TUGAS AKHIR - ME184834

ANALISIS PERFORMA PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B50 – B100 TERHADAP MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI

HIMMAWAN AAN LISTYANTO
NRP. 04211640000093

Dosen Pembimbing
Prof. Semin, S.T., M.T., Ph.D.
Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

TUGAS AKHIR – ME 184834

ANALISIS PERFORMA PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B50 – B100 TERHADAP MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI

HIMMAWAN AAN LISTYANTO
NRP. 04211640000093

DOSEN PEMBIMBING :
Prof. Semin, ST., M.T., Ph.D.
Beny Cahyono ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

BACHELOR THESIS – ME 184834

ANALYSIS OF THE PERFOMANCE OF DIESEL ENGINE FUELED USING B50-B100 BIODIESEL BASED ON SIMULATION

HIMMAWAN AAN LISTYANTO
NRP. 04211640000093

Supervisor
Prof. Semin, ST., M.T., Ph.D.
Beny Cahyono S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERFORMA PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B50-B100 TERHADAP MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HIMMAWAN AAN LISTYANTO
NRP. 04211640000093

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Semin, S.T., M.T., Ph.D. ..... (Pembimbing I)

   NIP. 197101101997021001

2. Beny Cahyono S.T., M.T., Ph.D. ..... (PembimbingII)

   NIP. 197903192008011008

Surabaya, Juli 2020

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERFORMA PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B50 – B100 TERHADAP MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI

TUGAS AKHIR
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi *Marine Power Plant (MPP)*
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Himmawan Aan Listyanto
NRP. 04211640000093

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :

Beny Cahyono, ST, MT, Ph.D.
NIP 197903192008011008

SURABAYA
AGUSTUS 2020

ANALISIS PERFORMA PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B50-B100 TERHADAP MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI

Nama Mahasiswa	**: Himmawan Aan Listyanto**
NRP	**: 04211640000093**
Jurusan	**: Teknik Sistem Perkapalan**
Dosen Pembimbing 1	**: Prof. Semin, S.T., M.T., Ph.D.**
Dosen Pembimbing 2	**: Beny Cahyono S.T., M.T., Ph.D.**

ABSTRAK

Saat ini Indonesia mendekati krisis bahan bakar minyak, dimana stok minyak mentah yang berasal dari fosil semakin menipis. Ditengah krisis bahan bakar ini, Indonesia masih memiliki banyak kekayaan sumber hayati maupun limbah hayati, seperti kelapa sawit, jarak pagar, dan limbah minyak goreng bekas yang berpotensi untuk dapat menghasilkan bahan bakar *alternative*. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti bahan bakar alternatif berupa biodiesel dari minyak goreng bekas. Selain itu, tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh campuran biodiesel minyak goreng bekas dalam uji performa permodelan simulasi mesin diesel satu silinder. Metode yang digunakan penulis dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode simulasi.

Uji perfoma motor diesel berbasis simulasi dilakukan dengan menggunakan HSD, dan juga dengan variasi bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas. Dari hasil uji perfoma pada *full load* didapatkan perbandingan nilai daya campuran biodiesel minyak goreng bekas dengan HSD mengalami penurunan daya. Pada B50 mengalami penurunan daya (6,38%), B60 (7,6%), B70 (8,9%), B80 (10,2%), B90 (11,4%), dan B100 (12,7%) pada rpm maksimal. Nilai torsi yang didapat pada bahan bakar campuran biodiesel juga mengalami penurunan dibanding HSD pada putaran yang sama. Nilai SFOC terendah dihasilkan oleh bahan bakar HSD. Nilai SFOC HSD lebih rendah dibanding campuran biodiesel minyak goreng yang lebih tinggi (6,8%) bahan bakar B50, naik (8,3%) B60, naik (9,83%) B70, naik (11,4%) B80, naik (12,9%) B90, dan naik (14,5%) B100 pada kondisi full load dan rpm maksimal.

Kata Kunci : **Biodiesel, HSD,Uji Performa,Minyak Goreng Bekas**

ANALYSIS OF THE PERFOMANCE OF DIESEL ENGINE FUELDED USING B50-B100 BIODIESEL BASED ON SIMULATION

ABSTRACT

Author	**: Himmawan Aan Listyanto**
ID No	**: 4211640000093**
Dept / Faculty	**: Marine Engineering FTK-ITS**
Supervisor	**: Prof. Semin, S.T., M.T., Ph.D.**
	Beny Cahyono S.T., M.T., Ph.D.

When present time in Indonesia oil is approaching the fuel crisis, where a stock crude oil stocks derived from fossils are running low. In the middle of this fuel crisis, Indonesia still has a lot of rich biological resources and biological waste, such as palm oil, jatropha curcas, and waste cooking oil that has the potential to produce alternative fuels. This research aims to research alternative fuels in the form of biodiesel from used cooking oil. In addition, the purpose of this study is to determine the effect of used cooking oil biodiesel blends in the performance testing of a one-cylinder diesel engine simulation modeling. The method used by the author in this study is to use a simulation method.

Performance-based diesel motor performance tests are performed using HSD, and also with variations of used cooking oil biodiesel fuel mixtures. From the performance test results at full load, it was found that the comparison of the value of the power mix of biodiesel used cooking oil with HSD decreased power. At B50 decreased power (6.38%), B60 (7.6%), B70 (8.9%), B80 (10.2%), B90 (11.4%), and B100 (12.7) %) at maximum rpm. The torque value obtained in the biodiesel fuel mixture also decreased compared to HSD in the same cycle. The lowest SFOC value is produced by HSD fuel. SFOC HSD value is lower than cooking oil biodiesel mixture which is higher (6.8%) B50 fuel, up (8.3%) B60, up (9.83%) B70, up (11.4%) B80, up (12.9%) B90, and up (14.5%) B100 at full load and maximum rpm conditions.

Keywords: Biodiesel, HSD, Performance Test, Waste Cooking Oil

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Karena atas pertolongan-Nya, laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisa Performa Pada Bahan Bakar Biodiesel B50-B100 Terhadap Mesin Diesel Berbasis Simulasi" ini dapat terselesaikan, Saya ingin mengucapkan terimakasih kepada Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Prof. Semin, S.T., M.T., PH.D. dan Bapak Beny Cahyono ST., MT., Ph.D., karena telah mengajari dan membimbing saya selama penyelesaian Tugas Akhir ini, Banyak sekali pihak-pihak yang sangat membantu saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Alloh Swt karena telah memberikan anugerah berupa kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta (Irwan Subagio dan Lilis Setyowati), Sunaryo sebagai kerabat saya, Kukuh sebagai kerabat saya,Keluarga besar saya tercinta, dan Teman-teman online saya, terima kasih atas doa dan dukungan yang selalu mengalir tiada henti.
3. Bapak Prof. Semin, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing tugas akhir saya, yang senantiasa mendukung dan memberi saran tugas akhir saya.
4. Bapak Beny Cahyono ST., MT., Ph.D. Selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan pembimbing tugas akhir saya, yang senantiasa mendukung dan memberi saran tugas akhir saya.
5. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc.. Selaku Dosen wali penulis terimakasih sudah membimbing penulis sejak awal masuk di Siskal.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu bagi penulis menempuh studi dan pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman tim Tugas Akhir Brilian Alfarisy, Evan dan rekan rekan LAB MPP terimakasih kerjasama atas simulasi dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Seluruh Keluarga Voyage 16 terimakasih atas doa dan dukungannya.
9. Seluruh Keluarga Kontrakan Kasitro terimakasih atas doa dan dukunganya
10. Semua teman dan sahabat yang telah memberi dukungan semangat.
11. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan yang perlu dipenuhi. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun dari para pembaca untuk membantu tercapainya kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK vi

ABSTRACT vii

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR TABEL xvii

BAB I 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Batasan Masalah 2

1.4 Tujuan 2

1.5 Manfaat 2

BAB II 3

2.1 Biodiesel Minyak Goreng Bekas 3

2.2 GT-POWER 6

2.3 Performansi Mesin Diesel 7

BAB III 13

3.1 Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir 13

3.2 Identifikasi Perumusan Masalah 14

3.3 Studi Literatur 14

3.4 Pembuatan Model Simulasi Mesin 14

3.4.1 Pengukuran Rancangan 15

3.4.2 Pembuatan Model Perbagian 15

3.4.3 Mendefinisikan Objek 16
3.4.4 Perangkaian Objek 28
3.5 Pembuatan Variasi Bahan Bakar pada GT-POWER 28

3.6 Hasil karateristik Minyak Goreng Bekas 34

3.7 Validasi Simulasi GT-POWER 34

3.8 Simulasi GT-POWER 36

3.9 Pengambilan dan Analisa Data.....36

3.10 Hasil dan Kesimpulan 36

BAB IV 37

4.1. Performa Motor Diesel Dengan Bahan Bakar HSD, B50, B60,B70,B80,B90,B100.....37

4.1.1. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar HSD 37
4.1.2. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B50 38
4.1.3. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B60 40
4.1.4. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B70 41
4.1.5. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B80 42
4.1.6. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B90 43
4.1.7. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B100 44
4.1.8. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 600 45
4.1.9. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 800 47
4.1.10. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1000 48
4.1.11. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1200 50
4.1.12. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1400 51
4.1.13. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1600 53
4.1.14. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1800 54
4.1.15. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1900 56
4.1.16. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 2000 57
4.1.17. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 2100 59

4.1.18. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HS, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 2200 60
4.1.19. Perbandingan Antara Putaran Engine terhadap Power pada kondisi Full Load. 62
4.1.20. Perbandingan Antara Putaran Engine terhadap Torsi pada kondisi Full Load. 64
4.1.21. Perbandingan Antara Putaran Engine terhadap SFOC pada kondisi Full Load. 67
4.1.22. Perbandingan Antara Variasi Beban terhadap Power pada kondisi RPM Maksimal70
4.1.23. Perbandingan Antara Variasi RPM terhadap Torsi pada kondisi RPM maksimal. 72
4.1.24. Perbandingan Antara Variasi Beban terhadap SFOC pada kondisi RPM Maksimal74
BAB V 77
5.1. Kesimpulan 77
5.2. Saran 77
DAFTAR PUSTAKA 79
LAMPIRAN 81
BIODATA PENULIS 101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik Biodiesel Minyak Goreng Bekas 4

Gambar 2.2 Fatty Acid Composition Biodiesel Minyak Goreng Bekas 5

Gambar 2.3 Viscosity dan thermal conductivity dari Liquid Biodiesel 6

Gambar 2.4 Viscosity dan thermal conductivity dari Vapor Biodiesel 6

Gambar 2.5 Grafik perbandingan variabel beban mesin dengan daya dari bahan bakar solar dengan biodiesel 7

Gambar 2.6 Grafik perbandingan daya bahan bakar solar dan biodiesel 8

Gambar 2.7 Grafik perbandingan antara putaran engine dengan torsi engine dari bahan bakar solar dengan biodiesel B15 dan B20 9

Gambar 2.8 Grafik perbandingan antara beban mesin dengan SFOC dari bahan bakar solar dengan waste cooking oil 10

Gambar 2.9 Grafik perbandingan antara SFOC dari bahan bakar solar dengan biodiesel 10

Gambar 2.10 Grafik perbandingan antara SFOC dari bahan bakar solar dengan biodiesel 11

Gambar 2.11 Properties Bahan Bakar Solar dan Biodiesel 11

Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi Penelitian 14

Gambar 3.2 Pemodelan Mesin Diesel Satu Silinder 15

Gambar 3.3 Main Folder dari Inlet Environment 16

Gambar 3.4 Composition dari Udara Pada Simulasi 16

Gambar 3.5 Basic Geometry dan Initial Condition dari Intrunner 17

Gambar 3.6 Thermal dari Intrunner 17

Gambar 3.7 Basic Geometry dan Initial Condition dari Intport 17

Gambar 3.8 Thermal dari Intport 18

Gambar 3.9 Timing dari Intake Valve 18

Gambar 3.10 Lift dari Intake Valve 18

Gambar 3.11 Lift Array dari Intake Valve 19

Gambar 3.12 Main Folder dari Silinder 19

Gambar 3.13 Main Folder dari Initial State Object 20

Gambar 3.14 Main Folder dari Wall Temperature 20

Gambar 3.15 Main Folder dari Piston Cup Object 20

Gambar 3.16 Main Folder dari Combustion Object 21

Gambar 3.17 Mass Folder dari Injector 21

Gambar 3.18 Timing Folder dari Injector 21

Gambar 3.19 Fluid Folder dari Injector 22

Gambar 3.20 Nozzle Folder dari Injector 22

Gambar 3.21 Profile Folder dari Injector 22

Gambar 3.22 Main Folder dari Cranktrain 23

Gambar 3.23 Main Folder dari Frcition 23

Gambar 3.24 Main Folder dari EngCylGeom 24

Gambar 3.26 Main Folder dari Torque 24

Gambar 3.27 Timing Folder dari Exhaust Valve 24

Gambar 3.28 Lift Folder dari Exhaust Valve 25

Gambar 3.29 Lift Folder dari Exhaust Valve 25

Gambar 3.30 Flow Coefficient Folder dari Exhaust Valve 26

Gambar 3.31 Main Folder dari Exhport 26

Gambar 3.32 Thermal Folder dari Exhport 26

Gambar 3.33 Main Folder dari Exhrunner 27

Gambar 3.34 Thermal Folder dari Exhrunner 27

Gambar 3.35 Main Folder dari End-outlet 27

Gambar 3.35 Main Folder dari End-outlet 27

Gambar 3.36 Pemodelan Skema Mesin Yanmar TF 85 MH 28

Gambar 3.37 Input Main “FluidGas” B100 28

Gambar 3.38 Input Entalphy “Fluid Gas” B100 28

Gambar 3.39 Input Transport Properties “fluidgas” 29

Gambar 3.40 Input Main “fluidliqincompressed” B100 30

Gambar 3.41 Input Enthalpy “fluidliqincompressed” B100 30

Gambar 3.42 Input Transport Properties “fluidliqincompressed” B100 31

Gambar 3.43 Input Main “fluidliqincompressed” HSD (solar) 31

Gambar 3.44 Input Enthalpy “fluidliqincompressed” HSD (solar) 31

Gambar 3.45 Input Transport Properties “fluidliqincompressed” HSD (solar) 31

Gambar 3.46 Input Fluids “fluidmixturecombined” B50 32

Gambar 3.47 Input Fluids “fluidmixturecombined” B60 32

Gambar 3.48 Input Fluids “fluidmixturecombined” B70 32

Gambar 3.49 Input Fluids “fluidmixturecombined” B80 33

Gambar 3.50 Input Fluids “fluidmixturecombined” B90 33

Gambar 4 1 Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar HSD 38

Gambar 4 2 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B50 39

Gambar 4 3 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B60 41

Gambar 4 4 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B70 42

Gambar 4 5 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B80 43

Gambar 4 6 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B90 44

Gambar 4 7 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B100 45

Gambar 4 8 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 600 rpm 46

Gambar 4 9 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 800 rpm 48

Gambar 4 10 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1000 rpm 49

Gambar 4 11 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1200 rpm 50

Gambar 4 12 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1400 rpm 52

Gambar 4 13 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1600 rpm 53

Gambar 4 14 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1800 rpm 54

Gambar 4 15 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1900 rpm 56

Gambar 4 16 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2000 rpm 57

Gambar 4 17 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2100 rpm 58

Gambar 4 18 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2200 rpm 60

Gambar 4 19 Perbandingan antara Putaran Engine terhadap Power pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar 61

Gambar 4 20 Perbandingan antara Putaran Engine terhadap Torsi pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar 64

Gambar 4 21 Perbandingan antara Putaran Engine terhadap SFOC pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar 66

Gambar 4 22 Perbandingan antara Variasi Beban terhadap POWER pada Kondisi RPM Maksimal untuk Semua Jenis Bahan Bakar 69

Gambar 4 23 Perbandingan antara Variasi Beban terhadap Torsi pada Kondisi RPM maksimal untuk Semua Jenis Bahan Bakar 71

Gambar 4 24 Perbandingan antara Variasi Beban terhadap SFOC pada Kondisi RPM Maksimal untuk Semua Jenis Bahan Bakar 73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Biodiesel Standar Negara 3

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Yanmar TF 85 MH 14

Tabel 3.2 Hasil Karakteristik Biodiesel Minyak Goreng Bekas 34

Tabel 3.3 Hasil Kalibrasi Simulasi GT-Power 35

Tabel 3.4 Perbandingan Spesifikasi dengan Kalibrasi 35

“Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak memainkan peran penting dalam pengembangan sektor transportasi, pertumbuhan industry dan sektor pertanian serta untuk memenuhi kebutuhan manusia lainnya. Namun total dari pemesanan bahan bakar minyak di dunia, menyebabkan memperpendek hari demi hari cadangan bahan bakar fosil yang tersedia. Karena itu sebagian besar ilmuwan dan peneliti mencari bahan bakar pengganti atau alternatif [Misra,2011]. Kurangnya cadangan bahan bakar fosil akan membuat energi terbarukan bahan bakar akan lebih menarik [Sheehan,1998]. Padahal sebagian besar energi terbarukan yang memiliki teknologi energi lebih ramah lingkungan daripada opsi energi konvensional, dikarenakan faktor-faktor penerimaannya sangat lambat seperti kurangnya pasokan, kendala ekonomi, dll.

Menurut Presiden Republik Indonesia Joko Widodo (Panji,2019), Dalam pernyataannya, Presiden Jokowi mengatakan jika dengan adanya B30 ini harus mengurangi impor Solar secara serius. Pemerintah diharapkan mengurangi jumlah impor Solar. Karena program B30 ini dapat memberikan sumbangan yang sangat besar, karena dapat menghemat devisa negara hingga Rp63 Triliun. Indonesia penghasil kelapa sawit terbesar di Dunia. Kita punya sumber bahan nabati sebagai pengganti Solar. Kita harus manfaatkan ini untuk kemandirian energi sosial. Dalam program B30 ini akan menciptakan permintaan domestik CPO yang sangat besar. Ini artinya B30 akan berdampak langsung kepada para perkebunan kecil yang membina petani rakyat yang selama ini bekerja di kebun sawit.Program B30 ini nantinya akan menjadi B50 dan seterusnya. Bahkan bisa jadi B100.

Biodiesel merupakan suatu bahan yang sangat bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar mesin diesel. Hal ini disebabkan karena bahan bakunya yang berasal dari minyak nabati, dapat diperbaharui, dapat dihasilkan secara periodik dan mudah diperoleh. Selain itu harganya relatif stabil dan produksinya mudah disesuaikan dengan kebutuhan. Biodiesel juga merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan, tidak mengandung belerang sehingga dapat mengurangi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh hujan asam (rain acid) (Suwarso, 2008)..

Pada penelitian (Rahardjo, 2007),banyak penelitian tentang pengujian bahan bakar mesin diesel yang telah dilakukan. Biodiesel yang berasal dari minyak jarak pagar. Pada minyak kelapa sawit juga pernah diujikan pada penelitian (Yuniarsi, 2007), pemerintah juga sudah mengkomersilkan biodiesel melalui pertamina, tetapi menggunakan campuran biodiesel minyak kelapa sawit. Biodiesel yang dikomersilkan berupa campuran solar dengan biodiesel yang biasa dikenal dengan sebutan biosolar.

Minyak goreng bekas merupakan bahan biodiesel selain minyak kelapa sawit yang sangat potensial untuk menjadi bahan bakar biodiesel. Keuntungan dari penggunaannya selain harganya yang murah juga dapat menanggulangi pencemaran yang di sebabkan oleh limbah minyak goreng bekas. (Aziz, 2012)

Penelitian ini menguji performa dari campuran biodiesel minyak goreng bekas. Namun untuk uji karakteristik properties biodiesel minyak goreng bekas, sudah diteliti sebelumnya dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia 2015 (SNI), hanya sebatas uji karateristiknya. Dari situ, penulis melakukan penelitian lebih lanjut tentang

uji performa minyak goreng bekas yang disimulasikan kedalam aplikasi *GT-POWER*. Sehingga, kedepan uji performa akan mendukung penggunaan biodiesel B50-B100 sebagai bahan bakar alternatif apabila di produksi secara komersil.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana performa bahan bakar biodiesel B50-B100 minyak goreng bekas terhadap mesin diesel 1 silinder pada simulasi di Software GT-Power

1.3 Batasan Masalah

1. Ruang lingkup analisa dalam pengujian performa meliputi Daya, Torsi, dan SFOC (*Spesific Fuel Oil Consumption*).
2. Variable putaran motor diesel yaitu
   600,800,1000,1200,1400,1600,1800,1900,2000,2100,dan 2200 rpm
   Load Torsi (100%; 75%; 50%; 25%; 10%;)
3. Menggunakan Software GT-POWER
4. Tidak dilakukan kajian atau Analisa dari segi ekonomi.
5. Tidak dilakukan kajian atau Analisa terhadap emisi dan proses pembakaran.

1.4 Tujuan

Untuk menjawab seluruh pertanyaan pada perumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh uji performa bahan bakar biodiesel B50-B100 minyak goreng bekas terhadap mesin diesel 1 silinder

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi pengaruh uji performa mengenai bahan bakar alternatif biodiesel B50-B100 terhadap mesin diesel 1 silinder.
2. Sebagai solusi alternatif pengganti bahan bakar fosil yaitu dengan menggunakan minyak goreng bekas.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel Minyak Goreng Bekas

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif minyak diesel yang sedang dikembangkan di Indonesia. Biodiesel berasal dari minyak nabati atau hewani yang mengandung trigliserida diantaranya minyak kelapa sawit, kedelai, kacang tanah, biji bunga matahari, pohon jarak, kemiri yang diolah melalui proses trans-esterifikasi. Bagi Indonesia, minyak sawit (palm oil) akan tampil sebagai minyak nabati paling potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan mentah utama pembuatan biodiesel, paling tidak dalam tahap awal pengembangan industri bahan bakar terbarukan di dalam negeri karena Indonesia memiliki potensi produk minyak sawit dalam jumlah besar. Minyak goreng kelapa sawit bekas merupakan salah satu bahan baku yang memiliki peluang untuk pembuatan biodiesel, karena minyak ini masih mengandung trigliserida, di samping asam lemak bebas. Data statistik menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan peningkatan produksi minyak goreng sawit. Dari 2,49 juta ton pada tahun 1998, menjadi 4,53 juta ton tahun 2004 dan 5,06 juta ton pada tahun 2005 (www.wartaekonomi.com/indicator, 2006). Selain ketersediaannya yang relatif berlimpah, minyak goreng kelapa sawit bekas merupakan limbah kelapa sawit. Jika dikonsumsi oleh manusia, dapat menyebabkan beberapa penyakit seperti kanker dan penyempitan darah, serta berpotensi mencemari lingkungan dikarenakan naiknya kadar COD dan BOD dalam perairan, selain itu juga menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi (Haryono dkk, 2010). Oleh karena perlu dilakukan usaha-usaha pemanfaatan minyak kelapa sawit bekas tersebut. Salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel.

Tabel 2.1. Karakteristik Biodiesel sesuai SNI
(Sumber : Standard Biodiesel Indonesia)

No	Parameter & Satuannya	Batas Nilai
1.	Densitas pada 15°C, Kg/m3	850–890
2.	Viskositas kinematik pada 40°C (cSt)	2,3-6,0
3.	Angka Setana	Min. 51
4.	Titik nyala (flash point) pada 0°	Min.100
5.	Titik kabut (Cloud Point)	Max. 18
6.	Titik Tuang (Pour Point)	Max. 18
7.	Korosi bilah tembaga (3 jam, 500°C)	Max.3
8.	Residu karbon,%-berat,	Max.0,05
9.	Air dan sediman,%-volume	Maks.0,05
10.	Temperatur distilasi 90%, 0C	Maks.360
11.	Abu tersulfatkan,%-berat	Maks 0,02
12.	Belerang,ppm-b (mg/kg	Maks.100

13.	Fosfor,ppm-b (mg/kg)	Maks.10
14.	Angka asam,mg-KOH/gr	Maks.0,8
15.	Gliserol bebas,%-berat	Maks.0,02
16.	Gliserol total,%-berat	Maks.0,24
17.	Kadar ester alkil,%-berat	Min.96,5
18.	Lower Heating Value, BTU/lbm	Maks.18288

Minyak jelantah juga memiliki kandungan trigliserida yang sangat tinggi. Trigliserida ini dapat diolah menjadi biodiesel melalui reaksi kimia trans estrifikasi. Pada prinsipnya, proses pembuatan biodiesel sangat sederhana. Biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut reaksi esterifikasi asam lemak bebas atau reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dengan bantuan katalis dan dari reaksi ini akan dihasilkan metil ester/etil ester asam lemak dan gliserol :

Minyak lemak + alkohol/metanol → biodiesel + gliseril

Menurut Yudisaputra (2017) dari hasil penelitiannya tentang sturktur senyawa yang dihasilkan dari biodiesel minyak jelanah adalah metil ester oleat, metil ester risinoleat, metil ester tridekanoat, dan metil ester arachidat. Dan kandungan terbesarnya adalah metil ester oleat dengan kandungan senyawa 51,29%.

State	Property	Waste Cooking Oil Biodiesel	Rapeseed Biodiesel	Unit
Liquid	Heat of Vaporization at 298 K	357000	353000	J/kg
	Density at 25°C	890.7	885.7	kg/m^3
	Enthalpy of the Liquid	See Appendix 2	See Appendix 2	J/kg
	Viscosity of the Liquid	See Appendix 3	See Appendix 3	kg/m-s
	Thermal Conductivity of the Liquid	See Appendix 3	See Appendix 3	W/m-K
Vapor	Number of Carbon Atoms in each Molecule	18.82	18.91	
	Number of Oxygen Atoms in each Molecule	34.39	34.98	
	Number of Hydrogen Atoms in each Molecule	2	2	
	Number of Nitrogen Atoms in each Molecule	0	0	
	Lower Heating Value of the Fuel	37110000	37150000	J/kg
	Critical Temperature	785.87	779.76	K
	Critical Pressure	12.07	11.86	bar
	Enthalpy of the Vapor	See Appendix 4	See Appendix 4	J/kg
	Viscosity of the Fuel Vapor	See Appendix 5	See Appendix 5	kg/m-s
	Thermal Conductivity of the Fuel Vapor	See Appendix 5	See Appendix 5	W/m-K

Gambar 2.1 Karakteristik Biodiesel Minyak Goreng Bekas
(Sumber : Crady,2007)

Fatty Acid		Composition (Percentage)	
Designation	Name	WCO	Rapeseed Oil
C16:0	Methyl Palmitate	8.54	4.36
C18:0	Methyl Stearate	4.19	1.65
C18:1	Methyl Oleate	20.83	58.61
C18:2	Methyl Linoleate	57.2	23.08
C18:3	Methyl linolenate	9.23	12.28

Gambar 2.2 *Fatty Acid Composition* Biodiesel Minyak Goreng Bekas
(Sumber : McCrady dkk,2007)

Temperature	Viscosity, Poise		Thermal Conductivity, W/m-K	
Kelvin	WCO	Rapeseed	WCO	Rapeseed
300	0.000045993	0.000048537	0.17887	0.17696
310	0.000036646	0.000038411	0.17719	0.17531
320	0.00002994	0.000031204	0.17549	0.17365
330	0.000024982	0.000025914	0.17377	0.17198
340	0.000021223	0.000021927	0.17205	0.1703
350	0.000018309	0.000018852	0.17031	0.1686
360	0.000016007	0.000016434	0.16855	0.16689
370	0.000014157	0.000014498	0.16678	0.16517
380	0.000012649	0.000012926	0.165	0.16343
390	0.000011402	0.00001163	0.1632	0.16168
400	0.00001036	0.00001055	0.16139	0.15991
410	0.00000948	0.00000964	0.15955	0.15813
420	0.000008729	0.000008865	0.1577	0.15633
430	0.000008083	0.0000082	0.15584	0.15452
440	0.000007523	0.000007625	0.15395	0.15268
450	0.000007034	0.000007123	0.15204	0.15083
460	0.000006604	0.000006682	0.15011	0.14896
470	0.000006224	0.000006294	0.14816	0.14707
480	0.000005886	0.000005948	0.14618	0.14515
490	0.000005584	0.00000564	0.14418	0.14321
500	0.000005313	0.000005364	0.14216	0.14125
510	0.000005069	0.000005115	0.14011	0.13927
520	0.000004848	0.00000489	0.13803	0.13725
530	0.000004647	0.000004686	0.13591	0.13521
540	0.000004463	0.000004499	0.13377	0.13314
550	0.000004296	0.000004329	0.13159	0.13104
560	0.000004142	0.000004173	0.12937	0.1289
570	0.000004	0.000004029	0.12711	0.12673
580	0.000003869	0.000003897	0.12481	0.12452
590	0.000003748	0.000003774	0.12247	0.12227
600	0.000003636	0.000003661	0.12007	0.11997
610	0.000003531	0.000003555	0.11762	0.11762
620	0.000003434	0.000003457	0.11511	0.11522
630	0.000003343	0.000003365	0.11253	0.11276
640	0.000003259	0.000003279	0.10988	0.11024

Gambar 2.3 *Viscosity dan thermal conductivity dari Liquid* Biodiesel Minyak Goreng Bekas
(Sumber : Crady dkk,2007)

Temperature Kelvin	Viscosity Poise	Thermal Conductivity W/m-K
617	8.05715E-05	0.023996841
620	8.09543E-05	0.024174589
640	8.34962E-05	0.025364339
660	8.60214E-05	0.026562371
680	8.85297E-05	0.027768685
700	9.10212E-05	0.02898328
720	9.34959E-05	0.030206157
740	9.59537E-05	0.031437315
760	9.83948E-05	0.032676755
780	0.000100819	0.033924477
800	0.000103226	0.03518048
820	0.000105617	0.036444765
840	0.000107991	0.037717331
860	0.000110348	0.038998179
880	0.000112688	0.040287309
900	0.000115011	0.04158472
920	0.000117318	0.042890413
940	0.000119608	0.044204387
960	0.000121881	0.045526643
980	0.000124137	0.046857181
1000	0.000126376	0.048196

Gambar 2.4 *Viscosity dan thermal conductivity dari Vapor* Biodiesel Minyak Goreng Bekas
(Sumber : Crady dkk,2007)

2.2 GT-POWER

GT-POWER adalah simulasi standar kinerja mesin industri yang digunakan oleh semua produsen mesin dan OEM kendaraan. GT-POWER digunakan untuk memprediksi jumlah performa mesin seperti daya, torsi, aliran udara, efisiensi volumetrik, konsumsi bahan bakar, dan kerugian pemompaan. GT-POWER mencangkup model fisik untuk memperluas prediksi, termasuk silinder,emisi gas buang, sistem intake, karakteristik akustik sistem gas buang knalpot (level dan kualitas), suhu struktur di dalam silinder maupun pipa / *manifold*, analisa tekanan silinder terukur , dan pemodelan sistem kontrol. (Gamma Technologies, 2004)

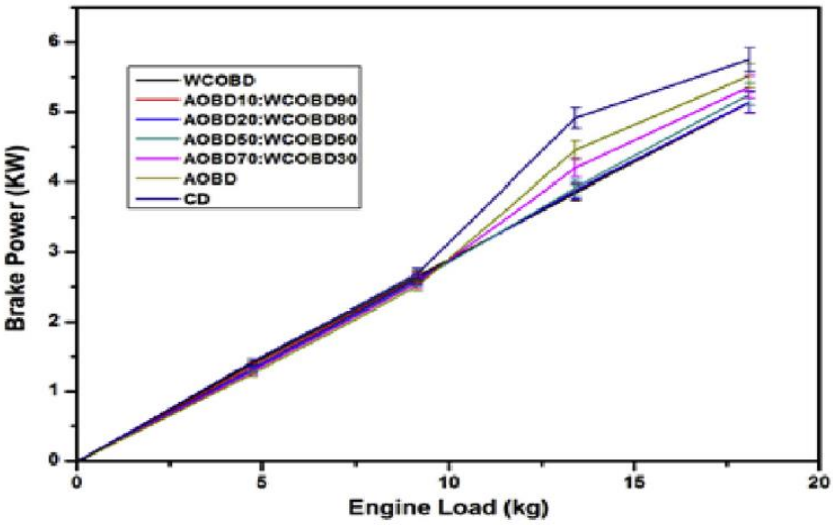
2.3 Performansi Mesin Diesel

Performa mesin (*engine performance*) adalah adalah prestasi kinerja suatu mesin, dimana prestasi tersebut erat hubungannya dengan daya mesin yang dihasilkan serta daya guna dari mesin tersebut. Kinerja dari suatu mesin kendaraan umumnya ditunjukkan dalam tiga besaran, yaitu tenaga yang dapat dihasilkan, torsi yang dihasilkan, dan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi. Tenaga bersih yang dihasilkan dari poros keluar mesin disebut "*brake horse power*" (Bhp). Tenaga total yang dapat dihasilkan dari piston mesin disebut "*indicated horse power*" (Ihp).

Dalam menentukan performa dari mesin terdapat beberapa indikator yang erat hubunganya dengan performa mesin yaitu :

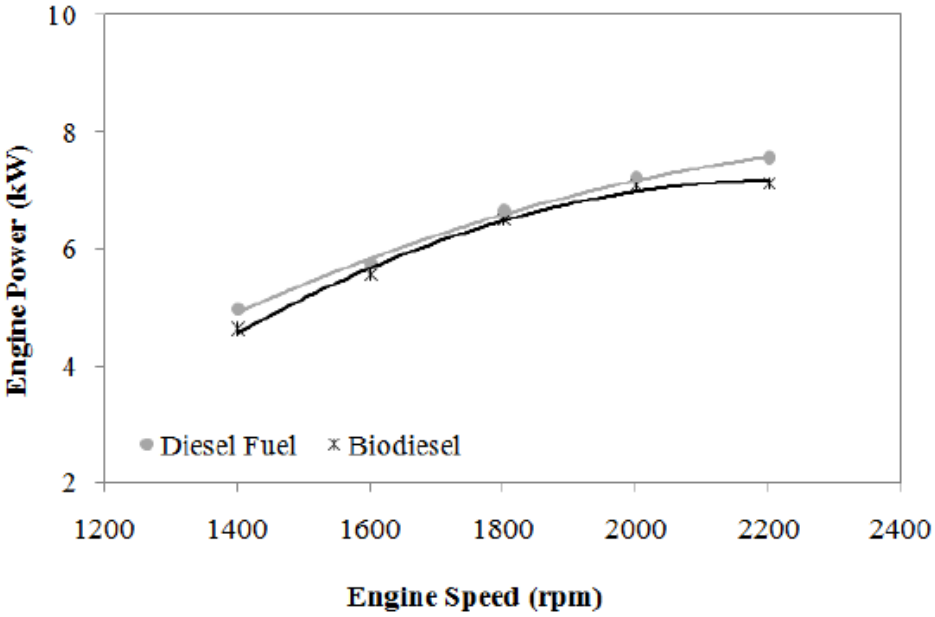
1. **Daya**

   Daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakan beban. Daya poros dibangkitkan oleh indikator daya, yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakan torak selanjutnya menggerakan semua mekanisme, sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik seperti pada torak dan dinding silinder dan gesekan antara poros dan bantalan. Menurut hasil penelitian dari Nirmala Dkk (2019), semakin beban bertambah maka nilai daya yang dihasilkan dari bahan bakar CD (Solar) tinggi dari pada bahan bakar WCOBD (biodiesel waste cooking oil) terlihat digambar 2.5, dikarenakan perbedaan dari nilai kalor yang terdapat di CD (Solar) lebih besar dari pada WCOBD (biodiesel *waste cooking oil*).



Gambar 2.5 Grafik perbandingan variabel beban mesin dengan daya dari bahan bakar solar dengan biodiesel waste cooking oil
(Sumber : Nirmala dkk, 2019)

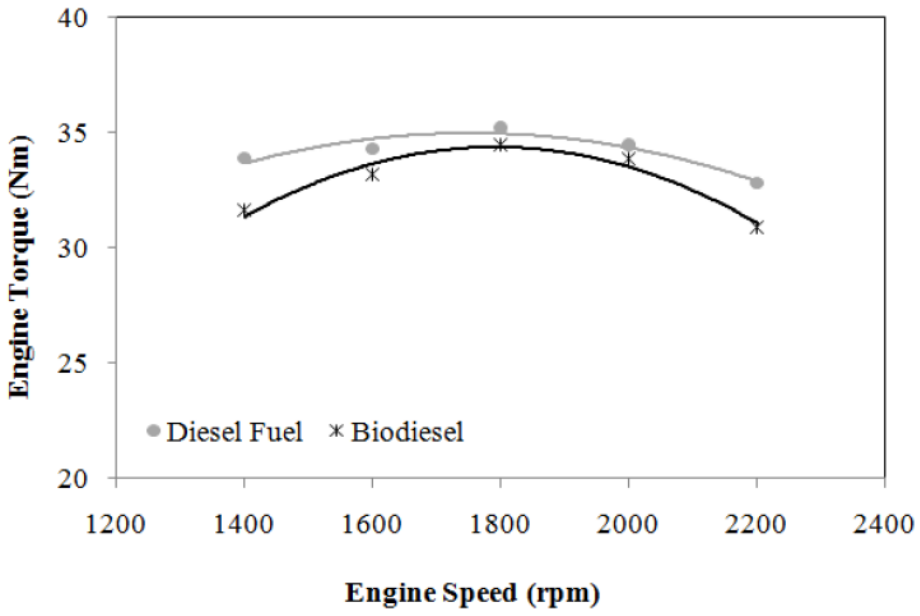
Menurut hasil penelitian dari Sugozu Dkk (2011), nilai daya yang dihasilkan dari bahan bakar Solar lebih tinggi dari pada bahan bakar biodiesel pada RPM 1400-2200 terlihat pada gambar 2.6. Heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar solar mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan.



Gambar 2.6 Grafik perbandingan daya bahan bakar solar dan biodiesel
(Sumber : Sugozu dkk, 2011)

2. Torsi

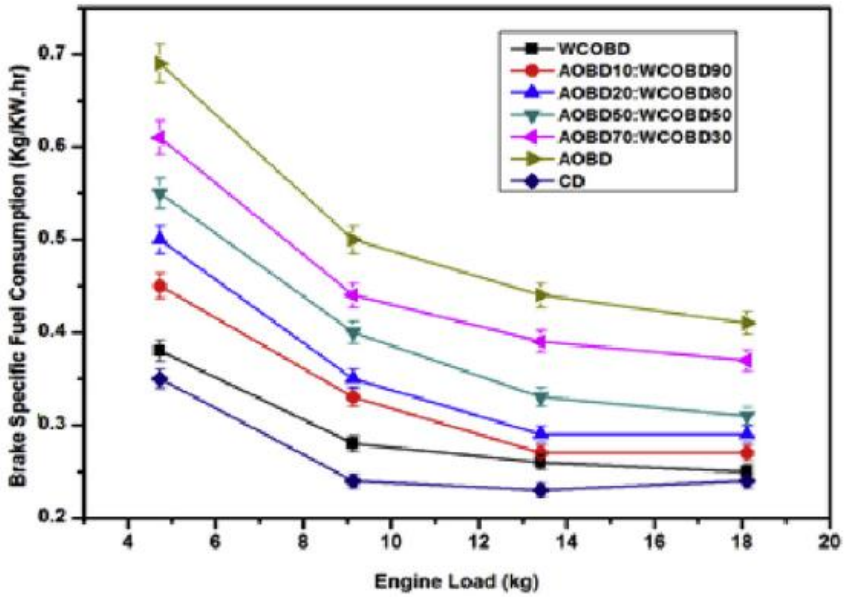
Torsi adalah tenaga untuk menggerakkan, menarik atau menjalankan sesuatu (*pulling power*). Satuan untuk torsi di internasional adalah *feet/lbs*, *feet-pounds* atau *Newtonmeter* (Nm). Torsi dihasilkan dari jarak dan kekuatan dan untuk menghitungnya adalah perkalian antara tenaga dengan jarak. Mesin dari kendaraan menghasilkan torsi dan menggunakannya untuk menggerakkan *crankshaft*. Jadi, torsi adalah tenaga yang digunakan pada suatu jarak tertentu. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Sugozu dkk (2018), nilai torsi yang didapatkan oleh bahan bakar solar lebih tinggi dibandingkan bahan bakar biodiesel terlihat di gambar 2.8. Dengan meningkatnya putaran mesin maka terjadi perbedaan torsi mesin bahan bakar biodiesel dan bahan bakar solar, dikarenakan viskositas biodiesel lebih tinggi daripada solar mempengaruhi karateristik injeksi. Serta *heating value* biodiesel juga rendah berdampak penurunan torsi mesin..



Gambar 2.7 Grafik perbandingan antara putaran engine dengan torsi *engine* dari bahan bakar solar dengan biodiesel B15 dan B20
(Sumber : Sugozu dkk, 2011)

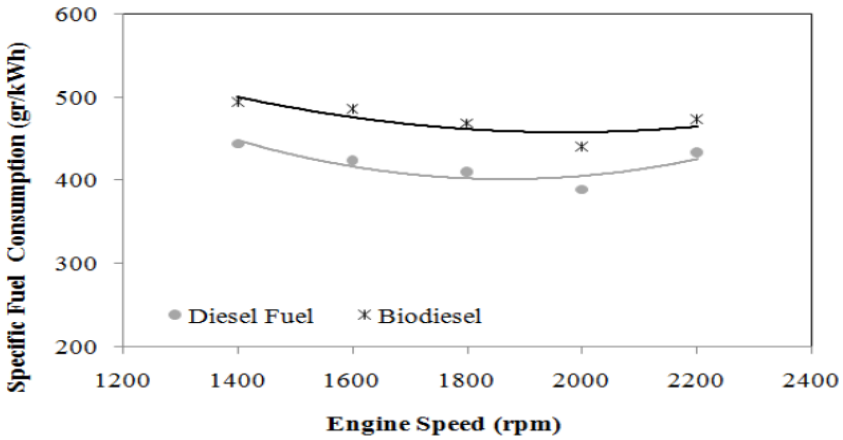
3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFOC)

Konsumsi bahan bakar secara spesifik merupakan perbandingan antara bahan bakar yang dikonsumsi dalam waktu tertentu dan tenaga yang dihasilkan oleh motor. Menurut hasil penelitian dari Nirmala Dkk (2019), nilai SFOC yang dihasilkan dari bahan bakar CD (Solar) lebih rendah dari pada bahan bakar WCOBD (biodiesel *waste cooking oil*), dikarenakan perbedaan dari nilai kalor yang terdapat di CD (Solar) lebih besar dari pada WCOBD (*biodiesel waste cooking oil*) terlihat di grafik 2.8.



Gambar 2.8 Grafik perbandingan antara beban mesin dengan SFOC dari bahan bakar solar dengan *waste cooking oil*
(Sumber : Nirmala dkk, 2019)

Menurut hasil penelitian dari Sugozu Dkk (2011), bahwa density,jumlah,viskositas, dan heating value atau nilai kalor mempengaruhi spesifik konsumsi bahan bakar. Kenyataannya bahwa nilai kalor dari bahwa nilai kalor dari bahan bakar biodiesel lebih rendah dari bahan bakar solar. Mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan jumlah energi yang sama. Kondisi ini menyebabkan konsumsi bahan bakar spesifik lebih tinggi daripada bahan bakar diesel seperti gambar 2.9.



Gambar 2.9 Grafik perbandingan antara SFOC dari bahan bakar solar dengan biodiesel
(Sumber : Sugozu dkk, 2011)

Berikut merupakan spesifikasi dari bahan bakar diesel dan biodiesel dari hasil penelitian (Nirmala dkk, 2019) terlihat digambar 2.11 dan (Sugozu dkk,2011) terlihat digambar 2.12 :

Parameter	Method	Algal oil Biodiesel (AOBD)	Waste Cooking oil Biodiesel (WCOBD)	AOBD10:WCOBD 90	AOBD20:WCOBD 80	AOBD50:WCOBD 50	AOBD70:WCOBD 30	Conventional Diesel (CD)
Density g/cc 15°C	ASTM D 1298	0.898	0.886	0.887	0.888	0.893	0.895	0.832
Kinematic Viscosity (cSt) @40°C	ASTM D 445	4.75	4.63	4.62	4.64	4.68	4.71	2.9
Acid Value (%)	ASTM D 664	0.48	0.37	0.39	0.38	0.42	0.46	0.03
Flash point by PMCC Method (°C)	ASTM D 93	140 °C	172 °C	168 °C	164 °C	161 °C	156 °C	58 °C
Fire point by PMCC Method (°C)	ASTM D 93	158 °C	184 °C	179 °C	173 °C	168 °C	164 °C	66 °C
Copper Strip corrosion @ 60°C for 3°h	ASTM D 130	1a(Slightly tarnish)	1a(Slightly tarnish)	1a(Slightly tarnish)	1a(Slightly tarnish)	1a(Slightly tarnish)	1a(Slightly tarnish)	1a(Slightly tarnish)
Cloud point (°C)	ASTM D 2500	1 °C	−5 °C	−4 °C	−3 °C	−2 °C	−1 °C	−6 °C
Pour point (°C)	ASTM D 2500	- 3 °C	−10 °C	−9 °C	−7 °C	−6 °C	−5 °C	−12 °C
Calorific value Cal/g	ASTM D 240	9862	9324	9462	9584	9673	9796	10114

Gambar 2.10 Properties Bahan Bakar Solar dan Biodiesel
(Sumber : Nirmala dkk, 2019)

Properties	Diesel Fuel	Biodiesel
Viscosity (mm^2/s)	2.82	7.098
Density (kg/m^3)	837	891.1
Flash Point (°C)	60	131
Heating Value (kJ/kg)	45604	39756

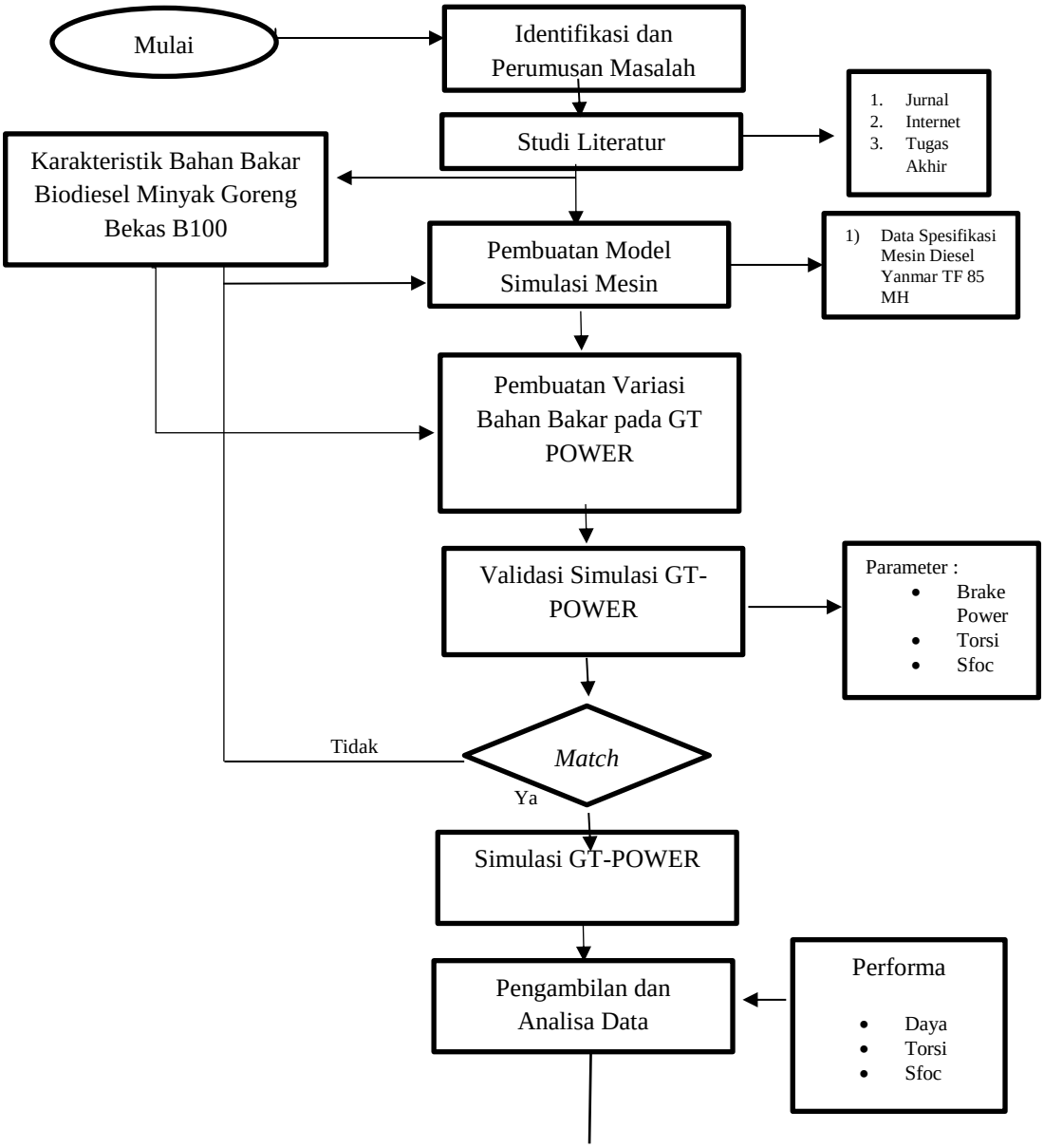
Gambar 2.11 Properties Bahan Bakar Solar dan Biodiesel
(Sumber : Sugozu dkk, 2011)

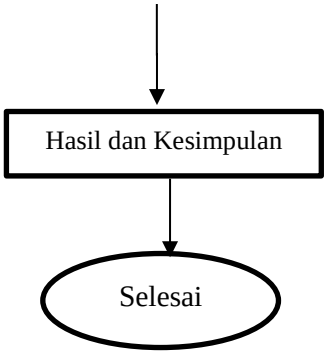
“Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan”

BAB III
METODOLOGI

3.1 Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir

Didalam pembuatan tugas akhir ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Dalam metodologi penelitian ini akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan alam pengerjaan tugas akhir ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya bisa dilihat pada diagram *flow chart* gambar 3.1.





Gambar 3 1 Flow Chart Penelitian

3.2 Identifikasi Perumusan Masalah

Pada tahap ini, perumusan masalah menjadi tahap awal dalam pengerjaan tugas akhir ini. Perumusan masalah dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari biodiesel dari hasil uji performa serta menentukan perbandingan campuran biodiesel sebagai variasi bahan bakar mesin diesel.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan pada tahapan pertama untuk menggali teori-teori dasar yang memiliki relevansi kuat terhadap permasalahan yang akan diteliti dalam proses tugas akhir ini. Tahapan ini bertujuan untuk pengetahuan dasar dan data-data penelitian sebelumnya yang digunakan sebagaikan penelitian selanjutnya maupun interseksi terlalu mirip. Teori-teori dasar yang digali karakteristik biodiesel B100 minyak goreng bekas serta standar pengujian performa pada mesin diesel.. Adapun beberapa macam teori-teori yang dapat mendukung dalam penelitian ini adalah jurnal, buku, internet, dsb

3.4 Pembuatan Model Simulasi Mesin

Pembuatan mesin diesel 4 langkah satu silinder menggunakan *software* GT-Power simulasi dengan mengacu pada standar spesifikasi mesin diesel 4 langkah injeksi langsung merek Yanmar tipe TF 85 MH. Pemodelan dilakukan dengan semirip mungkin dengan perancangan yang sudah dilakukan sehingga dapat diperoleh data untuk dianalisis.

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Yanmar TF 85 MH
(Sumber :www.lukesindonesia.com)

Tipe Mesin	Mesin Diesel
Jenis Mesin	4 Langkah
Sistem Pembakaran	*Direct Injection*
Jumlah Silinder	1 Silinder
Diameter x Panjang Langkah	85mm x 87mm
Saat Pengabutan	18° sebelum TMA
Volume Silinder	493 cc
Daya Kontinyu	7,5 dk/2200 rpm
Daya Max Sesaat	8,5 dk/2200 rpm

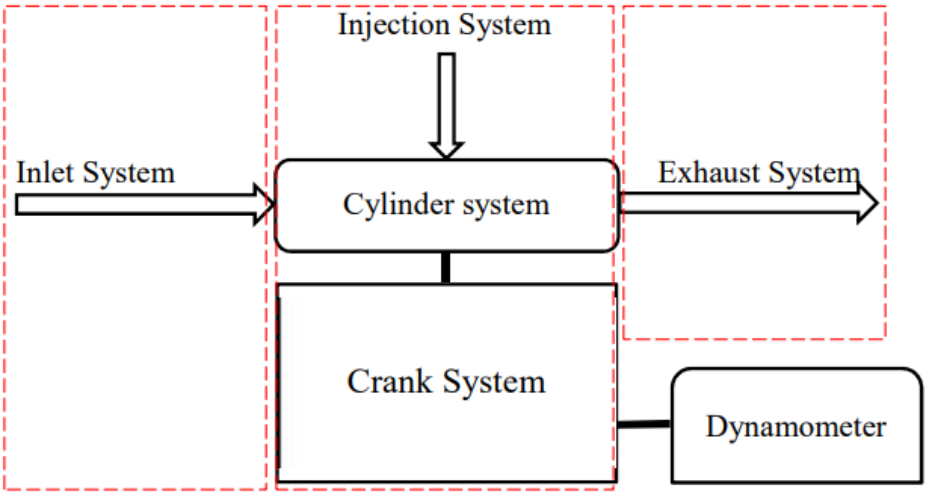
Torsi Maksimum	3,44 kg.m/1600 rpm
Perbandingan kompresi	18
Pemakaian Bahan Bakar	171 gr/dk.jam
Tekanan Injektor	200 kg/cm^2
Sistem pendingin	Hopper
Jenis Oli	SAE 40 kelas CC atau CD
Dimensi Mesin (mm)	672 x 330,5 x 496
Berat kotor	123,5 kg
Berat bersih	93 kg

Pemodelan dan simulasi dilakukan berdasarkan spesifikasi mesin diesel yang telah dirancang sebelumnya. Data spesifikasi dasar dapat dilihat pada tabel 3.1 Dalam pemodelan dan simulasi, terdapat tahapan-tahapan yang harus dilakukan sehingga menghasilkan data yang valid untuk dianalisa. Tahapan-tahapan untuk pemodelan adalah sebagai berikut:

3.4.1 Pengukuran Rancangan

Tahap yang pertama dilakukan dalam pemodelan simulasi mesin adalah tahap pengukuran rancangan. Hal ini dilakukan karena software memerlukan data yang sangat detail terkait dengan dimensi-dimensi mesin diesel dan kondisi lingkungan untuk mendapatkan simulasi yang lebih akurat.

3.4.2 Pembuatan Model Perbagian



Gambar 3.2 Skema Mesin Diesel
(Sumber : Muwaffaq 2016)

3.4.3 Mendefinisikan Objek

Untuk membuat model maka bagian-bagian motor diesel harus dibuat dengan memasukkan data sesuai dengan parameter yang dibutuhkan. Hal ini disebut dengan pendefinisian objek. Pada dasarnya model dibagi atas 3 sistem utama, antara lain: sistem *intake*, silinder dan sistem injeksi bahan bakar, dan sistem *exhaust*.

a) Sistem *intake* terdapat beberapa komponen yang harus didefinisikan,diantaranya :

1. *Inlet Environment*

   Langkah pertama adalah membuat batasan kondisi lingkungan dengan menentukan nilai seperti *pressure* sebesar 1 bar, *temperature* sebesar 303,15 K, dan kondisi udara lingkungan sesuai dengan kondisi normal.

Main | Options | Altitude and Humidity | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Pressure (Absolute)	bar	1
Temperature	K	303.15
Composition		air

Gambar 3.3 *Main* Folder dari *Inlet Environment*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Fluids

Attri...	Fluid Object	Mass or Volume Fraction
0		fraction
1	n2-vap	0.767
2	o2-vap	0.233

Gambar 3.4 *Composition* dari Udara Pada Simulasi
(Sumber : Simulasi GT-Power)

2. Sistem Perpipaan *Intake*

   Pada simulasi ini aliran udara dari inlet environment akan dialirkan melalui sistem perpipaan,sehingga perlu untuk didefinisikan. Pada tahap ini terdapat 2 komponen yang harus didefinisikan yaitu *intrunner* dan *intport* . Pada komponen *intrunner* dan *intport* dilakukan dengan mendefinisikan *basic geometry initial condition* dan *thermal*.

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Basic Geometry and Initial Conditions		
Diameter at Inlet End	mm	40.34
Diameter at Outlet End	mm	40.1
Length	mm	59.7
Discretization Length	mm	34.4
Initial State Name		initial
Surface Finish		
○ Smooth		
○ Roughness from Material		
◉ Sand Roughness	mm	def
Additional Geometry Options		
Radius of Bend	mm	ign
Angle of Bend	deg	ign
Pipe Elevation Change or 3D Acceleration Object	mm	ign
Number of Identical Pipes		def (=1.0)

Gambar 3.5 *Basic Geometry* dan *Initial Condition* dari *Intrunner*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Wall Temperature Method		
◉ Imposed Wall Temperature	K	323.15
○ Calculated Wall Temperature		
○ Wall Temperature from Connected Thermal Primitive		
○ Adiabatic		

Gambar 3.6 *Thermal* dari *Intrunner*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Basic Geometry and Initial Conditions		
Diameter at Inlet End	mm	40.5873
Diameter at Outlet End	mm	32.78
Length	mm	55.2
Discretization Length	mm	34.4
Initial State Name		initial
Surface Finish		
○ Smooth		
○ Roughness from Material		
◉ Sand Roughness	mm	def
Additional Geometry Options		
Radius of Bend	mm	ign
Angle of Bend	deg	ign
Pipe Elevation Change or 3D Acceleration Object	mm	ign
Number of Identical Pipes		def (=1.0)

Gambar 3.7 *Basic Geometry* dan *Initial Condition* dari *Intport*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

	Attribute	Unit	Object Value
	Wall Temperature Method		
◉	Imposed Wall Temperature	K	323.15
○	Calculated Wall Temperature		
○	Wall Temperature from Connected Thermal Primitive		
○	Adiabatic		

Gambar 3.8 *Thermal* dari *Intport*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

3. *Intake Valve*
   Pendefinisian pada objek ini meliputi geomerti, *lift profile*,dan karakteristik aliran.

Timing | Lift | Flow Coefficients | Output | Plots

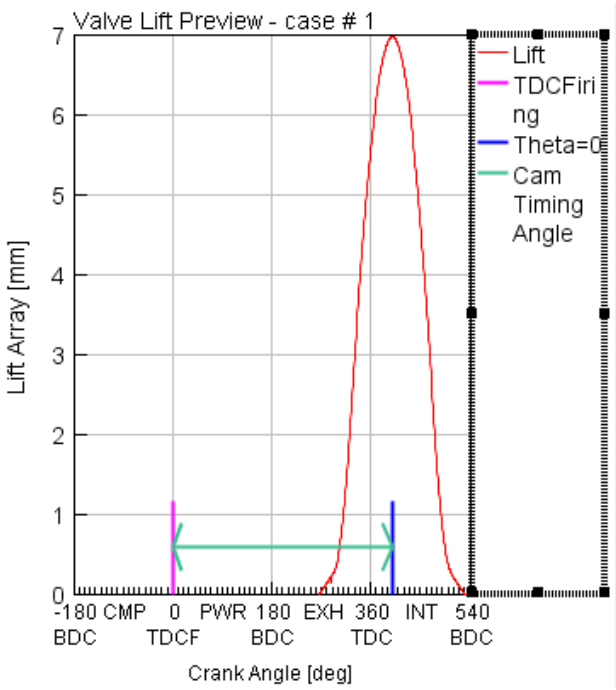
	Attribute	Unit	Object Value
	Cam Timing Angle	Cam Angle	199.5
	Cam Timing Anchor Reference		TDCFiring
	Cam Timing Lift Array Reference		Theta=0
	Source of Angle		
◉	Attached Cylinder		
○	Part on Map		ign
○	Driver Reference Object		ign

Gambar 3.9*Timing* dari *Intake Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Timing | Lift | Flow Coefficients | Output | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Valve Lash	mm	0.125
Variable Profile Dependency Object		ign
Dwell at Maximum Lift	Cam Angle	ign
Angle Multiplier		def (=1.0)
Lift Multiplier		def (=1.0)

Gambar 3.10 *Lift* dari *Intake Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

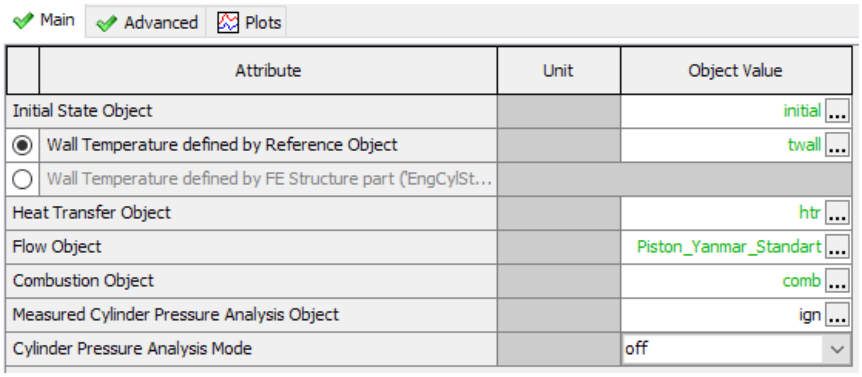


Gambar 3.11 *Lift Array* dari *Intake Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

b) Silinder, *crank*, dan sistem injeksi bahan bakar, terdapat beberapa komponen yang harus didefinisikan, diantaranya:

1. Silinder

   Untuk membuat model silinder membutuhkan input data seperti, objek referensi, seperti temperatur dinding silinder, aliran fluida, transfer panas, model pembakaran.



Main | Advanced | Plots

	Attribute	Unit	Object Value
	Initial State Object		initial
◉	Wall Temperature defined by Reference Object		twall
○	Wall Temperature defined by FE Structure part ('EngCylSt...		
	Heat Transfer Object		htr
	Flow Object		Piston_Yanmar_Standart
	Combustion Object		comb
	Measured Cylinder Pressure Analysis Object		ign
	Cylinder Pressure Analysis Mode		off

Gambar 3.12 *Main* Folder dari Silinder
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Altitude and Humidity

Attribute	Unit	Object Value
Pressure (Absolute)	bar	1
Temperature	C	30
Composition		air

Gambar 3.13 *Main* Folder dari Initial State Object
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main

Attribute	Unit	Object Value
Head Temperature	K	523.15
Piston Temperature	K	523.15
Cylinder Temperature	K	403.15

Gambar 3.14 *Main* Folder dari *Wall Temperature*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main

Attribute	Unit	Object Value
Piston Cup Diameter (Maximum)	mm	45
Piston Cup Depth at Maximum Diameter	mm	15.5
Piston Cup Diameter (Edge)	mm	45
Piston Cup Center Depth	mm	8.2

Gambar 3.15 *Main* Folder dari *Piston Cup Object*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Options | Advanced

Attribute	Unit	Object Value
Ignition Delay		3
Premixed Fraction		0.02
Tail Fraction		0.05
Premixed Duration		2
Main Duration		35
Tail Duration		40
Premixed Exponent		def (=0.7)
Main Exponent		def (=0.9)
Tail Exponent		def (=1.5)

Gambar 3.16 *Main* Folder dari *Combustion Object*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

2. Injektor Bahan Bakar
   Objek selanjutnya adalah injektor nozzle, untuk motor dengan tipe Direct Injection Compression Ignition (DICI) Atribut yang diisi antara lain, temperatur bahan bakar, jenis bahan bakar, sudut mulai terjadi pembakaran, massa bahan bakar yang diinjeksikan.

Mass | Timing | Fluid | Nozzle | Profile Settings | Profile | Plots

	Attribute	Unit	Object Value
	Injected Mass	See Cas...	[NJMASS]
☑	Air-to-Fuel Ratio Limit Methodology		TotalComposition
	Air-to-Fuel Ratio Limit		[AFR]

Gambar 3.17 *Mass* Folder dari *Injector*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Mass | Timing | Fluid | Nozzle | Profile Settings | Profile | Plots

	Attribute	Unit	Object Value
	Injection Timing	deg	-18
	Source of Angle		
○	Attached Cylinder		
◉	Part on Map		def
○	Driver Reference Object		ign

Gambar 3.18 *Timing* Folder dari *Injector*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Mass | Timing | Fluid | Nozzle | Profile Settings | Profile | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Fluid Object		[BahanBakar]
Injected Fluid Temperature	K	303.15
Vaporized Fluid Fraction		0

Gambar 3.19 *Fluid* Folder dari *Injector*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Mass | Timing | Fluid | Nozzle | Profile Settings | Profile | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Nozzle Hole Diameter	mm	0.3
Number of Holes per Nozzle		4
Nozzle Discharge Coefficient		def
Injector Location (for Injection into Pipes)		ign

Gambar 3.20 *Nozzle* Folder dari *Injector*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Attri...	Time or Angle Array	Pressure or Mass Array
0		bar
1	-18.0	0.0
2	-17.0	15.11111111
3	-16.0	18.11111111
4	-15.0	22.11111111
5	-14.0	27.11111111
6	-13.0	33.11111111
7	-12.0	40.11111111
8	-11.0	48.11111111
9	-10.0	57.11111111
10	-9.0	67.11111111
11	-8.0	78.11111111
12	-7.0	90.11111111
13	-6.0	103.1111111
14	-5.0	117.1111111
15	-4.0	132.1111111
16	-3.0	148.1111111
17	-2.0	165.1111111
18	-1.0	183.1111111
19	0.0	200.0
20	1.0	183.1111111
21	2.0	165.1111111
22	3.0	148.1111111
23	4.0	132.1111111
24	5.0	117.1111111
25	6.0	103.1111111
26	7.0	90.11111111
27	8.0	78.11111111

Gambar 3.21 *Profile* Folder dari *Injector*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

3. *Engine Cranktrain*
   Objek ini mendefinisikan tipe motor, susunan silinder, firing order, karakteristik crankshaft, dan karakteristik blok motor yang lainnya. Untuk membuat cranktrain atribut yang harus diisi pada *cranktrain* antara lain, tipe motor, putaran motor, nilai gesekan, geometri silinder, urutan pembakaran.

Main | Cylinder Geometry | Firing Order | RLT Norms | Inertia | Bearing Loads | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Engine Type		4-stroke
Speed or Load Specification		load
Engine Speed	See Cas...	[RPM]
Engine Friction Object or FMEP		friction
Start of Cycle (CA at IVC)		-110

Gambar 3.22 *Main* Folder dari *Cranktrain*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main

Attribute	Unit	Object Value
Constant part of FMEP	bar	0.03
Peak Cylinder Pressure Factor		0.004
Mean Piston Speed Factor	bar/(m/s)	0.053
Mean Piston Speed Squared Factor	bar/(m/s...	0.0006
Engine Speed Upon Entering Friction Transition Band	RPM	def (=2.0)

Gambar 3.23 *Main* Folder dari *Friction*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Piston-to-Crank Offset | Crank-Slider Compliance

Attribute	Unit	Object Value
Bore	mm	85
Stroke	mm	87
Connecting Rod Length	mm	118.1
Compression Ratio		18
TDC Clearance Height	mm	0.8

Gambar 3.24 *Main* Folder dari *EngCylGeom*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Cylinder Geometry | Firing Order | RLT Norms | Inertia | Bearing Loads | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Engine Effective Rotating Inertia	kg-m^2	1
Number of Periods at Initial Speed		def (=4.0)

Gambar 3.25 *Inertia* Folder dari *Cranktrain*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

4. *Load* Torsi
   Load Torsi bisa disebut juga Dinamometer yaitu komponen yang dibuat dan dikopel pada sisi engine *cranktrain*. Dinamometer berfungsi untuk mengatur pembebanan pada mesin dengan cara mengganti nilai *load* yang diinginkan untuk pembebanan.

Main | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Torque	See Cas...	[BEBAN]

Gambar 3.26 *Main* Folder dari *Torque*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

c) Sistem *exhasut* terdapat beberapa komponen yang harus didefinisakan, diantaranya:

1. *Exhaust Valve*
   Seperti pembuatan model katup *intake*, *exhaust valve* juga berfungsi untuk membuat karakteristik dari *camshaft* dan katup motor diesel. *Intake* model katup dibuat dengan memasukkan nilai diameter katup, valve lash, cam *timing angle*, dan juga *lift arrays*.

Timing | Lift | Flow Coefficients | Output | Plots

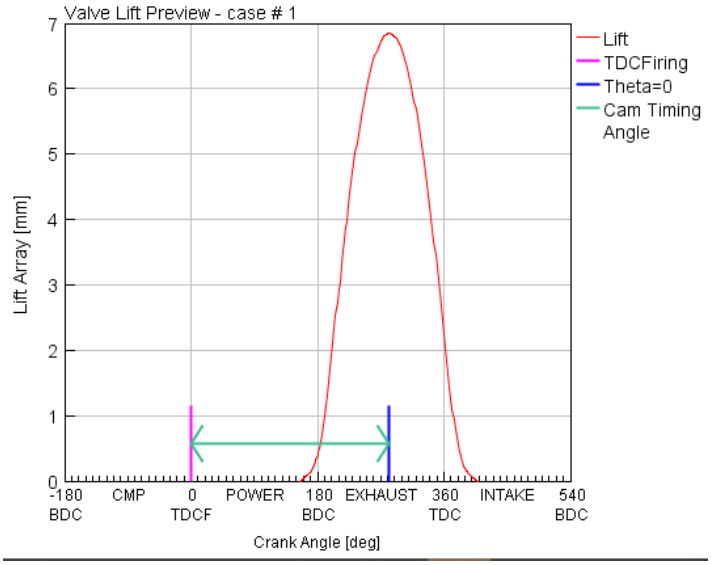
Attribute	Unit	Object Value
Cam Timing Angle	Cam Angle	141
Cam Timing Anchor Reference		TDCFiring
Cam Timing Lift Array Reference		Theta=0
Source of Angle		
◉ Attached Cylinder		
○ Part on Map		ign
○ Driver Reference Object		ign

Gambar 3.27 *Timing* Folder dari *Exhaust Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Timing | Lift | Flow Coefficients | Output | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Valve Lash	mm	0.25
Variable Profile Dependency Object		ign
Dwell at Maximum Lift	Cam Angle	ign
Angle Multiplier		def (=1.0)
Lift Multiplier		def (=1.0)

Gambar 3.28 *Lift* Folder dari *Exhaust Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)



Gambar 3.29 *Lift* Folder dari *Exhaust Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Timing | Lift | Flow Coefficients | Output | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Valve Reference Diameter	mm	32
Discharge Coefficient Reference Area Definition		curtain
Flow Coefficient Lift Unit		LiftOverDiam
Flow Area Multiplier		def (=1.0)
Number of Identical Holes		def (=1.0)

Gambar 3.30 *Flow Coefficient* Folder dari *Exhaust Valve*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

2. Sistem Perpipaan *Exhaust*

   Pada simulasi ini aliran gas buang akan dialirkan melalui sistem perpipaan,sehingga perlu untuk didefinisikan. Pada tahap ini terdapat 2 komponen yang harus didefinisikan yaitu *exhport* dan *ehxrunner* . Pada komponen *exhport* dan *ehxrunner* dilakukan dengan mendefinisikan *basic geometry*, *initial condition* dan *thermal*.

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Basic Geometry and Initial Conditions		
Diameter at Inlet End	mm	38.5873
Diameter at Outlet End	mm	30.78
Length	mm	30.2
Discretization Length	mm	46.75
Initial State Name		Gas_buang
Surface Finish		
○ Smooth		
◉ Roughness from Material		cast_iron
○ Sand Roughness	mm	
Additional Geometry Options		
Radius of Bend	mm	ign
Angle of Bend	deg	ign
Pipe Elevation Change or 3D Acceleration Object	mm	ign
Number of Identical Pipes		def (=1.0)

Gambar 3.31 *Main* Folder dari *Exhport*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Wall Temperature Method		
◉ Imposed Wall Temperature	K	489
○ Calculated Wall Temperature		
○ Wall Temperature from Connected Thermal Primitive		
○ Adiabatic		
Additional Thermal Options		
Heat Transfer Multiplier		1.5
Heat Input Rate	W	ign
Thermocouple Object		ign
◉ Heat Transfer Correlation (Colburn)		
○ User Defined Heat Transfer Model		ign
○ Heat Transfer Coefficient	W/(m^2-K)	
Condense/Evaporate Water Vapor (Non-Refrigerant Circuits)		off

Gambar 3.32 *Thermal* Folder dari *Exhport*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Basic Geometry and Initial Conditions		
Diameter at Inlet End	mm	38.44
Diameter at Outlet End	mm	38.1
Length	mm	152.7
Discretization Length	mm	32.4
Initial State Name		Gas_buang
Surface Finish		
○ Smooth		
◉ Roughness from Material		steel
○ Sand Roughness	mm	
Additional Geometry Options		
Radius of Bend	mm	ign
Angle of Bend	deg	ign
Pipe Elevation Change or 3D Acceleration Object	mm	ign
Number of Identical Pipes		def (=1.0)

Gambar 3.33 *Main* Folder dari *Exhrunner*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

Main | Thermal | Pressure Drop | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Wall Temperature Method		
◉ Imposed Wall Temperature	K	489
○ Calculated Wall Temperature		
○ Wall Temperature from Connected Thermal Primitive		
○ Adiabatic		
Additional Thermal Options		
Heat Transfer Multiplier		def (=1.0)
Heat Input Rate	W	ign
Thermocouple Object		ign
◉ Heat Transfer Correlation (Colburn)		
○ User Defined Heat Transfer Model		ign
○ Heat Transfer Coefficient	W/(m^2-K)	
Condense/Evaporate Water Vapor (Non-Refrigerant Circuits)		off

Gambar 3.34 *Thermal* Folder dari *Exhrunner*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

3. *End Environment*
   Langkah terakhir adalah membuat batasan kondisi lingkungan gas buang pembakaran. Pembuatan dilakukan seperti *"environment"* pada sisi inlet, yakni dengan menentukan nilai tekanan, temperatur, dan komposisi udara hasil sisa pembakaran.

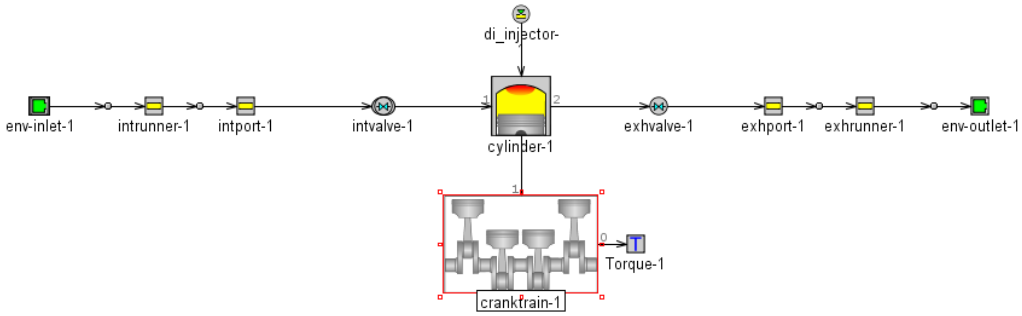
Main | Options | Altitude and Humidity | Plots

Attribute	Unit	Object Value
Pressure (Absolute)	bar	1
Temperature	K	303.15
Composition		air

Gambar 3.35 *Main* Folder dari *End-outlet*
(Sumber : Simulasi GT-Power)

3.4.4 Perangkaian Objek

Setelah pendefinisian objek selesai dilakukan, maka selanjutnya adalah perangkaian objek. Objek dirangkai sesuai dengan urutan sistem sehingga membentuk model mesin diesel yang utuh sesuai dengan skema pada Gambar 3.2



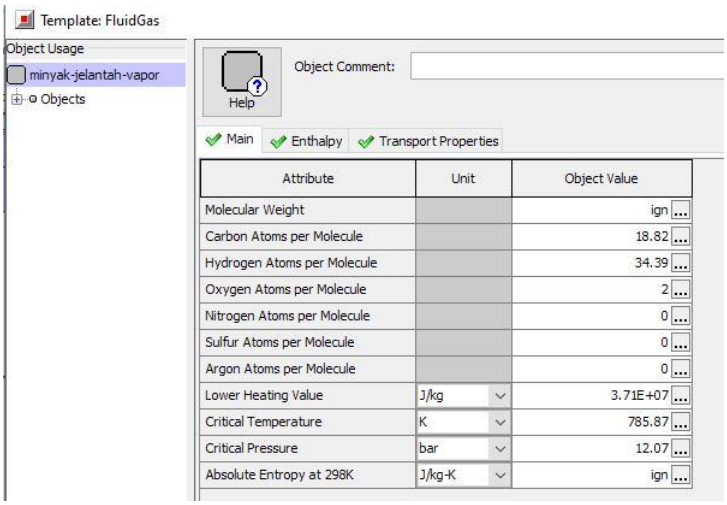
Gambar 3.36 Pemodelan Skema Mesin Yanmar TF 85 MH
(Sumber : Software GT-Power)

3.5 Pembuatan Variasi Bahan Bakar pada GT-POWER

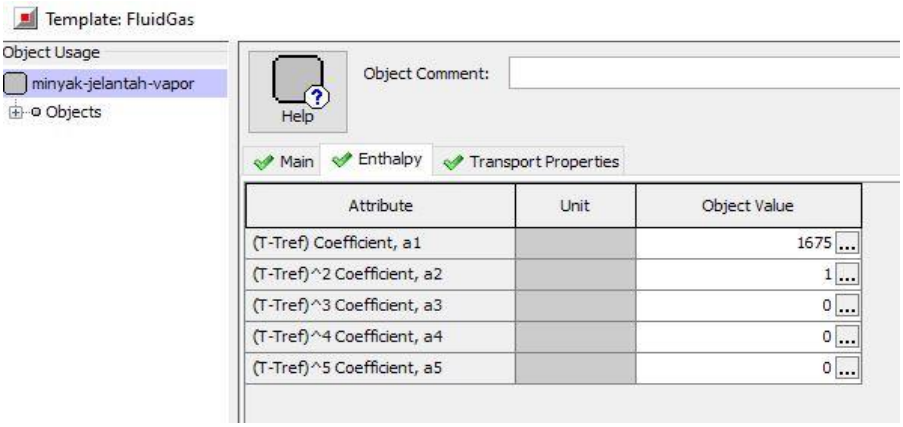
Pada penelitian ini menggunakan combine mixture pada simulasi GT-POWER untuk mendapatkan varian bahan bakar yang akan disimulasikan.

3.5.1 Input Data B100 Minyak Goreng Bekas

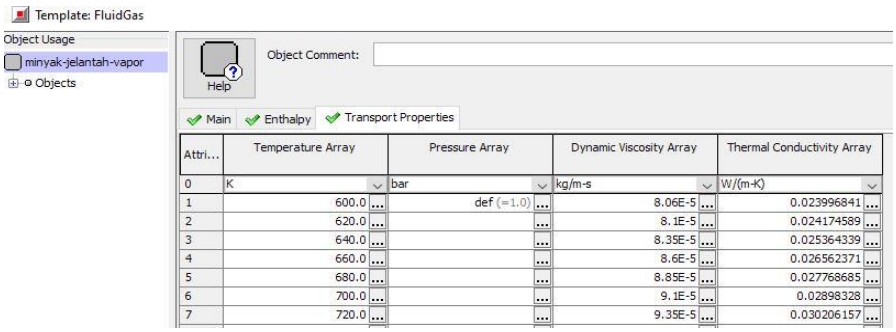
Pada tahapan ini dilakukan inputan karakteristik bahan minyak goreng bekas B100 yang telah didapatkan dari literatur Jurnal. Data yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam *template* "*References*" tab *"FluidGas"* kemudian klik 2 kali.



Gambar 3.37 *Input Main "FluidGas"* B100
(Sumber : Dokumen Pribadi)

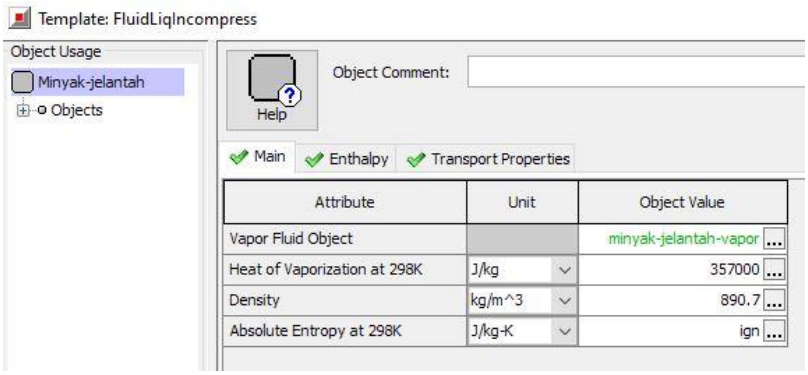


Gambar 3.38 *Input Enthalpy "FluidGas"* B100
(Sumber : Dokumen Pribadi)

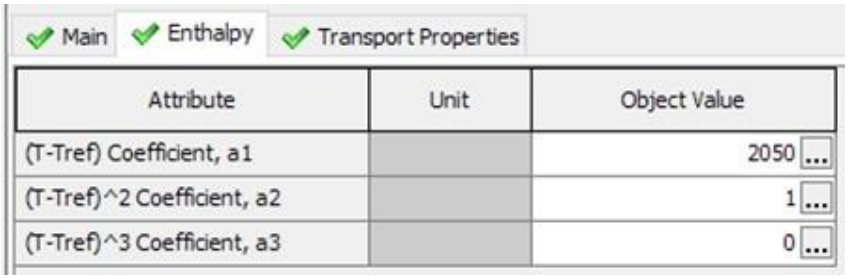


Gambar 3.39 *Input Transport Properties "FluidGas"*
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Setelah memasukkan data *"FluidGas"* B100 minyak goreng bekas,maka tab *"FluidLiqIncompressed"* dari dalam *template* "*References"* ,kemudian klik 2 kali.



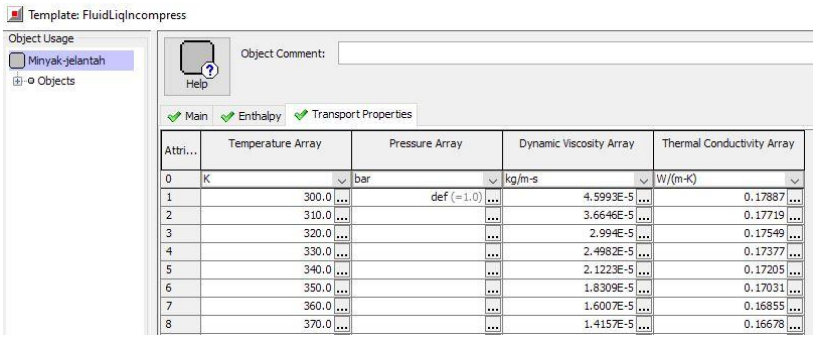
Gambar 3.40 *Input Main "FluidLiqIncompressed"* B100
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Main | Enthalpy | Transport Properties

Attribute	Unit	Object Value
(T-Tref) Coefficient, a1		2050
(T-Tref)^2 Coefficient, a2		1
(T-Tref)^3 Coefficient, a3		0

Gambar 3.41 *Input Enthalpy "FluidLiqIncompressed"* B100
(Sumber : Dokumen Pribadi)



Template: FluidLiqIncompress

Object Usage: Minyak-jelantah; Objects

Object Comment:

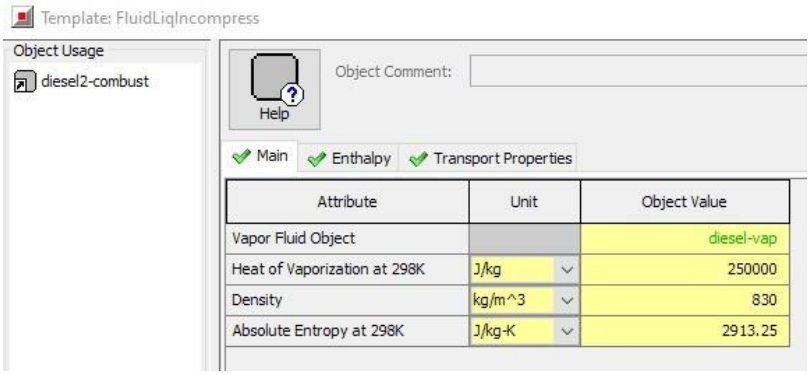
Main | Enthalpy | Transport Properties

Attri...	Temperature Array	Pressure Array	Dynamic Viscosity Array	Thermal Conductivity Array
0	K	bar	kg/m-s	W/(m-K)
1	300.0	def (=1.0)	4.5993E-5	0.17887
2	310.0		3.6646E-5	0.17719
3	320.0		2.994E-5	0.17549
4	330.0		2.4982E-5	0.17377
5	340.0		2.1223E-5	0.17205
6	350.0		1.8309E-5	0.17031
7	360.0		1.6007E-5	0.16855
8	370.0		1.4157E-5	0.16678

Gambar 3.42 *Input Transport Properties "FluidLiqIncompressed"* B100
(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5.2 Input Data HSD (Solar)

Dalam tahapan ini memasukkan nilai karateristik bahan bakar HSD yang didapatkan dari "template Library" GT. Tab "FindTemplate" kemudian cari "diesel2-combust" dan masukkan ke dalam "FluidLiqIncompressed".



Template: FluidLiqIncompress

Object Usage: diesel2-combust

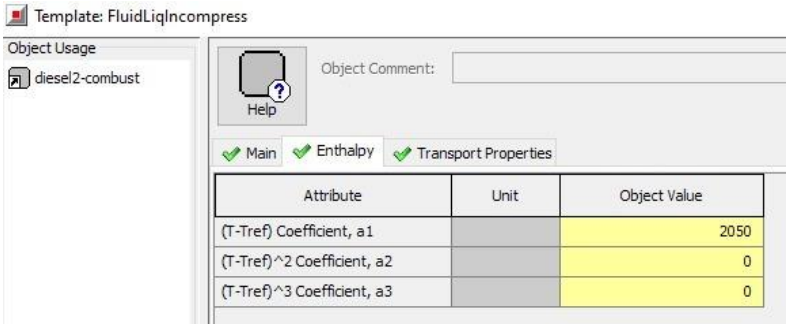
Object Comment:

Main | Enthalpy | Transport Properties

Attribute	Unit	Object Value
Vapor Fluid Object		diesel-vap
Heat of Vaporization at 298K	J/kg	250000
Density	kg/m^3	830
Absolute Entropy at 298K	J/kg-K	2913.25

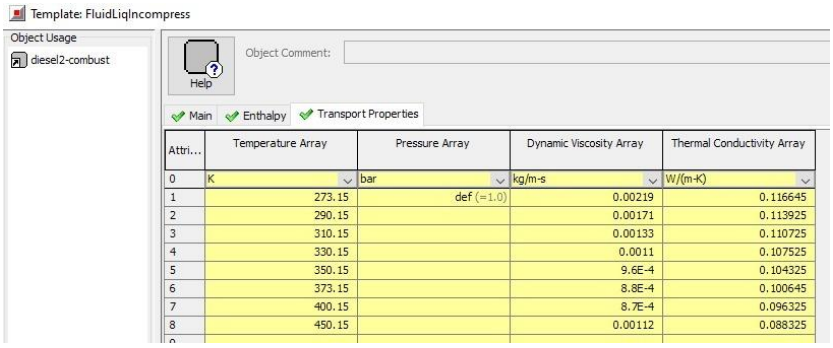
Gambar 3.43 *Input Main "fluidliqincompressed"* HSD (solar)

(Sumber : Dokumen Pribadi)



Gambar 3.44 *Input Enthalpy "fluidliqincompressed"* HSD (solar)

(Sumber : Dokumen Pribadi)

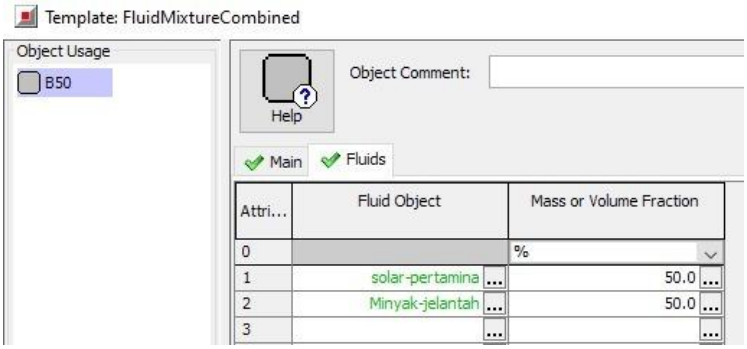


Gambar 3.45 *Input Transport Properties "fluidliqincompressed"* HSD (solar)

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5.3 Input Data B50

Tahapan dalam mendapatkankan karakteristik bahan bakar campuran antara biodiesel dengan HSD dapat menggunakan *Tools* yang terdapat pada GT-Power. *Tab "References"* klik *"FluidMixtureCombined"* untuk membuat bahan bakar B50.

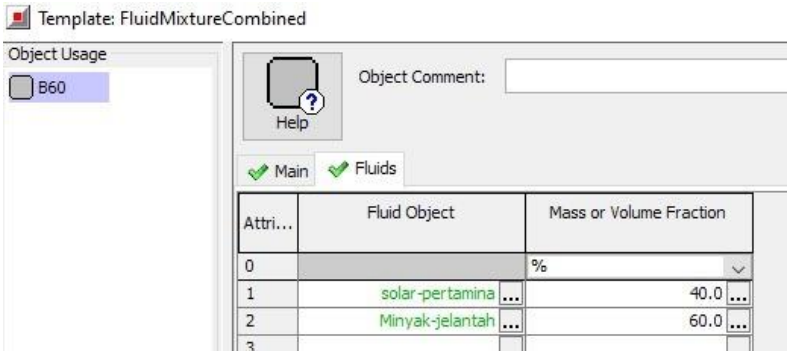


Gambar 3.46 *Input Fluids "fluidmixturecombined"* B50

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5.4 Input Data B60

Tahapan dalam mendapatkankan karakteristik bahan bakar campuran antara biodiesel dengan HSD dapat menggunakan *Tools* yang terdapat pada GT-Power. *Tab "References"* klik *"FluidMixtureCombined"* untuk membuat bahan bakar B60.

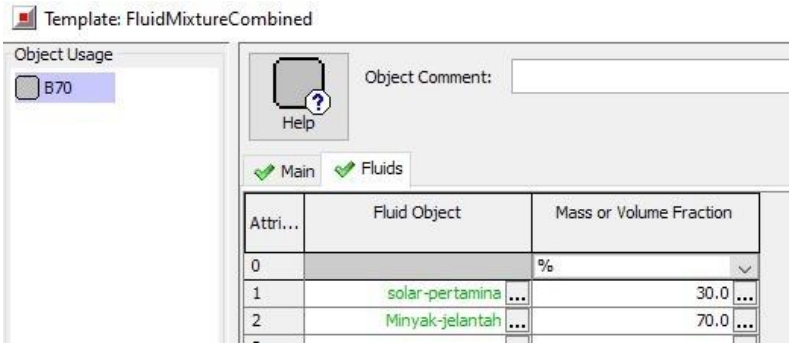


Gambar 3.47 *Input Fluids "fluidmixturecombined"* B60

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5.5 Input Data B70

Tahapan dalam mendapatkankan karakteristik bahan bakar campuran antara biodiesel dengan HSD dapat menggunakan *Tools* yang terdapat pada GT-Power. *Tab "References"* klik *"FluidMixtureCombined"* untuk membuat bahan bakar B70.

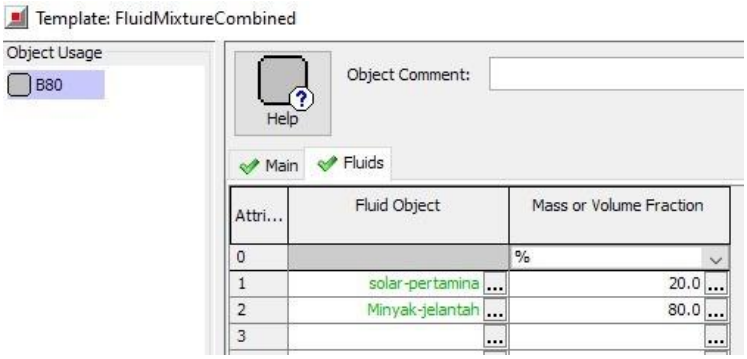


Gambar 3.48 *Input Fluids "fluidmixturecombined"* B70

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5.6 Input Data B80

Tahapan dalam mendapatkankan karakteristik bahan bakar campuran antara biodiesel dengan HSD dapat menggunakan *Tools* yang terdapat pada GT-Power. *Tab "References"* klik *"FluidMixtureCombined"* untuk membuat bahan bakar B80.

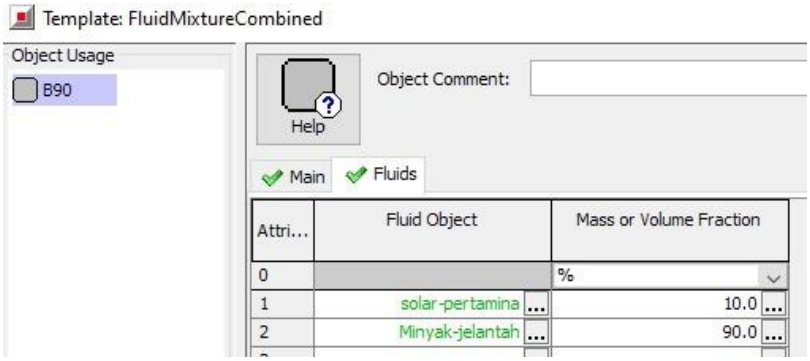


Gambar 3.49 *Input Fluids "fluidmixturecombined"* B80

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.5.7 Input Data B90

Tahapan dalam mendapatkankan karakteristik bahan bakar campuran antara biodiesel dengan HSD dapat menggunakan *Tools* yang terdapat pada GT-Power. *Tab "References"* klik *"FluidMixtureCombined"* untuk membuat bahan bakar B90.



Gambar 3.50 *Input Fluids "fluidmixturecombined"* B90

(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.6 Hasil karateristik Minyak Goreng Bekas

Untuk melihat hasil pembuatan campuran biodiesel dengan HSD,klik 2 kali "*View Result*". Tabel 3.3 merupakan karateristik bahan bakar yang disimulasikan di GT-POWER.

Pada permodelan ini mengunakan settingan didalam software yang memungkinkan pencampuran (*blend*) bahan bakar dilakukan secara komputasi. Dimana untuk melakukan itu diperlukan data pendukung atas karakteristik bahan bakar yang dibutuhkan yaitu B100 Jelantah, HSD pertamina. Berikut adalah inputan data dari masing-masing bahan bakar tersebut.

Tabel 3.2 Karateristik Bahan Bakar
(Sumber : Library Gt Power, Craddy dkk 2011, Komputasi Gt Power)

Fuel Properties	HSD	B100	B50	B60	B70	B80	B90
Density, kg/m3	836	890.7	863.4	868.82	874.29	879.8	885.23
Lower Heating Valve (MJ/kg)	43,25	37,11	39,76	39,14	38,52	37,92	37,33
Critical Temperature (K)	569.4	785.9	677.7	699.3	720.95	742.6	764.25
Critical Pressure (bar)	24.6	12.07	18.34	17.082	15.829	14.58	13.323

3.7 Validasi Simulasi GT-POWER

Pada penelitian ini melakukan validasi simulasi dengan cara mengkalibrasikan hasil data kalibrasi yaitu Daya, Torsi, dan SFOC dengan spesifikasi mesin yanmar TF-85 yang disimulasikan. Berikut hasil data kalibrasi dan spesikasi mesin yanmar TF-85 :

Tabel 3.3 Hasil Kalibrasi Simulasi GT-Power
(Sumber : Dokumen Pribadi)

HSD			
RPM	POWER (Kw)	TORQUE (N-m)	BSFC (gr/kw-h)
500	1.5844271	30.260328	282.64145
600	1.9778173	31.477942	268.28235
700	2.3680298	32.304314	258.16147
800	2.751818	32.847404	250.71738
900	3.1261702	33.1697	245.12404
1000	3.4907706	33.334404	240.76488
1100	3.8426309	33.358566	237.43828
1200	4.181567	33.275852	234.83461
1300	4.50431	33.086918	232.8921
1400	4.8130145	32.829216	231.34583
1500	5.103609	32.490585	230.2726
1600	5.377105	32.09223	229.52277
1700	5.6312118	31.63183	229.11383
1800	5.867771	31.129492	228.91557
1900	6.08444	30.580069	228.94571
2000	6.282582	29.997118	229.1506
2100	6.4565473	29.359753	229.66156
2200	6.6133823	28.70598	230.25352

Pada table 3.4 merupakan hasil kalibrasi dari simulasi GT-POWER, dan hasil data yang berwarna merah merupakan hasil data yang di bandingkan dengan spesifikasi *project guide* mesin yanmar TF-85 yaitu Daya, Torsi, dan SFOC.

Tabel 3.4 Perbandingan Spesifikasi dengan Kalibrasi
(Sumber : Dokumen Pribadi)

	Spesifikasi TF-85	Hasil Kalibrasi	Margin Error
Power Maksimal 2.200 RPM	6.33 Kw	6.61 KW	4.423380727
Torsi Maksimal 1600 RPM	33.73 Nm	32.09	4.862140528
		230.25 gr/Kw-H	4.07736084

SFOC Maksimal 2200 RPM	229.315 gr/Kw-H		
	Sumber : Project Guide TF-85	Sumber : Hasil Simulasi	

3.8 Simulasi GT-POWER

Simulasi pada *GT-Power* untuk performa dilakukan berdasarkan uji kinerja *engine* yang terdiri dari daya, torsi, dan SFOC dengan menggunakan beberapa variasi bahan bakar.

3.8.1 Simulasi Performa :

Variabel yang digunakan dalam pengujian performa adalah sebagai berikut :

- Variabel bebas : Bahan bakar HSD B50,B60,B70,B80,B90,B100
- Variable terikat : Daya; Torsi; SFOC
- -Variable control :-*speed Speed*(600,800,1000,
- 1200,1400,1600,1800,1900,2000,2100,dan 2200 rpm)

  - *Load* Torsi (100%; 75%; 50%; 25%; 10%;)

3.8.2 Pembebanan Pada Simulasi :

Pada simulasi GT-Power, nilai beban maksimal/100% didapatkan dengan cara merunning bahan bakar yang diujikan didalam simulasi tanpa tools “Load Torque”. Nilai beban maksimal pada setiap variasi bahan bakar digunakan untuk menentukan part load dan medium load yaitu 10%, 25%, 50%,75%. Setelah nilai variasi pembebanan torsi didapatkan, maka nilai pembebanan dimasukkan ke dalam tools “Load Torque” .

3.9 Pengambilan dan Analisa Data

Pada penelitian ini analisa data yang dilakukan adalah simulasi pengujian performa daya, Torsi, dan SFOC. Berbasis pemodelan mesin diesel *GT-POWER.*

3.10 Hasil dan Kesimpulan

Setelah semua tahapan proses dilakukan, maka selanjutnya adalah kesimpulan analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi ini. Selain itu diperlukan kritik dan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan skripsi supaya lebih sempurna.

BAB IV

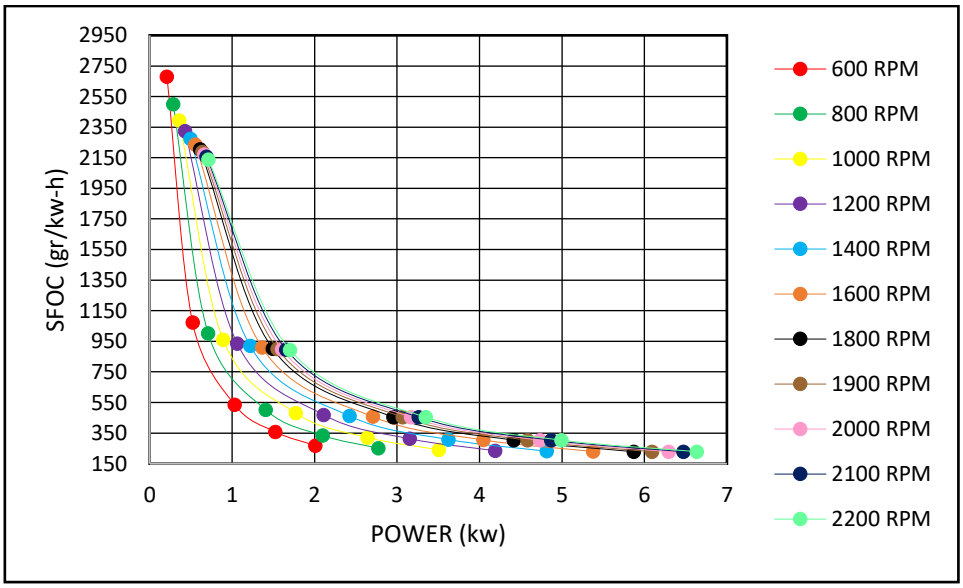
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Performa Motor Diesel Dengan Bahan Bakar HSD, B50, B60,B70,B80,B90,B100

Pada penelitian kali ini akan dilakukan uji performa untuk mengetahui pengaruh biodiesel B50-B100 pada simulasi mesin diesel Yanmar TF85-MH. Penelitian ini menggunakan software GT-POWER. Hasil dari percobaan ini nantinya akan menentukan performa dalam menggunakan bahan bakar B50-B100 dan akan dibandingkan dengan bahan bakar nabati yang sudah diperjual belikan dipasaran yaitu HSD. Putaran yang digunakan pada percobaan ini dimulai pada putaran 600 rpm,800 rpm,1000 rpm,1200 rpm,1400 rpm,1600 rpm, 1800 rpm, 1900 rpm, 2000 rpm, 2100 rpm, dan 2200 rpm dengan variasi beban torsi 10%, 25%, 50%, 75%, 100%.

Pada percobaan ini terdapat tujuh jenis bahan bakar yang akan digunakan. Jenis bahan bakar yang digunakan yaitu HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100. Untuk mengetahui performa yaitu Daya, Torsi, dan Sfoc maka pada penelitian ini menggunakan simulasi mesin pada software GT-Power..

4.1.1. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar HSD



Gambar 4 1 Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar HSD

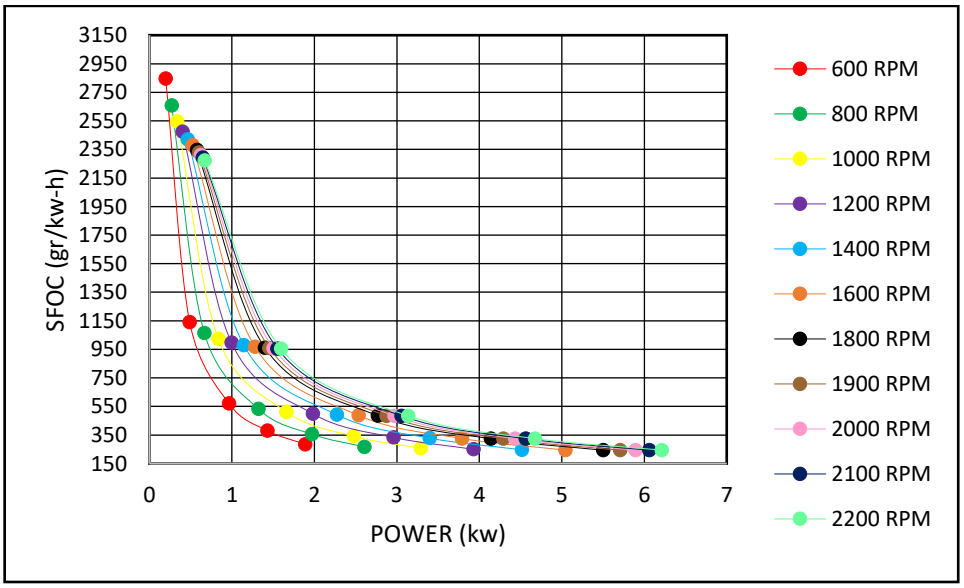
Berdasarkan dari grafik 4.1 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400,

yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.1 perbandingan SFOC daya pada bahan bakar HSD dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 6,63 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 6,47 Kw, lalu daya terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 6,29 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 6,09 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,87 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 5,37 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,81 Kw, pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 4,18 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3.50 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,77 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 2,00 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 228,57 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 228,42 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 228,13, pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 228,12 g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 228,25 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 229,11 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 231,11 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 234,71 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 240,72 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 250,71 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 268,26 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1900 rpm.

4.1.2. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B50



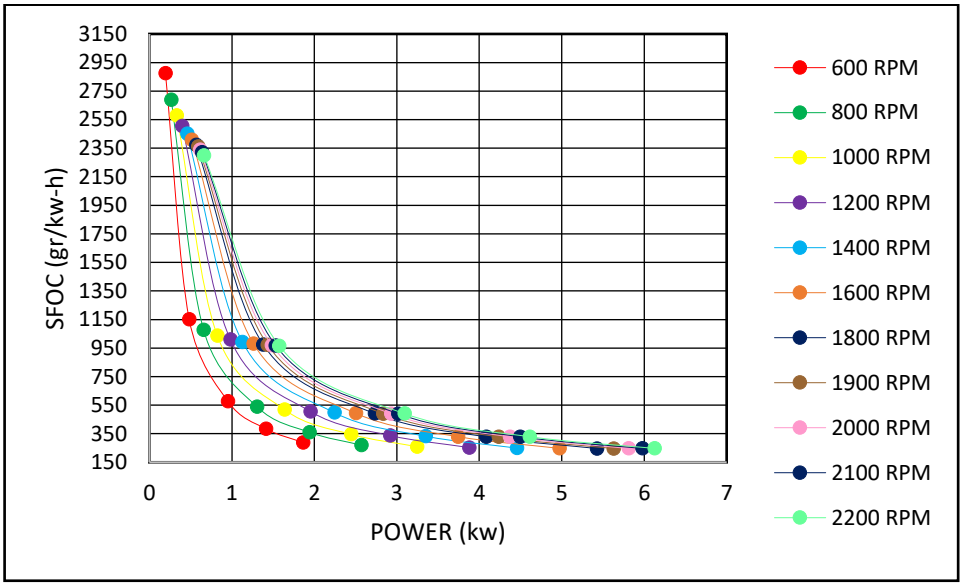
Gambar 4 2 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B50

Berdasarkan dari grafik 4.2 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400, yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.2 perbandingan SFOC daya pada bahan bakar B50 dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 6,21 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 6,05 Kw, lalu daya terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 5,89 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 5,70 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,50 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 5,04 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,51 Kw, pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 3,92 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3,28 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,60 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 1,88 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 244,26 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 243,82 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 243,52 g/kWh, pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 243,38 g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 243,47 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 244,27 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 246,28 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 249,98 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 256,19 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 266,56 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 284,91 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1900 rpm.

4.1.3. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B60



Gambar 4 3 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B60

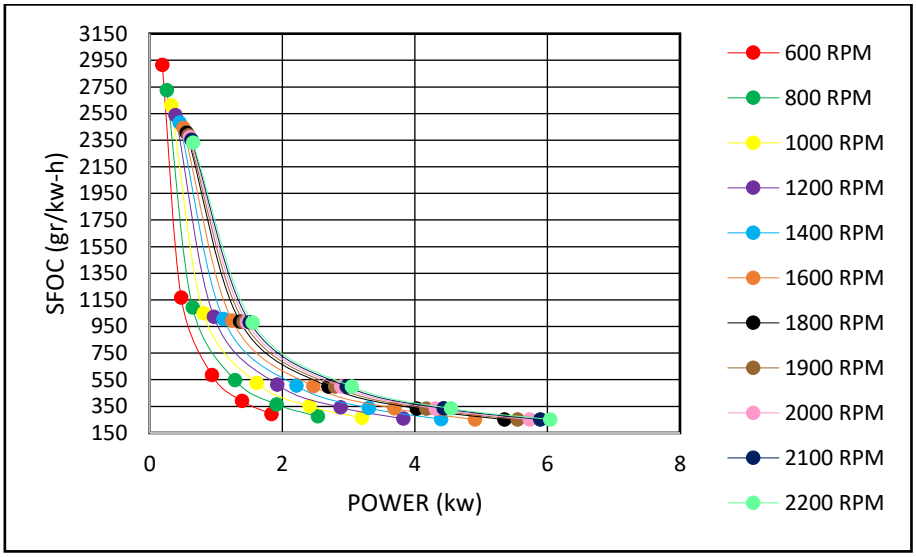
Berdasarkan dari grafik 4.3 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400, yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.3 perbandingan SFOC daya pada bahan bakar B60 dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 6,12 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 5,97 Kw, lalu daya terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 5,81 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 5,62 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,42 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 4,97 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,45 Kw, pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 3,87 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3,24 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,57 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 1,86 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 247,62 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 247,20 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 246,84 g/kWh , pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 246,72

g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 246,78 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 247,54 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 249,55 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 253,24 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 259,49 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 269,91 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 288,29 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1900 rpm.

4.1.4. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B70



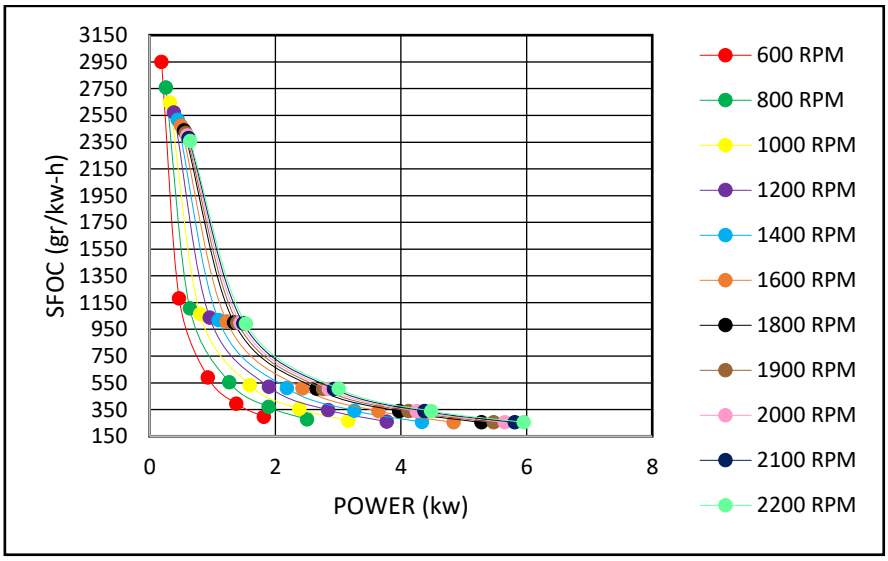
Gambar 4 4 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B70

Berdasarkan dari grafik 4.4 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400, yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.4 perbandingan SFOC daya pada bahan bakar B70 dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 6,04 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 5,89 Kw, lalu daya terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 5,73 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 5,55 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,35 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 4,90 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,39 Kw, pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 3,82 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3,20 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,53 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 1,83 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 251,06 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 250,57 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 250,18 g/kWh , pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 250,03 g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 250,11 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 250,88 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 252,83 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 256,65 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 262,88 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 273,35 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 291,94 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1900 rpm.

4.1.5. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B80



Gambar 4 5 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B80

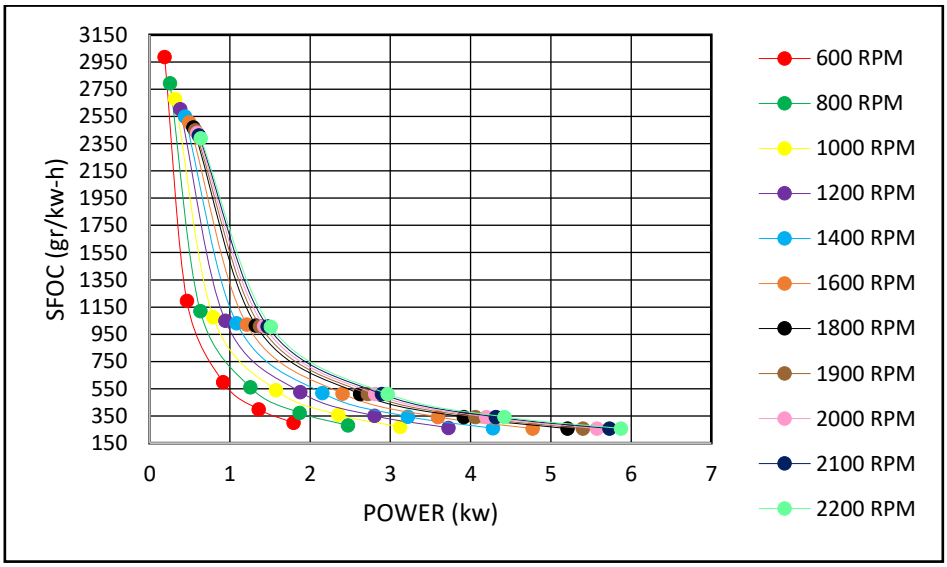
Berdasarkan dari grafik 4.5 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400, yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.5 perbandingan SFOC daya pada bahan bakar B80 dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 5,95 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 5,81 Kw, lalu daya terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 5,65 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 5,47 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,28 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 4,84 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,33 Kw,

pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 3,77 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3,16 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,50 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 1,81 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 254,62 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 254,12 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 253,66 g/kWh , pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 253,51 g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 253,56 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 254,27 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 256,25 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 260,02 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 266,23 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 276,78 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 295,40 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1900 rpm.

4.1.6. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B90



Gambar 4 6 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B90

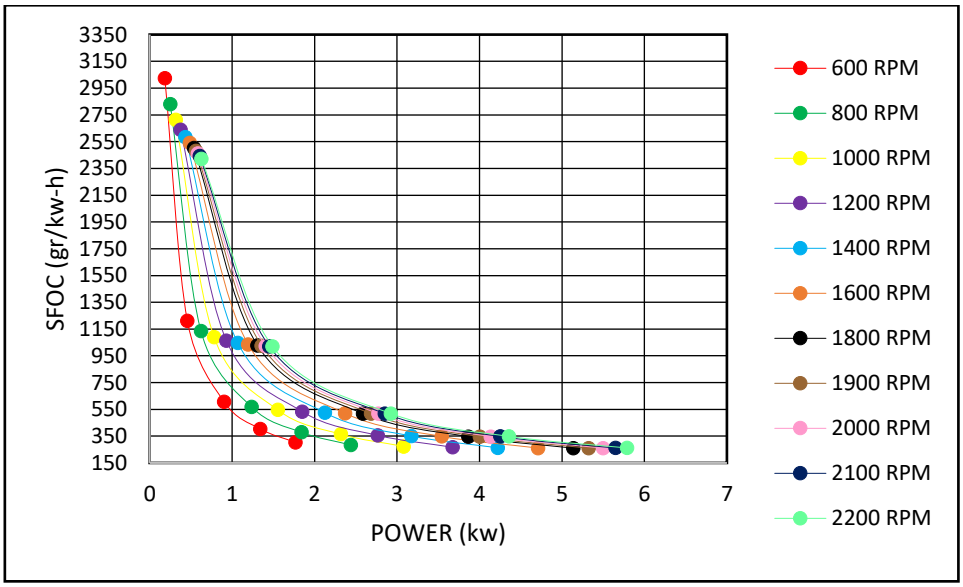
Berdasarkan dari grafik 4.6 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400, yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.6 perbandingan SFOC daya pada bahan bakar B90 dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 5,87 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 5,73 Kw, lalu daya

terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 5,57 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 5,39 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,20 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 4,77 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,27 Kw, pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 3,72 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3,11 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,47 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 1,79 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 258,22 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 257,69 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 257,22 g/kWh , pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 256,97 g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 257,08 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 257,74 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 259,71 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 263,41 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 269,73 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 280,32 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 299,14 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1900 rpm.

4.1.7. Grafik SFOC Vs Daya Berbahan Bakar B100



Gambar 4 7 Grafik SFOC VS Daya Berbahan Bakar B100

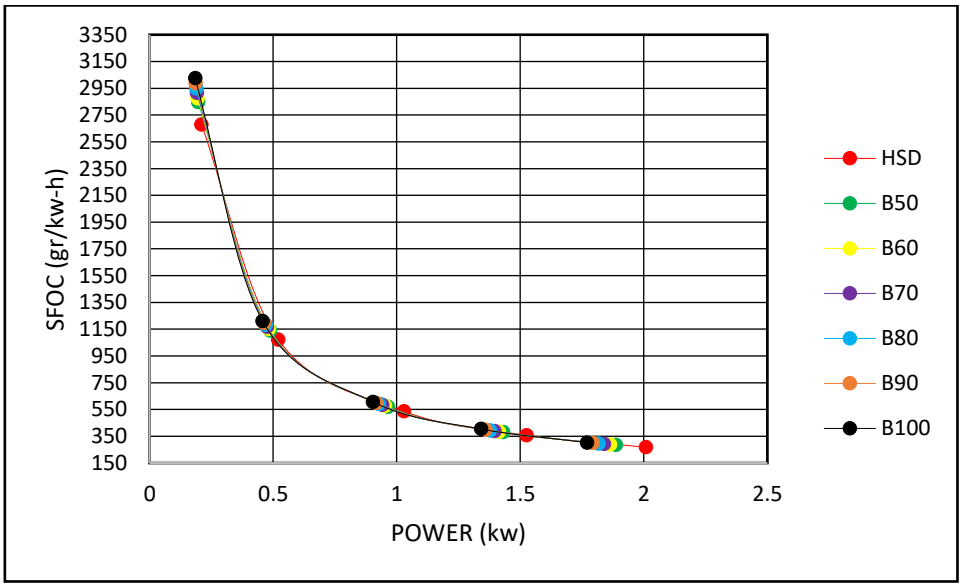
Berdasarkan dari grafik 4.7 dapat dilihat yang berwarna merah adalah rpm 600, yang berwarna hijau tua adalah rpm 800, yang berwarna kuning adalah rpm 1000, yang berwarna ungu adalah rpm 1200, yang berwarna biru muda adalah rpm 1400, yang berwarna orange adalah rpm 1600, yang berwarna hitam adalah rpm 1800, yang berwarna coklat adalah rpm 1900, yang berwarna merah muda adalah rpm 2000, kemudian yang berwarna biru tua merupakan rpm 2100 dan yang berwarna hijau muda adalah rpm 2200. Dari Grafik 4.7 perbandingan SFOC daya pada bahan

bakar B100 dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dihasilkan pada beban maksimal 100% untuk setiap putaran engine.

Untuk daya terbesar pada beban maksimal terdapat pada 2200 rpm sebesar 5,78 Kw, kemudian daya terbesar kedua pada 2100 rpm sebesar 5,65 Kw, lalu daya terbesar ketiga pada 2000 rpm sebesar 5,49 Kw, pada rpm 1900 memiliki daya sebesar 5,32 Kw, pada rpm 1800 memiliki daya sebesar 5,13 Kw, pada rpm 1600 memiliki daya sebesar 4,70 Kw, pada rpm 1400 memiliki daya sebesar 4,22 Kw, pada rpm 1200 memiliki daya sebesar 3,67 Kw, pada rpm 1000 memiliki daya sebesar 3,07 Kw, pada rpm 800 memiliki daya sebesar 2,44 Kw, dan pada rpm 600 memiliki daya sebesar 1,76 Kw.

Sedangkan untuk SFOC terendah pada masing-masing RPM terdapat pada beban maksimal 100%, pada rpm 2200 memiliki nilai SFOC sebesar 261,91 g/kWh, kemudian pada rpm 2100 memiliki nilai SFOC 261,35 g/kWh, pada rpm 2000 memiliki nilai SFOC 260,85 g/kWh , pada rpm 1900 memiliki nilai SFOC 260,66 g/kWh, pada rpm 1800 memiliki nilai SFOC 260,62 g/kWh, pada rpm 1600 memiliki nilai SFOC 261,34 g/kWh, pada rpm 1400 memiliki nilai SFOC 263,23 g/kWh, pada rpm 1200 memiliki nilai SFOC 266,93 g/kWh, pada rpm 1000 memiliki nilai SFOC 273,25 g/kWh, pada rpm 800 memiliki nilai SFOC 283,96 g/kWh, dan pada rpm 600 memiliki nilai SFOC 302,89 g/kWh. Untuk nilai SFOC terendah pada beban 100% terdapat pada 1800 rpm.

4.1.8. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 600



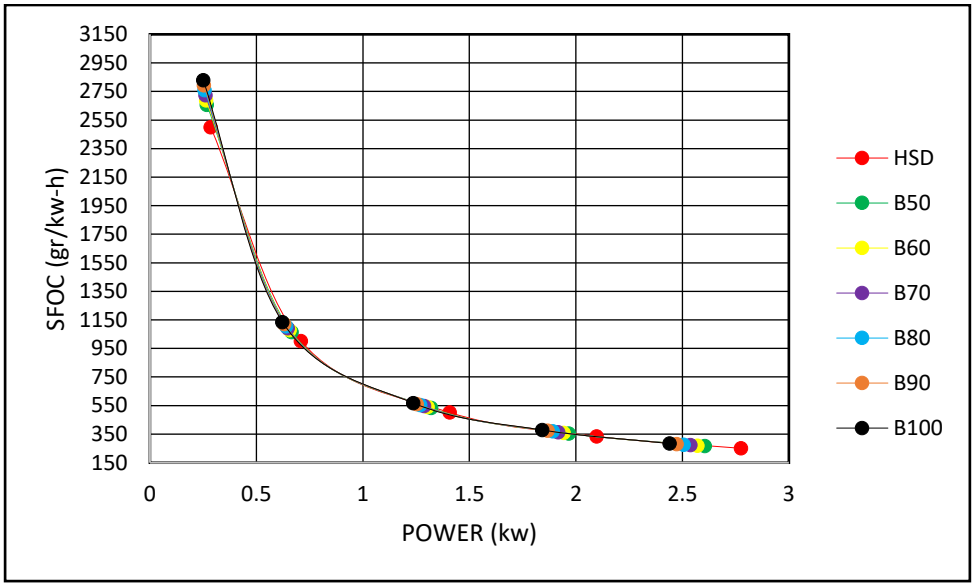
Gambar 4 8 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 600 rpm

Dari grafik 4.8 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 600 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 268,26 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 284,91 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 288,29 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 291,94 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 295,40 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 299,14 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 302,89 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.9. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 800



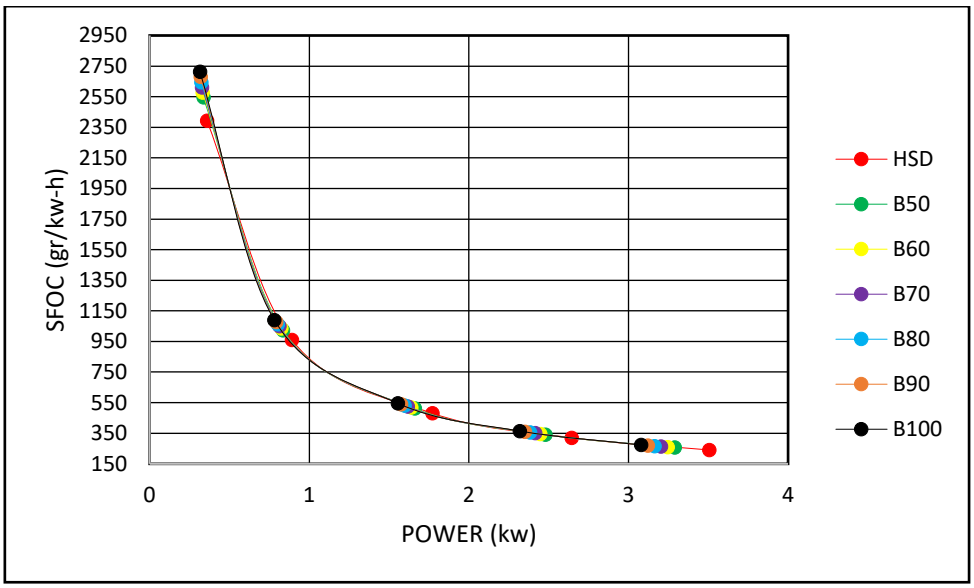
Gambar 4 9 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 800 rpm

Dari grafik 4.9 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 800 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 250,71 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 266,56 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 269,91 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 273,52 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 276,78 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 280,32 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 283,96 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.10. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1000



Gambar 4 10 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1000 rpm

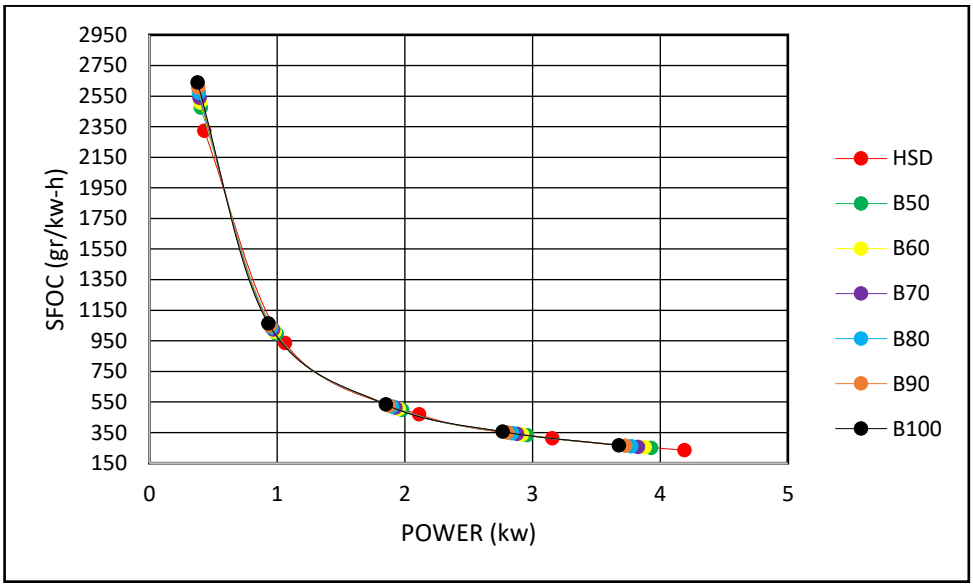
Dari grafik 4.10 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1000 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda

adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 240,72 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 256,19 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 259,49 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 262,88 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 266,23 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 269,73 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 273,25 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.11. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1200



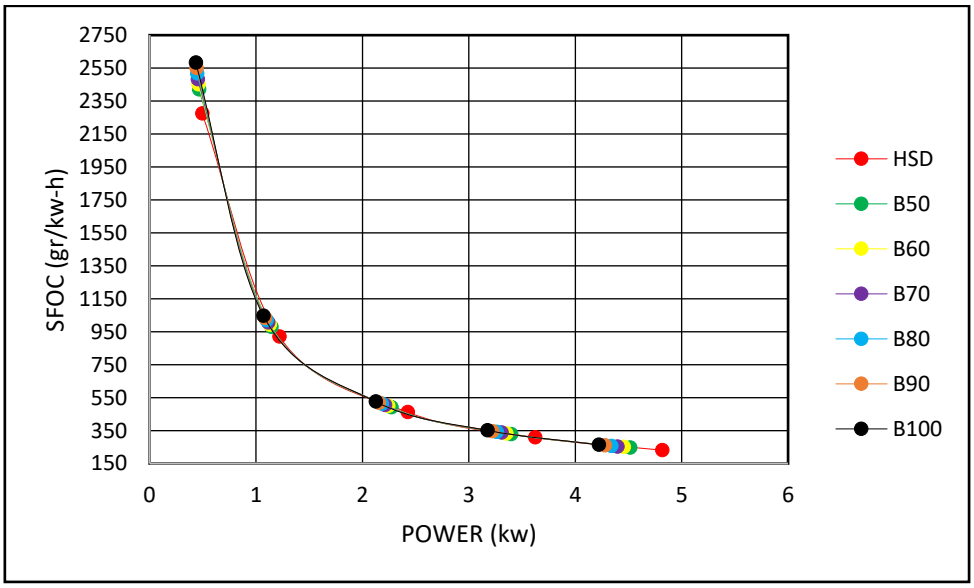
Gambar 4 11 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1200 rpm

Dari grafik 4.11 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1200 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 234,71 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 249,98 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 253,24 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 256,65 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 260,02 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 263,41 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 266,93 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.12. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1400



Gambar 4 12 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1400 rpm

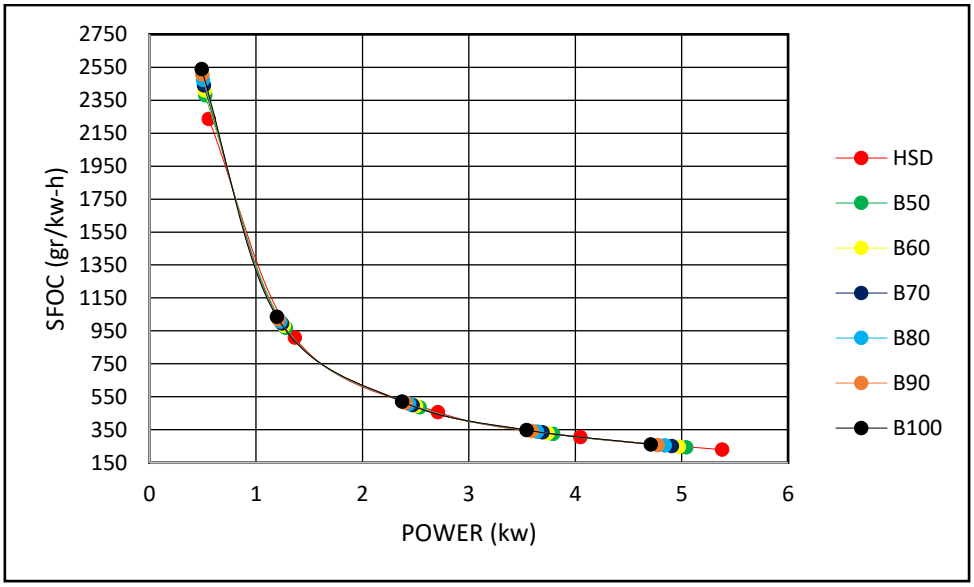
Dari grafik 4.12 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1400 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda

adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 231,11 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 246,28 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 249,55 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 252,83 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 256,25 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 259,71 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 263,23 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.13. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1600



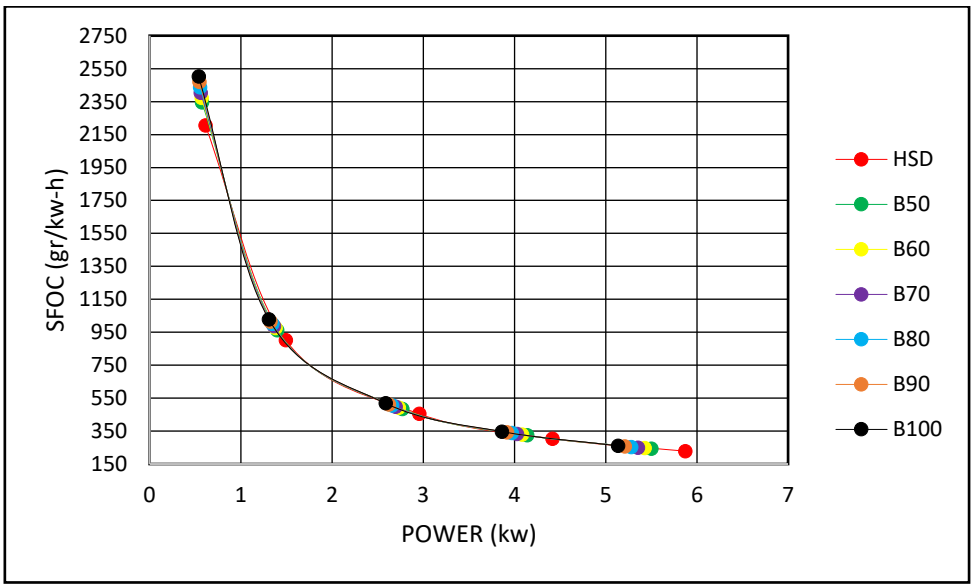
Gambar 4 13 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1600 rpm

Dari grafik 4.13 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1600 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 229,11 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 244,27 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 247,54 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 250,88 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 254,27 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 257,74 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 261,34 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.14. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1800



Gambar 4 14 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1800 rpm

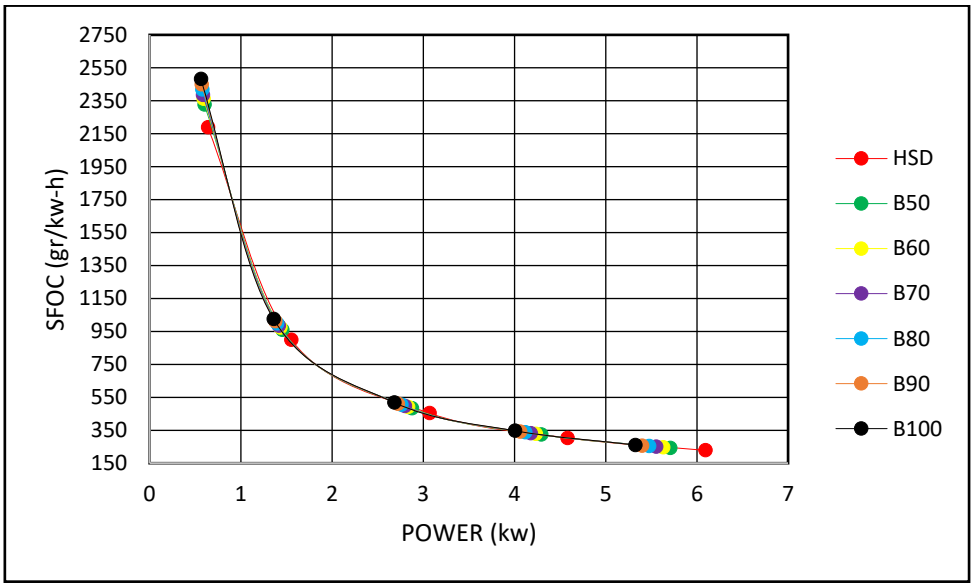
Dari grafik 4.14 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1800 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100.

Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 228,25 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,47 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 246,78 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 250,11 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 253,56 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 257,08 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 260,62 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.15. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 1900



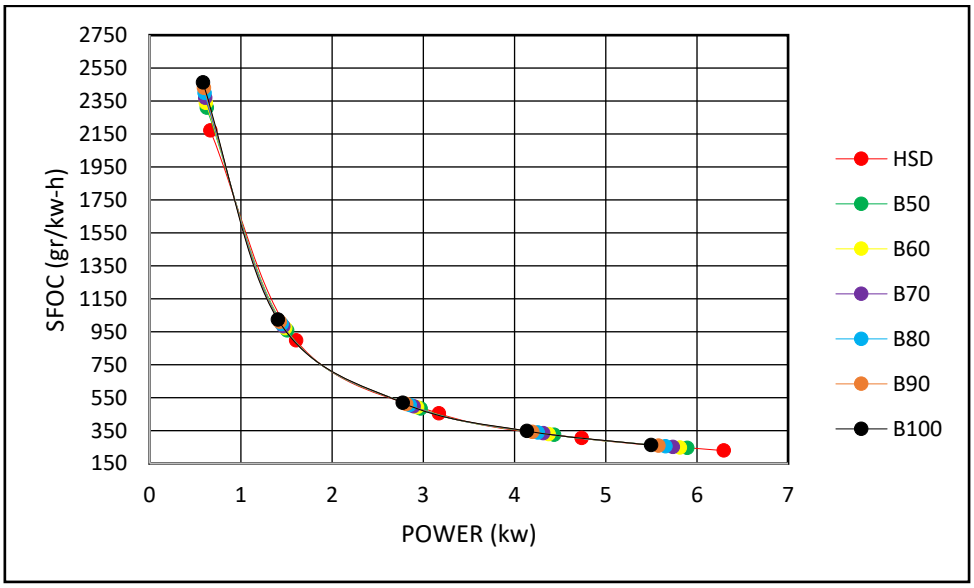
Gambar 4 15 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1900 rpm

Dari grafik 4.15 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 1900 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 228,12 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,38 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 246,72 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 250,03 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 253,51 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 256,97 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 260,66 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.16. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 2000



Gambar 4 16 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2000 rpm

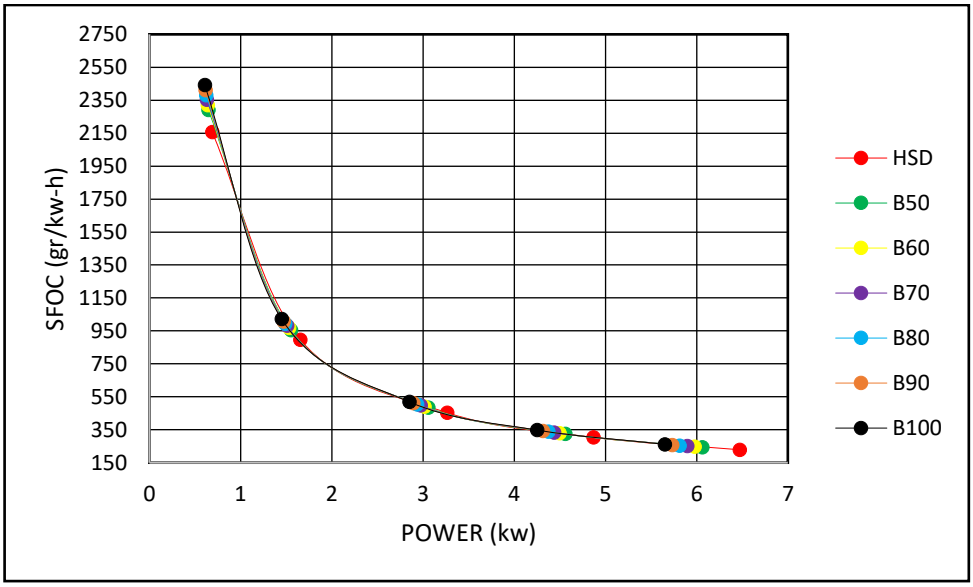
Dari grafik 4.16 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2000 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda

adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 228,13 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,52 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 246,84 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 250,18 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 253,66 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 257,22 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 260,85 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.17. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 2100



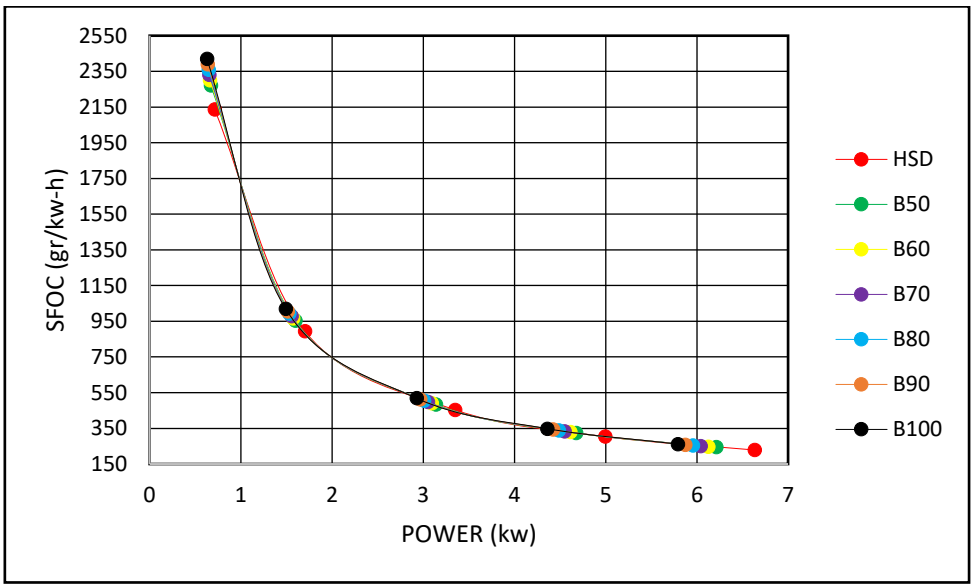
Gambar 4 17 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2100 rpm

Dari grafik 4.17 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2100 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 228,42 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,82 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 247,20 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 250,57 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 254,12 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 257,69 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 261,35 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.18. Perbandingan Antara Power terhadap SFOC pada Bahan Bakar HS, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada RPM 2200



Gambar 4 18 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2200 rpm

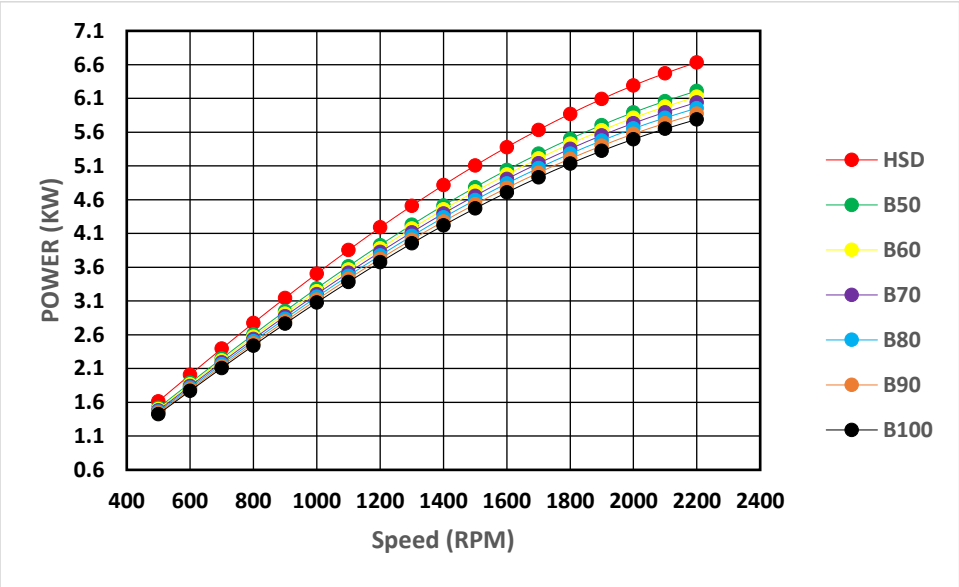
Dari grafik 4.18 Perbandingan Power terhadap SFOC pada Jenis Bahan Bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada 2200 rpm, yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100.

Berdasarkan grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100%. Pada bahan bakar HSD menghasilkan nilai SFOC terendah yaitu 228,57 g/kWh, pada kondisi yang sama bahan bakar B50 menghasilkan nilai SFOC terendah kedua sebesar 244,26 g/kWh, pada bahan Bakar B60 menghasilkan nilai SFOC terendah ketiga sebesar 247,62 g/kWh, pada Bahan bakar B70 menghasilkan nilai SFOC sebesar 251,06 g/kWh, pada bahan bakar B80 menghasilkan nilai SFOC sebesar 254,62 g/kWh, pada bahan bakar B90 menghasilkan nilai SFOC sebesar 258,22 g/kWh, pada bahan bakar B100 menghasilkan nilai SFOC sebesar 261,91 g/kWh.

Seperti terlihat pada grafik diatas bahwasannya pola trend hampir menyerupai satu sama lain dikarenakan daya yang dihasilkan pada 600 RPM dengan variasi beban cenderung menyerupai/sedikit selisihnya yang dihasilkan satu sama lain, namun terlihat jelas ada perbedaan SFOC tergambarkan maupun yang dijelaskan.

Maka dapat disimpulkan dari grafik diatas bahwa nilai SFOC terendah pada beban maksimal, dan nilai daya terbesar terletak pada beban maksimal. Bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC, daripada bahan bakar campuran biodiesel minyak goreng bekas pada beban maksimal, serta pada beban yang sama daya yang dihasilkan dari HSD lebih besar dari pada bahan bakar campuran biodiesel. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD, serta heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.19. Perbandingan Antara Putaran Engine terhadap Power pada kondisi Full Load.



Gambar 4 19 Perbandingan antara Putaran Engine terhadap Power pada Kondisi Full Load untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4.19 perbandingan antara Putaran *Engine* terhadap *power* pada kondisi *full load* untuk semua jenis bahan bakar, pada garis yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Pada grafik ini merupakan perbandingan performansi putaran mesin terhadap power pada semua jenis bahan bakar. Nilai ini didapat dari titik SFOC paling rendah yang telah dijelaskan pada grafik-grafik sebelumnya. Didapatkan daya tertinggi atau maksimum yaitu pada putaran 2200 rpm pada setiap bahan bakar, pada putaran 2200 rpm bahan bakar HSD memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 6,63 Kw, pada kondisi putaran yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 6,21 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 6,12 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 6,04 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 5,95 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 5,87 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 5,78 Kw.

Selanjutnya pada putaran 2100 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 6,47 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 6,05 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 5,97 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 5,89 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 5,81 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 5,73 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 5,65 Kw.

Pada putaran 2000 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 6,29 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 5,89 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 5,81 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 5,73 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 5,65 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 5,57 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 5,49 Kw.

Pada putaran 1900 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 6,09 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 5,70 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 5,62 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 5,55 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 5,47 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 5,39 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 5,32 Kw.

Selanjutnya pada putaran 1800 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 5,87 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 5,50 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 5,42 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 5,35 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 5,28 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 5,20 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 5,13 Kw.

Pada putaran 1600 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 5,37 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 5,04 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 4,97 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 4,90 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 4,84 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 4,77 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 4,70 Kw.

Pada putaran 1400 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 4,81 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 4,51 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 4,45 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 4,39 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 4,33 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 4,27 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 4,22 Kw.

Pada putaran 1200 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 4,18 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 3,92 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 3,87 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 3,82 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 3,77 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 3,72 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 3,67 Kw.

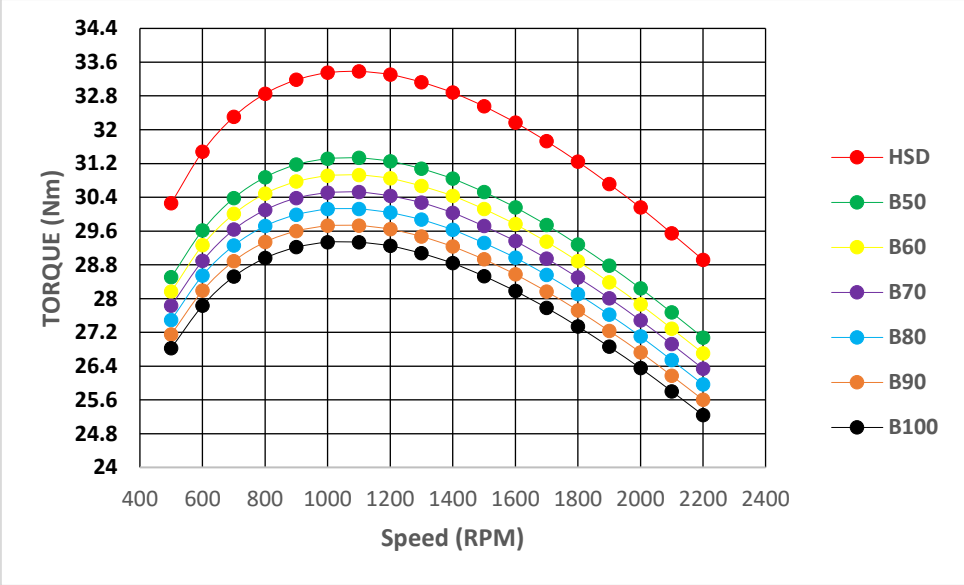
Pada putaran 1000 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 3,50 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 3,28 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 3,24 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 3,20 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 3,16 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 3,11 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 3,07 Kw.

Pada putaran 800 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 2,77 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 2,60 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 2,57 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 2,53 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 2,50 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 2,47 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 2,44 Kw.

Pada putaran 600 rpm terlihat pada grafik 4.19 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 2,00 Kw, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 1,88 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 1,86 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 1,83 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 1,81 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 1,79 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 1,76 Kw.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar putaran engine maka semakin besar daya yang dihasilkan, dan daya yang dihasilkan HSD lebih besar dari pada daya yang dihasilkan dari bahan bakar pencampuran biodiesel di setiap putaran. Menurut Sugozu dkk (2011) heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun.

4.1.20. Perbandingan Antara Putaran Engine terhadap Torsi pada kondisi Full Load.



Gambar 4 20 Perbandingan antara Putaran Engine terhadap Torsi pada Kondisi *Full Load* untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4.20 perbandingan antara Putaran *Engine* terhadap torsi pada kondisi *full load* untuk semua jenis bahan bakar, pada garis yang berwarna merah

merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Grafik 4.20 merupakan perbandingan antara nilai torsi maksimum dengan putaran pada tiap jenis bahan bakar, dimana nilai torsi terbesar didapatkan pada saat beban 100%. Pada putaran 600 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 31,47 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 29,61 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 29,26 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 28,89 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 28,54 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 28,18 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 27,8 Nm.

Pada putaran 800 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 32,85 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 30,87 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 30,48 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 30,09 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 29,71 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 29,33 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 28,95 Nm.

Pada putaran 1000 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 33,34 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 31,31 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 30,90 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 30,50 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 30,11 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 29,72 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 29,33 Nm.

Pada putaran 1100 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 33,38 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 31,33 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 30,92 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 30,52 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 30,12 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 29,72 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 29,33 Nm.

Pada putaran 1200 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 33,30 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 31,25 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 30,84 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 30,43 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 30,03 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 29,64 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 29,24 Nm.

Pada putaran 1400 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 32,87 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 30,83 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 30,43 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 30,03 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 29,62 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 29,23 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 28,83 Nm.

Pada putaran 1600 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 32,16 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 30,16 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 29,75 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 29,35 Nm, pada

bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 28,96 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 28,57 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 28,17 Nm.

Pada putaran 1800 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 31,24 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 29,27 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 28,88 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 28,49 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 28,10 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 27,71 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 27,33 Nm.

Pada putaran 1900 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 30,71 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 28,77 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 28,38 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 28,00 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 27,61 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 27,23 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 26,85 Nm.

Pada putaran 2000 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 30,15 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 28,24 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 27,85 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 27,48 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 27,10 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 26,72 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 26,35 Nm.

Pada putaran 2100 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 29,54 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 27,66 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 27,28 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 26,91 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 26,53 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 26,17 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 25,80 Nm.

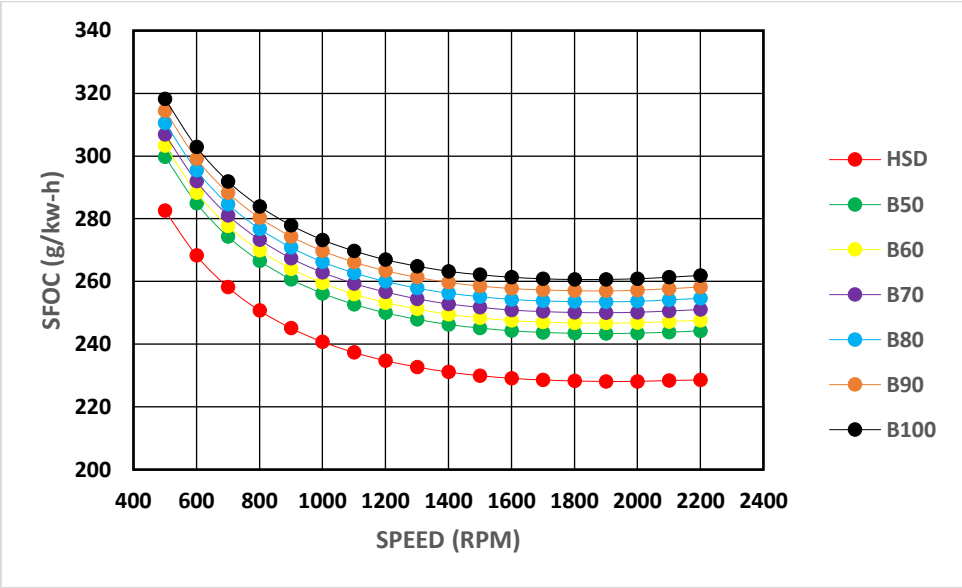
Selanjutnya ada putaran 2200 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 28,91 Nm, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 27,07 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 26,33 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 26,33 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 25,96 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 25,60 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 25,23 Nm.

Hal ini sesuai dengan kalkulasi dari software dan teori dimana torsi adalah didapat dari perhitungan antara perbandingan daya dengan RPM, sehingga kenaikan maksimalnya pada 1100 RPM. Dimana pada grafik juga terlihat kenaikan dari RPM rendah ke 1100, dan turun dari 1100 ke 2200. Kecenderungan torsi tersebut akan terus menurun seiring dengan penambahan RPM setelah titik puncaknya dan pengurangan RPM sebelum titik puncaknya. Hal tersebut sesuai perhitungan formula yang telah di formulakan didalam software

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, Hasil yang didapat bahwa bahan bakar HSD lebih besar nilai torsi dibanding B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada setiap putaran. Menurut Sugozu dkk (2011) Semakin penambahan persenan biodiesel maka semakin turun nilai torsi yang dihasilkan begitupula nilai kalor yang terkandung pada

setiap bahan bakar. Nilai kalor yang terkandung semakin rendah maka hasil torsi akan semakin turun.

4.1.21. Perbandingan Antara Putaran Engine terhadap SFOC pada kondisi Full Load.



Gambar 4 21 Perbandingan antara Putaran Engine terhadap SFOC pada Kondisi *Full Load* untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan grafik 4.21 perbandingan antara Putaran *Engine* terhadap SFOC pada Kondisi *Full Load*, pada garis yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100.

Pada grafik-grafik yang dijelaskan sebelumnya, bahwa nilai SFOC terendah terlihat pada beban maksimal 100% / *Full Load*. Pada putaran 600 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 268,26 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 284,91 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 288,29 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 291,94 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 295,40 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 299,14 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 302,98 g/kWh.

Pada putaran 800 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 250,71 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 266,56 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 269,91 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 273,35 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 276,78 g/kWh,

pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 280,32 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 283,96 g/kWh.

Pada putaran 1000 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 240,72 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 256,19 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 259,5 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 262,88 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 266,23 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 269,73 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 273,25 g/kWh.

Pada putaran 1200 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 234,72 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 249,99 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 253,24 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 256,65 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 260,62 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 263,41 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 266,93 g/kWh.

Pada putaran 1400 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 231,11 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 246,28 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 249,55 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 252,83 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 256,25 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 259,71 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 263,23 g/kWh.

Pada putaran 1600 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 229,11 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 244,27 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 247,54 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 250,88 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 254,27 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 257,74 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 261,34 g/kWh.

Pada putaran 1800 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 228,25 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,47 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 246,78 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 250,11 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 253,57 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 257,08 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 260,62 g/kWh.

Pada putaran 1900 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 228,12 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,38 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 246,72 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 250,03 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 253,51 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 256,97 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 260,66 g/kWh.

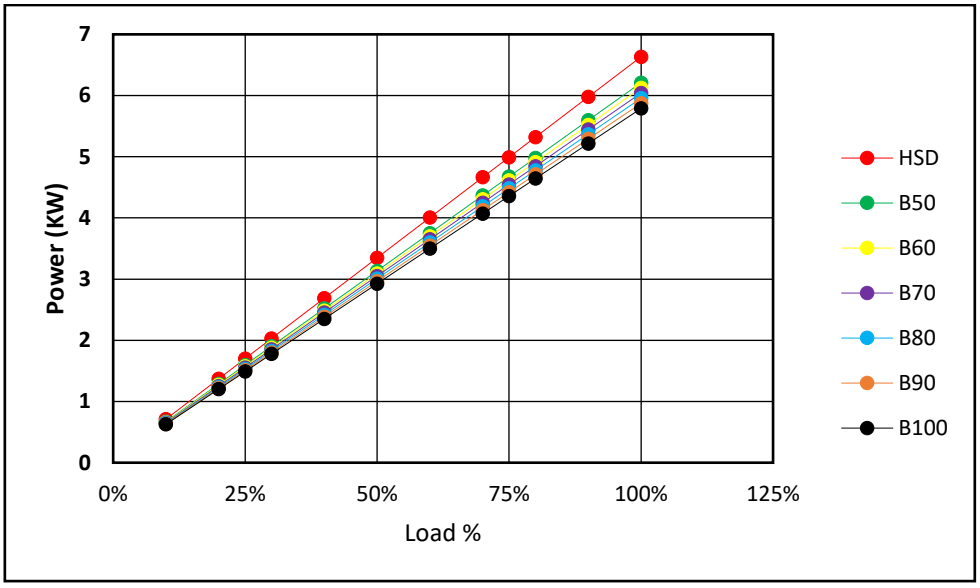
Pada putaran 2000 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 228,13 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,52 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 246,84 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 250,18 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 253,66 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 257,22 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 260,85 g/kWh.

Pada putaran 2100 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 228,42 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 243,82 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 247,20 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 250,57 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 254,12 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 257,69 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 261,35 g/kWh.

Pada putaran 2200 rpm terlihat bahwa bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 228,57 g/kWh, pada kondisi putaran sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 244,26 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 247,62 g/kWh, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 251,06 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 254,62 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 258,22 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 261,91 g/kWh.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa bahan bakar HSD,maupun variasi bahan bakar biodiesel minyak goreng bekas semakin besar putaran *engine* maka semakin menurun nilai SFOC, namun pada 2000 rpm mengalami peningkatan nilai SFOC pada bahan bakar HSD, B50, B60, B70, B80, B90 dikarenakan *engine* mengalami overload. Hal ini berbeda dengan bahan bakar B100, lebih dulu mengalami *engine overload* pada 1900 rpm. Hasil yang didapat bahwa bahan bakar HSD lebih rendah nilai SFOC dibanding B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada setiap putaran. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD.

4.1.22. Perbandingan Antara Variasi Beban terhadap Power pada kondisi RPM Maksimal



Gambar 4 22 Perbandingan antara Variasi Beban terhadap POWER pada Kondisi RPM Maksimal untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4.22 perbandingan antara Variasi Beban terhadap *power* pada kondisi RPM maksimal / 2200 untuk semua jenis bahan bakar, pada garis yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Pada grafik ini merupakan perbandingan performa variasi beban terhadap power pada semua jenis bahan bakar. Didapatkan daya tertinggi atau maksimum yaitu pada beban maksimal atau 100%. Pada setiap bahan bakar, pada beban 100% bahan bakar HSD memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 6,63 Kw, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 6,21 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 6,12 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 6,04 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 5,95 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 5,87 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 5,78 Kw.

Selanjutnya pada beban 75% terlihat pada grafik 4.22 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 4,99 Kw, pada kondisi beban sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 4,67 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 4,61 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 4,54 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 4,48 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 4,42 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 4,35 Kw.

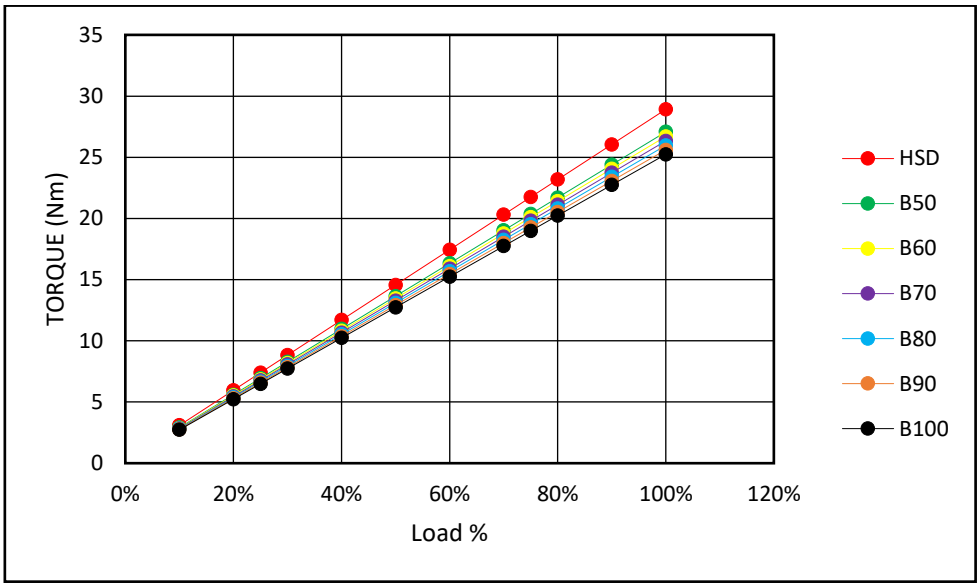
Pada beban 50% terlihat pada grafik 4.22 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 3,34 Kw, pada kondisi beban sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 3,13 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 3,09 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 3,05 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 3,00 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 2,96 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 2,92 Kw.

Pada beban 25% terlihat pada grafik 4.22 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 1,70 Kw, pada kondisi beban sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 1,59 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 1,57 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 1,55 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 1,53 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 1,51 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 1,49 Kw.

Selanjutnya pada beban 10% terlihat pada grafik 4.22 bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya yang tertinggi sebesar 0,71 Kw, pada kondisi beban sama bahan bakar B50 memiliki nilai daya tertinggi kedua sebesar 0,669 Kw, disusul bahan bakar B60 memiliki daya tertinggi ketiga sebesar 0,661 Kw, pada bahan bakar B70 memiliki daya sebesar 0,652 Kw, pada bahan bakar B80 memiliki daya sebesar 0,64 Kw, pada bahan bakar B90 memiliki daya sebesar 0,63 Kw, dan pada bahan B100 memiliki daya sebesar 0,62 Kw.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang di didapat, maka semakin besar daya yang dihasilkan. Pada setiap beban maupun sampai beban maksimal, nilai daya HSD lebih tinggi dibandingan nilai daya dari bahan bakar campuran biodiesel. Pada bahan bakar yang kandungan persenan biodiesel semakin besar, maka dari pengamatan grafik, daya yang dihasilkan semakin turun. Menurut Sugozu dkk (2011) heating value bahan bakar biodiesel lebih rendah daripada bahan bakar hsd mengakibatkan penurunan hasil daya yang dihasilkan. Semakin besar persenannya nilai campuran biodiesel maka semakin rendah nilai kalori, yang menyebabkan daya yang dihasilkan semakin turun. Menurut Nirmala dkk (2019) hasil penelitian yang mereka dapat bahwa setiap beban bertambah nilai daya hasilkan semakin naik, namun nilai daya HSD lebih tinggi dari pada nilai daya biodiesel pada setiap beban.

4.1.23. Perbandingan Antara Variasi RPM terhadap Torsi pada kondisi RPM maksimal.



Gambar 4 23 Perbandingan antara Variasi Beban terhadap Torsi pada Kondisi RPM maksimal untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4.23 perbandingan antara Variasi Beban terhadap torsi pada kondisi RPM maksimal / 2200 untuk semua jenis bahan bakar, pada garis yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Pada grafik ini merupakan perbandingan performa variasi beban terhadap torsi pada semua jenis bahan bakar. Didapatkan torsi tertinggi atau maksimum yaitu pada beban maksimal atau 100%. Pada setiap bahan bakar, pada beban 100% bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 28,91 Nm, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 27,07 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 26,70 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 26,33 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 25,96 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 25,60 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 25,23 Nm.

Selanjutnya pada beban 75% terlihat pada grafik 4.23 bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 21,74 Nm, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 20,36 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 20,08 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 19,80 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 19,53 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 19,25 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 18,98 Nm.

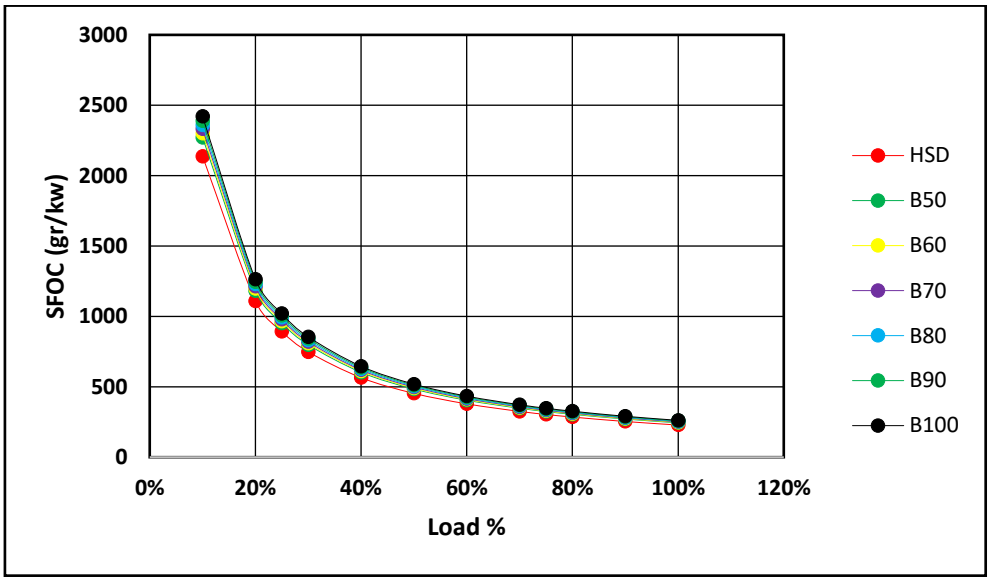
Pada beban 50% terlihat pada grafik 4.23 bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 14,5 Nm, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 13,64 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 13,46 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 13,28 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 13,09 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 12,91 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 12,73 Nm.

Pada beban 25% terlihat pada grafik 4.23 bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 7,29 Nm, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 6,93 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 6,84 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 6,75 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 6,66 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 6,57 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 6,48 Nm.

Selanjutnya pada beban 10% terlihat pada grafik 4.23 bahan bakar HSD memiliki nilai torsi yang tertinggi sebesar 3,09 Nm, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai torsi tertinggi kedua sebesar 2,91 Nm, disusul bahan bakar B60 memiliki torsi tertinggi ketiga sebesar 2,87 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki torsi sebesar 2,83 Nm, pada bahan bakar B80 memiliki torsi sebesar 2,80 Nm, pada bahan bakar B90 memiliki torsi sebesar 2,76 Nm, dan pada bahan B100 memiliki torsi sebesar 2,73 Nm.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang di didapat, maka semakin besar torsi yang dihasilkan. Pada setiap beban maupun sampai beban maksimal, nilai torsi HSD lebih tinggi dibandingan nilai torsi dari bahan bakar campuran biodiesel. Pada bahan bakar yang kandungan persenan biodiesel semakin besar, maka dari pengamatan grafik, torsi yang dihasilkan semakin turun pada setiap beban. Menurut Sugozu dkk (2011) Semakin penambahan persenan biodiesel maka semakin turun nilai torsi yang dihasilkan begitupula nilai kalor yang terkandung pada setiap bahan bakar. Nilai kalor yang terkandung semakin rendah maka hasil torsi akan semakin turun.

4.1.24. Perbandingan Antara Variasi Beban terhadap SFOC pada kondisi RPM Maksimal



Gambar 4 24 Perbandingan antara Variasi Beban terhadap SFOC pada Kondisi RPM Maksimal untuk Semua Jenis Bahan Bakar

Berdasarkan dari Grafik 4.24 perbandingan antara Variasi Beban terhadap torsi pada kondisi RPM maksimal / 2200 untuk semua jenis bahan bakar, pada garis yang berwarna merah merupakan hasil dari HSD, yang berwarna hijau tua adalah B50, yang berwarna kuning adalah B60, yang berwarna ungu adalah B70, yang berwarna biru muda adalah B80, yang berwarna orange adalah B90, yang berwarna hitam adalah B100. Pada grafik ini merupakan perbandingan performa variasi beban terhadap SFOC pada semua jenis bahan bakar. Didapatkan SFOC terendah yaitu pada beban maksimal atau 100%. Pada setiap bahan bakar, pada beban 100% bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 228,57 g/kWh, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 244,26 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 247,62 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 251,06 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 254,62 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 258,22 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 261,91 g/kWh.

Selanjutnya pada beban 75% terlihat pada grafik 4.24 bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 303,99 g/kWh, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 324,77 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 329,16 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 333,79 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 338,51 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 343,28 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 348,16 g/kWh.

Pada beban 50% terlihat pada grafik 4.24 bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 453,67 g/kWh, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 484,48 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 491,22 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 497,82 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 504,81 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 511,89 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 519,08 g/kWh.

Pada beban 25% terlihat pada grafik 4.24 bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 893,79 g/kWh, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 953,11 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 966,18 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 978,9 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 992,33 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 1005,9 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 1019,8 g/kWh.

Selanjutnya pada beban 10% terlihat pada grafik 4.24 bahan bakar HSD memiliki nilai SFOC yang terendah sebesar 2137,8 g/kWh, pada kondisi beban yang sama bahan bakar B50 memiliki nilai SFOC terendah kedua sebesar 2271,8 g/kWh, disusul bahan bakar B60 memiliki SFOC terendah ketiga sebesar 2299,6 Nm, pada bahan bakar B70 memiliki SFOC sebesar 2231,3 g/kWh, pada bahan bakar B80 memiliki SFOC sebesar 2359,5 g/kWh, pada bahan bakar B90 memiliki SFOC sebesar 2390,1 g/kWh, dan pada bahan B100 memiliki SFOC sebesar 2420,6 g/kWh.

Dari pengamatan grafik secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang di didapat, maka semakin turun SFOC yang dihasilkan. Pada setiap beban maupun sampai beban maksimal, nilai SFOC HSD lebih rendah dibandingan nilai SFOC dari bahan bakar campuran biodiesel. Pada bahan bakar yang kandungan persenan biodiesel semakin besar, maka dari pengamatan grafik, SFOC yang dihasilkan semakin naik pada setiap beban. Menurut Sugozu dkk (2011) nilai kalor yang terkandung pada HSD lebih tinggi dari pada nilai kalor biodiesel. Semakin banyak penambahan persenan nilai biodiesel maka nilai kalor semakin kecil yang mengakibatkan bahan bakar biodiesel perlu lebih banyak bahan bakar untuk mendapatkan energi yang sama, yang mengakibatkan nilai SFOC biodiesel lebih tinggi dari pada HSD. Pada penelitian Nirmala dkk (2019) hasil penelitian yang mereka dapat bahwa setiap beban bertambah nilai SFOC hasilkan semakin turun, namun nilai SFOC HSD lebih rendah dari pada nilai SFOC biodiesel pada setiap beban.

“Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan”

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi uji performa pada bahan bakar HSD, B50, B60,B70,B80,B90,B100 biodiesel minyak goreng bekas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

a. Nilai SFOC yang didapatkan pada uji performansi dapat disimpulkan bahwa nilai SFOC terendah terletak pada full load pada setiap putaran, dan semakin tinggi putaran engine, maka nilai SFOC yang didapatkan semakin rendah. Pada kondisi beban penuh dengan rpm maksimum nilai SFOC terendah yaitu bahan bakar HSD dengan nilai 228,57 gr/kw, selanjutnya perbandingan nilai SFOC HSD dengan B50 naik sekitar 6,8%, B60 naik 8,3%, B70 naik 9,83%, B80 naik 11,4%, B90 naik 12,9%, dan B100 naik 14,5%.
b. Daya yang dihasilkan dipengaruhi oleh putaran engine, semakin tinggi putaran engine maka semakin besar daya yang dihasilkan oleh engine. Saat kondisi full load pada rpm maksimum, daya terbesar dihasilkan pada jenis bahan bakar HSD, disusul oleh variasi bahan bakar biodiesel minyak goreng bekas. Daya yang dihasilkan HSD yaitu 6,63 Kw, selanjutnya perbandingan nilai daya HSD dengan B50 turun 6,38%, B60 turun 7,6%, B70 turun 8,9%, B80 turun 10,2%, B90 11,4 %, dan B100 turun 12,7%.
c. Torsi yang dihasilkan mengalami kenaikan pada rpm 500 hingga titik torsi maksimal pada rpm 1100 setelah itu mengalami penurunan nilai torsi hingga rpm maksimum. Hasil yang didapat bahwa bahan bakar HSD lebih besar nilai torsi dibanding B50, B60, B70, B80, B90, B100 pada setiap putaran. Nilai torsi HSD pada rpm maksimum kondisi full load yaitu 28,9 Nm, selanjutnya perbandingan dengan B50 turun 6,3%, B60 turun 7,6%, B70 turun 8,9%, B80 turun 10,2%, B90 turun 11,4%, dan B100 turun 12,7%.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian mengenai efek pemakaian jangka panjang pada motor diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel minyak goreng bekas B50, B60, B70, B80, B90, dan B100.
2. Peneliti selanjutnya dapat meneliti perpaduan antara biodiesel minyak goreng bekas dan zat aditif atau emulsi untuk mendapatkan performa yang lebih baik.

“Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Aziz, I. (2012). Uji Performance Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas. 2-3.

Gamma Technologies,(2004). GT-POWER User's Manual 6.1, Gamma Technologies Inc.

Haryono, Fairus, S., Sari, Y., & Rakhmawati, I. (Januari, 2010). Pengolahan Minyak Goreng Kelapa Sawit Bekas menjadi Biodiesel Studi Kasus: Minyak Goreng Bekas dari KFC Dago Bandung. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.

Magfirotunnisa, Gunawan, & Saksono, P. (2018). ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN BAHAN BAKAR SOLAR DENGAN BIODIESEL B15 DAN B20 TERHADAP PERFORMANSI. SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan.

McCrady, J., Hansen, A., & Fon Lee, C. (2007). Modeling Biodiesel Combustion Using GT-Power. ASABE.

Misra, R., & Murthy, M. (2011). Blending of additives with biodiesels to improve the cold flow properties, combustion and emission performance in a compression ignition engine a review. *Renew Sustain Energy*, 15:2413–22.

Muwaffaq, A. H. (2016). Prediksi Performa Marine Diesel 4 Langkah 93 KW dengan Metode Simulasi.

Nirmala, N., Dawn, S., & Harindra, C. (2019). Analysis of performance and emission characteristics of Waste cooking oil and Chlorella variabilis MK039712.1 biodiesel blends in a single cylinder, four strokes diesel engine. www.elsevier.com/locate/renene.

Panji, R. (2019, Desember Senin). *Rilis Bahan Bakar B30, Presiden Jokowi Perintah Kembangkan Hingga B100*. Retrieved from Carmudi.co.id: https://www.carmudi.co.id/journal/rilis-bahan-bakar-b30-presiden-jokowi-perintah-kembangkan-hingga-b100/

Raharjo, S. (2007). Analisa Performa Mesin Disel dengan Bahan Bakar Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*, B1-B6.

Sheehan, J., Duffield, J., Garboski, M., & Shapouri, H. (1998). An overview of biodiesel and petroleum diesel life cycles. *A report by US Department of Agriculture and Energy*, 1–35.

Sugozu, I., Eryilmaz, T., Ors, I., & Solmaz, O. (2011). Biodiesel production from animal fat–palm oil blend and performance analysis of its effects on a single cylinder diesel engine. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*.

Suwarsono, W. (2008). Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang Yang Tumbuh di Kapus UI Depok. Valensi, vol.1,no.2, 44-52.

www.wartaekonomi.com/indicator, 2006.

Yudisaputra, A. (2017). Analisis Pengaruh Angka Iodin Terhadap Proses Pembakaran Pada Motor Diesel.

Yuniarsi, K. (2007). Coco Metyl Ester (Cocodiesel) Sebagai Bahan Bakar Pengganti Solar. *Jurnal Akta Kimindo*, vol 3, no.1, 17-20.

LAMPIRAN

1. Data Simulasi Performa HSD, B50, B60, B70, B80, B90, B100

1.1 Hasil Simulasi Kalibrasi

Data Hasil Kalibrasi HSD

HSD			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.5844271	282.64145	30.260328
600 RPM	1.9778173	268.28235	31.477942
700 RPM	2.3680298	258.16147	32.304314
800 RPM	2.751818	250.71738	32.847404
900 RPM	3.1261702	245.12404	33.1697
1000 RPM	3.4907706	240.76488	33.334404
1100 RPM	3.8426309	237.43828	33.358566
1200 RPM	4.181567	234.83461	33.275852
1300 RPM	4.50431	232.8921	33.086918
1400 RPM	4.8130145	231.34583	32.829216
1500 RPM	5.103609	230.2726	32.490585
1600 RPM	5.377105	229.52277	32.09223
1700 RPM	5.6312118	229.11383	31.63183
1800 RPM	5.867771	228.91557	31.129492
1900 RPM	6.08444	228.94571	30.580069
2000 RPM	6.282582	229.1506	29.997118
2100 RPM	6.4565473	229.66156	29.359753
2200 RPM	6.6133823	230.25352	28.70598

Data Hasil Kalibrasi B50

B50			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.492386	299.82803	28.502472
600 RPM	1.8606801	284.96167	29.613644
700 RPM	2.2266772	274.35873	30.376001
800 RPM	2.5859025	266.63083	30.866938
900 RPM	2.936949	260.76483	31.161997
1000 RPM	3.2773256	256.31894	31.296154
1100 RPM	3.6064534	252.88414	31.308266
1200 RPM	3.923364	250.21458	31.221138
1300 RPM	4.224991	248.23302	31.035149
1400 RPM	4.513412	246.66846	30.78565
1500 RPM	4.7845225	245.6176	30.459217
1600 RPM	5.0400944	244.87408	30.080847
1700 RPM	5.2774477	244.50163	29.644655
1800 RPM	5.4971504	244.38637	29.163288
1900 RPM	5.698664	244.49211	28.641174
2000 RPM	5.881078	244.85294	28.080078
2100 RPM	6.0433893	245.43544	27.481007
2200 RPM	6.187744	246.15361	26.858456

Data Hasil Kalibrasi B60

B60			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.474505	303.40607	28.16097
600 RPM	1.8385472	288.34024	29.261387
700 RPM	2.1990612	277.75806	29.99927
800 RPM	2.5534048	269.98358	30.479027
900 RPM	2.8989604	264.14523	30.758924
1000 RPM	3.2350595	259.63593	30.892542
1100 RPM	3.559888	256.16718	30.904024
1200 RPM	3.872262	253.4899	30.814482
1300 RPM	4.1690817	251.54494	30.624458
1400 RPM	4.453878	249.94948	30.379572
1500 RPM	4.7209306	248.91333	30.054379
1600 RPM	4.972928	248.17723	29.679977
1700 RPM	5.2064705	247.82858	29.245958
1800 RPM	5.4227276	247.73021	28.768463
1900 RPM	5.6206546	247.88803	28.249104
2000 RPM	5.8005047	248.25223	27.69537
2100 RPM	5.959482	248.88988	27.099459
2200 RPM	6.102167	249.61029	26.487001

Data Hasil Kalibrasi B70

B70			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.4571579	306.93738	27.829664
600 RPM	1.8154124	291.95908	28.893185
700 RPM	2.1716337	281.21564	29.625109
800 RPM	2.5210993	273.39465	30.093407
900 RPM	2.8619056	267.5226	30.365763
1000 RPM	3.1933532	262.9894	30.494276
1100 RPM	3.513521	259.51254	30.501503
1200 RPM	3.8206372	256.8897	30.403666
1300 RPM	4.114952	254.83583	30.226843
1400 RPM	4.394863	253.2929	29.977036
1500 RPM	4.6577096	252.27623	29.6519
1600 RPM	4.9054556	251.57867	29.27728
1700 RPM	5.135937	251.22293	28.849756
1800 RPM	5.3498235	251.10117	28.381697
1900 RPM	5.544697	251.28242	27.867346
2000 RPM	5.7219887	251.65605	27.320484
2100 RPM	5.8775454	252.34717	26.726868
2200 RPM	6.0169263	253.1442	26.117006

Data Hasil Kalibrasi B80

B80			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.4394974	310.6339	27.492373
600 RPM	1.7935584	295.45764	28.545368
700 RPM	2.1443756	284.73343	29.253256
800 RPM	2.4890432	276.86447	29.710764
900 RPM	2.8251073	270.9612	29.97532
1000 RPM	3.1521645	266.38443	30.100952
1100 RPM	3.467287	262.94177	30.10014
1200 RPM	3.7701285	260.29974	30.00173
1300 RPM	4.060522	258.21918	29.827023
1400 RPM	4.336037	256.70294	29.575788
1500 RPM	4.5945454	255.72725	29.249786
1600 RPM	4.839813	254.97786	28.885508
1700 RPM	5.066293	254.6619	28.458548
1800 RPM	5.275886	254.61171	27.989445
1900 RPM	5.4678655	254.7969	27.481194
2000 RPM	5.6421995	255.1907	26.939518
2100 RPM	5.7948914	255.93028	26.351017
2200 RPM	5.932027	256.75516	25.748493

Data Hasil Kalibrasi B90

B90			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.4215224	314.48926	27.149078
600 RPM	1.7707816	299.19263	28.182865
700 RPM	2.1173248	288.3124	28.884232
800 RPM	2.4572198	280.39435	29.3309
900 RPM	2.7885783	274.4622	29.587734
1000 RPM	3.1107948	269.88724	29.7059
1100 RPM	3.4218795	266.38644	29.705948
1200 RPM	3.7209866	263.69815	29.610672
1300 RPM	4.006325	261.68488	29.428911
1400 RPM	4.2777305	260.1768	29.178083
1500 RPM	4.533597	259.1473	28.861776
1600 RPM	4.773848	258.48074	28.491806
1700 RPM	4.9967494	258.18796	28.067907
1800 RPM	5.2028303	258.1703	27.601873
1900 RPM	5.3909	258.4068	27.09437
2000 RPM	5.5630884	258.806	26.56179
2100 RPM	5.713616	259.5648	25.981434
2200 RPM	5.8477745	260.44385	25.382788

Data Hasil Kalibrasi B100

B100			
RPM	Daya (Kw)	SFOC (gr/kw-h)	TORSI (N-m)
500 RPM	1.4045174	318.2203	26.824306
600 RPM	1.7485559	302.90652	27.82913
700 RPM	2.0904486	291.95535	28.517593
800 RPM	2.4253051	284.02478	28.949947
900 RPM	2.7523267	278.02368	29.203093
1000 RPM	3.0701869	273.40524	29.318127
1100 RPM	3.3761613	269.9514	29.30906
1200 RPM	3.6714041	267.2264	29.216105
1300 RPM	3.951896	265.25317	29.029097
1400 RPM	4.2198505	263.717	28.783289
1500 RPM	4.4711723	262.73898	28.464369
1600 RPM	4.70761	262.0966	28.09648
1700 RPM	4.927919	261.77606	27.68127
1800 RPM	5.13088	261.75214	27.220163
1900 RPM	5.31607	262.02103	26.718279
2000 RPM	5.4846344	262.49124	26.1872
2100 RPM	5.632067	263.30072	25.61061
2200 RPM	5.764017	264.21286	25.019232

1.2 Beban Torsi sebagai pembebanan mesin di simulasi

Data Beban Torsi HSD

Pembebanan HSD													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	3.026	6.052	7.565	9.078	12.104	15.130	18.156	21.182	22.695	24.208	27.234	30.260	N-m
600 RPM	3.148	6.296	7.869	9.443	12.591	15.739	18.887	22.035	23.608	25.182	28.330	31.478	N-m
700 RPM	3.230	6.461	8.076	9.691	12.922	16.152	19.383	22.613	24.228	25.843	29.074	32.304	N-m
800 RPM	3.285	6.569	8.212	9.854	13.139	16.424	19.708	22.993	24.636	26.278	29.563	32.847	N-m
900 RPM	3.317	6.634	8.292	9.951	13.268	16.585	19.902	23.219	24.877	26.536	29.853	33.170	N-m
1000 RPM	3.333	6.667	8.334	10.000	13.334	16.667	20.001	23.334	25.001	26.668	30.001	33.334	N-m
1100 RPM	3.336	6.672	8.340	10.008	13.343	16.679	20.015	23.351	25.019	26.687	30.023	33.359	N-m
1200 RPM	3.328	6.655	8.319	9.983	13.310	16.638	19.966	23.293	24.957	26.621	29.948	33.276	N-m
1300 RPM	3.309	6.617	8.272	9.926	13.235	16.543	19.852	23.161	24.815	26.470	29.778	33.087	N-m
1400 RPM	3.283	6.566	8.207	9.849	13.132	16.415	19.698	22.980	24.622	26.263	29.546	32.829	N-m
1500 RPM	3.249	6.498	8.123	9.747	12.996	16.245	19.494	22.743	24.368	25.992	29.242	32.491	N-m
1600 RPM	3.209	6.418	8.023	9.628	12.837	16.046	19.255	22.465	24.069	25.674	28.883	32.092	N-m
1700 RPM	3.163	6.326	7.908	9.490	12.653	15.816	18.979	22.142	23.724	25.305	28.469	31.632	N-m
1800 RPM	3.113	6.226	7.782	9.339	12.452	15.565	18.678	21.791	23.347	24.904	28.017	31.129	N-m
1900 RPM	3.058	6.116	7.645	9.174	12.232	15.290	18.348	21.406	22.935	24.464	27.522	30.580	N-m
2000 RPM	3.000	5.999	7.499	8.999	11.999	14.999	17.998	20.998	22.498	23.998	26.997	29.997	N-m
2100 RPM	2.936	5.872	7.340	8.808	11.744	14.680	17.616	20.552	22.020	23.488	26.424	29.360	N-m
2200 RPM	2.871	5.741	7.176	8.612	11.482	14.353	17.224	20.094	21.529	22.965	25.835	28.706	N-m

Data Beban Torsi B50

Pembebanan B50													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	2.850	5.700	7.126	8.551	11.401	14.251	17.101	19.952	21.377	22.802	25.652	28.502	N-m
600 RPM	2.961	5.923	7.403	8.884	11.845	14.807	17.768	20.730	22.210	23.691	26.652	29.614	N-m
700 RPM	3.038	6.075	7.594	9.113	12.150	15.188	18.226	21.263	22.782	24.301	27.338	30.376	N-m
800 RPM	3.087	6.173	7.717	9.260	12.347	15.433	18.520	21.607	23.150	24.694	27.780	30.867	N-m
900 RPM	3.116	6.232	7.790	9.349	12.465	15.581	18.697	21.813	23.371	24.930	28.046	31.162	N-m
1000 RPM	3.130	6.259	7.824	9.389	12.518	15.648	18.778	21.907	23.472	25.037	28.167	31.296	N-m
1100 RPM	3.131	6.262	7.827	9.392	12.523	15.654	18.785	21.916	23.481	25.047	28.177	31.308	N-m
1200 RPM	3.122	6.244	7.805	9.366	12.488	15.611	18.733	21.855	23.416	24.977	28.099	31.221	N-m
1300 RPM	3.104	6.207	7.759	9.311	12.414	15.518	18.621	21.725	23.276	24.828	27.932	31.035	N-m
1400 RPM	3.079	6.157	7.696	9.236	12.314	15.393	18.471	21.550	23.089	24.629	27.707	30.786	N-m
1500 RPM	3.046	6.092	7.615	9.138	12.184	15.230	18.276	21.321	22.844	24.367	27.413	30.459	N-m
1600 RPM	3.008	6.016	7.520	9.024	12.032	15.040	18.049	21.057	22.561	24.065	27.073	30.081	N-m
1700 RPM	2.964	5.929	7.411	8.893	11.858	14.822	17.787	20.751	22.233	23.716	26.680	29.645	N-m
1800 RPM	2.916	5.833	7.291	8.749	11.665	14.582	17.498	20.414	21.872	23.331	26.247	29.163	N-m
1900 RPM	2.864	5.728	7.160	8.592	11.456	14.321	17.185	20.049	21.481	22.913	25.777	28.641	N-m
2000 RPM	2.808	5.616	7.020	8.424	11.232	14.040	16.848	19.656	21.060	22.464	25.272	28.080	N-m
2100 RPM	2.748	5.496	6.870	8.244	10.992	13.741	16.489	19.237	20.611	21.985	24.733	27.481	N-m
2200 RPM	2.686	5.372	6.715	8.058	10.743	13.429	16.115	18.801	20.144	21.487	24.173	26.858	N-m

Data Beban Torsi B60

Pembebanan B60													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	2.82	5.63	7.04	8.45	11.26	14.08	16.90	19.71	21.12	22.53	25.34	28.1610	N-m
600 RPM	2.93	5.85	7.32	8.78	11.70	14.63	17.56	20.48	21.95	23.41	26.34	29.2614	N-m
700 RPM	3.00	6.00	7.50	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	22.50	24.00	27.00	29.9993	N-m
800 RPM	3.05	6.10	7.62	9.14	12.19	15.24	18.29	21.34	22.86	24.38	27.43	30.4790	N-m
900 RPM	3.08	6.15	7.69	9.23	12.30	15.38	18.46	21.53	23.07	24.61	27.68	30.7589	N-m
1000 RPM	3.09	6.18	7.72	9.27	12.36	15.45	18.54	21.62	23.17	24.71	27.80	30.8925	N-m
1100 RPM	3.09	6.18	7.73	9.27	12.36	15.45	18.54	21.63	23.18	24.72	27.81	30.9040	N-m
1200 RPM	3.08	6.16	7.70	9.24	12.33	15.41	18.49	21.57	23.11	24.65	27.73	30.8145	N-m
1300 RPM	3.06	6.12	7.66	9.19	12.25	15.31	18.37	21.44	22.97	24.50	27.56	30.6245	N-m
1400 RPM	3.04	6.08	7.59	9.11	12.15	15.19	18.23	21.27	22.78	24.30	27.34	30.3796	N-m
1500 RPM	3.01	6.01	7.51	9.02	12.02	15.03	18.03	21.04	22.54	24.04	27.05	30.0544	N-m
1600 RPM	2.97	5.94	7.42	8.90	11.87	14.84	17.81	20.78	22.26	23.74	26.71	29.6800	N-m
1700 RPM	2.92	5.85	7.31	8.77	11.70	14.62	17.55	20.47	21.93	23.40	26.32	29.2460	N-m
1800 RPM	2.88	5.75	7.19	8.63	11.51	14.38	17.26	20.14	21.58	23.01	25.89	28.7685	N-m
1900 RPM	2.82	5.65	7.06	8.47	11.30	14.12	16.95	19.77	21.19	22.60	25.42	28.2491	N-m
2000 RPM	2.77	5.54	6.92	8.31	11.08	13.85	16.62	19.39	20.77	22.16	24.93	27.6954	N-m
2100 RPM	2.71	5.42	6.77	8.13	10.84	13.55	16.26	18.97	20.32	21.68	24.39	27.0995	N-m
2200 RPM	2.65	5.30	6.62	7.95	10.59	13.24	15.89	18.54	19.87	21.19	23.84	26.4870	N-m

Data Beban Torsi B70

Pembebanan B70													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	2.78	5.57	6.96	8.35	11.13	13.91	16.70	19.48	20.87	22.26	25.05	27.83	N-m
600 RPM	2.89	5.78	7.22	8.67	11.56	14.45	17.34	20.23	21.67	23.11	26.00	28.89	N-m
700 RPM	2.96	5.93	7.41	8.89	11.85	14.81	17.78	20.74	22.22	23.70	26.66	29.63	N-m
800 RPM	3.01	6.02	7.52	9.03	12.04	15.05	18.06	21.07	22.57	24.07	27.08	30.09	N-m
900 RPM	3.04	6.07	7.59	9.11	12.15	15.18	18.22	21.26	22.77	24.29	27.33	30.37	N-m
1000 RPM	3.05	6.10	7.62	9.15	12.20	15.25	18.30	21.35	22.87	24.40	27.44	30.49	N-m
1100 RPM	3.05	6.10	7.63	9.15	12.20	15.25	18.30	21.35	22.88	24.40	27.45	30.50	N-m
1200 RPM	3.04	6.08	7.60	9.12	12.16	15.20	18.24	21.28	22.80	24.32	27.36	30.40	N-m
1300 RPM	3.02	6.05	7.56	9.07	12.09	15.11	18.14	21.16	22.67	24.18	27.20	30.23	N-m
1400 RPM	3.00	6.00	7.49	8.99	11.99	14.99	17.99	20.98	22.48	23.98	26.98	29.98	N-m
1500 RPM	2.97	5.93	7.41	8.90	11.86	14.83	17.79	20.76	22.24	23.72	26.69	29.65	N-m
1600 RPM	2.93	5.86	7.32	8.78	11.71	14.64	17.57	20.49	21.96	23.42	26.35	29.28	N-m
1700 RPM	2.88	5.77	7.21	8.65	11.54	14.42	17.31	20.19	21.64	23.08	25.96	28.85	N-m
1800 RPM	2.84	5.68	7.10	8.51	11.35	14.19	17.03	19.87	21.29	22.71	25.54	28.38	N-m
1900 RPM	2.79	5.57	6.97	8.36	11.15	13.93	16.72	19.51	20.90	22.29	25.08	27.87	N-m
2000 RPM	2.73	5.46	6.83	8.20	10.93	13.66	16.39	19.12	20.49	21.86	24.59	27.32	N-m
2100 RPM	2.67	5.35	6.68	8.02	10.69	13.36	16.04	18.71	20.05	21.38	24.05	26.73	N-m
2200 RPM	2.61	5.22	6.53	7.84	10.45	13.06	15.67	18.28	19.59	20.89	23.51	26.12	N-m

Data Beban Torsi B80

Pembebanan B80													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	2.749	5.498	6.873	8.248	10.997	13.746	16.495	19.245	20.619	21.994	24.743	27.492	N-m
600 RPM	2.855	5.709	7.136	8.564	11.418	14.273	17.127	19.982	21.409	22.836	25.691	28.545	N-m
700 RPM	2.925	5.851	7.313	8.776	11.701	14.627	17.552	20.477	21.940	23.403	26.328	29.253	N-m
800 RPM	2.971	5.942	7.428	8.913	11.884	14.855	17.826	20.798	22.283	23.769	26.740	29.711	N-m
900 RPM	2.998	5.995	7.494	8.993	11.990	14.988	17.985	20.983	22.481	23.980	26.978	29.975	N-m
1000 RPM	3.010	6.020	7.525	9.030	12.040	15.050	18.061	21.071	22.576	24.081	27.091	30.101	N-m
1100 RPM	3.010	6.020	7.525	9.030	12.040	15.050	18.060	21.070	22.575	24.080	27.090	30.100	N-m
1200 RPM	3.000	6.000	7.500	9.001	12.001	15.001	18.001	21.001	22.501	24.001	27.002	30.002	N-m
1300 RPM	2.983	5.965	7.457	8.948	11.931	14.914	17.896	20.879	22.370	23.862	26.844	29.827	N-m
1400 RPM	2.958	5.915	7.394	8.873	11.830	14.788	17.745	20.703	22.182	23.661	26.618	29.576	N-m
1500 RPM	2.925	5.850	7.312	8.775	11.700	14.625	17.550	20.475	21.937	23.400	26.325	29.250	N-m
1600 RPM	2.889	5.777	7.221	8.666	11.554	14.443	17.331	20.220	21.664	23.108	25.997	28.886	N-m
1700 RPM	2.846	5.692	7.115	8.538	11.383	14.229	17.075	19.921	21.344	22.767	25.613	28.459	N-m
1800 RPM	2.799	5.598	6.997	8.397	11.196	13.995	16.794	19.593	20.992	22.392	25.191	27.989	N-m
1900 RPM	2.748	5.496	6.870	8.244	10.992	13.741	16.489	19.237	20.611	21.985	24.733	27.481	N-m
2000 RPM	2.694	5.388	6.735	8.082	10.776	13.470	16.164	18.858	20.205	21.552	24.246	26.940	N-m
2100 RPM	2.635	5.270	6.588	7.905	10.540	13.176	15.811	18.446	19.763	21.081	23.716	26.351	N-m
2200 RPM	2.575	5.150	6.437	7.725	10.299	12.874	15.449	18.024	19.311	20.599	23.174	25.748	N-m

Data Beban Torsi B90

Pembebanan B90													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	2.715	5.430	6.787	8.145	10.860	13.575	16.289	19.004	20.362	21.719	24.434	27.149	N-m
600 RPM	2.818	5.637	7.046	8.455	11.273	14.091	16.910	19.728	21.137	22.546	25.365	28.183	N-m
700 RPM	2.888	5.777	7.221	8.665	11.554	14.442	17.331	20.219	21.663	23.107	25.996	28.884	N-m
800 RPM	2.933	5.866	7.333	8.799	11.732	14.665	17.599	20.532	21.998	23.465	26.398	29.331	N-m
900 RPM	2.959	5.918	7.397	8.876	11.835	14.794	17.753	20.711	22.191	23.670	26.629	29.588	N-m
1000 RPM	2.971	5.941	7.426	8.912	11.882	14.853	17.824	20.794	22.279	23.765	26.735	29.706	N-m
1100 RPM	2.971	5.941	7.426	8.912	11.882	14.853	17.824	20.794	22.279	23.765	26.735	29.706	N-m
1200 RPM	2.961	5.922	7.403	8.883	11.844	14.805	17.766	20.727	22.208	23.689	26.650	29.611	N-m
1300 RPM	2.943	5.886	7.357	8.829	11.772	14.714	17.657	20.600	22.072	23.543	26.486	29.429	N-m
1400 RPM	2.918	5.836	7.295	8.753	11.671	14.589	17.507	20.425	21.884	23.342	26.260	29.178	N-m
1500 RPM	2.886	5.772	7.215	8.659	11.545	14.431	17.317	20.203	21.646	23.089	25.976	28.862	N-m
1600 RPM	2.849	5.698	7.123	8.548	11.397	14.246	17.095	19.944	21.369	22.793	25.643	28.492	N-m
1700 RPM	2.807	5.614	7.017	8.420	11.227	14.034	16.841	19.648	21.051	22.454	25.261	28.068	N-m
1800 RPM	2.760	5.520	6.900	8.281	11.041	13.801	16.561	19.321	20.701	22.081	24.842	27.602	N-m
1900 RPM	2.709	5.419	6.774	8.128	10.838	13.547	16.257	18.966	20.321	21.675	24.385	27.094	N-m
2000 RPM	2.656	5.312	6.640	7.969	10.625	13.281	15.937	18.593	19.921	21.249	23.906	26.562	N-m
2100 RPM	2.598	5.196	6.495	7.794	10.393	12.991	15.589	18.187	19.486	20.785	23.383	25.981	N-m
2200 RPM	2.538	5.077	6.346	7.615	10.153	12.691	15.230	17.768	19.037	20.306	22.845	25.383	N-m

Data Beban Torsi B100

Pembebanan B100													
Beban %	10	20	25	30	40	50	60	70	75	80	90	100	
500 RPM	2.682	5.365	6.706	8.047	10.730	13.412	16.095	18.777	20.118	21.459	24.142	26.824	N-m
600 RPM	2.783	5.566	6.957	8.349	11.132	13.915	16.697	19.480	20.872	22.263	25.046	27.829	N-m
700 RPM	2.852	5.704	7.129	8.555	11.407	14.259	17.111	19.962	21.388	22.814	25.666	28.518	N-m
800 RPM	2.895	5.790	7.237	8.685	11.580	14.475	17.370	20.265	21.712	23.160	26.055	28.950	N-m
900 RPM	2.920	5.841	7.301	8.761	11.681	14.602	17.522	20.442	21.902	23.362	26.283	29.203	N-m
1000 RPM	2.932	5.864	7.330	8.795	11.727	14.659	17.591	20.523	21.989	23.455	26.386	29.318	N-m
1100 RPM	2.931	5.862	7.327	8.793	11.724	14.655	17.585	20.516	21.982	23.447	26.378	29.309	N-m
1200 RPM	2.922	5.843	7.304	8.765	11.686	14.608	17.530	20.451	21.912	23.373	26.294	29.216	N-m
1300 RPM	2.903	5.806	7.257	8.709	11.612	14.515	17.417	20.320	21.772	23.223	26.126	29.029	N-m
1400 RPM	2.878	5.757	7.196	8.635	11.513	14.392	17.270	20.148	21.587	23.027	25.905	28.783	N-m
1500 RPM	2.846	5.693	7.116	8.539	11.386	14.232	17.079	19.925	21.348	22.771	25.618	28.464	N-m
1600 RPM	2.810	5.619	7.024	8.429	11.239	14.048	16.858	19.668	21.072	22.477	25.287	28.096	N-m
1700 RPM	2.768	5.536	6.920	8.304	11.073	13.841	16.609	19.377	20.761	22.145	24.913	27.681	N-m
1800 RPM	2.722	5.444	6.805	8.166	10.888	13.610	16.332	19.054	20.415	21.776	24.498	27.220	N-m
1900 RPM	2.672	5.344	6.680	8.015	10.687	13.359	16.031	18.703	20.039	21.375	24.046	26.718	N-m
2000 RPM	2.619	5.237	6.547	7.856	10.475	13.094	15.712	18.331	19.640	20.950	23.568	26.187	N-m
2100 RPM	2.561	5.122	6.403	7.683	10.244	12.805	15.366	17.927	19.208	20.488	23.050	25.611	N-m
2200 RPM	2.502	5.004	6.255	7.506	10.008	12.510	15.012	17.513	18.764	20.015	22.517	25.019	N-m

1.3 Daya Hasil Pembebanan di Simulasi

Hasil Data Daya HSD

Daya (Kw) HSD													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1712	0.3402	0.424	0.5072	0.6722	0.835	0.9957	1.1542	1.2326	1.3104	1.4644	1.616	Kw
600 RPM	0.2098	0.4174	0.5205	0.6231	0.827	1.029	1.229	1.4271	1.5253	1.623	1.8171	2.009	Kw
700 RPM	0.2479	0.4936	0.6158	0.7375	0.9798	1.2203	1.4591	1.696	1.8137	1.9311	2.1644	2.3958	Kw
800 RPM	0.2855	0.5685	0.7095	0.85	1.1299	1.4082	1.6849	1.96	2.0969	2.2334	2.5052	2.7753	Kw
900 RPM	0.3224	0.6419	0.801	0.9599	1.2766	1.5917	1.9054	2.2176	2.3731	2.5284	2.8376	3.1453	Kw
1000 RPM	0.3585	0.7136	0.8906	1.0672	1.4196	1.7706	2.1204	2.4687	2.6424	2.8158	3.1614	3.5056	Kw
1100 RPM	0.3938	0.7832	0.9774	1.1713	1.5581	1.9438	2.3283	2.7115	2.9027	3.0935	3.4743	3.8538	Kw
1200 RPM	0.4282	0.8505	1.0613	1.2718	1.6919	2.111	2.529	2.9458	3.1538	3.3615	3.776	4.1895	Kw
1300 RPM	0.4614	0.9151	1.1418	1.3681	1.82	2.2707	2.7206	3.1694	3.3934	3.6172	4.0639	4.5096	Kw
1400 RPM	0.4936	0.9776	1.2192	1.4608	1.943	2.4242	2.9046	3.3838	3.6232	3.8623	4.3398	4.8163	Kw
1500 RPM	0.5245	1.037	1.293	1.5486	2.0533	2.5692	3.0782	3.5864	3.8402	4.0937	4.6003	5.1059	Kw
1600 RPM	0.5545	1.0936	1.363	1.6322	2.1697	2.7065	3.2425	3.7779	4.0452	4.3124	4.846	5.3789	Kw
1700 RPM	0.5832	1.1472	1.429	1.7106	2.2732	2.835	3.3961	3.9566	4.2366	4.5162	5.0754	5.6336	Kw
1800 RPM	0.6109	1.1981	1.4913	1.7846	2.3705	2.9557	3.5402	4.1241	4.4157	4.7073	5.2899	5.8716	Kw
1900 RPM	0.6376	1.2459	1.5499	1.8537	2.4608	3.0673	3.6733	4.2786	4.581	4.8833	5.4875	6.091	Kw
2000 RPM	0.6635	1.291	1.6047	1.9182	2.5449	3.171	3.7963	4.4213	4.7337	5.0458	5.6695	6.2929	Kw
2100 RPM	0.6877	1.3324	1.6546	1.9766	2.6203	3.2635	3.9061	4.5483	4.8692	5.19	5.8312	6.4718	Kw
2200 RPM	0.7115	1.3713	1.7011	2.0309	2.6898	3.3484	4.0066	4.6641	4.9927	5.3214	5.978	6.6343	Kw

Hasil Data Daya B50

Daya (Kw) B50													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1604	0.3189	0.3975	0.4756	0.6304	0.7834	0.9344	1.0836	1.1574	1.2307	1.3758	1.5189	Kw
600 RPM	0.1965	0.3912	0.4879	0.5842	0.7754	0.9651	1.1529	1.3391	1.4314	1.5234	1.7059	1.8867	Kw
700 RPM	0.2324	0.4627	0.5774	0.6916	0.9189	1.1446	1.3689	1.5914	1.7021	1.8124	2.0318	2.2495	Kw
800 RPM	0.2677	0.533	0.6652	0.797	1.0596	1.3206	1.5804	1.8387	1.9673	2.0956	2.3509	2.6049	Kw
900 RPM	0.3023	0.6019	0.7512	0.9002	1.1972	1.493	1.7874	2.0805	2.2266	2.3724	2.6629	2.952	Kw
1000 RPM	0.3363	0.6689	0.8349	1.0006	1.3309	1.6602	1.9884	2.3152	2.4782	2.6409	2.9655	3.2887	Kw
1100 RPM	0.3693	0.7342	0.9162	1.0979	1.4607	1.8224	2.183	2.5426	2.7219	2.901	3.2583	3.6145	Kw
1200 RPM	0.4015	0.7974	0.9949	1.1922	1.5861	1.9791	2.371	2.7619	2.957	3.1519	3.5408	3.9287	Kw
1300 RPM	0.4328	0.858	1.0704	1.2825	1.7059	2.1286	2.5503	2.9712	3.1812	3.3911	3.8102	4.2282	Kw
1400 RPM	0.4631	0.9165	1.143	1.3693	1.8211	2.2722	2.7224	3.1719	3.3962	3.6205	4.0682	4.5152	Kw
1500 RPM	0.4922	0.9723	1.212	1.4516	1.9301	2.408	2.885	3.3611	3.599	3.8367	4.3115	4.7855	Kw
1600 RPM	0.5205	1.0255	1.2778	1.5299	2.0335	2.5365	3.039	3.5406	3.7911	4.0415	4.5417	5.0412	Kw
1700 RPM	0.5476	1.076	1.3398	1.6035	2.1306	2.657	3.1828	3.7079	3.9701	4.2325	4.7562	5.2796	Kw
1800 RPM	0.5738	1.1237	1.3983	1.6728	2.2214	2.7696	3.317	3.8638	4.137	4.4103	4.956	5.5011	Kw
1900 RPM	0.5991	1.1686	1.4531	1.7376	2.306	2.8741	3.4414	4.0083	4.2915	4.5746	5.1404	5.7056	Kw
2000 RPM	0.6235	1.2108	1.5043	1.7977	2.3841	2.97	3.5554	4.1403	4.4326	4.7248	5.3087	5.8922	Kw
2100 RPM	0.6469	1.25	1.5515	1.8528	2.4551	3.0571	3.6586	4.2595	4.5599	4.8601	5.4602	6.0598	Kw
2200 RPM	0.6697	1.2871	1.5956	1.904	2.5203	3.1364	3.7521	4.3675	4.675	4.9824	5.5969	6.2108	Kw

Hasil Data Daya B60

Daya (Kw) B60													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1585	0.3147	0.3923	0.4696	0.6221	0.7734	0.9228	1.0698	1.1428	1.2154	1.3584	1.5001	Kw
600 RPM	0.1943	0.3861	0.482	0.5769	0.7654	0.953	1.1388	1.3222	1.414	1.5046	1.6852	1.8635	Kw
700 RPM	0.2294	0.4568	0.5699	0.6827	0.907	1.1299	1.3513	1.5711	1.6804	1.7893	2.006	2.221	Kw
800 RPM	0.2644	0.5265	0.6566	0.7863	1.0457	1.3037	1.5603	1.8155	1.9421	2.0684	2.3208	2.5716	Kw
900 RPM	0.2987	0.5937	0.7412	0.8885	1.181	1.4732	1.7642	2.0529	2.1973	2.3414	2.6276	2.9133	Kw
1000 RPM	0.3319	0.6603	0.8236	0.9876	1.3138	1.6388	1.9627	2.2844	2.4458	2.6059	2.9263	3.2458	Kw
1100 RPM	0.3644	0.7244	0.9047	1.0834	1.4414	1.7983	2.1542	2.509	2.6865	2.8627	3.2154	3.5675	Kw
1200 RPM	0.3961	0.7865	0.9814	1.176	1.5658	1.9533	2.3399	2.7255	2.918	3.1102	3.4939	3.8772	Kw
1300 RPM	0.4267	0.8459	1.0566	1.2657	1.6832	2.0999	2.5157	2.9319	3.1391	3.346	3.7591	4.172	Kw
1400 RPM	0.4573	0.9051	1.1272	1.3506	1.7967	2.2421	2.6867	3.1304	3.3505	3.5719	4.0141	4.4554	Kw
1500 RPM	0.4865	0.9592	1.1953	1.4328	1.9041	2.3762	2.846	3.3167	3.5509	3.785	4.2542	4.7218	Kw
1600 RPM	0.5141	1.0127	1.2609	1.5089	2.0062	2.5028	2.9987	3.4939	3.7404	3.9868	4.4807	4.9739	Kw
1700 RPM	0.5397	1.0618	1.3217	1.5815	2.1023	2.6208	3.1404	3.6577	3.9161	4.1761	4.6921	5.2085	Kw
1800 RPM	0.567	1.108	1.3792	1.6503	2.1921	2.7314	3.272	3.8121	4.0819	4.3497	4.8887	5.4268	Kw
1900 RPM	0.5904	1.1531	1.4332	1.7132	2.2749	2.834	3.3946	3.9527	4.2336	4.5123	5.0694	5.6278	Kw
2000 RPM	0.6157	1.195	1.4835	1.7739	2.3523	2.9302	3.5077	4.0847	4.372	4.6612	5.2373	5.8119	Kw
2100 RPM	0.6386	1.2334	1.5295	1.8278	2.4217	3.0152	3.6083	4.201	4.496	4.7932	5.385	5.9763	Kw
2200 RPM	0.6615	1.2706	1.5738	1.8792	2.4851	3.093	3.7004	4.3075	4.612	4.9142	5.5205	6.1257	Kw

Hasil Data Daya B70

Daya (Kw) B70													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1561	0.311	0.3875	0.4636	0.6144	0.7635	0.9113	1.0566	1.1286	1.2001	1.3422	1.4818	Kw
600 RPM	0.1915	0.3812	0.4751	0.5693	0.7558	0.9407	1.1239	1.3055	1.3953	1.4847	1.6629	1.8393	Kw
700 RPM	0.2262	0.4511	0.5627	0.6739	0.8952	1.115	1.3341	1.551	1.6588	1.7663	1.9801	2.193	Kw
800 RPM	0.2608	0.5193	0.6476	0.7765	1.0324	1.2869	1.5401	1.7919	1.9169	2.0415	2.2905	2.5382	Kw
900 RPM	0.2947	0.5858	0.7314	0.8766	1.1662	1.4536	1.7408	2.0267	2.1682	2.3104	2.5938	2.876	Kw
1000 RPM	0.3275	0.6516	0.8127	0.9746	1.2964	1.6172	1.9368	2.2554	2.4137	2.5727	2.888	3.2031	Kw
1100 RPM	0.3597	0.7149	0.8928	1.0692	1.4224	1.7747	2.1259	2.4761	2.6513	2.8252	3.1733	3.5204	Kw
1200 RPM	0.3909	0.7762	0.9685	1.1605	1.5439	1.9264	2.3079	2.6885	2.8785	3.0682	3.4469	3.8247	Kw
1300 RPM	0.4211	0.8362	1.0427	1.249	1.661	2.0722	2.4839	2.8933	3.0978	3.3019	3.7097	4.1179	Kw
1400 RPM	0.4513	0.8931	1.1123	1.3327	1.7729	2.2124	2.6511	3.0875	3.3062	3.5246	3.961	4.3965	Kw
1500 RPM	0.4801	0.9465	1.1794	1.4137	1.8787	2.3445	2.808	3.2724	3.5035	3.7345	4.1974	4.6581	Kw
1600 RPM	0.5073	0.9991	1.244	1.4886	1.9791	2.469	2.9582	3.4451	3.69	3.933	4.4202	4.9068	Kw
1700 RPM	0.5326	1.0475	1.3038	1.56	2.0737	2.585	3.0975	3.6076	3.8643	4.1189	4.6279	5.138	Kw
1800 RPM	0.5595	1.0948	1.3622	1.6276	2.1618	2.6955	3.2286	3.7611	4.0272	4.2931	4.8227	5.3536	Kw
1900 RPM	0.5845	1.1372	1.4153	1.6913	2.245	2.7962	3.3488	3.901	4.1759	4.4507	5.0018	5.5525	Kw
2000 RPM	0.6073	1.1783	1.4646	1.7508	2.3209	2.8904	3.4595	4.0282	4.3134	4.5985	5.1662	5.7335	Kw
2100 RPM	0.6299	1.2181	1.5098	1.8036	2.3888	2.9735	3.56	4.1439	4.4368	4.7274	5.3104	5.8953	Kw
2200 RPM	0.6525	1.2523	1.5532	1.854	2.453	3.0516	3.6499	4.2478	4.5478	4.8453	5.4448	6.0415	Kw

Hasil Data Daya B80

Daya (Kw) B80													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1543	0.3067	0.3824	0.4576	0.6066	0.754	0.8995	1.0433	1.1144	1.1852	1.3252	1.4632	Kw
600 RPM	0.1891	0.3762	0.4693	0.562	0.746	0.9286	1.1095	1.2888	1.3778	1.4664	1.6424	1.8167	Kw
700 RPM	0.2234	0.4449	0.5551	0.6649	0.8835	1.1008	1.3165	1.5307	1.6373	1.7436	1.9548	2.1646	Kw
800 RPM	0.2573	0.5123	0.6394	0.7661	1.0186	1.2698	1.5196	1.7682	1.8919	2.0154	2.2612	2.5057	Kw
900 RPM	0.2906	0.5783	0.7218	0.865	1.1505	1.4348	1.7178	1.9998	2.1402	2.2804	2.5599	2.838	Kw
1000 RPM	0.3231	0.6429	0.8023	0.9615	1.2791	1.5956	1.9111	2.2254	2.3822	2.5386	2.8507	3.1617	Kw
1100 RPM	0.3549	0.7054	0.8803	1.0549	1.4035	1.7511	2.0976	2.4432	2.6156	2.7878	3.1313	3.4739	Kw
1200 RPM	0.3858	0.7659	0.9556	1.1452	1.5235	1.9009	2.2774	2.653	2.8404	3.0276	3.4015	3.7743	Kw
1300 RPM	0.4159	0.8244	1.0284	1.2321	1.639	2.0451	2.4502	2.8546	3.0565	3.2582	3.6608	4.0627	Kw
1400 RPM	0.4451	0.8805	1.098	1.3153	1.7491	2.1824	2.6148	3.0465	3.2621	3.4775	3.9076	4.3371	Kw
1500 RPM	0.473	0.9338	1.1638	1.3939	1.8533	2.312	2.77	3.2273	3.4556	3.6839	4.1399	4.5951	Kw
1600 RPM	0.5004	0.9851	1.2272	1.4694	1.9528	2.4358	2.9179	3.3996	3.6402	3.8805	4.361	4.8407	Kw
1700 RPM	0.5265	1.0335	1.2868	1.5399	2.0456	2.5508	3.0555	3.5596	3.8114	4.0631	4.566	5.0684	Kw
1800 RPM	0.5518	1.0793	1.3427	1.6062	2.1327	2.6586	3.184	3.7088	3.971	4.2332	4.757	5.28	Kw
1900 RPM	0.5762	1.1224	1.3954	1.6682	2.2135	2.7585	3.3028	3.8467	4.1184	4.39	4.9329	5.4753	Kw
2000 RPM	0.5999	1.1632	1.4447	1.7261	2.2886	2.8506	3.4122	3.9734	4.2538	4.5341	5.0943	5.6541	Kw
2100 RPM	0.6223	1.2006	1.4897	1.7784	2.3559	2.9331	3.5098	4.086	4.3739	4.6618	5.2372	5.8123	Kw
2200 RPM	0.6446	1.2363	1.5319	1.8276	2.4184	3.009	3.5992	4.1891	4.4837	4.7786	5.3677	5.9562	Kw

Hasil Data Daya B90

Daya (Kw) B90													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1522	0.3027	0.3772	0.4515	0.5986	0.744	0.8877	1.0296	1.0999	1.1697	1.308	1.4444	Kw
600 RPM	0.1865	0.3713	0.463	0.5545	0.7361	0.9163	1.0949	1.2719	1.3597	1.4472	1.621	1.7931	Kw
700 RPM	0.2204	0.4391	0.5478	0.6562	0.872	1.0864	1.2994	1.5109	1.6161	1.721	1.9296	2.1367	Kw
800 RPM	0.2539	0.5056	0.631	0.756	1.0052	1.2531	1.4997	1.7451	1.8672	1.9891	2.2317	2.4731	Kw
900 RPM	0.2867	0.5707	0.7123	0.8535	1.1353	1.4159	1.6953	1.9734	2.1121	2.2504	2.5263	2.8009	Kw
1000 RPM	0.3189	0.6343	0.7916	0.9487	1.262	1.5744	1.8856	2.1957	2.3504	2.5049	2.8128	3.1198	Kw
1100 RPM	0.3502	0.696	0.8685	1.0409	1.3848	1.7278	2.0698	2.4108	2.5809	2.7509	3.0899	3.428	Kw
1200 RPM	0.3807	0.7558	0.9431	1.13	1.5033	1.8758	2.2473	2.618	2.803	2.9879	3.3568	3.7248	Kw
1300 RPM	0.4104	0.8134	1.0145	1.2156	1.617	2.0174	2.4172	2.8162	3.0155	3.2144	3.6117	4.0083	Kw
1400 RPM	0.4391	0.8687	1.0832	1.2974	1.7255	2.1529	2.5795	3.0054	3.2181	3.4304	3.8548	4.2785	Kw
1500 RPM	0.4668	0.9214	1.1484	1.3754	1.8287	2.2812	2.7331	3.1843	3.4097	3.6348	4.0848	4.534	Kw
1600 RPM	0.4937	0.9718	1.2107	1.4494	1.9263	2.4025	2.8782	3.3532	3.5905	3.8276	4.3015	4.7746	Kw
1700 RPM	0.5196	1.0195	1.2692	1.5188	2.0177	2.516	3.0137	3.5109	3.7592	4.0073	4.5033	4.9988	Kw
1800 RPM	0.5444	1.0645	1.3244	1.5843	2.1034	2.6219	3.14	3.6575	3.9161	4.1745	4.6912	5.2072	Kw
1900 RPM	0.5685	1.1071	1.3762	1.645	2.1827	2.7198	3.2565	3.7926	4.0605	4.3282	4.8635	5.3982	Kw
2000 RPM	0.592	1.1474	1.4249	1.7025	2.2571	2.8111	3.3648	3.918	4.1944	4.4708	5.0233	5.5753	Kw
2100 RPM	0.6143	1.1844	1.4693	1.7541	2.3236	2.8925	3.4611	4.0292	4.3131	4.5969	5.1643	5.7312	Kw
2200 RPM	0.6362	1.2196	1.511	1.8024	2.3849	2.9669	3.5489	4.1303	4.4208	4.7113	5.2922	5.8725	Kw

Hasil Data Daya B100

Daya (Kw) B100													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	0.1502	0.2988	0.3724	0.4456	0.591	0.7345	0.8765	1.0167	1.0861	1.1551	1.2918	1.4266	Kw
600 RPM	0.184	0.3663	0.4569	0.5471	0.7264	0.9042	1.0805	1.2552	1.342	1.4284	1.6	1.77	Kw
700 RPM	0.2176	0.4332	0.5405	0.6475	0.8605	1.0721	1.2823	1.4911	1.595	1.6985	1.9045	2.1091	Kw
800 RPM	0.2505	0.4988	0.6225	0.7459	0.9918	1.2364	1.4797	1.7218	1.8424	1.9627	2.2022	2.4405	Kw
900 RPM	0.2828	0.5631	0.7028	0.8422	1.1201	1.397	1.6727	1.9472	2.0841	2.2206	2.4929	2.764	Kw
1000 RPM	0.3146	0.6259	0.7811	0.936	1.2452	1.5534	1.8606	2.1667	2.3194	2.4718	2.7757	3.0786	Kw
1100 RPM	0.3455	0.6866	0.8568	1.0268	1.3661	1.7045	2.0417	2.3782	2.5461	2.7137	3.0482	3.3818	Kw
1200 RPM	0.3757	0.7456	0.9303	1.1148	1.4831	1.8505	2.2172	2.5828	2.7654	2.9477	3.3116	3.6747	Kw
1300 RPM	0.4048	0.8023	1.0007	1.199	1.5949	1.99	2.3842	2.7777	2.9742	3.1704	3.5624	3.9535	Kw
1400 RPM	0.4332	0.8569	1.0685	1.2799	1.702	2.1237	2.5444	2.9645	3.1742	3.3839	3.8025	4.2204	Kw
1500 RPM	0.4605	0.9088	1.1327	1.3564	1.8034	2.2497	2.6954	3.1404	3.3626	3.5846	4.0284	4.4714	Kw
1600 RPM	0.4871	0.9584	1.1939	1.4293	1.8996	2.3691	2.8382	3.3067	3.5406	3.7745	4.2418	4.7083	Kw
1700 RPM	0.5126	1.0056	1.2519	1.498	1.9901	2.4814	2.9722	3.4625	3.7074	3.9522	4.4413	4.9299	Kw
1800 RPM	0.5373	1.0502	1.3064	1.5626	2.0745	2.5859	3.0967	3.6071	3.8621	4.117	4.6264	5.1353	Kw
1900 RPM	0.5611	1.0922	1.3576	1.6226	2.1528	2.6824	3.2117	3.7404	4.0047	4.2688	4.7964	5.3238	Kw
2000 RPM	0.5844	1.1317	1.4055	1.6789	2.2256	2.772	3.3177	3.8632	4.1357	4.4082	4.9527	5.4969	Kw
2100 RPM	0.6063	1.1682	1.4491	1.7297	2.2909	2.8517	3.4121	3.9721	4.2521	4.5317	5.0912	5.6501	Kw
2200 RPM	0.6281	1.2029	1.4902	1.7775	2.3516	2.9254	3.4989	4.0718	4.3583	4.6446	5.217	5.7891	Kw

1.4 SFOC Hasil Pembebanan di Simulasi

Hasil Data SFOC HSD

SFOC (gr/kw-h) HSD													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2824.1	1412.6	1130.1	941.82	706.41	565.15	470.97	403.69	376.78	353.24	313.99	282.59326	gr/kw-h
600 RPM	2679.3	1340.5	1072.7	893.99	670.55	536.47	447.07	383.21	357.68	335.33	298.07	268.26886	gr/kw-h
700 RPM	2576.9	1289.6	1031.9	860.1	645.16	516.2	430.18	368.75	344.18	322.68	286.83	258.15424	gr/kw-h
800 RPM	2499.6	1252	1001.8	835.08	626.46	501.24	417.77	358.11	334.23	313.36	278.55	250.71094	gr/kw-h
900 RPM	2440.8	1223.2	979.1	816.12	612.32	489.97	408.37	350.07	326.75	306.34	272.32	245.09903	gr/kw-h
1000 RPM	2393.9	1200.5	961.01	801.25	601.22	481.14	401.03	343.8	320.89	300.85	267.45	240.72527	gr/kw-h
1100 RPM	2355.6	1182.8	947.01	789.62	592.68	474.34	395.39	338.97	316.4	296.64	263.71	237.36182	gr/kw-h
1200 RPM	2323.8	1168.5	935.78	780.37	585.85	468.92	390.9	335.16	312.84	293.32	260.77	234.71965	gr/kw-h
1300 RPM	2298	1157.2	926.98	773.23	580.59	464.82	387.52	332.27	310.16	290.8	258.55	232.7286	gr/kw-h
1400 RPM	2274.8	1147.4	919.6	767.18	576.23	461.39	384.72	329.91	307.96	288.76	256.74	231.11177	gr/kw-h
1500 RPM	2255.2	1139.8	913.78	762.64	573.02	458.92	382.71	328.21	306.38	287.29	255.44	229.9534	gr/kw-h
1600 RPM	2237.2	1133.5	909.13	758.92	570.48	457	381.18	326.92	305.21	286.2	254.49	229.11372	gr/kw-h
1700 RPM	2220.9	1128.3	905.49	756.17	568.67	455.68	380.15	326.1	304.45	285.5	253.89	228.58405	gr/kw-h
1800 RPM	2204.7	1123.6	902.44	753.93	567.28	454.71	379.42	325.52	303.94	285.03	253.5	228.25375	gr/kw-h
1900 RPM	2188.9	1119.6	899.85	752.19	566.33	454.12	379.02	325.24	303.69	284.82	253.34	228.12334	gr/kw-h
2000 RPM	2172.4	1115.9	897.59	750.71	565.61	453.73	378.82	325.13	303.61	284.77	253.33	228.13345	gr/kw-h
2100 RPM	2157.1	1113	896.09	749.95	565.5	453.87	379.05	325.41	303.9	285.06	253.62	228.42287	gr/kw-h
2200 RPM	2137.8	1108.9	893.79	748.5	564.95	453.67	379.01	325.47	303.99	285.17	253.76	228.57393	gr/kw-h

Hasil Data SFOC B50

SFOC (gr/kw-h) B50													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2995.8	1498.5	1198.7	998.99	749.31	599.48	499.59	428.21	399.67	374.69	333.07	299.76505	gr/kw-h
600 RPM	2845.9	1423.7	1139.2	949.41	712.17	569.74	474.82	406.99	379.87	356.13	316.57	284.91302	gr/kw-h
700 RPM	2737	1370.3	1096.5	913.85	685.56	548.49	457.1	391.83	365.72	342.86	304.78	274.3085	gr/kw-h
800 RPM	2657	1331	1065.1	887.83	666.05	532.96	444.17	380.75	355.38	333.17	296.17	266.56406	gr/kw-h
900 RPM	2595.3	1300.9	1041.2	867.87	651.19	521.09	434.32	372.32	347.52	325.8	289.62	260.67545	gr/kw-h
1000 RPM	2545.9	1277.5	1022.7	852.61	639.85	512.04	426.79	365.89	341.52	320.19	284.64	256.19724	gr/kw-h
1100 RPM	2506.3	1258.9	1008.1	840.63	630.93	504.97	420.93	360.88	336.85	315.82	280.77	252.7168	gr/kw-h
1200 RPM	2473.4	1244	996.42	831.01	623.88	499.37	416.31	356.94	333.18	312.39	277.73	249.98973	gr/kw-h
1300 RPM	2445.5	1232.2	987.21	823.49	618.43	495.11	412.81	353.96	330.42	309.81	275.44	247.93854	gr/kw-h
1400 RPM	2420.8	1222.1	979.58	817.28	613.97	491.63	409.97	351.55	328.18	307.71	273.6	246.28519	gr/kw-h
1500 RPM	2400	1214.1	973.59	812.6	610.65	489.1	407.9	349.85	326.6	306.24	272.3	245.13802	gr/kw-h
1600 RPM	2380.4	1207.3	968.66	808.77	608.05	487.14	406.32	348.52	325.38	305.12	271.33	244.27298	gr/kw-h
1700 RPM	2362.7	1201.8	964.8	805.9	606.16	485.8	405.29	347.7	324.63	304.42	270.73	243.74942	gr/kw-h
1800 RPM	2345.3	1196.9	961.61	803.61	604.85	484.88	404.64	347.19	324.18	304.02	270.4	243.47784	gr/kw-h
1900 RPM	2327.4	1192.7	958.95	801.8	603.88	484.29	404.26	346.93	323.96	303.84	270.28	243.38661	gr/kw-h
2000 RPM	2309.8	1188.9	956.77	800.47	603.34	484.12	404.24	346.99	324.04	303.94	270.4	243.52179	gr/kw-h
2100 RPM	2291.7	1185.5	954.96	799.51	603.15	484.19	404.45	347.26	324.33	304.24	270.7	243.82434	gr/kw-h
2200 RPM	2271.8	1181.8	953.11	798.59	603.11	484.48	404.84	347.69	324.77	304.68	271.14	244.2605	gr/kw-h

Hasil Data SFOC B60

SFOC (gr/kw-h) B60													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	3027.1	1516.8	1213.1	1010.7	758.56	606.66	505.44	433.39	404.46	379.15	337.11	303.34186	gr/kw-h
600 RPM	2875.4	1441.2	1152	960.5	720.87	576.54	480.36	411.89	384.31	360.35	320.27	288.2981	gr/kw-h
700 RPM	2771.1	1387.2	1110	925.15	694	555.26	462.76	396.67	370.23	347.1	308.54	277.70392	gr/kw-h
800 RPM	2688.7	1346.7	1078.5	899.32	674.51	539.61	449.68	385.44	359.83	337.4	299.9	269.9111	gr/kw-h
900 RPM	2625	1317.9	1054.5	878.89	659.8	527.81	439.82	377.15	351.99	329.98	293.4	264.04626	gr/kw-h
1000 RPM	2578.2	1293.6	1036.2	863.38	647.91	518.51	432.19	370.68	345.91	324.37	288.34	259.49994	gr/kw-h
1100 RPM	2538.8	1275.3	1020.5	851.53	639.14	511.55	426.43	365.59	341.17	319.94	284.43	255.98093	gr/kw-h
1200 RPM	2506.3	1260.7	1009.8	842.17	631.75	505.79	421.71	361.6	337.54	316.48	281.38	253.24712	gr/kw-h
1300 RPM	2479.7	1249.4	999.78	834.19	626.62	501.76	418.4	358.62	334.78	313.91	279.12	251.23265	gr/kw-h
1400 RPM	2451	1237.3	993.05	828.43	622.16	498.13	415.33	356.13	332.59	311.83	277.24	249.55072	gr/kw-h
1500 RPM	2427.7	1230.3	986.96	823.05	618.87	495.53	413.41	354.47	330.95	310.37	275.92	248.40617	gr/kw-h
1600 RPM	2409.6	1222.4	981.45	819.84	616.22	493.62	411.71	353.11	329.73	309.25	274.98	247.54135	gr/kw-h
1700 RPM	2396.7	1217.6	977.85	817	614.23	492.43	410.71	352.42	329.07	308.49	274.4	247.04776	gr/kw-h
1800 RPM	2372.9	1213.7	974.77	814.44	612.84	491.58	410.15	351.86	328.51	308.21	274.09	246.78181	gr/kw-h
1900 RPM	2361.4	1208.6	972.12	813.05	612.04	491.06	409.78	351.76	328.35	308	274.02	246.72289	gr/kw-h
2000 RPM	2338.7	1204.4	970.02	811.04	611.37	490.59	409.66	351.65	328.47	308.03	274.04	246.84161	gr/kw-h
2100 RPM	2320.9	1201.3	968.51	810.34	611.38	490.86	410.03	352.06	328.89	308.45	274.45	247.20845	gr/kw-h
2200 RPM	2299.6	1196.9	966.18	809.02	611.56	491.22	410.45	352.49	329.16	308.87	274.86	247.6283	gr/kw-h

Hasil Data SFOC B70

SFOC (gr/kw-h) B70													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	3070	1532.9	1226.8	1022.7	767.28	613.96	511.4	438.42	409.23	383.68	340.95	306.89218	gr/kw-h
600 RPM	2914.6	1458.4	1167.7	972.49	729.46	583.61	486.37	416.9	389.2	364.95	324.39	291.94882	gr/kw-h
700 RPM	2807.9	1403.3	1123.3	936.42	702.65	562.28	468.4	401.57	374.83	351.43	312.42	281.1146	gr/kw-h
800 RPM	2723.8	1364.3	1092.6	910.11	682.78	546.33	455.33	390.31	364.39	341.69	303.72	273.3521	gr/kw-h
900 RPM	2658.8	1335	1068.2	890.29	667.82	534.66	445.53	381.87	356.56	334.26	297.1	267.37894	gr/kw-h
1000 RPM	2611.3	1310.3	1049.7	874.55	656.3	525.23	437.79	375.31	350.39	328.44	292.08	262.88507	gr/kw-h
1100 RPM	2571.4	1291.8	1033.7	862.53	647.41	518.17	431.95	370.32	345.59	324.09	288.12	259.33197	gr/kw-h
1200 RPM	2538.4	1277	1022.8	853.07	640.46	512.68	427.41	366.46	342.07	320.72	285.14	256.65842	gr/kw-h
1300 RPM	2511.6	1263.6	1012.8	845.04	634.78	508.31	423.63	363.3	339.15	318.02	282.77	254.4704	gr/kw-h
1400 RPM	2482.6	1253.4	1006.1	839.29	630.33	504.68	420.79	360.99	336.97	315.94	280.89	252.83708	gr/kw-h
1500 RPM	2459.2	1246.6	1000	833.95	627.09	502.11	418.91	359.19	335.36	314.5	279.6	251.7568	gr/kw-h
1600 RPM	2441	1238.7	994.55	830.82	624.49	500.26	417.25	358.05	334.18	313.42	278.69	250.88322	gr/kw-h
1700 RPM	2428.3	1234	991.07	828.08	622.58	499.15	416.32	357.24	333.42	312.71	278.16	250.39812	gr/kw-h
1800 RPM	2404.3	1228.1	986.74	825.63	621.3	498.04	415.59	356.56	332.92	312.22	277.79	250.11421	gr/kw-h
1900 RPM	2384.9	1225.3	984.26	823.45	620.09	497.63	415.32	356.37	332.84	312.22	277.69	250.0371	gr/kw-h
2000 RPM	2370.4	1221.3	982.35	821.59	619.55	497.27	415.3	356.53	332.89	312.19	277.77	250.18842	gr/kw-h
2100 RPM	2352.6	1216.2	981.03	821.07	619.72	497.68	415.54	356.86	333.25	312.71	278.27	250.57881	gr/kw-h
2200 RPM	2331.3	1214.3	978.9	819.94	619.51	497.82	416.09	357.41	333.79	313.24	278.67	251.06064	gr/kw-h

Hasil Data SFOC B80

SFOC (gr/kw-h) B80													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	3104.1	1552.7	1242.1	1035.1	776.42	621.17	517.66	443.7	414.14	388.25	345.12	310.60992	gr/kw-h
600 RPM	2949.6	1476.2	1181.1	984.3	738.36	590.71	492.3	421.98	393.85	369.25	328.22	295.4093	gr/kw-h
700 RPM	2841	1422	1138	948.41	711.47	569.22	474.4	406.66	379.55	355.83	316.31	284.68765	gr/kw-h
800 RPM	2758.9	1382	1105.9	921.87	691.61	553.39	461.22	395.34	369.01	345.95	307.53	276.78748	gr/kw-h
900 RPM	2695.4	1351.5	1081.7	901.71	676.61	541.41	451.27	386.84	361.08	338.53	300.93	270.8573	gr/kw-h
1000 RPM	2645.3	1327.4	1062.7	885.99	664.89	532.11	443.5	380.21	354.89	332.73	295.79	266.236	gr/kw-h
1100 RPM	2604.8	1308.6	1047.9	873.82	655.89	524.96	437.61	375.18	350.2	328.34	291.89	262.73352	gr/kw-h
1200 RPM	2571.4	1293.7	1036.3	864.18	648.83	519.4	433.02	371.27	346.56	324.94	288.87	260.02472	gr/kw-h
1300 RPM	2541.9	1281.2	1026.5	856.38	643.12	514.9	429.33	368.13	343.65	322.2	286.47	257.87036	gr/kw-h
1400 RPM	2516.7	1271.1	1018.9	850.17	638.73	511.48	426.53	365.77	341.44	320.15	284.67	256.25418	gr/kw-h
1500 RPM	2495.7	1263.2	1013.1	845.63	635.53	509.06	424.57	364.13	339.94	318.76	283.44	255.16382	gr/kw-h
1600 RPM	2474.2	1256	1007.9	841.54	632.8	506.99	422.94	362.77	338.69	317.61	282.43	254.27243	gr/kw-h
1700 RPM	2455.8	1250.4	1004	838.7	631.01	505.74	421.96	362	337.98	316.96	281.88	253.79869	gr/kw-h
1800 RPM	2437.4	1245.5	1000.9	836.47	629.67	504.86	421.34	361.54	337.59	316.6	281.59	253.56972	gr/kw-h
1900 RPM	2418.7	1241.1	998.08	834.67	628.77	504.32	421.02	361.34	337.42	316.47	281.52	253.51884	gr/kw-h
2000 RPM	2399.4	1236.9	995.68	833.2	628.18	504.13	420.99	361.4	337.51	316.58	281.65	253.66594	gr/kw-h
2100 RPM	2380.9	1233.7	994.14	832.58	628.29	504.46	421.43	361.87	338	317.06	282.13	254.12839	gr/kw-h
2200 RPM	2359.5	1229.8	992.33	831.63	628.29	504.81	421.9	362.37	338.51	317.57	282.63	254.62315	gr/kw-h

Hasil Data SFOC B90

SFOC (gr/kw-h) B90													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	3142.3	1571.8	1257.6	1048	786.07	628.88	524.11	449.25	419.29	393.09	349.42	314.4777	gr/kw-h
600 RPM	2987.7	1494.7	1196	996.8	747.72	598.23	498.53	427.33	398.85	373.93	332.38	299.14932	gr/kw-h
700 RPM	2876.7	1439.9	1152.2	960.37	720.39	576.4	480.36	411.77	384.33	360.32	320.29	288.2716	gr/kw-h
800 RPM	2794	1399.6	1120	933.63	700.44	560.46	467.08	400.39	373.72	350.37	311.46	280.32407	gr/kw-h
900 RPM	2730.3	1368.8	1095.7	913.42	685.35	548.41	457.09	391.85	365.74	342.9	304.82	274.3528	gr/kw-h
1000 RPM	2679.3	1344.8	1076.6	897.55	673.61	539.07	449.32	385.21	359.56	337.1	299.68	269.7309	gr/kw-h
1100 RPM	2638.2	1325.7	1061.7	885.22	664.49	531.83	443.33	380.1	354.8	332.64	295.72	266.17743	gr/kw-h
1200 RPM	2604.4	1310.5	1049.6	875.49	657.31	526.19	438.67	376.12	351.08	329.17	292.65	263.41898	gr/kw-h
1300 RPM	2575.4	1298.1	1040.2	867.75	651.69	521.81	435.07	373.06	348.23	326.52	290.3	261.31982	gr/kw-h
1400 RPM	2550	1287.9	1032.4	861.64	647.31	518.36	432.26	370.68	346.04	324.48	288.51	259.71185	gr/kw-h
1500 RPM	2528.1	1279.9	1026.5	856.75	643.93	515.81	430.2	368.97	344.46	323	287.2	258.55585	gr/kw-h
1600 RPM	2507.4	1273	1021.5	852.93	641.37	513.9	428.7	367.73	343.31	321.94	286.29	257.749	gr/kw-h
1700 RPM	2488.1	1267.2	1017.6	850.18	639.61	512.64	427.74	366.96	342.62	321.32	285.76	257.29068	gr/kw-h
1800 RPM	2469.8	1262.5	1014.5	847.89	638.33	511.83	427.18	366.55	342.26	320.99	285.5	257.08075	gr/kw-h
1900 RPM	2449.9	1257.4	1011.3	845.83	637.19	511.15	426.72	366.24	342	320.78	285.35	256.97025	gr/kw-h
2000 RPM	2430.8	1253.8	1009.4	844.62	636.87	511.15	426.88	366.46	342.24	321.02	285.6	257.2282	gr/kw-h
2100 RPM	2411.6	1250.4	1007.8	844.01	636.92	511.47	427.31	366.93	342.72	321.5	286.08	257.6943	gr/kw-h
2200 RPM	2390.1	1246.4	1005.9	843.14	637.02	511.89	427.81	367.48	343.28	322.06	286.62	258.22205	gr/kw-h

Hasil Data SFOC B100

SFOC (gr/kw-h) B100													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	3180.4	1590.6	1272.6	1060.6	795.45	636.41	530.33	454.59	424.29	397.78	353.58	318.2299	gr/kw-h
600 RPM	3024.7	1513.5	1211.1	1009.3	757.04	605.68	504.79	432.69	403.84	378.61	336.55	302.8979	gr/kw-h
700 RPM	2912.4	1458	1166.9	972.54	729.53	583.69	486.44	416.99	389.2	364.88	324.35	291.91833	gr/kw-h
800 RPM	2830	1417.7	1134.6	945.7	709.5	567.71	473.15	405.59	378.58	354.92	315.5	283.96155	gr/kw-h
900 RPM	2766	1386.5	1109.9	925.23	694.25	555.53	463.03	396.94	370.5	347.36	308.78	277.9222	gr/kw-h
1000 RPM	2714.2	1362.1	1090.5	909.32	682.39	546.11	455.2	390.23	364.24	341.5	303.6	273.25665	gr/kw-h
1100 RPM	2673.4	1343.3	1075.8	897.02	673.32	538.93	449.28	385.19	359.53	337.09	299.68	269.74036	gr/kw-h
1200 RPM	2638.3	1327.9	1063.6	887.1	666.08	533.19	444.51	381.13	355.77	333.56	296.56	266.93948	gr/kw-h
1300 RPM	2609.9	1315.7	1054.4	879.53	660.55	528.88	441	378.15	352.98	330.97	294.26	264.88565	gr/kw-h
1400 RPM	2584.3	1305.2	1046.4	873.21	656.06	525.36	438.11	375.72	350.74	328.87	292.41	263.23615	gr/kw-h
1500 RPM	2562.3	1297.3	1040.5	868.59	652.8	522.93	436.13	374.07	349.22	327.47	291.18	262.13846	gr/kw-h
1600 RPM	2540.7	1290.4	1035.5	864.75	650.24	521.04	434.65	372.83	348.1	326.42	290.28	261.34735	gr/kw-h
1700 RPM	2521.4	1284.6	1031.5	861.81	648.35	519.69	433.63	372.03	347.35	325.75	289.71	260.8508	gr/kw-h
1800 RPM	2501.9	1279.4	1028.2	859.46	647.07	518.85	433.04	371.59	346.97	325.41	289.44	260.62616	gr/kw-h
1900 RPM	2482.6	1275	1025.5	857.83	646.3	518.45	432.83	371.49	346.9	325.37	289.45	260.66296	gr/kw-h
2000 RPM	2462.3	1270.9	1023.2	856.38	645.75	518.28	432.87	371.6	347.05	325.53	289.63	260.85892	gr/kw-h
2100 RPM	2443.2	1267.5	1021.6	855.74	645.9	518.71	433.37	372.14	347.58	326.07	290.14	261.35507	gr/kw-h
2200 RPM	2420.6	1263.5	1019.8	854.84	645.93	519.08	433.87	372.71	348.16	326.65	290.72	261.9129	gr/kw-h

1.5 Torsi Hasil Pembebanan di Simulasi

a. TORSI HSD

Torsi (N/m) HSD													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	3.0279	6.0536	7.56645	9.0793	12.105	15.1307	18.1564	21.1821	22.6949	24.2078	27.2335	30.2592	N/m
600 RPM	3.15181	6.29945	7.87226	9.44608	12.5937	15.7413	18.889	22.0366	23.6094	25.1832	28.3309	31.4785	N/m
700 RPM	3.23653	6.4671	8.08188	9.69666	12.9272	16.1568	19.3874	22.6169	24.2317	25.8465	29.0771	32.3066	N/m
800 RPM	3.29516	6.57866	8.22141	9.86316	13.1477	16.4322	19.7157	23.0002	24.6429	26.2847	29.5692	32.8527	N/m
900 RPM	3.3318	6.64824	8.30596	9.96468	13.2811	16.5976	19.914	23.2304	24.8882	26.5469	29.8633	33.1798	N/m
1000 RPM	3.35357	6.68695	8.35364	10.0193	13.3527	16.6851	20.0185	23.3509	25.0176	26.6842	30.0166	33.349	N/m
1100 RPM	3.36363	6.69896	8.36662	10.0343	13.3686	16.7039	20.0393	23.3746	25.0423	26.7099	30.0452	33.3806	N/m
1200 RPM	3.36406	6.69033	8.35397	10.0176	13.3439	16.6712	19.9984	23.3247	24.9883	26.652	29.9782	33.3055	N/m
1300 RPM	3.35481	6.66204	8.31665	9.97026	13.2785	16.5857	19.8939	23.2022	24.8558	26.5104	29.8176	33.1258	N/m
1400 RPM	3.34031	6.62248	8.26307	9.90466	13.1868	16.469	19.7512	23.0324	24.674	26.3145	29.5967	32.8789	N/m
1500 RPM	3.3194	6.56753	8.1921	9.81566	13.0638	16.3119	19.5601	22.8082	24.4328	26.0563	29.3055	32.5536	N/m
1600 RPM	3.29454	6.50263	8.10717	9.71172	12.9198	16.1279	19.336	22.5451	24.1486	25.7532	28.9613	32.1693	N/m
1700 RPM	3.26542	6.42747	8.009	9.59053	12.7526	15.9146	19.0767	22.2387	23.8203	25.4008	28.5638	31.7259	N/m
1800 RPM	3.23443	6.34645	7.90196	9.45847	12.5705	15.6825	18.7945	21.9065	23.462	25.0186	28.1306	31.2416	N/m
1900 RPM	3.20088	6.25787	7.78636	9.31485	12.3718	15.4288	18.4858	21.5428	23.0713	24.5998	27.6567	30.7137	N/m
2000 RPM	3.16667	6.16462	7.66409	9.16357	12.1625	15.1615	18.1594	21.1584	22.6579	24.1573	27.1553	30.1542	N/m
2100 RPM	3.1284	6.06333	7.53079	8.99826	11.9332	14.8681	17.803	20.738	22.2054	23.6729	26.6078	29.5428	N/m
2200 RPM	3.09175	5.96065	7.39511	8.83056	11.6995	14.5694	17.4393	20.3082	21.7426	23.1781	26.047	28.9169	N/m

b. TORSI B50

Torsi (N/m) B50													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2.85194	5.70165	7.12751	8.55236	11.4021	14.2518	17.1015	19.9522	21.3771	22.8019	25.6516	28.5014	N/m
600 RPM	2.96488	5.92653	7.40636	8.88718	11.8478	14.8095	17.7701	20.7318	22.2116	23.6924	26.6531	29.6147	N/m
700 RPM	3.04464	6.08123	7.60002	9.11882	12.1554	15.193	18.2306	21.2672	22.786	24.3048	27.3413	30.3789	N/m
800 RPM	3.09733	6.18285	7.72662	9.26938	12.3559	15.4414	18.528	21.6145	23.1572	24.701	27.7865	30.8731	N/m
900 RPM	3.13104	6.24651	7.80424	9.36298	12.4784	15.5939	18.7094	21.8248	23.3826	24.9413	28.0568	31.1723	N/m
1000 RPM	3.15091	6.27932	7.84403	9.40873	12.5371	15.6666	18.796	21.9244	23.4891	25.0538	28.1832	31.3116	N/m
1100 RPM	3.15909	6.28944	7.85412	9.4188	12.5492	15.6795	18.8099	21.9402	23.5049	25.0706	28.2	31.3303	N/m
1200 RPM	3.15866	6.27996	7.84062	9.40127	12.5226	15.6449	18.7662	21.8875	23.4482	25.0088	28.1301	31.2514	N/m
1300 RPM	3.1506	6.25286	7.80449	9.35612	12.4584	15.5616	18.6639	21.7672	23.3178	24.8694	27.9727	31.0749	N/m
1400 RPM	3.13725	6.21446	7.75307	9.29268	12.3699	15.4481	18.5253	21.6035	23.1421	24.6818	27.759	30.8372	N/m
1500 RPM	3.11761	6.16278	7.68537	9.20795	12.2531	15.2983	18.3435	21.3877	22.9102	24.4328	27.478	30.5232	N/m
1600 RPM	3.09496	6.1021	7.60566	9.10923	12.1164	15.1235	18.1316	21.1388	22.6423	24.1459	27.153	30.1602	N/m
1700 RPM	3.06821	6.03231	7.51386	8.99541	11.9595	14.9226	17.8867	20.8498	22.3313	23.8139	26.777	29.7411	N/m
1800 RPM	3.03955	5.95562	7.41315	8.87068	11.7857	14.7018	17.6169	20.5319	21.9895	23.448	26.3631	29.2781	N/m
1900 RPM	3.00935	5.87238	7.30389	8.73541	11.5984	14.4625	17.3255	20.1885	21.6201	23.0516	25.9146	28.7776	N/m
2000 RPM	2.97738	5.78438	7.18789	8.59139	11.3984	14.2054	17.0124	19.8194	21.2229	22.6264	25.4334	28.2404	N/m
2100 RPM	2.94369	5.69067	7.06416	8.43765	11.1846	13.9326	16.6796	19.4266	20.8001	22.1736	24.9205	27.6675	N/m
2200 RPM	2.91088	5.59584	6.93832	8.2808	10.9648	13.6497	16.3347	19.0196	20.3621	21.7046	24.3895	27.0735	N/m

c. TORSI B60

Torsi (N/m) B60													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2.82194	5.63166	7.04152	8.45138	11.2611	14.0808	16.9005	19.7102	21.1201	22.53	25.3397	28.1604	N/m
600 RPM	2.9339	5.85355	7.32338	8.7832	11.7029	14.6325	17.5622	20.4818	21.9516	23.4115	26.3411	29.2622	N/m
700 RPM	3.00666	6.00625	7.50605	9.00585	12.0054	15.005	18.0046	21.0042	22.504	24.0038	27.0034	30.0023	N/m
800 RPM	3.06036	6.10989	7.62966	9.14942	12.199	15.2485	18.298	21.3475	22.8673	24.3871	27.4366	30.4851	N/m
900 RPM	3.09509	6.16456	7.7043	9.24404	12.3135	15.393	18.4725	21.5419	23.0817	24.6214	27.6909	30.7692	N/m
1000 RPM	3.11098	6.2004	7.74011	9.28982	12.3792	15.4687	18.5581	21.6375	23.1872	24.7269	27.8163	30.9082	N/m
1100 RPM	3.11818	6.20754	7.75722	9.29691	12.3863	15.4756	18.565	21.6544	23.204	24.7437	27.8331	30.9265	N/m
1200 RPM	3.11675	6.19606	7.73572	9.27538	12.3647	15.444	18.5233	21.6026	23.1423	24.682	27.7613	30.8451	N/m
1300 RPM	3.10676	6.16602	7.70566	9.23529	12.2946	15.3538	18.4131	21.4824	23.012	24.5416	27.6009	30.6647	N/m
1400 RPM	3.09841	6.13763	7.64725	9.16686	12.2061	15.2453	18.2845	21.3238	22.8334	24.353	27.3922	30.431	N/m
1500 RPM	3.08182	6.08101	7.5806	9.09019	12.0894	15.0986	18.0977	21.1069	22.6065	24.1061	27.1153	30.1189	N/m
1600 RPM	3.05725	6.02639	7.50596	8.98554	11.9547	14.9238	17.893	20.8621	22.3417	23.8212	26.7904	29.7595	N/m
1700 RPM	3.02454	5.95365	7.4132	8.87275	11.8019	14.721	17.6501	20.5692	22.0287	23.4983	26.4174	29.3425	N/m
1800 RPM	3.00395	5.87303	7.31257	8.7521	11.6312	14.5002	17.3793	20.2584	21.6979	23.1275	26.0065	28.8841	N/m
1900 RPM	2.96584	5.79488	7.2044	8.61392	11.443	14.262	17.091	19.9101	21.3296	22.7391	25.5582	28.3863	N/m
2000 RPM	2.94023	5.70924	7.08875	8.47825	11.2473	14.0163	16.7853	19.5543	20.9338	22.3233	25.0923	27.8567	N/m
2100 RPM	2.90637	5.61537	6.96486	8.32436	11.0333	13.7423	16.4513	19.1603	20.5098	21.8693	24.5783	27.2868	N/m
2200 RPM	2.87551	5.52448	6.84397	8.17345	10.8124	13.4614	16.1104	18.7593	20.0888	21.4083	24.0573	26.7032	N/m

d. TORSI B70

Torsi (N/m) B70													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2.78195	5.57167	6.96153	8.35139	11.1311	13.9108	16.7006	19.4803	20.8701	22.26	25.0497	27.8294	N/m
600 RPM	2.89391	5.78357	7.2234	8.67322	11.5629	14.4525	17.3422	20.2319	21.6717	23.1115	26.0012	28.8908	N/m
700 RPM	2.96669	5.93628	7.41608	8.89588	11.8555	14.8151	17.7847	20.7443	22.2241	23.7039	26.6634	29.633	N/m
800 RPM	3.02039	6.02993	7.5297	9.03947	12.049	15.0585	18.0681	21.0776	22.5774	24.0771	27.0867	30.0962	N/m
900 RPM	3.05514	6.08462	7.60436	9.1241	12.1636	15.1931	18.2325	21.272	22.7818	24.3015	27.341	30.3804	N/m
1000 RPM	3.07105	6.12047	7.64019	9.1699	12.2193	15.2687	18.3182	21.3676	22.8873	24.417	27.4564	30.5059	N/m
1100 RPM	3.07827	6.12764	7.65732	9.17701	12.2264	15.2758	18.3251	21.3745	22.9042	24.4239	27.4732	30.5226	N/m
1200 RPM	3.07687	6.11619	7.63585	9.15551	12.1948	15.2342	18.2735	21.3128	22.8325	24.3521	27.3914	30.4308	N/m
1300 RPM	3.06688	6.09616	7.6058	9.11544	12.1347	15.154	18.1833	21.2025	22.7122	24.2218	27.2411	30.2704	N/m
1400 RPM	3.0586	6.05783	7.54745	9.04706	12.0463	15.0455	18.0448	21.034	22.5336	24.0332	27.0325	30.0317	N/m
1500 RPM	3.04201	6.00121	7.4808	8.9704	11.9296	14.8988	17.858	20.8272	22.3068	23.7864	26.7555	29.7147	N/m
1600 RPM	3.01756	5.94671	7.40629	8.86586	11.795	14.7242	17.6533	20.5725	22.042	23.5016	26.4308	29.3599	N/m
1700 RPM	2.98485	5.87397	7.31352	8.75308	11.6422	14.5213	17.4104	20.2895	21.7391	23.1787	26.0578	28.9469	N/m
1800 RPM	2.96442	5.8035	7.22304	8.63259	11.4717	14.3108	17.1498	19.9889	21.4085	22.828	25.6571	28.4962	N/m
1900 RPM	2.9364	5.71546	7.11498	8.50451	11.2936	14.0726	16.8617	19.6507	21.0402	22.4298	25.2188	28.0079	N/m
2000 RPM	2.90069	5.62971	6.99922	8.36874	11.0978	13.8268	16.5558	19.2848	20.6543	22.0239	24.7529	27.4819	N/m
2100 RPM	2.86703	5.54602	6.87553	8.21503	10.884	13.553	16.232	18.901	20.2405	21.57	24.239	26.918	N/m
2200 RPM	2.83627	5.44526	6.75474	8.06423	10.6732	13.2822	15.8912	18.5002	19.8096	21.1091	23.7281	26.3371	N/m

e. TORSI B80

Torsi (N/m) B80													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2.75096	5.49968	6.87454	8.2494	10.9981	13.7468	16.4956	19.2453	20.6192	21.994	24.7427	27.4915	N/m
600 RPM	2.85892	5.71259	7.13942	8.56725	11.4209	14.2756	17.1292	19.9839	21.4107	22.8375	25.6922	28.5459	N/m
700 RPM	2.93171	5.85731	7.31911	8.78191	11.7065	14.6321	17.5567	20.4813	21.9441	23.4069	26.3315	29.2561	N/m
800 RPM	2.98143	5.95197	7.43774	8.92251	11.893	14.8636	17.8341	20.8057	22.2904	23.7762	26.7468	29.7173	N/m
900 RPM	3.01319	6.00967	7.50841	9.00716	12.0036	15.0011	17.9976	20.9951	22.4928	23.9916	26.9891	29.9855	N/m
1000 RPM	3.03112	6.04055	7.54526	9.04998	12.0594	15.0688	18.0793	21.0887	22.5934	24.0981	27.1076	30.117	N/m
1100 RPM	3.03835	6.04773	7.55242	9.05711	12.0665	15.0759	18.0852	21.0946	22.5993	24.104	27.1134	30.1228	N/m
1200 RPM	3.03697	6.0363	7.53596	9.03663	12.036	15.0353	18.0346	21.0339	22.5336	24.0333	27.0336	30.0329	N/m
1300 RPM	3.03002	6.01131	7.50295	8.99359	11.9759	14.9582	17.9394	20.9217	22.4124	23.904	26.8853	29.8676	N/m
1400 RPM	3.01681	5.97305	7.45167	8.93029	11.8865	14.8438	17.8	20.7572	22.2359	23.7145	26.6707	29.628	N/m
1500 RPM	2.99727	5.92147	7.38307	8.84567	11.7699	14.6941	17.6183	20.5425	22.0041	23.4667	26.3909	29.3151	N/m
1600 RPM	2.97685	5.86401	7.30759	8.75217	11.6393	14.5275	17.4146	20.3028	21.7464	23.19	26.0781	28.9663	N/m
1700 RPM	2.95122	5.79635	7.21891	8.64147	11.4856	14.3307	17.1758	20.021	21.4435	22.8661	25.7112	28.5563	N/m
1800 RPM	2.92387	5.72197	7.12051	8.52006	11.3181	14.1162	16.9143	19.7124	21.111	22.5105	25.3086	28.1057	N/m
1900 RPM	2.89494	5.642	7.01553	8.38906	11.1361	13.8842	16.6312	19.3783	20.7518	22.1254	24.8724	27.6195	N/m
2000 RPM	2.8653	5.55833	6.90485	8.25136	10.9444	13.6374	16.3305	19.0235	20.37	21.7165	24.4096	27.1026	N/m
2100 RPM	2.83279	5.4668	6.78431	8.10081	10.7348	13.3698	16.0038	18.6379	19.9544	21.2719	23.9059	26.5399	N/m
2200 RPM	2.80216	5.37615	6.66265	7.95014	10.5231	13.0971	15.6711	18.2451	19.5316	20.8191	23.3931	25.9661	N/m

f. TORSI B90

Torsi (N/m) B90													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2.71697	5.43169	6.78856	8.14642	10.8611	13.5759	16.2896	19.0043	20.3622	21.719	24.4338	27.1485	N/m
600 RPM	2.82194	5.6406	7.04943	8.45827	11.2759	14.0936	16.9123	19.7299	21.1388	22.5476	25.3663	28.1839	N/m
700 RPM	2.89473	5.78333	7.22714	8.67094	11.5595	14.4471	17.3357	20.2234	21.6672	23.111	25.9996	28.8872	N/m
800 RPM	2.94346	5.87601	7.34278	8.80855	11.7411	14.6736	17.6072	20.5397	22.0055	23.4723	26.4048	29.3374	N/m
900 RPM	2.97424	5.93273	7.41147	8.89022	11.8487	14.8072	17.7657	20.7232	22.2029	23.6817	26.6402	29.5986	N/m
1000 RPM	2.99219	5.96162	7.44634	8.93206	11.9015	14.8719	17.8424	20.8118	22.2965	23.7822	26.7517	29.7221	N/m
1100 RPM	2.99945	5.96883	7.45352	8.93922	11.9086	14.879	17.8494	20.8188	22.3034	23.7891	26.7585	29.7289	N/m
1200 RPM	2.99808	5.95842	7.43909	8.91876	11.8791	14.8394	17.7998	20.7601	22.2408	23.7214	26.6818	29.6421	N/m
1300 RPM	2.99018	5.93247	7.40311	8.87476	11.817	14.7583	17.7006	20.6429	22.1146	23.5852	26.5275	29.4698	N/m
1400 RPM	2.977	5.89425	7.35287	8.8105	11.7277	14.645	17.5622	20.4795	21.9381	23.3957	26.313	29.2302	N/m
1500 RPM	2.95848	5.84369	7.28629	8.7299	11.6151	14.5003	17.3855	20.2707	21.7133	23.1559	26.0421	28.9274	N/m
1600 RPM	2.93708	5.78525	7.20984	8.63442	11.4826	14.3308	17.1789	20.0271	21.4517	22.8753	25.7244	28.5726	N/m
1700 RPM	2.91258	5.71871	7.12128	8.52385	11.33	14.1361	16.9422	19.7484	21.151	22.5535	25.3597	28.1658	N/m
1800 RPM	2.88532	5.64442	7.02397	8.40452	11.1636	13.9227	16.6818	19.4409	20.8205	22.2	24.9601	27.7192	N/m
1900 RPM	2.85654	5.56561	6.92014	8.27368	10.9827	13.6908	16.3999	19.108	20.4625	21.816	24.5251	27.2332	N/m
2000 RPM	2.82812	5.48317	6.81069	8.13921	10.7943	13.4493	16.1043	18.7594	20.0869	21.4144	24.0705	26.7255	N/m
2100 RPM	2.79647	5.39349	6.692	7.99051	10.5885	13.1856	15.7826	18.3796	19.6781	20.9766	23.5736	26.1707	N/m
2200 RPM	2.76597	5.30397	6.57247	7.84097	10.378	12.915	15.453	17.99	19.2585	20.527	23.065	25.602	N/m

g. TORSI B100

Torsi (N/m) B100													
Beban %	10%	20%	25%	30%	40%	50%	60%	70%	75%	80%	90%	100%	
500 RPM	2.68398	5.3667	6.70757	8.04843	10.7312	13.4129	16.0956	18.7773	20.1182	21.4591	24.1418	26.8235	N/m
600 RPM	2.78695	5.56962	6.96045	8.35229	11.135	13.9176	16.6993	19.482	20.8738	22.2646	25.0473	27.83	N/m
700 RPM	2.85875	5.71036	7.13516	8.56097	11.4126	14.2642	17.1158	19.9664	21.3922	22.818	25.6696	28.5212	N/m
800 RPM	2.9055	5.80005	7.24682	8.69459	11.5891	14.4837	17.3782	20.2728	21.7196	23.1673	26.0619	28.9564	N/m
900 RPM	2.93529	5.85578	7.31553	8.77528	11.6948	14.6153	17.5348	20.4543	21.914	23.3737	26.2942	29.2137	N/m
1000 RPM	2.95326	5.8847	7.35042	8.81514	11.7466	14.678	17.6095	20.5409	22.0066	23.4723	26.4028	29.3342	N/m
1100 RPM	2.95954	5.88993	7.35462	8.82032	11.7507	14.6811	17.6105	20.5409	22.0066	23.4713	26.4017	29.3321	N/m
1200 RPM	2.9592	5.87954	7.34021	8.80088	11.7212	14.6426	17.5639	20.4843	21.9449	23.4056	26.3259	29.2473	N/m
1300 RPM	2.95034	5.85264	7.30329	8.75493	11.6572	14.5595	17.4608	20.3631	21.8148	23.2654	26.1677	29.07	N/m
1400 RPM	2.93721	5.81546	7.25409	8.69272	11.57	14.4482	17.3255	20.2027	21.6414	23.081	25.9583	28.8355	N/m
1500 RPM	2.91873	5.76494	7.18755	8.61016	11.4564	14.3016	17.1478	19.993	21.4156	22.8382	25.6845	28.5297	N/m
1600 RPM	2.89843	5.70661	7.11119	8.51578	11.325	14.1331	16.9423	19.7515	21.1551	22.5597	25.3688	28.177	N/m
1700 RPM	2.8739	5.64105	7.02462	8.40819	11.1763	13.9435	16.7106	19.4778	20.8613	22.2449	25.0121	27.7792	N/m
1800 RPM	2.84778	5.56889	6.92945	8.29	11.0111	13.7322	16.4533	19.1744	20.535	21.8956	24.6167	27.3378	N/m
1900 RPM	2.81993	5.49101	6.82655	8.16109	10.8322	13.5033	16.1743	18.8454	20.181	21.5165	24.1866	26.8577	N/m
2000 RPM	2.79164	5.40869	6.71822	8.02675	10.6448	13.2629	15.8799	18.498	19.8065	21.116	23.7331	26.3511	N/m
2100 RPM	2.76004	5.32008	6.60059	7.88011	10.4401	13.0002	15.5602	18.1202	19.4008	20.6803	23.2413	25.8013	N/m
2200 RPM	2.73085	5.23187	6.48237	7.73288	10.2339	12.7349	15.2359	17.7359	18.9864	20.2369	22.738	25.239	N/m

BIODATA PENULIS

Himmawan Aan Listyanto adalah nama penulis Tugas Akhir ini. penulis lahir dari orang tua Irwan Subagio dan Lilis Setyowati sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis dilahirkan di Gambirejo, Nganjuk, Provinsi Jawa Timur pada tanggal 01 Februari 1998. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari TK Khodijah *(lulus tahun 2004),* melanjutkan ke SD Negeri 2 Tanjunganom *(lulus tahun 2010),* melanjutkan ke SMP Negeri 1 Tanjunganom *(lulus tahun 2013),* melanjutkan ke jenjang selanjutnya di SMK Negeri 1 Tanjunganom *(lulus tahun 2016),* dan akhirnya bisa menempuh masa kuliah di S1- Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Surabaya. Dengan ketekunan dan motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir ini. Semoga dengan penulisan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya Tugas Akhir ini yang berjudul **"ANALISIS PERFORMA PADA BAHAN BAKAR BIODIESEL B50-B100 TERHADAP MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI".**