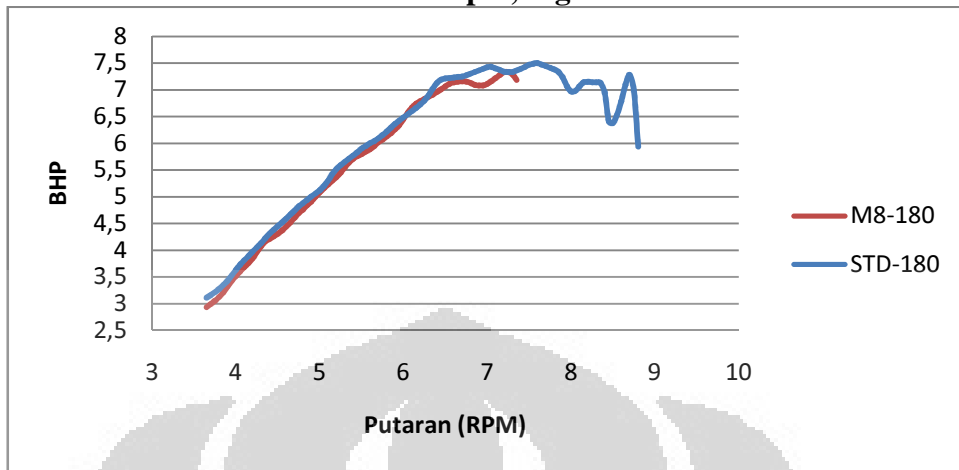
Grafik 5.1.7. BHP map-6, regulator 180°



Grafik 5.1.8. BHP map-7, regulator 180°

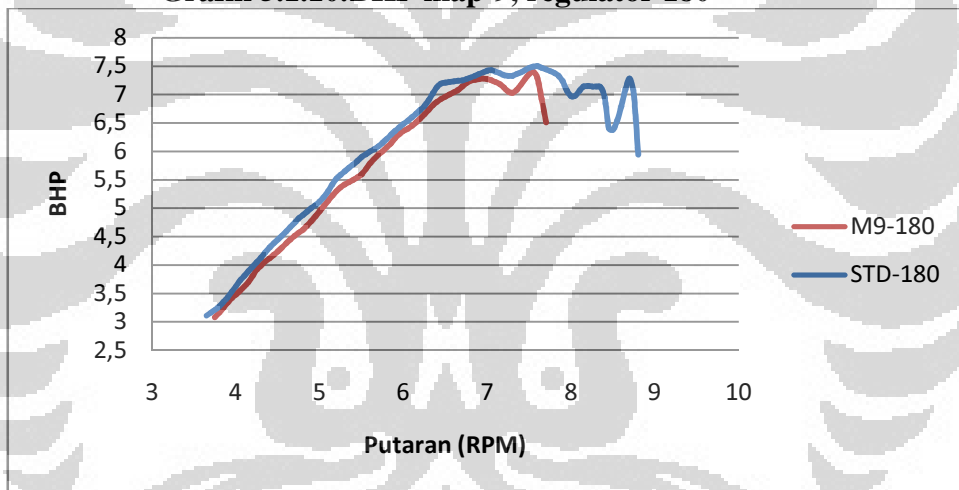


Grafik 5.1.9. BHP map-8, regulator 180°

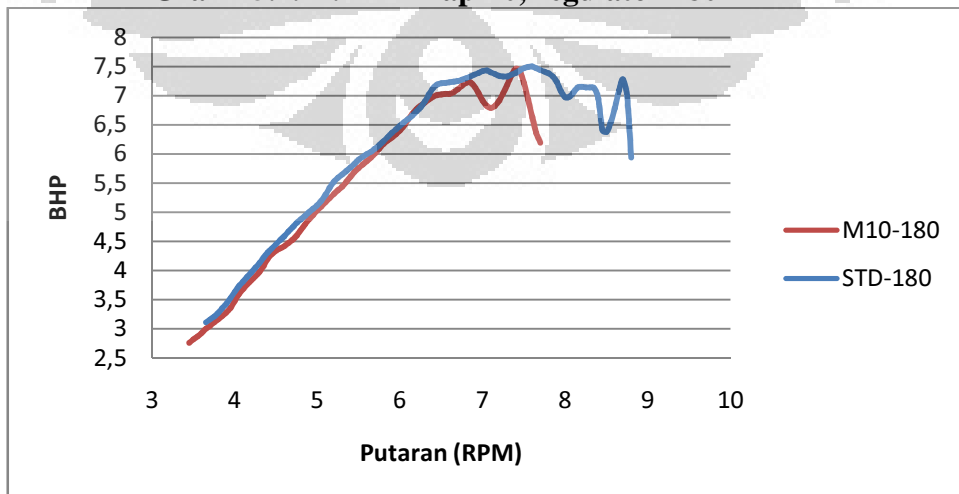


Pada *timing* ini tidak terdapat peningkatan BHP

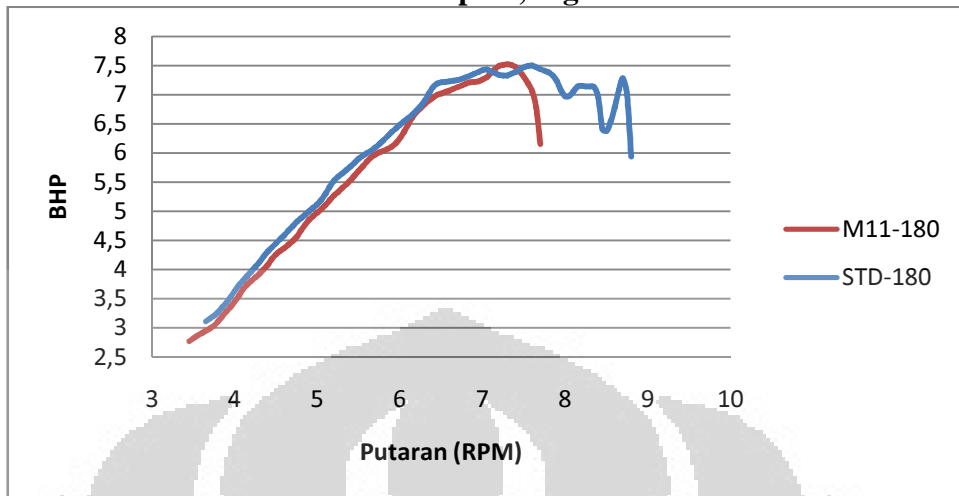
Grafik 5.1.10. BHP map-9, regulator 180°



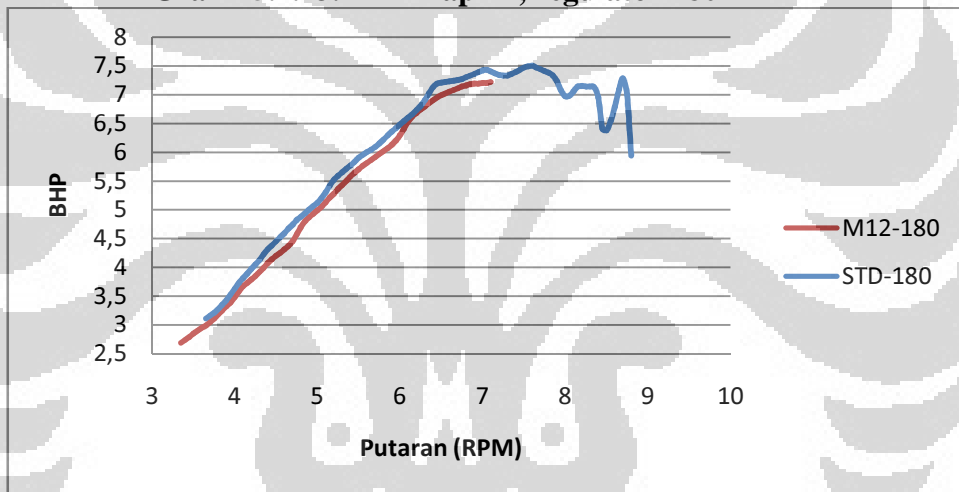
Grafik 5.1.11. BHP map-10, regulator 180°



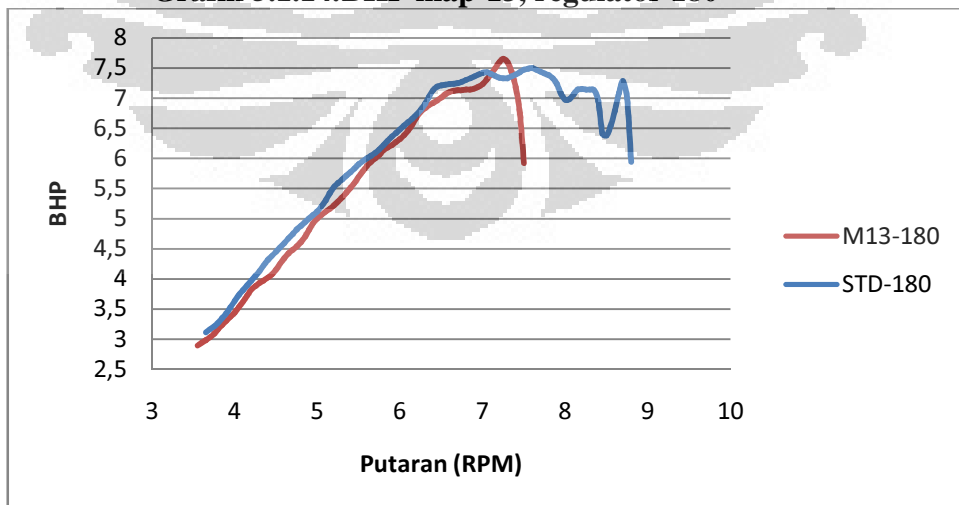
Grafik 5.1.12.BHP map-11, regulator 180°



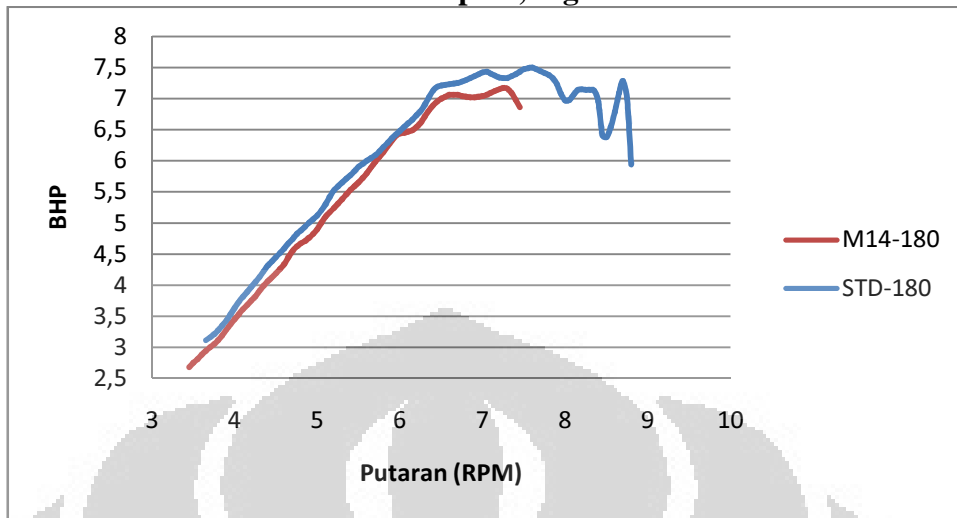
Grafik 5.1.13.BHP map-12, regulator 180°



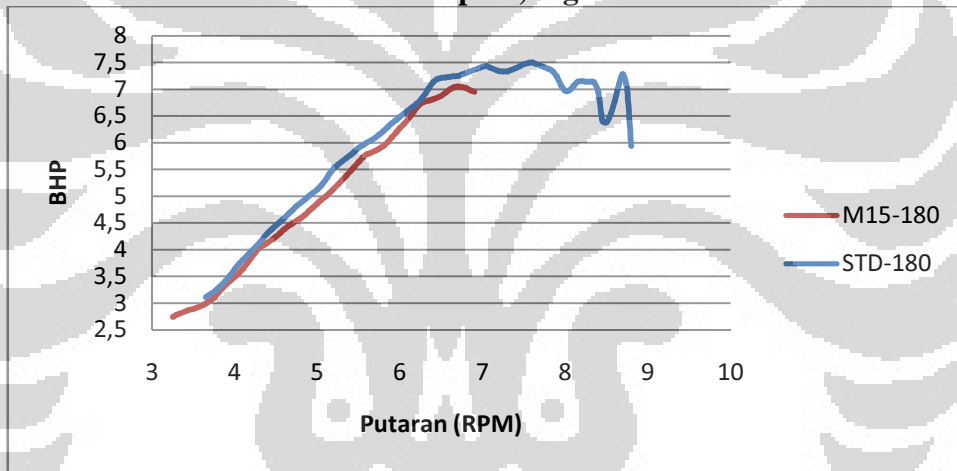
Grafik 5.1.14.BHP map-13, regulator 180°



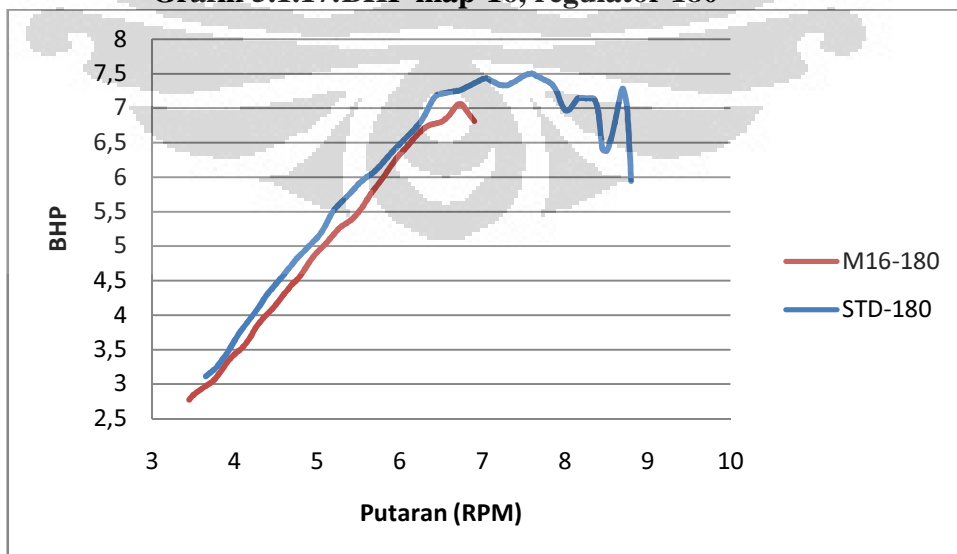
Grafik 5.1.15.BHP map-14, regulator 180°



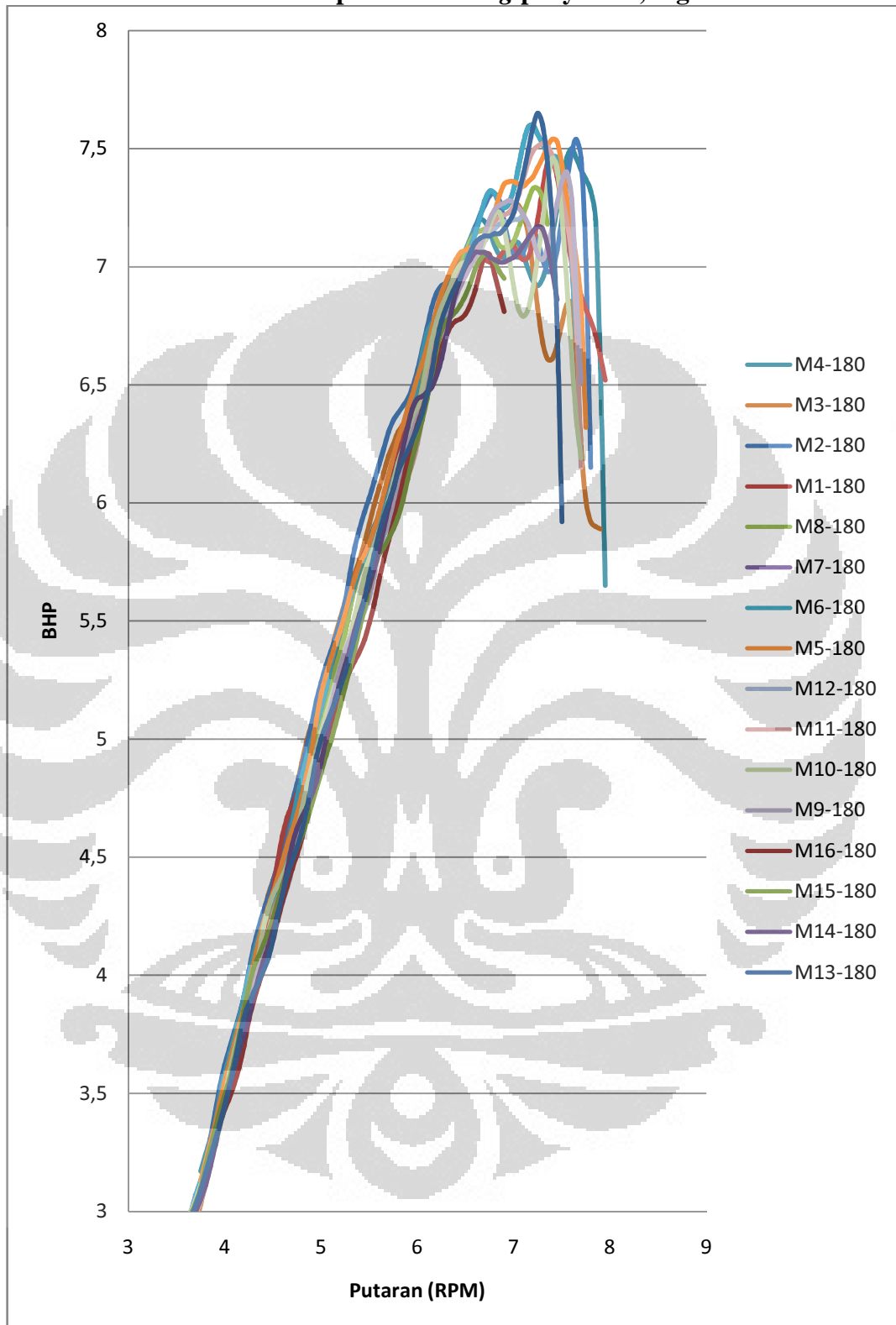
Grafik 5.1.16.BHP map-15, regulator 180°



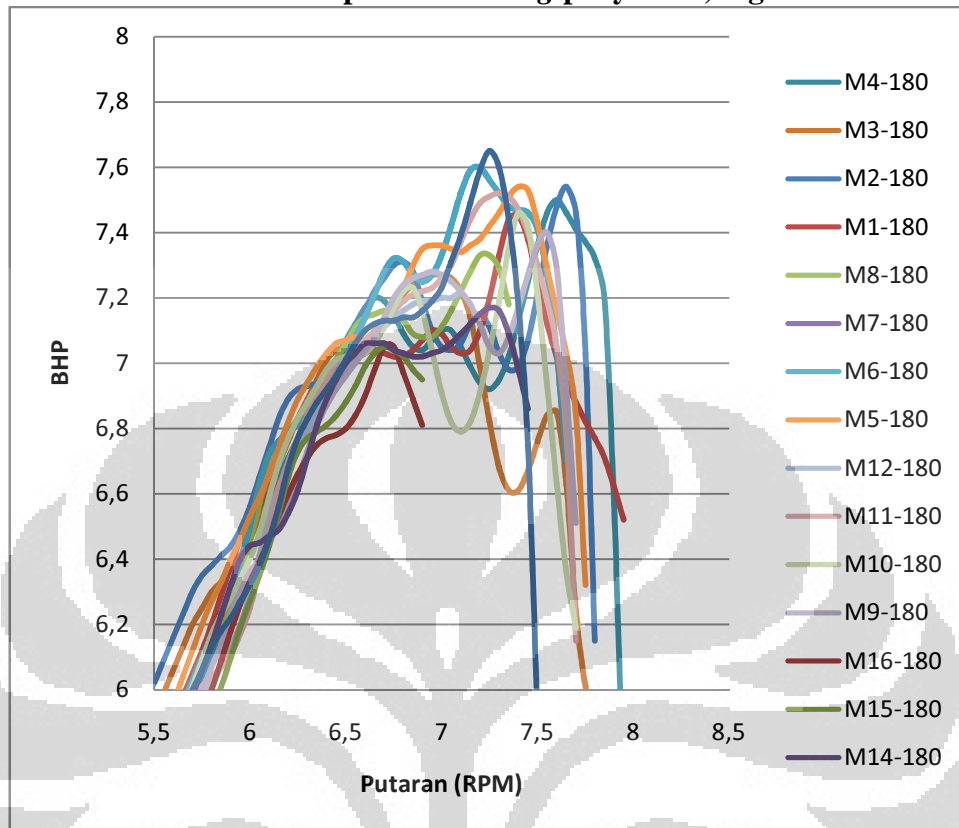
Grafik 5.1.17.BHP map-16, regulator 180°



Grafik 5.1.18. BHP dari setiap variasi *timing* penyalan, regulator 180°

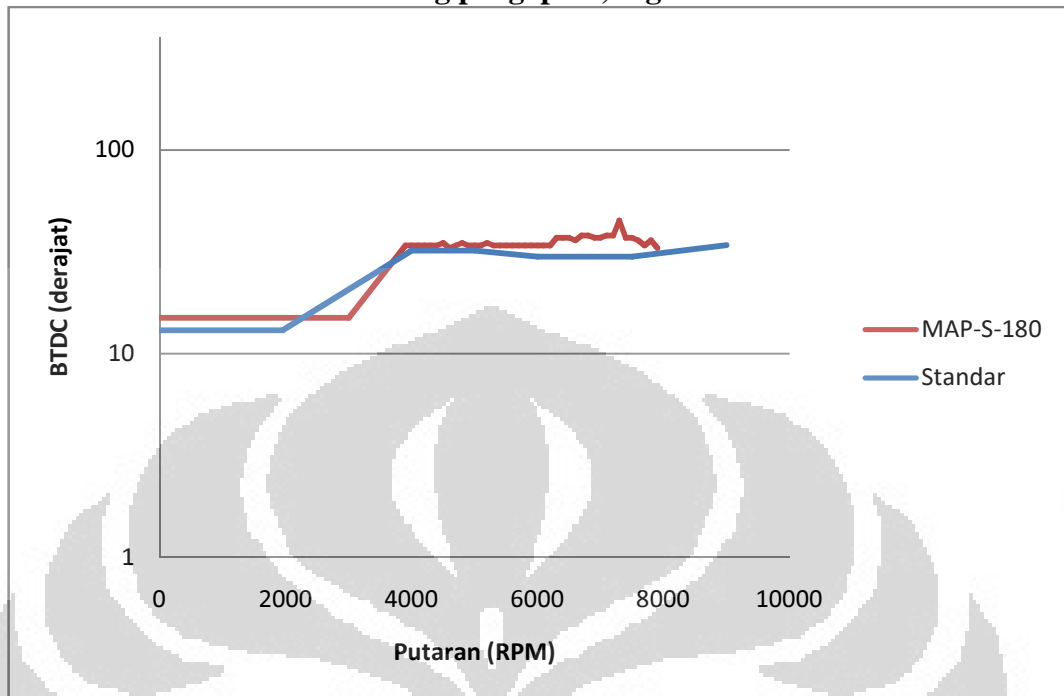


Grafik 5.1.19. BHP dari setiap variasi *timing* penyalan, regulator 180°-2



Pada **grafik 5.1.18** dan **grafik 5.1.19** terlihat ketidakstabilan. Misal, pada *timing* M3-180 memiliki nilai BHP tertinggi pada putaran 6500 RPM. Namun, pada putaran 7000 RPM *timing* M6-180 memiliki nilai BHP tertinggi. Ketidakstabilan ini juga berdampak putaran maksimal hanya sampai putaran 8000 RPM. Dari hasil uji *dyno test* yang telah dilakukan. Peningkatan BHP hampir tidak ada. Peningkatan terbesar hanya mencapai 0,5 HP. Dari setiap seri *mapping* yang telah dilakukan, tidak ada perbedaan yang menunjukkan perbedaan BHP. Yang tampak hanya perbedaan titik puncak. Perbedaan titik puncak disetiap putaran ini yang dijadikan dasar untuk menentukan *ignition timing* yang baru.

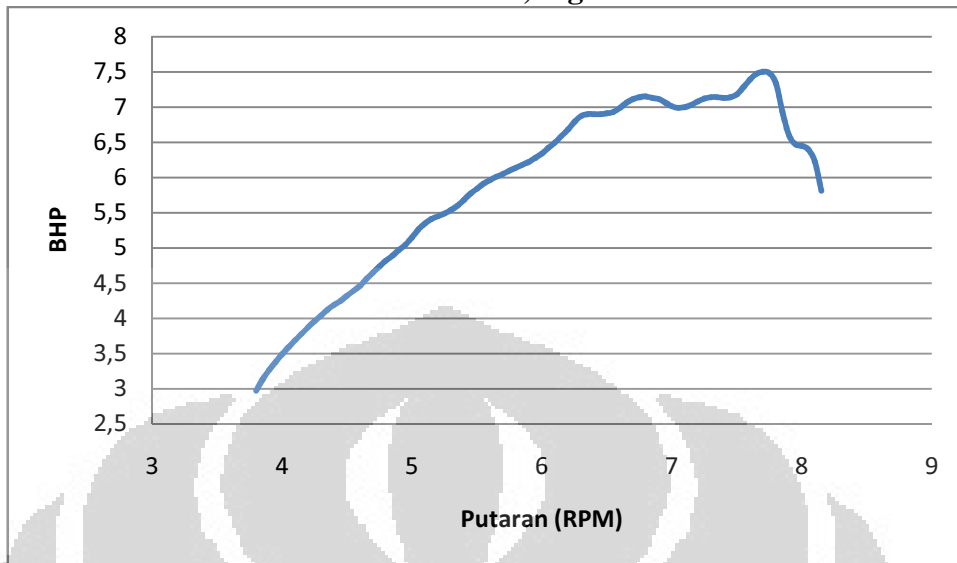
Grafik 5.1.20. Timing pengapian, regulator 180°



Setelah dilakukan analisa terhadap ke 16 grafik BHP dari setiap variasi *timing*, dibentuklah *mapping* waktu penyalaan yang baru. **Grafik 5.1.19** menunjukkan perbedaan tersebut.

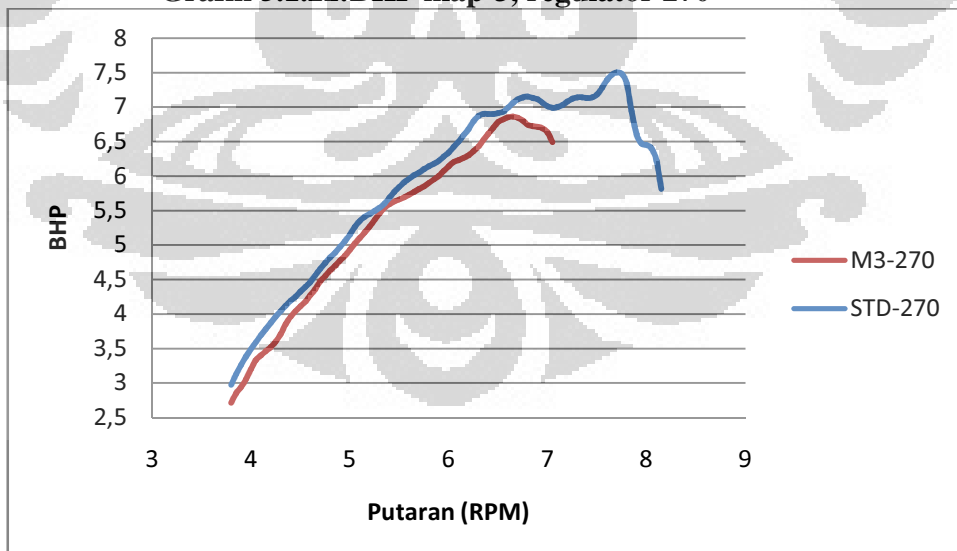
Waktu penyalaan yang baru berkisar di 35° sebelum titik mati atas dilihat setelah putaran 3900 RPM. Pemunduran waktu timing rata-rata 3° dari waktu penyalaan standar. Dengan *mapping* yang baru ini fenomena *knocking* pada mesin setelah ditambahkan LPG pada bukaan regulator 180° dikurangi. Hal ini akan dikudung pada pembahasan analisa gas buang.

Grafik 5.1.21. BHP standar, regulator 270°



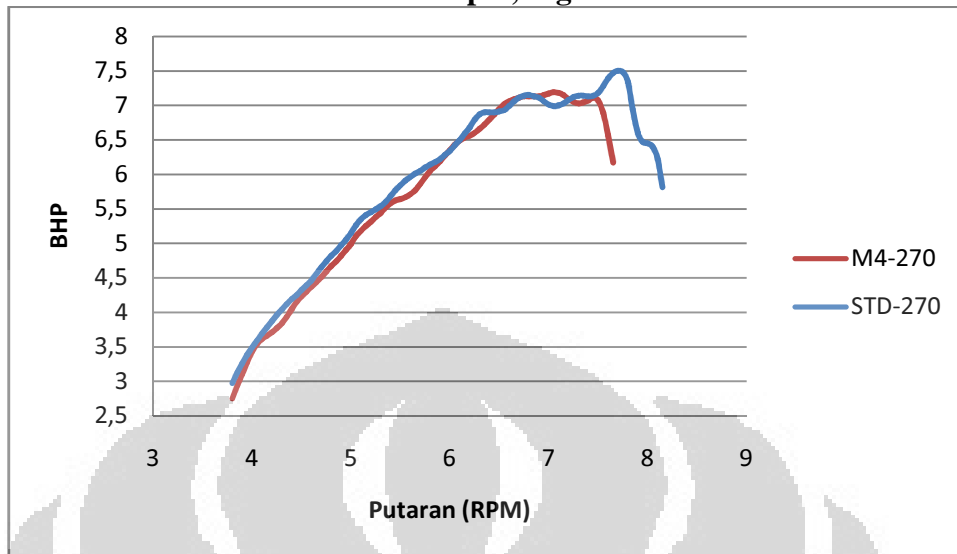
Pada saat pengujian *dyno test*, penulis mengamati banyak terjadinya *knocking*. Sekali lagi, saat penulis membandingkan dengan keadaan standar tanpa menggunakan LPG. Perubahan tidak lebih dari 0,5 HP. Hal ini dapat disebabkan *knocking* yang membuat tenaga yang seharusnya dan menurut hipotesis dapat meningkat lebih tidak tampak. Catatan, semua uji *dyno test* dilakukan sebanyak 3 kali guna meminimalisir kesalahan manusia yang mungkin terjadi saat pengujian.

Grafik 5.1.22. BHP map-3, regulator 270°



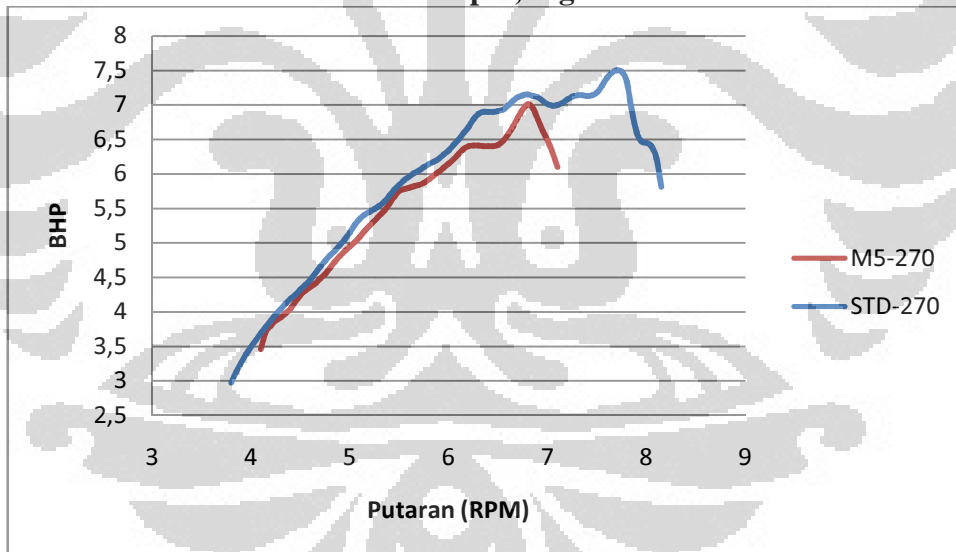
Hasil **grafik 5.1.22** telah menunjukkan kestabilan, tetapi BHP maksimal turun hingga 0,64 HP.

Grafik 5.1.23. BHP map-4, regulator 270°



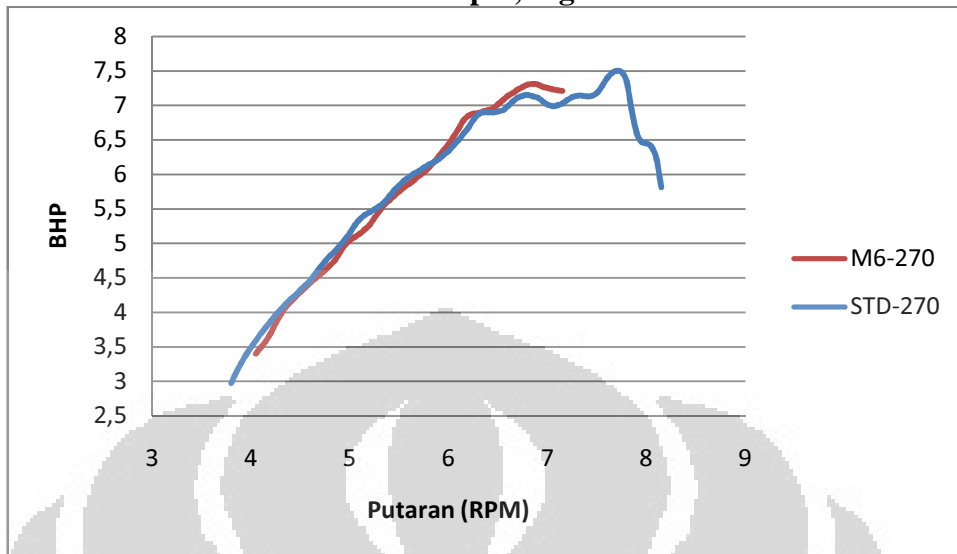
Pada grafik diatas, *timing* M4-180 masih berada dibawah STD-270. Namun, peningkatan BHP ada di putaran 7000 RPM sebesar 0,18 HP.

Grafik 5.1.24. BHP map-5, regulator 270°



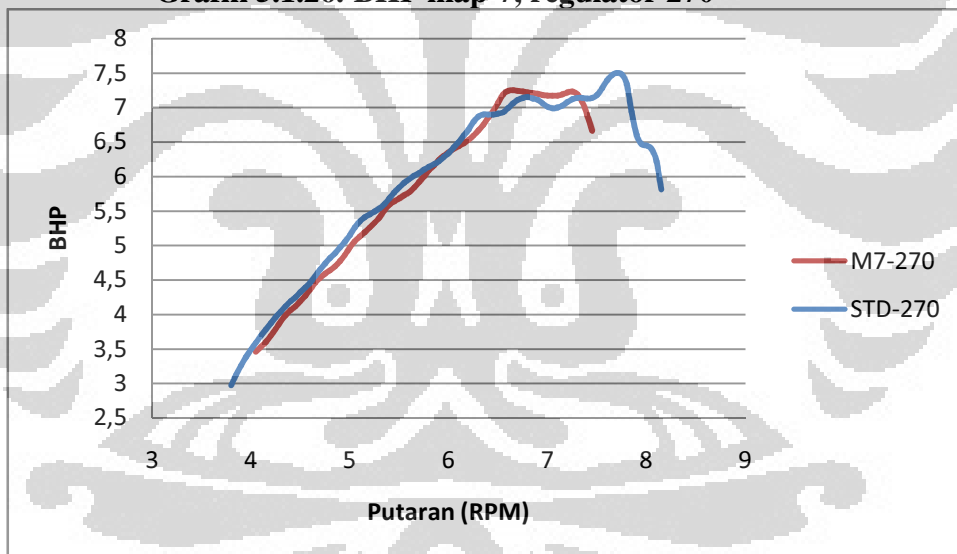
Pada *timing* ini, grafik menunjukkan tidak adanya peningkatan disetiap titik putaran.

Grafik 5.1.25. BHP map-6, regulator 270°



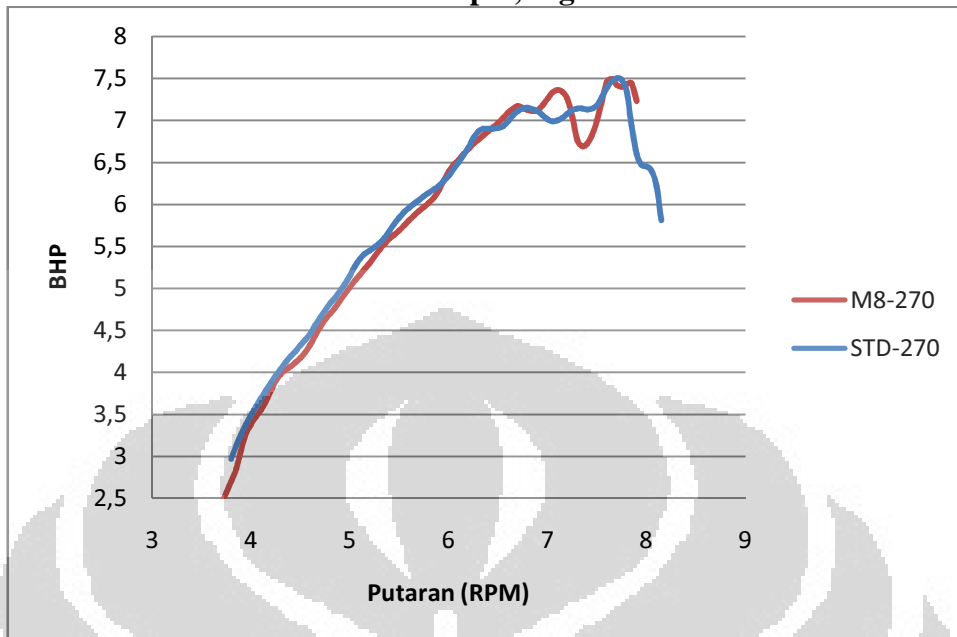
Peningkatan BHP ada pada putaran 6850 RPM sebesar 0,28 HP.

Grafik 5.1.26. BHP map-7, regulator 270°



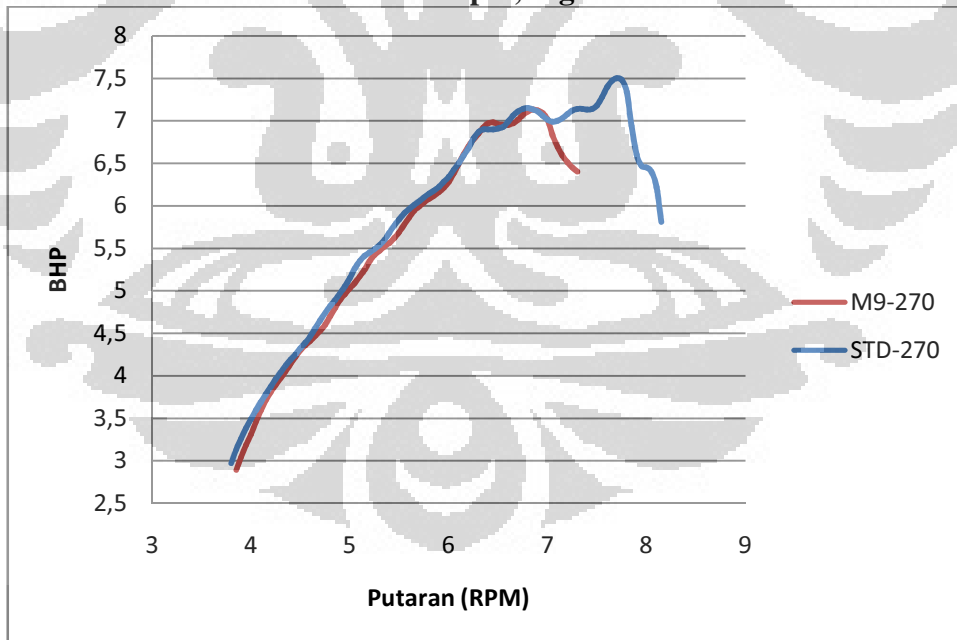
Peningkatan BHP tertinggi ada pada putaran 6650 RPM sebesar 0,19 HP

Grafik 5.1.27. BHP map-8, regulator 270°



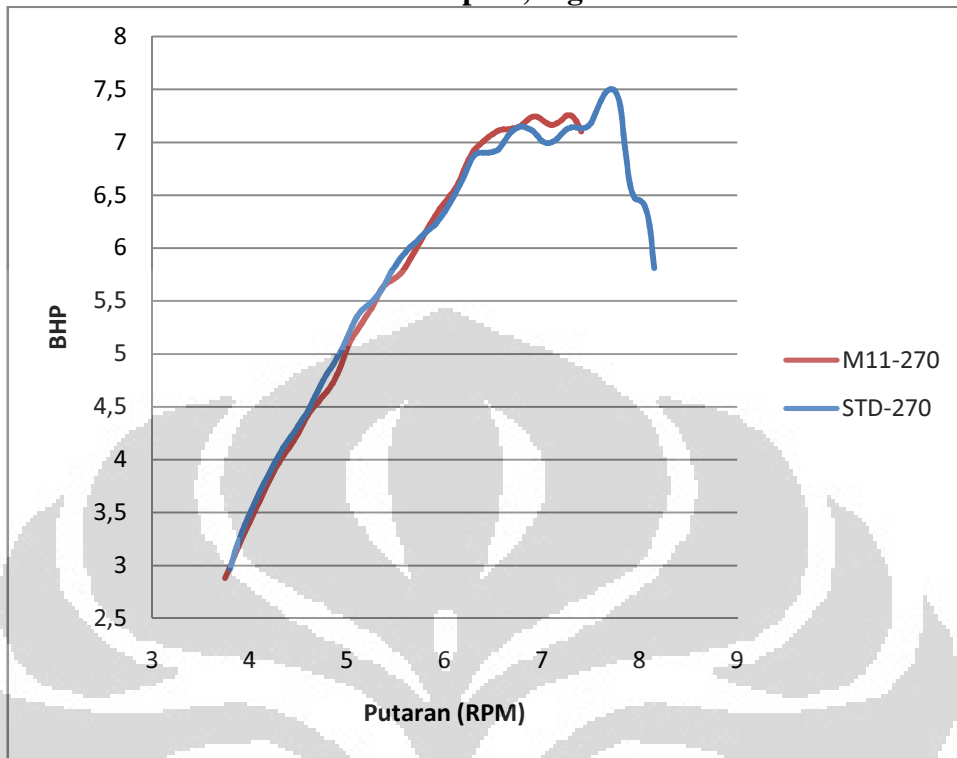
Pada *timing* M8-270 kembali terlihat ketidakstabilan, namun putaran maksimal sudah melewati putaran 8000 RPM.

Grafik 5.1.28. BHP map-9, regulator 270°

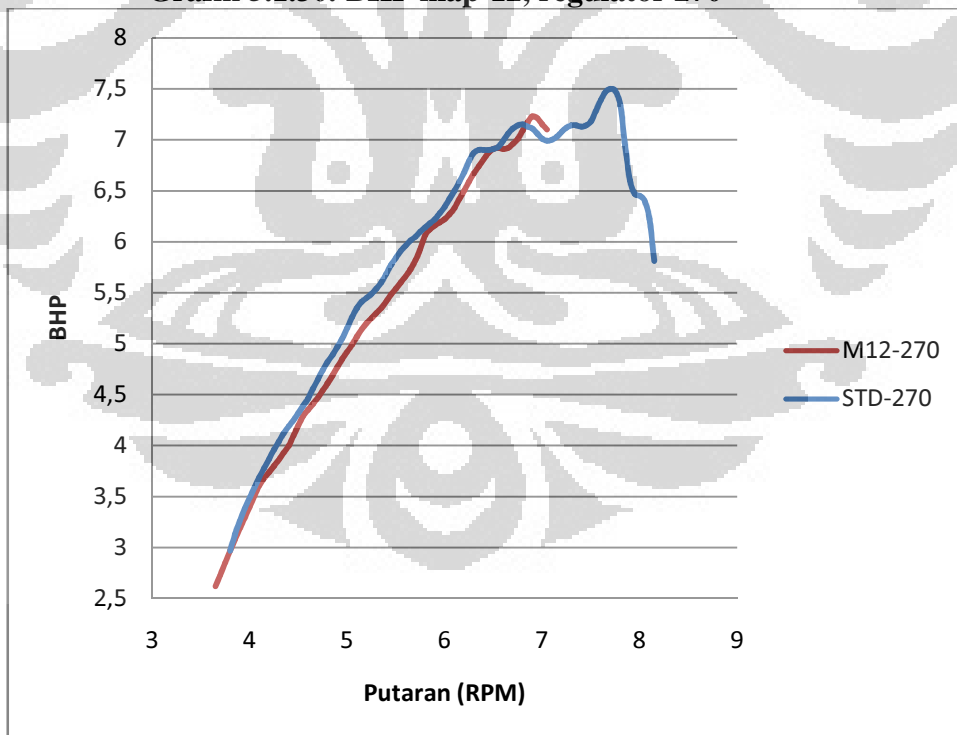


Tidak ada titik yang ditunjukkan oleh **grafik 5.1.28** yang melebihi pengaturan waktu pengapian standar.

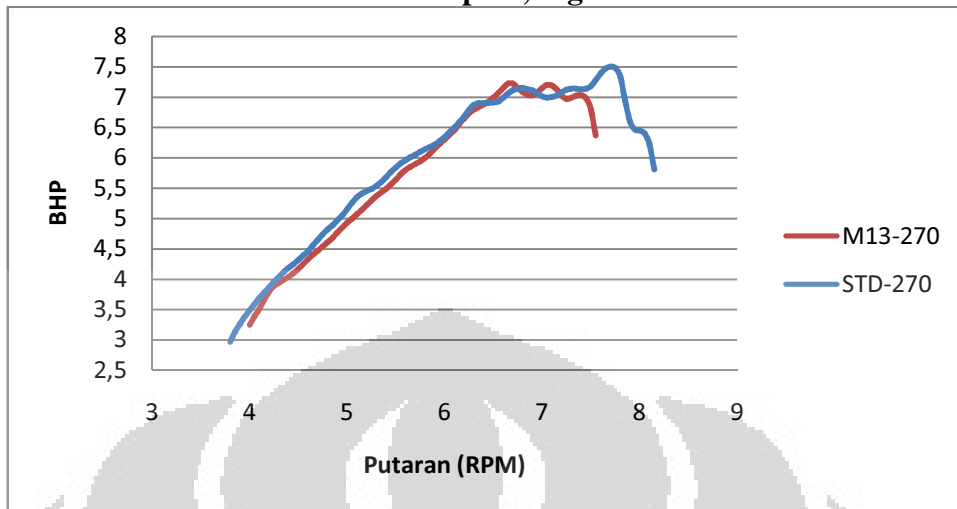
Grafik 5.1.29. BHP map-11, regulator 270°



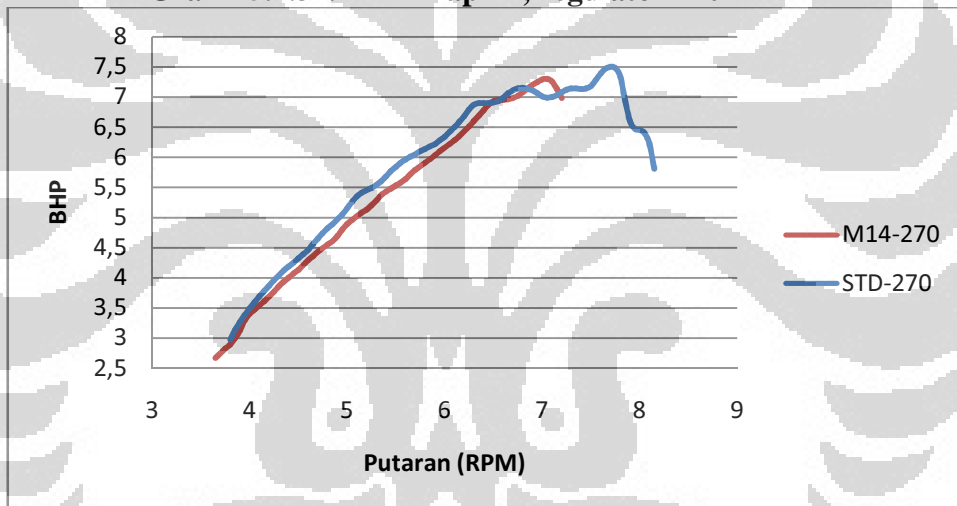
Grafik 5.1.30. BHP map-12, regulator 270°



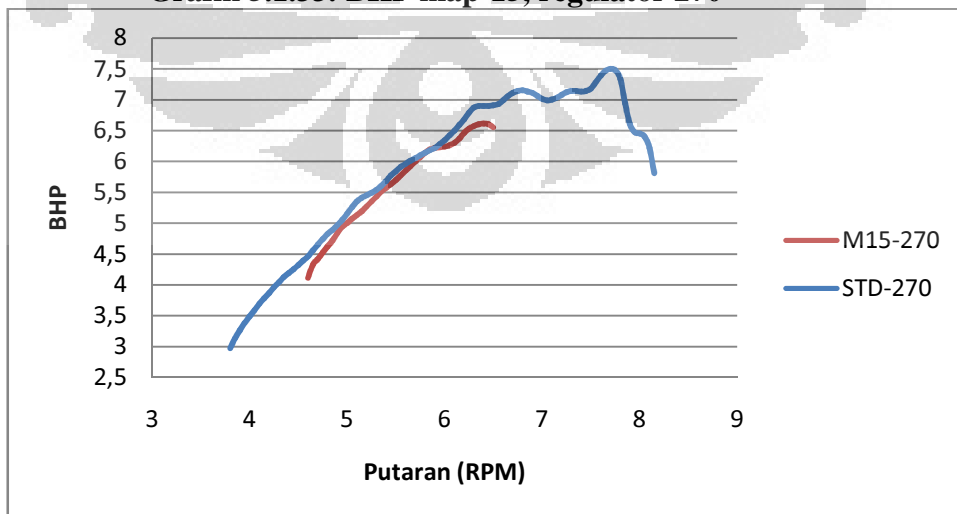
Grafik 5.1.31. BHP map-13, regulator 270°



Grafik 5.1.32. BHP map-14, regulator 270°

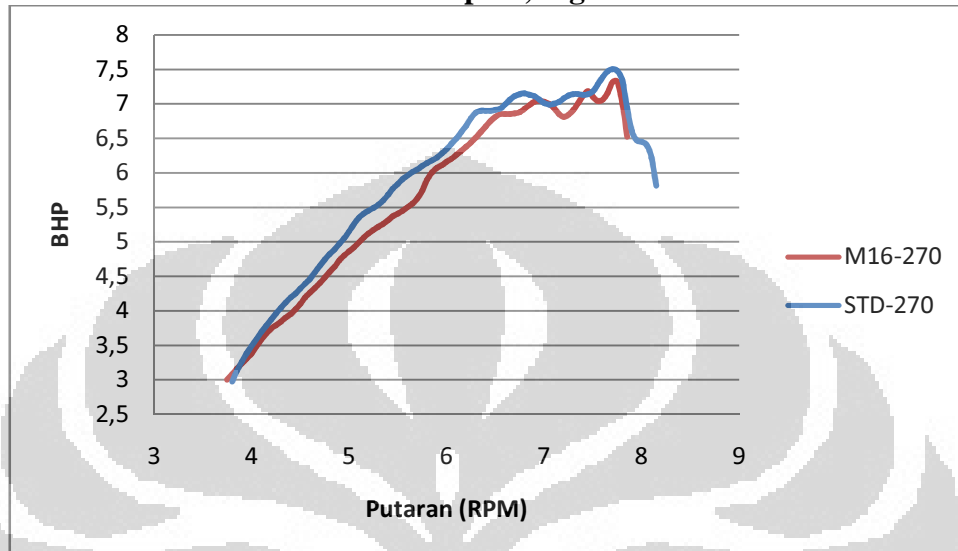


Grafik 5.1.33. BHP map-15, regulator 270°



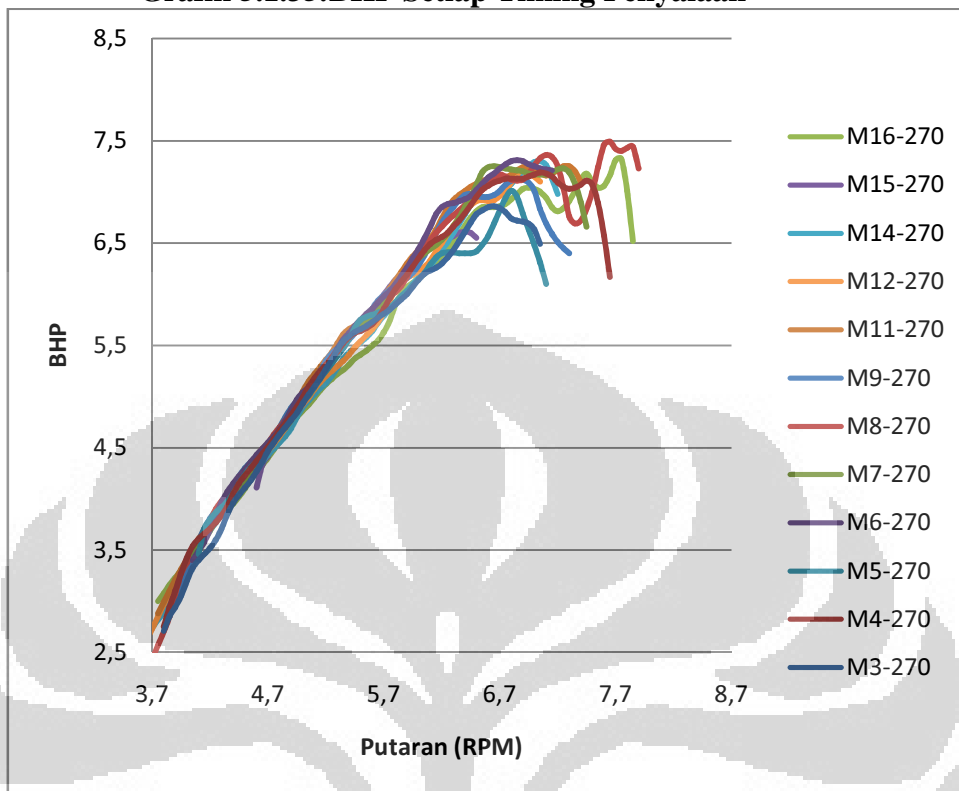
Pada **grafik 5.1.33** menunjukkan *timing* M5-270 berdampak buruk pada mesin.

Grafik 5.1.34. BHP map-16, regulator 270°

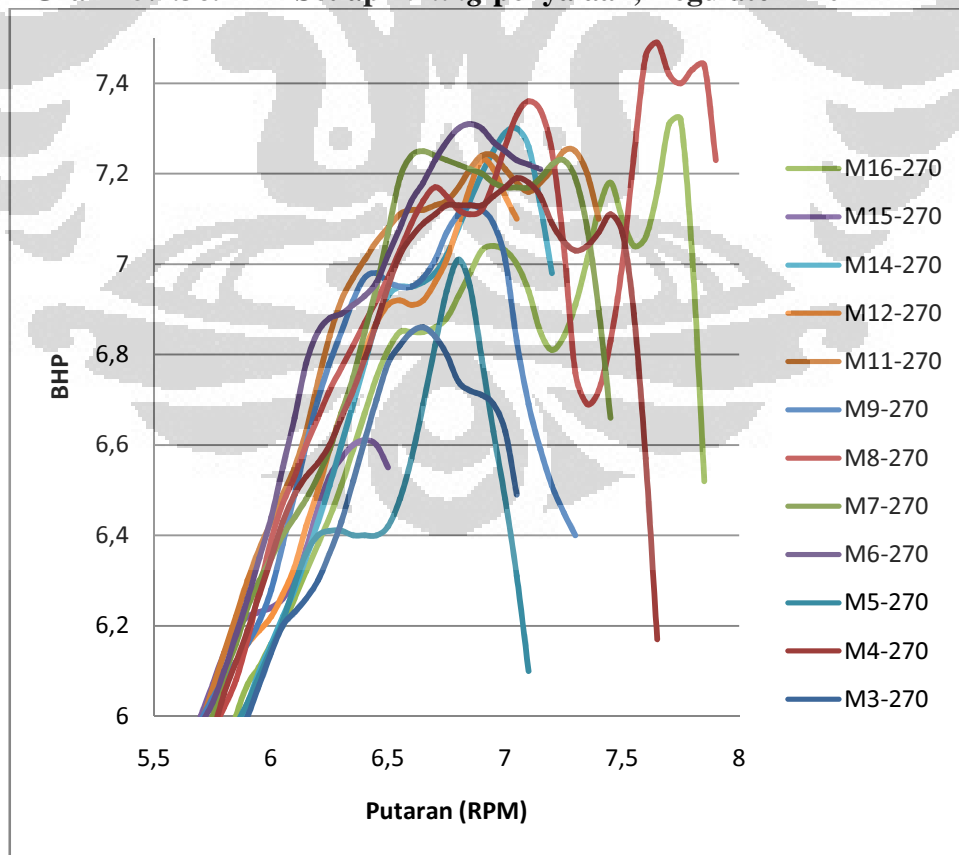


Dari grafik-grafik diatas terlihat, tidak ada peningkatan BHP. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian *dyno test* kembali dengan menggunakan *timing* yang baru, guna memperlihatkan peningkatan BHP yang sesungguhnya.

Grafik 5.1.35. BHP Setiap Timing Penyalan

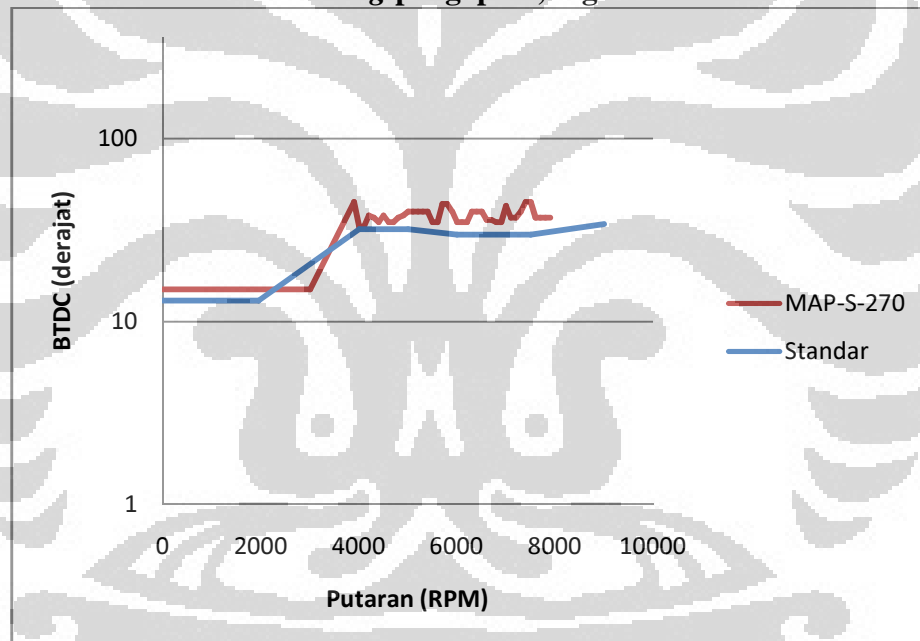


Grafik 5.1.36. BHP Setiap Timing penyalan, Regulator 270°



Sama halnya dengan bukaan regulator 180°, pada regulator 270° pun juga terdapat ketidakstabilan yang ditunjukkan pada grafik-grafik BHP diatas. Bahkan, pada bukaan regulator ini, proses pengambilan data lebih sulit, karena masalah ketidakstabilan ini. Contoh nya ada pada **grafik 5.1.31**, proses pengambilan data oleh mesin dynojet baru bisa didapatkan setelah putaran mencapai 4600 RPM. Walaupun tenaga maksimal dapat tercapai lebih cepat dibanding dengan bukaan regulator 180°. BHP maksimal tidaklah memuaskan. Tidak ada perubahan yang cukup signifikan. Hal ini adalah kesimpulan sebelum diubahnya *timing* pengapian. Cara penentuan *timing* pengapian sama dengan cara sebelum nya, yaitu pada bukaan regulator 180°.

Grafik 5.1.37. Timing pengapian, regulator 270°



Setelah dilakukan analisa terhadap ke 16 grafik BHP dari setiap variasi *timing*, dibentuklah *mapping* waktu penyalaan yang baru. **Grafik 5.1.34** menunjukkan perbedaan tersebut.

Waktu penyalaan yang baru berkisar di 35° sebelum titik mati atas dilihat setelah putaran 3900 RPM. Pemunduran waktu *timing* rata-rata 5° dari waktu penyalaan standar. Setelah dirubah dan digunakan *ignition timing* yang baru fenomena *knocking* dapat dikurangi.

5.2 ANALISA KONSUMSI BAHAN BAKAR

Tabel 5.2.1. Penghematan Bahan Bakar Bensin antara penggunaan LPG dengan penggunaan LPG setelah *re-map*

regulator	RPM	persentase	
180	4000	19,71733078	11,41534
	5000	9,401260537	
	6000	5,127436264	
270	4000	8,523225228	8,324946
	5000	10,00000004	
	6000	6,45161289	

Tabel 5.2.2. Penghematan Bahan Bakar Bensin antara tanpa penggunaan LPG dengan penggunaan LPG setelah *re-map*

regulator	persentase	
180	26,20481922	21,76047
	22,44944849	
	16,62714102	
270	10,53169736	12,9661
	16,24540442	
	12,12121218	

Penghematan bahan bakar tertinggi ada pada regulator 180°. Penghematan bahan bakar mencapai angka 11,41534 %. Ini merupakan perbandingan antara pemakaian LPG dengan *re-map* terhadap pemakaian LPG sebelum dilakukan *re-map*. Dari hasil uji jalan tersebut terlihat dampak positif dari pemunduran *timing* penyalaan. Penurunan konsumsi bahan bakar minyak seperti yang tertera pada **tabel 5.2.1** menunjukkan peningkatan efisiensi pembakaran. Penyempurnaan pada proses pembakaran berdampak meningkatnya performa dari mesin. Dengan

meningkatnya performa ini, maka dibutuhkan lebih sedikit bahan bakar guna mencapai putaran atau kecepatan tertentu. Hal inilah yang menyebabkan dapat berkurang nya konsumsi bahan bakar.

Pada bukaan regulator 270° penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 8,3%. Sama dengan pada bukaan regulator 180°, angka ini merupakan perbandingan antara setelah *re-map* dan sebelum *re-map*. Keduanya sama-sama menggunakan LPG dengan bukaan regulator 270°.

5.3 ANALISA EMISI GAS BUANG

Berikut adalah hasil uji dengan *gas analyzer*. Gas CO dan CO₂ yang tertera merupakan persentase. Hasil gas HC tertera dalam PPM (*Part Per Million*). Terakhir, lambda, merupakan perbandingan antara jumlah gas yang dibutuhkan untuk terjadinya pembakaran sempurna dengan gas campuran aktual yang terbakar. Oleh karena itu, saat angka lambda menunjukkan angka diatas 1,000, maka menunjukkan arti bahwa campuran antara bahan bakar dan oksigen merupakan campuran kurus (*lean mixture*). Sebaliknya, saat angka lambda menunjukkan angka dibawah angka 1,000 maka campuran bahan bakar dan udara yang masuk keruang bakar adalah campuran gemuk (*rich mixture*).

Analisa emisi gas buang ini yang akan menguatkan hasil kesimpulan pada analisa konsumsi bahan bakar bahwa proses pembakaran yang terjadi lebih baik setelah dilakukan *mapping* ulang.

Tabel 5.3.1. Hasil uji dengan *gas analyzer*

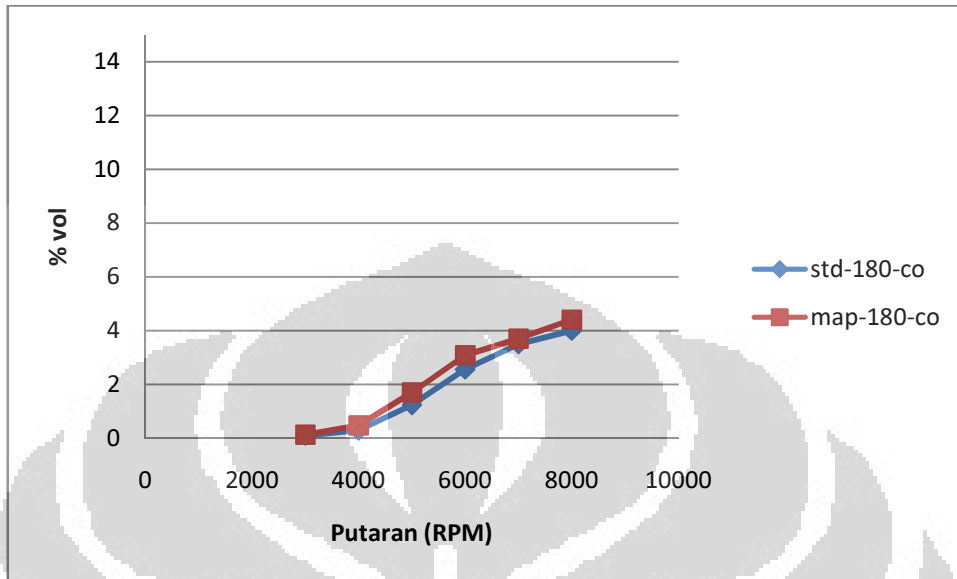
std-180				
rpm	Co	co2	hc	lambda
3000	0,09	4,4	54	1,36
4000	0,29	5	57	1,272
5000	1,23	5,2	63	1,156
6000	2,56	6,8	78	1,05
7000	3,5	7,6	79	1,005

8000	4	9,4	84	0,98
std-270				
rpm	Co	co2	hc	Lambda
3000	0,5	5	65	1,23
4000	0,9	5,4	71	1,102
5000	1,25	5,7	79	1,004
6000	2,52	7,1	84	0,99
7000	3	7,9	86	0,97
8000	3,8	9,6	90	0,95
map-180				
rpm	Co	co2	hc	Lambda
3000	0,13	6	54	1,214
4000	0,47	6,7	50	1,17
5000	1,7	7,4	58	1,052
6000	3,08	9	72	0,996
7000	3,7	9,8	85	0,97
8000	4,4	11,3	66	0,954
map-270				
rpm	Co	co2	hc	Lambda
3000	0,9	9	74	1,215
4000	1,5	9,5	85	1,11
5000	1,8	11	92	0,986
6000	2,4	11,8	99	0,977
7000	2,6	13	103	0,906
8000	3,3	13,8	110	0,899

a. Analisa Gas CO

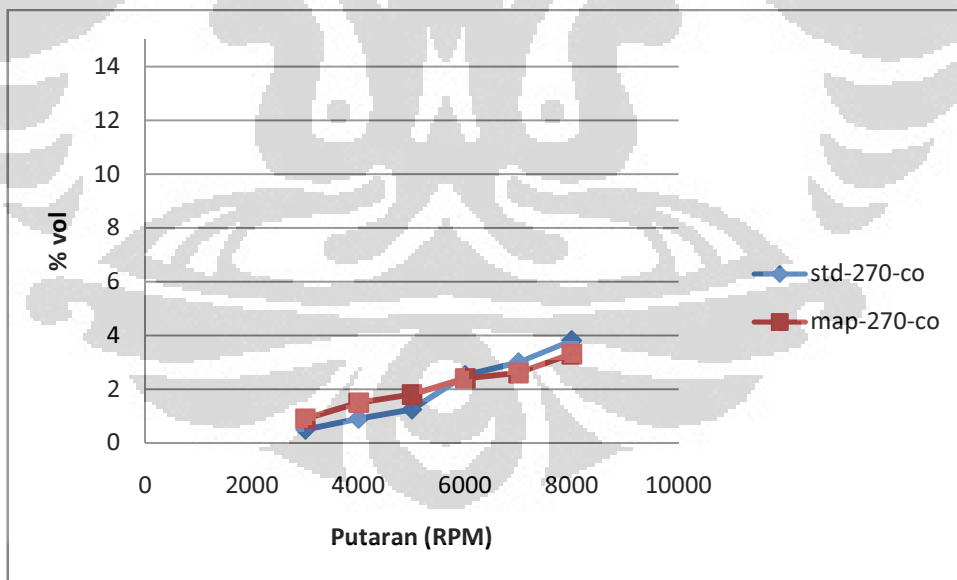
Gas CO merupakan hasil pembakaran tidak sempurna. Kurangnya oksigen pada pembakaran dapat mengakibatkan komponen karbon (C) yang seharusnya berikatan dengan 2 atom oksigen (O) dan membentuk karbondioksida (CO₂) menjadi bentuk yang kurang stabil yaitu karbonmonoksida (CO). Karbonmonoksida ini dapat berikatan dengan hemoglobin dalam darah yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan.

Grafik 5.3.1. Perbandingan gas CO antara sebelum dan sesudah *re-map*, regulator 180°



Pada bukaan regulator 180° hampir tidak ada perbedaan gas CO, perbedaan terbesar hanya 0,52%.

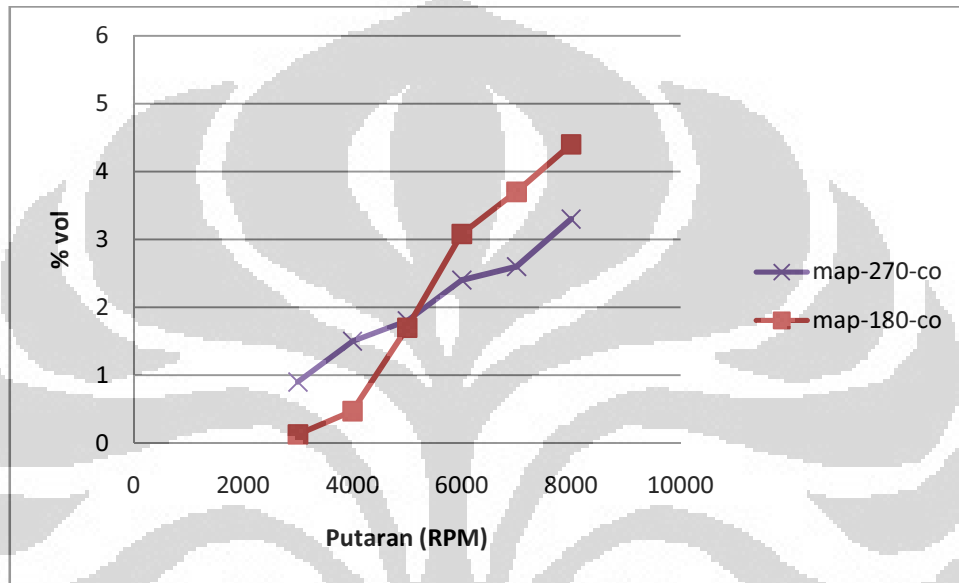
Grafik 5.3.2. Perbandingan gas CO antara sebelum dan sesudah *re-map*, regulator 270°



Sama halnya pada bukaan regulator 180°, pada bukaan 270° pun perbedaan gas CO sangat lah kecil, yaitu terbesar pada putaran 4000 RPM sebesar 0,6%.

Penurunan kadar CO adalah sebagai bukti bahwa adanya perbaikan proses pembakaran. Pada grafik kadar CO regulator 180° dan 270° diatas, tidak menunjukkan penurunan kadar CO, namun grafik menunjukkan bahwa pergerakannya sudah mulai menuju kearah yang lebih baik.

Grafik 5.3.3. Perbandingan gas CO antara hasil *re-map*, regulator 180° dan 270°

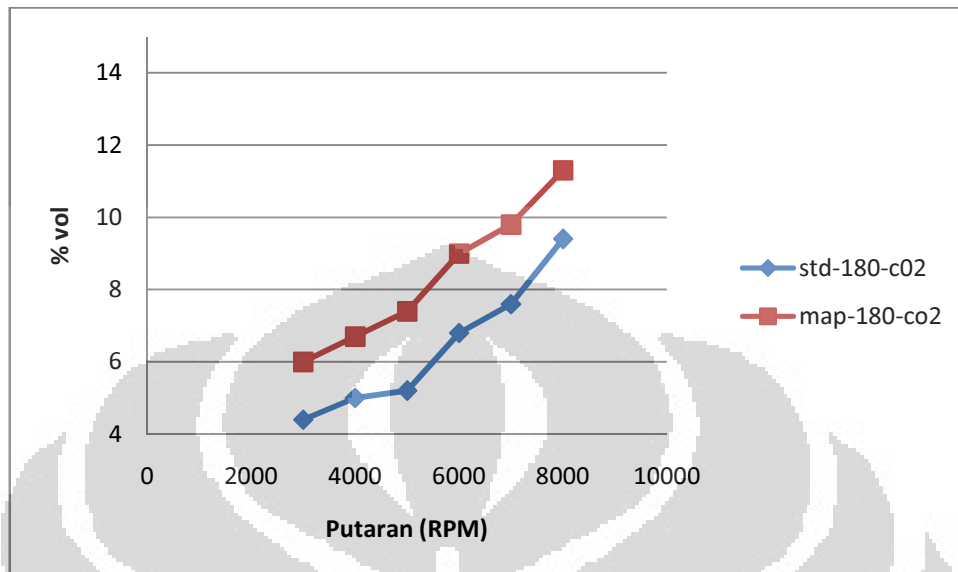


Dari **Grafik 5.3.3** diatas dapat terlihat gas CO yang dihasilkan pada regulator 180° lebih rendah pada putaran bawah, yaitu 3000-5000 RPM. Pada putaran atas, yaitu 5000-8000 RPM, terlihat gas CO yang dihasilkan pada bukaan regulator 270° memiliki persentase volume yang lebih kecil. Pada regulator 270° gas CO lebih tinggi dapat disebabkan karena kurangnya kadar oksigen. Kurangnya kadar oksigen ini karena *mixture* yang masuk keruang bakar lebih kaya.

b. Analisa Gas CO₂

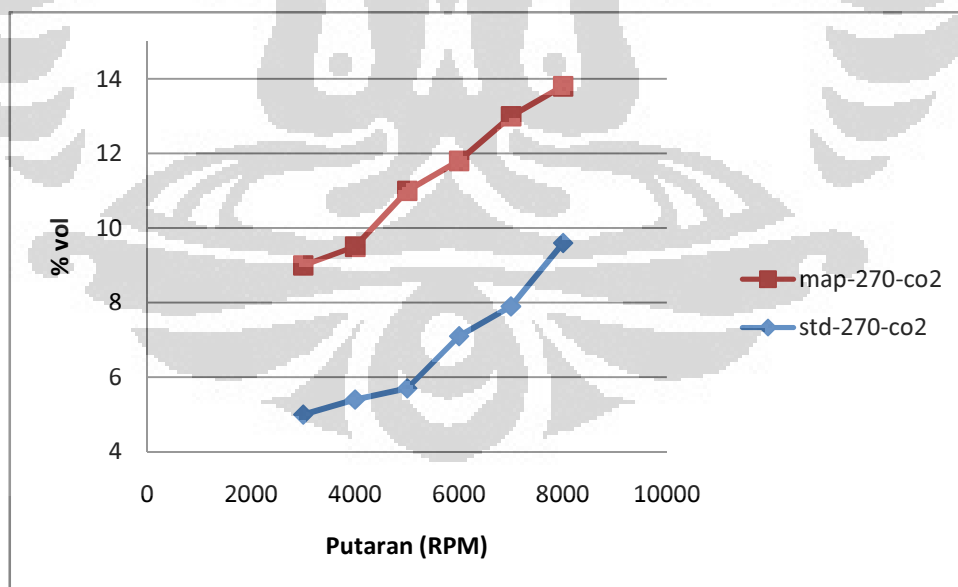
Gas CO₂ merupakan hasil pembakaran karbon (C) sempurna.

Grafik 5.3.4. Perbandingan gas CO₂ antara sebelum dan sesudah *re-map*, regulator 180°



Pada **grafik 5.3.4** terlihat peningkatan persentase volume CO₂ setelah dilakukan *re-map*. Hal ini menunjukkan adanya perbaikan dari segi kesempurnaan pembakaran yang terjadi.

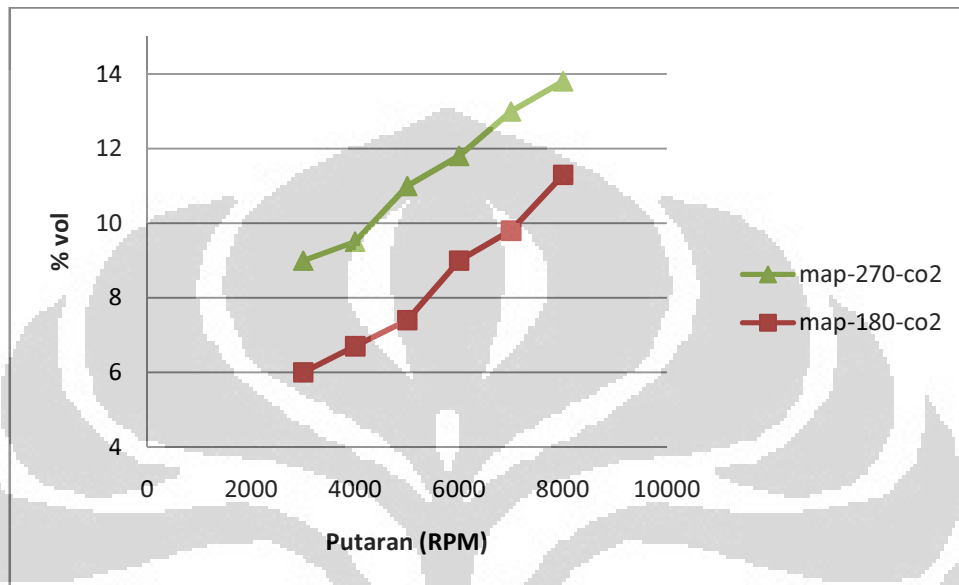
Grafik 5.3.5. Perbandingan gas CO₂ antara sebelum dan sesudah *re-map*, regulator 270°



Pada **grafik 5.3.5** yang menunjukkan perbedaan persentase volume CO₂ dapat disimpulkan peningkatan efisiensi pembakaran karena peningkatan kadar

CO₂ pada gas buang menunjukkan komponen karbon (C) yang sempurna berikatan dengan oksigen (pembakaran).

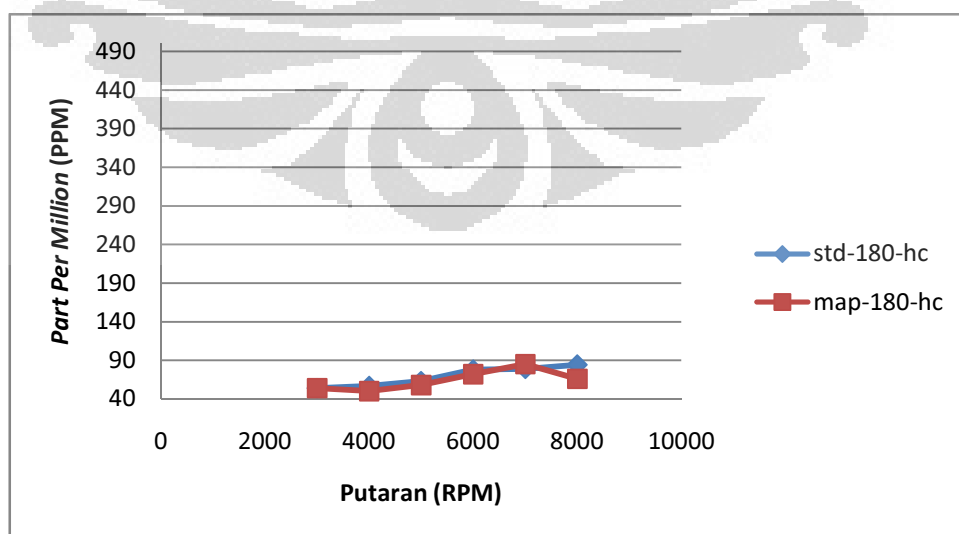
Grafik 5.3.6. Perbandingan gas CO₂ antara hasil re-map, regulator 180° dan 270°



Pada **grafik 5.3.6** diatas, kadar CO₂ pada bukaan regulator 270° lebih tinggi. Jika ditinjau dari gas CO₂ yang ditunjukkan oleh *gas analyzer* maka proses pembakaran pada regulator 270° lebih baik dibanding pada regulator 180°.

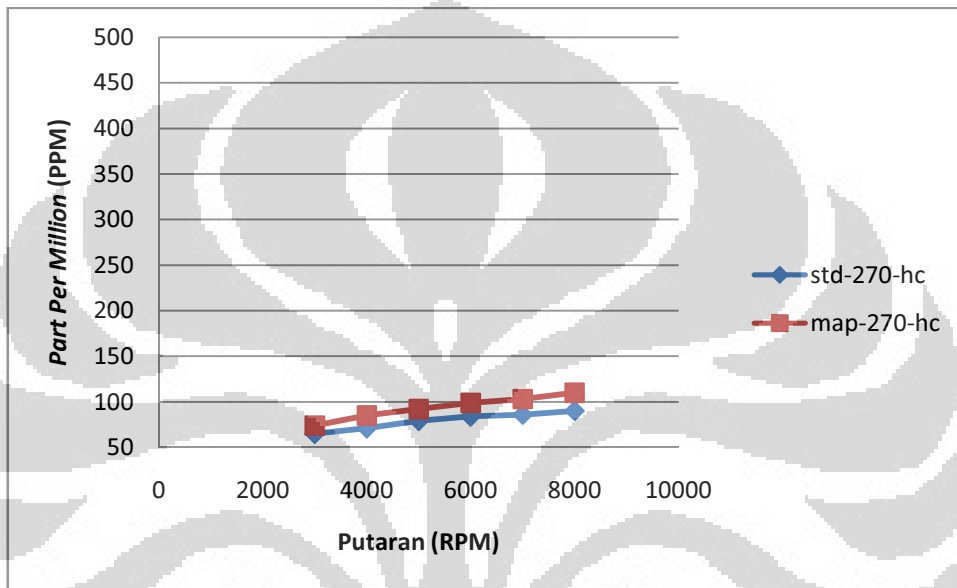
c. Analisa gas HC

Grafik 5.3.7. Perbandingan kadar HC antara sebelum dan sesudah re-map, regulator 180°



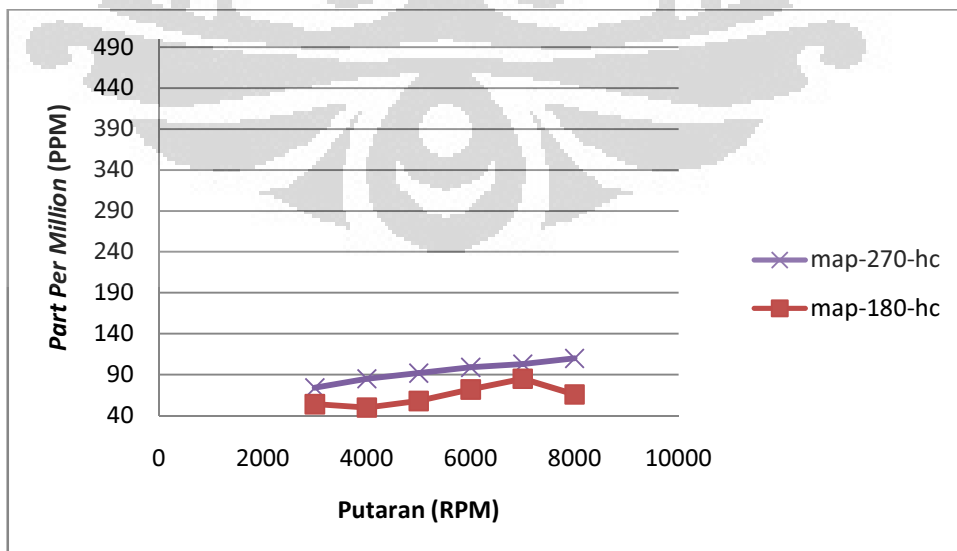
Pada **grafik 5.3.7** hampir tidak adanya perbaikan dari segi kandungan hidrokarbon (HC). Karena perbedaan ditunjukkan dalam satuan PPM (*part per million*) sehingga perbedaan yang ditunjukkan diatas tidak sampai 50 PPM. Dengan kata lain, perbedaan tersebut hanya berdampak kecil sekali.

Grafik 5.3.8. Perbandingan kadar HC antara sebelum dan sesudah *re-map*, regulator 270°



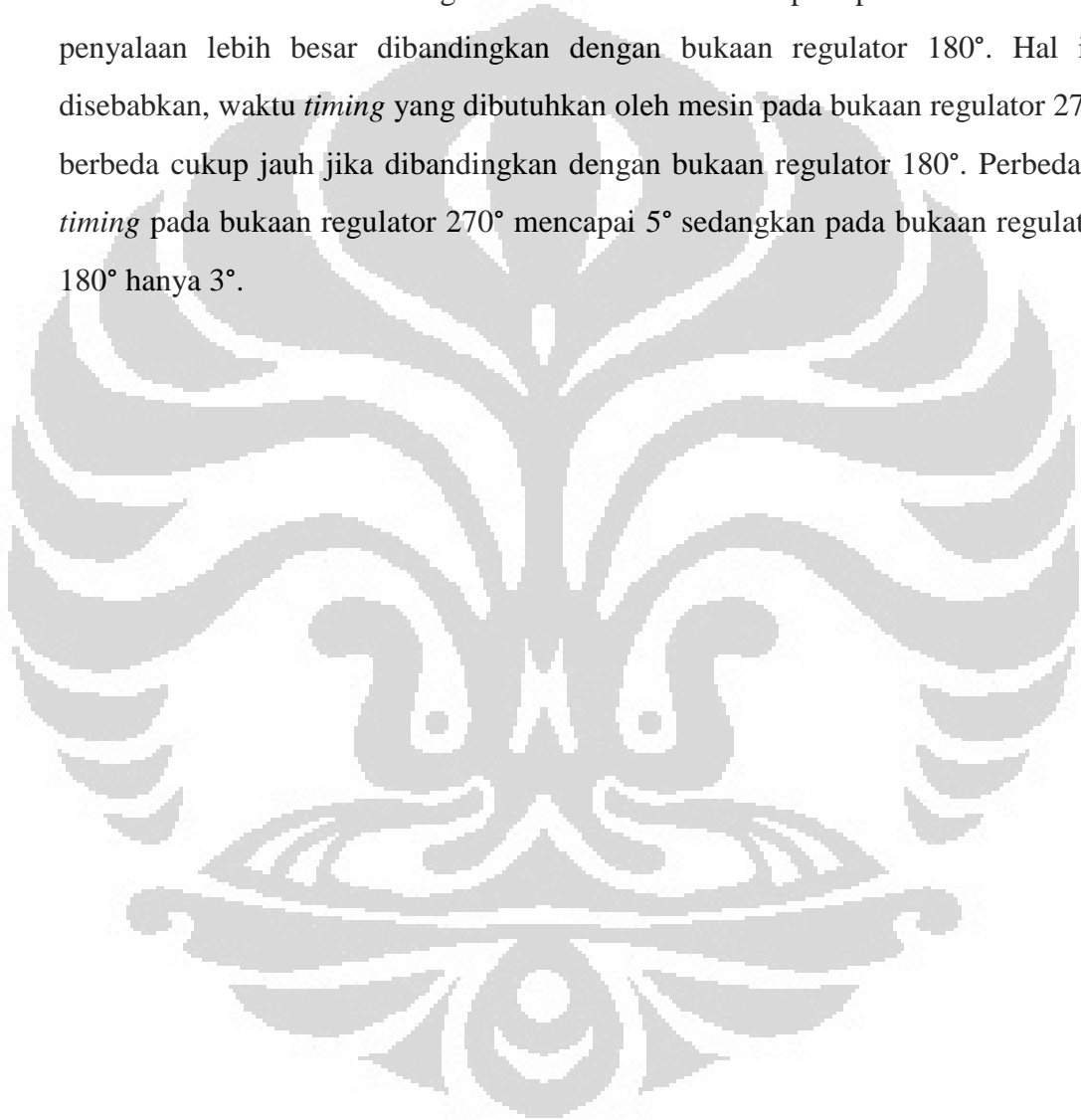
Sama halnya seperti yang terlihat pada **grafik 5.3.7**, **grafik 5.3.8** ini pula tidak menunjukkan perbedaan yang cukup besar.

Grafik 5.3.9. Perbandingan kadar HC antara hasil *re-map*, regulator 180° dan 270°



Pada **grafik 5.3.9** ini dapat disimpulkan tidak adanya perbedaan yang cukup signifikan untuk dikatakan bukaan regulator dengan *re-map* mana yang lebih baik.

Dari hasil uji emisi ini, dapat disimpulkan bahwa pemunduran waktu penyalaan berdampak baik. Pemunduran ini menyebabkan proses pembakaran lebih baik. Pada bukaan regulator 270° terlihat dampak pemunduran waktu penyalaan lebih besar dibandingkan dengan bukaan regulator 180°. Hal ini disebabkan, waktu *timing* yang dibutuhkan oleh mesin pada bukaan regulator 270° berbeda cukup jauh jika dibandingkan dengan bukaan regulator 180°. Perbedaan *timing* pada bukaan regulator 270° mencapai 5° sedangkan pada bukaan regulator 180° hanya 3°.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

- Penyesuaian waktu pengapian memberikan perbaikan pada performa motor dengan menjaga kestabilan tenaga pada setiap RPM nya setelah sebelumnya banyak terjadi ketidakstabilan.
- Penyesuaian waktu pengapian meningkatkan RPM yang dicapai oleh motor pada setiap gigi transmisi. Hal ini dapat disimpulkan saat dilakukan uji akselerasi. RPM yang sebelumnya hanya mencapai 7800 rpm meningkat menjadi 10500 rpm.
- Peningkatan dari sisi emisi terbaik ada pada **grafik 5.3.6** yaitu pada bukaan regulator 270°. Peningkatan kadar CO₂ mencapai 5%. Namun, begitu membandingkan tingkat emisi secara keseluruhan, peningkatan kadar CO₂ ini disebabkan kandungan bahan bakar yang dibakar lebih banyak. Oleh karena itu, wajar jika kadar CO₂ pada bukaan regulator 270° lebih tinggi. Dapat disimpulkan, dari penelitian ini tidak dapat ditentukan bukaan katup regulator yang manakah yang lebih baik.
- Kadar CO dan HC pada kedua bukaan regulator (180° dan 270°) tidak ada yang menunjukkan perbedaan untuk dikatakan bukaan mana yang menunjukkan peningkatan pembakaran yang lebih baik. Namun, pada kedua variasi bukaan regulator dampak perubahan *ignition timing* terlihat menuju kearah yang lebih baik.
- Konsumsi bahan bakar paling hemat dicapai pada bukaan regulator 180° setelah dilakukan *remapping* kedua. Penghematan tersebut mencapai angka 21% (dibandingkan dengan tanpa penggunaan LPG).

- *Ignition timing* untuk bukaan regulator 180° rata-rata ada pada 35° sebelum titik mati atas. Menjauh 3° dari waktu penyalaan standar.
- *Ignition timing* untuk bukaan regulator 270° rata-rata pada 38° sebelum titik mati atas. Menjauh 5° dari waktu penyalaan standar.

6.2 SARAN

- Sebelum dilakukan penelitian dan percobaan, harus dipastikan motor dalam keadaan sempurna.
- Gunakan motor yang umum sehingga mudah saat pencarian suku cadang
- CFD harus dilakukan tidak hanya sebatas *mixer*-nya saja namun juga hingga pencampuran bensin di karburator dan sampai sebelum masuk dari katup inlet. Sehingga, dapat dilakukan peningkatan dari efisiensi flow.
- Cyclone yang digunakan cukup banyak menghambat aliran udara sehingga mengakibatkan hilangnya tenaga motor pada putaran bawah mesin.
- Perlu dilakukan uji *dyno test* kembali pada setiap bukaan regulator dengan waktu pengapian yang telah dirubah agar diketahui seberapa besar dampak penyempurnaan proses pembakaran terhadap tenaga yang dihasilkan.

DAFTAR ACUAN

- [1] Ahmad Fauzie. “(ANALISIS PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 12 LUBANG MENYILANG TERHADAP PERUBAHAN PERFORMA DAN EMISI PADA SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2008.
- [2] Ardi Mardika. “(ANALISIS PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 4 LUBANG TERHADAP PERUBAHAN PERFORMA DAN EMISI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007.
- [3] David Parmonang. “(ANALISIS PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 4 LUBANG TERHADAP KONSUMSI BENSIN DAN AKSELERASI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007, hal. 89-91.
- [4] Edward Harrison. ”(ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 12 LUBANG MENYILANG BLUFF BODY SILINDER DIAMETER 11 MM DENGAN VARIASI DIAMETER)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2009, hal. 89-91.
- [5] Jesuito Richardo Yomanto. ”(ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN *VENTURI MIXER* 12 LUBANG MENYILANG BLUFF BODY BERTINGKAT DENGAN VARIASI BLUFF BODY LAINNYA)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2009.
- [6] Ridho Ridwan Algrage. ”(ANALISA KONSUMSI BAHAN BAKAR BENSIN DAN AKSELERASI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH / 125 CC DENGAN PENAMBAHAN LPG)”. Skripsi, Program Sarjana Fakultas Teknik UI, Depok, 2007.

DAFTAR PUSTAKA

Alternate Energy Systems, Inc. *Technical Data for Propane, Butane and LPG mixture.*

Benson, Rowland and N.D. Whitehouse. *Internal Combustion Engine Volume 1.* Pergamon Press. 1983.

Cengel, Yunus A., and Michael A. Boles. *Thermodynamics An Engineering Approach Second Edition.* New York : McGraw Hill International Editions. 1994.

Garreth, T.K. Newton, K. Steeds, w. *The Motor Vehicle 13th.* Read Educational and Profesional Publishing. 2001

Komarudin, *Tesis Analisa Pola Pencampuran pada Mixer BBG dengan Berbantuan Komputer,* Universitas Indonesia. 2001

Mathur M.L. and R.P. Sharma. *A Course In Internal Combustion Engines.* Delhi, 1980

Mokhtar, Ali. *Tesis Kaji Experimental Perubahan Geometri Ventury Mixer Untuk Menaikan Performance Engine Berbahan Bakar gas.* Universitas Indonesia. 2003

Munson, Bruce R., Young, Donald F., and Okiishi, Theodore H. *Mekanika Fluida edisi ke 4 Jilid*, terj Harinaldi dan Budiarmo. Jakarta : Erlangga, 2003.
Sugiarto, Bambang. *Motor Pembakaran Dalam.* ISBN 979-97726-7-2

<http://howstuffworks.com>

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.e-lpg.com>

<http://lpgconversionsltd.co.uk/lpgbenefits>

<http://bankspowers.com>