TUGAS AKHIR - ME184841

ANALISIS PENGARUH TEKANAN INJEKSI TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN PERFORMA MESIN DIESEL SATU SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR-METANOL

ANANDA RIZKY BUDI PRATAMA
NRP. 04211640000084

Dosen Pembimbing
Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M.Eng., Ph.D
Adhi Iswantoro, S.T., M.T

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

TUGAS AKHIR – ME184841

ANALISIS PENGARUH TEKANAN INJEKSI TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN PEFORMA MESIN DIESEL SATU SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR-METANOL

Ananda Rizky Budi Pratama
NRP. 04211640000084

Dosen Pembimbing I :

Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M.Eng., Ph.D.
NIP. 1956 0519 1986 10 1001
Dosen Pembimbing II :
Adhi Iswantoro, S.T., M.T
NIP. 1991201711050

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BACHELOR THESIS – ME184841

ANALYSIS THE EFFECT OF INJECTION PRESSURE ON EMISSION AND PERFORMANCE ON SINGLE CYLINDER DIESEL ENGINE WITH DIESEL FUEL-METHANOL BLEND

Ananda Rizky Budi Pratama
NRP. 04211640000084

Supervisor I:

Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M.Eng., Ph.D.
NIP. 1956 0519 1986 10 1001
Supervisor II :
Adhi Iswantoro, S.T., M.T
NIP. 1991201711050

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2020

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH TEKANAN INJEKSI TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN PERFORMA MESIN DIESEL SATU SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR-METANOL

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat 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 :

Ananda Rizky Budi Pratama
NRP. 04211640000084

Surabaya, Agustus 2020

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing I

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

Pembimbing II

2. Adhi Iswantoro, S.T., M.T ( )
   NIP. 1991201711050

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH TEKANAN INJEKSI TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN PERFORMA MESIN DIESEL SATU SILINDER DENGAN BAHAN BAKAR CAMPURAN SOLAR-METANOL

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 :

Ananda Rizky Budi Pratama
NRP. 04211640000084

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

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

SURABAYA
AGUSTUS 2020

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analisis Pengaruh Tekanan Injeksi Terhadap Emisi Gas Buang Dan Peforma Mesin Diesel Satu Silinder Dengan Bahan Bakar Campuran Solar-Metanol

Nama Mahasiswa	: Ananda Rizky Budi Pratama
NRP	: 04211640000084
Departemen	: Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing I	: Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M.Eng., Ph.D
Dosen Pembimbing II	: Adhi Iswantoro, S.T., M.T
Bidang Studi	: *Marine Power Plan* (MPP)

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar diesel masih menghasilkan emisi karbon dioksida (CO2), sulfur dioksida (SO2), Emisi Hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NOx), dan total partikel dan Karbon monoksida (CO) yang tinggi. Ditambah lagi kebutuhan terhadap transportasi kendaraan bermotor akan selalu meningkat setiap tahunnya. Gas buang emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran pada dasarnya dapat dikurangi dengan cara memperbaiki mutu bahan bakar, homogenitas campuran bahan bakar, dan mengatur saat pembakaran yang tepat. Terdapat beberapa cara untuk mengurangi emisi gas buang dari mesin diesel yaitu dengan memberikan tekanan injeksi yang tepat. Ini dilakukan untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna. Selain itu meningkatkan kualitas bahan bakar merupakan cara untuk mengurangi emisi gas buang. Salah satunya dengan menambahkan metanol pada solar. Dengan adanya tambahan metanol mampu mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan. Proses pencampuran solar dan metanol dibutuhkan penambahan surfaktan untuk mendapatkan hasil homogenitas yang baik. Pengujian dilakukan menggunakan simulasi *software* dengan pemodelan mesin YANMAR TF85-MH. Hasilnya dapat dilihat adanya pengurangan dan penambahan tekanan standar yaitu 200 bar, bahwa bahan bakar emulsi pada SFOC (*specific fuel oil consumption*) mengalami penurunan dan peningkatan sebesar 0.2% dan 0.3% pada tekanan 160 bar dan tekanan 240 bar. Bahan bakar *solution* pada SFOC mengalami penurunan dan peningkatan sebesar 0.3% dan 0.25% dihasilkan oleh tekanan 160 bar dan tekanan 240 bar. NOx tertinggi dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar dengan bahan bakar dexlite sedangkan NOx terendah dihasilkan oleh tekanan injeksi 160 bar dengan bahan bakar emulsi.

Kata Kunci : Emisi, Homogenitas, Injeksi, Metanol, Simulasi

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analysis The Effect Of Injection Pressure On Emission And Performance On Single Cylinder Diesel Engine With Diesel Fuel-Methanol Blend

Name : Ananda Rizky Budi Pratama
Registered Number : 04211640000084
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Academic Supervisor I : Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M.Eng., Ph.D
Academic Supervisor II : Adhi Iswantoro, S.T., M.T
Laboratory : *Marine Power Plan* (MPP)

ABSTRACT

The use of diesel fuels still produces carbon dioxide (CO2), sulfur dioxide (SO2), Hydrocarbon Emissions (HC), nitrogen oxides (NOx), and high total particles and Carbon monoxide (CO). Transportation will always increase every year. The exhaust emissions resulting from the combustion process can basically be reduced by improving the quality of the fuel, homogeneity of the fuel mixture, and setting of injection timing. There are several ways to reduce exhaust emissions from diesel engines by providing the right injection pressure, to get perfect combustion. Improving the quality of fuel is a way to reduce emissions. One of them is by adding methanol to diesel fuel. With the addition of methanol can reduce exhaust emissions produced. The process of mixing diesel and methanol requires the addition of surfactants to get good homogeneity results. The test was performed using software simulation with YANMAR TF85-MH engine modeling. The result can be seen that there is a reduction and increase in the standard pressure is 200 bar, that the emulsion fuel at SFOC (specific fuel oil consumption) has decreased and increased by 0.2% and 0.3% at a pressure of 160 bar and 240 bar. Solution fuel at SFOC has decreased and increased by 0.3% and 0.25% produced by a pressure of 160 bar and 240 bar. The highest NOx is produced by injection pressure of 240 bar with dexlite fuel, while the lowest NOx is produced by injection pressure of 160 bar with emulsion fuel.

Keywords : Emission, Homogeneity, Injection, Methanol, Simulation, Surfactants

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan atas kehadirat Allah SWT atas segala rahmat nikmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir ini yang berjudul "**Analisa Pengaruh Tekanan Injeksi Terhadap Emisi Gas Buang Dan Performa Mesin Diesel Satu Silinder Dengan Bahan Bakar Campuran Solar-Metanol**". Dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Tak lupa sholawat serta salam tak lupa kita haturkan kepada jungjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jaman jahiliyah menuju ke jaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Selama penyelesain skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesain skripsi tidak lepas dari banyaknya dukungan dan doa dari orang-orang terdekat. Maka pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada banyak pihak yang telah memberikan motivasi dan bimbingan. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Budi Hartono dan Ibu Lailil Maghfiroh yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Aguk Zuhdi M. Fathallah, M.Eng, Ph.D dan Bapak Adhi Iswantoro, S.T., M.T selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan ilmu, arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T., M.Sc selaku dosen wali penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang sudah mengajarkan ilmunya dalam masa perkuliahan.
6. Rekan-rekan MPP yang sudah mau bertukar pikiran, serta kepada Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plan untuk semua bantuan dan doa.
7. Evan, Karom, Firman, Dhundhux, Aru, Hadrian, Hima, Brili, Hilal yang mau bertukar pikiran dan keluh kesah dalam pengerjaan skripsi.
8. Teman-teman Voyage'16 yang sudah memberikan keseruan dalam menjalani masa perkuliahan
9. Teman-teman Saptanawa yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moral.
10. Dan seluru pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis. Penulis mendoakan yang terbaik untuk semua pihak yang terkait.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu perlu adanya saran dan masukan. Semoga semua isi laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....i
LEMBAR PENGESAHAN..... iii
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI..... xi
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL.....xvii
BAB 1 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Rumusan Masalah.....2
1.3 Batasan Masalah.....2
1.4 Tujuan.....2
1.5 Manfaat.....2
BAB II 3
TINJAUAN PUSTAKA.....3
2.1 Tekanan Injeksi.....3
2.2 Dexlite.....5
2.3 Metanol.....6
2.4 Emisi NOx 7
BAB III 9
METODOLOGI PENELITIAN 9
3.1 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah 10
3.2 Studi Literatur..... 10
3.2.1 Spesifikasi Bahan Bakar..... 10
3.2.2 Spesifikasi Mesin Diesel Yanmar TF 85 MH 10

3.3 Perhitungan Bahan Bakar M15 (emulsi dan *solution*) 11
3.4 Pemodelan Mesin Diesel 12
3.4.1 Pengukuran Rancangan 12
3.4.2 Pembuatan Model dan Sistem 12
3.4.3 Mendefinisikan Objek 13
3.4.4 Perangkaian Objek 15
3.5 Validasi Data 16
3.6 Pengambilan Data 17
3.7 Pengaturan Injeksi 17
3.8 Analisa dan Pembahasan 17
3.9 Kesimpulan dan Saran 17
BAB IV 19
ANALISA DAN PEMBAHASAN 19
4.1 Pengaruh Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Campuran dalam Pengujian Performansi 19
4.1.1 Analisa SFOC terhadap *Power* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) 19
4.1.2 Analisa Peforma SFOC terhadap *Power* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada 1600 RPM sampai 2200 RPM 29
4.1.3 Analisa Peforma *Power* terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) 36
4.1.4 Analisa Peforma Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) 42
4.1.5 Analisa Peforma BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) 47
4.2 Analisa Pengaruh Variasi Tekanan Injeksi dengan Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) pada Hasil Emisi Nox 53
4.3 Pembahasan Performa dan Emisi 54
4.3.1 Pembahasan Performa dari Variasi Tekanan Injeksi pada Variasi Bahan Bakar 54
4.3.2 Pembahasan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) dalam Pembentukan NOx 55

4.3.2.1 Analisa Perbandingan *Peak Pressure dan* Torsi pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan *Solution* 56

4.3.2.2 Analisa Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx (PPM) pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan *Solution*. 58

BAB V 63

KESIMPULAN DAN SARAN 63

5.1 Kesimpulan 63

5.2 Saran 63

DAFTAR PUSTAKA 65

LAMPIRAN 67

LAMPIRAN I 67

LAMPIRAN II 68

BIODATA PENULIS 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konstruksi Nozzle 4
Gambar 2. 2 Jenis Nozzle 4

Gambar 3 1 Flowchart Metodologi Penelitian 9
Gambar 3 2 Skema Pemodelan Mesin 13

Gambar 4 1 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 160 bar Bahan Bakar Dexlite 20
Gambar 4 2 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 200 bar Bahan Bakar Dexlite 21
Gambar 4 3 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 240 bar Bahan Bakar Dexlite 22
Gambar 4 4 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 160 bar Bahan Bakar Emulsi.....23
Gambar 4 5 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 200 bar Bahan Bakar Emulsi.....24
Gambar 4 6 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 240 bar Bahan Bakar Emulsi.....25
Gambar 4 7 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 160 bar Bahan Bakar Solution.....26
Gambar 4 8 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 200 bar Bahan Bakar Solution.....27
Gambar 4 9 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 240 bar Bahan Bakar Solution.....28
Gambar 4 10 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1600 RPM 29
Gambar 4 11 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1700 RPM 30
Gambar 4 12 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1800 RPM 31
Gambar 4 13 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1900 RPM 32
Gambar 4 14 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 2000 RPM 33
Gambar 4 15 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 2100 RPM 34
Gambar 4 16 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 2200 RPM 35

Gambar 4 17 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite 36
Gambar 4 18 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Emulsi..... 37
Gambar 4 19 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Solution..... 38
Gambar 4 20 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution 39
Gambar 4 21 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 200 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution 40
Gambar 4 22 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution 41
Gambar 4 23 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160,200, dan 240 bar pada Dexlite 42
Gambar 4 24 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160,200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Emulsi 43
Gambar 4 25 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160,200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Solution 44
Gambar 4 26 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi, dan Solution..... 45
Gambar 4 27 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 200 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution 46
Gambar 4 28 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution 47
Gambar 4 29 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite 48
Gambar 4 30 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Emulsi..... 49
Gambar 4 31 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Solution..... 50
Gambar 4 32 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution..... 51
Gambar 4 33 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 200 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution..... 52
Gambar 4 34 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution..... 53
Gambar 4 35 Analisa Perbandingan Emisi NOx (PPM) pada Variasi Tekanan dan Variasi Bahan Bakar 54
Gambar 4 36 Grafik Perbandingan Peak Pressure dan Torsi pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Dexlite..... 56

Gambar 4 37 Grafik Perbandingan Peak Pressure dan Torsi pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Emulsi 57
Gambar 4 38 Grafik Perbandingan Peak Pressure dan Torsi pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Solution 58
Gambar 4 39 Grafik Perbandingan Peak Temperature dan NOx pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Dexlite 59
Gambar 4 40 Grafik Perbandingan Peak Temperature dan NOx pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Emulsi 60
Gambar 4 41 Grafik Perbandingan Peak Temperature dan NOx pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Solution 61

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Spesifikasi Dexlite (Angga Ramadhany,2017) 5
Tabel 2 2 Spesifikasi Metanol.....6

Tabel 3 1 Spesifikasi Dexlite, Metanol, Oleic Acid, dan Iso-Butanol..... 10
Tabel 3 2 Spesifikasi Yanmar TF 85MH..... 11
Tabel 3 3 Spesifikasi Bahan Bakar secara Emulsi dan Solution 12
Tabel 3 4 Hasil Kalibrasi pada Bahan Bakar Dexlite 16
Tabel 3 5 Perbandingan Manual Book dengan Kalibrasi Bahan Bakar Dexlite 16

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap tahunnya kebutuhan terhadap transportasi kendaraan bermotor akan selalu meningkat. Sarana transportasi yang banyak digunakan adalah motor diesel dan motor bensin. Meningkatnya kendaraan bermotor membuat kebutuhan bahan bakar ikut meningkat juga. Banyak negara termasuk Indonesia masih bergantung dengan bahan bakar fosil, padahal ketersedian bahan bakar fosil di Indonesia kian menipis. Pembakaran yang dihasilkan oleh motor diesel atau bensin menjadi salah satu faktor terjadinya pemanasan global karena terjadi peningkatan pencemaran udara akibat dari emisi yag dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna.

Untuk itu perlu adanya inovasi-inovasi baru untuk menciptakan bahan bakar yang rendah emisi. Emisi dari kendaraan bermotor pada dasarnya dapat diatasi dengan memperbaiki proses pembakaran. Beberapa cara untuk mengatasinya yaitu dengan memperbaiki mutu bahan bakar, homogenitas campuran bahan bakar, menambah tekanan injeksi dan mengatur *injection timing* dengan tepat (Sudik, 2013). Dari beberapa cara yang sudah disebutkan, menambah tekanan injeksi dan memperbaiki mutu bahan bakar dapat mengurangi emisi hasil dari pembakaran yang tidak sempurna. Penambahan tekanan injeksi membuat partikel bahan bakar yang dihasilkan lebih kecil dan berkabut. Ini mempermudah dalam proses pembakaran karena memperpendek proses *igniton delay*(Abu Bakar et al., 2008). Apabila terjadi tekanan pembukaan yang tepat maka hasil yang didapat adalah pembakaran yang optimal didalam silinder motor. Dengan terjadinya pembakaran yang sempurna akan meningkatkan kinerja mesin dan menurunkan kadar emisi gas buang pada motor diesel.

Metanol merupakan salah satu bahan bakar yang dapat diperbarui. Alasan menggunakan metanol karena memiliki rambat api laminar yang cukup tinggi sehingga membuat proses pembakaran selesai lebih cepat. Pencampuran solar dengan metanol menghasilkan penurunan emisi seperti karbondioksida, kepekatan asap, dan Nox serta mampu mengoptimalkan kinerja mesin.

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk mengurangi emisi yaitu dengan memberikan variasi tekanan injeksi dan pencampuran bahan bakar solar - metanol. Dan akan membahas tentang analisa emisi dan performa dari variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol. Penelitian ini akan dilakukan dengan metode simulasi menggunakan aplikasi *software* dengan melihat emisi dan performa dari variasi tekanan injeksi yaitu 160 bar, 200 bar, dan 240 bar. Dari analisa tersebut didapat perbandingan emisi yang dihasilkan serta performa dari variasi tekanan injeksi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang menjadi fokusan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol terhadap performa pada mesin diesel?
2. Bagaimana pengaruh variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol terhadap emisi pada mesin diesel?

1.3 Batasan Masalah

Hal-hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa performa meliputi nilai daya, torsi, *Brake Mean Effective Pressure* (BMEP) dan *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC)
2. Variabel putaran mesin menggunakan 1000 RPM sampai 2200 RPM
3. Analisa emisi terhadap NOx
4. Variasi tekanan injeksi sebesar 160 bar, 200 bar, dan 240 bar
5. Analisa performa dan emisi menggunakan *software* simulasi

1.4 Tujuan

Untuk menjawab pertanyaan dari rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa terhadap pengaruh variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol terhadap performa pada mesin diesel.
2. Menganalisa terhadap pengaruh tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol terhadap emisi mesin diesel.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai bahan bakar campuran solar dan metanol.
2. Memberikan informasi mengenai variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar dan metanol terhadap performa dan emisi yang dihasilkan oleh mesin diesel.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

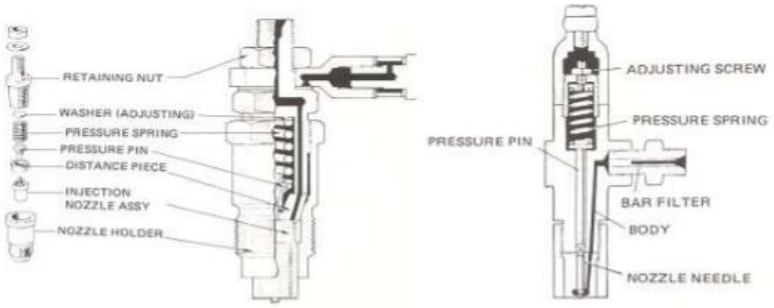
Jenis mesin pembakaran banyak dijumpai sebagai alat penunjang transportasi, industri, peralatan konstruksi dan sistem penggerak kapal. Kebutuhan akan transportasi pun selalu meningkat tiap tahunnya, padahal sumber daya minyak bumi di dunia sudah mulai menipis dan produksi minyak mentah pun menjadi lebih sulit. Polutan yang dihasilkanpun meliputi CO, NOx, HC dan kepekatan asap sangat merugikan bagi kesehatan dan menjadi pemicu terjadi pemanasan global. Oleh karena itu aturan tentang emisi yang dihasilkan oleh mesin diesel diatur sangat ketat, karena dampaknya yang merugikan kesehatan pada manusia(Sayin et al., 2009)

Disisi lain emisi gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor pada dasarnya dapat diatasi dengan memperbaiki proses pembakaran, salah satu cara untuk mengatasinya dengan memperbaiki mutu bahan bakar, homogenitas campuran bahan bakar, dan pemberian tekanan injeksi yang tepat. Mengubah pengaturan tekanan injeksi merupakan salah satu cara untuk mengatasi emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Sudik, 2013).

Tekanan injeksi pada mesin diesel berpengaruh terhadap proses pembakaran, ini dilakukan untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna. Pemberian tekanan injeksi pada motor diesel yang tepat diharapkan mampu mengurangi emisi dengan meningkatkan peforma dan efisiensi dari mesin diesel. Ketika kondisi tekanan injeksi dibawah standar mesin, diameter partikel yang dihasilkan membesar dan mempersulit terjadinya pembakaran pada motor diesel, hal ini yang mengakibatkan proses pembakaran yang tidak sempurna. Namun jika tekanan injeksi meningkat, diameter partikel akan semakin kecil dan halus sehingga mempermudah terjadinya proses pembakaran (Abu Bakar et al., 2008).

2.1 Tekanan Injeksi

Dalam pengaturan tekanan injeksi berdampak pada baik atau buruknya pengkabutan bahan bakar. Pengkabutan yang baik akan mempermudah pengawalan proses pembakaran yang terjadi karena adanya perpaduan antara bahan bakar dengan oksigen di ruang bakar. Gambar dibawah ini merupakan injektor menurut (Otomotif, 2013) pada mesin diesel, alat ini berfungsi untuk menyuplai bahan bakar dengan cara menyemprotkan bahan bakar berbentuk kabut ke dalam ruang bakar.

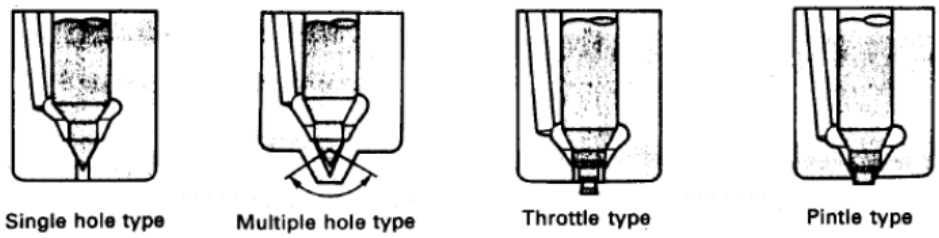


Gambar 2. 1 Konstruksi Nozzle

Cara kerja injektor menurut (Ismanto, 2012) adalah sebagai berikut :

1. Bahan bakar akan mengalir melalui saluran minyak pada *nozzle holder* menggunakan pompa injeksi menuju *oil pool* yang berada dibagian *nozzle body*
2. Penginjeksian terjadi jika adanya tekanan bahan bakar yang membuat *oil pool* naik, sehingga mampu menekan ujung *needle*. Apabila tekanan yang dihasilkan melebihi kekuatan pegas, maka *nozzle needle* akan terdorong ke atas yang nantinya *noozle needle* terlepas dari *nozzle body*, hal ini menyebabkan *nozzle* menyemprotkan bahan bakar ke ruang pembakaran.
3. Saat pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan pegas pada injektor mengembalikan posisi *nozzle needle* ke posisi semula. Saat *needle* tertekan, secara otomatis *nozzle body seat* menutup saluran bahan bakar dan proses penginjeksian terhenti. Bahan bakar yang tersisa diantara *nozzle needle* dan *nozzle body* akan melumasi komponen-komponen dan kembali seperti keadaan semula.

Lubang nozzel injektor memiliki beberapa tipe diantaranya lubang tunggal *(single hole)*, lubang banyak *(multiple hole), throttle,* dan *pintle type.* Dari jenis-jenis lubang injeksi memiliki fungsi yang berbeda saat pengkabutan di ruang bakar. Pada jenis *multiple hole* digunakan untuk mesin diesel pembakaran langsung *(direct injection)* yaitu injeksi yang langsung disemprotkan ke dalam ruang bakar, sedangkan untuk jenis *throttle* dan *pintle* digunakan untuk jenis mesin diesel pembakaran tak langsung *(indirect injection)*(Sigit,2017). Dan untuk penggambaran dari jenis-jenis *nozzle* adalah sebagai berikut :



Gambar 2. 2 Jenis Nozzle

Pengkabutan dari tekanan injeksi mempengaruhi terhadap proses pembakaran, efisiensi bahan bakar, dan mengurangi emisi bahan bakar. Pada mesin diesel bertipe *direct injection* perlu diperhatikan ukuran lubang nozzle, sudut penyemprotan, dan tekanan injeksinya.

Tekanan injeksi menjadi salah satu cara dalam meningkatkan performa dari mesin diesel dan mengurangi emisi. Saat tekanan injeksi berada dibawah standar yang ditentukan maka diameter partikel bahan bakar yang disemprotkan membesar dan periode *ignition delay* selama pembakaran akan meningkat. Ini berdampak pada gas buang yang dihasilkan, seperti Nox, CO, dan HC yang meningkat karena proses pembakaran yang kurang baik. Berbeda jika kondisi tekanan injeksi meningkat, maka diameter partikel bahan bakar akan mengecil. Karena proses pembakaran lebih baik disebabkan partikel bahan bakar mengecil maka emisi yang dihasilkan berkurang. Saat

tekanan injeksi terlalu tinggi, maka berdampak pada *igniton delay* yang menjadi lebih pendek. Jadi pencampuran antara bahan bakar dan oksigen kurang homogen sehingga asap terlihat di knalpot mesin(Canakci et al., 2009).

2.2 Dexlite

Dexlite merupakan bahan bakar khusu mesin diesel yang diluncurkan oleh PT. Pertamina pada tahun 2016. Dengan angka cetane yang lebih bagus dari terdahulunya yaitu solar dengan angka cetane minimal 48. Bahan bakar konvensional yang menjadi bahan penelitian ini adalah dexlite. Adapun spesifikasi dari dexlite menurut (Angga Ramadhany, 2017) ada pada tabel berikut :

Tabel 2 1 Spesifikasi Dexlite (Angga Ramadhany,2017)

No	Parameter Uji	Unit	Hasil Uji	Batasan SNI	
			Dexlite	Min	Max
1	Angka setane	-	56.7	48	-
2	Index setane	-	51.1	45	-
3	Berat jenis pada 15° C	Kg/m^3	845.7	815	670
4	Viskositas pada 40° C	Mm^2/s	2.92	2	4.5
5	Kandungan sulfur	% m/m	0.078	-	0.3
6	Distilasi T90	^{o}C	344.0	-	370
7	Titik nyala	^{o}C	65	52	-
8	Titik tuang	^{o}C	-3	-	18
9	Residu karbon	% m/m	Nihil	-	0.1
10	Kandungan air	Mm/kg	159.63	-	500
11	Kandungan FAME	% v/v	20	-	20
12	Korosi bilah tembaga	Merit	1a	Kelas 1	
13	Kandungan abu	% m/m	0.001		0.01
14	Kandungan sedimen	% m/m	Nihil		0.01

15	Bilangan asam kuat	mgKOH/g	0	-	0
16	Bilangan asam total	mgKOH/g	0.1	-	0.6
17	Penampilan visual	-	Jernih dan terang	Jernih dan terang	
18	Warna	No.ASTM	1.1	-	3.0
19	Lubrisifikasi (HFFR)	Micron	236	-	460
20	Stabilitas oksidasi	Jam	>48	35	-

2.3 Metanol

Meningkatkan kualitas bahan bakar merupakan salah satu cara untuk mengurangi emisi. Salah satunya dengan menambahkan metanol. Pencampuran bahan bakar ini mampu mengurangi emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran mesin diesel. Pencampuran solar dengan metanol mengasilkan penurunan emisi seperti karbondioksida, kepekatan asap, dan THC (*Total hydrocarbon*). Menggunakan bahan bakar alternatif seperti metanol dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar minyak bumi. Alkohol dapat digunakan untuk pengapian kompresi atau dicampurkan dengan bahan bakar diesel konvensional. Alkohol yang memiliki sifat viskositas rendah mempermudah untuk dikabutkan dan dicampurkan udara dalam proses pembakaran. Dengan penambahan metanol pada bahan bakan bakar diesel konvensional diharapkan mampu mengurangi emisi gas buang dan kepekatan asap yang dihasilkan oleh mesin diesel (Sayin, 2010).

Sebagai salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan, metanol memiliki sifat yang mudah terbakar dan emisi pembakaran yang dihasilkan sedikit. Spesifikasi metanol menurut (Huang et al., 2004) akan dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2 2 Spesifikasi Metanol

Chemical formula	CH_3OH
Mole weight (g)	32
Density (g/cm^3)	0.796
Lower heating value (MJ/kg)	19.68
Heat of evaporation (kJ/kg)	1110
Self ignition temperature (^{o}C)	470
Cetane number	5

Ketidakcocokan dalam stabilitas campuran solar-metanol adalah hambatan utama yang dihadapi dalam pemanfaatan metanol dalam mesin pengapian kompresi. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa pencampuran metanol dengan diesel menghasilkan pembakaran yang baik, peforma, dan berkurangnya emisi dibandingkan dengan bahan bakar diesel. Ini karena karakteristik dari metanol yang memiliki kandungan oksigen yang tinggi, sehingga pembakaran yang dihasilkan secara efektif dapat mengurangi asap dan emisi (Agarwal et al., 2019).

Terdapat dua acara untuk mengatasi ketidakcocokan stabilitas campuran bahan bakar, yaitu dengan cara emulsi dan *solution*. Cara emulsi yaitu mencampurkan partikel-partikel suatu zat cair (fase terdispersi) dengan zat cair lainnya (fase pendispersi). Dalam pembuatan bahan bakar secara emulsi, dibutuhkan emulgator atau surfaktan yang tepat. Hal ini berpengaruh terhadap mutu dan kestabilan suatu emulsi. Tanpa adanya surfaktan, maka hasil emulsi tersebut mengalami fase terdispersi dan medium pendispersi yaitu zat yang ringan terapung diatas yang berat (Qorry Angga,2017). Untuk cara *solution* yaitu mencampurkan bahan bakar dengan cara memanaskan bahan bakar hingga 50 ^{o}C, hal ini dilakukan agar campuran bahan bakar larut tanpa adanya separasi (Isnaini et al., 2013).

Menggunakan bahan bakar campuran akan mendapatkan kinerja yang lebih baik jika dibandingkan dengan bahan bakar konvensional. Gas buang yang dihasilkan dari mesin diesel berbahan bakar metanol ditemukan secara umum hampir tidak ada partikel (yang menyebabkan asap, dan juga bisa bersifat karsinogenik), dan jauh lebih sedikit nitrogen oksida (NOx) daripada menggunakan bahan bakar diesel. Metanol jauh lebih panas saat diuapkan karena memiliki panas laten penguapan yang lebih tinggi daripada diesel (Oliver, 2013).

Pada proses pembakaran didalam motor diesel, terjadi pencampuran antara udara murni dengan bahan bakar. Udara terdiri dari gas-gas yang menyatu, oksigen dan nitrogen merupakan kandungan paling banyak pada udara. Gas nitrogen oksida (NOx) dibagi menjadi dua jenis yaitu gas nitrogen dioksida dan gas nitrogen monoksida. Kedua gas tersebut memiliki sifat yang berbeda, namun sangat merugikan bagi kesehatan. Oleh karena itu besarnya emisi tergantung dari opositas atau ketebalan asap yang dihasilkan oleh mesin diesel. Terbentuknya opasitas karena banyaknya jumlah bahan bakar yang disemprotkan ke dalam silinder. Saat proses pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang bakar terjadi secara sempurna akan menghasilkan CO2 (karbon dioksida), lain halnya jika unsur oksigen tidak cukup maka proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Emisi banyak dipengaruhi terhadap campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar, yang lebih dikenal dengan istilah *Air Fuel Ratio* (AFR) (Zuhri, 2019).

2.4 Emisi NOx

Dalam proses pembakaran, pembentukan NOx tergantung pada suhu didalam silinder dan konsentrasi oksigen. Penambahan metanol diharapkan mampu menurunkan suhuh yang ada didalam silinder karena metanol memiliki sifat panas laten yang lebih tinggi daripada bahan bakar diesel. hal inilah yang membuat efek penambahan metanol mampu menurunkan kadar emisi NOx (Oliver, 2013).

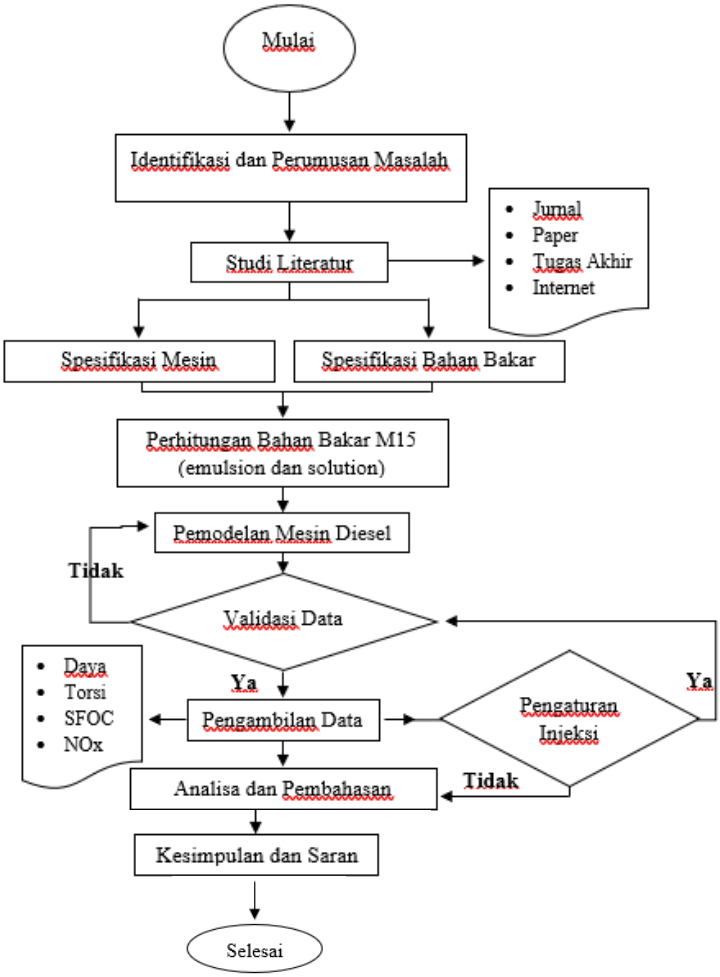
Adanya peningkatan konsumsi bahan bakar saat adanya penambahan methanol, akan tetapi emisi NOx, efisiensi termal, dan CO mengalami penurunan jika adanya penambahan methanol pada bahan bakar diesel. Kandungan Nox akan tinggi apabila tingginya temperatur saat proses pembakaran (*combustion*), begitu sebaliknya jika proses pembakaran mengalami penurunan temperatur maka Nox yang dihasilkanpun sedikit. Kadar emisi Nox yang tinggi menandakan kenaikan nilai pada *heat release*. Jika temperatur di dalam ruang bakar tidak mengalami penurunan maka emisi Nox yang dihasilkan semakin tinggi.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode simulasi menggunakan aplikasi *software* dengan dua percobaan yang terdiri dari :

1. Performa
2. Emisi NOx

Adapun diagram metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3 1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Pengidentifikasian dilakukan pencarian dari suatu permasalahan yang akan menjadi latar belakang dari penelitian ini. Masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah emisi NOx dari motor diesel yang selalu meningkat setiap tahunnya karena adanya peningkatan kebutuhan transportasi. Untuk itu dilakukan perbandingan hasil emisi dan performa dari variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar teori untuk menunjang permasalahan yang terkait dari penelitian ini. Sumber literatur didapat dari beberapa sumber seperti, jurnal, paper, tugas akhir, dan internet. Studi literatur yang digunakan berkaitan dengan tekanan injeksi dan bahan bakar campuran solar-metanol terhadap performa dan hasil emisi.

3.2.1 Spesifikasi Bahan Bakar

Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan yaitu campuran solar dan metanol. Pemilihan bahan bakar diesel pada penelitian ini ialah dexlite. Dibawah ini merupakan spesifikasi bahan bakar dan surfaktan yang akan dicampurkan secara emulsi dan *solution.* Berikut spesifikasi dari bahan bakar dan surfaktan

Tabel 3 1 Spesifikasi Dexlite, Metanol, Oleic Acid, dan Iso-Butanol

Fuel Properties	Dexlite	Methanol	Oleic-Acid	Iso-Butanol
Approx. Formula	$C_{14}H_{28}$	CH_3OH	$C_{18}H_{34}O_2$	$C_4H_{10}O$
Density, kg/m^3	834.8	792	890.5	802
Viscosity, mm^2/s (40°C)	2.92	0.59	4.85	2
Heat of Vaporization at 298K, kJ/kg	270	1176.96	200	580
Lower Heating Value, MJ/kg	42.74	21.11	38.65	33.4
Critical Pressure, bar	24.6	79.5	13.32	45
Critical Temperature, K	313.15	513	937.21	548

3.2.2 Spesifikasi Mesin Diesel Yanmar TF 85 MH

Mesin yang digunakan dalam metode simulasi ialah mesin Yanmar TF 85MH, dibawah ini merupakan spesifikasi mesin Yanmar TF 85 MH yang ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 3 2 Spesifikasi Yanmar TF 85MH

Jenis Mesin	4 Langkah
Sistem Pembakaran	Pengabutan Langsung (*Direct Injection)*
Jumlah Silinder	1 Silinder
Diameter x Panjang Langkah	85mm x 87mm
Saat Pengabutan	18° sebelum TMA
Volume Silinder	493 cc
Daya Kontinyu	7,5 dk/2200 rpm
Daya Max Sesaat	8,5 dk/2200 rpm
Torsi Maksimum	3,44 kg.m/1600 rpm
Arah Putaran Poros	Berlawanan arah jarum jam
Perbandingan kompresi	18
Pemakaian Bahan Bakar	171 gr/dk.jam
Tekanan Injektor	200 kg/cm^2
Kapasitas Tanki Bahan Bakar	10,5 L
Kapasitas isi oli	2,2 L
Sistem pendingin	Hopper
Sistem pelumasan	Tekanan/percikan
Cara penghidupan	Engkol
Jenis Oli	SAE 40 kelas CC atau CD
Kapasitas tangki air	8,9 L
Dimensi Mesin (mm)	672 x 330,5 x 496
Berat kotor	123,5 kg
Berat bersih	93 kg

Sumber : katalog diesel Yanmar TF 85MH

3.3 Perhitungan Bahan Bakar M15 (emulsi dan *solution*)

Ada dua metode pencampuran bahan bakar yang digunakan, yaitu dengan cara emulsi dan *solution*. Pencampuran dilakukan di *software* simulasi dengan persentase yang dibutuhkan dalam penelitian ini dan sesuai *properties* tiap-tiap bahan bakar. Cara emulsi yaitu dengan mencampurkan bahan bakar dengan surfaktan agar tidak terjadi separasi. Surfaktan yang digunakan ialah Oleic-Acid dan Iso-Butanol yang tercantum pada tabel 3.1. Komposisi dari cara emulsi ialah (83% dexlite, 15% metanol, 1% oleic-acid, dan 1% iso-butanol). Untuk cara *solution* yaitu pencampuran dilakukan secara langsung antara dexlite dan metanol, dan komposisi

dari cara *solution* ialah (85% dexlite dan 15% metanol). Dibawah ini merupakan spesifikasi bahan bakar sesuai dengan perhitungan di *software* simulasi dan excel.

Tabel 3 3 Spesifikasi Bahan Bakar secara Emulsi dan Solution

Fuel Properties	**M15 (*Emulsion*)**	**M15 (*Solution*)**
Approx. Formula	$C_{12}H_{16.5}O_{0.18}$	$C_{12}H_{15.93}O_{0.15}$
Density, kg/m^3	828.60	828.38
Viscosity, mm^2/s (40°C)	2.58	2.57
Heat of Vaporization at 298K, kJ/kg	408.44	406.04
Lower Heating Value, MJ/kg	39.35	39.5
Critical Pressure, bar	25.42	25
Critical Temperature, K	352	343

3.4 Pemodelan Mesin Diesel

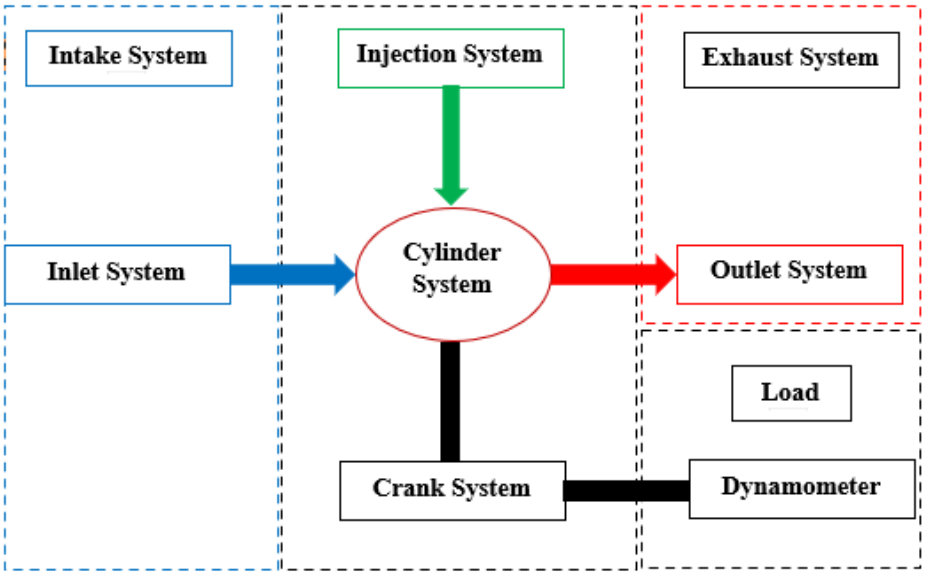
Pemodelan dibuat semirip mungkin menggunakan simulasi *software* sesuia dengan spesifikasi dasar mesin diesel Yanmar TF 85MH yang dapat diliat pada tabel 3.2. Dalam pemodelannya terdapat tahapan-tahapan yang harus dilakukan sehingga menghasilkan data yang valid dan dapat dianalisa. Tahapan-tahapan pemodelan adalah sebagai berikut :

3.4.1 Pengukuran Rancangan

Hal yang dilakukan sebelum membuat pemodelan mesin, dilakukan pengukuran mesin diesel yang telah dirancang. Ini dilakukan karena pada *software* simulasi membutuhkan data-data secara detail terkait dimensi tiap-tiap *part* mesin dan kondisi lingkungan untuk membuat pemodelan secara akurat.

3.4.2 Pembuatan Model dan Sistem

Pada pemodelan mesin terdapat beberapa sistem, diantaranya *intake system, injection system, cylinder & cranktrain system,* dan *exhaust stsyem.*



Gambar 3 2 Skema Pemodelan Mesin

3.4.3 Mendefinisikan Objek

Pada pemodelan mesin diesel, terdapat bagian bagian dari setiap sistem yang ada. Dan tiap-tiap bagian data yang dimasukan harus sesuai dengan parameter tang dibutuhkan. Hal ini disebut dengan define objek. Ada tiga sistem utama pada pemodelan mesin, antara lain : sistem intake, sistem injeksi bahan bakar dan silinder, dan sistem exhaust.

a. Sistem Intake

Pada sistem intake terdapat beberapa komponen yang harus didefinisikan, diantaranya :

1. *Inlet Environment*
   Tahap awal pada sistem intake yaitu menyesuiakan dengan kondisi lingkungan sekitar, dengan menentukan nilai tekanan, temperatur, dan komposisi udara.
2. Sistem Perpipaan
   Pada pemodelan, sistem ini berfungsi mengalirkan udara dan bahan bakar menuju sistem silinder.
3. *Intake Runner*
   Sistem ini termasuk dalam sistem perpipaan yang berfungsi untuk menyambungkan antara *inlet environment* dengan *intake port*.
4. *Intake Port*
   Selanjutnya membuat *intake port*, yang juga termasuk dalam sistem perpipaan, yang berfungsi untuk menyambungkan *intake runner* dengan *intake valve*.
5. *Intake Valve*

Intake valve dalam pemodelannya dibuat dengan memasukan nilai diameter katup, *cam timing angle, valve lash,* dan *lift array.*

b. Sistem Injeksi, Sistem Silinder, dan Sistem Cranktrain

1. Injektor
   Injektor *nozzle* yang digunakan untuk mesin bertipe *direct injection* (pembakaran langsung), Adapun atribut yang ada di komponen ini antara lain, masa bahan bakar yang diinjeksikan , *injection timing,* bahan bakar yang digunakan, dan spesifikasi *nozzle* yang terdiri dari jumlah lubang dan diameter *nozzle*.
2. Silinder
   Pada bagian ini merupakan bagian model silinder dan piston. Untuk membuat model tersebut dibutuhkan data seperti, temperatur silinder, penghantar panas, dan model pembakaran.
3. *Engine Cranktrain*
   Pada bagian ini menjelaskan tipe mesin yang digunakan (2-*stroke* atau 4-*stroke*), untuk membuat *engine cranktrain* dibutuhkan data diantaranya, putaran motor, nilai gesekan, nilai inertia, dan spesifikasi piston (*bore,stroke,* dan *compession ratio*).
4. Dinamometer *(Load)*
   Dinamometer digunakan untuk mengatur pembebanan pada mesin dengan syarat harus dikopel terlebih dahulu dengan *engine cranktrain* lalu mengganti *speed* menjadi *load* pada pengaturan bagian *engine cranktrain*.

c.* Sistem *Exhaust

1. *Exhaust Valve*
   Pada bagian ini sama seperti *intake valve* yang dalam pembuatannya dibutuhkan data diameter katup, *cam timing angle, valve lash,* dan *lift array*.
2. *Exhaust Port*
   Selanjutnya *exhaust port* yang memiliki fungsi sebagai penyambung *exhaust valve* dengan *exhaust runner*. Untuk data yang dibutuhkan yaitu diameter, panjang pipa, jenis material yang digunakan, dan temperature.
3. *Exhaust Runner*
   Bagian terakhir dalam sistem perpipaan sebelum melepas hasil pembakaran melalui *outletenvironment*. Data yang dibutuhkan diantaranya diameter,panjang,dan material yang digunakan.
4. *Outlet Environment*
   Bagian terakhir dari pemodelan simulasi, pada bagian ini yang dilakukan adalah mengatur batasan kondisi lingkungan gas buang dengan mengatur nilai tekanan, temperatur, dan komposisi udara.

3.4.4 Perangkaian Objek

Setelah dilakukan pendefinisian tiap-tiap objek, maka selanjutnya dilakukan perangkaian objek sesuai dengan urutan penjelasan diatas. Untuk pemodelan dari simulasi bisa diliat skemanya di gambar 3.2.

Dalam penentuan variabel yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Variabel Tekanan Injeksi
   i. 160 bar
   ii. 200 bar
   iii. 240 bar
b. Variabel RPM
   i. Pada RPM 1000
   ii. Pada RPM 1100
   iii. Pada RPM 1200
   iv. Pada RPM 1300
   v. Pada RPM 1400
   vi. Pada RPM 1500
   vii. Pada RPM 1600
   viii. Pada RPM 1700
   ix. Pada RPM 1800
   x. Pada RPM 1900
   xi. Pada RPM 2000
   xii. Pada RPM 2100
   xiii. Pada RPM 2200
c. Variabel Beban
   i. Pada beban 10%
   ii. Pada beban 20%
   iii. Pada beban 25%
   iv. Pada beban 30%
   v. Pada beban 40%
   vi. Pada beban 50%
   vii. Pada beban 60%
   viii. Pada beban 70%
   ix. Pada beban 75%
   x. Pada beban 80%
   xi. Pada beban 90%
   xii. Pada beban 100%
d. Variabel Bahan Bakar
   i. Emulsi dan *Solution*
   ii. Dexlite

3.5 Validasi Data

Pada tahap ini merupakan bagian penyetelan model simulasi untuk mendapatkan hasil luaran yang sesuai *manual book* mesin Yanmar TF 85MH atau lebih dikenal dengan kalibrasi. Parameter acuan yang dituju adalah torsi maksimum pada RPM 1600, daya maksimum pada RPM 2200, dan konsumsi bahan bakar (SFOC) pada RPM 2200.

Tabel 3 4 Hasil Kalibrasi pada Bahan Bakar Dexlite

RPM	Dexlite		
	Power [kW]	**Torque [kgf-m]**	**BSFC [g/HP-h]**
800	2.645	3.220	189.325
900	3.004	3.250	185.074
1000	3.353	3.265	181.759
1100	3.690	3.267	179.232
1200	4.014	3.257	177.272
1300	4.323	3.238	175.748
1400	4.617	3.211	174.609
1500	4.894	3.177	173.802
1600	5.156	**3.138**	173.184
1700	5.397	3.091	172.882
1800	5.622	3.041	172.735
1900	5.827	2.987	172.739
2000	6.015	2.929	172.887
2100	6.180	2.866	173.258
2200	**6.328**	2.801	**173.701**

Setelah dilakukan kalibrasi, didapat data luaran yang mendekati data mesin. Parameter acuan yang dituju adalah torsi maksimum pada RPM 1600, daya maksimum pada RPM 2200, dan konsumsi bahan bakar (SFOC) pada RPM 2200. Dan hasil perbandingan ada dibawah ini :

Tabel 3 5 Perbandingan Manual Book dengan Kalibrasi pada Bahan Bakar Dexlite

Keterangan	***Manual Book***	**Simulasi**	***Margin Error***
Torsi Maksimum	3.44 kgm/1600 RPM	3.13 kgm/1600 RPM	9.012%
Daya Maksimum	6.33 kW/2200 RPM	6.32 kW/2200 RPM	0.44%
Pemakaian Bahan Bakar	171 gr/HP-h	173.70 gr/HP-h	1.58%

3.6 Pengambilan Data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data setelah melakukan *running* simulasi. Dari hasil percobaan simulasi diperoleh luaran berupa performa diantaranya daya, torsi, konsumsi bahan bakar, dan emisi yang dihasilkan berupa NOx.

3.7 Pengaturan Injeksi

Setelah dilakukan pengambilan data, maka langkah selanjutnya ialah mengatur tekanan injeksi pada simulasi *software* sesuai variabel yang dibutuhkan yaitu 160 bar, 200 bar, dan 240 bar.

3.8 Analisa dan Pembahasan

Setelah mendapatkan data performa dan emisi NOx dari setiap variabel tekanan injeksi, maka dapat dilakukan analisa dan pembahasan. Analisa data yang dilakukan adalah analisa performa dan emisi NOx dari setiap variabel tekanan injeksi.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahap dilakukan, maka langkah selanjutnya yaitu menarik kesimpulan dari analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinnya dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan dari penelitian ini. Dan diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian untuk perbaikan dan juga untuk mengembangkan penelitian selanjutnya.

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai pengaruh tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran dexlite-metanol terhadap emisi dan performa. Pada penelitian ini tekanan injeksi diatur sesuai variasi tekanan injeksi sebagai pengoptimalan dari sistem yang sudah ada. Setelah melakukan variasi tekanan menggunakan bahan bakar campuran, akan dibandingkan dari segi emisi NOx dan performa. Berharap dari penelitian ini akan diperoleh emisi yang lebih baik.

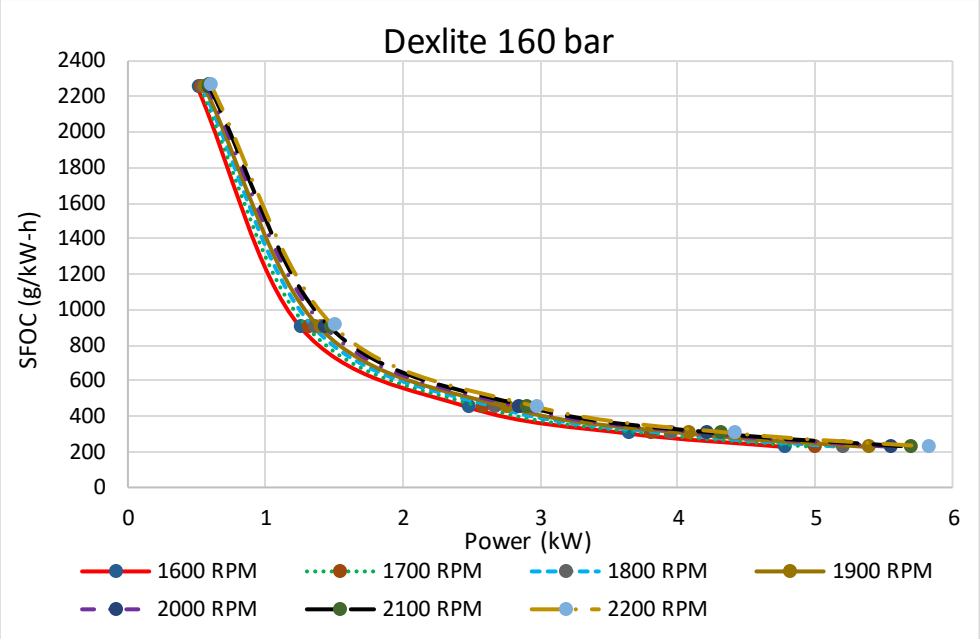
4.1 Pengaruh Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Campuran dalam Pengujian Performansi

Setelah pengambilan data, selanjutnya data tersebut diolah dan dianalisa agar mendapatkan nilai dari power, torsi, SFOC, dan BMEP. Pengambilan data dilakukan dengan variabel tekanan injeksi 160, 200, dan 240 bar, menggunakan bahan bakar campuran dexlite metanol (emulsi dan *solution*) dan dexlite. Untuk putaran yang digunakan pada percobaan ini adalah 1000 RPM sampai dengan 2200 RPM, dengan variasi beban 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Berdasarkan data yang sudah diambil maka data tersebut akan dibandingkan.

4.1.1 Analisa SFOC terhadap *Power* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*)

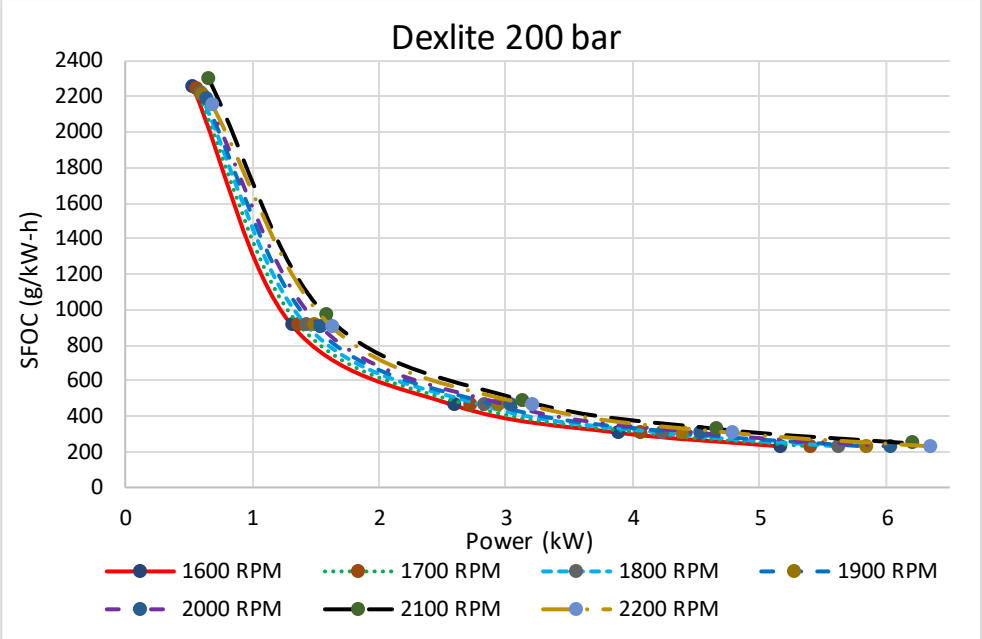
Analisa dibawah ini akan membandingkan SFOC terhadap *power* dari tiga variasi bahan bakar yaitu dexlite, emulsi, dan *solution*. Untuk batasan RPM yang digunakan adalah 1600 RPM sampai 2200 RPM. Dan untuk variasi pembebanan adalah 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

1. Analisa performa SFOC terhadap *power* pada tekanan 160, 200, dan 240 bar dexlite



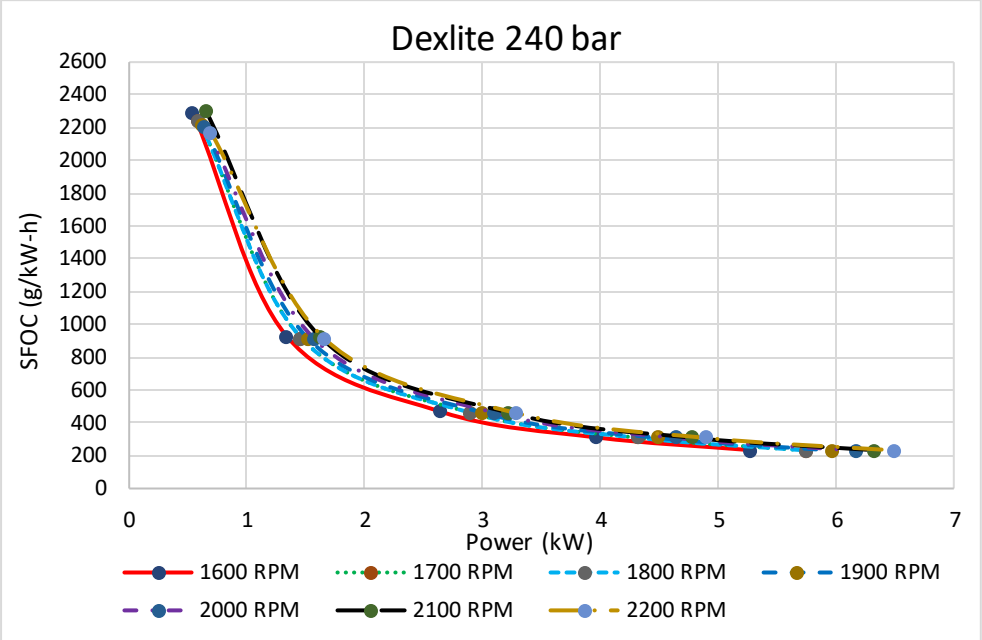
Gambar 4 1 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 160 bar Bahan Bakar Dexlite

Pada grafik gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.77 kW dengan nilai SFOC 228.26 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 4.99 kW dengan nilai SFOC 227.96 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.22 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.3 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.19 kW dengan nilai SFOC 227.90 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.37 kW dengan nilai SFOC 228.09 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.54 kW dengan nilai SFOC 228.40 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.69 kW dan nilai SFOC 229.03 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.82 kW dengan nilai SFOC 229.77 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.



Gambar 4 2 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 200 bar Bahan Bakar Dexlite

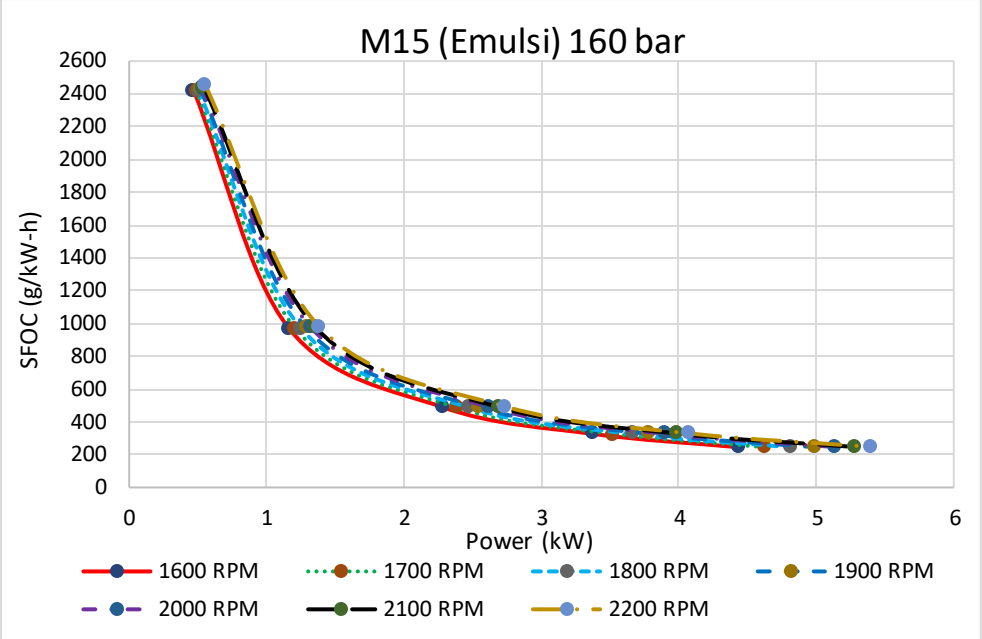
Pada grafik gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 5.1 kW dengan nilai SFOC 231.65 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 5.39 kW dengan nilai SFOC 231.11 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.29 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.54 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.62 kW dengan nilai SFOC 230.76 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.83 kW dengan nilai SFOC 230.58 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 6.02 kW dengan nilai SFOC 230.57 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 6.19 kW dan nilai SFOC 230.82 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 6.35 kW dengan nilai SFOC 231.14 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.



Gambar 4 3 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 240 bar Bahan Bakar Dexlite

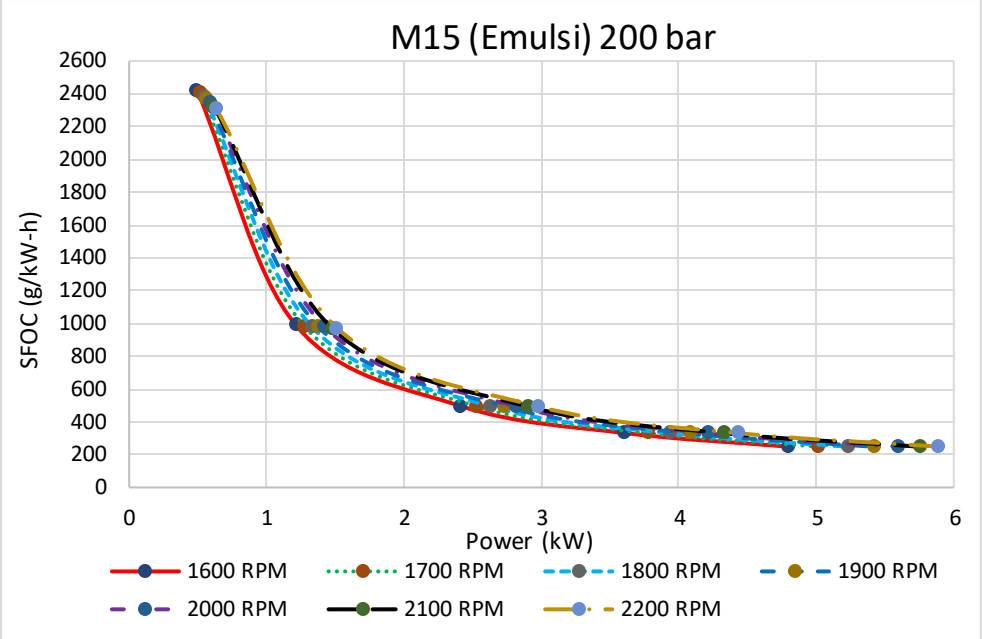
Pada grafik gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 5.27 kW dengan nilai SFOC 232.85 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 5.52 kW dengan nilai SFOC 232.16 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.25 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.69 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.76 kW dengan nilai SFOC 231.70 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.97 kW dengan nilai SFOC 231.48 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 6.17 kW dengan nilai SFOC 231.44 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 6.33 kW dan nilai SFOC 232.96 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 6.5 kW dengan nilai SFOC 231.87 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor

2. Analisa performa SFOC terhadap *power* pada tekanan 160, 200, dan 240 bar emulsi



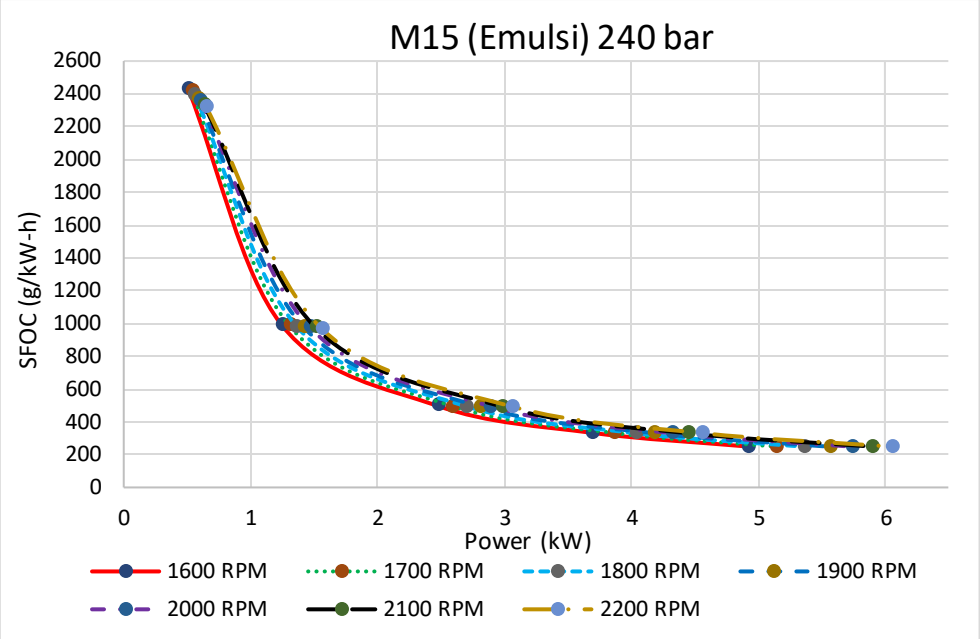
Gambar 4 4 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 160 bar Bahan Bakar Emulsi

Pada grafik gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.43 kW dengan nilai SFOC 245.45 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 4.63 kW dengan nilai SFOC 245.24 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.20 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.21 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 4.81 kW dengan nilai SFOC 245.31 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 4.98 kW dengan nilai SFOC 245.62 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.14 kW dengan nilai SFOC 246.13 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.27 kW dan nilai SFOC 246.93 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.39 kW dengan nilai SFOC 247.88 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.



Gambar 4 5 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 200 bar Bahan Bakar Emulsi

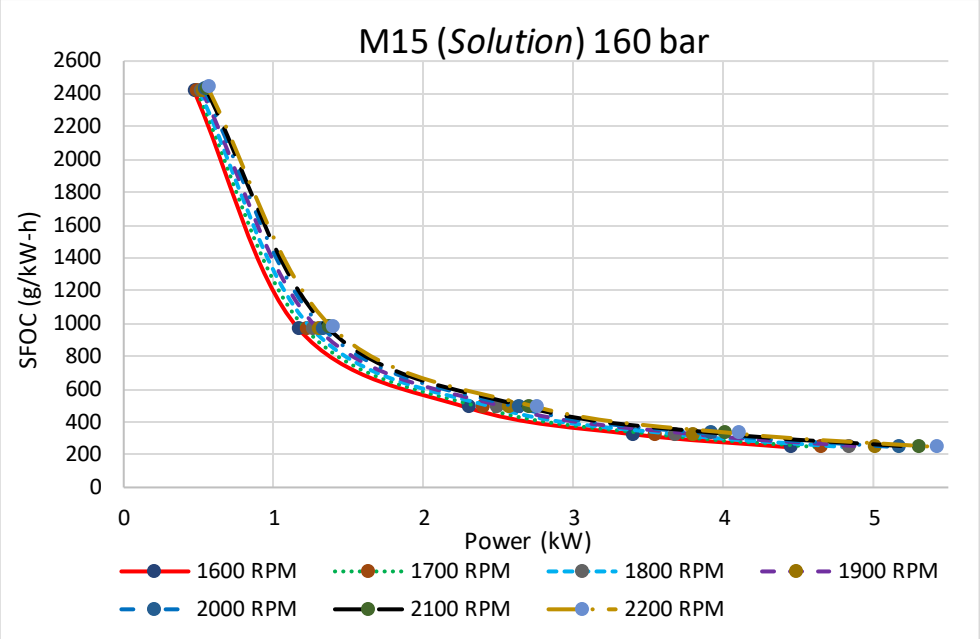
Pada grafik gambar 4.5 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.8 kW dengan nilai SFOC 248.55 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 5.02 kW dengan nilai SFOC 248.06 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.22 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.49 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.23 kW dengan nilai SFOC 247.76 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.42 kW dengan nilai SFOC 247.71 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.6 kW dengan nilai SFOC 247.79 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.75 kW dan nilai SFOC 248.16 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.89 kW dengan nilai SFOC 248.61 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar (SFOC) terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.



Gambar 4 6 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 240 bar Bahan Bakar Emulsi

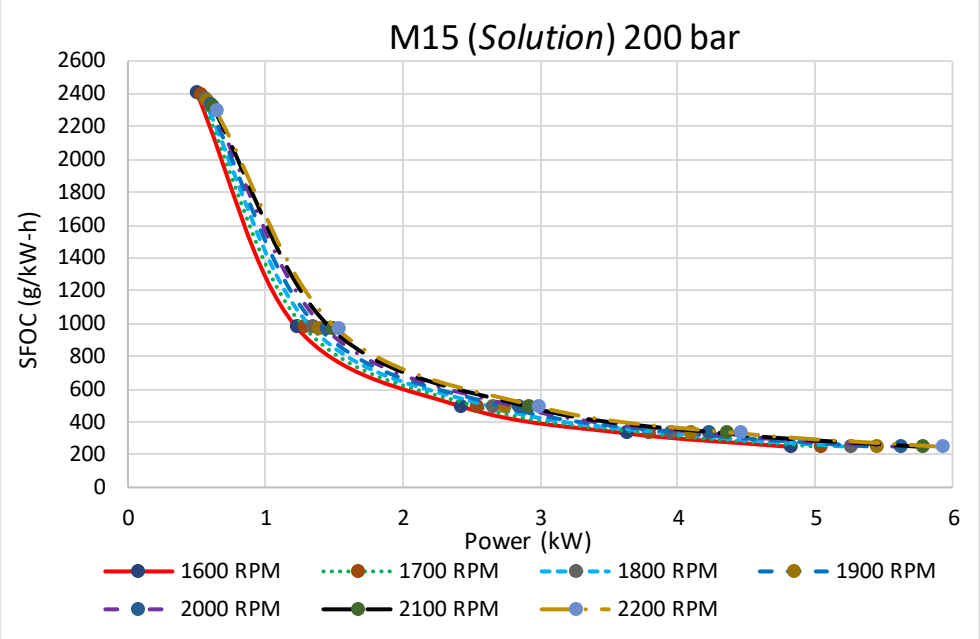
Pada grafik gambar 4.6 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.91 kW dengan nilai SFOC 249.71 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 5.14 kW dengan nilai SFOC 249.05 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.23 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.66 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.36 kW dengan nilai SFOC 248.86 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.56 kW dengan nilai SFOC 248.53 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.74 kW dengan nilai SFOC 248.57 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.9 kW dan nilai SFOC 248.82 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 6.05 kW dengan nilai SFOC 249.22 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar (SFOC) terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.

3. Analisa performa SFOC terhadap *power* pada tekanan 160, 200, dan 240 bar *solution*



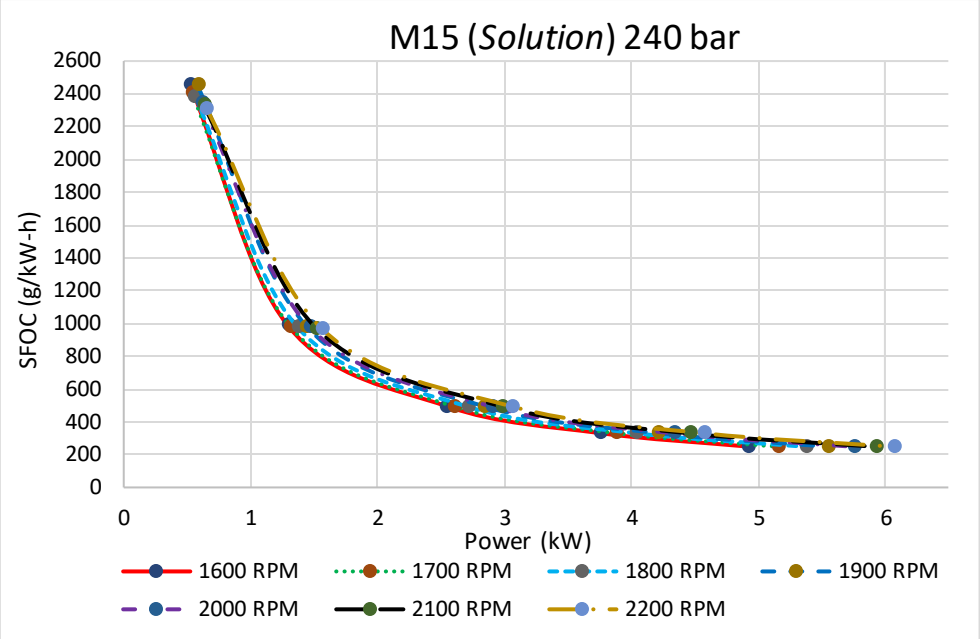
Gambar 4 7 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 160 bar Bahan Bakar Solution

Pada grafik gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.44 kW dengan nilai SFOC 244.64 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 4.64 kW dengan nilai SFOC 244.42 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.20 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.22 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 4.83 kW dengan nilai SFOC 244.48 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5 kW dengan nilai SFOC 244.81 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.16 kW dengan nilai SFOC 245.28 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.29 kW dan nilai SFOC 246.08 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.14 kW dengan nilai SFOC 247.03 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.



Gambar 4 8 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 200 bar Bahan Bakar Solution

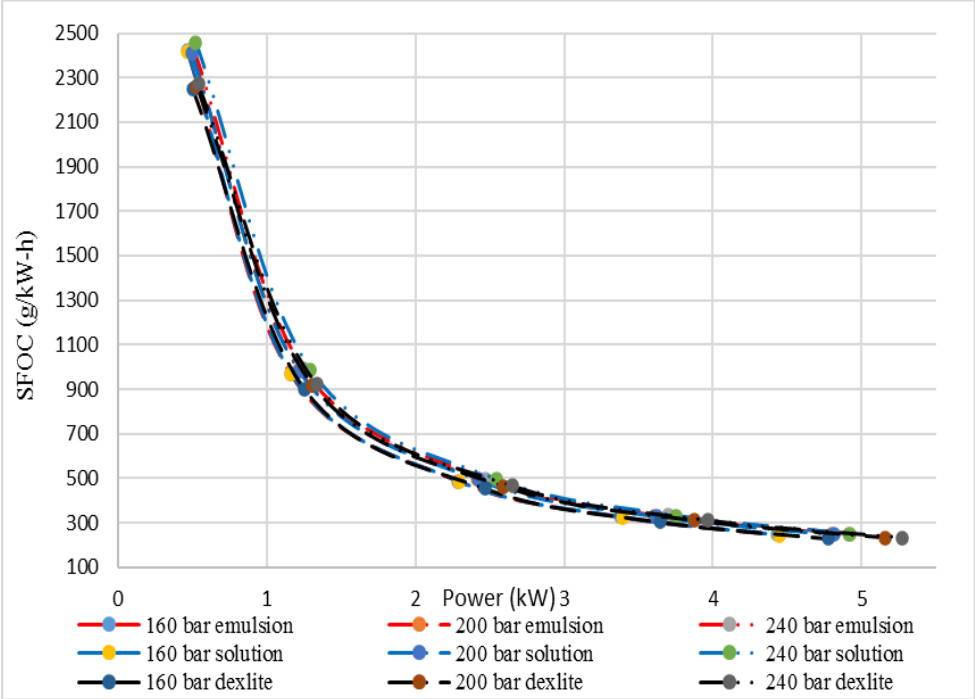
Pada grafik gambar 4.8 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.81 kW dengan nilai SFOC 247.73 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 5.04 kW dengan nilai SFOC 247.26 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.23 kW dan penurunan SFOC sebesar 0.47 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.25 kW dengan nilai SFOC 246.96 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.44 kW dengan nilai SFOC 246.91 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.61 kW dengan nilai SFOC 247.04 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.77 kW dan nilai SFOC 247.34 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 5.91 kW dengan nilai SFOC 247.77 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.



Gambar 4 9 Grafik Performa SFOC terhadap Power pada Tekanan 240 bar Bahan Bakar Solution

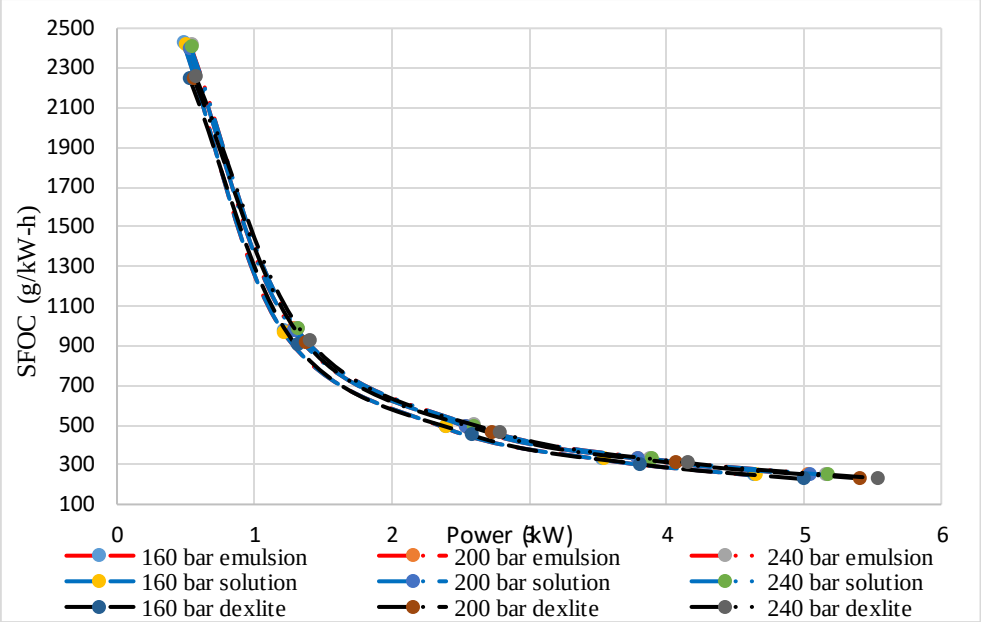
Pada grafik gambar 4.9 menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran 1600 RPM didapatkan daya sebesar 4.91 kW dengan nilai SFOC 249.47 g/kWh; Pada kecepatan putaran 1700 RPM didapatkan daya sebesar 5.16 kW dengan nilai SFOC 248.24 g/kWh. Terjadi penambahan daya sebesar 0.25 kW dan penurunan SFOC sebesar 1.23 g/kWh. Pada 1800 RPM didapatkan daya sebesar 5.37 kW dengan nilai SFOC 247.87 g/kWh; pada 1900 RPM didapatkan daya sebesar 5.55 kW dengan nilai SFOC 248.82 g/kWh; pada 2000 RPM didapatkan daya sebesar 5.76 kW dengan nilai SFOC 247.75 g/kWh; pada 2100 RPM didapatkan daya sebesar 5.92 kW dan nilai SFOC 247.99 g/kWh; pada 2200 RPM didapatkan daya sebesar 6.07 kW dengan nilai SFOC 248.39 g/kWh. Dapat disimpulkan bahwa daya terbesar dengan jumlah konsumsi bahan bakar *(*SFOC*)* terkecil dihasilkan pada beban maksimal *(full load)* pada setiap kecepatan putaran motor.

4.1.2 Analisa Peforma SFOC terhadap *Power* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada 1600 RPM sampai 2200 RPM



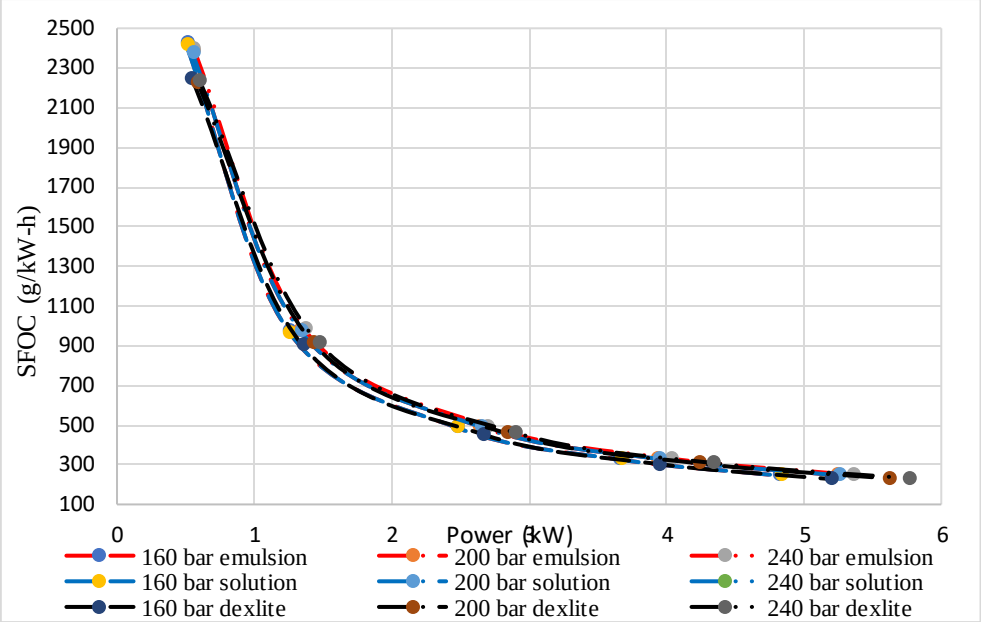
Gambar 4 10 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1600 RPM

Pada grafik gambar 4.10 dikatakan bahwa pada rpm 1600 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 1600 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 228.26, 245.45 dan 244.64 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.65, 248.55 dan 247.73 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 232.85, 249.71 dan 249.47 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 4.77 kW, 4.43 kW, dan 4.44 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 5.27 kW, 4.913 kW, dan 4.916 kW.



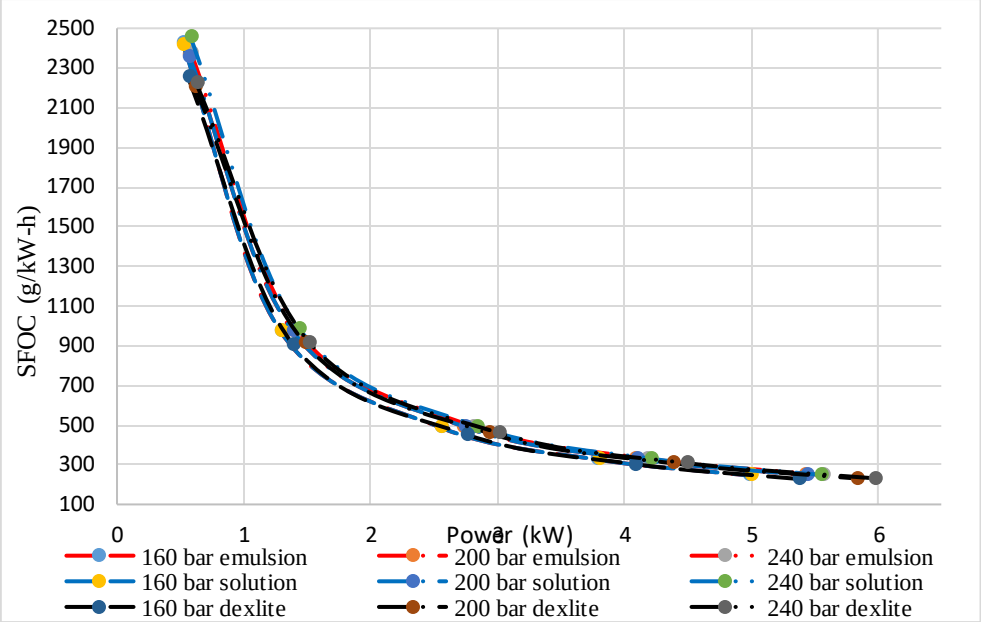
Gambar 4 11 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1700 RPM

Pada grafik gambar 4.11 dikatakan bahwa pada rpm 1700 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 1700 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 227.96, 245.24 dan 244.42 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.11, 248.06 dan 247.26 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar declite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 232.16, 249.05 dan 248.24 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 4.99 kW, 4.63 kW, dan 4.64 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 5.52, 5.14 kW, dan 5.16 kW.



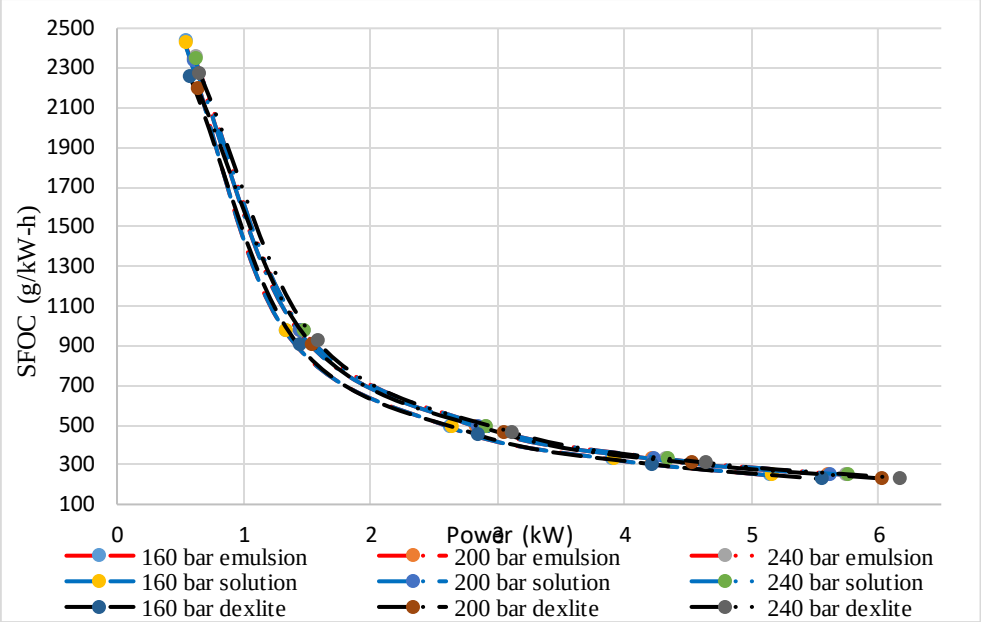
Gambar 4 12 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1800 RPM

Pada grafik gambar 4.12 dikatakan bahwa pada rpm 1800 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 1800 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 227.90, 245.31 dan 244.48 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 230.76, 247.76 dan 246.96 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.70, 248.68 dan 247.87 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 5.19 kW, 4.81 kW, dan 4.83 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 5.7 kW, 5.36 kW, dan 5.37 kW.



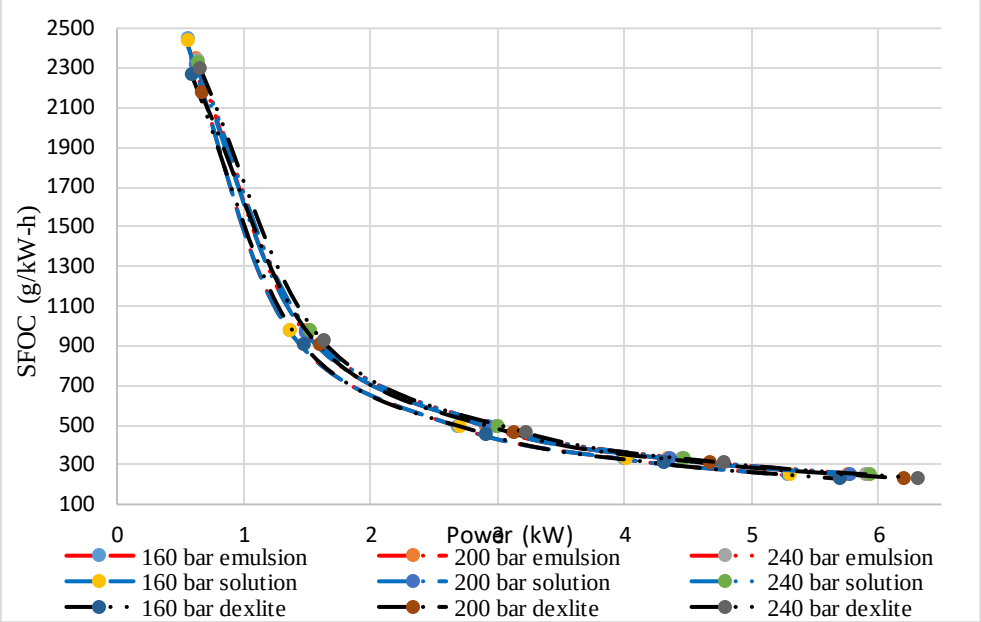
Gambar 4 13 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 1900 RPM

Pada grafik gambar 4.13 dikatakan bahwa pada rpm 1900 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 1900 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 228.09, 245.62 dan 244.81 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 230.58, 247.71 dan 246.91 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.48, 248.53 dan 248.82 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 5.37 kW, 4.98 kW, dan 5 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 5.97, 5.56 kW, dan 5.55 kW.



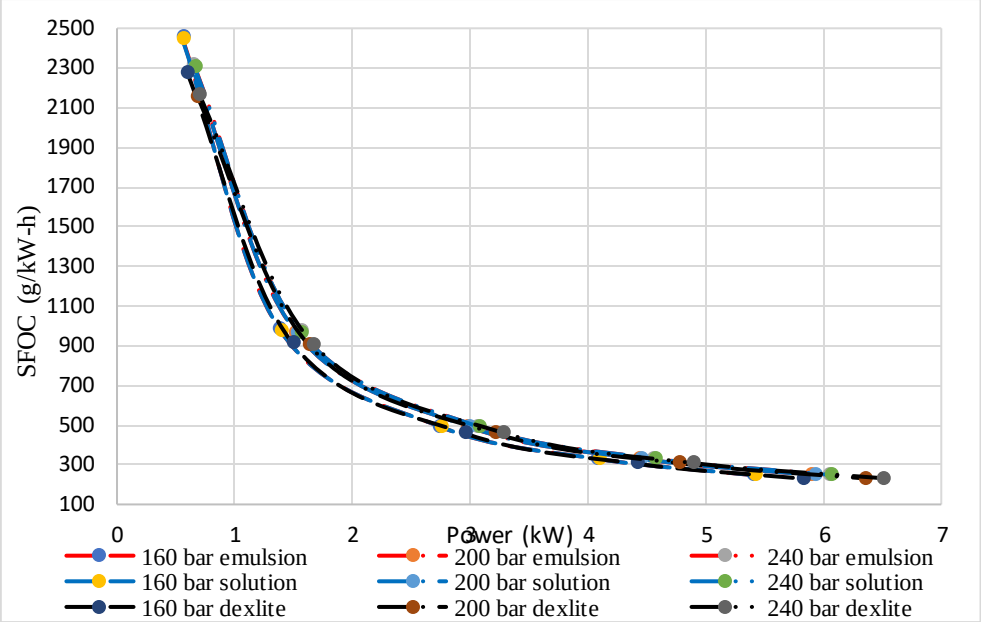
Gambar 4 14 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 2000 RPM

Pada grafik gambar 4.14 dikatakan bahwa pada rpm 2000 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 2000 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 228.40, 246.13 dan 245.28 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 230.57, 247.79 dan 247.04 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.44, 248.52 dan 247.75 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 5.54 kW, 5.14 kW, dan 5.16 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 6.17 kW, 5.74 kW, dan 5.76 kW.



Gambar 4 15 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 2100 RPM

Pada grafik gambar 4.15 dikatakan bahwa pada rpm 2100 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 2100 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 229.03, 246.93 dan 246.08 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 230.57, 248.16 dan 247.34 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 232.96, 248.82 dan 248.39 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 5.69 kW, 5.27 kW, dan 5.29 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 6.33 kW, 5.90 kW, dan 5.92 kW.

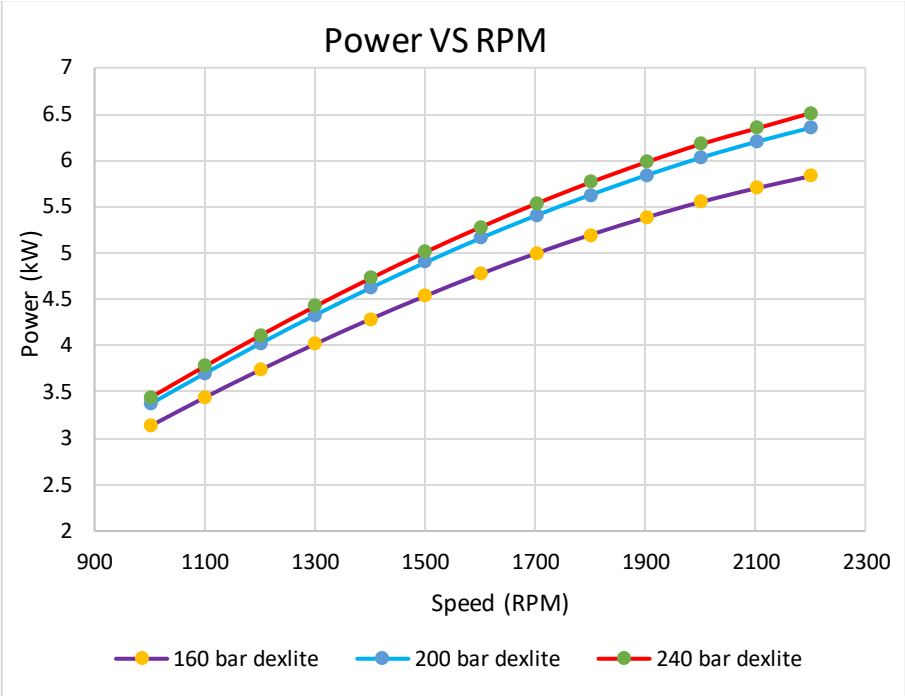


Gambar 4 16 Analisa Performa SFOC terhadap Power dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada 2200 RPM

Pada grafik gambar 4.16 dikatakan bahwa pada rpm 2200 dengan *full load* 100% maka maksimum SFOC dapat dilihat pada grafik lengkung lembah SFOC terbawah. Didapatkan hasil pada lengkung SFOC terbawah pada RPM 2200 dengan tekanan 160 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 229.77, 247.88 dan 247.03 (gr/kWh), tekanan 200 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.14, 248.61 dan 247.77 (gr/kWh), dan untuk tekanan 240 bar dexlite, emulsi dan *solution* memiliki nilai SFOC berturut-turut sebesar 231.87, 249.22 dan 248.39 (gr/kWh). Dapat disimpulkan bahwa tekanan injeksi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar, dimana pada tekanan 160 bar dimasing-masing bahan bakar, SFOC yang dihasilkan lebih baik, akan tetapi daya yang dihasilkan yaitu 5.82 kW, 5.39 kW, dan 5.41 kW masih lebih baik pada tekanan injeksi 240 bar dimasing-masing bahan bakar dengan nilai berturut- turut 6.5 kW, 6.05 kW, dan 6.07 kW.

4.1.3 Analisa Peforma *Power* terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*)

1. Perbandingan *power* terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar dexlite

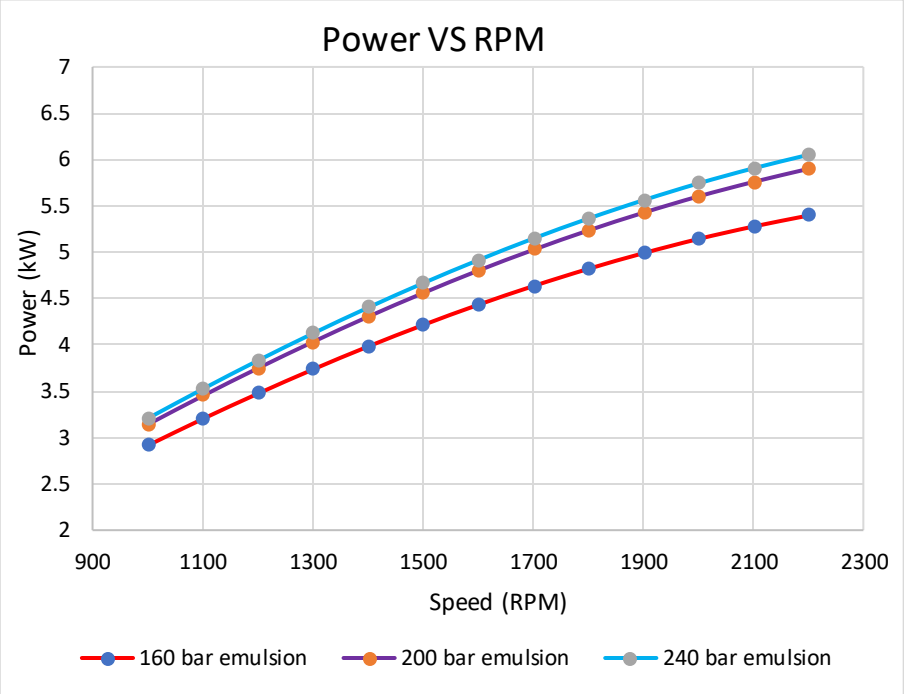


Gambar 4 17 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite

Pada gambar grafik 4.17 menunjukkan bahwa perbandingan nilai power yang dihasilkan ketika pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar dexlite pada keadaan *full load*. Terlihat jelas tingginya tekanan injeksi memberikan efek daya yang dihasilkan lebih tinggi. Jika dibandingkan daya yang dihasilkan dari tiap injeksi pada RPM 1000 didapat nilai daya berturut-turut 3.12 kW, 3.36, dan 3.43 kW; pada RPM 1100 mengasilkan nilai daya beturut-turut 3.43 kW, 3.69 kW, dan 3.77 kW ; pada RPM 1200 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.73 kW, 4.01 kW, dan 4.10 kW; pada RPM 1300 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.01 kW, 4.32 kW, dan 4.42 kW; pada RPM 1400 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.28 kW, 4.61 kW, dan 4.72 kW; pada RPM 1500 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.53 kW, 4.89 kW, dan 5 kW; pada RPM 1600 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.77 kW, 5.15 kW, dan 5.27 kW; pada RPM 1700 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.99 kW, 5.39 kW, dan 5.52 kW; pada RPM 1800 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.19 kW, 5.62 kW, dan 5.76 kW; pada RPM 1900 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.37 kW, 5.83 kW, dan 5.97 kW; pada RPM 2000 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.54 kW, 6.02 kW, dan 6.17 kW; pada RPM 2100 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.69 kW, 6.19 kW, dan 6.33 kW; dan pada RPM 2200 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.82 kW, 6.35 kW, dan 6.50 kW. Maka dapat

disimpulkan bahwa power terbesar dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar karena diameter partikel pengkabutan yang dihasilkan lebih kecil sehingga penyemprotan bahan bakar menguap lebih cepat, efeknya power yang dihasilkan lebih tinggi. Namun berdampak pada naiknya nilai NOx dapat diliat pada pembahasan hasil emisi NOx pada sub bab 4.2 karena menghasilkan laju pembakaran yang lebih cepat dan menghasilkan suhu yang lebih tinggi.

2. Perbandingan *power* terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar M15 emulsi

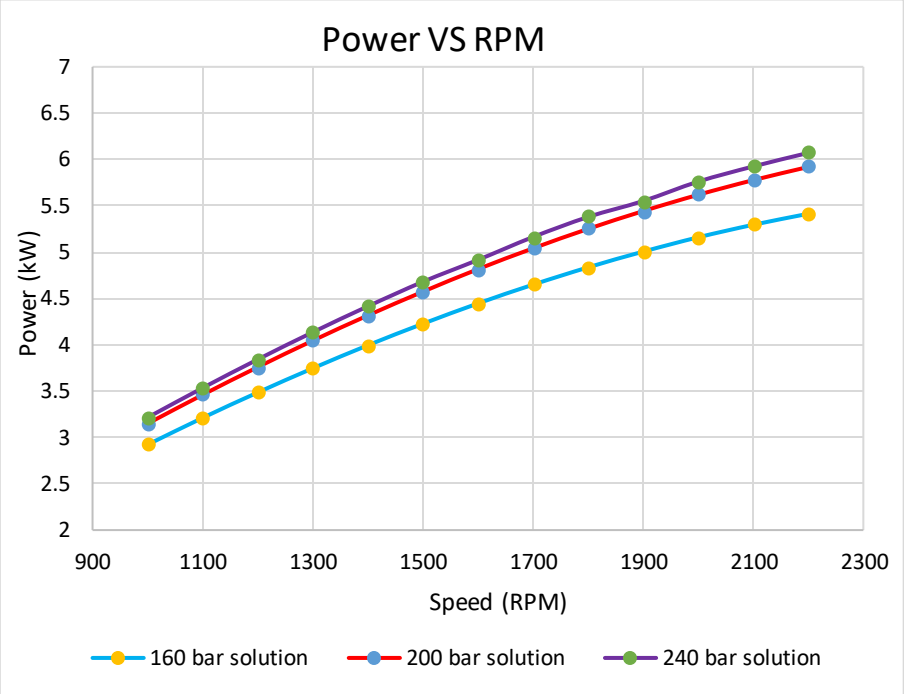


Gambar 4 18 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Emulsi

Pada gambar grafik 4.18 menunjukkan bahwa perbandingan nilai power yang dihasilkan ketika pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar emulsi pada keadaan *full load*. Terlihat jelas tingginya tekanan injeksi memberikan efek daya yang dihasilkan lebih tinggi. Jika dibandingkan daya yang dihasilkan dari tiap injeksi pada RPM 1000 didapat nilai daya berturut-turut 2.91 kW, 3.13, dan 3.20 kW; pada RPM 1100 mengasilkan nilai daya beturut-turut 3.20 kW, 3.44 kW, dan 3.52 kW ; pada RPM 1200 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.47 kW, 3.74 kW, dan 3.82 kW; pada RPM 1300 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.73 kW, 4.03 kW, dan 4.12 kW; pada RPM 1400 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.98 kW, 4.30 kW, dan 4.40 kW; pada RPM 1500 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.21 kW, 4.55 kW, dan 4.66 kW; pada RPM 1600 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.43 kW, 4.80 kW, dan 4.91 kW; pada RPM 1700 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.63 kW, 5.02 kW, dan 5.14 kW; pada RPM 1800 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.81 kW, 5.23 kW, dan 5.36 kW; pada RPM 1900

menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.98 kW, 5.42 kW, dan 5.56 kW; pada RPM 2000 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.14 kW, 5.60 kW, dan 5.74 kW; pada RPM 2100 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.27 kW, 5.75 kW, dan 5.90 kW; dan pada RPM 2200 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.39 kW, 5.89 kW, dan 6.05 kW. Maka dapat disimpulkan bahwa power terbesar dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar karena diameter partikel pengkabutan yang dihasilkan lebih kecil sehingga penyemprotan bahan bakar menguap lebih cepat, efeknya power yang dihasilkan lebih tinggi. Namun berdampak pada naiknya nilai NOx dapat diliat pada pembahasan hasil emisi NOx pada sub bab 4.2 karena menghasilkan laju pembakaran yang lebih cepat dan menghasilkan suhu yang lebih tinggi.

3. Perbandingan *power* terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar M15 *solution*

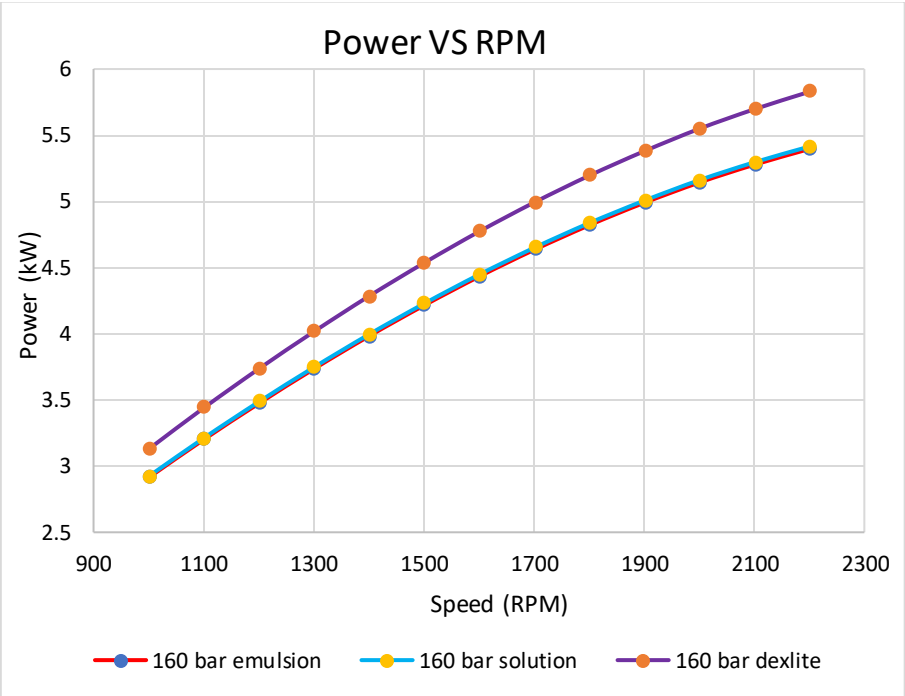


Gambar 4 19 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Solution

Pada gambar grafik 4.19 menunjukkan bahwa perbandingan nilai power yang dihasilkan ketika pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar *solution* pada keadaan *full load*. Terlihat jelas tingginya tekanan injeksi memberikan efek daya yang dihasilkan lebih tinggi. Jika dibandingkan daya yang dihasilkan dari tiap injeksi pada RPM 1000 didapat nilai daya berturut-turut 2.92 kW, 3.14, dan 3.21 kW; pada RPM 1100 mengasilkan nilai daya beturut-turut 3.21 kW, 3.46 kW, dan 3.53 kW ; pada RPM 1200 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.48 kW, 3.75 kW, dan 3.84 kW; pada RPM 1300 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.74 kW, 4.04 kW, dan 4.13 kW; pada RPM 1400 menghasilkan nilai daya beturut-turut 3.99 kW, 4.31 kW, dan 4.41 kW; pada RPM 1500 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.22 kW, 4.57 kW, dan 4.68 kW; pada RPM

1600 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.44 kW, 4.81 kW, dan 4.916 kW; pada RPM 1700 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.64 kW, 5.04 kW, dan 5.16 kW; pada RPM 1800 menghasilkan nilai daya beturut-turut 4.83 kW, 5.25 kW, dan 5.37 kW; pada RPM 1900 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5 kW, 5.44 kW, dan 5.55 kW; pada RPM 2000 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.16 kW, 5.61 kW, dan 5.76 kW; pada RPM 2100 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.29 kW, 5.77 kW, dan 5.92 kW; dan pada RPM 2200 menghasilkan nilai daya beturut-turut 5.41 kW, 5.91 kW, dan 6.07 kW. Maka dapat disimpulkan bahwa power terbesar dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar karena diameter partikel pengkabutan yang dihasilkan lebih kecil sehingga penyemprotan bahan bakar menguap lebih cepat, efeknya power yang dihasilkan lebih tinggi. Namun berdampak pada naiknya nilai NOx dapat diliat pada pembahasan hasil emisi NOx pada sub bab 4.2 karena menghasilkan laju pembakaran yang lebih cepat dan menghasilkan suhu yang lebih tinggi.

4. Perbandingan *power* terhadap variabel kecepatan dengan 160 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*

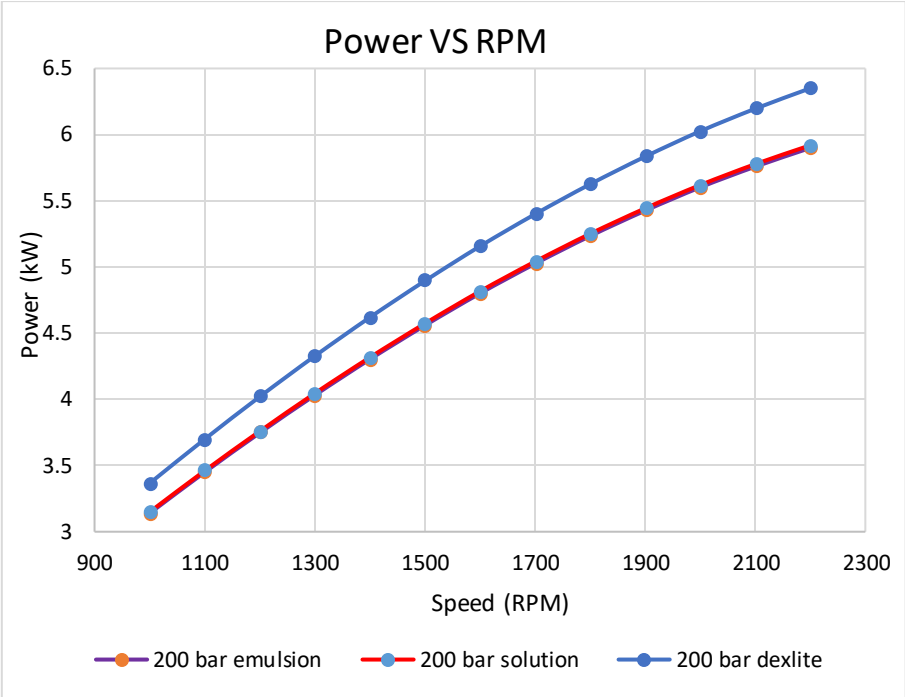


Gambar 4 20 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.20 menunjukkan bahwa perbandingan nilai power yang dihasilkan ketika pada tekanan 160 bar menggunakan bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*. Terlihat perbedaan bahan bakar yang digunakan memberikan efek daya yang berbeda beda. Daya yang dihasilkan dari tiap bahan bakar pada RPM 1000 didapat nilai daya berturut-turut 3.12 kW, 2.91 kW, dan 2.92 kW. Bahan bakar dexlite akan selalu unggul dari segi daya yang dihasilkan jika dibandingkan dengan bahan bakar emulsi dan *solution*. Jika dibandingkan daya maksimum yang dihasilkan pada RPM 2200 dengan

nilai daya berturut-turut sebesar 5.82 kW, 5.39 kW, dan 4.41 kW. Maka dapat disimpulkan bahan bakar dexlite lebih bagus dalam menghasilkan daya karena memiliki nilai kalor yang lebih tinggi.

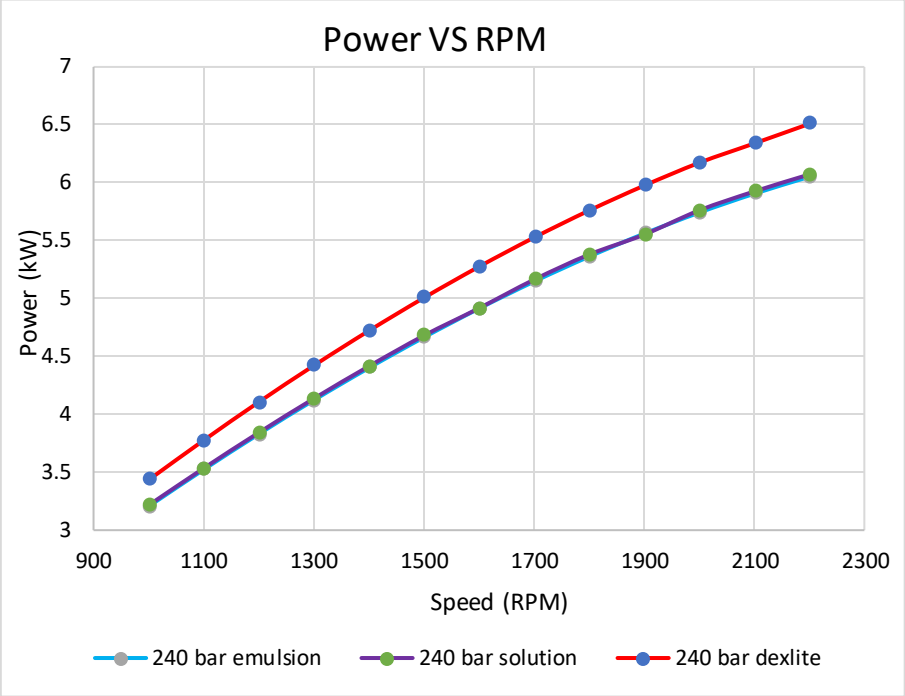
5. Perbandingan *power* terhadap variabel kecepatan dengan 200 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution*



Gambar 4 21 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 200 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.21 menunjukkan bahwa perbandingan nilai power yang dihasilkan ketika pada tekanan 200 bar menggunakan bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*. Terlihat perbedaan bahan bakar yang digunakan memberikan efek daya yang berbeda beda. Daya yang dihasilkan dari tiap bahan bakar pada RPM 1000 didapat nilai daya berturut-turut 3.36 kW, 3.13 kW, dan 3.14 kW. Bahan bakar dexlite akan selalu unggul dari segi daya yang dihasilkan jika dibandingkan dengan bahan bakar emulsi dan *solution*. Jika dibandingkan daya maksimum yang dihasilkan pada RPM 2200 dengan nilai daya berturut-turut sebesar 6.35 kW, 5.89 kW, dan 5.91 kW. Maka dapat disimpulkan bahan bakar dexlite lebih bagus dalam menghasilkan daya karena memiliki nilai kalor yang lebih tinggi.

6. Perbandingan *power* terhadap variabel kecepatan dengan 240 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution*

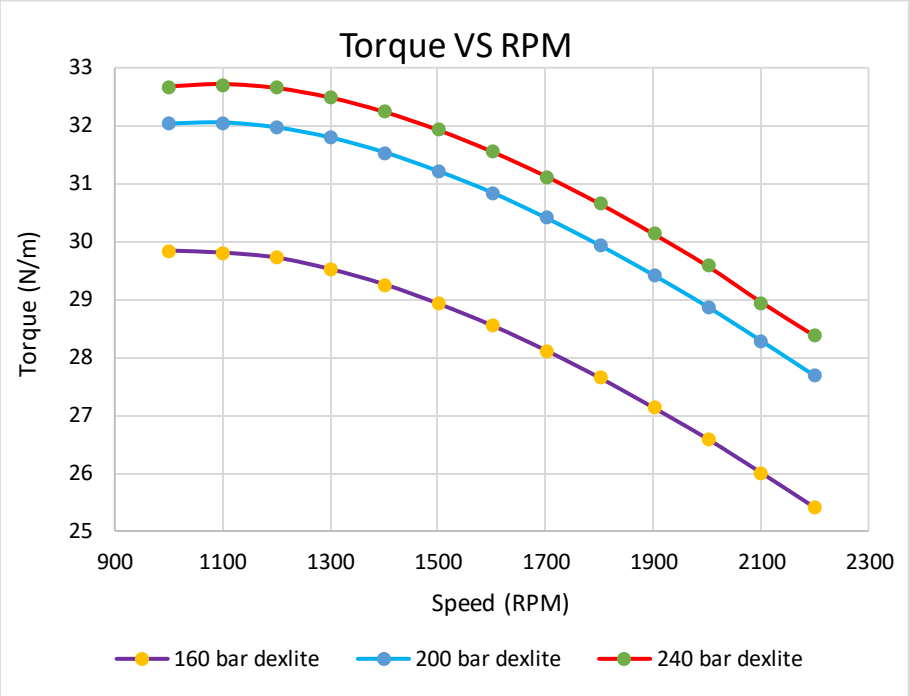


Gambar 4 22 Perbandingan Power terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.22 menunjukkan bahwa perbandingan nilai power yang dihasilkan ketika pada tekanan 240 bar menggunakan bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*. Terlihat perbedaan bahan bakar yang digunakan memberikan efek daya yang berbeda beda. Daya yang dihasilkan dari tiap bahan bakar pada RPM 1000 didapat nilai daya berturut-turut 3.43 kW, 3.2 kW, dan 3.21 kW. Bahan bakar dexlite akan selalu unggul dari segi daya yang dihasilkan jika dibandingkan dengan bahan bakar emulsi dan *solution*. Jika dibandingkan daya maksimum yang dihasilkan pada RPM 2200 dengan nilai daya berturut-turut sebesar 6.50 kW, 6.05 kW, dan 6.07 kW. Maka dapat disimpulkan bahan bakar dexlite lebih bagus dalam menghasilkan daya karena memiliki nilai kalor yang lebih tinggi.

4.1.4 Analisa Peforma Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*)

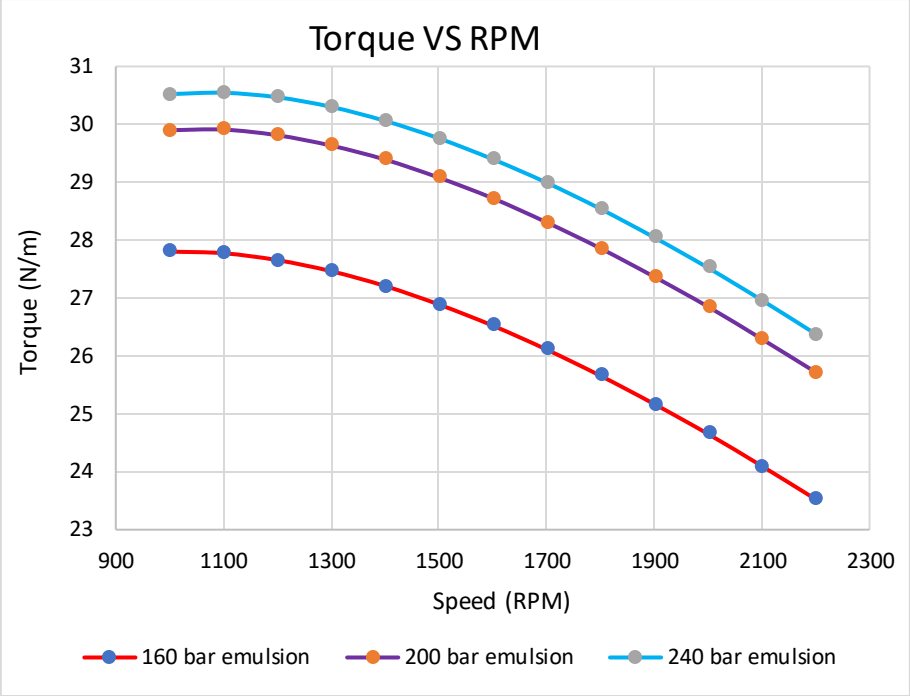
1. Perbandingan torsi terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar dexlite



Gambar 4 23 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160,200, dan 240 bar pada Dexlite

Pada grafik gambar 4.23 menunjukkan perbandingan nilai torsi yang dihasilkan ketika pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar dexlite dengan kondisi *full load*. Nilai torsi maksimum pada tekanan injeksi 160 bar terjadi pada RPM 1000 dengan nilai 29.84 Nm. Untuk tekanan injeksi 200 bar torsi maksimum yang dihasilkan terjadi pada RPM 1100 dengan nilai 32.05 Nm. Sedangkan untuk tekanan injeksi 240 bar torsi maksimum yang dihasilkan terjadi pada RPM 1100 dengan nilai 32.71 Nm. Adanya variasi tekanan injeksi memberikan dampak torsi yang berbeda-beda. Dapat disimpulkan semakin bertambahnya kecepatan berdampak pada penurunan torsi. Dan torsi terendah pada masing-masing tekanan injeksi terjadi pada RPM 2200 dengan nilai berturut-turut 25.40 Nm, 27.67 Nm, dan 28.36 Nm.

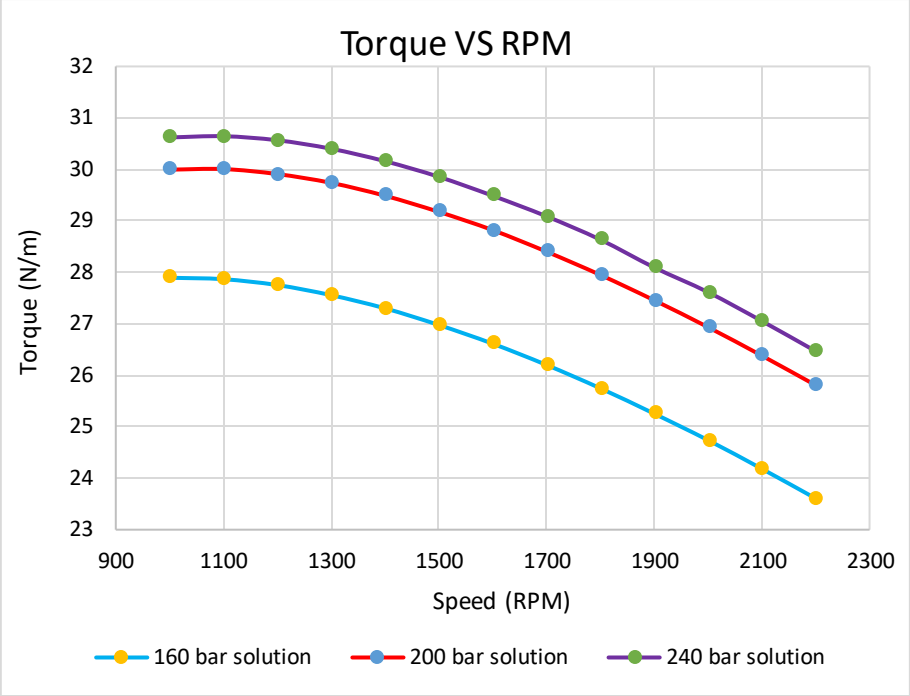
2. Perbandingan torsi terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar M15 emulsi



Gambar 4 24 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160,200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Emulsi

Pada grafik gambar 4.24 menunjukkan perbandingan nilai torsi yang dihasilkan ketika pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar emulsi dengan kondisi *full load*. Nilai torsi maksimum pada tekanan injeksi 160 bar terjadi pada RPM 1000 dengan nilai 27.80 Nm. Untuk tekanan injeksi 200 bar torsi maksimum yang dihasilkan terjadi pada RPM 1100 dengan nilai 29.90 Nm. Sedangkan untuk tekanan injeksi 240 bar torsi maksimum yang dihasilkan terjadi pada RPM 1100 dengan nilai 30.54 Nm. Adanya variasi tekanan injeksi memberikan dampak torsi yang berbeda-beda. Dapat disimpulkan semakin bertambahnya kecepatan berdampak pada penurunan torsi. Dan torsi terendah pada masing-masing tekanan injeksi terjadi pada RPM 2200 dengan nilai berturut-turut 23.52 Nm, 25.71 Nm, dan 26.37 Nm.

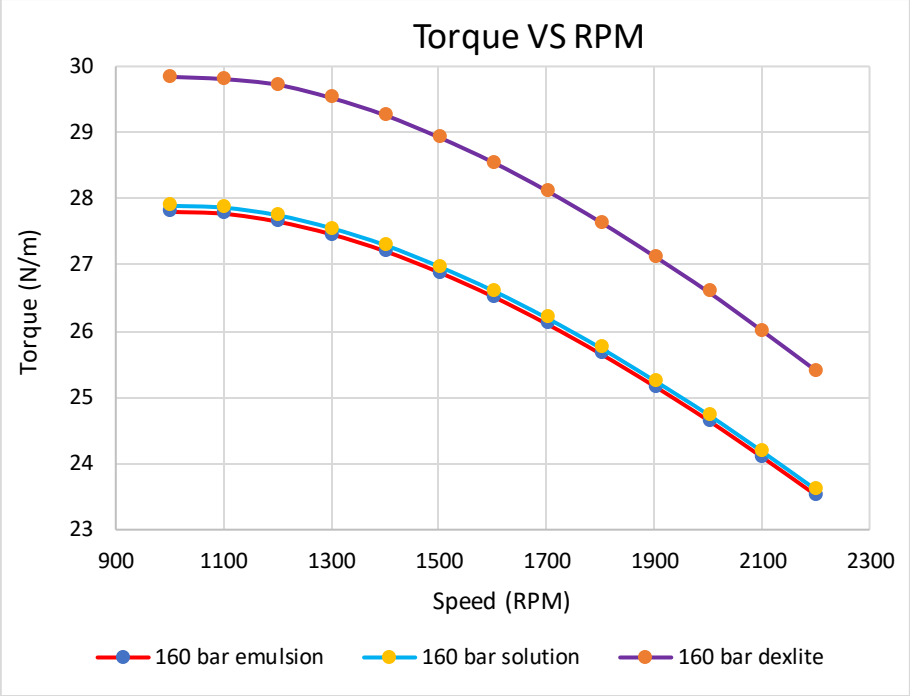
3. Perbandingan torsi terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar M15 *solution*



Gambar 4 25 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160,200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Solution

Pada grafik gambar 4.25 menunjukkan perbandingan nilai torsi yang dihasilkan ketika pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar *solution* dengan kondisi *full load*. Nilai torsi maksimum pada tekanan injeksi 160 bar terjadi pada RPM 1000 dengan nilai 27.89 Nm. Untuk tekanan injeksi 200 bar torsi maksimum yang dihasilkan terjadi pada RPM 1100 dengan nilai 30 Nm. Sedangkan untuk tekanan injeksi 240 bar torsi maksimum yang dihasilkan terjadi pada RPM 1100 dengan nilai 30.64 Nm. Adanya variasi tekanan injeksi memberikan dampak torsi yang berbeda-beda. Dapat disimpulkan semakin bertambahnya kecepatan berdampak pada penurunan torsi. Dan torsi terendah pada masing-masing tekanan injeksi terjadi pada RPM 2200 dengan nilai berturut-turut 23.60 Nm, 25.80 Nm, dan 26.46 Nm.

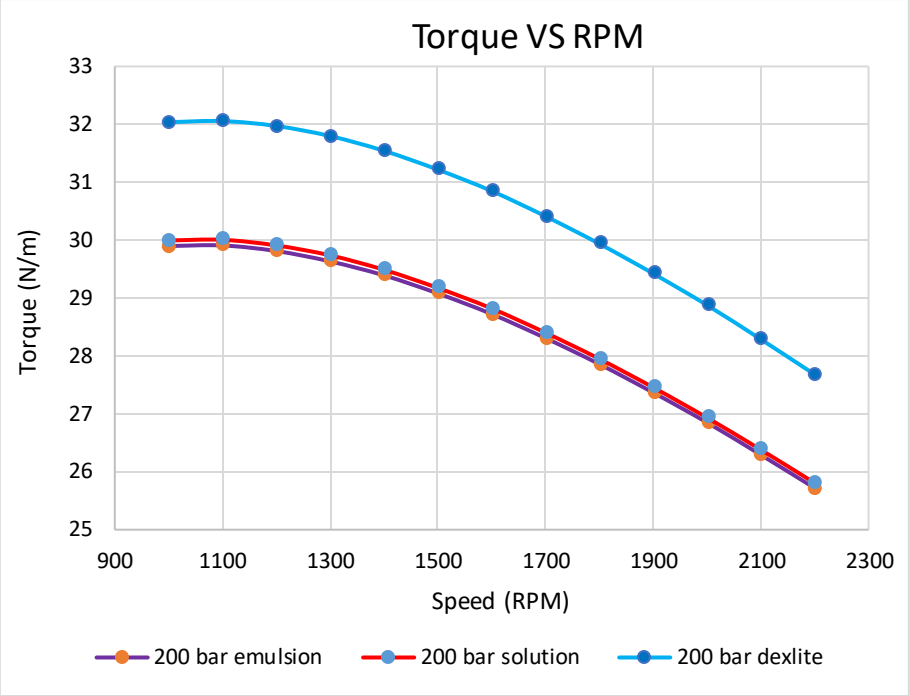
4. Perbandingan torsi terhadap variabel kecepatan dengan 160 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution*



Gambar 4 26 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi, dan Solution

Pada grafik gambar 4.26 menunjukkan perbandingan nilai torsi yang dihasilkan ketika tekanan 160 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* dengan kondisi *full load*. Perbedaan bahan bakar berdampak pada hasil torsi maksimum di tekanan injeksi 160 bar pada 1000 RPM. Pada bahan bakar emulsi dan *solution* tidak ada perbebaan yang signifikan dengan nilai 27.80 Nm dan 27.89 Nm, sedangkan pada bahan bakar dexlite nilai torsi maksimumnya adalah 29.84 Nm. Terdapat penurunan nilai pada saat menggunakan bahan bakar campuran (emulsi dan *solution*), itu terjadi karena perbedaan nilai kalor dari masing masing bahan bakar. Dapat disimpulkan penggunaan dexlite lebih baik dari segi torsi.

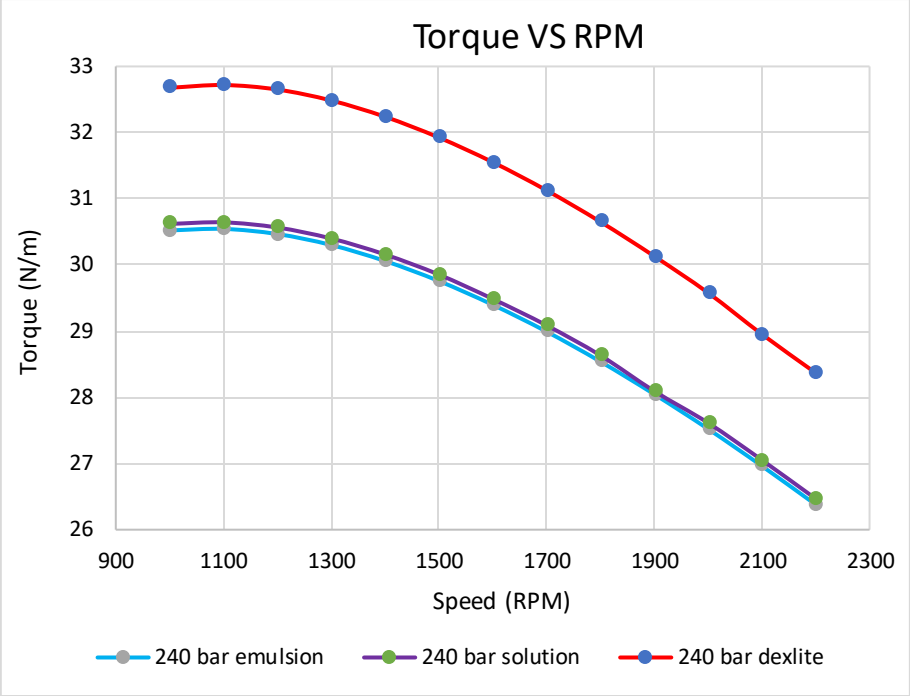
5. Perbandingan torsi terhadap variabel kecepatan dengan 200 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution*



Gambar 4 27 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 200 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.27 menunjukkan perbandingan nilai torsi yang dihasilkan ketika tekanan 200 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* dengan kondisi *full load*. Perbedaan bahan bakar berdampak pada hasil torsi maksimum di tekanan injeksi 200 bar pada 1100 RPM. Pada bahan bakar emulsi dan *solution* tidak ada perbebaan yang signifikan dengan nilai 29.90 Nm dan 30 Nm, sedangkan pada bahan bakar dexlite nilai torsi maksimumnya adalah 32 Nm. Terdapat penurunan nilai pada saat menggunakan bahan bakar campuran (emulsi dan *solution*), itu terjadi karena perbedaan nilai kalor dari masing masing bahan bakar. Dapat disimpulkan penggunaan dexlite lebih baik dari segi torsi.

6. Perbandingan torsi terhadap variabel kecepatan dengan 240 bar pada bahan bakar M15 emulsi dan *solution*

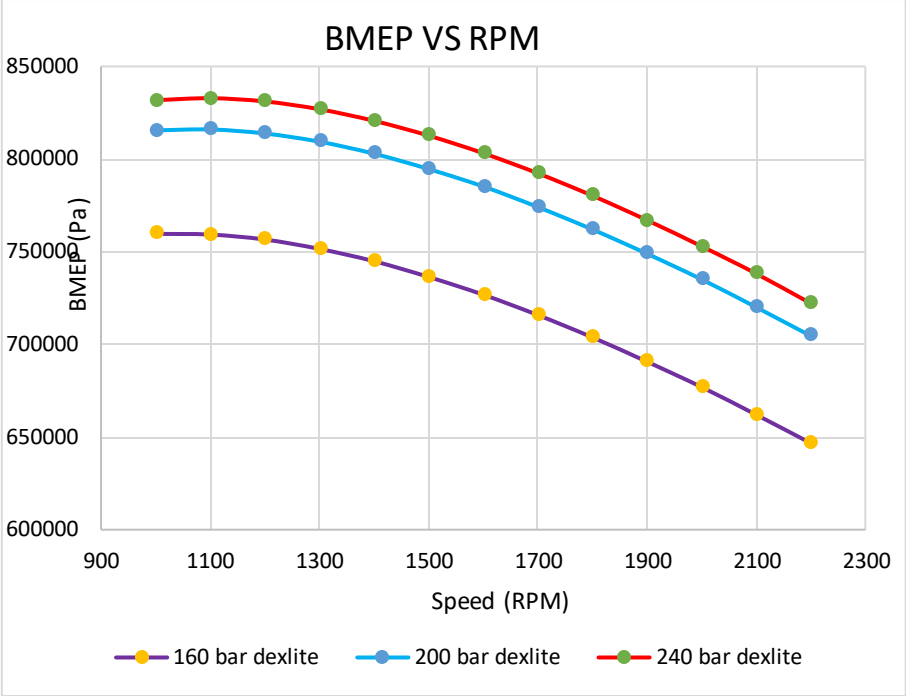


Gambar 4 28 Perbandingan Torsi terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.28 menunjukkan perbandingan nilai torsi yang dihasilkan ketika tekanan 240 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* dengan kondisi *full load*. Perbedaan bahan bakar berdampak pada hasil torsi maksimum di tekanan injeksi 240 bar pada 1100 RPM. Pada bahan bakar emulsi dan *solution* tidak ada perbebaan yang signifikan dengan nilai 30.54 Nm dan 30.64 Nm, sedangkan pada bahan bakar dexlite nilai torsi maksimumnya adalah 32.71 Nm. Terdapat penurunan nilai pada saat menggunakan bahan bakar campuran (emulsi dan *solution*), itu terjadi karena perbedaan nilai kalor dari masing masing bahan bakar. Dapat disimpulkan penggunaan dexlite lebih baik dari segi torsi.

4.1.5 Analisa Peforma BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*)

1. Perbandingan BMEP terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar dexlite

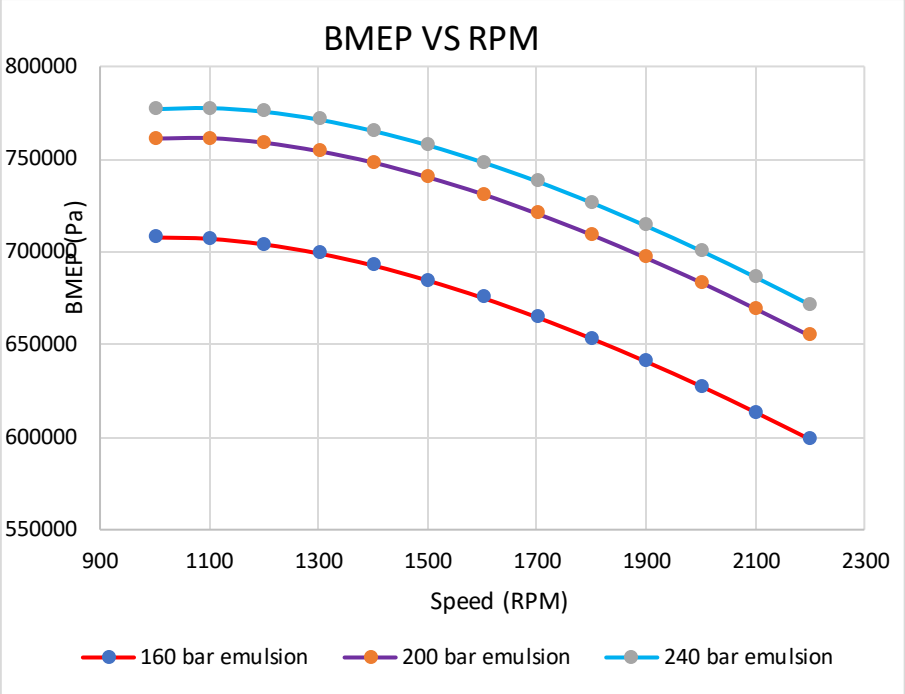


Gambar 4 29 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite

Pada grafik gambar 4.29 menunjukkan bahwa perbandingan nilai BMEP yang dihasilkan pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar dexlite dengan kondisi *full load*. Jika diurutkan hasil dari nilai BMEP maksimum yaitu pada tekanan injeksi 240 bar, 200 bar, dan 160 bar. Jika dibandingkan nilai BMEP maksimum terjadi pada RPM 1100 pada tekanan injeksi 200 bar dan 240 bar. Sedangkan pada tekanan injeksi 160 bar, nilai BMEP maksimum terjadi pada RPM 1000. Pada injeksi 160 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 759633.1 Pa, lalu pada injeksi 200 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 815961.8 Pa, dan untuk tekanan injeksi 240 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 832834.1 Pa.

Dan untuk nilai terendah dari BMEP terjadi pada RPM 2200 di semua tekanan injeksi. Pada 160 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 646685.3 Pa, lalu pada tekanan injeksi 200 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 704565.3 Pa, dan untuk tekanan injeksi 240 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 722089.8 Pa. Dari grafik, dapat kita simpulkan bahwa bertambahnya RPM berdampak pada menurunnya nilai dari BMEP.

2. Perbandingan BMEP terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar emulsi

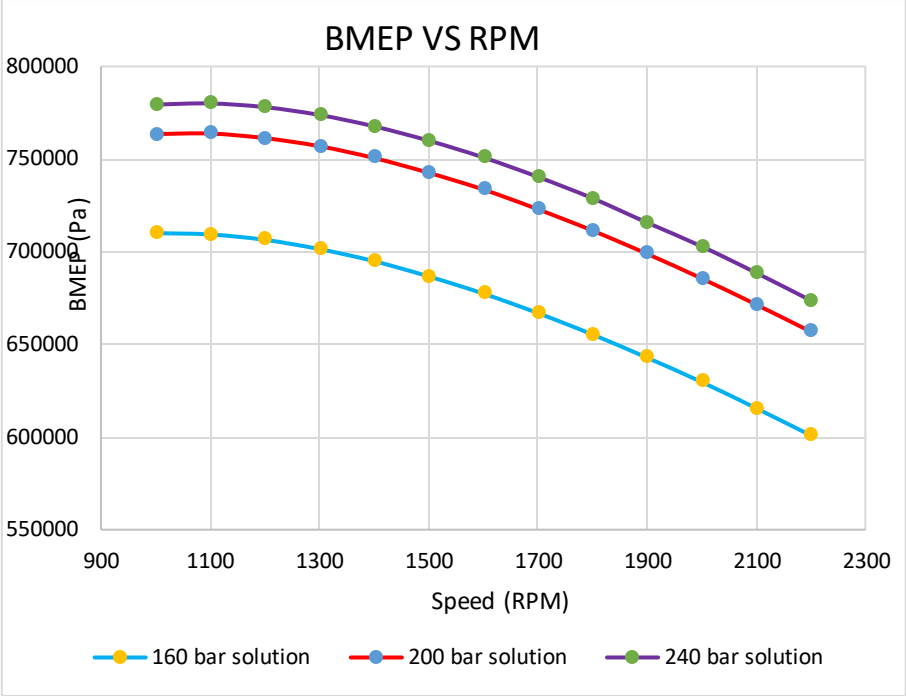


Gambar 4 30 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Emulsi

Pada grafik gambar 4.30 menunjukkan bahwa perbandingan nilai BMEP yang dihasilkan pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar emulsi dengan kondisi *full load*. Jika diurutkan hasil dari nilai BMEP maksimum yaitu pada tekanan injeksi 240 bar, 200 bar, dan 160 bar. Jika dibandingkan nilai BMEP maksimum terjadi pada RPM 1100 pada tekanan injeksi 200 bar dan 240 bar. Sedangkan pada tekanan injeksi 160 bar, nilai BMEP maksimum terjadi pada RPM 1000. Pada injeksi 160 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 707685.5 Pa, lalu pada injeksi 200 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 761299.9 Pa, dan untuk tekanan injeksi 240 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 777491.7 Pa.

Dan untuk nilai terendah dari BMEP terjadi pada RPM 2200 di semua tekanan injeksi. Pada 160 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 598799.4 Pa, lalu pada tekanan injeksi 200 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 654644.2 Pa, dan untuk tekanan injeksi 240 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 671445.9 Pa. Dari grafik, dapat kita simpulkan bahwa bertambahnya RPM berdampak pada menurunnya nilai dari BMEP.

3. Perbandingan BMEP terhadap variabel kecepatan dengan 160, 200, dan 240 bar pada bahan bakar *solution*

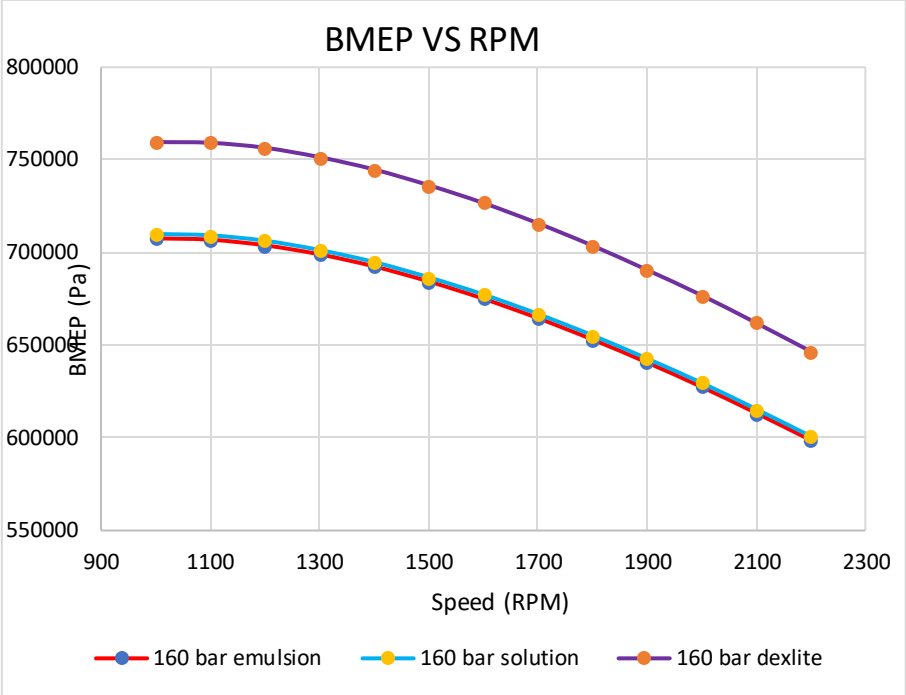


Gambar 4 31 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Variasi Tekanan 160, 200, dan 240 bar pada Bahan Bakar Solution

Pada grafik gambar 4.31 menunjukkan bahwa perbandingan nilai BMEP yang dihasilkan pada tekanan 160, 200, 240 bar menggunakan bahan bakar *solution* dengan kondisi *full load*. Jika diurutkan hasil dari nilai BMEP maksimum yaitu pada tekanan injeksi 240 bar, 200 bar, dan 160 bar. Jika dibandingkan nilai BMEP maksimum terjadi pada RPM 1100 pada tekanan injeksi 200 bar dan 240 bar. Sedangkan pada tekanan injeksi 160 bar, nilai BMEP maksimum terjadi pada RPM 1000. Pada injeksi 160 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 710030 Pa, lalu pada injeksi 200 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 763769.8 Pa, dan untuk tekanan injeksi 240 bar BMEP maksimum yang dihasilkan adalah 780013.9 Pa.

Dan untuk nilai terendah dari BMEP terjadi pada RPM 2200 di semua tekanan injeksi. Pada 160 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 600879.8 Pa, lalu pada tekanan injeksi 200 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 656866.8 Pa, dan untuk tekanan injeksi 240 bar BMEP terendah yang dihasilkan adalah 673694.9 Pa. Dari grafik, dapat kita simpulkan bahwa bertambahnya RPM berdampak pada menurunnya nilai dari BMEP.

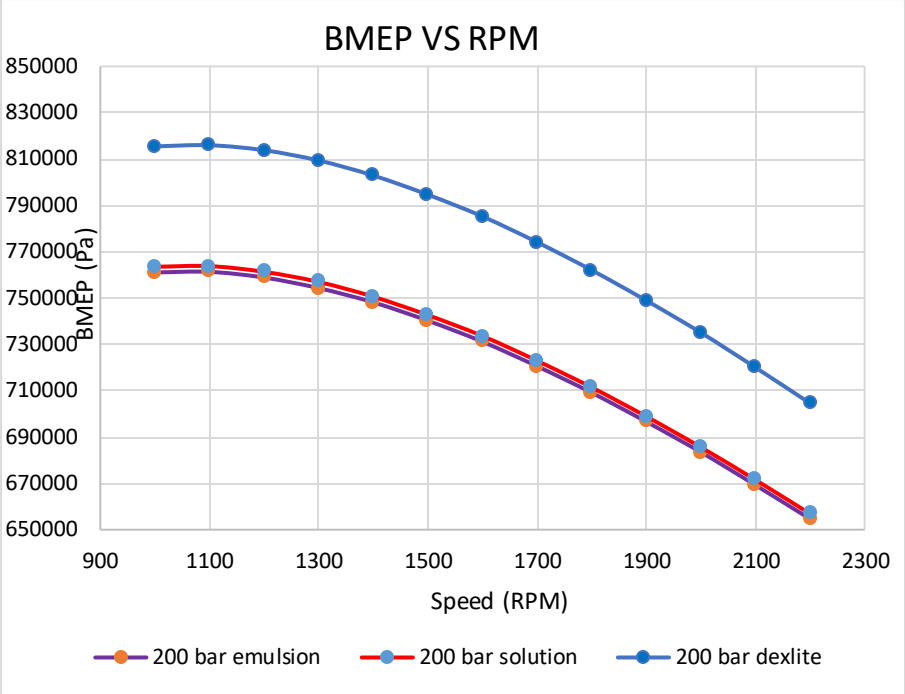
4. Perbandingan BMEP terhadap variabel kecepatan dengan 160 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*



Gambar 4 32 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 160 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.32 menunjukkan perbandingan nilai BMEP yang dihasilkan ketika tekanan 160 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* dengan kondisi *full load*. Perbedaan bahan bakar berdampak pada hasil BMEP maksimum di tekanan injeksi 160 bar pada 1000 RPM. Pada bahan bakar emulsi dan *solution* tidak ada perbebaan yang signifikan dengan nilai 707685.5 Pa dan 710030 Pa, sedangkan pada bahan bakar dexlite nilai BMEP maksimumnya adalah 759633.1 Pa. Terdapat penurunan nilai pada saat menggunakan bahan bakar campuran (emulsi dan *solution*), itu terjadi karena perbedaan nilai kalor dari masing masing bahan bakar. Dapat disimpulkan penggunaan dexlite lebih baik dari segi BMEP yang dihasilkan.

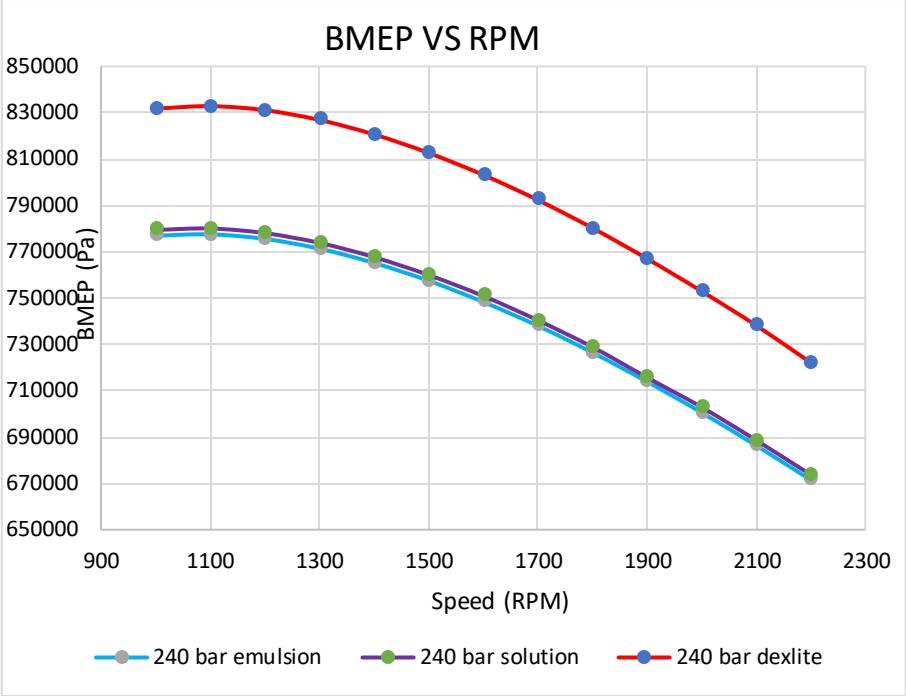
5. Perbandingan BMEP terhadap variabel kecepatan dengan 200 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*



Gambar 4 33 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 200 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.33 menunjukkan perbandingan nilai BMEP yang dihasilkan ketika tekanan 200 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* dengan kondisi *full load*. Perbedaan bahan bakar berdampak pada hasil BMEP maksimum di tekanan injeksi 200 bar pada 1100 RPM. Pada bahan bakar emulsi dan *solution* tidak ada perbebaan yang signifikan dengan nilai 761299.9 Pa dan 763769.3 Pa, sedangkan pada bahan bakar dexlite nilai BMEP maksimumnya adalah 815961.8 Pa. Terdapat penurunan nilai pada saat menggunakan bahan bakar campuran (emulsi dan *solution*), itu terjadi karena perbedaan nilai kalor dari masing masing bahan bakar. Dapat disimpulkan penggunaan dexlite lebih baik dari segi BMEP yang dihasilkan.

6. Perbandingan BMEP terhadap variabel kecepatan dengan 240 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution*

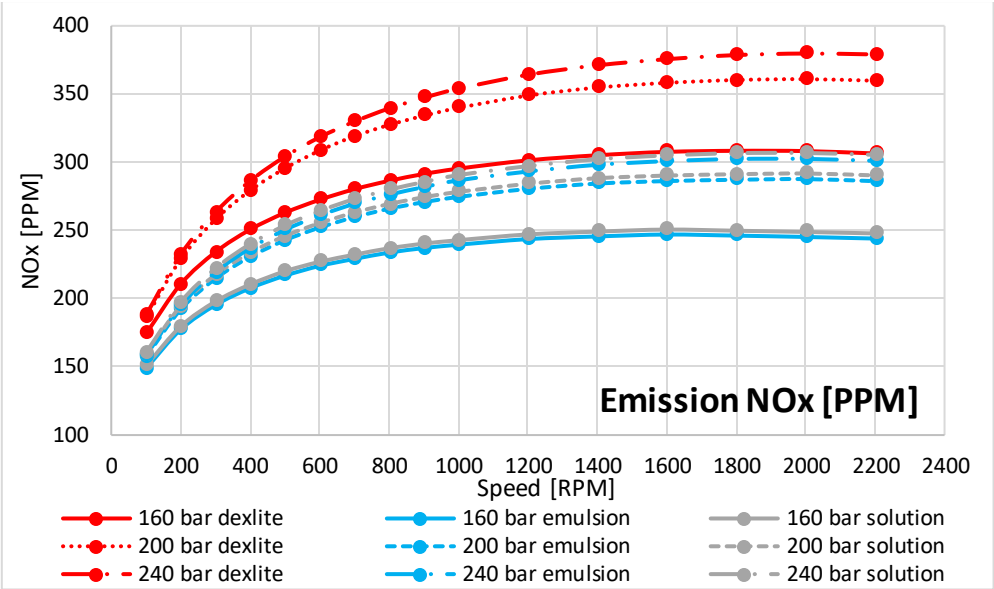


Gambar 4 34 Perbandingan BMEP terhadap Variasi Kecepatan dengan Tekanan 240 bar pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan Solution

Pada grafik gambar 4.34 menunjukkan perbandingan nilai BMEP yang dihasilkan ketika tekanan 240 bar pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* dengan kondisi *full load*. Perbedaan bahan bakar berdampak pada hasil BMEP maksimum di tekanan injeksi 240 bar pada 1100 RPM. Pada bahan bakar emulsi dan *solution* tidak ada perbebaan yang signifikan dengan nilai 777491.7 Pa dan 780013.9 Pa, sedangkan pada bahan bakar dexlite nilai BMEP maksimumnya adalah 832834.1 Pa. Terdapat penurunan nilai pada saat menggunakan bahan bakar campuran (emulsi dan *solution*), itu terjadi karena perbedaan nilai kalor dari masing masing bahan bakar. Dapat disimpulkan penggunaan dexlite lebih baik dari segi BMEP yang dihasilkan.

4.2 Analisa Pengaruh Variasi Tekanan Injeksi dengan Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) pada Hasil Emisi Nox

Analisa terhadap emisi NOx dilakukan untuk mengetahui nilai emisi NOx antara tekanan injeksi 160 bar, 200 bar, dan 240 bar menggunakan bahan bakar dexlite dan campuran dexlite-metanol (emulsi dan *solution*). Uji coba dilakukan pada putaran mesin 100 RPM sampai 2200 RPM dengan beban 100%. Berikut dibawah ini merupakan grafik perbandingan hasil emisi NOx (PPM) ditiap variasi tekanan injeksi dan variasi bahan bakar.



Gambar 4 35 Analisa Perbandingan Emisi NOx (PPM) pada Variasi Tekanan dan Variasi Bahan Bakar

Pada gambar grafik 4.35 diatas menunjukkan hasil kandungan NOx yang dihasilkan oleh variasi tekanan injeksi dan variasi bahan bakar pada beban 100%. NOx akan mengalami peningkatan saat kecepatan mesin bertambah namun pada RPM 2200 mengalami penurunan NOx dari masing-masing variasi tekanan injeksi dan variasi bahan bakar. Pada beban 100% dan RPM 2200 kandungan emisi NOx pada tekanan injeksi 160 bar dengan bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution* berturut-turut adalah 306.41 PPM, 244.04 PPM dan 247.79 PPM. Dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya penambahan metanol mampu mengurangi kandungan NOx hasil dari pembakaran. Selanjutnya pada tekanan injeksi 200 bar dengan bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution* berturut-turut sebesar 359.73 PPM, 286 PPM, dan 290.32 PPM. Pada tekanan injeksi 240 bar dengan bahan bakar dexlite, emulsi dan *solution* menghasilkan kadar NOx berturut-turut sebesar 379 PPM, 300.98 PPM dan 305.43 PPM. Dapat disimpulkan adanya penambahan tekanan injeksi membuat kadar emisi NOx semakin besar karena diikuti oleh kenaikan tekanan dan temperatur didalam silinder pada proses pembakaran.

4.3 Pembahasan Performa dan Emisi

4.3.1 Pembahasan Performa dari Variasi Tekanan Injeksi pada Variasi Bahan Bakar

Hasil dari adanya variasi tekanan injeksi dengan menggunakan bahan bakar campuran dexlite-metanol berpengaruh terhadap performa yang dihasilkan, terlihat bahwa meningkatkan tekanan injeksi mampu menghasilkan performa yang lebih besar. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan grafik SFOC ditunjukan pada gambar 4.1 sampai 4.9. Pada gambar grafik tersebut didapat bahwa dengan menaikkan tekanan injeksi memberikan kenaikan pada nilai SFOC (*Specific Fuel Oil Consumption*). Adanya penurunan dan peningkatan performa pada saat mengurangi tekanan injeksi dan

menambah tekanan injeksi dari tekanan standar yaitu 200 bar. SFOC mengalami penurunan sebesar 0.5% pada tekanan 160 bar dan peningkatan SFOC sebesar 0.3% pada tekanan 240 bar dengan bahan bakar dexlite pada putaran 2200 RPM. Lalu pada bahan bakar emulsi, SFOC mengalami penurunan sebesar 0.2% pada tekanan 160 bar dan peningkatan SFOC sebesar 0.2% pada tekanan 240 bar. Selanjutnya pada bahan bakar *solution* SFOC mengalami penurunan sebesar 0.3% pada tekanan 160 bar dan mengalami peningkatan sebesar 0.25% pada tekanan 240 bar. Pada gambar grafik 4.10 sampai 4.16 terlihat bahwa penambahan metanol pada bahan bakar dexlite berdampak pada penurunan performa yang dihasilkan. SFOC tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar emulsi dari tiap-tiap tekanan injeksi. Pada tekanan 160 bar emulsi didapat nilai SFOC sebesar 247.88 g/kW dan mengalami penurunan sebesar 0.34% pada bahan bakar *solution* dan penurunan sebesar 7.3% pada bahan bakar dexlite. Pada tekanan 200 bar emulsi didapat nilai SFOC sebesar 248.61 g/kW dan mengalami penurunan sebesar 0.33% pada bahan bakar *solution* dan penurunan sebesar 7% pada bahan bakar dexlite. Selanjutnya pada tekanan 240 bar emulsi didapat nilai SFOC sebesar 249.22 g/kW dan mengalami penurunan sebesar 0.33% pada bahan bakar *solution* dan penurunan sebesar 7% pada bahan bakar dexlite.

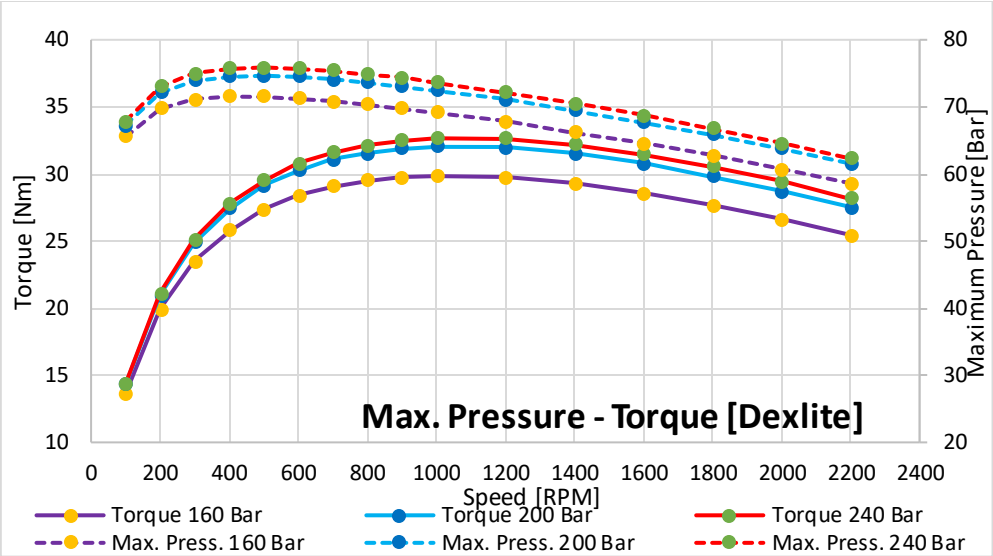
Pada gambar grafik 4.17 sampai 4.22 didapat daya maksimum dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar dengan variasi bahan bakar. Pada bahan bakar dexlite, emulsi, dan *solution* menghasilkan daya maksimum berturut-turut sebesar 6.5 kW, 6.07 kW, dan 6.05 kW. Dan mengalami penurunan daya pada saat adanya penambahan metanol terhadap bahan bakar dexlite. Pada gambar grafik 4.23 sampai 4.28 torsi maksimum terjadi pada putaran mesin 1100 RPM dengan tekanan injeksi 240 bar. Dimana pada tekanan 240 bar dengan bahan bakar emulsi menghasilkan torsi sebesar 26.37 Nm dan mengalami peningkatan sebesar 0.34% dengan bahan bakar *solution* dan peningkatan sebesar 7.5% dengan bahan bakar dexlite. Pada gambar grafik 4.29 sampai 4.34 BMEP tertinggi dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar. Dimana pada tekanan 240 bar dengan bahan bakar emulsi menghasilkan BMEP sebesar 671445.9 Pa dan mengalami peningkatan sebesar 0.33% dengan bahan bakar *solution* dan peningkatan sebesar 7.5% dengan bahan bakar dexlite. Dari hasil pengujian performa diatas bahwa pada tekanan injeksi 240 bar mengalami peningkatan performa yang lebih besar dibandingkan dengan tekanan 160 bar dan 220 bar. Dan terjadi penurunan performa diakibatkan penambahan metanol terhadap bahan bakar dexlite karena mengalami penurunan nilai kalor.

4.3.2 Pembahasan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite dan (Emulsi dan *Solution*) dalam Pembentukan NOx

Pada grafik emisi yang dapat dilihat pada 4.35 bahwa variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar dexlite dan campuran dexlite-metanol (emulsi dan *solution*) berpengaruh pada hasil emisi NOx. NOx terbentuk karena apabila pada silinder saat proses pembakaran (*combustion*) mengalami kenaikan temperatur, jika proses pembakaran mengalami penurunan temperatur maka Nox yang dihasilkanpun sedikit. Metanol berperan dalam menurunkan temperatur, sehingga hasil pencampuran metanol terhadap dexlite berpengeruh terhadap turunnya emisi NOx. Jika temperatur di dalam ruang bakar tidak mengalami penurunan maka emisi Nox yang dihasilkan semakin tinggi.

4.3.2.1 Analisa Perbandingan *Peak Pressure dan* Torsi pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan *Solution*

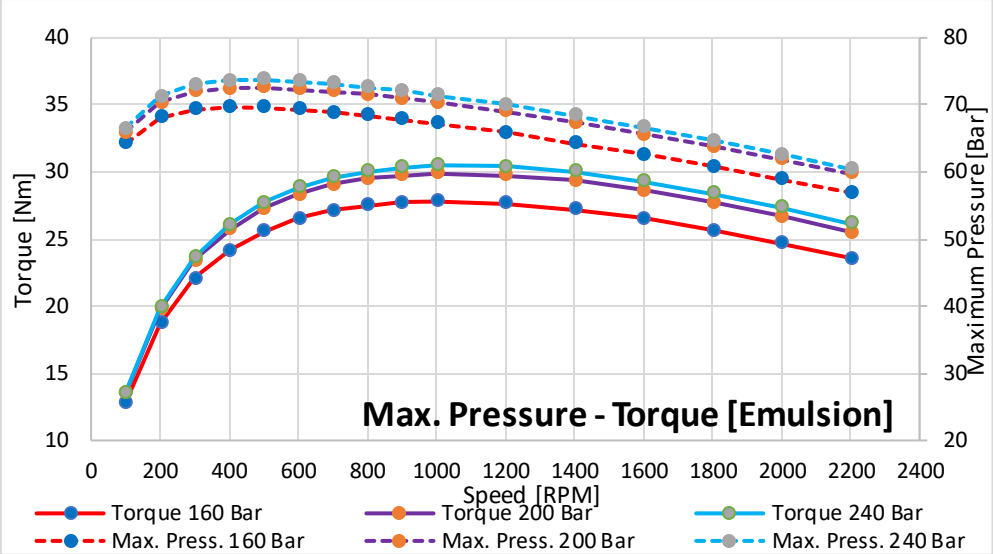
1. Analisa Perbandingan *Peak Pressure* dan Torsi pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite.



Gambar 4 36 Grafik Perbandingan *Peak Pressure* dan Torsi pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Dexlite

Pada gambar grafik diatas terlihat bahwa adanya penambahan dan pengurangan tekanan injeksi menghasilkan *peak pressure* dan torsi yang berbeda-beda. Nilai torsi terendah dihasilkan oleh putaran mesin 100 RPM. Pada tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar dengan bahan bakar dexlite menghasilkan nilai torsi berturut-turut sebesar 13.63 Nm, 14.32 Nm dan 14.37 Nm. Sedangkan hasil *peak pressure* oleh putaran mesin 100 RPM menghasilkan *peak pressure* berturut-turut sebesar 65.51 bar, 67.24 bar dan 67.88 bar. Untuk hasil *peak pressure* maksimum dihasilkan oleh putaran mesin 400 RPM pada tekanan injeksi 160 bar dengan nilai 71.54 bar sedangkan pada tekanan injeksi 200 bar dan tekanan injeksi 240 bar *peak pressure* maksimum dihasilkan oleh putaran mesin 500 RPM dengan nilai berturut-turut sebesar 74.65 bar dan 75.89 bar. Pada putaran mesin 2200 RPM menghasilkan *peak pressure* terendah pada variasi tekanan injeksi. Tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar menghasilkan *peak pressure* berturut-turut sebesar 58.61 bar, 61.55 bar dan 62.29 bar. Dapat disimpulkan adanya penambahan tekanan injeksi dari tekanan standar yaitu 200 bar menghasilkan nilai torsi yang lebih tinggi, hal ini juga diikuti dengan nilai *peak pressure* yang ikut meningkat.

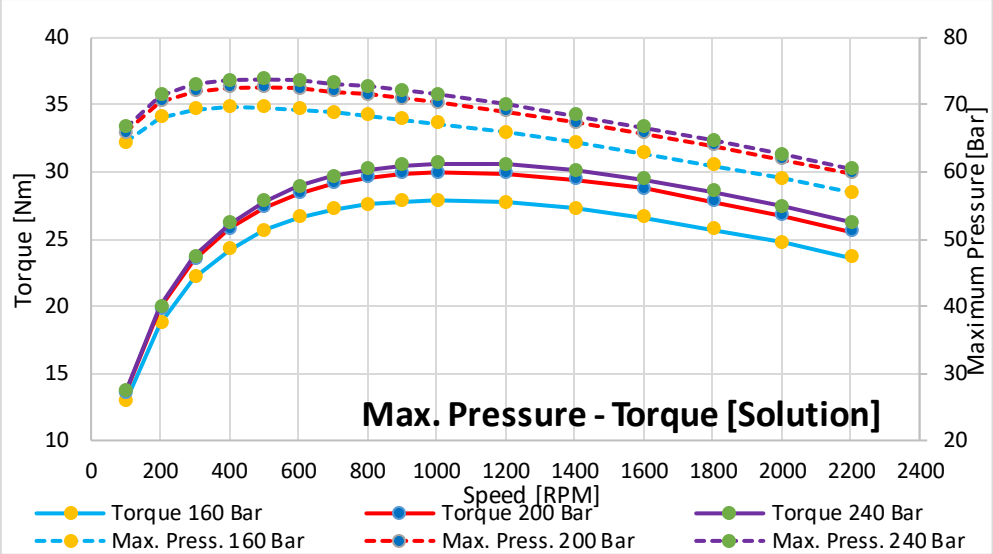
2. Analisa Perbandingan *Peak Pressure* dan Torsi pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Emulsi.



Gambar 4 37 Grafik Perbandingan *Peak Pressure* dan Torsi pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Emulsi

Pada gambar grafik diatas terlihat bahwa adanya penambahan dan pengurangan tekanan injeksi menghasilkan *peak pressure* dan torsi yang berbeda-beda. Nilai torsi terendah dihasilkan oleh putaran mesin 100 RPM. Pada tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar dengan bahan bakar emulsi menghasilkan nilai torsi berturut-turut sebesar 12.82 Nm, 13.51 Nm dan 13.57 Nm. Sedangkan hasil *peak pressure* oleh putaran mesin 100 RPM menghasilkan *peak pressure* berturut-turut sebesar 64.29 bar, 65.92 bar dan 66.52 bar. Untuk hasil *peak pressure* maksimum dihasilkan oleh putaran mesin 400 RPM pada tekanan injeksi 160 bar dengan nilai 69.66 bar sedangkan pada tekanan injeksi 200 bar dan tekanan injeksi 240 bar *peak pressure* maksimum dihasilkan oleh putaran mesin 500 RPM dengan nilai berturut-turut sebesar 72.55 bar dan 73.72 bar. Pada putaran mesin 2200 RPM menghasilkan *peak pressure* terendah pada variasi tekanan injeksi. Tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar menghasilkan *peak pressure* berturut-turut sebesar 56.94 bar, 59.72 bar dan 60.42 bar. Dapat disimpulkan adanya penambahan tekanan injeksi dari tekanan standar yaitu 200 bar menghasilkan nilai torsi yang lebih tinggi, hal ini juga diikuti dengan nilai *peak pressure* yang ikut meningkat.

3. Analisa Perbandingan *Peak Pressure* dan Torsi pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar *Solution*.

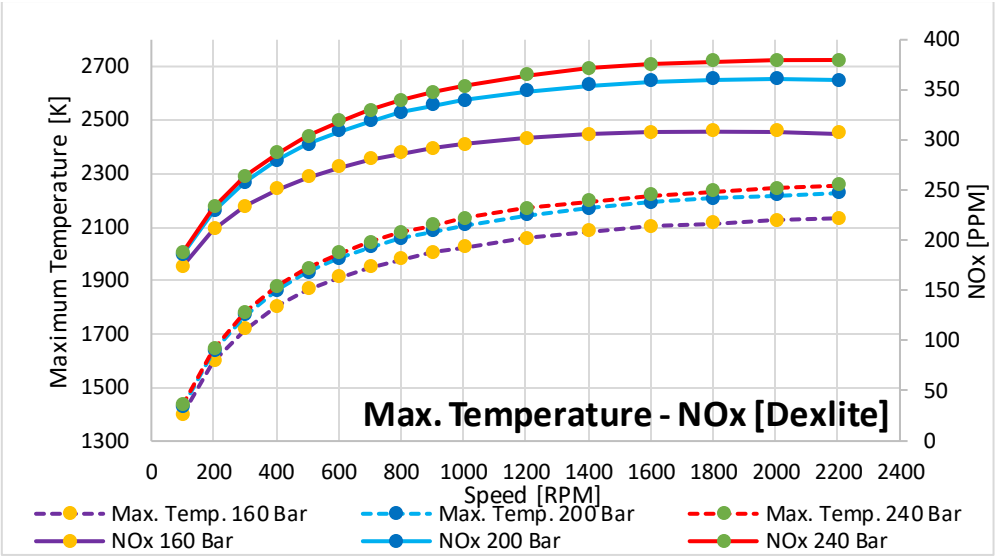


Gambar 4 38 Grafik Perbandingan *Peak Pressure* dan Torsi pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar *Solution*

Pada gambar grafik diatas terlihat bahwa adanya penambahan dan pengurangan tekanan injeksi menghasilkan *peak pressure* dan torsi yang berbeda-beda. Nilai torsi terendah dihasilkan oleh putaran mesin 100 RPM. Pada tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar dengan bahan bakar *solution* menghasilkan nilai torsi berturut-turut sebesar 12.86 Nm, 13.55 Nm dan 13.61 Nm. Sedangkan hasil *peak pressure* oleh putaran mesin 100 RPM menghasilkan *peak pressure* berturut-turut sebesar 64.33 bar, 65.96 bar dan 66.57 bar. Untuk hasil *peak pressure* maksimum dihasilkan oleh putaran mesin 400 RPM pada tekanan injeksi 160 bar dengan nilai 69.71 bar sedangkan pada tekanan injeksi 200 bar dan tekanan injeksi 240 bar *peak pressure* maksimum dihasilkan oleh putaran mesin 500 RPM dengan nilai berturut-turut sebesar 72.61 bar dan 73.78 bar. Pada putaran mesin 2200 RPM menghasilkan *peak pressure* terendah pada variasi tekanan injeksi. Tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar menghasilkan *peak pressure* berturut-turut sebesar 56.98 bar, 59.77 bar dan 60.47 bar. Dapat disimpulkan adanya penambahan tekanan injeksi dari tekanan standar yaitu 200 bar menghasilkan nilai torsi yang lebih tinggi, hal ini juga diikuti dengan nilai *peak pressure* yang ikut meningkat.

4.3.2.2 Analisa Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx (PPM) pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite, Emulsi dan *Solution*.

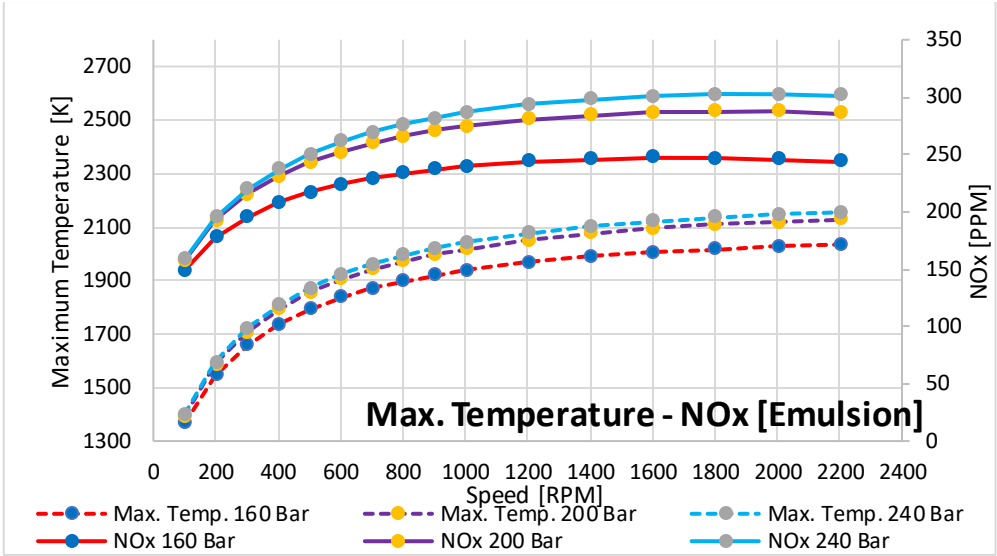
1. Analisa Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx (PPM) pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Dexlite



Gambar 4 39 Grafik Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Dexlite

Emisi NOx semakin tinggi karena adanya peningkatan temperatur didalam silinder pada proses pembakaran. Jika temperatur tinggi didalam silinder otomatis NOx akan ikut meningkat. Pada gambar grafik diatas didapat bahwa adanya penambahan tekanan injeksi membuat temperatur didalam silinder ikut meningkat dan menghasikan performa yang lebih tinggi. Nilai temperatur terendah dengan bahan bakar dexlite dihasilkan oleh putaran mesin 100 RPM pada tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar didapat nilai berturut-turut sebesar 1398.71 K, 1425.9 K dan 1434.02 K. Dengan kadar emisi NOx berturut-turut sebesar 174.21 PPM, 185.97 PPM dan 187.86 PPM. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan tekanan injeksi meningkatkan temperatur didalam silinder dan berdampak pada kadar emisi NOx yang ikut meningkat pula. Selanjutnya NOx mengalami penuruunan saat putaran mesin 2200 RPM pada variasi tekanan dengan nilai NOx berturut-turut sebesar 306.41 PPM, 359.73 PPM dan 379 PPM.

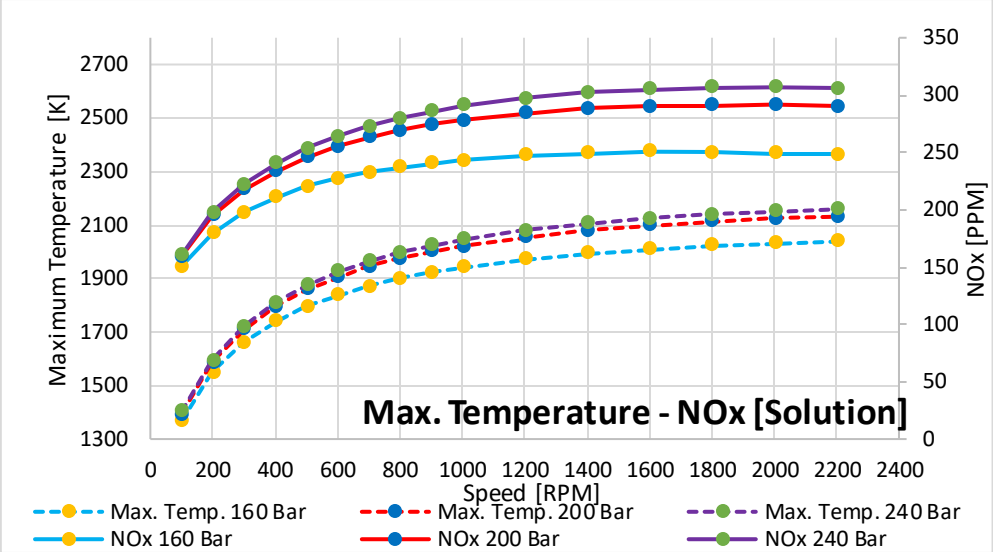
2. Analisa Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx (PPM) pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar Emulsi



Gambar 4 40 Grafik Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar Emulsi

Emisi NOx semakin tinggi karena adanya peningkatan temperatur didalam silinder pada proses pembakaran. Jika temperatur tinggi didalam silinder otomatis NOx akan ikut meningkat. Pada gambar grafik diatas didapat bahwa adanya penambahan tekanan injeksi membuat temperatur didalam silinder ikut meningkat dan menghasikan performa yang lebih tinggi. Nilai temperatur terendah dengan bahan bakar emulsi dihasilkan oleh putaran mesin 100 RPM pada tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar didapat nilai berturut-turut sebesar 1365.15 K, 1392.46 K dan 1400.71 K. Dengan kadar emisi NOx berturut-turut sebesar 148.80 PPM, 157.22 PPM dan 158.15 PPM. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan tekanan injeksi meningkatkan temperatur didalam silinder dan berdampak pada kadar emisi NOx yang ikut meningkat pula. Selanjutnya NOx mengalami penuruunan saat putaran mesin 2200 RPM pada variasi tekanan dengan nilai NOx berturut-turut sebesar 244.04 PPM, 286.09 PPM dan 300.98 PPM. Adanya penambahan metanol mampu menurunkan kadar emisi NOx jika dibandingkan dengan bahan bakar dexlite.

3. Analisa Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx (PPM) pada Kondisi *Full Load* dengan Variasi Tekanan Injeksi pada Bahan Bakar *Solution*



Gambar 4 41 Grafik Perbandingan *Peak Temperature* dan NOx pada Variasi Tekanan dengan Bahan Bakar *Solution*

Emisi NOx semakin tinggi karena adanya peningkatan temperatur didalam silinder pada proses pembakaran. Jika temperatur tinggi didalam silinder otomatis NOx akan ikut meningkat. Pada gambar grafik diatas didapat bahwa adanya penambahan tekanan injeksi membuat temperatur didalam silinder ikut meningkat dan menghasikan performa yang lebih tinggi. Nilai temperatur terendah dengan bahan bakar *solution* dihasilkan oleh putaran mesin 100 RPM pada tekanan injeksi 160 bar, 200 bar dan 240 bar didapat nilai berturut-turut sebesar 1366.29 K, 1393.56 K dan 1401.86 K. Dengan kadar emisi NOx berturut-turut sebesar 150.78 PPM, 159.38 PPM dan 160.38 PPM. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa adanya penambahan tekanan injeksi meningkatkan temperatur didalam silinder dan berdampak pada kadar emisi NOx yang ikut meningkat pula. Selanjutnya NOx mengalami penuruunan saat putaran mesin 2200 RPM pada variasi tekanan dengan nilai NOx berturut-turut sebesar 247.8 PPM, 290.32 PPM dan 305.43 PPM. Adanya penambahan metanol mampu menurunkan kadar emisi NOx jika dibandingkan dengan bahan bakar dexlite.

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dari penelitian ini mengenai pengaruh variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran solar-metanol, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan adanya variasi tekanan injeksi terjadi penurunan dan peningkatan performa pada saat mengurangi dan menambah tekanan injeksi dari tekanan standar yaitu 200 bar. Bahan bakar emulsi pada SFOC (*specific fuel oil consumption*) mengalami penurunan dan peningkatan sebesar 0.2% dan 0.3% pada tekanan 160 bar dan tekanan 240 bar. Bahan bakar *solution* pada SFOC mengalami penurunan dan peningkatan sebesar 0.3% dan 0.25% dihasilkan oleh tekanan 160 bar dan tekanan 240 bar. Daya maksimum dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar, pada bahan bakar emulsi dan *solution* menghasilkan daya maksimum berturut-turut sebesar 6.07 kW dan 6.05 kW. Untuk torsi dan BMEP maksimum terjadi pada putaran mesin 1100 RPM dengan tekanan injeksi 240 bar. Bahan bakar emulsi menghasilkan torsi dan BMEP sebesar 26.37 Nm dan 671445.9 Pa mengalami peningkatan sebesar 0.34% dan 0.33% pada bahan bakar *solution*.

2. Untuk kandungan emisi NOx (PPM) yang dihasilkan pada bahan bakar dexlite,emulsi, dan *solution*. NOx tertinggi dihasilkan oleh tekanan injeksi 240 bar dengan bahan bakar dexlite pada keadaan *full load*. Penambahan metanol berpengaruh pada penurunan daya, akan tetapi menghasilkan NOx yang lebih baik. Pada penelitian ini NOx terbaik dihasilkan oleh tekanan injeksi 160 bar dengan bahan bakar emulsi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini yang dilakukan ada beberapa saran yang akan disampaikan dibawah ini, diantaranya :

1. Pada penelitian ini tentang pengaruh variasi tekanan injeksi menggunakan bahan bakar campuran dapat dilakukan dengan bahan bakar atau penambahan zat aditif yang berbeda untuk mengetahui performa, proses pembakaran dan emisi yang dihasilkan.
2. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengamati proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar.

“halaman sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Abu Bakar, R., Ismail, S., Ismail, A.R., 2008. Fuel injection pressure effect on performance of direct injection diesel engines based on experiment. Am. J. Appl. Sci. 5, 197–202. https://doi.org/10.3844/ajassp.2008.197.202

Agarwal, A.K., Sharma, N., Singh, A.P., Kumar, V., Satsangi, D.P., Patel, C., 2019. Adaptation of methanol-dodecanol-diesel blend in diesel genset engine. J. Energy Resour. Technol. Trans. ASME 141. https://doi.org/10.1115/1.4043390

Angga Ramadhany, Q., 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 182.

Canakci, M., Sayin, C., Ozsezen, A.N., Turkcan, A., 2009. Effect of injection pressure on the combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine fueled with methanol-blended diesel fuel. Energy and Fuels 23, 2908–2920. https://doi.org/10.1021/ef900060s

Huang, Z.H., Lu, H.B., Jiang, D.M., Zeng, K., Liu, B., Zhang, J.Q., Wang, X.B., 2004. Combustion characteristics and heat release analysis of a compression ignition engine operating on a diesel/methanol blend. Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng. 218, 1011–1024. https://doi.org/10.1243/0954407041856818

Ismanto, 2012. Analisis Variasi Tekanan Pada Injektor Terhadap Performace (Torsi Dan Daya) Pada Motor Diesel. Tek. Mesin Univ. Janabadra Yogyakarta 2, 25–31.

Isnaini, F., Zuhdi, A., Fathallah, M., 2013. Analisa PerfomaMotor Diesel Berbahan Bakar Komposisi Campuran Antara Minyak Tuak Minyak Diesel Yusuf Dengan 2, 1–6.

Oliver, J., 2013b. THE EFFECT OF METHANOL-DIESEL BLENDED RATIO ON CI ENGINE PERFORMANCE. J. Chem. Inf. Model. 53, 1689–1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Otomotif, T., 2013. Teknologi Mesin Diesel. J. Chem. Inf. Model. 53, 1689–1699. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Sayin, C., 2010. Engine Performance and Exhaust Gas Emissions of Methanol and Ethanol-Diesel Blends. Fuel. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.02.017

Sayin, C., Ilhan, M., Canakci, M., Gumus, M., 2009. Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel-methanol blends. Renew. Energy 34, 1261–1269. https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.10.010

Skripsi - 141501 pengaruh tekanan injeksi pada motor diesel direct injection terhadap kinerja dan nox, 2017.

Tugas akhir – me 184834 pengaruh penggunaan emulsi metanol dalam bahan bakar biodiesel minyak kemiri (aleurites moluccanus) terhadap performa dan emisi no, 2019.

“halaman sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

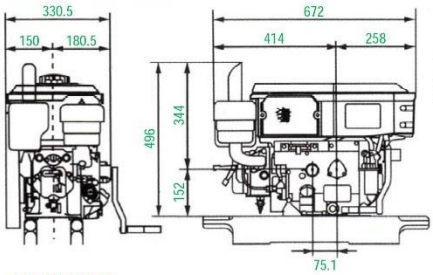
Manual Book Yanmar TF 85MH

YANMAR Motor Diesel

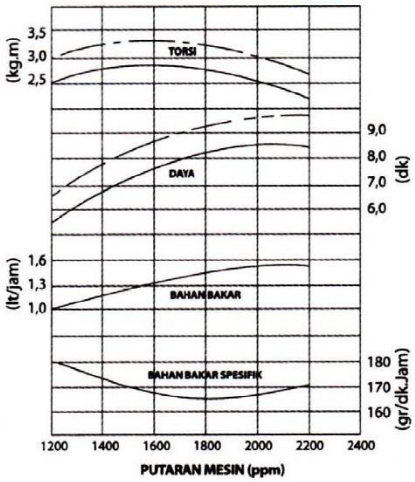
TF 85 MH-di

www.lukesindonesia.com

DIMENSI *dalam milimeter



GRAFIK KARAKTERISTIK



SPESIFIKASI

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	18º 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/cm²
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)	780 mm x 480 mm x 700 mm
26	Berat Kotor	123.5 kg

www.lukesindonesia.com

LAMPIRAN II

Data hasil perfoma (power) menggunakan *software* simulasi pada variasi tekanan injeksi dan variasi bahan bakar

	POWER 160 BAR DEXLITE												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.362869	0.389561	0.41531	0.439918	0.463548	0.485805	0.50677	0.526288	0.544351	0.560627	0.575592	0.588685	0.600284
20	0.715484	0.769505	0.82186	0.871769	0.919673	0.964628	1.00729	1.046669	1.083273	1.116486	1.146839	1.1732	1.196519
25	0.887764	0.955747	1.021682	1.084504	1.144787	1.201318	1.254947	1.304812	1.350596	1.392336	1.430742	1.463777	1.493201
30	1.057352	1.139512	1.219222	1.295138	1.367968	1.436394	1.501147	1.561275	1.616733	1.667134	1.713284	1.753301	1.789158
40	1.388333	1.499624	1.607369	1.71019	1.808491	1.901019	1.988449	2.06969	2.144497	2.212738	2.275324	2.329416	2.377714
50	1.708138	1.849491	1.986132	2.116497	2.241127	2.358422	2.469305	2.572039	2.66691	2.753268	2.832509	2.901284	2.962633
60	2.016554	2.188879	2.355461	2.514082	2.665916	2.808513	2.943304	3.068275	3.183718	3.288883	3.385227	3.468895	3.543433
70	2.313041	2.517435	2.714912	2.902914	3.082453	3.251208	3.410541	3.558333	3.694887	3.81915	3.933038	4.032229	4.120556
75	2.456733	2.67771	2.890919	3.09388	3.287654	3.469676	3.641684	3.801209	3.948257	4.082439	4.205273	4.312166	4.407535
80	2.597325	2.835099	3.064414	3.282568	3.490774	3.68641	3.87111	4.042337	4.200375	4.344236	4.476319	4.591244	4.693753
90	2.869113	3.141492	3.403752	3.653034	3.890909	4.114018	4.324607	4.51987	4.700124	4.864286	5.014632	5.145719	5.262777
100	3.127797	3.439258	3.734366	4.01534	4.283168	4.534354	4.771495	4.991231	5.194055	5.378801	5.548225	5.695904	5.82776

Data Power Tekanan Injeksi 160 Bar pada Bahan Bakar Dexlite

	POWER 200 BAR DEXLITE												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.344105	0.37788	0.410807	0.442732	0.473477	0.503117	0.53203	0.559594	0.586042	0.611797	0.636569	0.660017	0.683068
20	0.684733	0.751449	0.815907	0.878112	0.937494	0.994314	1.048751	1.099822	1.148474	1.19427	1.237361	1.27709	1.314252
25	0.854593	0.9377	1.018075	1.095316	1.169256	1.23962	1.306927	1.36978	1.429371	1.485202	1.537568	1.585347	1.629917
30	1.024254	1.12379	1.219988	1.312424	1.400804	1.484572	1.564757	1.639573	1.710118	1.775997	1.837651	1.893487	1.945248
40	1.362448	1.495131	1.623047	1.745938	1.863113	1.974204	2.080046	2.178667	2.271163	2.357372	2.437439	2.509432	2.575826
50	1.699415	1.865235	2.025207	2.178514	2.324565	2.462893	2.594617	2.717101	2.831794	2.938196	3.036724	3.124914	3.205986
60	2.035148	2.234212	2.42621	2.61015	2.785156	2.950951	3.108468	3.2547	3.391636	3.51847	3.635506	3.740162	3.835498
70	2.36964	2.602174	2.82618	3.040707	3.244885	3.438063	3.621598	3.791815	3.951063	4.097993	4.233783	4.354729	4.464821
75	2.536419	2.785615	3.025775	3.255698	3.474498	3.681401	3.877974	4.060125	4.230454	4.387745	4.532733	4.661846	4.779439
80	2.702885	2.968884	3.225111	3.470453	3.703895	3.924384	4.134005	4.328269	4.509697	4.677161	4.831556	4.968838	5.093721
90	3.034979	3.334567	3.623001	3.899248	4.161892	4.410068	4.645685	4.863883	5.067728	5.255778	5.428823	5.582696	5.722203
100	3.365675	3.698983	4.019872	4.327053	4.619024	4.89484	5.15666	5.399027	5.625284	5.833794	6.025492	6.195871	6.350131

Data Power Tekanan Injeksi 200 Bar pada Bahan Bakar Dexlite

	POWER 240 BAR DEXLITE												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.351105	0.385869	0.419594	0.452338	0.483914	0.514407	0.544021	0.572289	0.599638	0.625886	0.651124	0.654173	0.698742
20	0.698695	0.767163	0.833455	0.897171	0.958368	1.016909	1.072605	1.125627	1.175551	1.222566	1.26685	1.303476	1.345856
25	0.872124	0.957435	1.039989	1.11936	1.195188	1.267776	1.336701	1.401861	1.463271	1.520691	1.574412	1.626094	1.669363
30	1.04513	1.147417	1.246256	1.341169	1.431932	1.518438	1.600609	1.678102	1.750835	1.818672	1.881841	1.947428	1.99276
40	1.39019	1.526508	1.657992	1.784055	1.904603	2.019148	2.127696	2.229889	2.325489	2.414202	2.496306	2.586224	2.639226
50	1.733975	1.904433	2.068786	2.2261	2.376378	2.519195	2.654198	2.781166	2.899511	3.009156	3.110244	3.220053	3.285252
60	2.076478	2.281071	2.478379	2.667163	2.847255	3.018263	3.179946	3.331576	3.472901	3.603532	3.723863	3.848442	3.930608
70	2.417796	2.656645	2.886897	3.107105	3.317232	3.516506	3.704773	3.881295	4.045659	4.197131	4.336745	4.471584	4.575754
75	2.587914	2.843989	3.090751	3.326841	3.551809	3.765318	3.966986	4.155983	4.3318	4.493814	4.642988	4.781391	4.898161
80	2.75771	3.031036	3.294333	3.546195	3.786305	4.01408	4.22901	4.430498	4.617783	4.790351	4.949097	5.089656	5.220459
90	3.096322	3.404123	3.700684	3.984293	4.254328	4.510668	4.752321	4.978831	5.18927	5.38299	5.560922	5.702194	5.864724
100	3.433646	3.776135	4.105953	4.421287	4.721651	5.006447	5.275047	5.526554	5.760085	5.975088	6.172339	6.339381	6.508386

Data Power Tekanan Injeksi 240 Bar pada Bahan Bakar Dexlite

	POWER 160 BAR EMULSI												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.334923	0.359735	0.383669	0.406705	0.428735	0.449372	0.468734	0.486812	0.50346	0.51855	0.532148	0.544129	0.554399
20	0.660764	0.711195	0.759722	0.806407	0.850883	0.892684	0.932073	0.968512	1.002233	1.032806	1.060368	1.084668	1.105754
25	0.820326	0.8836	0.944798	1.003472	1.059385	1.111969	1.161553	1.207524	1.249852	1.288212	1.3231	1.35336	1.380083
30	0.977426	1.053968	1.127757	1.198713	1.266212	1.329878	1.38962	1.445061	1.496286	1.542738	1.584839	1.621373	1.653586
40	1.284474	1.388011	1.487912	1.583665	1.674947	1.760884	1.841667	1.916417	1.985397	2.048322	2.105127	2.154671	2.198343
50	1.581775	1.71326	1.839785	1.961294	2.076848	2.185482	2.287821	2.382536	2.469907	2.549527	2.621411	2.68433	2.739549
60	1.869077	2.029292	2.183489	2.331216	2.471824	2.603914	2.728194	2.843376	2.949594	3.046327	3.133678	3.210313	3.277645
70	2.14612	2.336019	2.518626	2.69357	2.859792	3.015955	3.162894	3.299062	3.42442	3.538689	3.642106	3.732611	3.812161
75	2.280787	2.485884	2.683037	2.871754	3.051043	3.219628	3.377953	3.524718	3.659998	3.7831	3.894584	3.992162	4.078159
80	2.412682	2.633334	2.845276	3.047972	3.240513	3.421524	3.591531	3.7492	3.894348	4.026587	4.146252	4.250998	4.343537
90	2.668274	2.920801	3.163023	3.394435	3.614171	3.820545	4.01438	4.193916	4.359338	4.509989	4.646304	4.765875	4.871306
100	2.912665	3.200164	3.472737	3.733781	3.981116	4.213306	4.431295	4.633228	4.819278	4.988775	5.142207	5.276812	5.395537

Data Power Tekanan Injeksi 160 Bar pada Bahan Bakar Emulsi

	POWER 200 BAR EMULSI												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.32074	0.352393	0.382933	0.41259	0.441476	0.469124	0.496098	0.521912	0.546876	0.571003	0.594396	0.616547	0.638478
20	0.638235	0.700341	0.760226	0.817852	0.873473	0.926267	0.976926	1.024439	1.069841	1.11228	1.15251	1.189517	1.224428
25	0.796533	0.873953	0.948541	1.020248	1.089192	1.154584	1.217023	1.275579	1.331034	1.382642	1.431301	1.475744	1.517267
30	0.954565	1.047437	1.136635	1.22244	1.304727	1.382575	1.456965	1.526399	1.592098	1.653083	1.710192	1.761873	1.810017
40	1.269832	1.393445	1.512157	1.626079	1.735234	1.838361	1.93655	2.027792	2.113836	2.19341	2.267438	2.334052	2.395474
50	1.584031	1.738593	1.886789	2.028904	2.164997	2.29331	2.415344	2.528616	2.635054	2.733261	2.824043	2.905616	2.980342
60	1.897261	2.082642	2.260527	2.430911	2.594011	2.747732	2.893514	3.029048	3.155938	3.272636	3.380421	3.476784	3.564848
70	2.209304	2.425823	2.633493	2.832234	3.022275	3.201316	3.371226	3.528732	3.676112	3.811533	3.936364	4.047773	4.148992
75	2.36492	2.596986	2.819576	3.032452	3.236125	3.427929	3.609763	3.778271	3.936002	4.080704	4.214278	4.33301	4.440929
80	2.520262	2.768014	3.005434	3.2326	3.449786	3.65437	3.848144	4.027844	4.195764	4.349952	4.491873	4.618146	4.732777
90	2.830131	3.109097	3.376471	3.632141	3.876542	4.106581	4.324435	4.526384	4.714892	4.887894	5.046945	5.18834	5.316196
100	3.138966	3.449269	3.746567	4.030883	4.302472	4.558223	4.800234	5.024351	5.233634	5.425258	5.601555	5.757898	5.899373

Data Power Tekanan Injeksi 200 Bar pada Bahan Bakar Emulsi

	POWER 240 BAR EMULSI												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.327605	0.359892	0.391441	0.421878	0.451442	0.479944	0.50757	0.534231	0.55969	0.58447	0.60833	0.631347	0.653439
20	0.651718	0.715425	0.777098	0.836421	0.893411	0.947903	0.999739	1.048962	1.095553	1.139343	1.180527	1.21887	1.25485
25	0.813362	0.89293	0.969643	1.043379	1.11403	1.18146	1.24558	1.306193	1.363187	1.416493	1.466455	1.512586	1.555295
30	0.974835	1.070066	1.16196	1.250123	1.334603	1.414996	1.491258	1.563276	1.630684	1.693717	1.752269	1.8062	1.855652
40	1.29674	1.423577	1.545892	1.663116	1.774872	1.881376	1.981957	2.076994	2.165456	2.247593	2.323763	2.392892	2.456075
50	1.617637	1.776069	1.928767	2.075122	2.214509	2.3472	2.472171	2.589938	2.699493	2.80097	2.894594	2.979391	3.056347
60	1.937416	2.127539	2.310836	2.48628	2.653364	2.812151	2.96173	3.102462	3.233169	3.353846	3.464967	3.565257	3.656016
70	2.255964	2.477983	2.691841	2.896583	3.091436	3.276387	3.450632	3.614387	3.766111	3.906222	4.034881	4.150924	4.255296
75	2.414816	2.652933	2.882053	3.101414	3.310104	3.508313	3.694837	3.870124	4.032558	4.182123	4.319669	4.443583	4.554791
80	2.573487	2.82751	3.07203	3.306031	3.528722	3.739903	3.938878	4.125534	4.298686	4.458097	4.604338	4.735963	4.854205
90	2.889769	3.175886	3.451273	3.714618	3.96522	4.202856	4.426465	4.636259	4.830526	5.00947	5.173338	5.320784	5.45296
100	3.205008	3.523232	3.829494	4.122392	4.400847	4.664934	4.913341	5.14634	5.361996	5.560323	5.741988	5.905084	6.051104

Data Power Tekanan Injeksi 240 Bar pada Bahan Bakar Emulsi

	POWER 160 BAR SOLUTION												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.336149	0.361153	0.385181	0.408296	0.430262	0.450981	0.470412	0.488588	0.505312	0.520267	0.534147	0.54599	0.556574
20	0.663276	0.713725	0.762554	0.809251	0.853894	0.8957	0.935392	0.972028	1.00571	1.036416	1.064335	1.088366	1.109612
25	0.823344	0.886793	0.948341	1.00707	1.063198	1.115836	1.165597	1.211806	1.254322	1.292656	1.327938	1.358415	1.385127
30	0.980936	1.057809	1.132127	1.203051	1.270816	1.334421	1.394546	1.450281	1.501547	1.548009	1.590542	1.627332	1.659575
40	1.289148	1.392985	1.493498	1.589309	1.680943	1.766915	1.847992	1.923297	1.992594	2.05523	2.11275	2.162421	2.205973
50	1.587435	1.719313	1.846659	1.968196	2.084194	2.192954	2.295844	2.391041	2.478631	2.55824	2.630718	2.693841	2.749259
60	1.87577	2.036366	2.191468	2.339326	2.48047	2.612787	2.737708	2.853462	2.959997	3.056617	3.144852	3.221573	3.289182
70	2.153668	2.344165	2.527772	2.702838	2.869692	3.026182	3.173696	3.310521	3.436282	3.550533	3.654912	3.745595	3.825504
75	2.288693	2.494433	2.692747	2.88165	3.061623	3.230441	3.389547	3.53702	3.672761	3.795905	3.908406	4.006427	4.092624
80	2.420925	2.642382	2.85553	3.058479	3.251757	3.432909	3.60391	3.762159	3.907815	4.040148	4.160874	4.266106	4.358663
90	2.677327	2.930687	3.174319	3.405997	3.62657	3.833196	4.027969	4.208335	4.374374	4.525044	4.662714	4.782654	4.888413
100	2.922365	3.211463	3.485363	3.746357	3.9946	4.227145	4.446236	4.649067	4.835812	5.005397	5.160235	5.295269	5.414316

Data Power Tekanan Injeksi 160 Bar pada Bahan Bakar Solution

	POWER 200 BAR SOLUTION												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.321818	0.353472	0.384228	0.414116	0.442954	0.470732	0.497796	0.523524	0.548571	0.572782	0.596074	0.618499	0.640547
20	0.640284	0.702727	0.762812	0.820765	0.876284	0.929308	0.98015	1.027845	1.073243	1.115859	1.155871	1.193453	1.228572
25	0.799116	0.876929	0.951643	1.023851	1.092744	1.158261	1.221093	1.279703	1.335195	1.387218	1.43571	1.480561	1.522334
30	0.957686	1.050888	1.140378	1.226734	1.309017	1.387201	1.461877	1.531417	1.597205	1.658459	1.71544	1.767789	1.816235
40	1.274018	1.398069	1.517176	1.631886	1.740856	1.84441	1.942976	2.034595	2.120644	2.20058	2.274364	2.341728	2.403534
50	1.589172	1.744267	1.893076	2.036079	2.172092	2.300934	2.423447	2.537022	2.643559	2.742025	2.832851	2.915268	2.99024
60	1.903354	2.089591	2.268075	2.439586	2.602432	2.756771	2.903287	3.039052	3.166138	3.28319	3.390901	3.488627	3.576813
70	2.216446	2.433807	2.642044	2.842267	3.032165	3.211918	3.382495	3.540331	3.688004	3.823874	3.94872	4.061366	4.16302
75	2.372583	2.605542	2.828751	3.043296	3.246748	3.439156	3.621863	3.790754	3.948834	4.094036	4.227257	4.34748	4.4561
80	2.528451	2.777026	3.01523	3.243983	3.461143	3.66622	3.86107	4.04121	4.209345	4.364078	4.505894	4.633708	4.748864
90	2.839358	3.119359	3.387506	3.645003	3.889218	4.119986	4.339011	4.541338	4.730344	4.9038	5.062625	5.205649	5.334343
100	3.149138	3.460551	3.758819	4.045173	4.316645	4.573111	4.81632	5.040963	5.250623	5.443007	5.61898	5.777305	5.919435

Data Power Tekanan Injeksi 200 Bar pada Bahan Bakar Solution

	POWER 240 BAR SOLUTION												
	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
10	0.328597	0.361081	0.392734	0.423277	0.452929	0.481538	0.523156	0.535849	0.561561	0.579379	0.610195	0.6333	0.655493
20	0.653906	0.717799	0.779678	0.839219	0.896238	0.950935	1.039327	1.052374	1.099132	1.153673	1.184493	1.222805	1.258749
25	0.816093	0.895778	0.972864	1.046871	1.117748	1.185444	1.294927	1.310501	1.367712	1.43872	1.471261	1.51762	1.560349
30	0.978001	1.073502	1.165818	1.25431	1.338914	1.419616	1.548798	1.568301	1.636156	1.722432	1.758123	1.81211	1.861624
40	1.301085	1.428186	1.550899	1.668546	1.780809	1.887577	2.051317	2.083804	2.17263	2.28603	2.331295	2.400778	2.464346
50	1.622942	1.781959	1.935169	2.081925	2.221919	2.354819	2.546813	2.59853	2.708555	2.844017	2.904215	2.989244	3.066457
60	1.943777	2.134589	2.318373	2.494444	2.662096	2.821339	3.035051	3.112654	3.243742	3.396762	3.476468	3.577292	3.668184
70	2.263373	2.486184	2.700759	2.906101	3.101631	3.287136	3.516278	3.626174	3.778565	3.943825	4.048468	4.164698	4.26953
75	2.422745	2.661594	2.891472	3.111605	3.321029	3.519841	3.754178	3.882797	4.045768	4.215288	4.334086	4.458465	4.570173
80	2.581831	2.836743	3.082073	3.316892	3.540375	3.752364	3.990256	4.139092	4.312836	4.485367	4.619797	4.751904	4.870492
90	2.899247	3.186258	3.46256	3.726816	3.978327	4.216708	4.456886	4.651403	4.846554	5.021534	5.190666	5.338688	5.471068
100	3.215438	3.53475	3.841981	4.135854	4.415374	4.680272	4.916409	5.163185	5.379724	5.551944	5.761202	5.924875	6.071392

Data Power Tekanan Injeksi 240 Bar pada Bahan Bakar Solution

BIODATA PENULIS

Ananda Rizky Budi Pratama lahir pada tanggal 22 April 1998 di Sidoarjo. Anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Budi Hartono dan Lailil Maghfiroh. Bertempat di Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Lulus SMAN 1 Kraksaan tahun 2016 dan melanjutkan studi di ITS Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Pada tahun keempat, penulis mengambil salah satu fokusan di Teknik Sistem Perkapalan yaitu Laboratorium Marine Power Plan (MPP). Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam berorganisasi. Penulis bergabung dengan lembaga dakwah kampus JMMI ITS dan diamanahi sebagai Direktur Badan Pelayanan Umat. Penulis juga mengikuti kepanitian yang berpusat di masjid Manarul Ilmi ITS yang diselenggarakan oleh RDK ITS pada bulan Ramadhan. Penulis juga mengikuti *event* kepanitiaan yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Sistem Perkapalan yaitu Marine Icon. Selama penulisan skripsi ini, penulis tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Untuk kritik dan saran mengenai skripsi ini dapat dikirimkan melalui email : rizkybudip22@gmail.com.