



TUGAS AKHIR - ME 184834

PERBANDINGAN PERFORMA DAN EMISI NO_x PADA MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR B30 - METANOL METODE EMULSI DAN LARUTAN BERBASIS SIMULASI

EVAN HARLEY ANAKTOTOTY
NRP. 04211640007001

Dosen Pembimbing

Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah., M.Eng., Ph.D.
Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D.

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - ME 184834

**PERBANDINGAN PERFORMA DAN EMISI NO_x PADA
MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN
BAKAR B30 - METANOL METODE EMULSI DAN
LARUTAN BERBASIS SIMULASI**

**EVAN HARLEY ANAKTOTOTY
NRP. 04211640007001**

Dosen Pembimbing

**Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah., M.Eng., Ph.D.
Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D.**

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BACHELOR THESIS - ME 184834

**COMPARISON OF PERFORMANCE AND NO_x
EMISSION IN DIESEL ENGINE FUELED USING
B30 - METHANOL WITH EMULSION AND SOLUTION
METHOD BASED ON SIMULATION**

**EVAN HARLEY ANAKTOTOTY
NRP. 04211640007001**

Supervisor

**Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah., M.Eng., Ph.D.
Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D.**

**Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN PERFORMA DAN EMISI NOX PADA MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR METANOL-B30 METODE EMULSI DAN LARUTAN BERBASIS SIMULASI

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

Evan Harley Anaktototy
NRP.04211640007001

Surabaya, Agustus 2020

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing 1 :

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah., M.Eng., Ph.D.
NIP. 1956 0519 1986 10 1001

()

Dosen Pembimbing 2 :

Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 1971 0110 1997 02 1001

()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN PERFORMA DAN EMISI NO_x PADA MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR B30-METANOL METODE EMULSI DAN LARUTAN 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 :

Evan Harley Anaktototy
NRP. 04211640007001

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



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

SURABAYA
AGUSTUS 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERBANDINGAN PERFORMA DAN EMISI NO_x PADA MOTOR DIESEL DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR METANOL-B30 METODE EMULSI DAN LARUTAN BERBASIS SIMULASI

Nama Mahasiswa : Evan Harley Anaktototy
NRP : 04211640007001
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah., M.Eng., Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Bahan bakar biodiesel merupakan salah satu energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar diesel namun memiliki kadar NO_x yang masih tinggi. Untuk dapat mengurangi tingginya kadar NO_x yang dihasilkan pada biodiesel, maka dilakukan penambahan metanol yang diperkirakan dapat mengurangi emisi NO_x dari biodiesel. Namun, karena perbedaan tegangan permukaan antar dua fase zat yang tinggi menyebabkan kedua zat ini tidak dapat bercampur. Oleh karena itu, digunakan metode pencampuran emulsi dan larutan yang dapat mengurangi tegangan permukaan antar biodiesel dan metanol. Pada penelitian ini, dilakukan perbandingan performa dan emisi Nox menggunakan bahan bakar biodiesel 30% (B30) dan metanol 20% (M20). Pemodelan motor diesel dibuat mengikuti spesifikasi YANMAR TF85MH-di, tipe empat langkah dengan jumlah silinder satu. Metode penelitian yang digunakan berbasis simulasi dengan menggunakan bahan bakar B30M20 emulsi dan B30M20 larutan serta B30 dan HSD sebagai pembanding.

Hasil dari uji performa yang dilakukan, didapatkan penggunaan bahan bakar B30M20 emulsi dan larutan mengalami penurunan performa yang cukup signifikan. Namun diantara kedua metode pencampuran bahan bakar, bahan bakar B30M20 larutan memiliki performa yang lebih baik dibanding bahan bakar B30M20 emulsi tetapi tidak signifikan. Dapat dilihat dari konsumsi bahan bakar B30M20 larutan yang lebih rendah 0.45% dibanding B30M20 emulsi; torsi yang dihasilkan lebih besar 0.43% dibanding B30M20 emulsi; serta menghasilkan daya yang lebih besar 0.46% dibanding B30M20 emulsi. Hasil dari uji emisi NO_x yang dilakukan, didapatkan kadar emisi NO_x bahan bakar B30M20 Emulsi lebih baik dibanding bahan bakar B30M20 larutan tetapi tidak signifikan. Dimana lebih rendah 0.60% dibanding B30M20 larutan; lebih rendah 18.97% dari B30; dan lebih rendah 35.77% dari HSD pada kecepatan putaran 2200 RPM dan beban 100%.

Kata kunci : emulsi, larutan, NO_x, performa, simulasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

COMPARISON OF PERFORMANCE AND NO_x EMISSION IN DIESEL ENGINE FUELED USING B30 – METHANOL WITH EMULSION AND SOLUTION METHOD BASED ON SIMULATION

Name : Evan Harley Anaktototy
Registered Number : 04211640007001
Department : Marine Engineering
Academic Supervisor 1 : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah., M.Eng., Ph.D.
Academic Supervisor 2 : Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

Biodiesel fuel is an alternative energy that can be used as a alternative for diesel fuel but still has high NO_x levels. To reduce the high levels of NO_x produced in biodiesel, the addition of methanol is expected to reduce NO_x emission from biodiesel. However, due to the difference in surface tension between the two phases of the high substances, the two substances cannot mix. Therefore, an emulsion and solution blending method is used which can reduce the surface tension between biodiesel and methanol. In this study, a comparison of performance and NO_x emission using 30% biodiesel fuel (B30) and 20% methanol (M20). Modeling of the diesel motor is made following the specifications of the YANMAR TF 85 MH-di, four stroke type with one cylinder. The research method used is based on simulation and fueled using B30M20 Emulsion and B30M20 Solution with B30 and HSD as a comparison fuel.

The results of the performance tests carried out, obtained the ue of B30M20 Emulsions and Solutions has a significant decrease performance. But between the two method of blending, B30M20 Solution has better performance than the B30M20 Emulsion fuel but it is not significant. It can be seen from the specific fuel consumption of B30M20 Solution which is 0.45% lower than B30M20 Emulsion; the torque produced is 0.43% greater than the B30M20 Emulsion; and produced greatest power 0.46% compared to B30M20 Emulsion. The result of the NO_x emission test conducted showed that the NO_x emission levels of B30M20 Emulsion were better than the B30M20 Solution but not significant. Which is 0.60% lower than B30M20 Solution; 18.97% lower than B30; and 35.77% lower than HSD at rotation speed of 2200 rpm and 100% load.

Keywords : emulsion, NO_x, performance, simulation, solution

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya, sehingga atas ijin-Nya tugas akhir dengan judul **“Perbandingan Performa dan Emisi NO_x Pada Motor Diesel dengan Menggunakan Bahan Bakar B30 – Metanol Metode Emulsi dan Larutan Berbasis Simulasi”** dapat diselesaikan dengan baik.

Pembuatan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Agung Zuhdi M.F., M.Eng., Ph.D., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Semin Sanuri., S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing 2 yang juga telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Beny Cahyono., S.T., M.T., Ph.D., selaku ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito., M.Sc., selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan serta motivasi kepada penulis dalam masa perkuliahan.
5. Bapak dan Ibu Pengelola Afirmasi Pendidikan Tinggi 3T (ADik 3T), yang telah memberikan beasiswa bagi penulis selama perkuliahan di ITS.
6. Papa, Mama, Kakak David, Adik Ferald & Joel, serta Keluarga Besar Anaktototy – Noya atas dukungan dan doa bagi penulis.
7. Bapak Drs. Simon Moshe Maahury., M.Th., dan keluarga serta GBI Jemaat Rajawali Wonreli-Tiakur atas dukungan dan doa bagi penulis.
8. Sahabat Monita M. yang selalu mengingatkan dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan dan seangkatan “Voyage 16” yang saling mengingatkan dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-per satu dalam membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari sungguh bahwa dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca sangat diharapkan. Akhir kata, besar harapan penulis bahwa tugas akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat sebanyak-banyaknya bagi pembaca sekalian.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PENGESAHAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN TEORI DASAR	3
2.1 Kajian Penelitian Terkait.....	3
2.2 Teori Dasar.....	4
2.2.1 Biodiesel.....	4
2.2.2 Metanol.....	4
2.2.3 Blending.....	5
2.2.4 Emisi NOx.....	6
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	7
3.1 Perumusan Masalah.....	8
3.2 Studi Literatur.....	8
3.3 Pemodelan Mesin Diesel.....	11
3.3.1 <i>Intake System</i>	11
3.3.2 <i>Block and Injection System</i>	12
3.3.3 <i>Exhaust System</i>	12
3.3.4 Perangkaian Komponen Mesin.....	13
3.4 Validasi Data.....	13
3.5 Pengujian Mesin Diesel dan Pengambilan Data.....	14
3.6 Pengumpulan dan Analisa Data.....	15
3.7 Kesimpulan dan Saran.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Perbandingan Performa Mesin Diesel dengan Variasi Bahan Bakar.....	17
4.1.1 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD.....	17
4.1.2 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30.....	18
4.1.3 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20- <i>Solution</i>	20
4.1.4 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20- <i>Emulsion</i>	21

4.1.5	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 600 RPM	22
4.1.6	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 800 RPM	23
4.1.7	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 1000 RPM	24
4.1.8	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 1200 RPM	25
4.1.9	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 1400 RPM	27
4.1.10	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 1600 RPM	28
4.1.11	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 1800 RPM	29
4.1.12	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 2000 RPM	30
4.1.13	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kecepatan 2200 RPM	31
4.1.14	Perbandingan <i>Power</i> , <i>Torque</i> , dan SFOC Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	33
4.2	Perbandingan Emisi NO _x Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan Putaran 2200 RPM.....	37
4.2.1	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar HSD pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Variasi Kecepatan Putaran....	37
4.2.2	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar B30 pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Variasi Kecepatan Putaran	39
4.2.3	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar B30M20 <i>Emulsion</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Variasi Kecepatan Putaran	40
4.2.4	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar B30M20 <i>Solution</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Variasi Kecepatan Putaran	41
4.3	Pembahasan.....	42
4.3.1	Analisa Performa Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i>	42
4.3.2	Analisa <i>Maximum Pressure</i> , <i>Release</i> Bahan Bakar HSD, B30,B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> dalam Pembentukan Emisi NO _x ...	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		51
5.1	Kesimpulan	51
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		57
BIOGRAFI PENULIS		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbandingan <i>Peak Temperature</i> dan NO _x pada Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel.....	6
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian.....	7
Gambar 3.2	Dimensi Mesin Yanmar TF 85 MH-di	10
Gambar 3.3	Pemodelan Mesin Yanmar TF 85 MH-di pada <i>Software</i>	11
Gambar 4.1	Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD	17
Gambar 4.2	Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30.....	18
Gambar 4.3	Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20- <i>Solution</i>	20
Gambar 4.4	Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20- <i>Emulsion</i>	21
Gambar 4.5	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 600 RPM	22
Gambar 4.6	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 800 RPM	23
Gambar 4.7	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 1000 RPM ..	24
Gambar 4.8	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 1200 RPM ..	25
Gambar 4.9	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 1400 RPM ..	27
Gambar 4.10	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 1600 RPM ..	28
Gambar 4.11	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 1800 RPM ..	29
Gambar 4.12	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 2000 RPM ..	30
Gambar 4.13	Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> pada Kecepatan 2200 RPM ..	31
Gambar 4.14	Perbandingan <i>Power</i> , <i>Torque</i> , dan SFOC Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i> Pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran	33
Gambar 4.15	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar HSD pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	37
Gambar 4.16	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar B30 pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	39
Gambar 4.17	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan NO _x (PPM) Bahan Bakar B30M20 <i>Emulsion</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	40

Gambar 4.18	Perbandingan <i>Maximum Temperature</i> dan <i>NOx (PPM)</i> Bahan Bakar B30M20 Solution pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	41
Gambar 4.19	Perbandingan <i>Maximum Pressure</i> dan <i>Torque</i> Bahan Bakar HSD pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	43
Gambar 4.20	P-V Diagram Bahan Bakar HSD pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Kecepatan Putaran 100, 500, 2200 RPM.....	44
Gambar 4.21	Perbandingan <i>Maximum Pressure</i> dan <i>Torque</i> Bahan Bakar B30 pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran.....	45
Gambar 4.22	P-V Diagram Bahan Bakar B30 pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Kecepatan Putaran 100, 500, 2200 RPM.....	45
Gambar 4.23	Perbandingan <i>Maximum Pressure</i> dan <i>Torque</i> Bahan Bakar B30M20 <i>Emulsion</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran	46
Gambar 4.24	P-V Diagram Bahan Bakar B30M20 <i>Emulsion</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Kecepatan Putaran 100, 500, 2200 RPM	47
Gambar 4.25	Perbandingan <i>Maximum Pressure</i> dan <i>Torque</i> Bahan Bakar B30M20 <i>Solution</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> terhadap Variasi Kecepatan Putaran	48
Gambar 4.26	P-V Diagram Bahan Bakar B30M20 <i>Solution</i> pada Kondisi <i>Full Load</i> Terhadap Kecepatan Putaran 100, 500, 2200 RPM	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	<i>Properties</i> HSD, B100, B30, dan <i>Methanol</i>	9
Tabel 3.2	<i>Properties</i> Span 80, Tween 80, B30M20 <i>Emulsion</i> dan <i>Solution</i>	9
Tabel 3.3	Spesifikasi Mesin YANMAR TF 85 MH-di	10
Tabel 3.4	Performa Simulasi Mesin Diesel pada Variasi Kecepatan.....	13
Tabel 3.5	Perbandingan Performa Simulasi dan Mesin YANMAR TF 85 MH-di	14

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya populasi kendaraan dan industri belakangan ini menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar semakin besar sementara cadangan bahan bakar di perut bumi semakin menipis serta meningkatnya emisi gas rumah kaca (GRK) yang signifikan (Yusla, 2011). Berbagai macam penelitian pun telah dilakukan untuk mendapatkan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dengan emisi gas rumah kaca yang lebih rendah. Salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak adalah pencampuran biodiesel dan alkohol pada bahan bakar.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar diesel yang baik bila dibandingkan dengan bahan bakar diesel berbasis petroleum, karena lebih sedikit menyebabkan kerusakan lingkungan. Kelebihan lain yang dimiliki biodiesel adalah biodiesel menghasilkan lebih sedikit asap dan partikulat, mempunyai angka setana yang lebih tinggi, menghasilkan emisi karbon monoksida dan hidrokarbon lainnya lebih sedikit, dapat diperbarui, dan tidak beracun (Agarwal dkk, 2001).

Sementara itu, penggunaan alkohol (metanol, etanol, propanol dan butanol) juga merupakan salah satu cara untuk mengurangi emisi dari hasil pembakaran mesin diesel. Alkohol memiliki karakteristik yang sama dengan bensin sehingga sering digunakan sebagai bahan substitusi atau bahan bakar pengganti dari mesin bensin. Dan ternyata penggunaan alkohol memberikan efek positif terhadap kinerja mesin bensin, selain itu emisi gas buang yang dihasilkan lebih rendah dibanding bahan bakar minyak lainnya (Yusla, 2011).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Prahara (2017), pencampuran (*blending*) minyak diesel dan metanol dilakukan dengan menggunakan metode Emulsi. Dimana performa yang dihasilkan naik begitu pula dengan NO_x dibandingkan dengan solar dex. Selain emulsi, metode pencampuran bahan bakar juga dapat menggunakan teknik *solution* (larutan), dimana metode ini dilakukan dengan cara memanaskan campuran bahan bakar hingga temperatur mencapai 50°C.

Karena belum adanya penelitian mengenai perbandingan performa dan emisi NO_x pada motor diesel berbahan bakar alkohol – biodiesel dengan menggunakan metode *blending* emulsi dan larutan, maka penulis sangat tertarik untuk meneliti hal ini dengan menggunakan metode simulasi. Alkohol yang digunakan pada penelitian ini adalah metanol karena harganya yang lebih murah dan juga biasanya dipakai untuk campuran bahan bakar pada mobil di beberapa negara. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penggunaan metode pencampuran (*blending*) manakah yang menghasilkan performa dan emisi NO_x pada motor diesel yang lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan performa mesin diesel dengan bahan bakar emulsi dan larutan dari B30-Metanol?
2. Bagaimana perbandingan emisi NO_x mesin diesel dengan bahan bakar emulsi dan larutan dari B30-Metanol?

1.3 Tujuan

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui bagaimana perbandingan performa mesin diesel dengan bahan bakar emulsi dan larutan dari B30-Metanol
2. Untuk mengetahui bagaimana perbandingan emisi NO_x mesin diesel dengan bahan bakar emulsi dan larutan dari B30-Metanol

1.4 Batasan Masalah

Untuk dapat merealisasikan penulisan tugas akhir ini, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup analisis performa, meliputi; SFOC, Torsi dan Power yang dihasilkan bahan bakar metanol-biodiesel metode emulsi dan larutan.
2. Tipe motor diesel yang digunakan adalah YANMAR TF85MH-di.
3. Tidak menganalisa proses pembakaran yang terjadi.
4. Tidak menganalisa dari segi ekonomi.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai bahan bakar alternatif metanol-biodiesel dengan metode emulsi dan larutan dan memberikan pengetahuan pada masyarakat tentang bahan bakar dengan metode manakah yang lebih efisien baik dari segi performa maupun emisi yang dihasilkan.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia. Jumlah penduduk ini akan mempengaruhi peningkatan konsumsi energi. Penggunaan kendaraan bermotor semakin mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Sektor industri juga semakin berkembang pesat. Dari hal ini terlihat jelas bahwa konsumsi energi di Indonesia juga semakin tinggi sementara cadangan minyak bumi dunia semakin menipis. Penggunaan biodiesel merupakan salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Namun, karena tingginya emisi NO_x yang dihasilkan, perlu dilakukan penelitian yang dapat mereduksi kadar NO_x dari biodiesel. Oleh karena itu, dilakukan kajian pustaka dan pemahaman terhadap dasar teori terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.

2.1 Kajian Penelitian Terkait

Menurut Darmanto dkk, (2006), bahan bakar minyak bumi (fosil) diperkirakan akan habis sekitar 40 tahun lagi. Untuk memperlambat dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, cara yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan bahan bakar biodiesel yang bahan bakunya sangat besar untuk dikembangkan. Dimana, biodiesel dapat berasal dari tumbuhan dan hewan.

Biodiesel biasanya dibuat melalui beberapa teknik yang berbeda seperti langsung/campuran, pirolisis, mikroemulsi, dan transesterifikasi. Metode transesterifikasi adalah metode yang paling banyak digunakan dalam produksi biodiesel karena metode ini biasanya membutuhkan bahan baku yang mengandung sedikit FFA (*Free Fatty Acid*) dan juga menghasilkan sabun yang banyak (Murtadlo, 2017). Murtadlo juga mengatakan bahwa pemilihan katalis sangat berpengaruh pada kualitas biodiesel yang dihasilkan. Katalis sendiri merupakan suatu zat yang dapat mempercepat suatu reaksi kimia dengan cara menurunkan energi aktivitasnya. Katalis dapat mempercepat laju reaksi kimia pada temperatur tertentu, tanpa mengalami perubahan yang disebabkan oleh reaksi itu sendiri. Terdapat 2 jenis katalis, yakni; katalis homogen dan heterogen. Katalis basa homogen yang biasa digunakan dalam reaksi transesterifikasi antara lain NaOH dan KOH. Sementara itu, pemisahan ester jauh lebih mudah jika menggunakan katalis KOH dibandingkan NaOH.

Beberapa penelitian terdahulu, telah dilakukan dengan mencampur minyak diesel dengan etanol, dengan hasil performa naik begitu pula dengan NO_x nya dibandingkan dengan solar dex. Venkateswarlu dkk, (2009), mengatakan bahwa alkohol dengan kadar tinggi dapat digunakan secara langsung pada mesin, maupun dapat juga dicampurkan dengan kadar tertentu pada bensin sebagai bahan bakar. Pemakaian alkohol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, baik secara murni atau dengan dicampur, telah mendapat perhatian dari para peneliti sejak 40 tahun terakhir ini. Khususnya, methanol telah menjadi topik banyak penelitian tentang pemanfaatannya sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Adapun penelitian mengenai pengaruh penggunaan metanol pada minyak diesel pun telah dilakukan oleh Prahara (2017). Menurutnya, metanol berperan baik dalam meningkatkan performa yang dihasilkan oleh bahan bakar metanol-diesel. Adapun metode yang digunakan pada penelitian Prahara (2017) adalah dengan metode emulsi. Metode emulsi sendiri merupakan proses blending yang adalah penambahan zat aditif kedalam fraksi minyak bumi dalam rangka untuk meningkatkan kualitas produk tersebut. Menurut Prahara (2017), dalam pembuatan suatu emulsi, pemilihan emulgator merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan karena mutu dan kestabilan suatu emulsi banyak dipengaruhi oleh emulgator yang digunakan. Salah satu emulgator yang aktif permukaan atau lebih dikenal dengan surfaktan. Penelitian tentang pengaruh penggunaan bahan bakar emulsi biodiesel dengan metanol yang dilakukan oleh Hermawan (2018), variasi campuran surfaktan span 80 1% dan tween 80 1% merupakan komposisi yang ideal pada pencampuran biodiesel 83% + metanol 15%. Sementara itu, larutan (*solution technique*) dilakukan dengan cara memanaskan campuran bahan bakar. Kedua bahan bakar dapat larut tanpa separasi apabila temperatur dipanaskan hingga 50°C.

Menurut Hakam (2016), terdapat beberapa metode dalam memprediksi performa motor diesel berbasis simulasi. Semin dkk, (2008), melakukan investigasi performa pada mesin diesel dengan menggunakan bantuan *software* GT-SUITE 6.2. Riegler dkk, (2002), menyatakan bahwa GT-POWER merupakan perangkat lunak untuk simulasi model *steady state* dan *transient* dan dapat diaplikasikan untuk semua tipe mesin pembakaran dalam.

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Biodiesel

Biodiesel secara umum merupakan monoalkil ester dari asam-asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang sangat potensial digunakan sebagai pengganti minyak diesel karena kemiripan karakteristiknya. (Wijaya, 2011). Biodiesel dapat diperoleh melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dan atau reaksi esterifikasi asam lemak bebas tergantung dari kualitas minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku (Hikmah dkk, 2010).

2.2.2 Metanol

Metanol disebut juga dengan metil alkohol yaitu merupakan senyawa organik yang paling sederhana dari alkohol. Formula molekularnya adalah CH₃OH. Metanol mempunyai bilangan oktan yang tinggi. Metanol pada umumnya dibuat dari gas alam, dapat juga dihasilkan dari biomass. Metanol bersifat racun, jika terhirup menyebabkan sesak nafas dan jika terminum akan berbahaya. Berikut merupakan sifat fisika maupun kimia menurut Satria dkk, (2016) :

- a. Sifat Fisika
- | | |
|--------------------------|------------------|
| Berat Molekul | : 32,04 kg/kgmol |
| Sp.gr | : 0,791 |
| Kekentalan | : 0,86 cP |
| Titik didih | : 64,7 °C |
| Titik nyala | : 15,6 °C |
| Titik leleh | : -97,68 °C |
| Suhu <i>Autoignition</i> | : 464 °C |
| Panas Penguapan | : 1128,8 kJ/kg |
| Suhu Kritis (Tc) | : 239,49 °C |
| Tekanan Kritis (Pc) | : 79,94 atm |
| Cp (<i>Liquid</i>) | : 81,08 J/gmol.K |
- b. Sifat Kimia
- Kelarutan dalam air (1g/100g air) : Tak terhingga, bersifat polar.
 - Metanol merupakan zat yang mudah terbakar dan bersifat eksplosif ketika bercampur dengan udara.

2.2.3 Blending

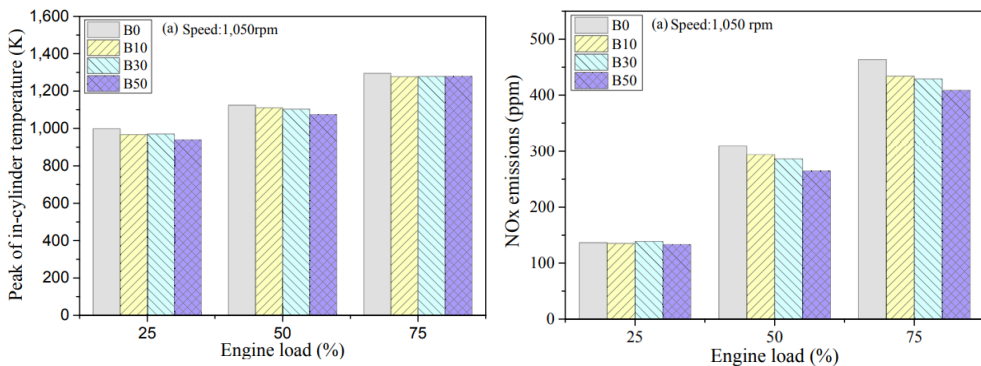
Menurut Prahara (2017), proses blending merupakan penambahan bahan-bahan aditif kedalam fraksi minyak bumi dalam rangka untuk meningkatkan kualitas produk tersebut. Untuk memcampur minyak tuak dengan minyak diesel. Ada dua cara dalam memblending yaitu emulsi dan solution technique. Emulsi adalah campuran antara partikel partikel suatu zat cair (fase terdispersi) dengan zat cair lainnya (fase pendispersi). Pemilihan emulgator merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan karena mutu dan kestabilan suatu emulsi banyak dipengaruhi oleh emulgator yang digunakan. Salah satu emulgator yang aktif permukaan atau lebih dikenal dengan surfaktan.

Solution technique dilakukan dengan cara memanaskan campuran bahan bakar. Kedua bahan bakar dapat larut tanpa separasi apabila temperatur dipanaskan hingga 50°C. Menurut Aziz et al., (2009), Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas emulsi dan macam-macam emulgator adalah sebagai berikut:

- a. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas emulsi :
- 1) Tegangan antarmuka rendah.
 - 2) Kekuatan mekanik dan elastisitas lapisan antarmuka
 - 3) Tolakkan listrik double layer
 - 4) Relatifitas phase pendispersi kecil
 - 5) Viskositas tinggi
- b. Adapun macam-macam emulgator yang digunakan adalah:
- 1) Emulgator alam (tumbuhan, hewan, tanah mineral) : diperoleh dari alam tanpa melalui proses). Contoh : Gom arap, tragacanth, agar-agar, chondrus, pectin, metil selulosa, kuning telur, adep lanae, magnesium, aluminium silikat, veegum, bentonit.
 - 2) Emulgator buatan : dibuat secara sintetiks. Contoh : Sabun; Tween 20, 40, 60, 80; Span 20, 40, 80

2.2.4 Emisi NO_x

Menurut Angga (2017), emisi adalah zat atau bahan pencemar yang dihasilkan dari gas buang hasil pembakaran suatu mesin. Menurut Muhtadi dkk, (2013), gas buang kendaraan bermotor terdiri atas zat yang tidak beracun, seperti nitrogen (N₂), Karbondioksida (CO₂), dan uap air (H₂O) dan zat beracun seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NO_x), sulfur oksida (SO_x), timbal (Pb), dan partikulat. Menurut Gad dkk, (2020), tekanan maksimum (*Peak Pressure*), suhu di dalam silinder (*Temperature Maximum*), dan *Heat Release* akan mengalami penurunan jika terjadi pengurangan nilai kalor. Menurut Zhang dkk, (2017), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa emisi NO_x sangat dipengaruhi oleh besarnya suhu didalam silinder. Dengan kata lain, semakin meningkatnya suhu dalam silinder, maka NO_x yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini juga dibuktikan pada penelitian Wei dkk, (2017), *temperature* pada variasi campuran biodiesel mengalami kenaikan setiap kenaikan beban. Kenaikkan *peak temperature* ini kemudian menyebabkan NO_x yang dihasilkan oleh variasi campuran biodiesel juga mengalami kenaikan. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat perbandingan *peak temperature* pada gambar 2.1.

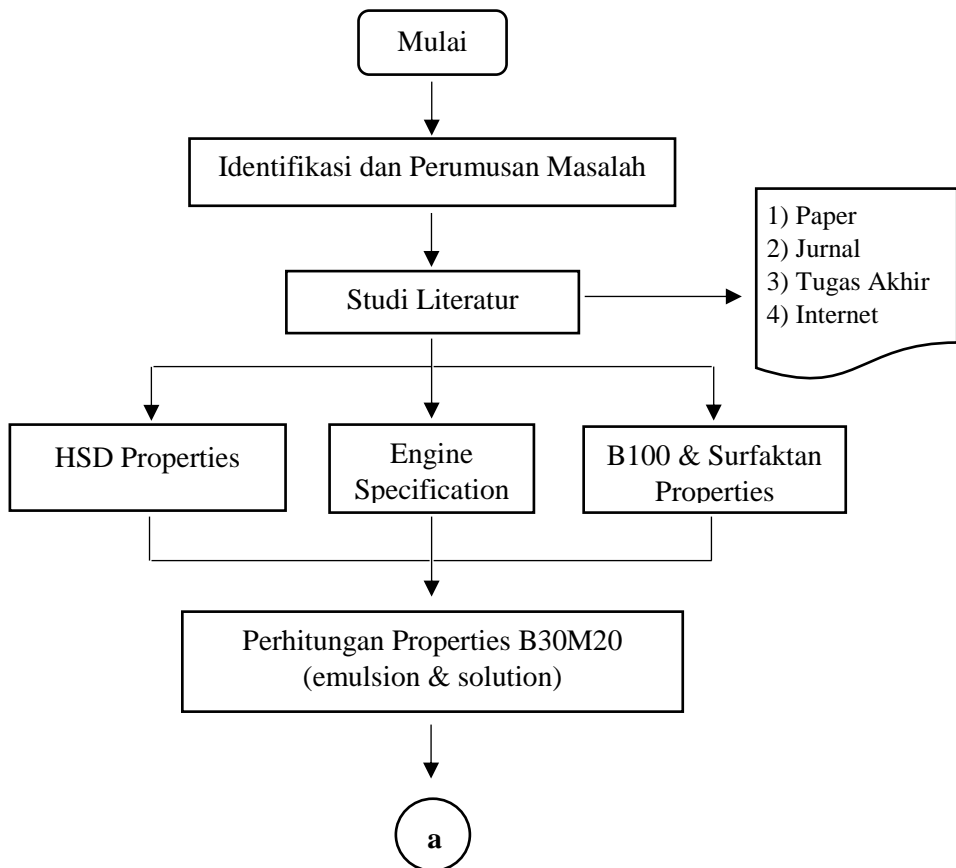


Gambar 2.1. Perbandingan *Peak Temperature* dan NO_x pada Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel

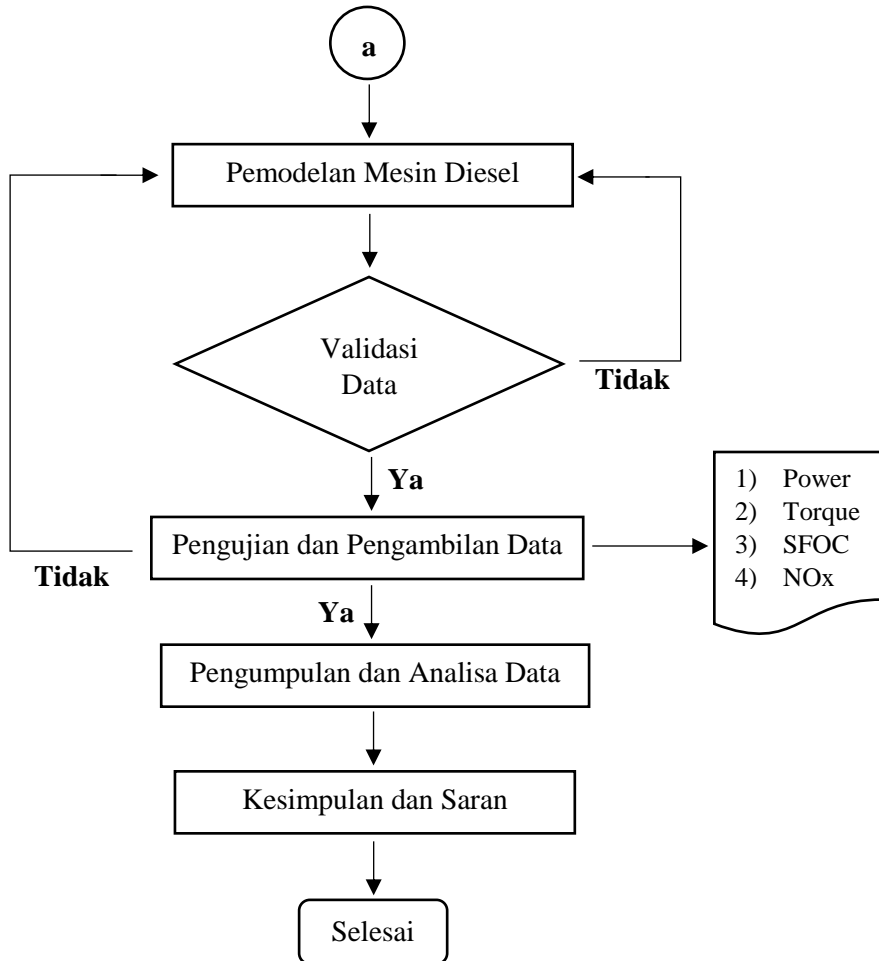
(Sumber : Wei Dkk, 2017)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menyelesaikan rumusan masalah pada penelitian ini, digunakan metode simulasi pemodelan motor diesel. Studi literatur pun dilakukan guna memberikan pemahaman dasar terkait simulasi pemodelan motor serta data berupa properties dari bahan bakar dan spesifikasi mesin diesel yang akan digunakan. Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pemodelan mesin diesel, yang performanya menyerupai performa dari mesin diesel yang telah ada. Model yang telah sesuai akan diuji dan dilakukan pengambilan serta analisa data untuk memberikan kesimpulan terkait performa dan emisi NOx yang dihasilkan dari kedua metode pencampuran bahan bakar tersebut. Untuk lebih jelasnya, detail penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1. Diagram alur penelitian.



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian



Lanjutan Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

3.1 Perumusan Masalah

Mengawali penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah dipikirkan terlebih dulu terkait dengan masalah apa yang belum terpecahkan. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui metode *blending* bahan bakar manakah yang menghasilkan performa dan emisi NO_x yang lebih baik pada motor diesel.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori – teori dasar untuk menjadi acuan dalam melakukan penelitian. Hal ini dimulai dengan mencari dan membaca paper, jurnal, tugas akhir maupun internet yang berkaitan dengan judul tugas akhir.

Dari studi literatur yang dilakukan, didapatkan properties dari bahan bakar serta spesifikasi mesin diesel yang akan digunakan. *Properties* bahan bakar utama seperti HSD, B30, Methanol didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Yildizhan dkk, (2015). *Properties* Biodiesel (B100) didapatkan pada peneltian yang dilakukan oleh McCrady dkk, (2007). Data *properties* dapat dilihat pada tabel 3.1. *Properties HSD, B100, B30 dan Methanol.*

Tabel 3.1. *Properties HSD, B100, B30 dan Methanol*

Fuel Properties	HSD	B100	B30	Methanol
Approx. Formula	$C_{13.5}H_{23.6}$	$C_{18.8}H_{34.4}O_2$	$C_{15.1}H_{26.8}O_{0.6}$	CH_3OH
Density, kg/m^3	830	890.7	848.2	792
Lower Heating Value, J/kg	4.325.E+7	3.710.E+7	4.141.E+7	2.111.E+7
Critical Pressure, bar	24.6	12.07	20.84	79.5
Critical Temperature, K	569.4	785.87	634.34	513

Dengan adanya *properties* bahan bakar utama serta *properties* surfaktan oleh Lin dkk, (2019), maka digunakan perhitungan sederhana berdasarkan komposisi campuran *properties* dari bahan bakar B30M20 metode emulsi dan larutan yang dijelaskan sebagai berikut :

B30M20 emulsi : B30 78% + Metanol 20 % + Span 80 1% + Tween 80 1%

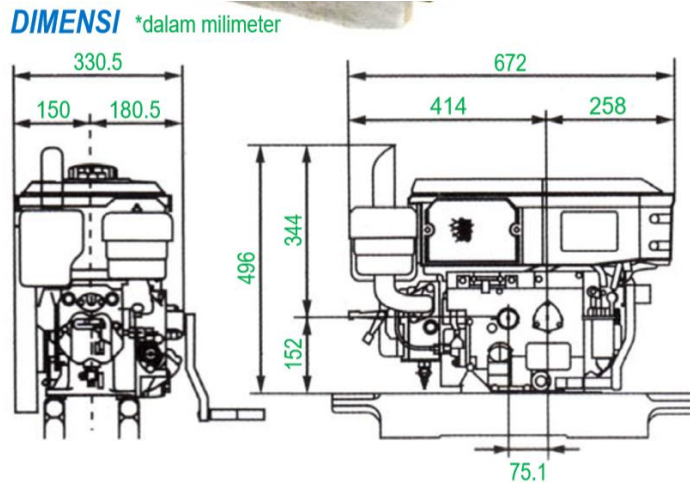
B30M20 larutan : B30 80% + Metanol 20%

Adapun hasil perhitungan sederhana dari bahan bakar B30M20 emulsi dan larutan dapat dilihat pada tabel 3.2. *Properties* Span 80, Tween 80, B30M20 (*Solution dan Emulsion*).

Tabel 3.2. *Properties* Span 80, Tween 80, B30M20 (*Solution dan Emulsion*)

Fuel Properties	Span 80	Tween 80	B30M20 Solution	B30M20 Emulsion
Approx. Formula	$C_{20}H_{27}O_6$	$C_{64}H_{124}O_{26}$	$C_{12.3}H_{22.3}O_{0.7}$	$C_{12.8}H_{23.2}O_{0.9}$
Density, kg/m^3	990	1060	836.9	840.5
Lower Heating Value, J/kg	3.523.E+7	2.977.E+7	3.735.E+7	3.717.E+7
Critical Pressure, bar	-	-	33	32.15
Critical Temperature, K	-	-	610.1	597.38

Spesifikasi mesin diesel yang digunakan, dapat dilihat pada gambar 3.2. Dimensi mesin YANMAR TF 85 MH-di dan tabel 3.3 Spesifikasi mesin YANMAR TF 85 MH-di.



Gambar 3.2. Dimensi Mesin YANMAR TF 85 MH-di
(Sumber: lukesindonesia.com)

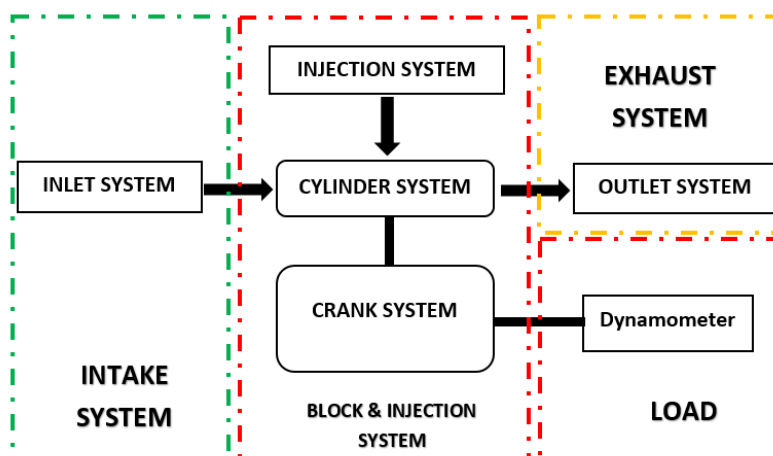
Tabel 3.3 Spesifikasi Mesin YANMAR TF 85 MH-di

Tipe Mesin	Mesin Diesel
Jenis Mesin	4 Langkah
Sistem Pembakaran	<i>Direct Injection</i>
Jumlah Silinder	1 Silinder
Diameter x Panjang Langkah	85mm x 87mm
Saat Pengabutan	18 ^o 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

3.3 Pemodelan Mesin Diesel

Dalam mengawali pemodelan mesin, terlebih dulu dilakukan pengukuran terhadap mesin diesel yang telah dirancang. Seluruh komponen engine akan dirakit mengikuti spesifikasi engine YANMAR TF 85 MH-di yang spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 3.3.

Menurut Hakam(2016), secara garis besar pemodelan mesin diesel berbasis simulasi, dibagi atas 3 sistem utama; *Intake System*, *Block & Injection System* dan *Exhaust System*. Untuk lebih jelasnya, model yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3.3. Pemodelan YANMAR TF 85 MH-di pada *software*. Semua sistem telah disediakan oleh template pada *software*. Namun, perlu untuk mendefinisikan setiap sistem agar dapat memasukkan data sesuai dengan parameter yang dibutuhkan dengan bantuan help navigator yang disediakan oleh *software*.



Gambar 3.3. Pemodelan Mesin YANMAR TF 85 MH-di pada *Software*

3.3.1 Intake System

Komponen yang harus didefinisikan pada sistem ini adalah:

1. *Inlet Environment*
Merupakan komponen pertama dengan membuat batasan kondisi lingkungan, dengan menentukan nilai tekanan, temperatur, dan komposisi udara lingkungan sesuai kondisi normal.
2. *Intake Runner*
Berupa pipa yang berfungsi sebagai penghubung antara *Inlet Environment* dengan *Intake Port*. Data yang diperlukan berupa *basic geometry* dan material.
3. *Intake Port*
Komponen ini juga berupa pipa yang berfungsi untuk menyambung antara *Intake Runner* dengan *Intake Valve*. Data mengenai *basic geometry* dan material dibuat sesuai dengan data engine.

4. *Intake Valve*

Merupakan model katup yang dibuat dengan memasukkan nilai diameter katup, *valve lash*, *cam timing angle*, dan juga *lift arrays*. Komponen ini berfungsi untuk membuat karakteristik dari camshaft dan katup motor disel.

3.3.2 *Block and Injection System*

Komponen yang harus didefinisikan, antara lain:

1. *Injector*

Mesin disel dengan tipe *Direct Injection Compression Ignition (DICI)* memiliki data yang perlu diinput seperti temperatur bahan bakar, jenis bahan bakar, sudut terjadinya pembakaran dan massa bahan bakar yang diinjeksikan.

2. *Engine Cylinder*

Data yang diinput berupa temperature dinding silinder, aliran fluida, transfer panas, model pembakaran.

3. *Engine Cranktrain*

Objek ini mendefinisikan tipe motor, susunan silinder, *firing order*, karakteristik *crankshaft*, dan karakteristik lainnya. Inputan data yang perlu diisi berupa tipe motor, putaran motor, *inertia*, *cylinder geometry* dan urutan pembakaran.

4. *Dynamometer*

Dinamometer merupakan komponen yang akan dikopel dengan *engine cranktrain*, dan berfungsi untuk mengatur pembebanan dengan mengganti nilai load sesuai dengan penelitian yang diinginkan.

3.3.3 *Exhaust System*

Komponen yang perlu didefinisikan, antara lain:

1. *Exhaust Valve*

Komponen ini memiliki fungsi yang sama seperti *intake valve*. *Exhaust Valve* dibuat dengan menginput nilai diameter katup, *valve lash*, *cam timing angle*, dan *lift arrays*.

2. *Exhaust Port*

Merupakan pipa (silinder) yang berfungsi menghubungkan *exhaust valve* dengan *exhaust runner*. Data yang diisi berupa diameter, panjang, material, nilai kekerasan, dan temperatur.

3. *Exhaust Runner*

Komponen ini berfungsi untuk menyambungkan *exhaust port* dengan *EndEnvironment*. Dimensi dan jenis material diatur hingga mendekati spesifikasi asli mesin.

4. *EndEnvironment*

Merupakan komponen terakhir dengan membuat batasan kondisi lingkungan gas buang hasil pembakaran. Data yang dimasukkan sama seperti pada *inlet environment* yakni dengan menentukan nilai tekanan, temperatur, dan komposisi udara hasil sisa pembakaran.

3.3.4 Perangkaian Komponen Mesin.

Langkah selanjutnya adalah perangkaian komponen mesin sesuai dengan urutan sistem sehingga membentuk model marine diesel yang utuh sesuai dengan skema pada Gambar 3.12. Pemodelan YANMAR TF 85 MH-di pada *software*. Seluruh komponen, dapat dilihat pada library dan template yang disediakan oleh *software* dan disusun pada lembar kerja.

3.4 Validasi Data

Validasi atau dapat disebut dengan tahap kalibrasi mesin merupakan tahap paling penting, karena model mesin yang dibuat pada *software* harus memiliki performa yang menyerupai performa mesin sebenarnya. Beberapa parameter yang digunakan sebagai acuan validasi ini adalah *power*, *torque* dan *SFOC* yang dihasilkan oleh mesin YANMAR TF 85 MH-di.

Pada awal proses *running* mesin, data performa yang dihasilkan simulasi belum tentu menghasilkan data yang sama dengan mesin sebenarnya. Dimana, performa dari mesin YANMAR TF 85 MH-di yang ada adalah; *Power* = 8.5 HP (pada RPM 2200), *Torque* = 3.44 kg-m (pada RPM 1600), dan *SFOC* = 171 g/HP-h (pada RPM 2200). Oleh karena itu, margin error yang diijinkan pada performa hasil simulasi adalah kurang dari 5%. Tabel 3.4. menunjukkan performa simulasi mesin pada kecepatan putaran 500 RPM – 2200 RPM.

Tabel 3.4. Performa Simulasi Mesin Diesel pada Variasi Kecepatan

RPM	POWER [HP]	TORQUE [kg-m]	SFOC [g/HP-h]
500	2.125	3.086	210.769
600	2.652	3.210	200.061
700	3.176	3.294	192.514
800	3.690	3.350	186.963
900	4.192	3.382	182.792
1000	4.681	3.399	179.541
1100	5.153	3.402	177.061
1200	5.608	3.393	175.119
1300	6.040	3.374	173.670
1400	6.454	3.348	172.517
1500	6.844	3.313	171.717
1600	7.211	3.272	171.158
1700	7.552	3.226	170.853
1800	7.869	3.174	170.705
1900	8.159	3.118	170.728
2000	8.425	3.059	170.880
2100	8.658	2.994	171.261
2200	8.869	2.927	171.703

Tabel 3.4. Performa Simulasi Mesin Diesel pada *Variable Speed*, memberikan data performa dari simulasi mesin ; *Power* = 8.869 HP, *Torque* = 3.272 kg-m, *SFOC* = 171.703 g/HP-h. Jika menggunakan persamaan *%error*, maka *error* yang dihasilkan dari performa simulasi mesin ini berturut-turut adalah sebesar 4,34%; 4.88%; 0.41%. Ini menandakan bahwa model mesin yang dibuat, dapat digunakan untuk pengambilan dan analisa data. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel 3.5. Perbandingan performa simulasi dan mesin YANMAR TF 85 MH-di.

Tabel. 3.5. Perbandingan Performa Simulasi dan Mesin YANMAR TF 85 MH-di.

Mesin Diesel	Power [HP]	Torsi [kg-m]	SFOC [g/HP-h]
YANMAR TF 85	8.5	3.44	171
Simulasi	8.87	3.27	171.7
Margin Error [%]	4.34%	4.88%	0.41%

3.5 Pengujian Mesin Diesel dan Pengambilan Data

Pengujian mesin diesel dan pengambilan data percobaan akan dilakukan sesuai dengan variabel percobaan berikut :

a) Variabel RPM

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1) Pada RPM 100 | 11) Pada RPM 1500 |
| 2) Pada RPM 200 | 12) Pada RPM 1600 |
| 3) Pada RPM 300 | 13) Pada RPM 1700 |
| 4) Pada RPM 400 | 14) Pada RPM 1800 |
| 5) Pada RPM 500 | 15) Pada RPM 1900 |
| 6) Pada RPM 600 | 16) Pada RPM 2000 |
| 7) Pada RPM 1100 | 17) Pada RPM 2100 |
| 8) Pada RPM 1200 | 18) Pada RPM 2200 |
| 9) Pada RPM 1300 | |
| 10) Pada RPM 1400 | |

b) Variabel Beban

- 1) Pada beban 10%
- 2) Pada beban 25%
- 3) Pada beban 50%
- 4) Pada beban 75%
- 5) Pada beban 100%

c) Variabel Bahan Bakar

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. <i>High Speed Diesel (HSD)</i> | 3. B30M20 (<i>Solution</i>) |
| 2. B30 | 4. B30M20 (<i>Emulsion</i>) |

Pada simulasi, pembebanan dilakukan dengan menambahkan komponen berupa *Torque*. Adapun nilai torsi yang digunakan adalah torsi pada beban 100% dari masing – masing bahan bakar yang dirunning tanpa menggunakan komponen *torque*. Torsi pada beban 100% tadi, kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan persentasi beban yang akan digunakan yakni beban 10%, 25%, dan 50%. Setelah nilai variasi pembebanan torsi didapatkan, nilai perhitngan beban tadi akan dimasukkan nilainya pada komponen *Torque*.

3.6 Pengumpulan dan Analisa Data

Data yang diperoleh dari pengujian mesin diesel ini berupa karakteristik performa mesin seperti daya, torsi, sfoc, dan karakteristik emisi NOx. Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan verifikasi data yang diperoleh dengan data pustaka untuk selanjutnya dilakukan analisa data untuk mengetahui lebih detail karakteristik performa yang dihasilkan dari tiap bahan bakar.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah selesai menganalisa data, maka langkah selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi. Selain itu diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan tugas akhir supaya lebih sempurna.

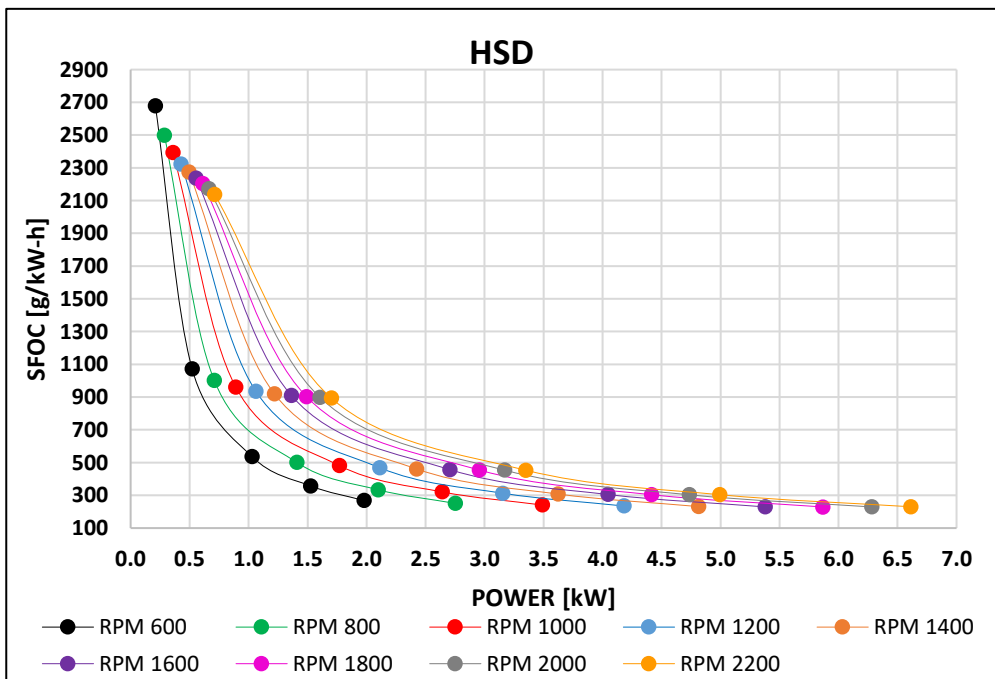
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perbandingan Performa Mesin Diesel dengan Variasi Bahan Bakar

Perbandingan performa mesin diesel dengan bahan bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* merupakan sebuah analisa dengan menggunakan data hasil *running* simulasi motor diesel yang kemudian diolah dalam bentuk grafik perbandingan performa berupa *Power*, *Torque*, dan *SFOC*. Pada penelitian ini, variasi kecepatan ditentukan dalam pembuatan grafik adalah 600 RPM, 800 RPM, 1000 RPM, 1200 RPM, 1400 RPM, 1600 RPM, 1800 RPM, 2000 RPM dan 2200 RPM, dengan variasi pembebanan sebesar 10%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

4.1.1 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD.



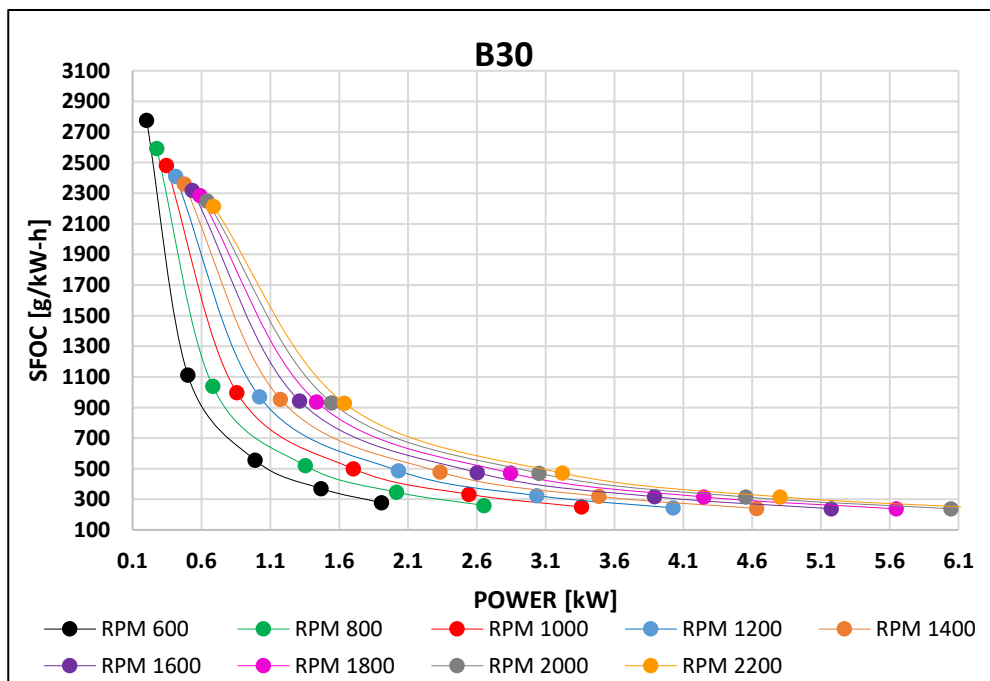
Gambar 4.1. Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD.

Grafik pada gambar 4.1, dapat ditarik kesimpulan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terkecil dihasilkan pada beban maksimal (*full load*) pada setiap kecepatan putaran motor. Pada kecepatan putaran 600 RPM didapatkan daya sebesar 1.978 kW dengan nilai *SFOC* 268.282 g/kWh; Pada kecepatan putaran 800 RPM didapatkan daya sebesar 2.752 kW dengan nilai *SFOC* 250.717 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 39.13% atau 0.774 kW dan

penurunan *SFOC* sebesar 6.55% atau 17.565 g/kWh. Pada kecepatan putaran 1000 RPM didapatkan daya sebesar 3.491 kW dengan nilai *SFOC* 240.765 g/kWh; pada 1200 RPM didapatkan daya sebesar 4.182 kW dengan nilai *SFOC* 234.835 g/kWh; pada 1400 RPM didapatkan daya sebesar 4.813 kW dengan nilai *SFOC* 231.346 g/kWh; pada 1600 RPM didapatkan daya sebesar 5.377 kW dengan nilai *SFOC* 229.523 g/kWh; pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.868 kW dengan nilai *SFOC* 228.916 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 6.283 kW dan nilai *SFOC* 229.151 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 6.613 kW dengan nilai *SFOC* 230.254 g/kWh.

Jika melihat data hasil pembacaan grafik pada gambar 4.1, pada kecepatan putaran 600 RPM hingga 1800 RPM, nilai *SFOC* mengalami penurunan jumlah konsumsi bahan bakar. Namun, ketika kecepatan putaran dari 1800 RPM menjadi 2000 RPM dan 2200 RPM, jumlah konsumsi bahan bakar HSD ini mengalami kenaikan *SFOC*. Dimana kenaikan nilai *SFOC* pada kecepatan putaran 1800 RPM menjadi 2000 RPM sebesar 0.1% atau 0.235 g/kWh dan 0.48% atau 1.103 g/kWh pada kecepatan putaran 2000 RPM menjadi 2200 RPM. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa titik terendah *SFOC* pada bahan bakar HSD berada pada kecepatan 1800 RPM dan mengalami kenaikan nilai *SFOC* pada kecepatan putaran 2000 RPM.

4.1.2 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30.

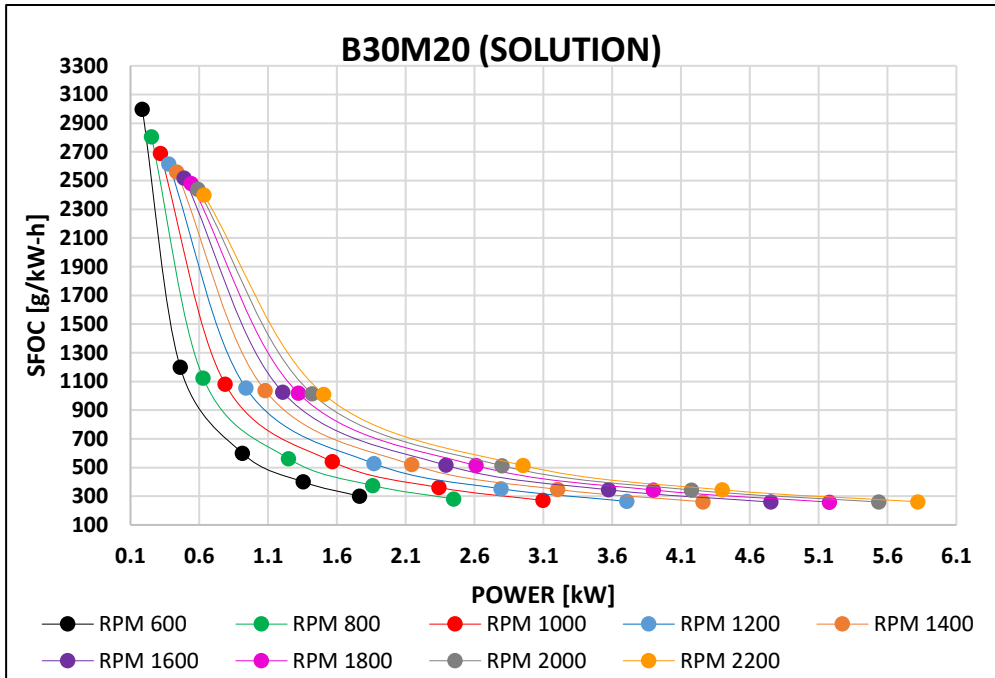


Gambar 4.2. Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30.

Grafik pada gambar 4.2, dapat ditarik kesimpulan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terkecil dihasilkan pada beban maksimal (*full load*) pada setiap kecepatan putaran motor. Pada kecepatan putaran 600 RPM didapatkan daya sebesar 1.907 kW dengan nilai *SFOC* 278.088 g/kWh; Pada kecepatan putaran 800 RPM didapatkan daya sebesar 2.652 kW dengan nilai *SFOC* 260.090 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 39.07% atau 0.745 kW dan penurunan *SFOC* sebesar 6.47% atau 17.998 g/kWh. Pada kecepatan putaran 1000 RPM didapatkan daya sebesar 3.362 kW dengan nilai *SFOC* 249.900 g/kWh; pada 1200 RPM didapatkan daya sebesar 4.026 kW dengan nilai *SFOC* 243.843 g/kWh; pada 1400 RPM didapatkan daya sebesar 4.633 kW dengan nilai *SFOC* 240.298 g/kWh; pada 1600 RPM didapatkan daya sebesar 5.175 kW dengan nilai *SFOC* 238.498 g/kWh; pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.646 kW dengan nilai *SFOC* 237.918 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 6.044 kW dan nilai *SFOC* 238.243 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 6.360 kW dengan nilai *SFOC* 239.478 g/kWh.

Jika melihat data hasil pembacaan grafik pada gambar 4.2, pada kecepatan putaran 600 RPM hingga 1800 RPM, nilai *SFOC* mengalami penurunan jumlah konsumsi bahan bakar. Namun, ketika kecepatan putaran dari 1800 RPM menjadi 2000 RPM dan 2200 RPM, jumlah konsumsi bahan bakar B30 ini mengalami kenaikan *SFOC*. Dimana kenaikan nilai *SFOC* pada kecepatan putaran 1800 RPM menjadi 2000 RPM sebesar 0.14% atau 0.325 g/kWh dan 0.52% atau 1.235 g/kWh pada kecepatan putaran 2000 RPM menjadi 2200 RPM. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa titik terendah *SFOC* pada bahan bakar B30 berada pada kecepatan 1800 RPM dan mengalami kenaikan nilai *SFOC* pada kecepatan putaran 2000 RPM.

4.1.3 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20 Solution



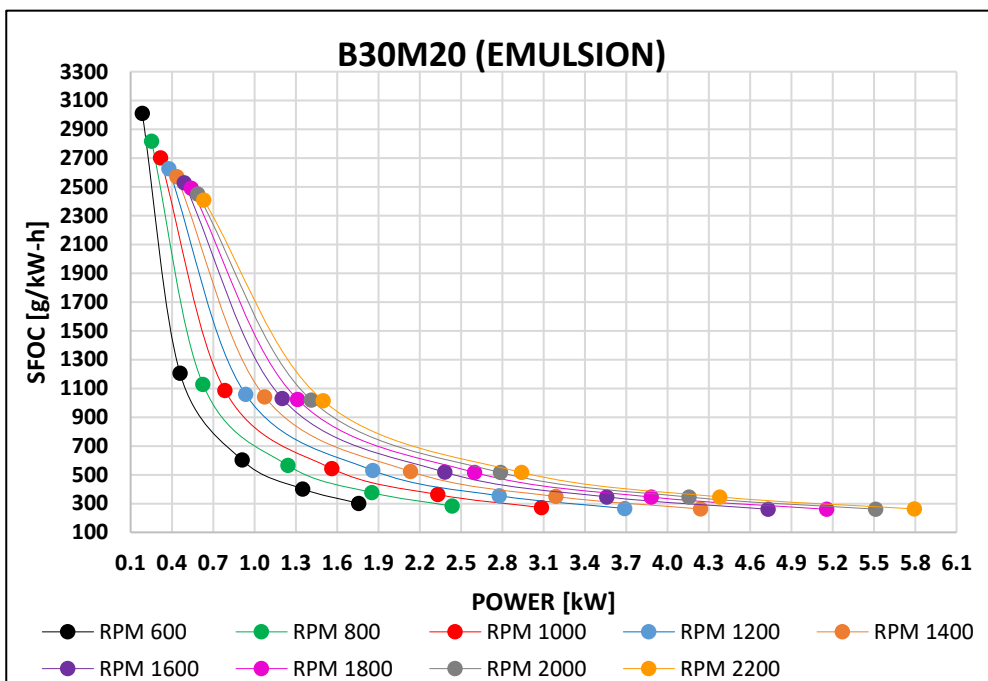
Gambar 4.3 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20 Solution.

Grafik pada gambar 4.3, dapat ditarik kesimpulan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terkecil dihasilkan pada beban maksimal (*full load*) pada setiap kecepatan putaran motor. Pada kecepatan putaran 600 RPM didapatkan daya sebesar 1.764 kW dengan nilai *SFOC* 300.192 g/kWh; Pada kecepatan putaran 800 RPM didapatkan daya sebesar 2.447 kW dengan nilai *SFOC* 281.516 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 38.72% atau 0.683 kW dan penurunan *SFOC* sebesar 6.22% atau 18.676 g/kWh. Pada kecepatan putaran 1000 RPM didapatkan daya sebesar 3.097 kW dengan nilai *SFOC* 270.987 g/kWh; pada 1200 RPM didapatkan daya sebesar 3.705 kW dengan nilai *SFOC* 264.807 g/kWh; pada 1400 RPM didapatkan daya sebesar 4.259 kW dengan nilai *SFOC* 261.298 g/kWh; pada 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.752 kW dengan nilai *SFOC* 259.616 g/kWh; pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.179 kW dengan nilai *SFOC* 259.318 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.537 kW dan nilai *SFOC* 259.984 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.820 kW dengan nilai *SFOC* 261.646 g/kWh.

Jika melihat data hasil pembacaan grafik pada gambar 4.3, pada kecepatan putaran 600 RPM hingga 1800 RPM, nilai *SFOC* mengalami penurunan jumlah konsumsi bahan bakar. Namun, ketika kecepatan putaran dari 1800 RPM menjadi 2000 RPM dan 2200 RPM, jumlah konsumsi bahan bakar B30M20 Solution ini

mengalami kenaikan *SFOC*. Dimana kenaikan nilai *SFOC* pada kecepatan putaran 1800 RPM menjadi 2000 RPM sebesar 0.26% atau 0.666 g/kWh dan 0.64% atau 1.662 g/kWh pada kecepatan putaran 2000 RPM menjadi 2200 RPM. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa titik terendah *SFOC* pada bahan bakar B30M20 *Solution* berada pada kecepatan 1800 RPM dan mengalami kenaikan nilai *SFOC* pada kecepatan putaran 2000 RPM.

4.1.4 Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20 *Emulsion*



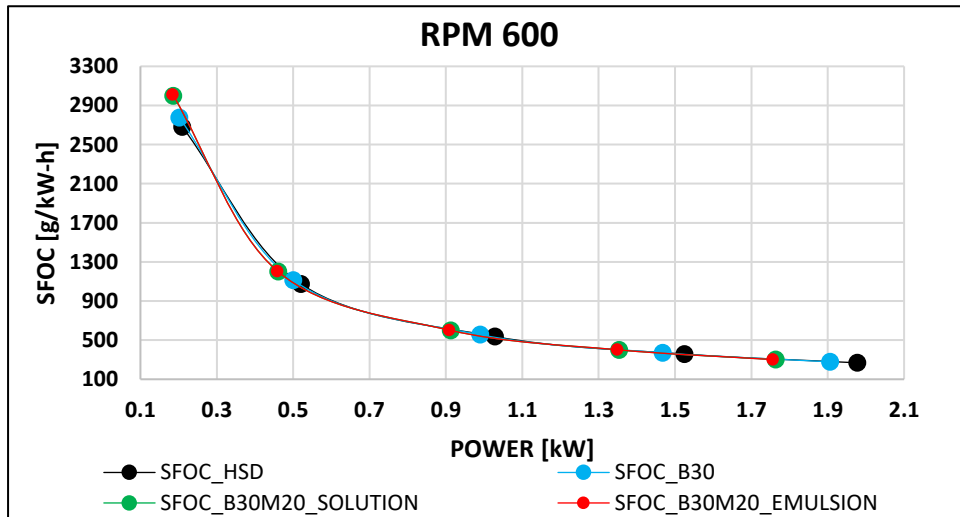
Gambar. 4.4. Analisa Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20 *Emulsion*.

Grafik pada gambar 4.4, dapat ditarik kesimpulan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terkecil dihasilkan pada beban maksimal (*full load*) pada setiap kecepatan putaran motor. Pada kecepatan putaran 600 RPM didapatkan daya sebesar 1.757 kW dengan nilai *SFOC* 301.415 g/kWh; Pada kecepatan putaran 800 RPM didapatkan daya sebesar 2.436 kW dengan nilai *SFOC* 282.690 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 38.65% atau 0.679 kW dan penurunan *SFOC* sebesar 6.21% atau 18.725 g/kWh. Pada kecepatan putaran 1000 RPM didapatkan daya sebesar 3.084 kW dengan nilai *SFOC* 272.119 g/kWh; pada 1200 RPM didapatkan daya sebesar 3.689 kW dengan nilai *SFOC* 265.955 g/kWh; pada 1400 RPM didapatkan daya sebesar 4.240 kW dengan nilai *SFOC* 262.446 g/kWh; pada 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.731 kW dengan nilai *SFOC* 260.776 g/kWh; pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.156 kW

dengan nilai $SFOC$ 260.484 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.512 kW dan nilai $SFOC$ 261.175 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.793 kW dengan nilai $SFOC$ 262.866 g/kWh.

Jika melihat data hasil pembacaan grafik pada gambar 4.4, pada kecepatan putaran 600 RPM hingga 1800 RPM, nilai $SFOC$ mengalami penurunan jumlah konsumsi bahan bakar. Namun, ketika kecepatan putaran dari 1800 RPM menjadi 2000 RPM dan 2200 RPM, jumlah konsumsi bahan bakar B30M20 *Emulsion* ini mengalami kenaikan $SFOC$. Dimana kenaikan nilai $SFOC$ pada kecepatan putaran 1800 RPM menjadi 2000 RPM sebesar 0.27% atau 0.691 g/kWh dan 0.65% atau 1.691 g/kWh pada kecepatan putaran 2000 RPM menjadi 2200 RPM. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa titik terendah $SFOC$ pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* berada pada kecepatan 1800 RPM dan mengalami kenaikan nilai $SFOC$ pada kecepatan putaran 2000 RPM.

4.1.5 Perbandingan Performa $SFOC$ terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 600 RPM



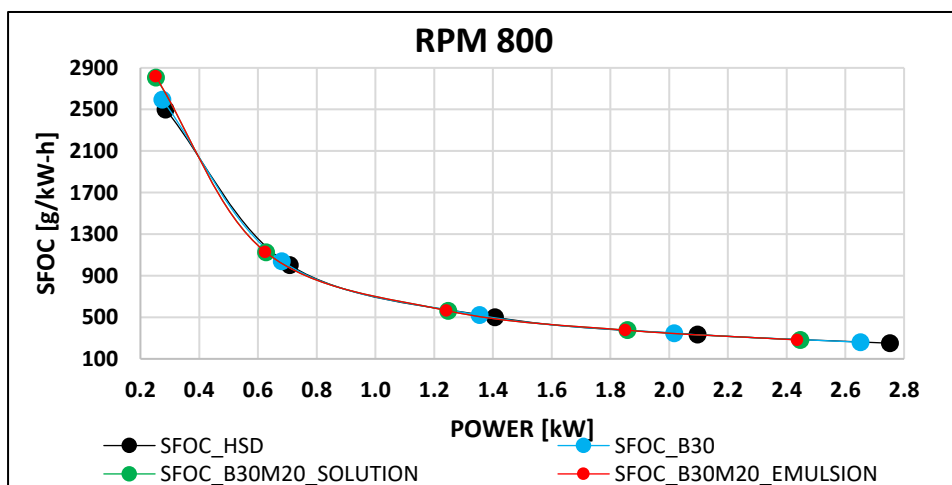
Gambar 4.5. Perbandingan Performa $SFOC$ terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 600 RPM.

Grafik pada gambar 4.5 memperlihatkan nilai $SFOC$ terendah dengan $Power$ terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 1.978 kW dan nilai $SFOC$ terendah yaitu 268.282 g/kWh. Nilai $SFOC$ bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.66% atau sebesar 9.806 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 11.89% atau sebesar 31.910 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 12.35% atau sebesar 33.133 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai $Power$ terbesar dari B30 adalah 1.907 kW dengan $SFOC$ sebesar 278.088 g/kWh, lebih rendah 7.95% atau

sebesar 22.104 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 8.39% atau sebesar 23.327 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 1.764 kW dan nilai *SFOC* sebesar 300.192 g/kWh, dimana lebih rendah 0.41% atau sebesar 1.223 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 301.415 g/kWh pada daya 1.757 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.6 Perbandingan Performa *SFOC* terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 800 RPM



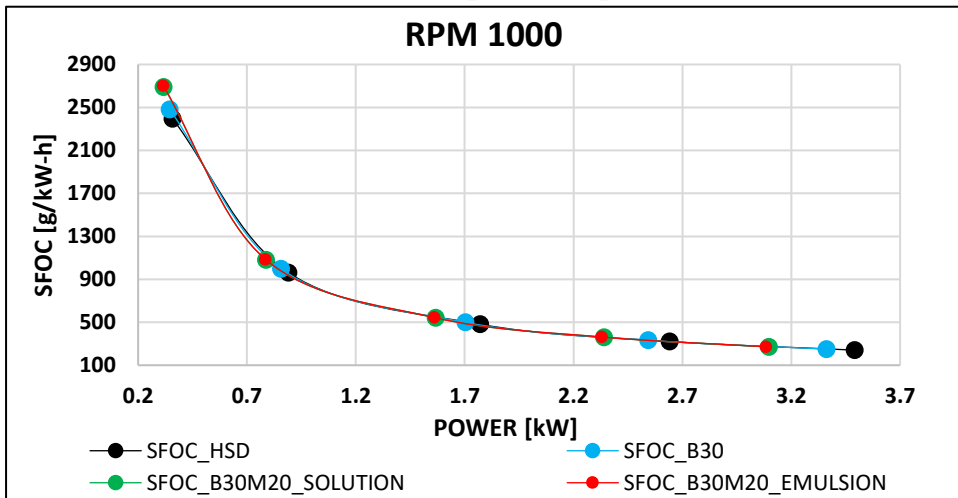
Gambar 4.6. Perbandingan Performa *SFOC* terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 800 RPM.

Grafik pada gambar 4.6 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 2.752 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 250.717 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.74% atau sebesar 9.373 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 12.28% atau sebesar 30.799 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 12.75% atau sebesar

31.973 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 2.652 kW dengan *SFOC* sebesar 260.090 g/kWh, lebih rendah 8.24% atau sebesar 21.426 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 8.69% atau sebesar 22.600 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 2.447 kW dan nilai *SFOC* sebesar 281.516 g/kWh, dimana lebih rendah 0.42% atau sebesar 1.174 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 282.690 g/kWh pada daya 2.436 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.7 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 1000 RPM



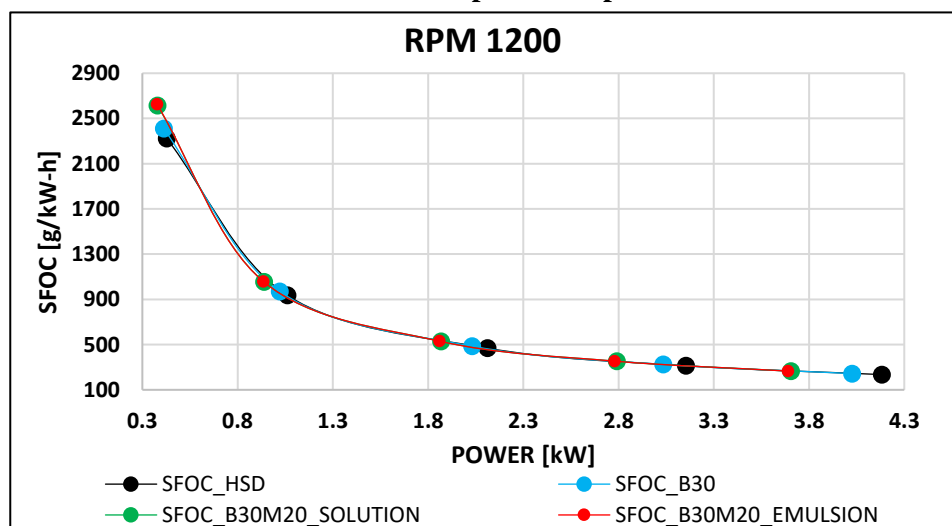
Gambar 4.7. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 1000 RPM.

Grafik pada gambar 4.7 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 3.491 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 240.765 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.79% atau sebesar

9.135 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 12.55% atau sebesar 30.222 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.02% atau sebesar 31.354 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 3.362 kW dengan *SFOC* sebesar 249.900 g/kWh, lebih rendah 8.44% atau sebesar 21.087 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 8.89% atau sebesar 22.219 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 3.097 kW dan nilai *SFOC* sebesar 270.987 g/kWh, dimana lebih rendah 0.42% atau sebesar 1.132 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 272.119 g/kWh pada daya 3.084 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.8 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 1200 RPM

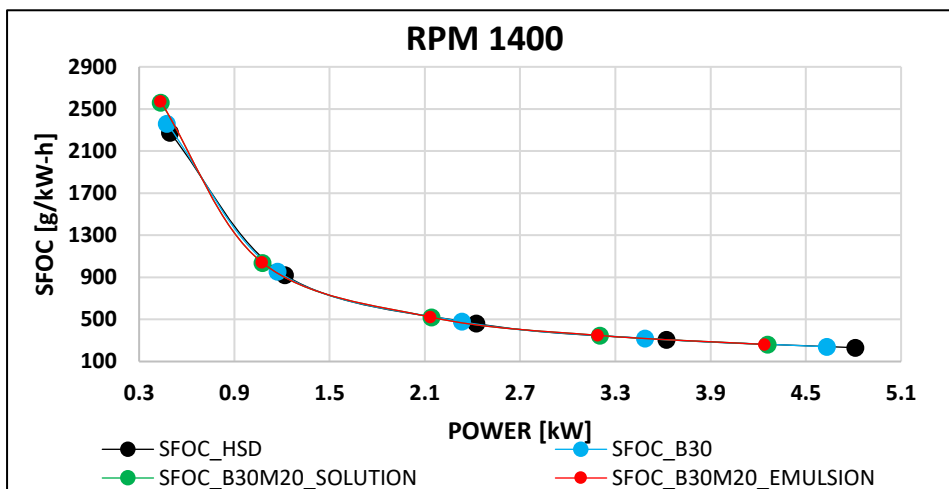


Gambar 4.8. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 1200 RPM.

Grafik pada gambar 4.8 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 4.182 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 234.835 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.84% atau sebesar 9.008 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 12.76% atau sebesar 29.972 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.25% atau sebesar 31.120 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 4.026 kW dengan *SFOC* sebesar 243.843 g/kWh, lebih rendah 8.60% atau sebesar 20.964 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.07% atau sebesar 22.112 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 3.705 kW dan nilai *SFOC* sebesar 264.807 g/kWh, dimana lebih rendah 0.43% atau sebesar 1.148 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 265.955 g/kWh pada daya 3.689 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.9 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 1400 RPM

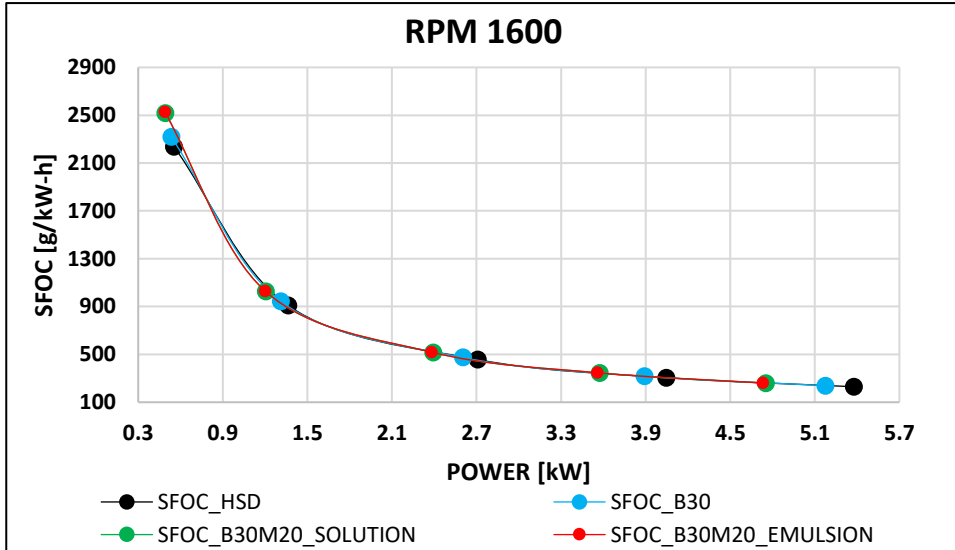


Gambar 4.9. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 1400 RPM.

Grafik pada gambar 4.9 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 4.813 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 231.346 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.87% atau sebesar 8.952 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 12.95% atau sebesar 29.952 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.44% atau sebesar 31.100 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 4.633 kW dengan *SFOC* sebesar 240.298 g/kWh, lebih rendah 8.74% atau sebesar 21.000 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.22% atau sebesar 22.148 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 4.259 kW dan nilai *SFOC* sebesar 261.298 g/kWh, dimana lebih rendah 0.44% atau sebesar 1.148 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 262.446 g/kWh pada daya 4.240 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar.

4.1.10 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 1600 RPM



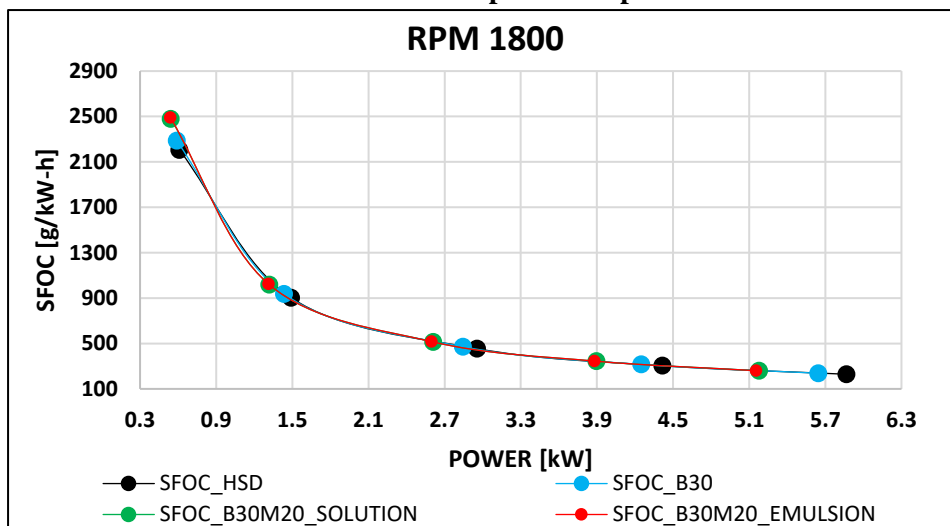
Gambar 4.10. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 1600 RPM.

Grafik pada gambar 4.10 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 5.377 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 229.523 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.91% atau sebesar 8.975 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 13.11% atau sebesar 30.093 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.62% atau sebesar 31.253 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 5.175 kW dengan *SFOC* sebesar 238.498 g/kWh, lebih rendah 8.85% atau sebesar 21.118 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.34% atau sebesar 22.278 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 4.752 kW dan nilai *SFOC* sebesar 259.616 g/kWh, dimana lebih rendah 0.45% atau sebesar 1.160 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 260.776 g/kWh pada daya 4.731 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai

kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.11 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 1800 RPM



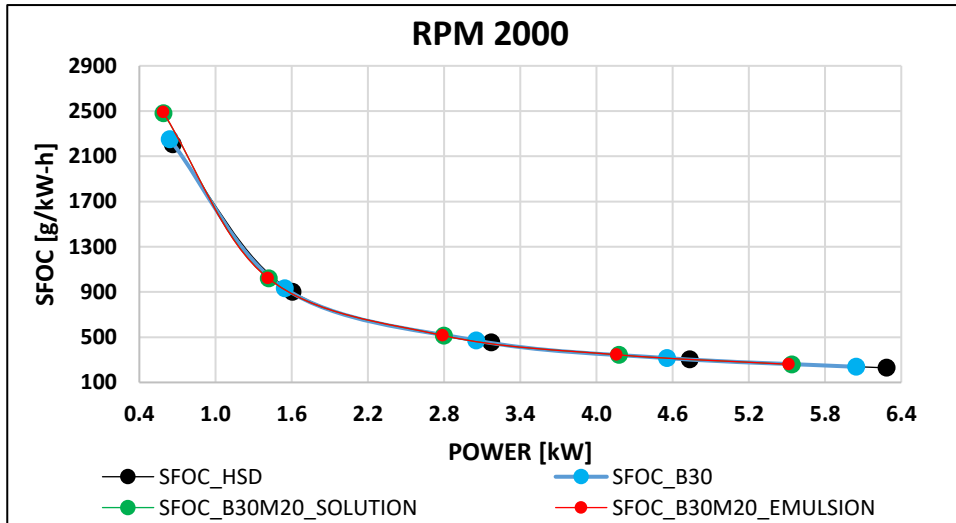
Gambar 4.11. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 1800 RPM.

Grafik pada gambar 4.11 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 5.868 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 228.916 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.93% atau sebesar 9.002 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 13.28% atau sebesar 30.402 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.79% atau sebesar 31.568 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 5.646 kW dengan *SFOC* sebesar 237.918 g/kWh, lebih rendah 8.99% atau sebesar 21.400 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.48% atau sebesar 22.566 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 5.179 kW dan nilai *SFOC* sebesar 259.318 g/kWh, dimana lebih rendah 0.45% atau sebesar 1.166 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar

260.484 g/kWh pada daya 5.156 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.12 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 2000 RPM

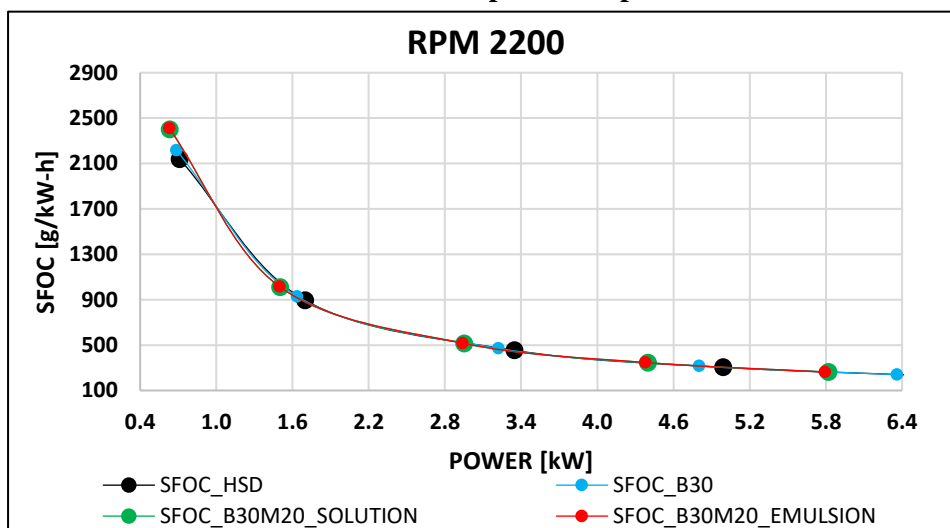


Gambar 4.12. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 2000 RPM.

Grafik pada gambar 4.12 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 6.283 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 229.151 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.97% atau sebesar 9.092 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 13.46% atau sebesar 30.833 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.98% atau sebesar 32.024 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 6.044 kW dengan *SFOC* sebesar 238.243 g/kWh, lebih rendah 9.13% atau sebesar 21.741 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.63% atau sebesar 22.932 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai *SFOC* yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 5.537 kW dan nilai *SFOC* sebesar 259.984 g/kWh, dimana lebih rendah 0.46% atau sebesar 1.191 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 261.175 g/kWh pada daya 5.512 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.13 Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan 2200 RPM



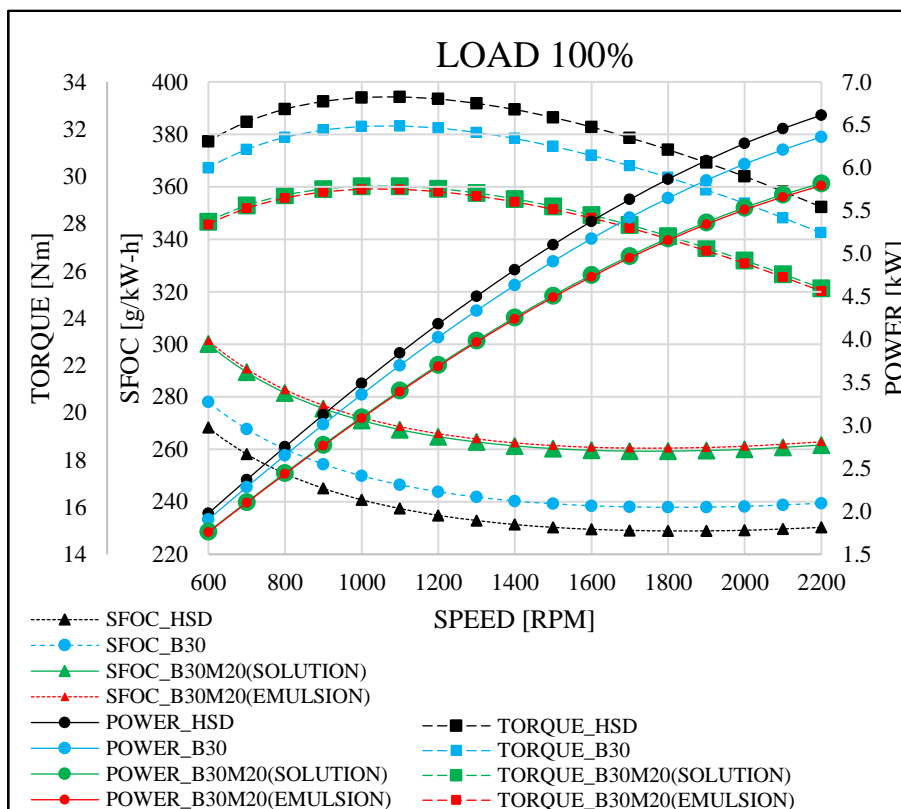
Gambar 4.13. Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada Kecepatan 2200 RPM.

Grafik pada gambar 4.13 memperlihatkan nilai *SFOC* terendah dengan *Power* terbesar berada pada beban maksimal (*full load*), dimana bahan bakar HSD menghasilkan daya terbesar dengan nilai 6.613 kW dan nilai *SFOC* terendah yaitu 230.254 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 4.01% atau sebesar 9.224 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 13.63% atau sebesar 31.392 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 14.16% atau sebesar 32.612 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Nilai *Power* terbesar dari B30 adalah 6.360 kW dengan *SFOC* sebesar 239.478 g/kWh, lebih rendah 9.26% atau sebesar 22.168 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.77% atau sebesar 23.388 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Perbedaan nilai

SFOC yang cukup signifikan ini terjadi karena penurunan nilai kalor akibat penambahan biodiesel dan metanol pada bahan bakar HSD untuk membuat bahan bakar B30 dan B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah dengan menghasilkan daya terbesar diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 5.820 kW dan nilai *SFOC* sebesar 261.646 g/kWh, dimana lebih rendah 0.47% atau sebesar 1.220 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 262.866 g/kWh pada daya 5.793 kW. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.1.14 Perbandingan *Power*, *Torque* dan *SFOC* Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Gambar 4.14. Perbandingan *Power*, *Torque* dan *SFOC* Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Daya yang dihasilkan bahan bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan kecepatan putaran mesin. Dalam penelitian ini, daya terbesar pada variasi kecepatan putaran motor berada pada putaran yang terbesar yakni 2200 RPM untuk setiap bahan bakar. Daya yang dihasilkan pada kecepatan putaran 2200 RPM oleh bahan bakar HSD sebesar 6.613 kW, dimana lebih tinggi 3.83 % atau sebesar 0.253 kW dari bahan bakar B30 dengan daya sebesar 6.360 kW; lebih tinggi 11.99% atau sebesar 0.793% dari bahan bakar B30M20 *Solution* dengan daya sebesar 5.820 kW; dan lebih tinggi 12.40% atau sebesar 0.82 kW dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* dengan daya sebesar 5.793 kW. Pada kecepatan putaran yang sama, daya yang dihasilkan bahan bakar B30 lebih tinggi 8.49% atau sebesar 0.54 kW dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih tinggi 8.92% atau sebesar

0.567 kW dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Dengan kata lain, daya yang dihasilkan bahan bakar HSD merupakan daya terbesar dibanding bahan bakar B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution*. Namun diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20, nilai daya terbesar dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* yang lebih tinggi 0.46% atau sebesar 0.027 kW dibandingkan dengan bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Grafik pada gambar 4.14 juga memperlihatkan bahwa pada kecepatan putaran 2000 RPM hingga 600 RPM, bahan bakar HSD masih memiliki nilai daya terbesar dibanding bahan bakar lain.

Pada kecepatan putaran 2000 RPM, daya yang dihasilkan oleh keempat jenis bahan bakar mulai dari yang terbesar hingga terkecil berturut-turut adalah; daya HSD sebesar 6.283 kW, daya B30 sebesar 6.044 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 5.537 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 5.512 kW.

Pada kecepatan putaran 1800 RPM, daya HSD sebesar 5.868 kW, daya B30 sebesar 5.646 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 5.179 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 5.156 kW.

Pada kecepatan putaran 1600 RPM, daya HSD sebesar 5.377 kW, daya B30 sebesar 5.175 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 4.752 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 4.731 kW.

Pada kecepatan putaran 1400 RPM, daya HSD sebesar 4.813 kW, daya B30 sebesar 4.633 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 4.259 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 4.240 kW.

Pada kecepatan putaran 1200 RPM, daya HSD sebesar 4.182 kW, daya B30 sebesar 4.026 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 3.705 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 3.689 kW.

Pada kecepatan putaran 1000 RPM, daya HSD sebesar 3.491 kW, daya B30 sebesar 3.362 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 3.097 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 3.084 kW.

Pada kecepatan putaran 800 RPM, daya HSD sebesar 2.752 kW, daya B30 sebesar 2.652 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 2.447 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 2.436 kW.

Pada kecepatan putaran 600 RPM, daya HSD sebesar 4.182 kW, daya B30 sebesar 4.026 kW, daya B30M20 *Solution* sebesar 3.705 kW, dan daya B30M20 *Emulsion* sebesar 3.689 kW.

Dari data power yang ada, dapat dilihat bahwa daya terkecil berada pada kecepatan putaran terkecil, yaitu pada kecepatan putaran 600 RPM, dimana lebih rendah 11,79% atau sebesar 0.493 kW dari bahan bakar HSD; lebih rendah 8.37% atau sebesar 0.337 kW dari bahan bakar B30; dan lebih rendah 0.43% atau sebesar 0.016 kW dari bahan bakar B30M20 *Solution*. Perbedaan nilai daya dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* yang tidak begitu signifikan pada setiap kecepatan putaran terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20. Hal ini juga yang mengakibatkan titik nilai daya dari kedua metode pencampuran pada grafik cenderung terlihat sama.

Torsi yang dihasilkan bahan bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* pada gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa torsi maksimal dihasilkan pada kecepatan putaran mesin 1100 RPM. Torsi yang dihasilkan pada kecepatan putaran 1100 RPM oleh bahan bakar HSD sebesar 33.36 Nm, lebih besar 3.70% atau sebesar 3.91 Nm dari bahan bakar B30 dengan torsi sebesar 32.13 Nm; lebih besar 11.34% atau sebesar 3.78 Nm dari B30M20 *Solution* dengan torsi sebesar 29.58 Nm; dan lebih besar 11.72% atau 3.91 Nm dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* dengan torsi sebesar 29.45 Nm. Pada kecepatan putaran yang sama, torsi yang dihasilkan bahan bakar B30 lebih besar 7.93% atau sebesar 2.549 Nm dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih besar 8.92% atau sebesar 0.567 kW dari bahan bakar B30M20. Dengan kata lain, torsi yang dihasilkan bahan bakar HSD merupakan torsi terbesar dibanding bahan bakar B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution*. Namun diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20, nilai torsi terbesar dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* yang lebih tinggi 0.43% atau sebesar 0.128 Nm dibandingkan dengan bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Grafik pada gambar 4.14 juga memperlihatkan bahwa pada kecepatan putaran 600 RPM hingga 2200 RPM, bahan bakar HSD masih memiliki torsi terbesar dibanding bahan bakar lain.

Pada kecepatan putaran 600 RPM hingga 1100 RPM, torsi yang dihasilkan oleh keempat jenis bahan bakar mengalami kenaikan hingga mencapai torsi maksimal pada putaran 1100 RPM. Dimana torsi yang dihasilkan dengan kecepatan putaran 600 RPM pada bahan bakar HSD sebesar 31.48 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 30.36; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 28.08 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 27.96 Nm.

Pada kecepatan putaran 800 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 32.85 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 31.65 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 29.21 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 29.08 Nm.

Pada kecepatan putaran 1000 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 33.33 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 32.11 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 29.58 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 29.45 Nm.

Pada kecepatan putaran 1000 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 33.33 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 32.11 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 29.58 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 29.45 Nm.

Ketika kecepatan putaran dari 1100 RPM menjadi 1200 RPM, 1400 RPM, 1600 RPM, 1800 RPM, 2000 RPM dan 2200 RPM, torsi dari keempat bahan bakar mengalami penurunan. Pada kecepatan putaran 1200 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 33.28 Nm dengan penurunan torsi sebesar 0.25% atau sebesar 0.083 Nm; pada bahan bakar B30 torsi yang dihasilkan sebesar 32.04 Nm dengan penurunan torsi sebesar 0.26% atau sebesar 0.084 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* torsi yang dihasilkan sebesar 29.48 Nm dengan penurunan torsi sebesar 0.32% atau sebesar 0.096 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* torsi

yang dihasilkan sebesar 29.35 Nm dengan penurunan torsi sebesar 0.33% atau sebesar 0.097 Nm.

Pada kecepatan putaran 1400 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 32.83 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 31.60 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 29.05 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 28.92 Nm.

Pada kecepatan putaran 1600 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 32.09 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 30.89 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 28.36 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 28.24 Nm.

Pada kecepatan putaran 1800 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 31.13 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 29.96 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 27.48 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 27.35 Nm.

Pada kecepatan putaran 2000 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 30.00 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 28.86 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 26.44 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 26.32 Nm.

Pada kecepatan putaran 2200 RPM, torsi yang dihasilkan pada bahan bakar HSD sebesar 28.71 Nm; pada bahan bakar B30 sebesar 27.61 Nm; pada bahan bakar B30M20 *Solution* sebesar 25.26 Nm; dan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* sebesar 25.15 Nm.

Dari data penurunan torsi ini, dapat disimpulkan bahwa torsi terendah dari keempat jenis bahan bakar berada pada kecepatan putaran 2200 RPM. Dimana bahan bakar HSD lebih besar 3.83% atau sebesar 1.1 Nm dari bahan bakar B30; lebih besar 12.02 % atau sebesar 3.45 Nm dari bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih besar 12.40% atau sebesar 3.56 Nm dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Dimana selisih torsi pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* sebesar 0.44% atau sebesar 0.11 Nm. Perbedaan nilai torsi dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* yang tidak begitu signifikan pada setiap kecepatan putaran terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20. Hal ini juga yang mengakibatkan titik nilai torsi dari kedua metode pencampuran pada grafik cenderung terlihat sama.

Perbandingan kecepatan putaran mesin terhadap jumlah konsumsi bahan bakar (*SFOC*) pada kondisi *full load* berdasarkan gambar 4.8, dapat ditarik kesimpulan bahwa *SFOC* terendah pada bahan bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terjadi pada kecepatan putaran 1800 RPM. *Trend* yang digambarkan juga menunjukkan bahwa bahan bakar B30M20 *Emulsion* memiliki nilai *SFOC* terbesar dan bahan bakar HSD yang memiliki nilai *SFOC* terendah pada setiap kecepatan putaran motor. Bahan bakar HSD menghasilkan *SFOC* terendah sebesar 228.916 g/kWh. Nilai *SFOC* bahan bakar HSD ini lebih rendah 3.93% atau sebesar 9.002 g/kWh dari bahan bakar B30; lebih rendah 13.28% atau sebesar 30.402 g/kWh dari

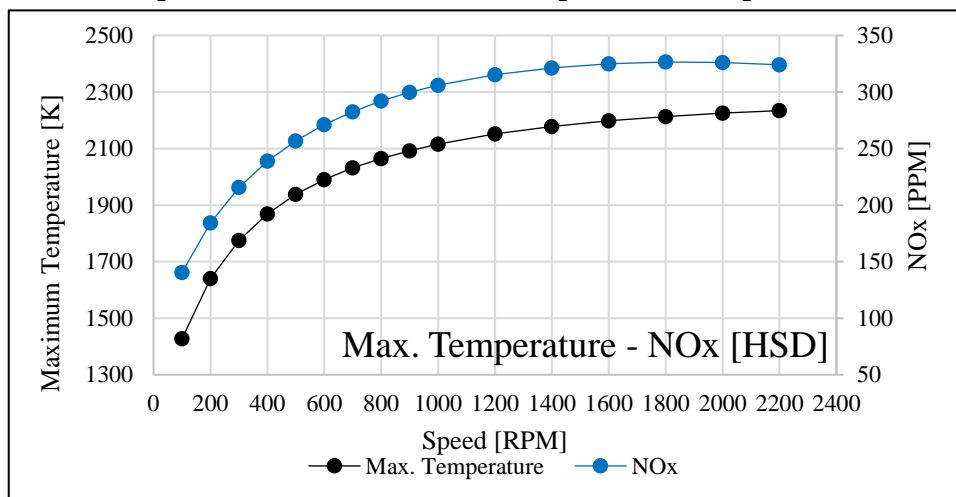
bahan bakar B30M20 *Solution*; dan lebih rendah 13.79% atau sebesar 31.568 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Dengan kecepatan putaran 1800 RPM, Nilai *SFOC* dari bahan bakar B30 sebesar 237.918 g/kWh, lebih rendah 8.99% atau sebesar 21.400 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Solution* dan lebih rendah 9.48% atau sebesar 22.566 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion*.

Nilai konsumsi bahan bakar (*SFOC*) terendah diantara kedua metode pencampuran (*blending*) bahan bakar B30M20 dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Solution* dengan nilai *SFOC* sebesar 259.318 g/kWh, dimana lebih rendah 0.45% atau sebesar 1.166 g/kWh dari bahan bakar B30M20 *Emulsion* yang memiliki nilai *SFOC* sebesar 260.484 g/kWh. Jika melihat titik pada *trend* yang digambarkan, nilai konsumsi bahan bakar yang dihasilkan pada bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan *Solution* terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode *Emulsion* ditambahkan zat aditif hanya sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

4.2 Perbandingan Emisi NOx Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada Kecepatan Putaran 2200 RPM

Seperti yang telah dijelaskan pada analisa performa dari keempat jenis bahan bakar, karakteristik dari bahan bakar yang digunakan sangat berpengaruh pada performa maupun emisi NOx yang dihasilkan. Menurut Gad dkk, (2020), tekanan maksimum (Peak Pressure), suhu di dalam silinder (Temperature Maximum), dan Heat Release akan mengalami penurunan jika terjadi pengurangan nilai kalor.

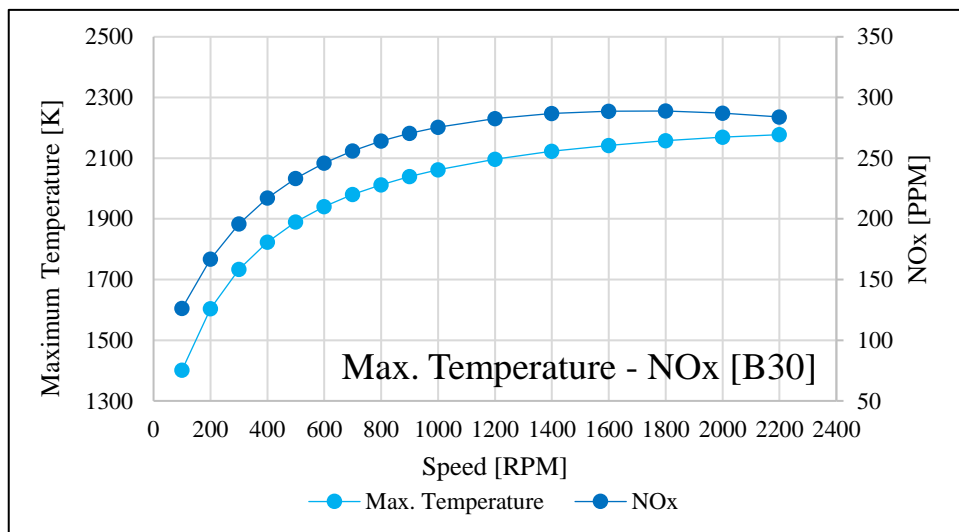
4.2.1 Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Gambar 4.15. Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Grafik pada gambar 4.15 terlihat bahwa hubungan *temperature* dan NOx berbanding lurus. Menurut Zhang dkk, (2017), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa emisi NOx sangat dipengaruhi oleh besarnya suhu didalam silinder. Dengan kata lain, semakin meningkatnya suhu dalam silinder, maka NOx yang dihasilkan akan semakin besar. Pada gambar 4.15, memperlihatkan *temperature* terendah dan NOx terendah bahan bakar HSD berada pada kecepatan putaran 100 RPM sebesar 1427.169 K dengan NOx sebesar 140.482 PPM. Pada kecepatan putaran 200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1639.977 K dengan NOx sebesar 184.235 PPM. Pada kecepatan putaran 400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1869.004 K dengan NOx sebesar 238.974 PPM. Pada kecepatan putaran 600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1990.188 K dengan NOx sebesar 271.151 PPM. Pada kecepatan putaran 800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2064.995 K dengan NOx sebesar 292.068 PPM. Pada kecepatan putaran 1000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2115.361 K dengan NOx sebesar 305.949 PPM. Pada kecepatan putaran 1200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2151.364 K dengan NOx sebesar 315.410 PPM. Pada kecepatan putaran 1400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2177.940 K dengan NOx sebesar 321.351 PPM. Pada kecepatan putaran 1600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2198.093 K dengan NOx sebesar 324.923 PPM. Pada kecepatan putaran 1800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2213.555 K dengan NOx sebesar 326.572 PPM. Pada kecepatan putaran 2000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2225.378 K dengan NOx sebesar 326.572 PPM. Pada kecepatan putaran 2200 RPM didapatkan *temperature* tertinggi sebesar 2234.145 K dengan NOx sebesar 324.158 PPM.

4.2.2 Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

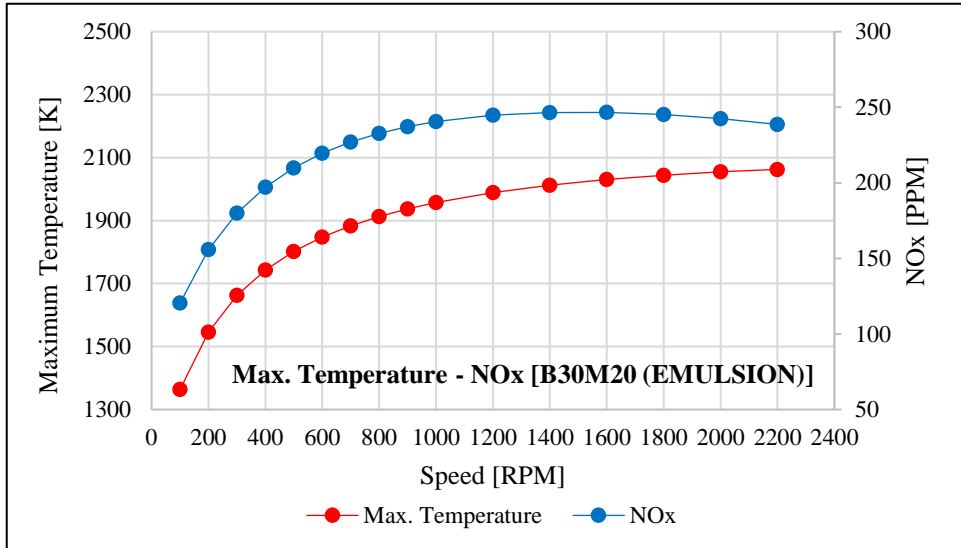


Gambar 4.16. Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Grafik pada gambar 4.16, terlihat bahwa hubungan *temperature* dan NOx berbanding lurus. Menurut Zhang dkk, (2017), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa emisi NOx sangat dipengaruhi oleh besarnya suhu didalam silinder. Dengan kata lain, semakin meningkatnya suhu dalam silinder, maka NOx yang dihasilkan akan semakin besar. Pada gambar 4.16, memperlihatkan *temperature* terendah dan NOx terendah bahan bakar B30 berada pada kecepatan putaran 100 RPM sebesar 1401.478 K dengan NOx sebesar 126.284 PPM. Pada kecepatan putaran 200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1604.071 K dengan NOx sebesar 166.765 PPM. Pada kecepatan putaran 400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1823.518 K dengan NOx sebesar 217.117 PPM. Pada kecepatan putaran 600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1940.218 K dengan NOx sebesar 246.013 PPM. Pada kecepatan putaran 800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2012.703 K dengan NOx sebesar 264.092 PPM. Pada kecepatan putaran 1000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2061.600 K dengan NOx sebesar 275.472 PPM. Pada kecepatan putaran 1200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2096.623 K dengan NOx sebesar 282.759 PPM. Pada kecepatan putaran 1400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2122.543 K dengan NOx sebesar 286.873 PPM. Pada kecepatan putaran 1600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2142.190 K dengan NOx sebesar 288.748 PPM. Pada kecepatan putaran 1800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2157.300 K dengan NOx sebesar 288.862 PPM. Pada kecepatan putaran 2000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2168.878 K

dengan NO_x sebesar 287.083 PPM. Pada kecepatan putaran 2200 RPM didapatkan *temperature* tertinggi sebesar 2177.457 K dengan NO_x sebesar 284.061 PPM.

4.2.3 Perbandingan *Maximum Temperature* dan NO_x (PPM) Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

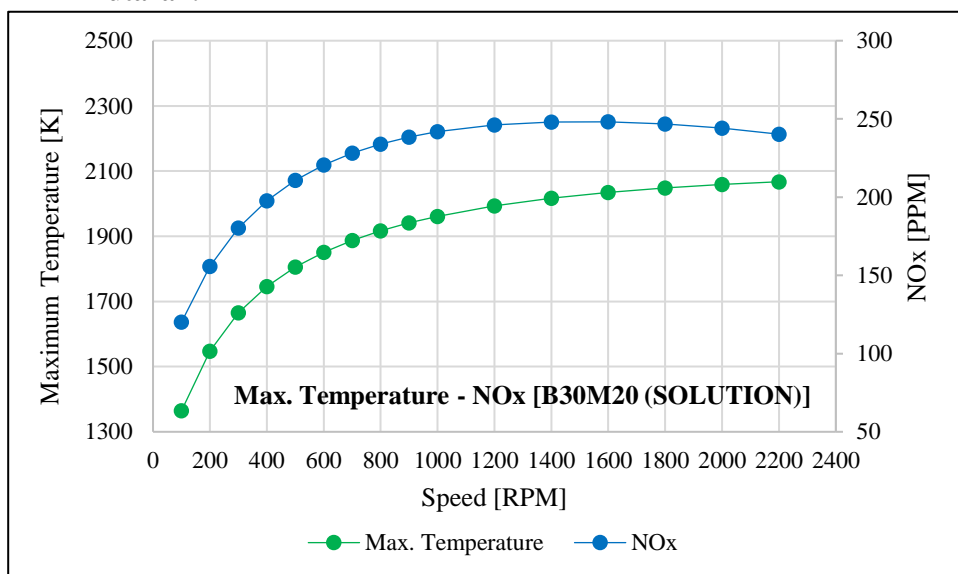


Gambar 4.17. Perbandingan *Maximum Temperature* dan NO_x (PPM) Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Grafik pada gambar 4.17, terlihat bahwa hubungan *temperature* dan NO_x berbanding lurus. Menurut Zhang dkk, (2017), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa emisi NO_x sangat dipengaruhi oleh besarnya suhu didalam silinder. Dengan kata lain, semakin meningkatnya suhu dalam silinder, maka NO_x yang dihasilkan akan semakin besar. Pada gambar 4.17, memperlihatkan *temperature* terendah dan NO_x terendah bahan bakar B30M20 *Emulsion* berada pada kecepatan putaran 100 RPM sebesar 1363.619 K dengan NO_x sebesar 120.460 PPM. Pada kecepatan putaran 200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1545.912 K dengan NO_x sebesar 155.823 PPM. Pada kecepatan putaran 400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1743.068 K dengan NO_x sebesar 197.259 PPM. Pada kecepatan putaran 600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1847.850 K dengan NO_x sebesar 219.615 PPM. Pada kecepatan putaran 800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1913.035 K dengan NO_x sebesar 232.784 PPM. Pada kecepatan putaran 1000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1957.228 K dengan NO_x sebesar 240.496 PPM. Pada kecepatan putaran 1200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1988.928 K dengan NO_x sebesar 244.785 PPM. Pada kecepatan putaran 1400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2012.556 K dengan NO_x

sebesar 246.496 PPM. Pada kecepatan putaran 1600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2030.506 K dengan NOx sebesar 246.605 PPM. Pada kecepatan putaran 1800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2044.271 K dengan NOx sebesar 245.266 PPM. Pada kecepatan putaran 2000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2054.888 K dengan NOx sebesar 242.572 PPM. Pada kecepatan putaran 2200 RPM didapatkan *temperature* tertinggi sebesar 2062.708 K dengan NOx sebesar 238.764 PPM.

4.2.4 Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30M20 Solution pada Kondisi Full Load terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Gambar 4.18. Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30M20 Solution pada Kondisi Full Load terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Grafik pada gambar 4.18, terlihat bahwa hubungan *temperature* dan NOx berbanding lurus. Menurut Zhang dkk, (2017), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa emisi NOx sangat dipengaruhi oleh besarnya suhu didalam silinder. Dengan kata lain, semakin meningkatnya suhu dalam silinder, maka NOx yang dihasilkan akan semakin besar. Pada gambar 4.18, memperlihatkan *temperature* terendah dan NOx terendah bahan bakar B30M20 Solution berada pada kecepatan putaran 100 RPM sebesar 1364.366 K dengan NOx sebesar 120.082 PPM. Pada kecepatan putaran 200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1547.587 K dengan NOx sebesar 155.767 PPM. Pada kecepatan putaran 400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1745.809 K dengan NOx sebesar 197.743 PPM. Pada kecepatan putaran 600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1851.116 K dengan NOx sebesar 220.543 PPM. Pada kecepatan putaran 800 RPM, *temperature* yang

dihasilkan sebesar 1916.706 K dengan NO_x sebesar 233.913 PPM. Pada kecepatan putaran 1000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1961.119 K dengan NO_x sebesar 241.796 PPM. Pada kecepatan putaran 1200 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 1993.066 K dengan NO_x sebesar 246.1028 PPM. Pada kecepatan putaran 1400 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2016.784 K dengan NO_x sebesar 248.032 PPM. Pada kecepatan putaran 1600 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2034.830 K dengan NO_x sebesar 248.133 PPM. Pada kecepatan putaran 1800 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2048.656 K dengan NO_x sebesar 246.884 PPM. Pada kecepatan putaran 2000 RPM, *temperature* yang dihasilkan sebesar 2059.334 K dengan NO_x sebesar 244.0861 PPM. Pada kecepatan putaran 2200 RPM didapatkan *temperature* tertinggi sebesar 2067.241 K dengan NO_x sebesar 240.200 PPM.

Berdasarkan pada data nilai maksimum *temperature* dan nilai NO_x yang dihasilkan bahan bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan Solution yang dijelaskan pada gambar 9 hingga gambar 12, maka dapat disimpulkan bahwa NO_x terbesar dihasilkan oleh bahan bakar HSD dimana maksimum *temperature* dan NO_x yang dihasilkan pada setiap kecepatan putaran lebih besar dibanding bahan bakar lainnya. Sedangkan NO_x terkecil dihasilkan oleh bahan bakar B30M20 *Emulsion*. Penurunan emisi NO_x ini terjadi karena pengurangan nilai kalor dari bahan bakar HSD akibat penambahan biodiesel dan metanol. Jika melihat data maksimum *temperature* dan NO_x yang dihasilkan bahan bakar B30M20 Emulsion dan Solution, data yang dihasilkan terlihat cukup sama. Hal ini terjadi karena perbedaan nilai kalor dari kedua bahan bakar tersebut tidak terlalu besar. Dimana pada metode Emulsion, terjadi pengurangan nilai kalor akibat penambahan zat aditif sebesar 1% yang dapat menurunkan nilai kalor dari bahan bakar B30M20.

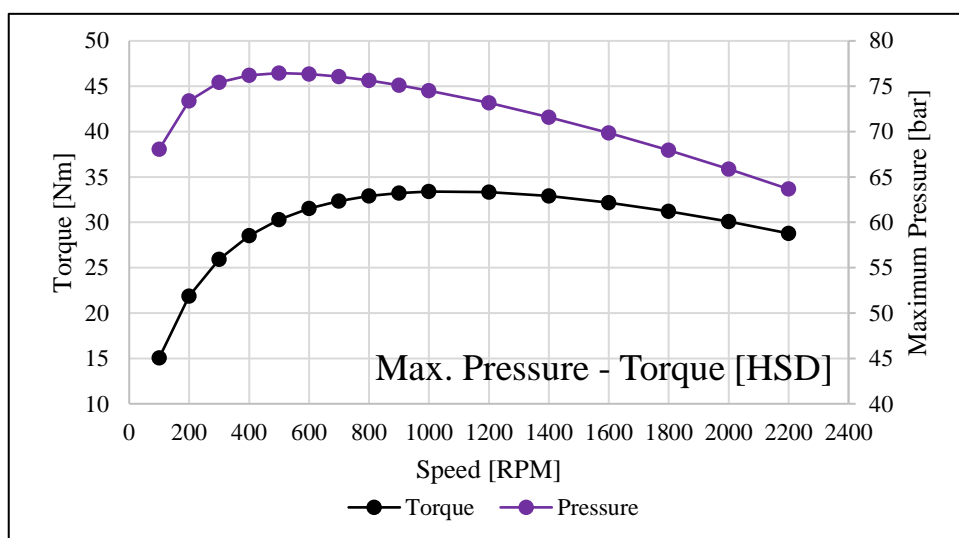
4.3 Pembahasan

4.3.1 Analisa Performa Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution*.

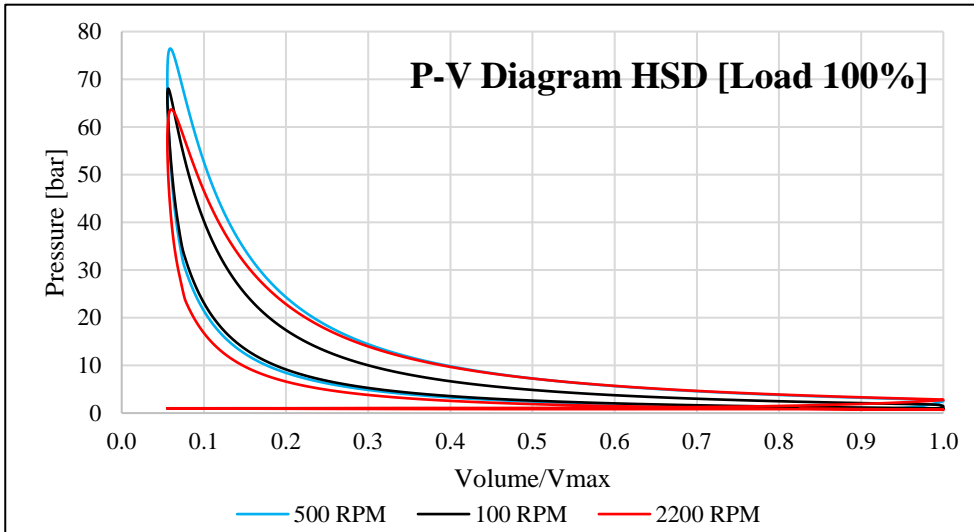
Dari hasil pengamatan gambar pada grafik 4.1 sampai 4.14, terlihat bahwa terjadi penurunan performa daya, torsi, dan SFOC dari penggunaan bahan bakar B30M20 *Emulsion* dan B30M20 *Solution* dari acuan bahan bakar yang digunakan yaitu HSD yang cukup signifikan. Penurunan performa dengan penggunaan tiga jenis bahan bakar tersebut diakibatkan oleh *properties*/karakteristik dari setiap bahan bakar yang berbeda-beda, dimana bahan bakar HSD yang memiliki karakteristik terbaik daripada kedua bahan bakar lainnya. Penurunan performa bahan bakar B30M20 baik dengan metode pencampuran *Emulsion* dan *Solution* pada penelitian ini, terjadi pada saat pengambilan komposisi bahan bakar HSD dari 100% menjadi 70% yang kemudian dicampur dengan komposisi biodiesel sebesar 30%. Hal ini sesuai dengan penjelasan Kuspriyanto (2017), dimana penurunan performa yang terjadi pada

campuran bahan bakar ini tidaklah begitu signifikan. Namun, ketika penambahan komposisi metanol sebesar 20% pada bahan bakar B30 yang komposisinya disesuaikan menjadi 80% dan dipanaskan pada suhu 50°C (secara *Solution*), terjadi penurunan performa yang cukup signifikan bila dibandingkan dengan performa bahan bakar HSD. Apabila pencampuran bahan bakar ini dilakukan secara *Emulsion*, dimana terjadi penambahan zat aditif pada campuran bahan bakar, maka performa yang dihasilkan pun akan menurun. Karena komposisi zat aditif yang digunakan pada penelitian ini hanya sebesar 1%, maka penurunan performa yang dihasilkan tidak begitu besar dibanding metode *Solution*. Hal ini dapat dibuktikan dengan grafik penelitian pada gambar 4.1 hingga gambar 4.14.

4.3.2 Analisa *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 *Emulsion* dan *Solution* pada kondisi *Full Load* dalam pembentukan Emisi NO_x.

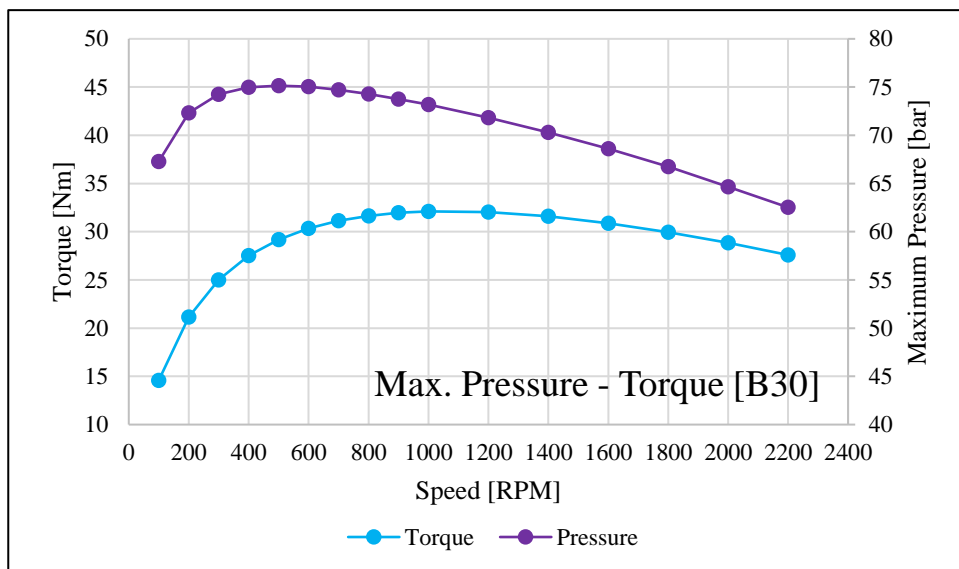


Gambar 4.19. Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

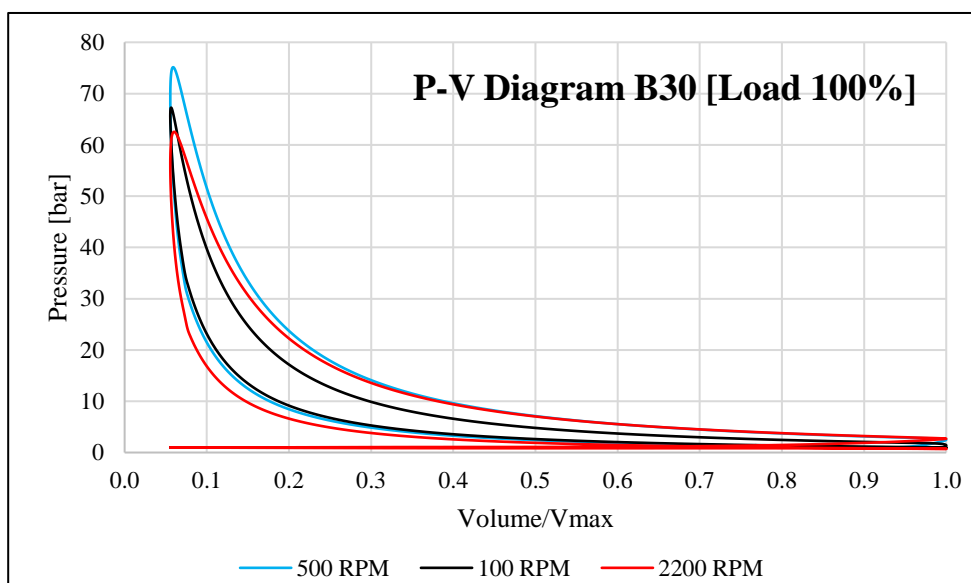


Gambar 4.20. P-V Diagram Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM

Pada gambar 4.19, terlihat bahwa *trendline* yang dihasilkan oleh *peak pressure* dan *torque* bahan bakar HSD terlihat sama. Pada kecepatan putaran 100 RPM, didapatkan nilai torsi terendah sebesar 15.07 Nm dengan *peak pressure* sebesar 68.058 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM, didapatkan *peak pressure* tertinggi sebesar 76.448 bar dengan torsi sebesar 30.29 Nm. Pada kecepatan putaran 2200 RPM, didapatkan nilai pressure terendah sebesar 63.669 bar dengan torsi sebesar 28.78 Nm. Dengan kata lain, *peak pressure* mengalami kenaikan dari kecepatan putaran 100 RPM menjadi 500 RPM dengan selisih kenaikan *peak pressure* berturut – turut sebesar 5.335 bar, 2.024 bar, 0.804 bar, dan 0.226 bar, serta mengalami penurunan *peak pressure* dari kecepatan putaran 500 RPM menjadi 2200 RPM dengan selisih penurunan *peak pressure* berturut – turut sebesar 0.112 bar, 0.276 bar, 0.418 bar, 0.527 bar, 0.586 bar, 1.361 bar, 1.573 bar, 1.735 bar, 1.924 bar, 2.071 bar, 2.194 bar. Perbedaan *peak pressure* pada kecepatan putaran terkecil, pressure tertinggi, dan kecepatan putaran terbesar dapat dilihat pada gambar 4.20, dimana pada kecepatan putaran 100 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* sebesar 68.058 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 76.448 bar. Pada kecepatan putaran 2200 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 63.669 bar. *Trendline* yang hampir sama diantara torsi dan *peak pressure* terjadi karena pada simulasi digunakan pembebanan berupa torsi sehingga pressure yang dihasilkan akan mengikuti *trendline* dari torsi.



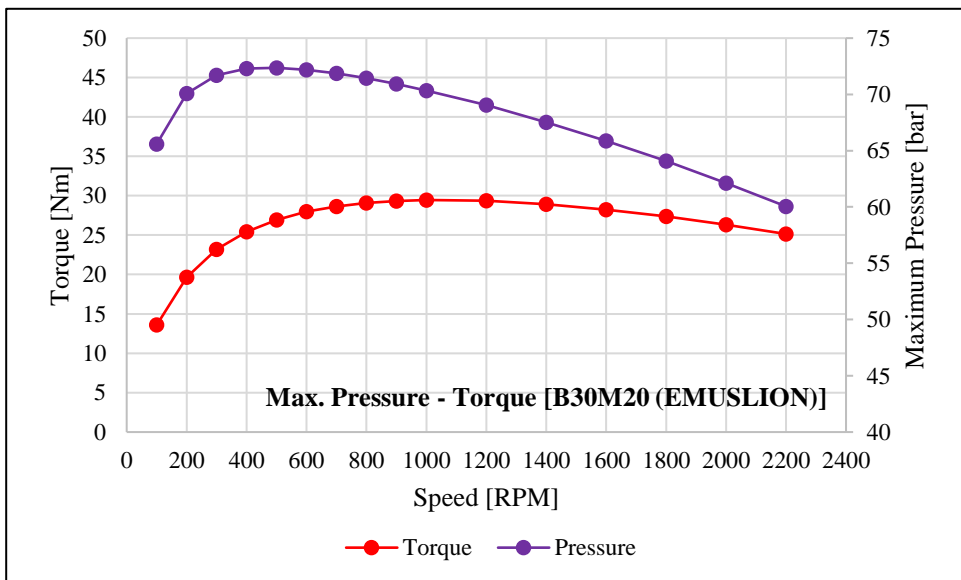
Gambar 4.21. Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



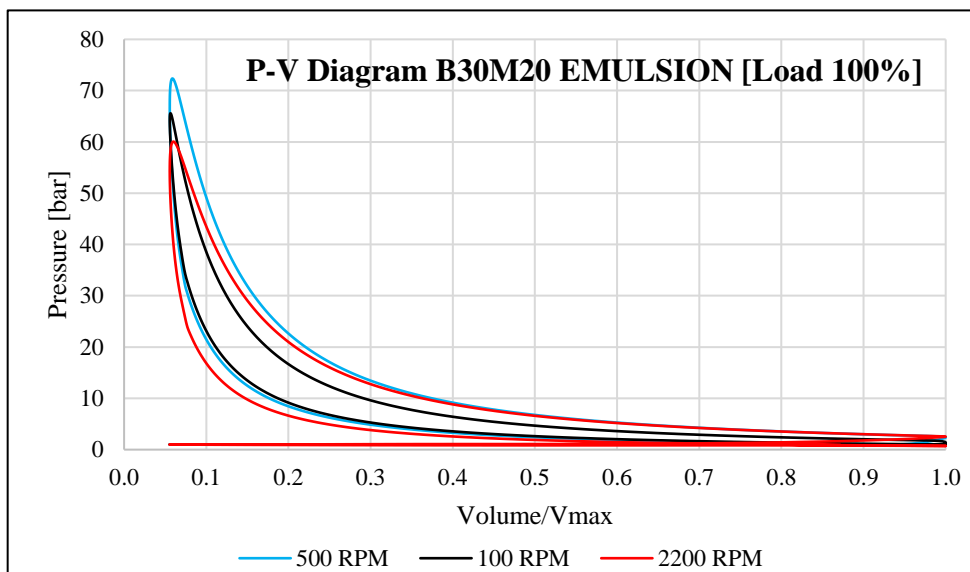
Gambar 4.22. P-V Diagram Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM

Pada gambar 4.21, terlihat bahwa *trendline* yang dihasilkan oleh *peak pressure* dan *torque* bahan bakar B30 terlihat sama. Pada kecepatan putaran 100 RPM, didapatkan nilai torsi terendah sebesar 14.58 Nm dengan *peak pressure* sebesar 67.264 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM, didapatkan *peak pressure* tertinggi

sebesar 75.141 bar dengan torsi sebesar 29.19 Nm. Pada kecepatan putaran 2200 RPM, didapatkan nilai pressure terendah sebesar 62.525 bar dengan torsi sebesar 27.60 Nm. Dengan kata lain, *peak pressure* mengalami kenaikan dari kecepatan putaran 100 RPM menjadi 500 RPM dengan selisih kenaikan *peak pressure* berturut – turut sebesar 5.073 bar, 1.896 bar, 0.728 bar, dan 0.179 bar, serta mengalami penurunan *peak pressure* dari kecepatan putaran 500 RPM menjadi 2200 RPM dengan selisih penurunan *peak pressure* berturut – turut sebesar 0.112 bar, 0.317 bar, 0.415 bar, 0.535 bar, 0.582 bar, 1.347 bar, 1.544 bar, 1.689 bar, 1.864 bar, 2.076 bar, 2.133 bar. Perbedaan *peak pressure* pada kecepatan putaran terkecil, pressure tertinggi, dan kecepatan putaran terbesar dapat dilihat pada gambar 4.22, dimana pada kecepatan putaran 100 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* sebesar 67.264 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 75.141 bar. Pada kecepatan putaran 2200 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 62.525 bar. *Trendline* yang hampir sama diantara torsi dan *peak pressure* terjadi karena pada simulasi digunakan pembebanan berupa torsi sehingga pressure yang dihasilkan akan mengikuti trendline dari torsi.

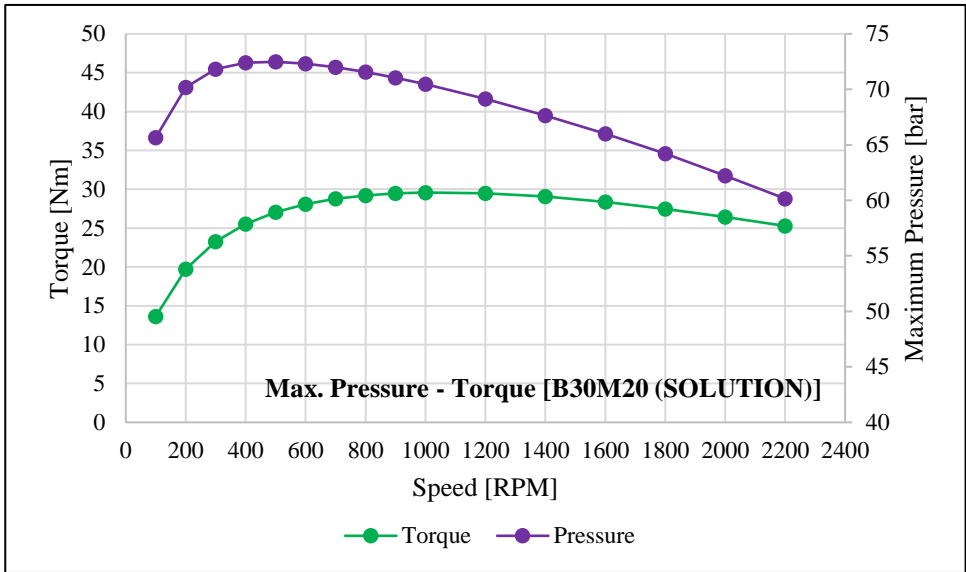


Gambar 4.23. Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

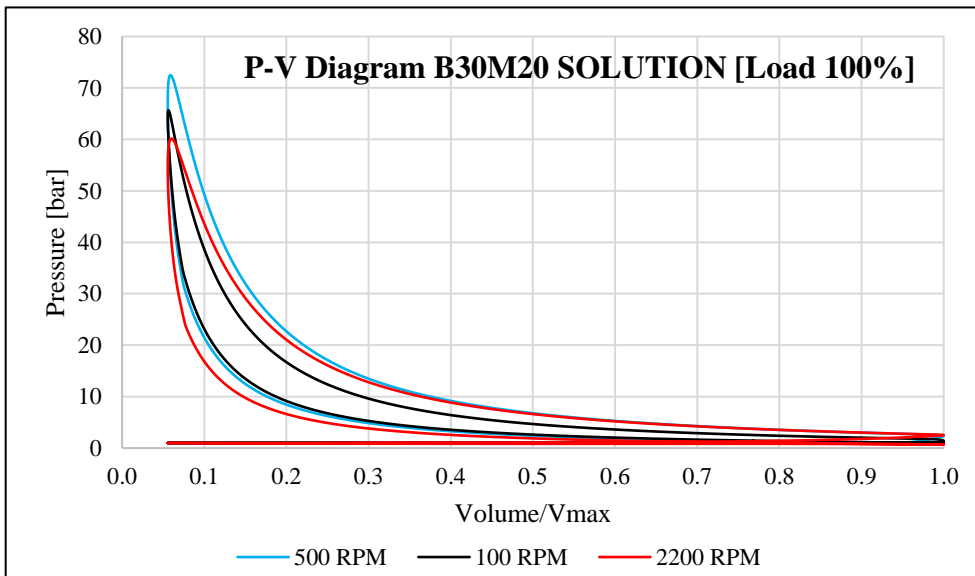


Gambar 4.24. P-V Diagram Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM

Pada gambar 4.23, terlihat bahwa *trendline* yang dihasilkan oleh *peak pressure* dan *torque* bahan bakar B30M20 *Emulsion* terlihat sama. Pada kecepatan putaran 100 RPM, didapatkan nilai torsi terendah sebesar 13.58 Nm dengan *peak pressure* sebesar 65.583 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM, didapatkan *peak pressure* tertinggi sebesar 72.362 bar dengan torsi sebesar 26.94 Nm. Pada kecepatan putaran 2200 RPM, didapatkan nilai *pressure* terendah sebesar 60.049 bar dengan torsi sebesar 25.15 Nm. Dengan kata lain, *peak pressure* mengalami kenaikan dari kecepatan putaran 100 RPM menjadi 500 RPM dengan selisih kenaikan *peak pressure* berturut – turut sebesar 4.503 bar, 1.623 bar, 0.581 bar, dan 0.072 bar, serta mengalami penurunan *peak pressure* dari kecepatan putaran 500 RPM menjadi 2200 RPM dengan selisih penurunan *peak pressure* berturut – turut sebesar 0.168 bar, 0.327 bar, 0.434 bar, 0.505 bar, 0.601 bar, 1.280 bar, 1.518 bar, 1.647 bar, 1.791 bar, 1.971 bar, 2.070 bar. Perbedaan *peak pressure* pada kecepatan putaran terkecil, *pressure* tertinggi, dan kecepatan putaran terbesar dapat dilihat pada gambar 4.24, dimana pada kecepatan putaran 100 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* sebesar 65.583 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 72.362 bar. Pada kecepatan putaran 2200 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 60.049 bar. *Trendline* yang hampir sama diantara torsi dan *peak pressure* terjadi karena pada simulasi digunakan pembebanan berupa torsi sehingga *pressure* yang dihasilkan akan mengikuti *trendline* dari torsi.



Gambar 4.25. Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar B30M20 *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Gambar 4.26. P-V Diagram Bahan Bakar B30M20 *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM

Pada gambar 4.25, terlihat bahwa *trendline* yang dihasilkan oleh *peak pressure* dan *torque* bahan bakar B30M20 *Solution* terlihat sama. Pada kecepatan putaran 100 RPM, didapatkan nilai torsi terendah sebesar 13.63 Nm dengan *peak pressure* sebesar 65.658 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM, didapatkan *peak pressure* tertinggi

sebesar 72.484 bar dengan torsi sebesar 27.05 Nm. Pada kecepatan putaran 2200 RPM, didapatkan nilai *pressure* terendah sebesar 60.155 bar dengan torsi sebesar 25.26 Nm. Dengan kata lain, *peak pressure* mengalami kenaikan dari kecepatan putaran 100 RPM menjadi 500 RPM dengan selisih kenaikan *peak pressure* berturut – turut sebesar 4.528 bar, 1.637 bar, 0.582 bar, dan 0.080 bar, serta mengalami penurunan *peak pressure* dari kecepatan putaran 500 RPM menjadi 2200 RPM dengan selisih penurunan *peak pressure* berturut – turut sebesar 0.161 bar, 0.331 bar, 0.433 bar, 0.511 bar, 0.585 bar, 1.322 bar, 1.492 bar, 1.652 bar, 1.774 bar, 1.994 bar, 2.075 bar. Perbedaan *peak pressure* pada kecepatan putaran terkecil, *pressure* tertinggi, dan kecepatan putaran terbesar dapat dilihat pada gambar 4.26, dimana pada kecepatan putaran 100 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* sebesar 65.658 bar. Pada kecepatan putaran 500 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 72.484 bar. Pada kecepatan putaran 2200 RPM volume yang dihasilkan sebesar 0.087 dengan *peak pressure* 60.155 bar. *Trendline* yang hampir sama diantara torsi dan *peak pressure* terjadi karena pada simulasi digunakan pembebanan berupa torsi sehingga *pressure* yang dihasilkan akan mengikuti *trendline* dari torsi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi performa dan emisi NO_x pada motor diesel dengan menggunakan bahan bakar B30M20 metode emulsi dan larutan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Performa yang dihasilkan bahan bakar B30M20 larutan memiliki hasil yang lebih baik dibanding performa bahan bakar B30M20 emulsi, namun tidak signifikan. Daya yang dihasilkan bahan bakar larutan lebih besar 0.46% dari bahan bakar emulsi. Torsi yang dihasilkan bahan bakar larutan lebih besar 0.43% dari bahan bakar emulsi. Nilai konsumsi bahan bakar (SFOC) terendah bahan bakar larutan lebih kecil 0.45% dari bahan bakar emulsi.
- b. Pada hasil pengujian NO_x, bahan bakar emulsi memiliki kadar emisi NO_x yang lebih rendah dibanding bahan bakar larutan. Penambahan zat aditif pada bahan bakar emulsi sebesar 1%, dapat menurunkan kandungan emisi NO_x bahan bakar B30M20 tetapi tidak signifikan.

5.2 Saran

Agar penelitian ini dapat dikembangkan dengan lebih baik lagi, penulis memiliki beberapa saran, diantaranya :

- a. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian terkait penambahan nilai kalor pada bahan bakar B30M20 metode larutan agar didapatkan performa yang lebih maksimal.
- b. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian terkait lama waktu pemanasan bahan bakar metode larutan untuk mencegah penguapan bahan bakar yang berlebih.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A.K., Das, L.M. 2001. "*Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines*". *ASME Journal of Engineering for Gas Turbines & Power*, Vol 123, 440-447.
- Angga, Q.Ramadhany. 2017. "Studi eksperimen pengaruh variasi timing injeksi (*start of injection*) terhadap unjuk kerja dan emisi mesin diesel 4-langkah silinder tunggal berbahan bakar campuran dexlite dan etanol". Tugas Akhir. Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Aziz, Tamzil., Nuryanti, Sevrina Tambunan. 2009. "Penentuan massa optimal gom akasia sebagai *surface active agent* pada pencampuran minyak goreng dengan air dan solar dengan air". Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Darmanto, Seno., Sigit, Ireng.A. 2006. "Analisa biodiesel minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif minyak diesel". *Traksi Vol 4 No 2 : Majalah Ilmiah Teknik Mesin*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Febriantoro, Heri. 2017. "Analisis performa, hasil proses pembakaran dan NOx yang dihasilkan motor diesel berbahan bakar biodiesel minyak jelantah (*waste cooking oil*) dengan penambahan sistem *EGR (exhaust gas recirculation)* berbasis eksperimen". Tugas Akhir. Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Gad, M., I., A., & Ridwan, A. 2013. "*Enhancing the combustion and emission parameters of a diesel engine fueled by waste cooking oil biodiesel and gasoline additives*". *Article in Fuel Vol 269:117466*.
- Hakam, Abdul Muwaffaq. 2016. "Prediksi performa marine diesel 4 langkah 93 Kw dengan metode simulasi". Tugas Akhir. Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hermawan, Dwiky Bayu. 2018. "Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Biodiesek Minyak Kelapa Sawit dengan Metanol terhadap *Performance, NOx* dan *Combustion* pada *Diesel Engine*". Tugas Akhir. Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Hikmah, Maharani Nurul., Zuliyana. 2010. "Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi". Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kuspriyanto, Reggi Irdian. 2018. "Pengaruh Penggunaan Air Dalam Bahan Bakar Emulsi Biodiesel Minyak Kelapa Sawit (*Crude Palm Oil*) Terhadap Performa, NOx, dan Proses Pembakaran (*Combustion Process*) pada Mesin Diesel". Tugas Akhir. Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Lin, Cherng-Yuan., Tsai, Shih-Ming. 2019. “*Comparison of Engine Performance between Nano- and Microemulsions of Solketal Droplet Dispersed in Diesel Assisted by Microwave Irradiation*”. *Journal of MDPI* 2419343497. Department of Marine Engineering. National Taiwan Ocean University. Taiwan.
- McCrary, Jonathon., Hansen, Alan., Lee, Chia-Fon. 2007. “*Modeling Biodiesel Combustion Using GT-Power. Paper of American Society of Agricultural and Biological Engineers. Minesota.*”
- Murtadlo, Laila Nurul Ulfa. 2017. “Penggunaan campuran metanol-etanol pada reaksi transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah (wate cooking oil) dengan menggunakan KOH sebagai katalis”. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Prahara, Alriga Julia. 2017. “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Emulsi dari Metanol Dengan Minyak Diesel Terhadap Performa, NOx dan Combustion Procces Pada Diesel Engine”. Tugas Akhir. Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Riegler, U.G., Bargende, M., 2002. “*Direct coupled 1D/3D CFD Computation (GT-Power/Star-SD) of the flow in the switch-over intake system of an 8-cylinder SI-Engine with external gas cylinder recirculation*”. SAE paper 2002-01-0901.
- Satria, D.Prayanto., Salahudin, Muhammad. 2016. “Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa dengan katalis NaOH menggunakan gelombang mikro (*microwave*) secara kontinyu”. Tugas Akhir. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Semin. Rosli, A.B., Abdul, R.I. 2008. “*Investigation of diesel engine performances based on simulation*”. *American Journal of Applied Sciences* 5 (6): 610-617. ISSN 1546-9239.
- Venkateswarlu, K., Ramesh, K., Veladri, K., 2009. “*Testing of Methanol-gasoline Blends as Alternative Fuel for SI Engine*”. *IE (I) Journal-MC Vol 90*, April 2009.
- Wei, Lijiang., Cheng, Rupeng., Mao, Hongjun., Geng, Peng., Zhang, Yanjie., You Kun. 2017. “*Combustion Process and NOx Emissions of a Marine Auxiliary Diesel Engine Fuelled with Waste Cooking Oil Biodiesel Blends*”. *Journal of Energy* 144 (2018) 73-80. Shanghai Maritime University.
- Wijaya, K. 2011. “Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas”. Pusat Studi Energi. *Renewable Energy*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Yildizhan, Safak., Yasar, Abdulkadir. 2015. “*Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine Operating on Biodiesel and Biodiesel Blended with Methanol and Propanol*”. *International Journal of Scientific and Technology Research*. ISSN 2422-8702. Cukrova University.

- Yusla, M. 2011. "Kaji pengaruh substitusi ethanol pada solar terhadap kinerja mesin diesel PERKINS (Tipe 4 – 108V)". Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Zhang, C., Zhou, A., & Shen, Y. 2017. "*Effects of combustion duration characteristics on the brake thermal efficiency and NOx emission of a turbocharged diesel engine fueled with diesel-LNG dual-fuel*". Article in *Applied Thermal Engineering* 127. Chang'an University.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran A : Project Guide YANMAR TF 85 MH-di

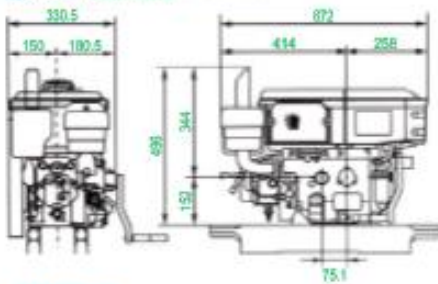
YANMAR
MOTOR DIESEL

TF 85 MH-di

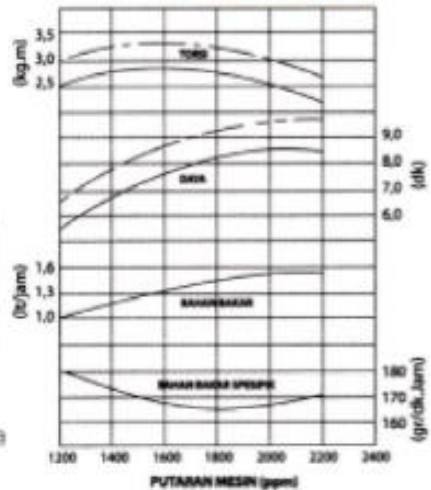
www.lukasindonesia.com



DIMENSI *dalam milimeter



GRAFIK KARAKTERISTIK



SPEKIFIKASI

1	Jenis Mesin	Motor diesel horizontal 4 (empat) langkah berpendingin air
2	Sistem Pembakaran	Pengabutan langsung (direct injection)
3	Jumlah Silinder	1 (satu) silinder
4	Saat Pengabutan	15° sebelum TMA
5	Diameter x Panjang Langkah	85 mm x 87 mm
6	Volume Silinder	493 cc
7	Daya Kontinyu	7.5 dk / 2200 ppm
8	Daya Maksimum Sesaat	8.5 dk / 2200 ppm
9	Torsi Maksimum	3.44 kg.m / 1600 ppm
10	Perbandingan Kompresi	18
11	Arah Putaran Poros	Berlawanan dengan arah putaran jarum jam (dilihat dari sisi roda gaya)
12	Pemakaian Bahan Bakar	171 gr / dk.jam
13	Pompa Bahan Bakar	Tipe Bosch
14	Tekanan Injektor	200 kg/cm ²
15	Sistem Pelumasan	Pelumasan paksa menggunakan pompa & katup regulator hidrolik (pompa jenis trochoidal)
16	Kapasitas Tanki Bahan Bakar	10.5 liter
17	Kapasitas Minyak Pelumas	2.2 liter
18	Jenis Minyak Pelumas	SAE 40 kelas CC atau CD
19	Sistem Pendinginan	Hopper
20	Kapasitas Tanki Pendingin	8.9 liter
21	Cara Menghidupkan	Manual (engkol)
22	Dimensi Mesin (P x L x T)	672 mm x 330.5 mm x 496 mm
23	Lampu	
24	Berat Kosong	93 kg
25	Ukuran Kemasan (P x L x T)	750 mm x 480 mm x 700 mm
26	Berat Kotak	123.5 kg

Lampiran B : Validasi Data

Data Hasil Performa Simulasi Mesin Diesel dengan bahan bakar HSD, B30, B30M20 Emulsi dan larutan.

Tabel Performa Bahan Bakar HSD

HSD PERFORMANCE						
RPM	POWER [kW]	TORQUE [N-m]	SFOC [g/kW-h]	POWER [HP]	TORQUE [kgf-m]	SFOC [g/HP-h]
500	1.584	30.260	282.641	2.125	3.086	210.769
600	1.978	31.478	268.282	2.652	3.210	200.061
700	2.368	32.304	258.161	3.176	3.294	192.514
800	2.752	32.847	250.717	3.690	3.350	186.963
900	3.126	33.170	245.124	4.192	3.382	182.792
1000	3.491	33.334	240.765	4.681	3.399	179.541
1100	3.843	33.359	237.438	5.153	3.402	177.061
1200	4.182	33.276	234.835	5.608	3.393	175.119
1300	4.504	33.087	232.892	6.040	3.374	173.670
1400	4.813	32.829	231.346	6.454	3.348	172.517
1500	5.104	32.491	230.273	6.844	3.313	171.717
1600	5.377	32.092	229.523	7.211	3.272	171.158
1700	5.631	31.632	229.114	7.552	3.226	170.853
1800	5.868	31.129	228.916	7.869	3.174	170.705
1900	6.084	30.580	228.946	8.159	3.118	170.728
2000	6.283	29.997	229.151	8.425	3.059	170.880
2100	6.457	29.360	229.662	8.658	2.994	171.261
2200	6.613	28.706	230.254	8.869	2.927	171.703

Tabel Performa Bahan Bakar B30

B30 PERFORMANCE						
RPM	POWER [kW]	TORQUE [N-m]	SFOC [g/kW-h]	POWER [HP]	TORQUE [kgf-m]	SFOC [g/HP-h]
500	1.529	29.197	292.800	2.050	2.977	218.345
600	1.907	30.355	278.088	2.558	3.095	207.374
700	2.283	31.139	267.717	3.061	3.175	199.640
800	2.652	31.652	260.090	3.556	3.228	193.952
900	3.012	31.956	254.356	4.039	3.259	189.676
1000	3.362	32.108	249.900	4.509	3.274	186.353
1100	3.701	32.126	246.495	4.963	3.276	183.814
1200	4.026	32.042	243.843	5.400	3.267	181.836
1300	4.337	31.858	241.856	5.816	3.249	180.355
1400	4.633	31.604	240.298	6.214	3.223	179.193
1500	4.911	31.267	239.283	6.586	3.188	178.436
1600	5.175	30.886	238.498	6.940	3.149	177.851
1700	5.420	30.444	238.079	7.268	3.104	177.538
1800	5.646	29.955	237.918	7.572	3.055	177.419
1900	5.854	29.420	238.013	7.850	3.000	177.489
2000	6.044	28.858	238.243	8.105	2.943	177.661
2100	6.210	28.240	238.819	8.328	2.880	178.091
2200	6.360	27.606	239.478	8.529	2.815	178.582

Tabel Performa Bahan Bakar B30M20 Emulsi

B30M20 EMULSION PERFORMANCE						
RPM	POWER [kW]	TORQUE [N-m]	SFOC [g/kW-h]	POWER [HP]	TORQUE [kgf-m]	SFOC [g/HP-h]
500	1.410	26.937	316.831	1.891	2.747	236.265
600	1.757	27.962	301.415	2.356	2.851	224.769
700	2.100	28.646	290.599	2.816	2.921	216.703
800	2.436	29.083	282.690	3.267	2.966	210.805
900	2.765	29.335	276.734	3.708	2.991	206.364
1000	3.084	29.453	272.119	4.136	3.003	202.922
1100	3.392	29.449	268.640	4.549	3.003	200.328
1200	3.689	29.352	265.955	4.946	2.993	198.326
1300	3.971	29.168	263.968	5.325	2.974	196.844
1400	4.240	28.920	262.446	5.686	2.949	195.709
1500	4.493	28.602	261.450	6.025	2.917	194.967
1600	4.731	28.236	260.776	6.344	2.879	194.464
1700	4.952	27.814	260.488	6.640	2.836	194.249
1800	5.156	27.351	260.484	6.914	2.789	194.246
1900	5.342	26.850	260.718	7.164	2.738	194.420
2000	5.512	26.317	261.175	7.391	2.684	194.762
2100	5.660	25.739	261.970	7.591	2.625	195.354
2200	5.793	25.146	262.866	7.769	2.564	196.022

Tabel Performa Bahan Bakar B30M20 Larutan

B30M20 SOLUTION PERFORMANCE						
RPM	POWER [kW]	TORQUE [N-m]	SFOC [g/kW-h]	POWER [HP]	TORQUE [kgf-m]	SFOC [g/HP-h]
500	1.417	27.055	315.472	1.900	2.759	235.251
600	1.764	28.078	300.192	2.366	2.863	223.857
700	2.109	28.767	289.401	2.828	2.933	215.810
800	2.447	29.206	281.516	3.281	2.978	209.930
900	2.777	29.463	275.555	3.724	3.004	205.485
1000	3.097	29.578	270.987	4.154	3.016	202.078
1100	3.407	29.577	267.492	4.569	3.016	199.472
1200	3.705	29.481	264.807	4.968	3.006	197.470
1300	3.988	29.296	262.826	5.348	2.987	195.993
1400	4.259	29.048	261.298	5.711	2.962	194.853
1500	4.513	28.729	260.303	6.052	2.930	194.111
1600	4.752	28.363	259.616	6.373	2.892	193.599
1700	4.974	27.940	259.333	6.670	2.849	193.388
1800	5.179	27.475	259.318	6.945	2.802	193.377
1900	5.366	26.970	259.566	7.196	2.750	193.561
2000	5.537	26.440	259.984	7.426	2.696	193.873
2100	5.687	25.861	260.750	7.627	2.637	194.445
2200	5.820	25.264	261.646	7.805	2.576	195.113

Tabel Validasi Data Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsi dan Larutan

CASE	RPM	POWER [HP]			TORSI [kg-m]			BSFC [g/HP-h]				
		HSD	B-30 Solution	Emulsion	HSD	B-30 Solution	Emulsion	HSD	B-30 Solution	Emulsion		
Case 1	500	2.125	2.050	1.891	3.086	2.977	2.759	2.747	210.769	218.345	235.251	236.265
Case 2	600	2.652	2.558	2.356	3.210	3.095	2.863	2.851	200.061	207.374	223.857	224.769
Case 3	700	3.176	3.061	2.828	3.294	3.175	2.933	2.921	192.514	199.640	215.810	216.703
Case 4	800	3.690	3.556	3.281	3.350	3.228	2.978	2.966	186.963	193.952	209.930	210.805
Case 5	900	4.192	4.039	3.724	3.382	3.259	3.004	2.991	182.792	189.676	205.485	206.364
Case 6	1000	4.681	4.509	4.154	3.399	3.274	3.016	3.003	179.541	186.353	202.078	202.922
Case 7	1100	5.153	4.963	4.569	3.402	3.276	3.016	3.003	177.061	183.814	199.472	200.328
Case 8	1200	5.608	5.400	4.968	3.393	3.267	3.006	2.993	175.119	181.836	197.470	198.326
Case 9	1300	6.040	5.816	5.348	3.374	3.249	2.987	2.974	173.670	180.355	195.993	196.844
Case 10	1400	6.454	6.214	5.711	3.348	3.223	2.962	2.949	172.517	179.193	194.853	195.709
Case 11	1500	6.844	6.586	6.052	3.313	3.188	2.930	2.917	171.717	178.436	194.111	194.967
Case 12	1600	7.211	6.940	6.373	3.272	3.149	2.892	2.879	171.158	177.851	193.599	194.464
Case 13	1700	7.552	7.268	6.670	3.226	3.104	2.849	2.836	170.853	177.538	193.388	194.249
Case 14	1800	7.869	7.572	6.945	3.174	3.055	2.802	2.789	170.705	177.419	193.377	194.246
Case 15	1900	8.159	7.850	7.196	3.118	3.000	2.750	2.738	170.728	177.489	193.561	194.420
Case 16	2000	8.425	8.105	7.426	3.059	2.943	2.696	2.684	170.880	177.661	193.873	194.762
Case 17	2100	8.658	8.328	7.627	2.994	2.880	2.637	2.625	171.261	178.091	194.445	195.354
Case 18	2200	8.869	8.529	7.805	2.927	2.815	2.576	2.564	171.703	178.582	195.113	196.022
MARGIN ERROR [%]		4.34%	0.34%	8.18%	4.88%	8.46%	15.93%	16.31%	0.41%	4.43%	14.10%	14.63%

KET :	POWER YANMAR	TORSI YANMAR	BSFC YANMAR	SOLAR	B30M20 (LARUTAN)
	8.5	3.44	171	B30M20 (EMULSI)	B30

Lampiran C : Data Variasi Pembebanan

Data Hasil Perhitungan Load Torsi Simulasi Mesin Diesel dengan bahan bakar HSD, B30, B30M20 Emulsi dan larutan.

Tabel Perhitungan Load HSD dan B30

% LOAD (Nm)	HSD_LOAD																	
	RPM																	
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
10	3.026	3.148	3.230	3.285	3.317	3.333	3.336	3.328	3.309	3.283	3.249	3.209	3.163	3.113	3.058	3.000	2.936	2.871
20	6.052	6.296	6.461	6.569	6.634	6.667	6.672	6.655	6.617	6.566	6.498	6.418	6.326	6.226	6.116	5.999	5.872	5.741
25	7.565	7.870	8.076	8.212	8.293	8.334	8.340	8.319	8.272	8.207	8.123	8.023	7.908	7.782	7.645	7.499	7.340	7.177
30	9.078	9.443	9.691	9.854	9.951	10.000	10.008	9.983	9.926	9.849	9.747	9.628	9.490	9.339	9.174	8.999	8.808	8.612
40	12.104	12.591	12.922	13.139	13.268	13.334	13.344	13.310	13.235	13.132	12.996	12.837	12.653	12.452	12.232	11.999	11.744	11.482
50	15.130	15.739	16.152	16.424	16.585	16.667	16.680	16.638	16.544	16.415	16.246	16.046	15.816	15.565	15.290	14.999	14.680	14.353
60	18.156	18.887	19.382	19.708	19.902	20.000	20.015	19.966	19.852	19.697	19.495	19.255	18.979	18.677	18.348	17.998	17.616	17.224
70	21.182	22.035	22.613	22.993	23.219	23.334	23.351	23.293	23.161	22.980	22.744	22.464	22.142	21.790	21.406	20.998	20.552	20.094
75	22.695	23.609	24.228	24.635	24.878	25.001	25.019	24.957	24.815	24.622	24.368	24.069	23.724	23.347	22.935	22.498	22.020	21.530
80	24.208	25.182	25.843	26.278	26.536	26.667	26.687	26.621	26.470	26.263	25.993	25.674	25.306	24.903	24.464	23.998	23.488	22.965
90	27.234	28.330	29.074	29.562	29.853	30.001	30.023	29.948	29.778	29.546	29.242	28.883	28.469	28.016	27.522	26.997	26.424	25.835
100	30.260	31.478	32.304	32.847	33.170	33.334	33.359	33.276	33.087	32.829	32.491	32.092	31.632	31.129	30.580	29.997	29.360	28.706
	29.260	31.478	32.304	32.847	33.170	33.334	33.359	33.276	33.087	32.829	32.491	32.092	31.632	31.129	30.580	29.997	29.360	28.706

% LOAD (Nm)	B30_LOAD																	
	RPM																	
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
10	2.920	3.036	3.114	3.165	3.196	3.211	3.213	3.204	3.186	3.160	3.127	3.089	3.044	2.996	2.942	2.886	2.824	2.761
20	5.839	6.071	6.228	6.330	6.391	6.422	6.425	6.408	6.372	6.321	6.253	6.177	6.089	5.991	5.884	5.772	5.648	5.521
25	7.299	7.589	7.785	7.913	7.989	8.027	8.032	8.011	7.965	7.901	7.817	7.722	7.611	7.489	7.355	7.215	7.060	6.902
30	8.759	9.107	9.342	9.496	9.587	9.632	9.638	9.613	9.557	9.481	9.380	9.266	9.133	8.987	8.826	8.657	8.472	8.282
40	11.679	12.142	12.456	12.661	12.782	12.843	12.850	12.817	12.743	12.642	12.507	12.354	12.178	11.982	11.768	11.543	11.296	11.042
50	14.598	15.178	15.570	15.826	15.978	16.054	16.063	16.021	15.929	15.802	15.634	15.443	15.222	14.978	14.710	14.429	14.120	13.803
60	17.518	18.213	18.683	18.991	19.174	19.265	19.276	19.225	19.115	18.962	18.760	18.532	18.266	17.973	17.652	17.315	16.944	16.564
70	20.438	21.249	21.797	22.156	22.369	22.476	22.488	22.429	22.301	22.123	21.887	21.620	21.311	20.969	20.594	20.201	19.768	19.324
75	21.898	22.766	23.354	23.739	23.967	24.081	24.095	24.032	23.894	23.703	23.450	23.165	22.833	22.466	22.065	21.644	21.180	20.705
80	23.358	24.284	24.911	25.322	25.565	25.686	25.701	25.634	25.486	25.283	25.014	24.709	24.355	23.964	23.536	23.086	22.592	22.085
90	26.277	27.320	28.025	28.487	28.760	28.897	28.913	28.838	28.672	28.444	28.140	27.797	27.400	26.960	26.478	25.972	25.416	24.845
100	29.197	30.355	31.139	31.652	31.956	32.108	32.126	32.042	31.858	31.604	31.267	30.886	30.444	29.955	29.420	28.858	28.240	27.606
	29.197	30.355	31.139	31.652	31.956	32.108	32.126	32.042	31.858	31.604	31.267	30.886	30.444	29.955	29.420	28.858	28.240	27.606

Tabel Perhitungan Load B30M20 Emulsi dan Larutan

B30M20 SOLUTION_LOAD																		
% LOAD (Nm)	RPM																	
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
10	2.706	2.808	2.877	2.921	2.946	2.958	2.958	2.948	2.930	2.905	2.873	2.836	2.794	2.748	2.697	2.644	2.586	2.526
20	5.411	5.616	5.753	5.841	5.893	5.916	5.915	5.896	5.859	5.810	5.746	5.673	5.588	5.495	5.394	5.288	5.172	5.053
25	6.764	7.020	7.192	7.302	7.366	7.395	7.394	7.370	7.324	7.262	7.182	7.091	6.985	6.869	6.743	6.610	6.465	6.316
30	8.117	8.423	8.630	8.762	8.839	8.873	8.873	8.844	8.789	8.714	8.619	8.509	8.382	8.243	8.091	7.932	7.758	7.579
40	10.822	11.231	11.507	11.682	11.785	11.831	11.831	11.792	11.718	11.619	11.492	11.345	11.176	10.990	10.788	10.576	10.344	10.106
50	13.528	14.039	14.384	14.603	14.732	14.789	14.789	14.741	14.648	14.524	14.365	14.182	13.970	13.738	13.485	13.220	12.931	12.632
60	16.233	16.847	17.260	17.524	17.678	17.747	17.746	17.689	17.578	17.429	17.237	17.018	16.764	16.485	16.182	15.864	15.517	15.158
70	18.939	19.655	20.137	20.444	20.624	20.705	20.704	20.637	20.507	20.334	20.110	19.854	19.558	19.233	18.879	18.508	18.103	17.685
75	20.991	21.059	21.575	21.905	22.097	22.184	22.183	22.111	21.972	21.786	21.547	21.272	20.955	20.606	20.228	19.830	19.396	18.948
80	21.644	22.462	23.014	23.365	23.570	23.662	23.662	23.585	23.437	23.238	22.983	22.690	22.352	21.980	21.576	21.152	20.689	20.211
90	24.350	25.270	25.890	26.285	26.517	26.620	26.619	26.533	26.366	26.143	25.856	25.527	25.146	24.728	24.273	23.796	23.275	22.738
100	27.055	28.078	28.767	29.206	29.463	29.578	29.577	29.481	29.296	29.048	28.729	28.363	27.940	27.475	26.970	26.440	25.861	25.264
	27.055	28.078	28.767	29.206	29.463	29.578	29.577	29.481	29.296	29.048	28.729	28.363	27.940	27.475	26.970	26.440	25.861	25.264

B30M20 EMULSION_LOAD																		
Beban % (Nm)	RPM																	
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
10	2.694	2.796	2.865	2.908	2.934	2.945	2.945	2.935	2.917	2.892	2.860	2.824	2.781	2.735	2.685	2.632	2.574	2.515
20	5.387	5.592	5.729	5.817	5.867	5.891	5.890	5.870	5.834	5.784	5.720	5.647	5.563	5.470	5.370	5.263	5.148	5.029
25	6.734	6.991	7.162	7.271	7.334	7.363	7.362	7.338	7.292	7.230	7.151	7.059	6.954	6.838	6.713	6.579	6.435	6.287
30	8.081	8.389	8.594	8.725	8.801	8.836	8.835	8.806	8.750	8.676	8.581	8.471	8.344	8.205	8.055	7.895	7.722	7.544
40	10.775	11.185	11.458	11.633	11.734	11.781	11.780	11.741	11.667	11.568	11.441	11.294	11.126	10.940	10.740	10.527	10.296	10.058
50	13.469	13.981	14.323	14.542	14.668	14.727	14.725	14.676	14.584	14.460	14.301	14.118	13.907	13.676	13.425	13.159	12.870	12.573
60	16.162	16.777	17.188	17.450	17.601	17.672	17.669	17.611	17.501	17.352	17.161	16.942	16.688	16.411	16.110	15.790	15.443	15.088
70	18.856	19.573	20.052	20.358	20.535	20.617	20.614	20.546	20.418	20.244	20.021	19.765	19.470	19.146	18.795	18.422	18.017	17.602
75	20.203	20.972	21.485	21.812	22.001	22.090	22.087	22.014	21.876	21.690	21.452	21.177	20.861	20.513	20.138	19.738	19.304	18.860
80	21.550	22.370	22.917	23.266	23.468	23.562	23.559	23.482	23.334	23.136	22.882	22.589	22.251	21.881	21.480	21.054	20.591	20.117
90	24.243	25.166	25.781	26.175	26.402	26.508	26.504	26.417	26.251	26.028	25.742	25.412	25.033	24.616	24.165	23.685	23.165	22.631
100	26.937	27.962	28.646	29.083	29.335	29.453	29.449	29.352	29.168	28.920	28.602	28.236	27.814	27.351	26.850	26.317	25.739	25.146
	26.937	27.962	28.646	29.083	29.335	29.453	29.449	29.352	29.168	28.920	28.602	28.236	27.814	27.351	26.850	26.317	25.739	25.146

Lampiran D : Performa pada Variasi Pembebanan

Data dan Grafik Perbandingan Performansi antar bahan bakar HSD, B30, B30M20 Emulsi dan larutan.

Tabel Perbandingan Performa Variasi Bahan Bakar pada 500 RPM – 700 RPM

RPM	HSD							B30							B30M20 SOLUTION							B30M20 EMULSION						
	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)				
500	10	3.03	0.171	3.03	2824.086	10	2.92	0.165	2.92	2925.780	10	2.71	0.152	2.71	3151.879	10	2.69	0.151	2.70	3165.589	10	2.69	0.151	2.70	3165.589			
	20	6.05	0.340	6.05	1412.556	20	5.84	0.327	5.84	1463.695	20	5.41	0.301	5.41	1576.883	20	5.39	0.300	5.39	1583.747	20	5.39	0.300	5.39	1583.747			
	25	7.57	0.424	7.57	1130.127	25	7.30	0.408	7.30	1171.005	25	6.76	0.376	6.76	1261.585	25	6.73	0.374	6.74	1267.056	25	6.73	0.374	6.74	1267.056			
	30	9.08	0.507	9.08	941.818	30	8.76	0.488	8.76	975.864	30	8.12	0.450	8.12	1051.336	30	8.08	0.448	8.08	1055.912	30	8.08	0.448	8.08	1055.912			
	40	12.10	0.672	12.11	706.406	40	11.68	0.646	11.68	731.924	40	10.82	0.596	10.82	788.605	40	10.77	0.594	10.78	791.965	40	10.77	0.594	10.78	791.965			
	50	15.13	0.835	15.13	565.146	50	14.60	0.803	14.60	585.591	50	13.53	0.741	13.53	630.933	50	13.47	0.738	13.47	633.586	50	13.47	0.738	13.47	633.586			
	60	18.16	0.996	18.16	470.966	60	17.52	0.958	17.52	487.994	60	16.23	0.884	16.23	525.773	60	16.16	0.880	16.16	528.029	60	16.16	0.880	16.16	528.029			
	70	21.18	1.154	21.18	403.692	70	20.44	1.110	20.44	418.281	70	18.94	1.026	18.94	450.683	70	18.86	1.021	18.86	452.598	70	18.86	1.021	18.86	452.598			
	75	22.70	1.233	22.70	376.782	75	21.90	1.186	21.90	390.396	75	20.29	1.096	20.29	420.635	75	20.20	1.091	20.20	422.425	75	20.20	1.091	20.20	422.425			
	80	24.21	1.310	24.21	353.235	80	23.36	1.261	23.36	365.997	80	21.64	1.165	21.64	394.343	80	21.55	1.160	21.55	396.024	80	21.55	1.160	21.55	396.024			
90	27.23	1.464	27.23	313.990	90	26.28	1.409	26.28	325.343	90	24.35	1.303	24.35	350.539	90	24.24	1.297	24.24	352.036	90	24.24	1.297	24.24	352.036				
100	30.26	1.584	30.26	282.641	100	29.20	1.529	29.20	292.800	100	27.06	1.417	27.06	315.472	100	26.94	1.410	26.94	316.831	100	26.94	1.410	26.94	316.831				
600	10	3.45	0.210	3.15	2679.314	10	3.04	0.202	3.04	2776.927	10	2.81	0.186	2.81	2997.563	10	2.80	0.185	2.80	3010.131	10	2.80	0.185	2.80	3010.131			
	20	6.80	0.417	6.30	1340.547	20	6.07	0.401	6.08	1389.656	20	5.62	0.370	5.62	1499.922	20	5.59	0.368	5.60	1506.217	20	5.59	0.368	5.60	1506.217			
	25	7.87	0.521	7.87	1072.580	25	7.59	0.501	7.59	1111.842	25	7.02	0.461	7.02	1200.291	25	6.99	0.459	6.99	1205.158	25	6.99	0.459	6.99	1205.158			
	30	9.44	0.623	9.45	893.990	30	9.11	0.599	9.11	926.601	30	8.42	0.552	8.43	1000.321	30	8.39	0.550	8.39	1004.281	30	8.39	0.550	8.39	1004.281			
	40	12.59	0.827	12.59	670.549	40	12.14	0.795	12.15	695.069	40	11.23	0.733	11.23	750.313	40	11.18	0.730	11.19	753.329	40	11.18	0.730	11.19	753.329			
	50	15.74	1.029	15.74	536.466	50	15.18	0.990	15.18	556.076	50	14.04	0.913	14.04	600.286	50	13.98	0.909	13.98	602.720	50	13.98	0.909	13.98	602.720			
	60	18.89	1.229	18.89	447.070	60	18.21	1.182	18.22	463.433	60	16.85	1.091	16.85	500.258	60	16.78	1.086	16.78	502.298	60	16.78	1.086	16.78	502.298			
	70	22.03	1.427	22.04	383.212	70	21.25	1.373	21.25	397.251	70	19.65	1.267	19.66	428.804	70	19.57	1.261	19.58	430.561	70	19.57	1.261	19.58	430.561			
	75	23.61	1.525	23.61	357.684	75	22.77	1.468	22.77	370.768	75	21.06	1.354	21.06	400.241	75	20.97	1.349	20.97	401.864	75	20.97	1.349	20.97	401.864			
	80	25.18	1.623	25.18	335.330	80	24.28	1.562	24.29	347.595	80	22.46	1.442	22.46	375.228	80	22.37	1.435	22.37	376.737	80	22.37	1.435	22.37	376.737			
90	28.33	1.817	28.33	298.074	90	27.32	1.749	27.32	308.974	90	25.27	1.615	25.27	333.540	90	25.17	1.608	25.17	334.887	90	25.17	1.608	25.17	334.887				
100	31.48	1.978	31.48	268.282	100	30.36	1.907	30.36	278.088	100	28.08	1.764	28.08	300.192	100	27.96	1.757	27.96	301.415	100	27.96	1.757	27.96	301.415				
700	10	3.23	0.248	3.24	2576.861	10	3.11	0.238	3.12	2671.433	10	2.88	0.220	2.88	2886.984	10	2.86	0.219	2.87	2898.784	10	2.86	0.219	2.87	2898.784			
	20	6.46	0.494	6.47	1289.619	20	6.23	0.475	6.23	1337.222	20	5.75	0.430	5.76	1445.530	20	5.73	0.435	5.74	1451.448	20	5.73	0.435	5.74	1451.448			
	25	8.08	0.616	8.08	1031.949	25	7.78	0.592	7.79	1070.019	25	7.19	0.545	7.20	1156.590	25	7.16	0.543	7.17	1161.326	25	7.16	0.543	7.17	1161.326			
	30	9.69	0.738	9.70	860.099	30	9.34	0.709	9.35	891.816	30	8.63	0.653	8.64	964.028	30	8.59	0.651	8.60	967.977	30	8.59	0.651	8.60	967.977			
	40	12.92	0.980	12.93	645.157	40	12.46	0.943	12.46	668.988	40	11.51	0.868	11.51	723.150	40	11.46	0.864	11.46	726.176	40	11.46	0.864	11.46	726.176			
	50	16.15	1.220	16.16	516.197	50	15.57	1.174	15.57	535.285	50	14.38	1.082	14.38	578.622	50	14.32	1.077	14.33	580.993	50	14.32	1.077	14.33	580.993			
	60	19.38	1.459	19.39	430.204	60	18.68	1.404	18.69	446.100	60	17.26	1.294	17.27	482.213	60	17.19	1.288	17.19	484.189	60	17.19	1.288	17.19	484.189			
	70	22.61	1.696	22.62	368.754	70	21.80	1.632	21.80	382.389	70	20.14	1.504	20.14	413.343	70	20.05	1.498	20.06	415.058	70	20.05	1.498	20.06	415.058			
	75	24.23	1.814	24.23	344.181	75	23.35	1.745	23.36	356.903	75	21.58	1.609	21.58	385.803	75	21.48	1.602	21.49	387.384	75	21.48	1.602	21.49	387.384			
	80	25.84	1.931	25.85	322.678	80	24.91	1.858	24.92	334.602	80	23.01	1.714	23.02	361.687	80	22.92	1.706	22.92	363.185	80	22.92	1.706	22.92	363.185			
90	29.07	2.164	29.08	286.827	90	28.03	2.083	28.03	297.432	90	25.89	1.921	25.89	321.520	90	25.78	1.913	25.79	322.850	90	25.78	1.913	25.79	322.850				
100	32.30	2.368	32.30	258.161	100	31.14	2.283	31.14	267.717	100	28.77	2.109	28.77	289.401	100	28.65	2.100	28.65	290.599	100	28.65	2.100	28.65	290.599				

Tabel Perbandingan Performa Variasi Bahan Bakar pada 1100 RPM – 1300 RPM

RPM	HSD						B30						B30M20 SOLUTION						B30M20 EMULSION						
	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	
1100	10	3.34	0.394	3.36	2355.571	10	3.21	0.379	3.24	2443.417	10	2.96	0.349	2.99	2649.169	10	2.94	0.347	2.97	2660.544	10	2.94	0.347	2.97	2660.544
	20	6.67	0.783	6.70	1182.762	20	6.43	0.754	6.45	1227.310	20	5.92	0.693	5.94	1331.291	20	5.89	0.690	5.92	1336.817	20	5.89	0.690	5.92	1336.817
	25	8.34	0.977	8.37	947.010	25	8.03	0.940	8.06	982.750	25	7.39	0.865	7.42	1066.040	25	7.36	0.861	7.39	1070.579	25	7.36	0.861	7.39	1070.579
	30	10.01	1.171	10.03	789.620	30	9.64	1.127	9.67	819.375	30	8.87	1.036	8.90	888.927	30	8.83	1.032	8.86	892.675	30	8.83	1.032	8.86	892.675
	40	13.34	1.558	13.37	592.633	40	12.85	1.499	12.88	615.018	40	11.83	1.379	11.86	667.222	40	11.78	1.373	11.81	670.075	40	11.78	1.373	11.81	670.075
	50	16.68	1.944	16.71	474.307	50	16.06	1.870	16.09	492.217	50	14.79	1.720	14.82	534.031	50	14.72	1.713	14.75	536.310	50	14.72	1.713	14.75	536.310
	60	20.02	2.328	20.04	395.387	60	19.28	2.240	19.30	410.294	60	17.75	2.061	17.77	445.191	60	17.67	2.052	17.69	447.097	60	17.67	2.052	17.69	447.097
	75	23.35	2.712	23.38	338.969	75	22.49	2.609	22.51	351.765	75	20.70	2.400	20.73	381.676	75	20.61	2.390	20.64	383.313	75	20.61	2.390	20.64	383.313
	80	26.69	3.094	26.71	296.642	80	25.70	2.977	25.72	307.839	80	23.66	2.739	23.69	334.021	80	23.56	2.727	23.58	335.456	80	23.56	2.727	23.58	335.456
	90	30.02	3.474	30.05	263.711	90	28.91	3.344	28.94	273.674	90	26.62	3.076	26.64	296.956	90	26.50	3.063	26.53	298.223	90	26.50	3.063	26.53	298.223
100	33.36	3.843	33.36	237.438	100	32.13	3.701	32.13	246.495	100	29.58	3.407	29.58	267.492	100	29.45	3.392	29.45	268.640	100	29.45	3.392	29.45	268.640	
1200	10	3.33	0.428	3.36	2323.816	10	3.20	0.412	3.24	2411.134	10	2.95	0.379	2.99	2615.235	10	2.94	0.377	2.97	2626.507	10	2.94	0.377	2.97	2626.507
	20	6.66	0.851	6.69	1168.471	20	6.41	0.818	6.44	1212.518	20	5.90	0.752	5.93	1315.943	20	5.87	0.749	5.91	1321.660	20	5.87	0.749	5.91	1321.660
	25	8.32	1.061	8.35	935.778	25	8.01	1.021	8.05	971.014	25	7.37	0.939	7.41	1054.097	25	7.34	0.935	7.37	1058.611	25	7.34	0.935	7.37	1058.611
	30	9.98	1.272	10.02	780.372	30	9.61	1.224	9.65	809.818	30	8.84	1.125	8.88	879.162	30	8.81	1.120	8.84	882.891	30	8.81	1.120	8.84	882.891
	40	13.31	1.692	13.34	585.846	40	12.82	1.628	12.85	607.965	40	11.79	1.497	11.83	660.073	40	11.74	1.490	11.78	662.896	40	11.74	1.490	11.78	662.896
	50	16.64	2.111	16.67	468.921	50	16.02	2.031	16.06	486.661	50	14.74	1.868	14.78	528.360	50	14.68	1.859	14.71	530.666	50	14.68	1.859	14.71	530.666
	60	19.97	2.529	20.00	390.904	60	19.23	2.434	19.26	405.711	60	17.69	2.237	17.72	440.493	60	17.61	2.228	17.65	442.416	60	17.61	2.228	17.65	442.416
	70	23.29	2.946	23.33	335.158	70	22.43	2.835	22.46	347.851	70	20.64	2.606	20.67	377.683	70	20.55	2.595	20.58	379.333	70	20.55	2.595	20.58	379.333
	75	24.96	3.154	24.99	312.844	75	24.03	3.035	24.06	324.684	75	22.11	2.791	22.14	352.549	75	22.01	2.778	22.05	354.081	75	22.01	2.778	22.05	354.081
	80	26.62	3.362	26.65	293.316	80	25.63	3.235	25.67	304.422	80	23.58	2.975	23.62	330.550	80	23.48	2.962	23.52	331.981	80	23.48	2.962	23.52	331.981
90	29.95	3.776	29.98	260.771	90	28.84	3.634	28.87	270.644	90	26.53	3.342	26.57	293.876	90	26.42	3.327	26.45	295.149	90	26.42	3.327	26.45	295.149	
100	33.28	4.182	33.28	234.835	100	32.04	4.026	32.04	243.843	100	29.48	3.705	29.48	264.807	100	29.35	3.689	29.35	265.955	100	29.35	3.689	29.35	265.955	
1300	10	3.31	0.461	3.36	2297.992	10	3.19	0.444	3.23	2383.764	10	2.93	0.409	2.98	2586.212	10	2.92	0.407	2.96	2597.420	10	2.92	0.407	2.96	2597.420
	20	6.62	0.915	6.66	1157.203	20	6.37	0.881	6.42	1200.622	20	5.86	0.810	5.91	1303.820	20	5.83	0.806	5.88	1309.306	20	5.83	0.806	5.88	1309.306
	25	8.27	1.142	8.32	926.975	25	7.96	1.099	8.01	961.908	25	7.32	1.010	7.37	1044.717	25	7.29	1.006	7.34	1049.228	25	7.29	1.006	7.34	1049.228
	30	9.93	1.368	9.97	773.232	30	9.56	1.316	9.60	802.459	30	8.79	1.210	8.84	871.522	30	8.75	1.205	8.80	875.350	30	8.75	1.205	8.80	875.350
	40	13.23	1.820	13.28	580.588	40	12.74	1.751	12.79	602.567	40	11.72	1.610	11.76	654.567	40	11.67	1.602	11.71	657.391	40	11.67	1.602	11.71	657.391
	50	16.54	2.271	16.59	464.790	50	15.93	2.185	15.97	482.401	50	14.65	2.008	14.69	524.063	50	14.58	1.999	14.63	526.335	50	14.58	1.999	14.63	526.335
	60	19.85	2.721	19.89	387.522	60	19.11	2.618	19.16	402.194	60	17.58	2.406	17.62	436.947	60	17.50	2.396	17.55	438.847	60	17.50	2.396	17.55	438.847
	70	23.16	3.169	23.20	332.268	70	22.30	3.050	22.34	344.856	70	20.51	2.803	20.55	374.683	70	20.42	2.791	20.46	376.299	70	20.42	2.791	20.46	376.299
	75	24.82	3.393	24.86	310.163	75	23.89	3.266	23.93	321.924	75	21.97	3.002	22.02	349.755	75	21.88	2.989	21.92	351.274	75	21.88	2.989	21.92	351.274
	80	26.47	3.617	26.51	290.804	80	25.49	3.481	25.53	301.839	80	23.44	3.200	23.48	327.938	80	23.33	3.186	23.38	329.370	80	23.33	3.186	23.38	329.370
90	29.78	4.064	29.82	258.550	90	28.67	3.911	28.71	268.354	90	26.37	3.595	26.41	291.573	90	26.25	3.579	26.29	292.837	90	26.25	3.579	26.29	292.837	
100	33.09	4.504	33.09	232.892	100	31.86	4.337	31.86	241.856	100	29.30	3.988	29.30	262.826	100	29.17	3.971	29.17	263.968	100	29.17	3.971	29.17	263.968	

Tabel Perbandingan Performa Variasi Bahan Bakar pada 1400 RPM – 1600 RPM

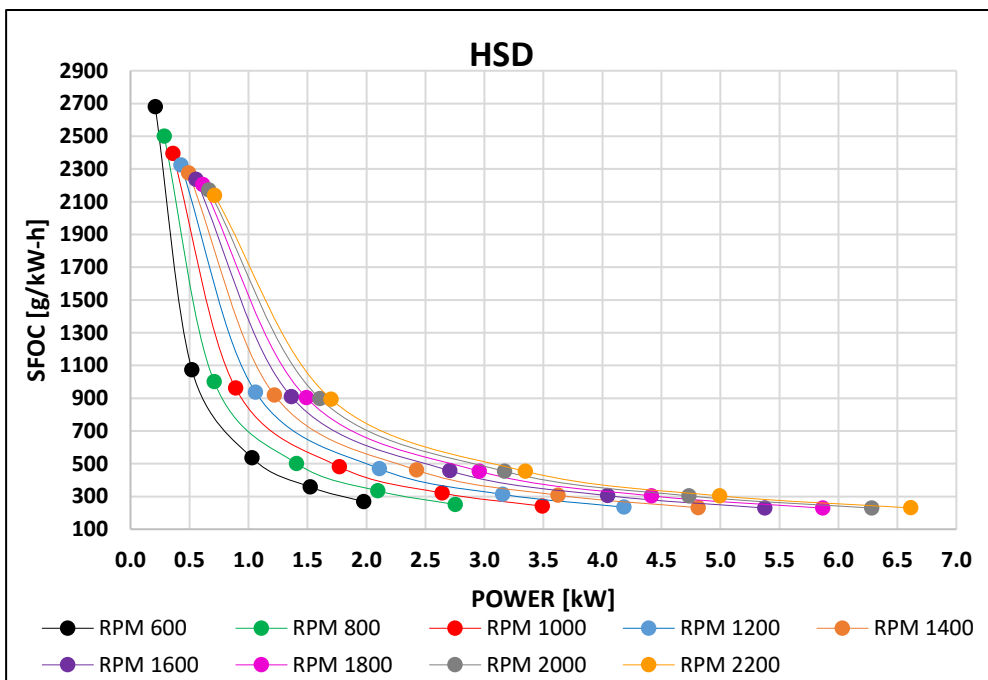
RPM	HSD							B30							B30M20 SOLUTION							B30M20 EMULSION								
	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)		
1400	10	3.28	0.494	3.34	2274.849	10	3.16	0.475	3.22	2360.124	10	2.90	0.437	2.96	2560.739	10	2.89	0.435	2.95	2571.885	10	2.89	0.435	2.95	2571.885	10	2.89	0.435	2.95	2571.885
	20	6.57	0.978	6.62	1147.409	20	6.32	0.941	6.38	1190.734	20	5.81	0.865	5.87	1293.424	20	5.78	0.861	5.84	1299.122	20	5.78	0.861	5.84	1299.122	20	5.78	0.861	5.84	1299.122
	25	8.21	1.219	8.26	919.597	25	7.90	1.173	7.96	954.373	25	7.26	1.078	7.32	1036.925	25	7.23	1.074	7.29	1041.432	25	7.23	1.074	7.29	1041.432	25	7.23	1.074	7.29	1041.432
	30	9.85	1.461	9.91	767.184	30	9.48	1.406	9.54	796.306	30	8.71	1.292	8.77	865.322	30	8.68	1.286	8.73	869.507	30	8.68	1.286	8.73	869.507	30	8.68	1.286	8.73	869.507
	40	13.13	1.943	13.19	576.234	40	12.64	1.870	12.70	598.119	40	11.62	1.718	11.68	650.082	40	11.57	1.710	11.63	652.907	40	11.57	1.710	11.63	652.907	40	11.57	1.710	11.63	652.907
	50	16.41	2.424	16.47	461.394	50	15.80	2.333	15.86	478.953	50	14.32	2.143	14.38	520.590	50	14.46	2.134	14.52	522.864	50	14.46	2.134	14.52	522.864	50	14.46	2.134	14.52	522.864
	60	19.70	2.904	19.75	384.741	60	18.96	2.795	19.02	399.382	60	17.43	2.568	17.48	434.117	60	17.35	2.557	17.41	436.020	60	17.35	2.557	17.41	436.020	60	17.35	2.557	17.41	436.020
	70	22.98	3.384	23.03	329.914	70	22.12	3.256	22.18	342.468	70	20.33	2.992	20.39	372.279	70	20.24	2.979	20.30	373.915	70	20.24	2.979	20.30	373.915	70	20.24	2.979	20.30	373.915
	80	26.26	3.862	26.32	288.764	80	25.28	3.717	25.34	299.764	80	23.24	3.415	23.29	325.876	80	23.14	3.400	23.19	327.296	80	23.14	3.400	23.19	327.296	80	23.14	3.400	23.19	327.296
	90	29.55	4.340	29.60	256.741	90	28.44	4.176	28.50	266.519	90	26.14	3.838	26.20	289.747	90	26.03	3.821	26.08	291.014	90	26.03	3.821	26.08	291.014	90	26.03	3.821	26.08	291.014
100	32.83	4.813	32.83	231.346	100	31.60	4.633	31.60	240.298	100	29.05	4.259	29.05	261.298	100	28.92	4.240	28.92	262.446	100	28.92	4.240	28.92	262.446	100	28.92	4.240	28.92	262.446	
1500	10	3.25	0.525	3.32	2255.172	10	3.13	0.505	3.20	2339.279	10	2.87	0.465	2.95	2538.826	10	2.86	0.463	2.93	2549.898	10	2.86	0.463	2.93	2549.898	10	2.86	0.463	2.93	2549.898
	20	6.50	1.037	6.57	1139.821	20	6.25	0.998	6.32	1183.167	20	5.75	0.917	5.82	1285.415	20	5.72	0.913	5.79	1291.109	20	5.72	0.913	5.79	1291.109	20	5.72	0.913	5.79	1291.109
	25	8.12	1.293	8.19	913.784	25	7.82	1.244	7.89	948.608	25	7.18	1.143	7.25	1031.002	25	7.15	1.138	7.22	1035.369	25	7.15	1.138	7.22	1035.369	25	7.15	1.138	7.22	1035.369
	30	9.75	1.549	9.82	762.639	30	9.38	1.490	9.45	791.747	30	8.62	1.369	8.69	860.560	30	8.58	1.363	8.65	864.292	30	8.58	1.363	8.65	864.292	30	8.58	1.363	8.65	864.292
	40	13.00	2.059	13.06	573.019	40	12.51	1.981	12.58	594.930	40	11.49	1.820	11.56	646.784	40	11.44	1.812	11.51	649.615	40	11.44	1.812	11.51	649.615	40	11.44	1.812	11.51	649.615
	50	16.25	2.569	16.31	458.916	50	15.63	2.472	15.70	476.514	50	14.36	2.271	14.43	518.120	50	14.30	2.261	14.37	520.365	50	14.30	2.261	14.37	520.365	50	14.30	2.261	14.37	520.365
	60	19.49	3.078	19.56	382.689	60	18.76	2.961	18.83	397.391	60	17.24	2.720	17.31	432.128	60	17.16	2.708	17.23	434.012	60	17.16	2.708	17.23	434.012	60	17.16	2.708	17.23	434.012
	70	22.74	3.587	22.81	328.193	70	21.89	3.450	21.95	340.802	70	20.11	3.170	20.18	370.617	70	20.02	3.156	20.09	372.240	70	20.02	3.156	20.09	372.240	70	20.02	3.156	20.09	372.240
	80	25.99	4.094	26.06	287.282	80	25.01	3.939	25.08	298.321	80	22.98	3.618	23.05	324.435	80	22.88	3.602	22.95	325.847	80	22.88	3.602	22.95	325.847	80	22.88	3.602	22.95	325.847
	90	29.24	4.600	29.31	255.441	90	28.14	4.426	28.21	265.266	90	25.86	4.066	25.92	288.487	90	25.74	4.048	25.81	289.747	90	25.74	4.048	25.81	289.747	90	25.74	4.048	25.81	289.747
100	32.49	5.104	32.49	230.273	100	31.27	4.911	31.27	239.283	100	28.73	4.513	28.73	260.303	100	28.60	4.493	28.60	261.450	100	28.60	4.493	28.60	261.450	100	28.60	4.493	28.60	261.450	
1600	10	3.21	0.554	3.30	2237.170	10	3.09	0.534	3.18	2319.730	10	2.84	0.491	2.92	2518.171	10	2.82	0.489	2.91	2528.385	10	2.82	0.489	2.91	2528.385	10	2.82	0.489	2.91	2528.385
	20	6.42	1.094	6.50	1133.456	20	6.18	1.053	6.26	1176.228	20	5.67	0.968	5.76	1278.327	20	5.65	0.963	5.73	1284.055	20	5.65	0.963	5.73	1284.055	20	5.65	0.963	5.73	1284.055
	25	8.02	1.363	8.11	909.126	25	7.72	1.312	7.81	943.645	25	7.09	1.205	7.18	1025.868	25	7.06	1.200	7.15	1030.410	25	7.06	1.200	7.15	1030.410	25	7.06	1.200	7.15	1030.410
	30	9.63	1.632	9.71	758.922	30	9.27	1.571	9.35	787.773	30	8.51	1.443	8.60	856.681	30	8.47	1.436	8.56	860.443	30	8.47	1.436	8.56	860.443	30	8.47	1.436	8.56	860.443
	40	12.84	2.170	12.92	570.476	40	12.35	2.088	12.44	592.244	40	11.35	1.917	11.43	644.197	40	11.29	1.909	11.38	647.054	40	11.29	1.909	11.38	647.054	40	11.29	1.909	11.38	647.054
	50	16.05	2.707	16.13	456.999	50	15.44	2.604	15.53	474.447	50	14.18	2.392	14.27	516.171	50	14.12	2.381	14.20	518.437	50	14.12	2.381	14.20	518.437	50	14.12	2.381	14.20	518.437
	60	19.26	3.243	19.34	381.177	60	18.53	3.120	18.61	395.735	60	17.02	2.865	17.10	430.570	60	16.94	2.852	17.03	432.473	60	16.94	2.852	17.03	432.473	60	16.94	2.852	17.03	432.473
	70	22.46	3.778	22.54	326.935	70	21.62	3.635	21.70	339.439	70	19.85	3.338	19.94	369.341	70	19.77	3.323	19.85	370.981	70	19.77	3.323	19.85	370.981	70	19.77	3.323	19.85	370.981
	80	25.67	4.312	25.75	286.195	80	24.71	4.149	24.79	297.154	80	22.69	3.810	22.77	323.358	80	22.59	3.793	22.67	324.784	80	22.59	3.793	22.67	324.784	80	22.59	3.793	22.67	324.784
	90	28.88	4.846	28.96	254.493	90	27.80	4.663	27.88	264.246	90	25.53	4.282	25.61	287.546	90	25.41	4.263	25.49	288.830	90	25.41	4.263	25.49	288.830	90	25.41	4.263	25.49	288.830
100	32.09	5.377	32.09	229.523	100	30.89	5.175	30.89	238.498	100	28.36	4.752	28.36	259.616	100	28.24	4.731	28.24	260.776	100	28.24	4.731	28.24	260.776	100	28.24	4.731	28.24	260.776	

Tabel Perbandingan Performa Variasi Bahan Bakar pada 1700 RPM – 1900 RPM

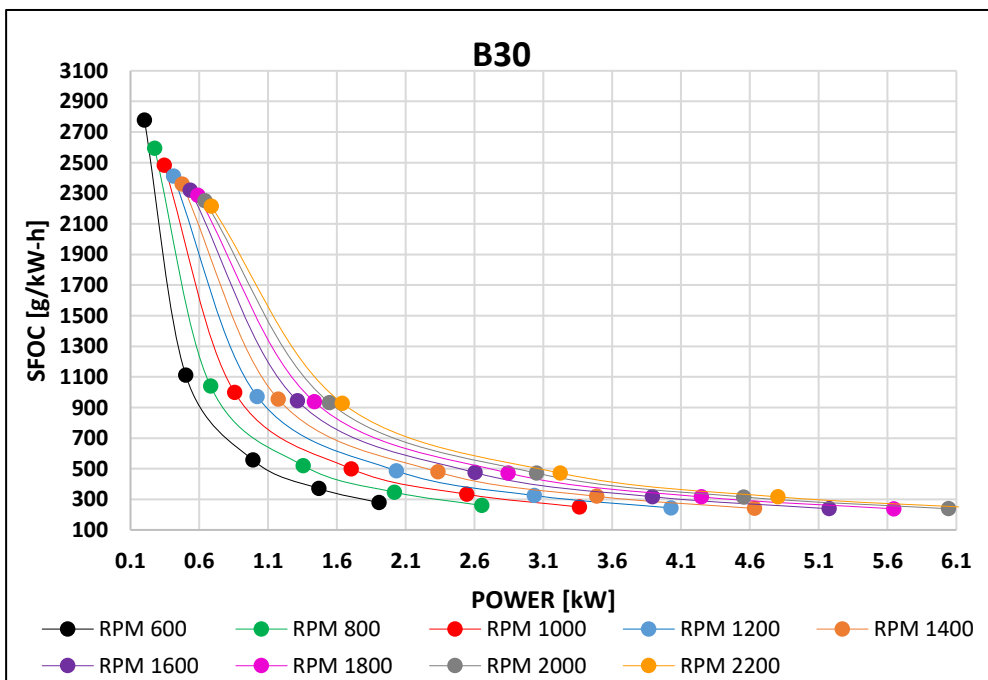
RPM	HSD						B30						B30M20 SOLUTION						B30M20 EMULSION					
	BEBAN (%)	POWER [kW]	TORSI [Nm]	SFOC [g/kWh]	BEBAN (%)	POWER [kW]	TORSI [Nm]	SFOC [g/kWh]	BEBAN (%)	POWER [kW]	TORSI [Nm]	SFOC [g/kWh]	BEBAN (%)	POWER [kW]	TORSI [Nm]	SFOC [g/kWh]	BEBAN (%)	POWER [kW]	TORSI [Nm]	SFOC [g/kWh]				
1700	10	3.16	0.583	3.27	2220.857	10	3.04	0.562	3.15	2302.677	10	2.79	0.517	2.90	2498.837	10	2.78	0.515	2.89	2509.748				
	20	6.33	1.147	6.43	1128.287	20	6.09	1.105	6.19	1170.594	20	5.59	1.015	5.69	1272.812	20	5.56	1.010	5.67	1278.270				
	25	7.91	1.429	8.01	905.486	25	7.61	1.376	7.71	939.679	25	6.99	1.264	7.09	1022.077	25	6.95	1.258	7.06	1026.443				
	30	9.49	1.711	9.59	756.166	30	9.13	1.646	9.24	784.855	30	8.38	1.512	8.49	853.870	30	8.34	1.505	8.45	857.610				
	40	12.65	2.273	12.75	568.672	40	12.18	2.188	12.28	590.280	40	11.18	2.009	11.28	642.420	40	11.13	2.000	11.23	645.206				
	50	15.82	2.835	15.92	455.683	50	15.22	2.728	15.32	473.045	50	13.97	2.505	14.07	514.909	50	13.91	2.493	14.01	517.166				
	60	18.98	3.396	19.08	380.152	60	18.27	3.268	18.37	394.662	60	16.76	3.000	16.87	429.633	60	16.69	2.986	16.79	431.529				
	70	22.14	3.957	22.24	326.099	70	21.31	3.808	21.41	338.546	70	19.56	3.495	19.66	368.590	70	19.47	3.479	19.57	370.206				
	75	23.72	4.237	23.82	304.448	75	22.83	4.077	22.93	316.082	75	20.96	3.742	21.06	344.142	75	20.86	3.725	20.96	345.646				
	80	25.31	4.516	25.40	285.493	80	24.36	4.346	24.45	296.414	80	22.35	3.989	22.45	322.735	80	22.25	3.971	22.35	324.157				
1800	90	28.47	5.075	28.56	253.889	90	27.40	4.884	27.50	263.598	90	25.15	4.483	25.25	287.027	90	25.03	4.463	25.13	288.285				
	100	31.63	5.631	31.63	229.114	100	30.44	5.420	30.44	238.079	100	27.94	4.974	27.94	259.333	100	27.81	4.952	27.81	260.488				
	10	3.11	0.611	3.23	2204.718	10	3.00	0.589	3.12	2285.892	10	2.75	0.542	2.87	2479.550	10	2.74	0.540	2.86	2490.500				
	20	6.23	1.198	6.35	1123.622	20	5.99	1.154	6.11	1165.908	20	5.50	1.060	5.62	1267.881	20	5.47	1.055	5.60	1273.415				
	25	7.78	1.491	7.90	902.436	25	7.49	1.436	7.61	936.489	25	6.87	1.319	6.99	1018.852	25	6.84	1.313	6.96	1023.288				
	30	9.34	1.785	9.46	753.929	30	8.99	1.718	9.11	782.598	30	8.24	1.577	8.37	851.690	30	8.21	1.570	8.33	855.392				
	40	12.45	2.370	12.57	567.282	40	11.98	2.281	12.10	588.918	40	10.99	2.094	11.11	641.151	40	10.94	2.084	11.06	643.990				
	50	15.56	2.956	15.68	454.711	50	14.98	2.844	15.10	472.116	50	13.74	2.610	13.86	514.072	50	13.68	2.598	13.80	516.374				
	60	18.68	3.540	18.79	379.440	60	17.97	3.407	18.09	393.955	60	16.49	3.126	16.61	429.061	60	16.41	3.112	16.53	430.944				
	70	21.79	4.124	21.91	325.535	70	20.97	3.968	21.09	338.014	70	19.23	3.641	19.35	368.176	70	19.15	3.624	19.27	369.788				
1900	75	23.35	4.416	23.46	303.938	75	22.47	4.249	22.58	315.600	75	20.61	3.898	20.73	343.776	75	20.51	3.881	20.63	345.296				
	80	24.90	4.707	25.02	285.040	80	23.96	4.529	24.08	295.973	80	21.98	4.155	22.10	322.409	80	21.88	4.137	22.00	323.833				
	90	28.02	5.290	28.13	253.506	90	26.96	5.090	27.07	263.242	90	24.73	4.670	24.85	286.762	90	24.62	4.649	24.74	288.037				
	100	31.13	5.868	31.13	228.916	100	29.96	5.646	29.96	237.918	100	27.48	5.179	27.48	259.318	100	27.35	5.156	27.35	260.484				
	10	3.06	0.638	3.20	2188.933	10	2.94	0.615	3.09	2268.682	10	2.70	0.566	2.85	2460.997	10	2.69	0.564	2.83	2471.243				
	20	6.12	1.246	6.26	1119.634	20	5.88	1.200	6.03	1161.724	20	5.39	1.102	5.54	1263.481	20	5.37	1.097	5.52	1268.910				
	25	7.65	1.550	7.79	899.846	25	7.36	1.492	7.50	933.888	25	6.74	1.370	6.89	1016.306	25	6.71	1.364	6.86	1020.553				
	30	9.17	1.854	9.32	752.188	30	8.83	1.784	8.97	780.765	30	8.09	1.638	8.24	849.914	30	8.06	1.631	8.20	853.606				
	40	12.23	2.461	12.37	566.328	40	11.77	2.368	11.91	587.959	40	10.79	2.173	10.93	640.322	40	10.74	2.163	10.89	643.118				
	50	15.29	3.067	15.43	454.119	50	14.71	2.951	14.85	471.519	50	13.49	2.708	13.63	513.653	50	13.43	2.696	13.57	515.903				
60	18.35	3.673	18.49	379.022	60	17.65	3.534	17.79	393.575	60	16.18	3.242	16.33	428.823	60	16.11	3.227	16.25	430.706					
70	21.41	4.279	21.54	325.237	70	20.59	4.117	20.73	337.745	70	18.88	3.775	19.02	368.041	70	18.80	3.759	18.94	369.659					
75	22.94	4.581	23.07	303.690	75	22.07	4.407	22.20	315.376	75	20.23	4.042	20.37	343.692	75	20.14	4.024	20.28	345.188					
80	24.46	4.883	24.60	284.821	80	23.54	4.698	23.67	295.786	80	21.58	4.309	21.72	322.350	80	21.48	4.290	21.62	323.770					
90	27.52	5.487	27.66	253.339	90	26.48	5.279	26.62	263.101	90	24.27	4.841	24.41	286.752	90	24.17	4.820	24.31	288.015					
100	30.58	6.084	30.58	228.946	100	29.42	5.854	29.42	238.013	100	26.97	5.366	26.97	259.566	100	26.85	5.342	26.85	260.718					

Tabel Perbandingan Performa Variasi Bahan Bakar pada 2000 RPM – 2200 RPM

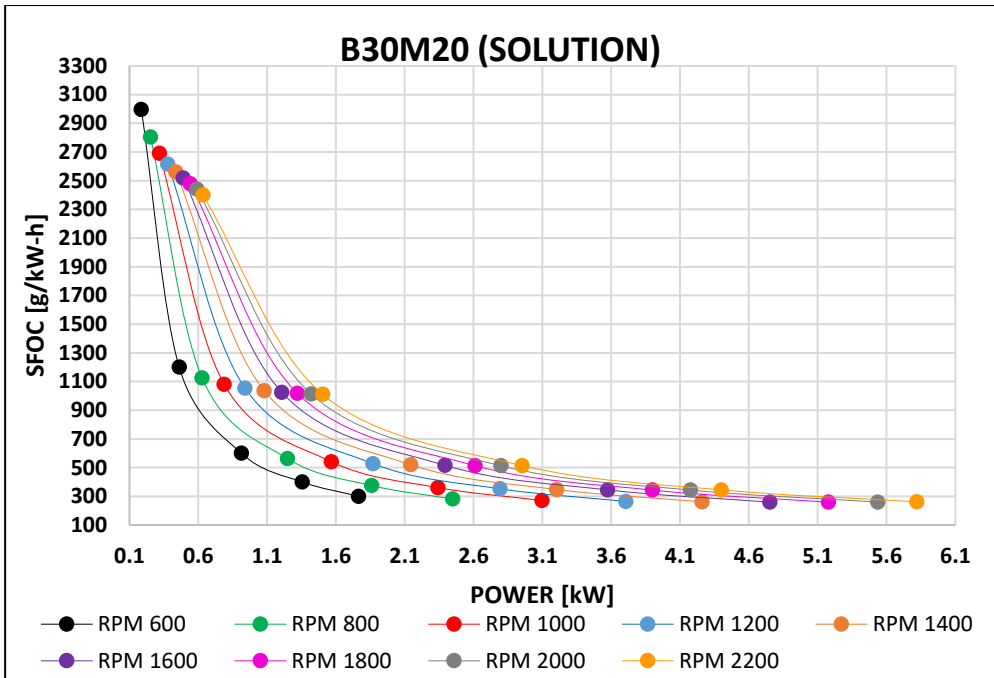
RPM	HSD							B30							B30M20 SOLUTION							B30M20 EMULSION						
	BEBAN (%) (Nm)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%) (Nm)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%) (Nm)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%) (Nm)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%) (Nm)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)	BEBAN (%) (Nm)	POWER (kW)	TORSI (Nm)	SFOC (g/kWh)				
2000	10	3.00	0.663	3.17	2172.376	10	2.89	0.640	3.06	2250.646	10	2.64	0.590	2.82	2440.758	10	2.63	0.587	2.80	2450.993	10	2.63	0.587	2.80	2450.993			
	20	6.00	1.291	6.17	1115.915	20	5.77	1.243	5.94	1157.477	20	5.29	1.142	5.46	1259.088	20	5.26	1.137	5.43	1264.818	20	5.26	1.137	5.43	1264.818			
	25	7.50	1.605	7.66	897.587	25	7.21	1.545	7.38	931.304	25	6.61	1.419	6.78	1013.701	25	6.58	1.412	6.75	1018.314	25	6.58	1.412	6.75	1018.314			
	30	9.00	1.918	9.16	750.711	30	8.66	1.846	8.82	779.160	30	7.93	1.695	8.10	848.362	30	7.90	1.687	8.07	852.222	30	7.90	1.687	8.07	852.222			
	40	12.00	2.545	12.16	565.606	40	11.54	2.449	11.71	587.177	40	10.58	2.247	10.75	639.689	40	10.53	2.237	10.70	642.600	40	10.53	2.237	10.70	642.600			
	50	15.00	3.171	15.16	453.758	50	14.43	3.051	14.59	471.099	50	13.22	2.798	13.39	513.406	50	13.16	2.786	13.33	515.742	50	13.16	2.786	13.33	515.742			
	60	18.00	3.796	18.16	378.822	60	17.31	3.653	17.48	393.340	60	15.86	3.349	16.03	428.763	60	15.79	3.334	15.96	430.741	60	15.79	3.334	15.96	430.741			
	70	21.00	4.421	21.16	325.128	70	20.20	4.254	20.36	337.614	70	18.51	3.900	18.67	368.079	70	18.42	3.882	18.59	369.773	70	18.42	3.882	18.59	369.773			
	75	22.50	4.734	22.66	303.612	75	21.64	4.554	21.81	315.295	75	19.83	4.175	20.00	343.753	75	19.74	4.156	19.90	345.334	75	19.74	4.156	19.90	345.334			
	80	24.00	5.046	24.16	284.766	80	23.09	4.855	23.25	295.732	80	21.15	4.450	21.32	322.443	80	21.05	4.430	21.22	323.925	80	21.05	4.430	21.22	323.925			
90	27.00	5.670	27.16	253.328	90	25.97	5.455	26.13	263.083	90	23.80	5.000	23.96	286.875	90	23.69	4.977	23.85	288.204	90	23.69	4.977	23.85	288.204				
100	30.00	6.283	30.00	229.151	100	28.86	6.044	28.86	238.243	100	26.44	5.537	26.44	259.984	100	26.32	5.512	26.32	261.175	100	26.32	5.512	26.32	261.175				
2100	10	2.94	0.688	3.13	2157.091	10	2.82	0.663	3.02	2234.249	10	2.59	0.612	2.79	2421.534	10	2.57	0.609	2.77	2431.794	10	2.57	0.609	2.77	2431.794			
	20	5.87	1.332	6.06	1112.960	20	5.65	1.283	5.84	1154.541	20	5.17	1.179	5.37	1255.789	20	5.15	1.174	5.35	1261.318	20	5.15	1.174	5.35	1261.318			
	25	7.34	1.655	7.53	896.086	25	7.06	1.593	7.25	929.862	25	6.47	1.463	6.66	1012.159	25	6.43	1.456	6.63	1016.655	25	6.43	1.456	6.63	1016.655			
	30	8.81	1.977	9.00	749.950	30	8.47	1.903	8.67	778.384	30	7.76	1.746	7.96	847.700	30	7.72	1.738	7.92	851.489	30	7.72	1.738	7.92	851.489			
	40	11.74	2.620	11.93	565.502	40	11.30	2.522	11.49	587.102	40	10.34	2.313	10.54	639.790	40	10.30	2.302	10.49	642.671	40	10.30	2.302	10.49	642.671			
	50	14.68	3.263	14.87	453.873	50	14.12	3.140	14.31	471.287	50	12.93	2.879	13.13	513.740	50	12.87	2.866	13.07	516.103	50	12.87	2.866	13.07	516.103			
	60	17.62	3.906	17.80	379.050	60	16.94	3.758	17.13	393.636	60	15.52	3.445	15.71	429.210	60	15.44	3.429	15.64	431.212	60	15.44	3.429	15.64	431.212			
	70	20.55	4.548	20.74	325.405	70	19.77	4.376	19.96	337.954	70	18.10	4.011	18.30	368.567	70	18.02	3.992	18.21	370.283	70	18.02	3.992	18.21	370.283			
	75	22.02	4.869	22.21	303.900	75	21.18	4.685	21.37	315.630	75	19.40	4.293	19.59	344.247	75	19.30	4.273	19.50	345.850	75	19.30	4.273	19.50	345.850			
	80	23.49	5.190	23.67	285.062	80	22.59	4.993	22.78	296.073	80	20.69	4.576	20.88	322.939	80	20.59	4.554	20.78	324.441	80	20.59	4.554	20.78	324.441			
90	26.42	5.831	26.61	253.619	90	25.42	5.610	25.60	263.427	90	23.27	5.141	23.47	287.363	90	23.17	5.116	23.36	288.699	90	23.17	5.116	23.36	288.699				
100	29.36	6.457	29.36	229.662	100	28.24	6.210	28.24	238.819	100	25.86	5.687	25.86	260.750	100	25.74	5.660	25.74	261.970	100	25.74	5.660	25.74	261.970				
2200	10	2.87	0.712	3.09	2137.837	10	2.76	0.687	2.98	2215.308	10	2.53	0.633	2.75	2400.045	10	2.51	0.631	2.74	2409.452	10	2.51	0.631	2.74	2409.452			
	20	5.74	1.371	5.96	1108.880	20	5.52	1.321	5.74	1151.115	20	5.05	1.214	5.28	1251.884	20	5.03	1.209	5.26	1257.541	20	5.03	1.209	5.26	1257.541			
	25	7.18	1.701	7.40	893.787	25	6.90	1.638	7.12	928.046	25	6.32	1.504	6.54	1010.316	25	6.29	1.498	6.51	1014.775	25	6.29	1.498	6.51	1014.775			
	30	8.61	2.031	8.83	748.497	30	8.28	1.955	8.50	777.489	30	7.58	1.794	7.81	846.896	30	7.54	1.786	7.77	850.684	30	7.54	1.786	7.77	850.684			
	40	11.48	2.690	11.70	564.953	40	11.04	2.589	11.26	587.023	40	10.11	2.374	10.33	639.828	40	10.06	2.363	10.28	642.799	40	10.06	2.363	10.28	642.799			
	50	14.35	3.348	14.57	453.667	50	13.80	3.222	14.02	471.480	50	12.63	2.953	12.86	514.164	50	12.57	2.940	12.80	516.524	50	12.57	2.940	12.80	516.524			
	60	17.22	4.007	17.44	379.009	60	16.56	3.855	16.78	393.941	60	15.16	3.532	15.38	429.758	60	15.09	3.516	15.31	431.716	60	15.09	3.516	15.31	431.716			
	70	20.09	4.664	20.31	325.467	70	19.32	4.487	19.54	338.322	70	17.68	4.111	17.91	369.136	70	17.60	4.092	17.83	370.850	70	17.60	4.092	17.83	370.850			
	75	21.53	4.993	21.74	303.995	75	20.70	4.804	20.92	315.998	75	18.95	4.400	19.17	344.825	75	18.86	4.380	19.08	346.411	75	18.86	4.380	19.08	346.411			
	80	22.96	5.321	23.18	285.168	80	22.08	5.119	22.30	296.451	80	20.21	4.690	20.43	323.518	80	20.12	4.668	20.34	325.010	80	20.12	4.668	20.34	325.010			
90	25.84	5.978	26.05	253.759	90	24.85	5.751	25.06	263.814	90	22.74	5.268	22.96	287.923	90	22.63	5.243	22.85	289.268	90	22.63	5.243	22.85	289.268				
100	28.71	6.613	28.71	230.254	100	27.61	6.360	27.61	239.478	100	25.26	5.820	25.26	261.646	100	25.15	5.793	25.15	262.866	100	25.15	5.793	25.15	262.866				



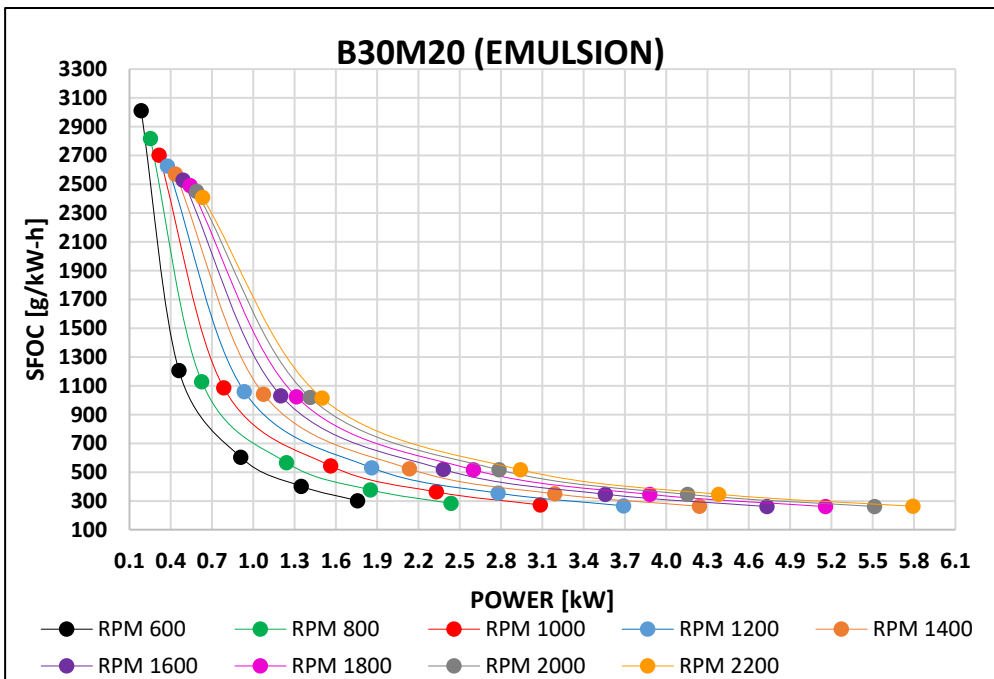
Grafik Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD



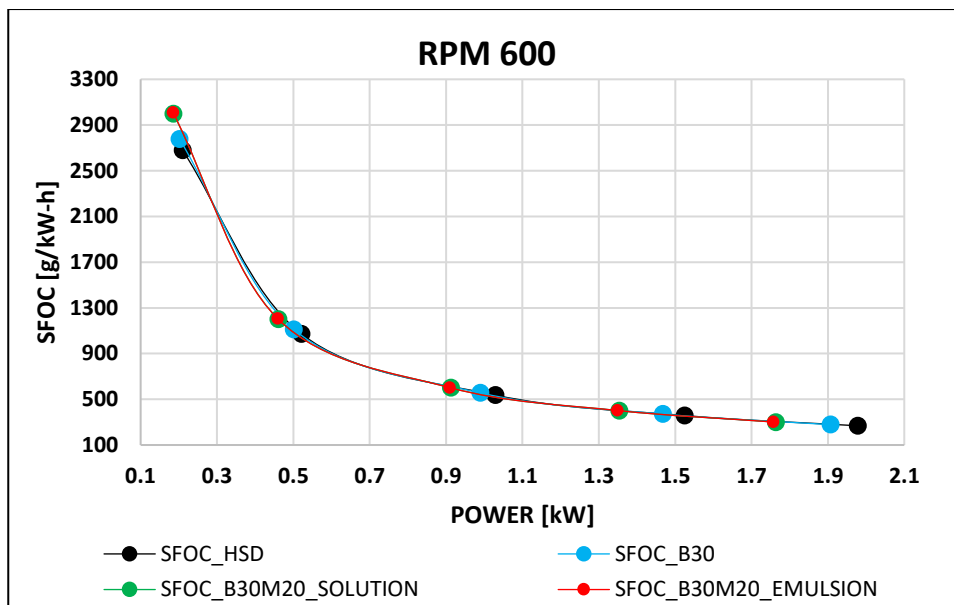
Grafik Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30



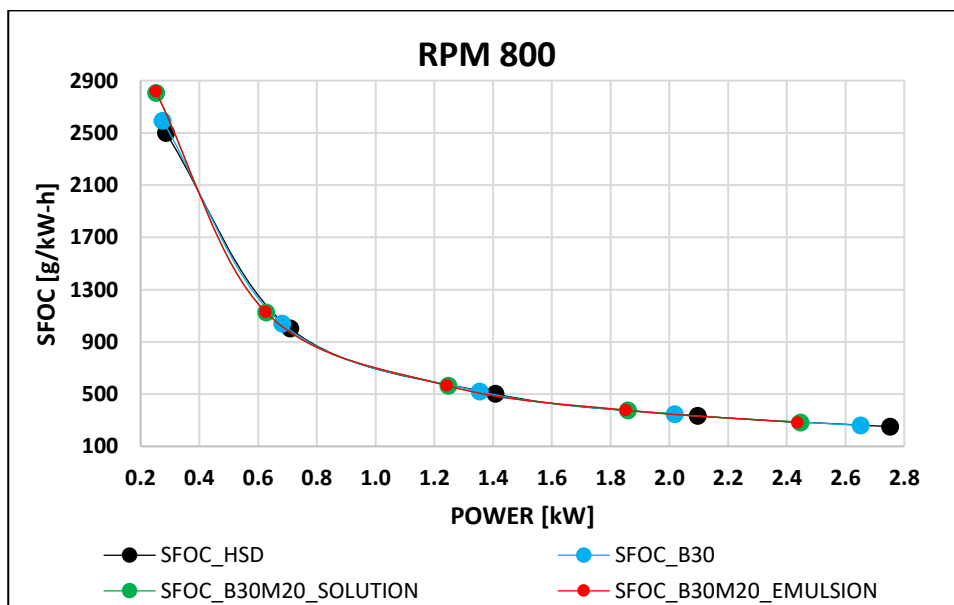
Grafik Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20 Larutan



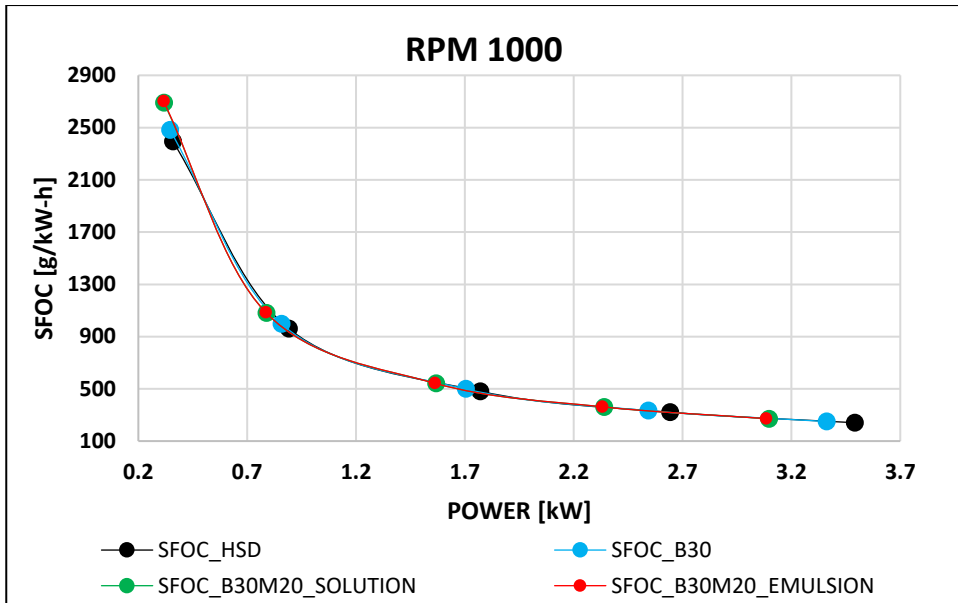
Grafik Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar B30M20 Emulsi



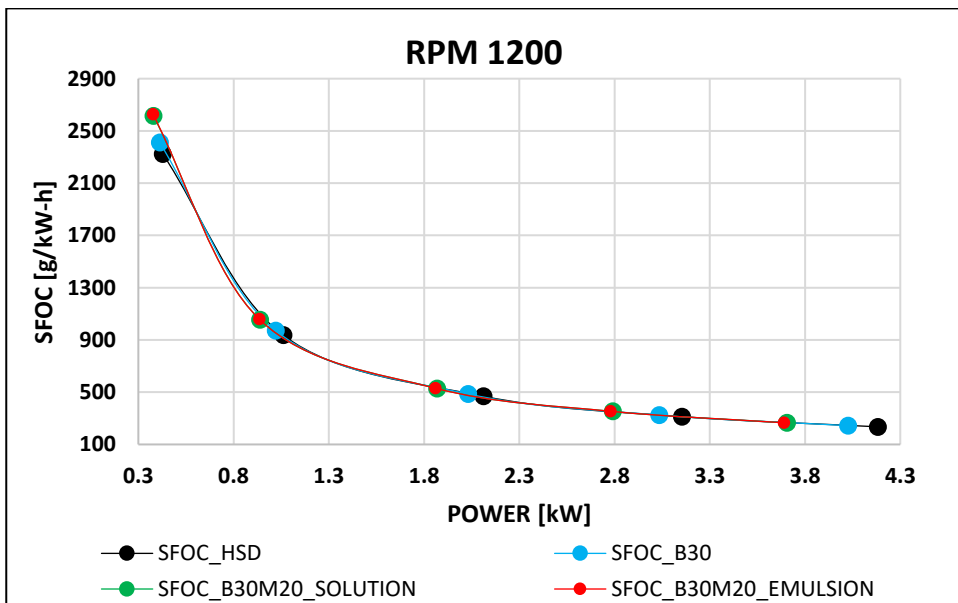
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 600 RPM.



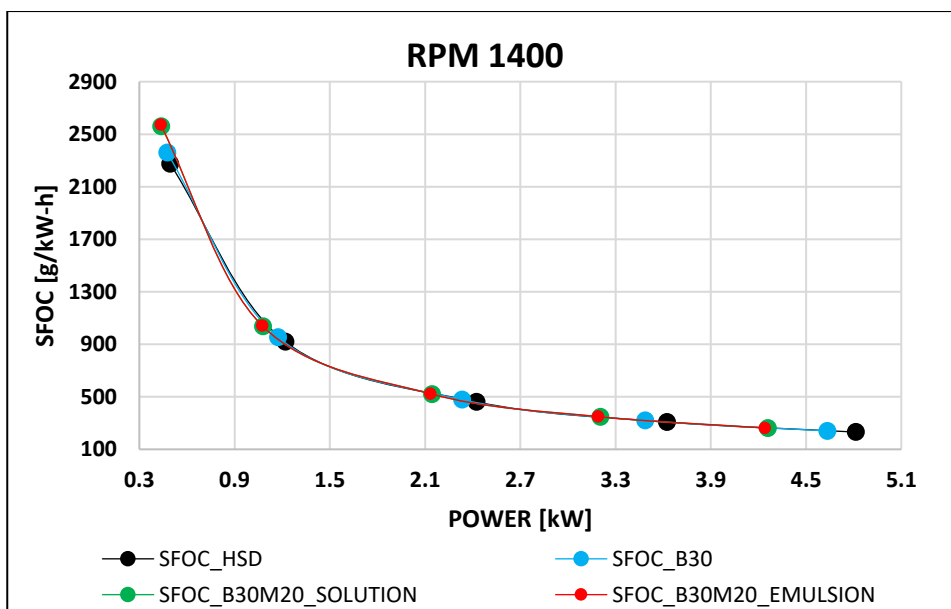
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 800 RPM.



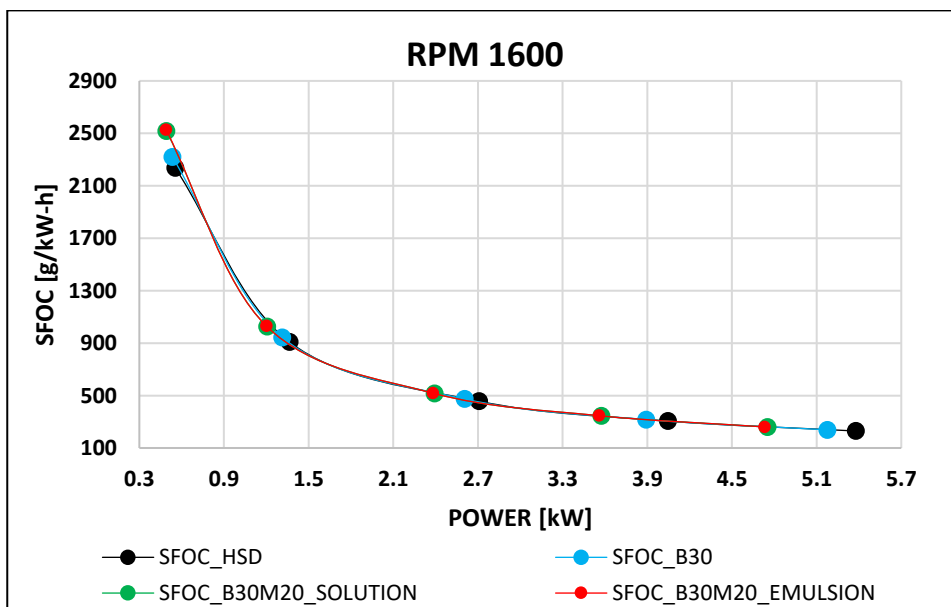
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 1000 RPM.



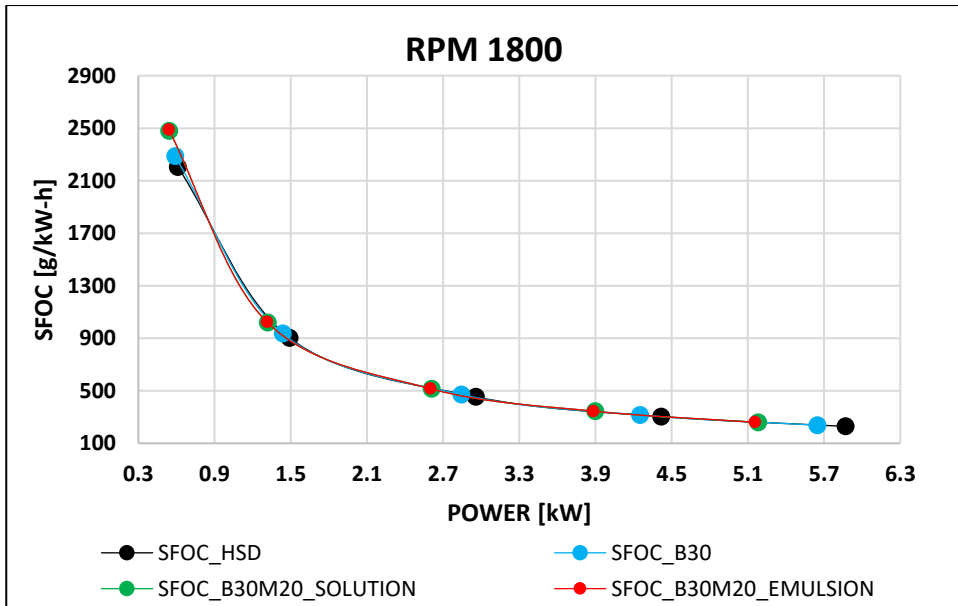
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 1200 RPM.



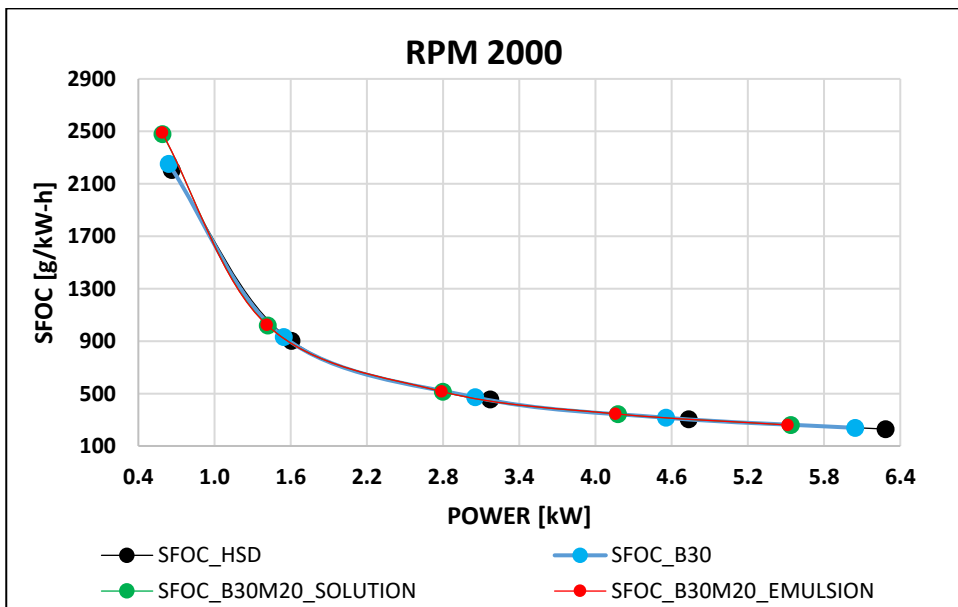
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 1400 RPM.



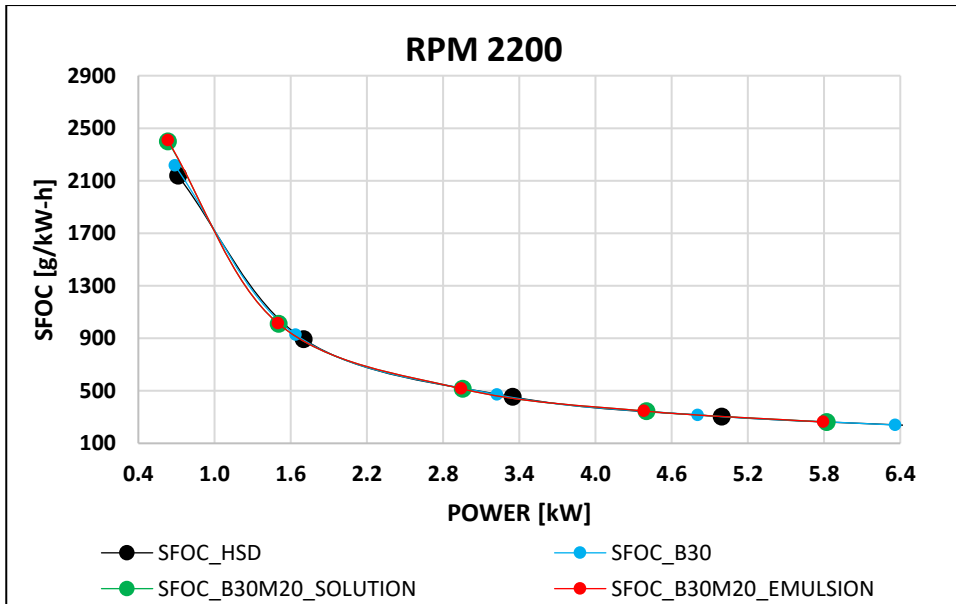
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 1600 RPM.



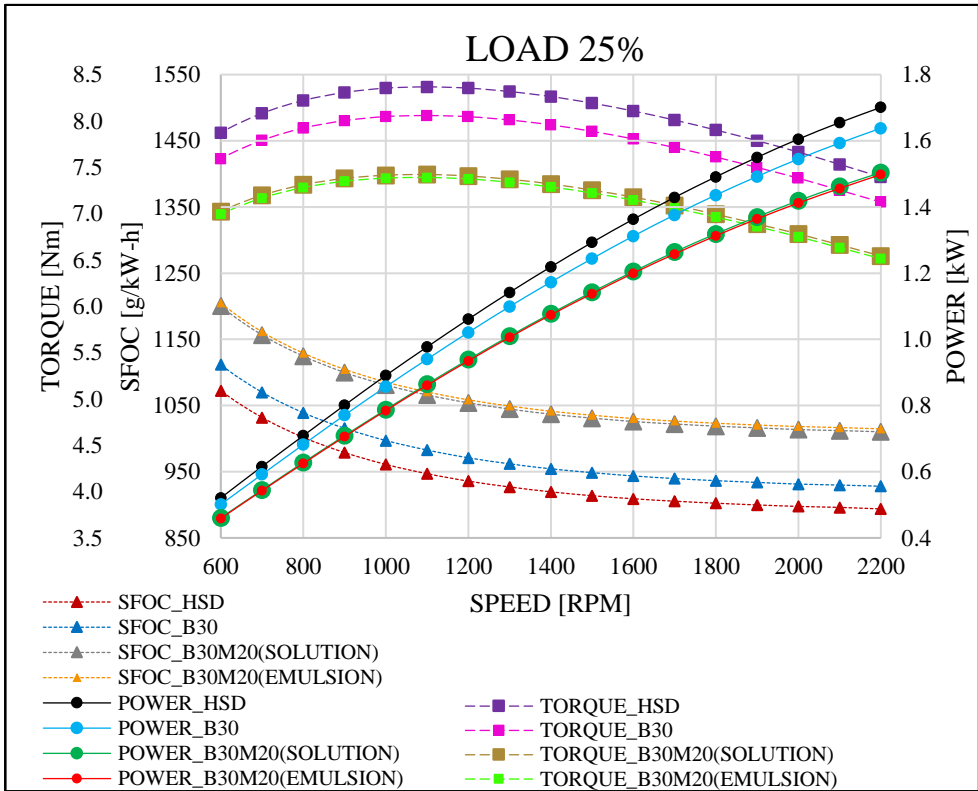
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 1800 RPM.



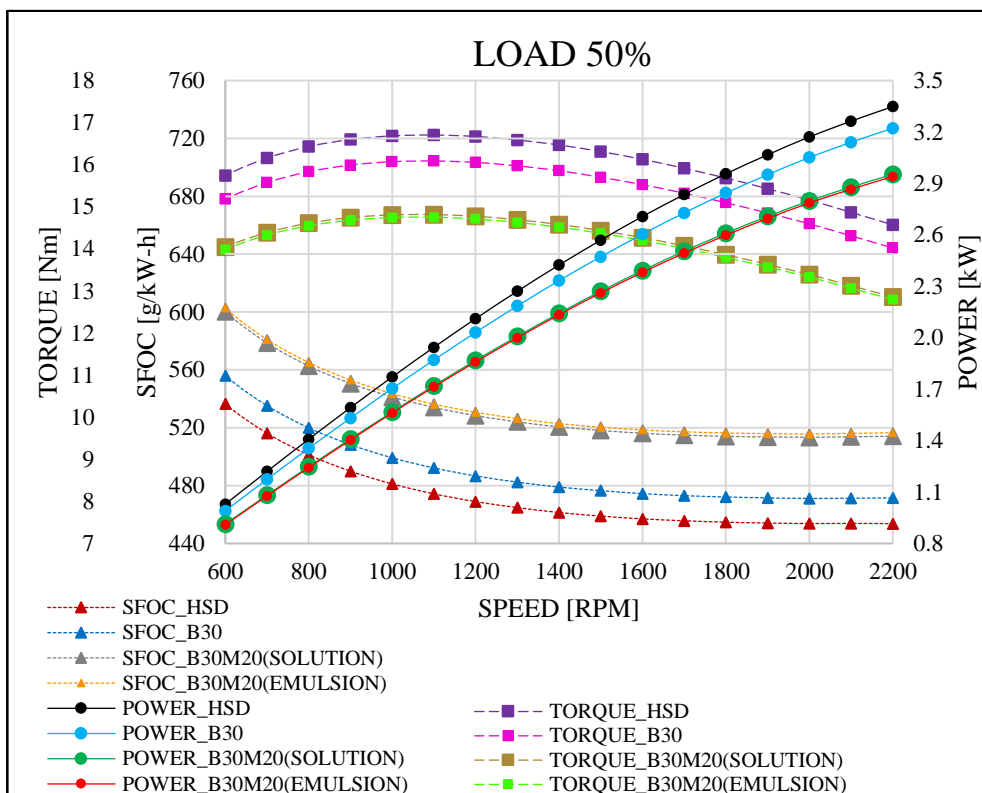
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 2000 RPM.



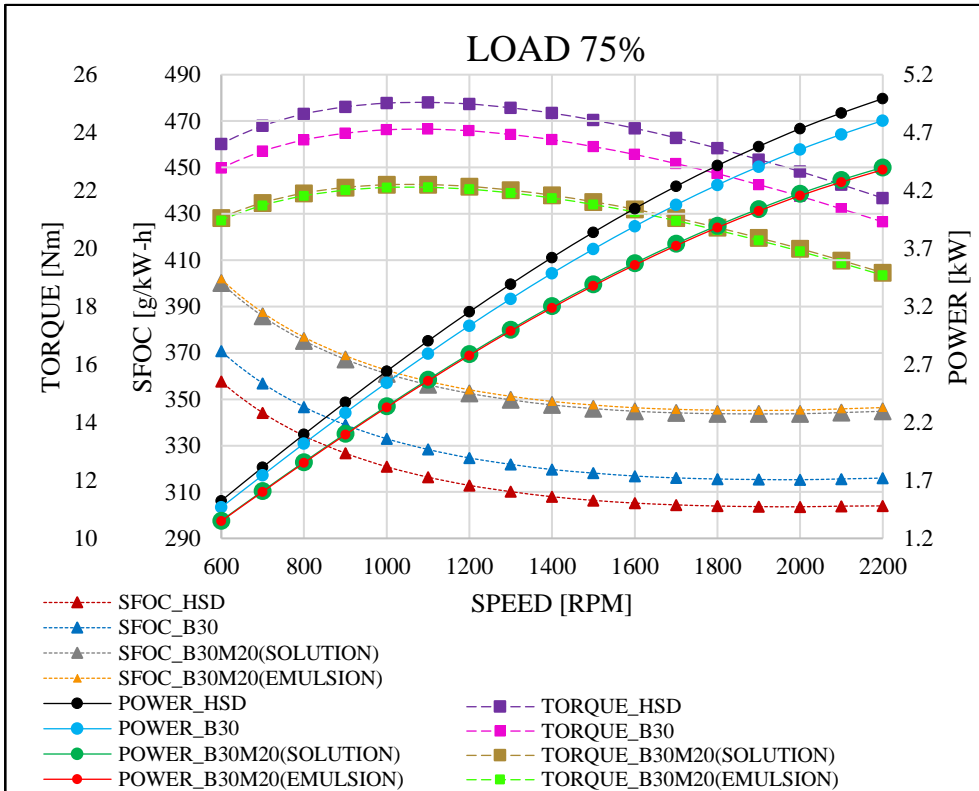
Grafik Perbandingan Performa SFOC terhadap Daya Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan B30M20 Solution pada Kecepatan 2200 RPM.



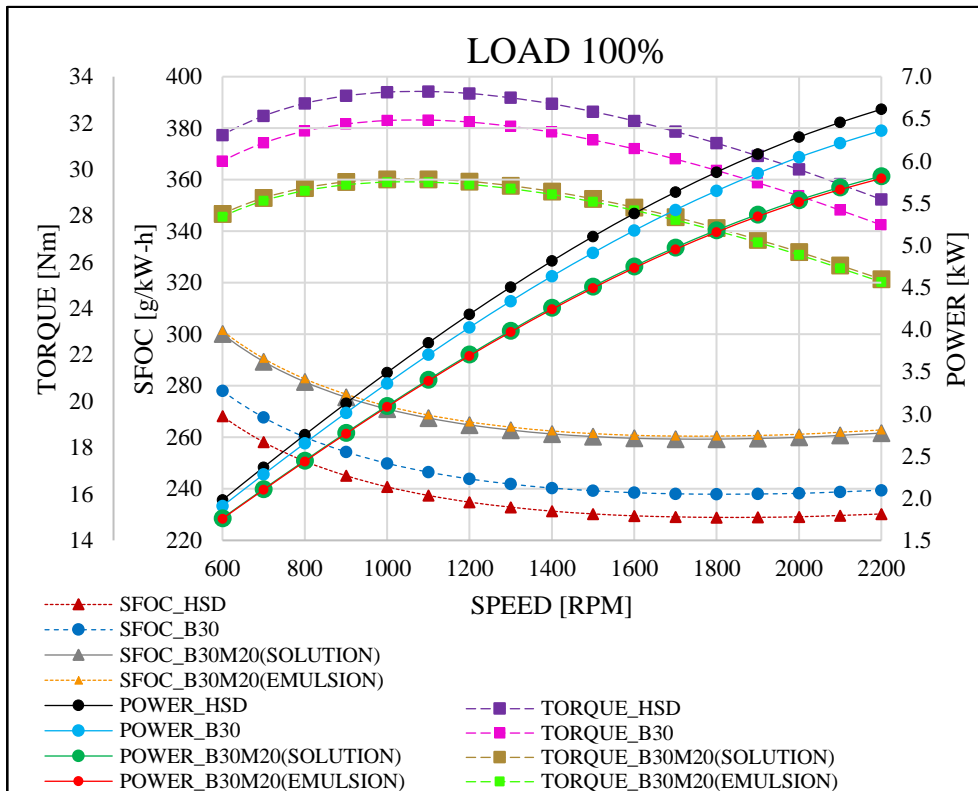
Grafik Perbandingan Power, Torque dan SFOC Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan Solution pada Kondisi 25% Load terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Grafik Perbandingan Power, Torque dan SFOC Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan Solution pada Kondisi 50% Load terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Grafik Perbandingan Power, Torque dan SFOC Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan Solution pada Kondisi 75% Load terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Grafik Perbandingan Power, Torque dan SFOC Bahan Bakar HSD, B30, B30M20 Emulsion dan Solution pada Kondisi 100% Load terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Lampiran E : Emisi NOx pada Variasi Pembebanan

Data dan Grafik Perbandingan Emisi NOx antar bahan bakar HSD, B30, B30M20 Emulsi dan larutan pada kecepatan 100 RPM hingga 2200 RPM.

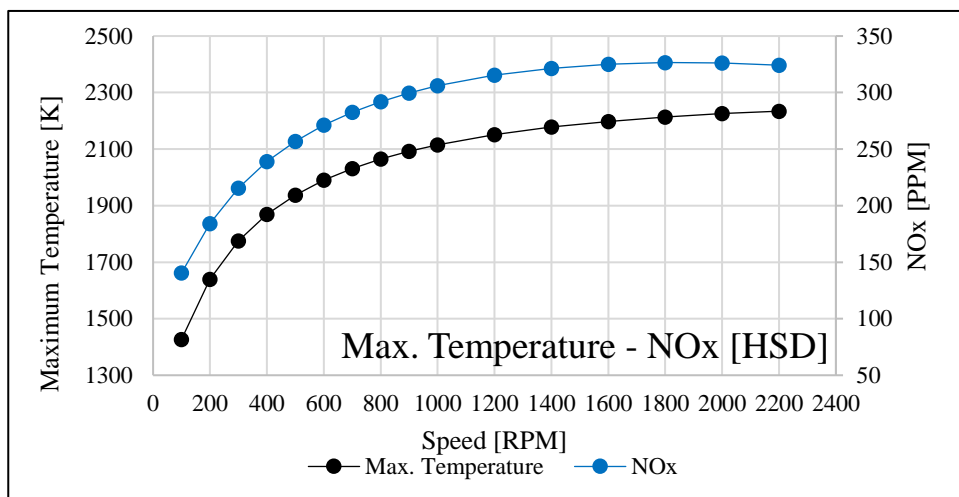
Tabel perbandingan emisi NOx antar variasi bahan bakar dalam PPM

HSD																
RPM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Pressure	68.058	73.393	75.417	76.222	76.448	76.336	76.060	75.641	75.114	74.528	73.167	71.594	69.859	67.935	65.864	63.669
Torque	15.070	21.877	25.908	28.530	30.295	31.520	32.349	32.899	33.233	33.393	33.341	32.898	32.164	31.210	30.072	28.781
Temperature	1427.169	1639.977	1775.380	1869.004	1937.562	1990.188	2031.532	2064.995	2092.477	2115.361	2151.364	2177.940	2198.093	2213.555	2225.378	2234.145
NOx	140.482	184.235	215.608	238.974	256.794	271.151	282.637	292.068	299.673	305.949	315.410	321.351	324.923	326.572	326.217	324.158

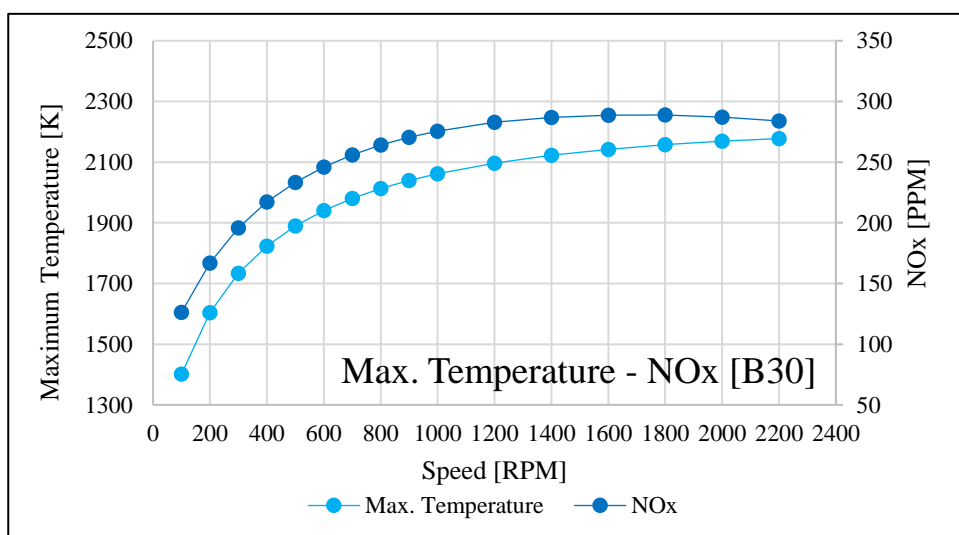
B30																
RPM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Pressure	67.264	72.337	74.233	74.962	75.141	75.030	74.713	74.298	73.763	73.181	71.833	70.289	68.599	66.736	64.659	62.525
Torque	14.583	21.148	25.012	27.514	29.197	30.347	31.139	31.650	31.963	32.107	32.042	31.605	30.886	29.956	28.857	27.602
Temperature	1401.478	1604.071	1733.667	1823.518	1889.604	1940.218	1980.369	2012.703	2039.393	2061.600	2096.623	2122.543	2142.190	2157.300	2168.878	2177.457
NOx	126.284	166.765	195.752	217.117	233.354	246.013	256.058	264.092	270.455	275.472	282.759	286.873	288.748	288.862	287.083	284.061

B30M20 SOLUTION																
RPM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Pressure	65.658	70.186	71.823	72.405	72.484	72.324	71.992	71.559	71.048	70.463	69.141	67.650	65.998	64.224	62.230	60.155
Torque	13.636	19.732	23.273	25.541	27.055	28.077	28.767	29.209	29.463	29.578	29.482	29.048	28.364	27.475	26.440	25.264
Temperature	1364.366	1547.587	1664.789	1745.809	1805.462	1851.116	1887.375	1916.706	1940.819	1961.119	1993.066	2016.784	2034.830	2048.656	2059.334	2067.241
NOx	120.082	155.767	180.282	197.743	210.720	220.543	228.126	233.913	238.427	241.796	246.103	248.032	248.133	246.884	244.086	240.200

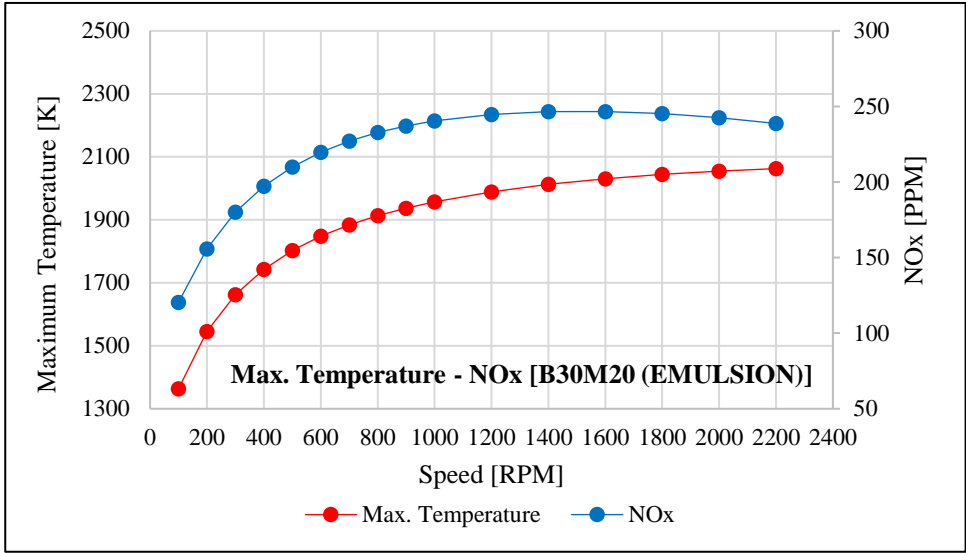
B30M20 EMULSION																
RPM	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Pressure	65.583	70.086	71.709	72.290	72.362	72.194	71.867	71.433	70.928	70.327	69.046	67.529	65.882	64.091	62.120	60.049
Torque	13.583	19.655	23.181	25.436	26.944	27.962	28.646	29.085	29.335	29.453	29.345	28.920	28.237	27.354	26.319	25.147
Temperature	1363.619	1545.912	1662.530	1743.068	1802.420	1847.850	1883.888	1913.035	1937.017	1957.228	1988.928	2012.556	2030.506	2044.271	2054.888	2062.708
NOx	120.460	155.823	180.031	197.259	209.963	219.615	227.016	232.784	237.121	240.496	244.785	246.496	246.605	245.266	242.572	238.764



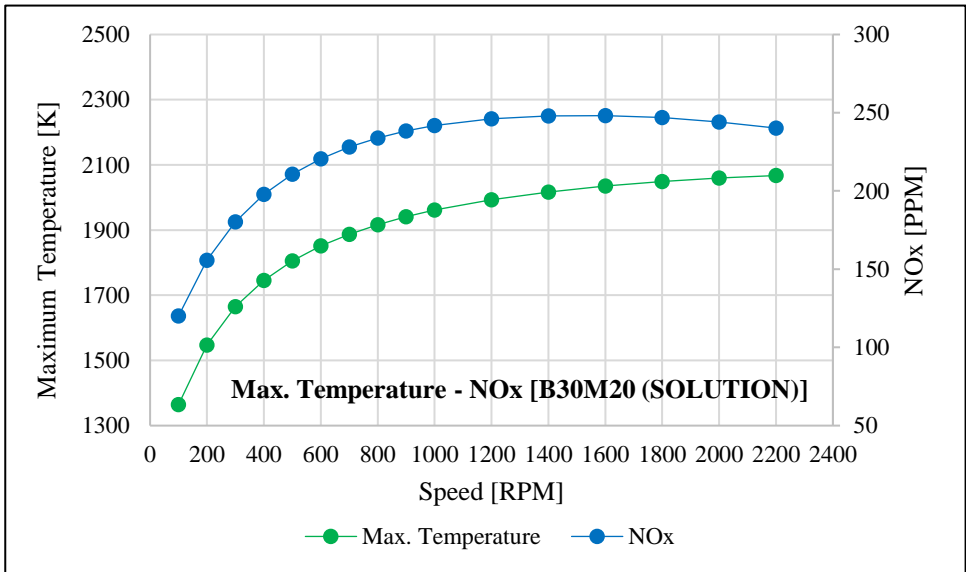
Gambar Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



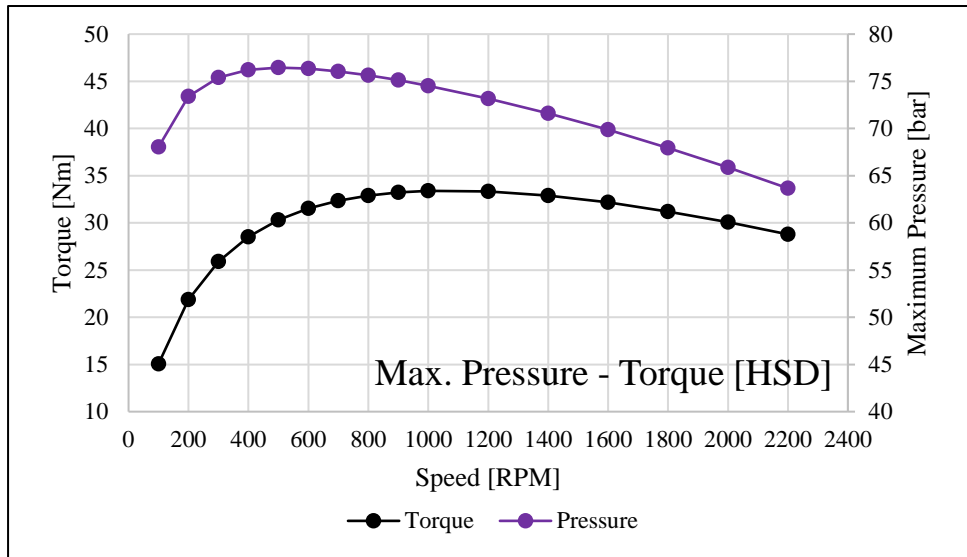
Gambar Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



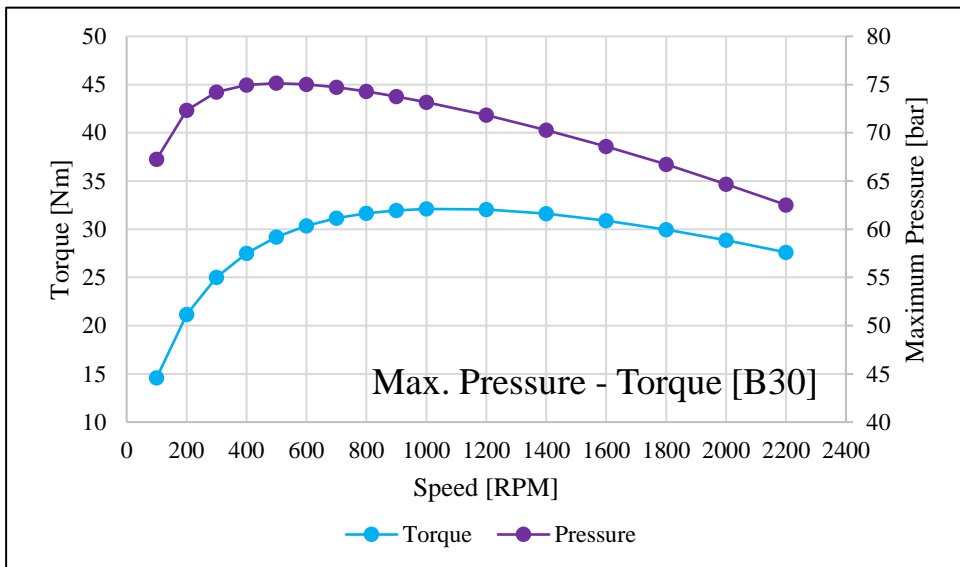
Gambar Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



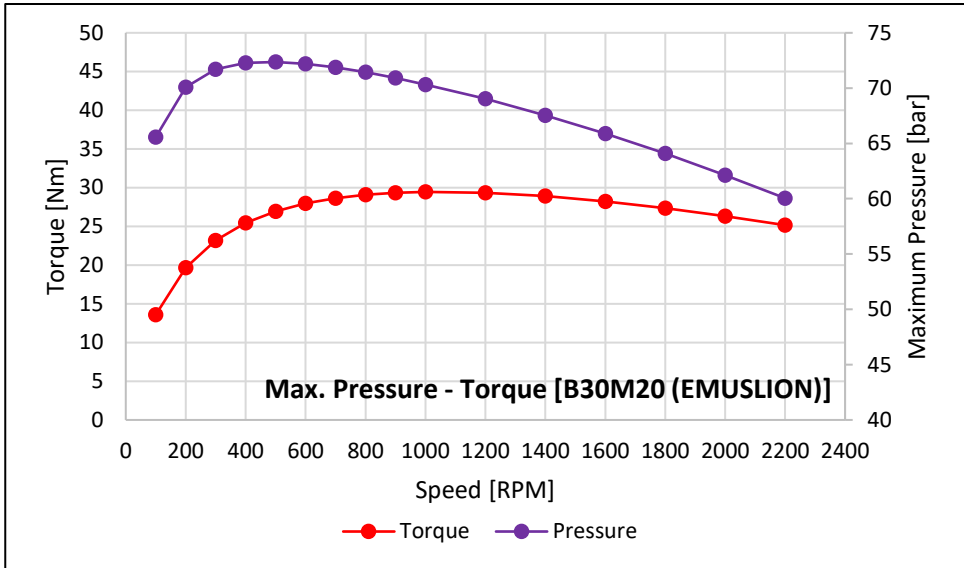
Gambar Perbandingan *Maximum Temperature* dan NOx (PPM) Bahan Bakar B30M20 *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



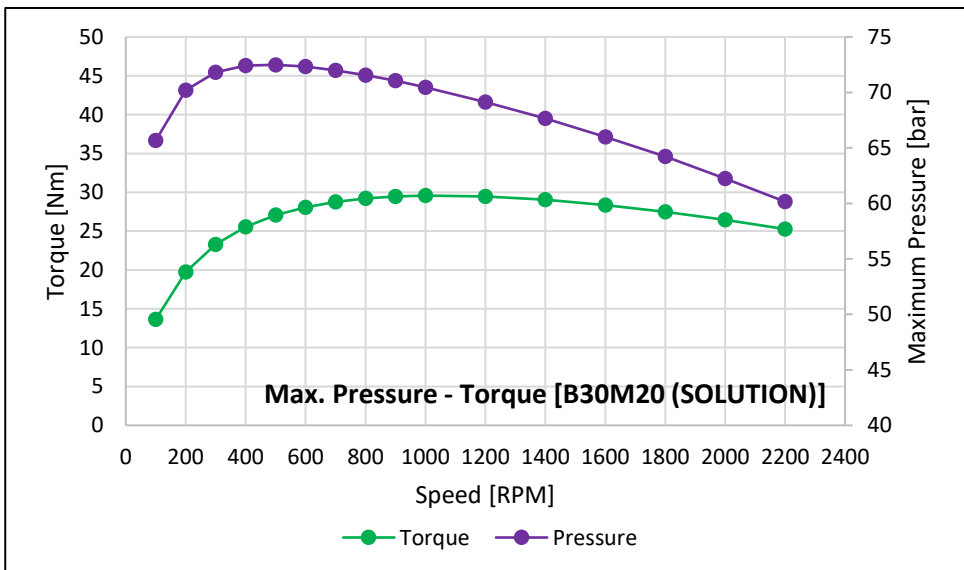
Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.



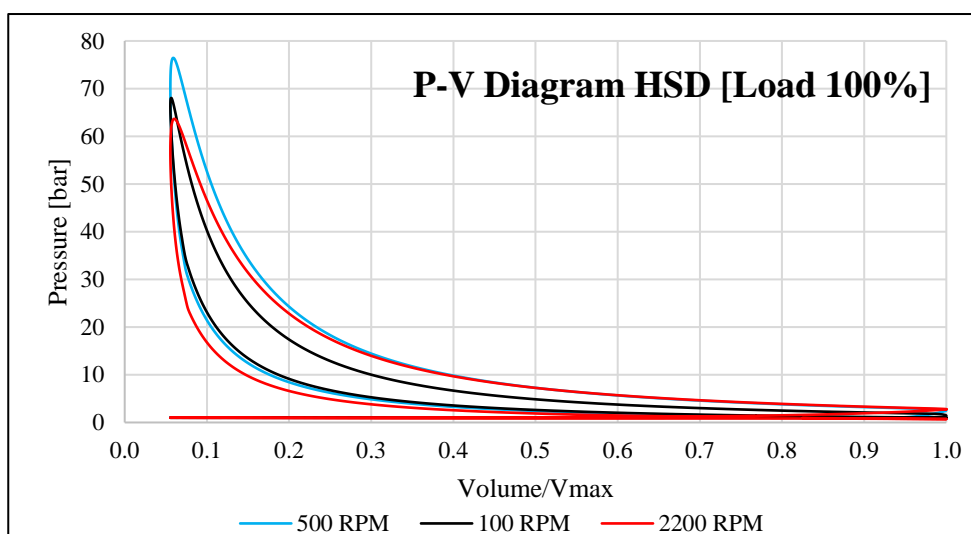
Perbandingan *Maximum Pressure* dan *Torque* Bahan Bakar B30M20 *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Variasi Kecepatan Putaran.

Lampiran F : Peak Pressure vz Torque

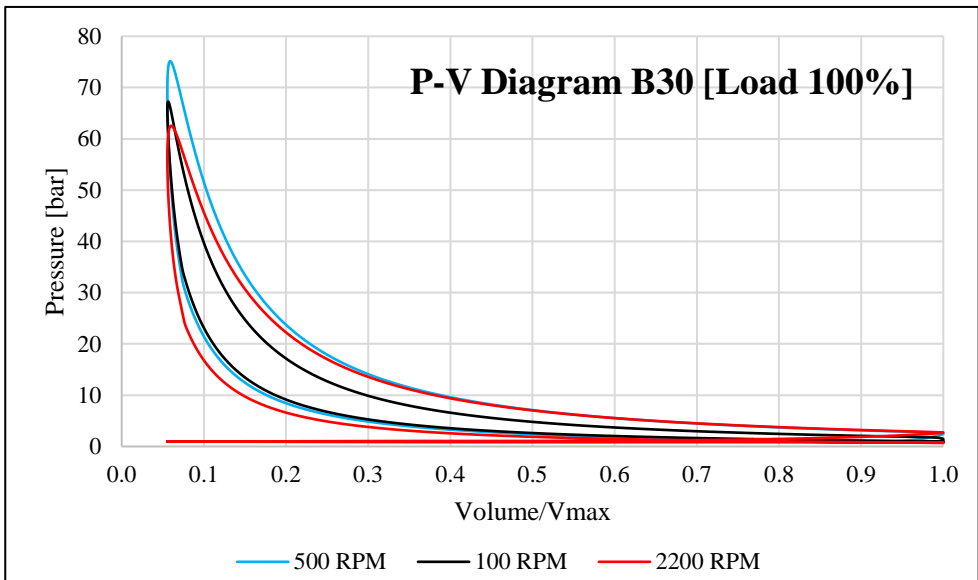
Data dan Diagram Perbandingan *peak pressure* dan *torsi* antar bahan bakar HSD, B30, B30M20 Emulsi dan larutan pada kecepatan 100 RPM, 500 RPM, dan 2200 RPM.

Tabel perbandingan emisi NOx antar variasi bahan bakar dalam PPM

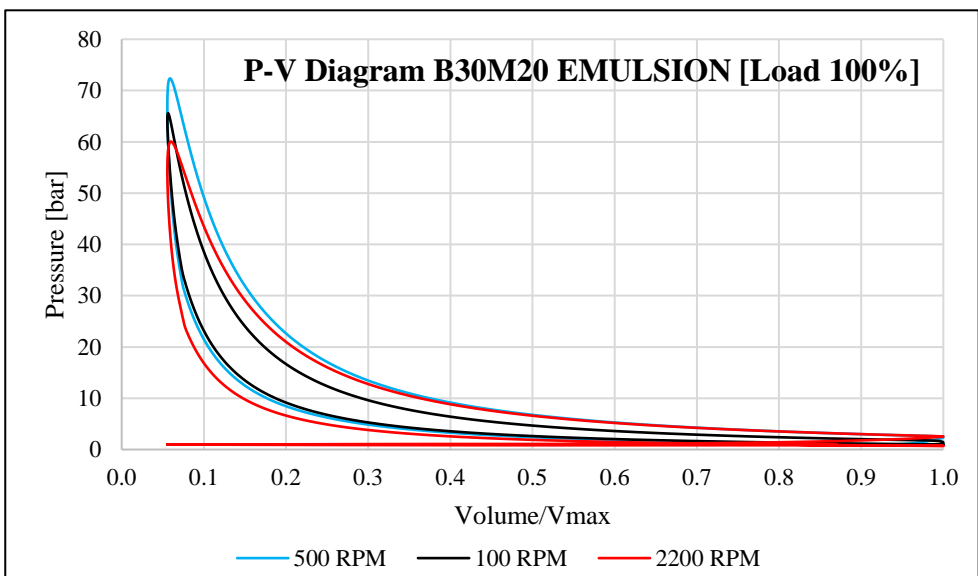
FUEL	HSD			B30			B30M20 EMULSION			B30M20 SOLUTION		
RPM	100	500	2200	100	500	2200	100	500	2200	100	500	2200
Volume	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087
Peak Pressure	68.058	76.448	63.669	67.264	75.141	62.525	65.583	72.362	60.049	65.658	72.484	60.155



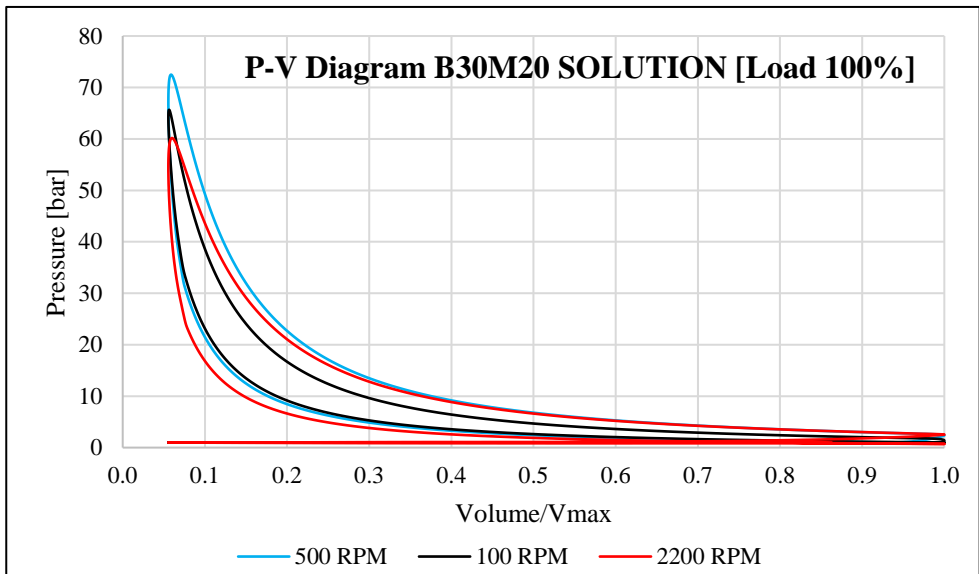
Gambar P-V Diagram Bahan Bakar HSD pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM



Gambar P-V Diagram Bahan Bakar B30 pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM



Gambar P-V Diagram Bahan Bakar B30M20 *Emulsion* pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM



Gambar P-V Diagram Bahan Bakar B30M20 *Solution* pada Kondisi *Full Load* terhadap Kecepatan Putaran 100, 500 dan 2200 RPM

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Evan Harley Anaktototy merupakan nama penulis dari tugas akhir ini. Penulis merupakan putra kedua dari empat bersaudara dan lahir dari Ayah Jeniel D. Anaktototy, S.Pd. dan Ibu Rosaline R. Noya, S.Pd. Penulis dilahirkan di Halong, Ambon, Provinsi Maluku, pada tanggal 20 Juli 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal, diantaranya; SD Inpres Wonreli, SMPN 1 P.P. Terselatan, dan SMAN. 1 P.P. Terselatan yang berlokasi di Kecamatan Pulau-pulau Terselatan, Kabupaten Maluku Barat Daya. Penulis kemudian melanjutkan studi ke jenjang Strata 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan - Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2016 melalui jalur Afirmasi. Penulis terdaftar dengan NRP. 04211640007001. Selama berada di bangku perkuliahan, penulis pernah aktif dalam organisasi Persekutuan Mahasiswa Kristen (PMK) sebagai staff dalam perayaan Natal dan Paskah ITS. Pada tahun keempat berkuliah, penulis terdaftar sebagai anggota di bidang *Marine Power Plant* (MPP) dan banyak menghabiskan waktu untuk mengerjakan tugas akhir yang berjudul **“Perbandingan Performa dan Emisi Nox pada Motor Diesel dengan Menggunakan Bahan Bakar B30 – Metanol Metode Emulsi dan Larutan Berbasis Simulasi “**. Penulis dapat dihubungi melalui evanharley20@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”