



TUGAS AKHIR-ME184834

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN INJEKSI DAN
MODIFIKASI PISTON CROWN TERHADAP PERFORMA
PEMBAKARAN MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR B30**

Firman Maulana Erawan Hakam
04211640000059

Dosen Pembimbing :
Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197903192008011008
Adhi Iswantoro, S.T., M.T.
NIP. 1991201711050

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



BACHELOR THESIS-ME184834

**ANALYSIS OF THE EFFECT INJECTION PRESSURE
VARIATION AND PISTON CROWN MODIFICATION BASED
ON SIMULATION OF DIESEL ENGINE PERFORMANCE USING
FUEL B30**

Firman Maulana Erawan Hakam
0421164000059

SUPERVISOR :

Beny Cahyono, S.T., M. T., Ph.D.

NIP. 197903192008011008

Adhi Iswanto, S.T., M. T.

NIP. 1991201711050

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN INJEKSI DAN MODIFIKASI PISTON CROWN TERHADAP PERFORMA PEMBAKARAN MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI MENGUNAKAN BAHAN BAKAR B30

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
Insitut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis :

Firman Maulana Erawan Hakam
NRP. 0421164000059

Disetujui Oleh
Pembimbing Tugas Akhir,

Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197903192008011008

()

Adhi Iswantoro, S.T., M.T.
NIP.199120171150

()

SURABAYA, 20 Agustus 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN INJEKSI DAN MODIFIKASI PISTON CROWN TERHADAP PERFORMA PEMBAKARAN MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI MENGUNAKAN BAHAN BAKAR B30

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 :

Firman Maulana Erawan Hakam

NRP. 0421164000059

Disetujui oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA, JUNI 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN INJEKSI DAN MODIFIKASI PISTON CROWN TERHADAP PERFORMA PEMBAKARAN MESIN DIESEL BERBASIS SIMULASI MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR B30

Nama : Firman Maulana Erawan Hakam
NRP : 04211640000059
Jurusan : Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing I : Beny Cahyono, S. T., M.T., Ph. D
Dosen Pembimbing II : Adhi Iswanto, S. T., M.T
Bidang Studi : MPP (Marine Power Plant)

ABSTRAK

Untuk mengikuti perkembangan jaman perlu adanya Inovasi dalam dunia *Marine Engineering*, salah satunya adalah *mesin diesel* yang berfokus terhadap kinerjanya. Adapun 2 metode untuk perkembangan modifikasi yaitu piston *crown* dan tekanan injeksi bahan bakar. Selain itu, parameter input utama terhadap meningkatkan karakteristik kinerja mesin diesel yaitu dengan cara memberikan atomisasi yang lebih baik terhadap bahan bakar dan induksi *switching* sangat tinggi. Dalam analisis ini, penulis menggunakan metode berbasis simulasi dengan fokus untuk mengetahui dampak tekanan injeksi terhadap kinerja mesin diesel dengan piston TCC modifikasi *bowl* (+ 0,1 mm dan - 0,1 mm) dan TCC standar Yanmar TF 85MH menggunakan bahan bakar B30 minyak kelapa sawit. Didapat dalam penelitian ini bahwa bahwa bahan bakar B30 memiliki tingkat efisiensi yang tinggi dimana ketika menggunakan bahan bakar yang sedikit mampu menghasilkan BMEP, Torsi dan Daya yang tinggi pula, Pada tekanan injeksi 150 Bar dengan Piston Standart Yanmar TF 85MH dibandingkan dengan tekanan injeksi 250 Bar ini disebabkan karena proses penyemprotan molekul tersebut merata namun viskositas tinggi dan densitas dari bahan bakar tersebut tinggi pula menyebabkan proses pembakaran agak lebih terlambat sedikit. Namun dari tekanan injeksi 250 Bar mampu meningkatkan BMEP, torsi, dan daya dari ketiga modifikasi *piston bowl* (+ 0,1 mm, Standar dan - 0,1 mm) ini disebabkan oleh *Cetane number* yang tinggi di banding HSD. Pada penelitian ini didapat hasil tekanan aling optimum adalah tekanan injeksi 250 Bar di bahan bakar HSD dan B30 namun lebih bagus lagi tekanan 150 untuk bahan bakar B30

Kata Kunci : (Piston TCC standar Yanmar TF 85 MH, TCC Modifikasi, Variasi Injeksi, Biodiesel B30 minyak kelapa sawit)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF INJECTION PRESSURE VARIATION AND MODIFICATION OF PISTON CROWN ON THE PERFORMANCE OF SIMULATION BASED DIESEL MACHINE USING FUEL B30

Name Student : Firman Maulana Erawan Hakam
NRP : 04211640000059
Departement : Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor I : Beny Cahyono, S. T., M.T., Ph. D
Supervisor II : Adhi Iswantoro, S. T., M.T
Field of Study : MPP (Marine Power Plant)

ABSTRACT

To keep abreast of the times there needs to be Innovation in the world of Marine Engineering one of which is the Diesel Engine focusing on its performance. Whereas 2 methods for developing the modification are crown piston and fuel injection pressure. In addition, the main input parameter to improve the characteristics of a Diesel Engine is by providing better atomization of fuel and very high switching production. In this analysis, the authors used a simulation-based method with a focus to assess injection pressure against the Diesel Engine with modified TCC bowl pistons (+ 0.1 mm and - 0.1 mm) and Yanmar TF 85MH standard TCC using B30 palm oil palm oil. Obtained in this study with B30 fuel has a high level of efficiency with a compilation using fuel that produces little BMEP, torque and high power as well, at 150 bar Injection pressure with Yanmar TF 85MH Standard Piston compared to 250 bar Injection This is due due to the spraying process of this molecule but the high viscosity and density of this fuel also causes the combustion process to be somewhat less. How ever from 250 Bar injection pressure is able to increase BMEP, Torque and Power of *Piston bow*/Modification (+ 0.1 mm, Standard and -0,1 mm) is caused by a high cetet number compared to HSD. This research, the most optimal pressure results are 250 Bar injection pressure in HSD and B30 fuels but even better 150 pressure for B30 fuel

Keywords : (Standard Yanmar TCC piston TCC 85 MH, Modified TCC, Variation Injection, Biodiesel palm oil)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim Alhamdulillahirobbil'alamin segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT berkah limpahan rahmat, hidayah dan bimbingannya sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Tekanan injeksi Dan Modifikasi Piston *Crown* Terhadap Performa Pembakaran Mesin Diesel Berbasis Simulasi Menggunakan Bahan Bakar B30” dapat diselesaikan. Dengan tujuan, hasil dari tugas akhir bisa digunakan manfaatnya dari penulis maupun lingkungan yang tercakup dalam aspek ini.

Penulis menyadari bahwasannya keberhasilan dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari usaha doa dan dukungan dari lingkungan sekitar baik secara langsung ataupun tidak. Oleh sebab itu izin kan penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Keluarga saya Mulai dari Ayah dan Ibu yaitu Eko Bianto S.T, kemudian Ibu Baiq Ratnawati yang meberikan telah memberikan support, doa, dukungan moral, dan akhlak tatkala pentingnya
2. Kemudian Mas dan Adik-adik saya, Danding Prawira Erawan Hakam sebagai tempat sharing solusi Tugas Akhir dan Yolanda Novieta Erawati Hakam, Calista Khoiria Erawati Hakam selaku tempat mencurahkan semua perasaan kasih sayang
3. Bapak Beny Cahyono S.T., M.T., Ph.D. Selaku Selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan dan juga sebagai dosen pembimbing I yang telah memberi banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Adhi Iswantoro S.T., M.T. Sebagai dosen pembimbing II yang membimbing kami dari awal sampai akhir dalam pembuatan Tugas Akhir
5. Bapak Ir. Agung Zuhdi M. Fathallah, M.Eng., Ph.D. Sebagai pengarah *software* simulasi yang kiranya sangat membantu sekali dalam pengerjaan perangkaian dan pengkoreksian
6. Team Tugas Akhir saya #BISMILLAHW122 ada Ganggas, Ilham dan Vio di team tersebut merupakan tempat menyelesaikan Problem bersama dengan satu topik yang di pecah dengan judul yang berbeda

Penulis menyadari bahwa tidak ada tulisan yang sempurna, dan penulis mengharapkan dengan masukan dan saran untuk penelitian ini. Diharapkan, penelitian ini akan menjadi hal yang bermanfaat, tidak hanya untuk penulis tetapi juga untuk manfaat orang lain.

Surabaya, 20 Agustus 2020



Firman Maulana Erawan Hakam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Daftar ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
BAB I	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan masalah	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	4
BAB II	5
2.1. Biodiesel	5
2.2. Minyak Kelapa Sawit	7
2.3. Mesin Diesel	7
2.4. Mesin Diesel Type Direct Injection	8
2.4.1. Diesel Direct Injection Commonrail	8
2.4.2. Beberapa Keuntungan Dari Commonrail	8
2.5. Parameter Performa Mesin	9
2.5.1. Torsi	9
2.5.2. Daya	9
2.5.3. SFOC	10
2.6. Macam Bentuk Piston	11
2.6.1. Hemispherical Combution Chamber (HCC)	11
2.6.2. Toroidal Combution Chamber (TCC)	11
2.6.3. SCC Piston	12

2.7.	Modifikasi Piston TCC.....	12
2.8.	Proses Terjadinya Pembakaran.....	13
BAB III	.....	15
3.1.	Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	15
3.2.	Studi Literatur.....	16
3.3.	Pengaturan dan Persiapan Kalibrasi Antar Mesin.....	16
3.3.1.	Tools dan Bahan Yang Diteliti.....	16
3.4.	Simulasi Mesin Diesel.....	21
3.5.	Proses Analisis.....	22
3.6.	Kesimpulan dan Saran.....	22
BAB IV	.....	23
4.1.	Propertise Bahan Bakar HSD dan B30.....	23
4.2.	Analisis Performa Pengaruh Variasi Injeksi Terhadap Modifikasi Piston	23
	23	
4.2.1.	Perbandingan Daya 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston.....	24
4.2.2.	Perbandingan SFOC 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston.....	28
4.2.3.	Perbandingan Torsi 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston.....	31
4.2.4.	Perbandingan BMEP 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston.....	35
BAB V	.....	39
Daftar Pustaka	.....	41
Lampiran II	.....	52
BIODATA PENULIS	.....	76

Daftar Gambar

Gambar 2. 1. HCC Piston	11
Gambar 2. 2. TCC Piston	11
Gambar 2. 3. SCC Piston.....	12
Gambar 2. 4.TCC +1 Piston Yanmar TF 85MH	12
Gambar 2. 5.TCC -1 Piston Yanmar TF 85MH	12
Gambar 3. 1. Metodologi Penelitian.....	15
Gambar 3. 2. Model dan Variasi Piston Yanmar TF 85MH.....	17
Gambar 3. 3. Direct Injection Injector.....	18
Gambar 3. 4. Injection Timming	18
Gambar 3. 5. Komponen Injektor yang sudah di Input data dari Excel	19
Gambar 3. 6. Rangkaian Mesin	21
Gambar 3. 7. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Keputusan	22
Gambar 4. 1. Grafik Perbandingan Daya 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD.....	25
Gambar 4. 2. Grafik Perbandingan Daya 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan Injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30.....	26
Gambar 4. 3. Grafik Perbandingan Daya 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Optimum Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30	26
Gambar 4. 4. Hasil Pemilihan daya piston terhadap variasi tekanan injeksi HSD	27
Gambar 4. 5. Hasil Pemilihan Daya Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B30. 27	
Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan SFOC 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD	29
Gambar 4. 7. Grafik Perbandingan SFOC 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30	29
Gambar 4. 8. Grafik Perbandingan SFOC 100% minimum Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30	30
Gambar 4. 9. Hasil Pemilihan SFOC Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi HSD30	
Gambar 4. 10. Hasil Pemilihan SFOC Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B3031	
Gambar 4. 11. Grafik Perbandingan Torsi 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD	32
Gambar 4. 12. Grafik Perbandingan Torsi 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30	33
Gambar 4. 13. Gambar 4.13. Grafik Perbandingan Torsi maksimum 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30	33
Gambar 4. 14. Hasil Pemilihan Torsi Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi HSD34	
Gambar 4. 15. Hasil Pemilihan Torsi Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B3034	
Gambar 4. 16. Grafik Perbandingan BMEP 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD	36

Gambar 4. 17.. Grafik Perbandingan BMEP 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30	36
Gambar 4. 18. Grafik Perbandingan BMEP 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30.....	37
Gambar 4. 19. Hasil Pemilihan BMEP Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi HSD	37
Gambar 4. 20. Hasil Pemilihan Torsi Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B3038	

Daftar Tabel

Tabel 1. 1.Syarat mutu Biodiesel SNI	6
Tabel 3. 1.Pengaturan Injektor tandart Yanmar TF 85MH di Excel	19
Tabel 3. 2.Variasi Injeski Pressure Or Mass Array dan Timming Anggle Array.....	20
Tabel 4. 1.Propetise Bahan Bakar HSD dan B30	23
Tabel 4. 2.Spesfikasi Modifikasi Piston	24

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pada bidang permesinan khususnya mesin diesel menjadi area paling aktif dan inovatif untuk pengembangan teknologi dalam tiap tahunnya. Bisa dilihat terhadap perusahaan mesin yang mau menginvestasikan banyak uang untuk mengembangkan teknologi baru rendah emisi yang mengurangi jumlah nitro oksidasi dan partikel dari pipa kenalpot (Higways, 2013), adapun cara mengurangi emisi Nox dengan cara mengurangi injeksi split (pre-injeksi) dan memundurkan *injection timing*. *Internal combustion* adalah salah satu jenis mesin penggerak yang konvensional di dunia. Bisa dilihat pada masyarakat yang sering menggunakan kendaraan transportasi. Maka dari itu harus adanya terjadi inovasi terhadap perubahan energi, pembakaran atau reaksi kimia yang menaikkan tekanan. Tujuan adanya peningkatan tekanan ini adalah memanfaatkan untuk dinamika piston yang berubah menjadi energy mekanik atau gerak (Lahuddin, 2018).

Piston merupakan bagian utama dalam mesin berupa komponen penyumbat geser membentuk tekanan yang terpasang didalam sebuah silinder mesin dengan sistem kerja dari titik TMA ke TMB secara terus menerus menjadi gerak kontinu dan tidak berubah berdasarkan ketinggian secara tidak langsung gerak tersebut menghasilkan tekanan gas yang menyebar ke seluruh area silinder bisa disebut sebagai pembakaran mengubah energi panas menjadi gerak. Piston pada mesin dikenal dengan istilah torak adalah bagian (*parts*) dari mesin pembakaran dalam berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada runag bakar. Piston terhubung ke poros engkol (*crankshaft*) melalui stang piston (*connecting rod*) (Rosdiana, 2015).

Pada era komputerisasi dalam hal simulasi sangat berkembang pesat untuk menimalisir pengeluaran banyak biaya dalam melakukan proses modifikasi, maupun kerusakan pada komponen mesin diesel. Maka dari itu, penggunaan *software* sangatlah penting. Berdasarkan deskripsi dari sistem kerja, karakteristik dan bagian komponen mekanik motor bakar torak (piston) adalah memungkinkan modifikasi khususnya pada torak (piston) pada motor bakar torak (Eko Julianto, 2019).

Dalam melakukan modifikasi ada dua cara untuk melakukannya dengan menggunakan *software* dan dengan secara eksperimen yaitu dengan cara dibubut. Cara tersebut bisa dilakukan namun ketika eksperimental tidak menghasilkan piston yang bagus. Alangkah baiknya kita harus desain terlebih dahulu menggunakan *software* karena kita harus mencari piston ideal dan bisa diaplikasikan untuk secara eksperimen. Oleh sebab itu, nantinya penulis akan memodifikasi piston menggunakan *software*. Perubahan bentuk suatu komponen motor bakar dilakukan agar performa motor bakar lebih optimal, begitu pula halnya dengan piston atau torak. Seberapa besar efek yang dihasilkan oleh bentuk kepala piston, faktor ini dapat mempengaruhi performa mesin diesel, perlu

dilakukan pengujian dan penelitian lebih lanjut (Nurhidayat, 2017). Dalam penelitian sebelumnya mengenai uji kinerja mesin diesel dengan cara membandingkan tiga jenis *piston crown* berbentuk TCC (*Toroidal Combution Chamber*), HCC (*Hemispherical Combution Chamber*), dan SCC (*Shallow Depth Combution Chamber*) dengan menggunakan bahan bakar biodiesel. Dari hasil simulasi mengungkapkan bahwa geometri mangkuk mempengaruhi pembakaran dan karakteristik kinerja pada mesin diesel *direct-injection*. Selain itu, hasil penelitian sebelumnya mengenai piston yang layak yaitu piston TCC. Piston ini mampu menyesuaikan dari bahan bakar yang digunakan. Dari geometri tersebut harus mampu membuat rasio campuran udara-bahan bakar yang lebih baik dari piston HCC dan SCC. (Ganji, et al., 2018).

Adapun penyebab lainnya adalah kinerja dihasilkan oleh mesin diesel kurang sempurna yaitu ketika proses pembakaran mengalami penurunan ini disebabkan oleh pemodifikasian bentuk piston. Faktor penyebab proses pembakaran yang kurang sempurna pada mesin diesel salah satu diantaranya yaitu tekanan bahan bakar yang diinjeksikan pada injektor (*nozzle*) yang kurang baik. Maka dari itu diperlukan penelitian lebih dalam terhadap injektor (*nozzle*) pada mesin diesel. Menurut penelitian sebelumnya, menyatakan penginjeksian yang optimal akan menghasilkan pembakaran yang ideal (Purwanto, et al., 2014). Selain itu, penelitian sebelumnya mempelajari pengaruh piston penggerak *swirl* tinggi untuk mengurangi emisi gas buang secara numerik. Mereka menemukan bahwa waktu injeksi 8,6° CA BTDC ditemukan optimal dan mengarah ke pengurangan 27% dalam emisi NO_x dan 85% pengurangan tingkat gejala dibandingkan dengan mesin diesel konvensional (Prasad, 2011).

Mengkaji perihal penggunaan bahan bakar dewasa ini sangat penting demi menunjang kinerja motor diesel yang berdampak langsung terhadap performa dan emisi gas buang, Penelitian berkaitan terhadap sistem bahan bakar mesin diesel dibagian injektor/*nozzle*, Pada bagian tersebut memegang peranan penting terhadap optimumnya proses pembakaran bahan bakar dan udara dalam silinder mesin diesel, Untuk mendapatkan hasil yang optimum dibagian injektor/*nozzle* harus mencari variasi ketebalan shim tujuannya adalah mencari ketebalan yang cocok di *nozzle* sehingga memberikan tekanan penyemprotan yang tepat serta bentuk pengabutan bahan bakar yang optimum akan dapat menghasilkan pembakaran yang optimal didalam silinder mesin diesel, secara otomatis dengan adanya pembakaran yang sempurna akan dapat meningkatkan kinerja mesin diesel. Begitupun sebaliknya, pembakaran yang kurang sempurna dapat menurunkan kadar emisi gas buang yang ada terhadap mesin diesel (Purwanto, et al., 2014).

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang mempelajari pengaruh tekanan injeksi dan pembakaran rentan ruang menggunakan biodiesel Pongamia 20% dalam mesin diesel, menunjukkan bahwa CO, hidrokarbon yang tidak terbakar (UHBHC/*Un-Burn Hydro Carbon*) mengakibatkan asap berkurang dan emisi NO meningkat untuk ruang bakar *reentrant* dengan peningkatan tekanan injeksi 220 bar karena pembakaran yang lebih baik. *Efisiensi Thermal Brake* meningkatkan

dan kontrol konsumsi bahan bakar untuk biodiesel dibandingkan dengan geometri mangkuk piston untuk mesin diesel yang menunjukkan bahwa TCC standar Yanmar TF 85MH memiliki efisiensi dan kontrol konsumsi bahan bakar yang baik (S & K, 2013). Untuk penelitian injeksi sebelumnya dengan menggunakan mesin diesel Yanmar TF 85MH dengan melakukan perbandingan bahan bakar (Pertamina HSD dan Candlenut Biodiesel (B20)) dengan ketiga tekanan injeksi (150 bar, 200 bar, 250 bar) yang memiliki kesimpulan bahwa tekanan injeksi lebih besar. Penelitian ini membahas tentang pengaruh biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit (*Palm Oil*) terhadap pengaruh perbandingan piston TCC modifikasi /*Bowl* dan piston TCC standar Yanmar TF 85MH dengan variasi injeksi yang sama yaitu 150 bar, 200 bar, 250 bar. Untuk mesin diesel yang digunakan adalah Yanmar TF 85MH. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi yang diaplikasikan semirip mungkin dengan mesin Yanmar TF 85MH dan tekanan injektor bisa dilakukan pengaturan yang sesuai dengan standar dan divariasikan dengan harapan penggunaan biodiesel dalam penginjeksian dapat berdampak besar pada kinerja piston, bahan bakar, dan mesin diesel yang digunakan.

1.2. Rumusan Masalah

Pokok rumusan masalah penelitian ini ada dua, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh variasi tekanan injeksi terhadap performa dalam mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit dengan piston standar dan TCC modifikasi ?
2. Bagaimana pengaruh bentuk piston modifikasi TCC dan piston TCC standar Yanmar TF 85MH terhadap kinerja mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit ?

1.3. Batasan masalah

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Variabel penelitian berupa tekanan injeksi 150 bar, 200 bar, 250 bar dan bentuk piston *crow*n TCC modifikasi dan TCC standar Yanmar TF 85MH
2. Data yang diambil berupa Daya mesin, konsumsi bahan bakar, Torsi, dan BMEP
3. Bahan Bakar yang akan digunakan adalah Biodiesel B30 minyak kelapa sawit dan HSD Pertamina
4. Mesin yang digunakan adalah mesin diesel Yanmar TF 85MH yang berada di Laboratrium Marine Power Plan FTK ITS.

1.4. Tujuan

1. Menganalisis pengaruh variasi tekanan penginjeksian dalam mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit dengan piston TCC Modifikasi dan TCC standar Yanmar TF 85MH ?

2. Menganalisis pengaruh penggunaan bentuk piston TCC Modifikasi dan TCC standar Yanmar TF 85MH terhadap kinerja mesin diesel dengan bahan bakar bioiesel B30 dari minyak kelapa sawit ?

1.5. Manfaat

Berikut adalah manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan hasil analisis penginjeksian yang terbaik terhadap piston yang digunakan pada bahan bakar B30.
2. Mendapatkan hasil analisis pengaruh penginjeksian yang terbaik terhadap mesin yang digunakan.
3. Menghemat biaya dengan melakukan simulasi dan menekan pengeluaran biaya nanti ketika di aplikasikan di eksperimen

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar diesel alternatif berasal dari sumber daya hayati terbarukan diolah dari bahan bakar mentah yaitu hewan atau tumbuhan yang dapat diperbarui, bukan terbuat dari bahan bakar yang berasal dari fosil. Kandungan Biodiesel terbentuk dari berbagai macam senyawa organik berupa asam lemak yang bisa diproduksi oleh minyak nabati dan minyak hewani. Biodiesel merupakan bahan bakar yang memiliki banyak kelebihan dibandingkan petrodiesel, baik dijadikan sebagai campuran petrodiesel maupun sebagai bahan bakar murni biodiesel. Perkembangan ini mencapai titik temu dipertengahan tahun 80-an dengan ditemukan *alkil eseter* atau asam lemak yang memiliki karakteristik hampir sama dengan minyak diesel fosil yang dikenal dengan biodiesel (Tarigan, 2002). Keunggulan yang dimiliki oleh biodiesel sebagai bahan bakar antara lain dapat diperbarui dan dapat digunakan pada kebanyakan mesin diesel tanpa modifikasi maupun modifikasi. Untuk jenis bahan bakar biodiesel ini bersifat lebih ramah lingkungan karena dapat terurai di alam, tidak beracun, efisiensi tinggi, emisi buang kecil, serta memiliki kandungan sulfur dan aromatik yang rendah (Murtiningrum & Firdaus, 2019). Berbagai tanaman di Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel di antaranya minyak sawit, minyak jarak pagar, minyak biji kapuk, minyak biji alpukat, dan lain sebagainya (Pramana, 2015).

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No.12 Tahun 2015 menetapkan penggunaan B20 sebagai bahan bakar mesin diesel sampai akhir tahun 2019 dan akan ditingkatkan penggunaannya menjadi 30% (B30) pada tahun 2020. Selain karena bertujuan untuk menekan pemakaian bahan bakar fosil dan bergantung oleh bahan bakar tersebut, biodiesel memiliki keunggulan yaitu ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi sebanyak bahan bakar fosil (Rijal, 2019).

Adapun proses dalam membuat biodiesel dengan proses transesterifikasi minyak nabati dengan alkohol menggunakan katalis homogen NaOH atau KOH. Tujuan dari transesterifikasi untuk mendapatkan hasil metil ester asam lemak dari trigliserida dalam minyak nabati atau hewani dengan melalui proses reaksi transesterifikasi dengan methanol. Alhasil dalam pemakaian bahan bakar biodiesel memiliki umpan balik yang baik terhadap penggunaannya karena bahan bakar biodiesel dapat dibuat menjadi minyak nabati murni yang dapat dikatakan sebagai B100 atau digunakan sebagai campuran dengan bahan bakar diesel (HSD) murni misalnya dengan perbandingan 20% biodiesel dan 80% minyak bahan bakar diesel (HSD) yang dapat dikatakan B20 tujuan dari pencampuran ini adalah untuk mencari titik efisiensi dalam komposisi bahan bakar terhadap mesin diesel (Pamata, 2008).

Dalam pengaplikasian biodiesel terhadap, mesin ditentukan dari sifat biodiesel yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2012.

Tabel 1. 1. Syarat mutu Biodiesel SNI

No	Parameter Uji	Stauan,min/maks	Persyaratan	Metode Uji
1	Masa Jenis pada 40°C	kg/m ³	850-890	ASTM D 1298/4052
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	Mm ² /s (cSt)	2,3-6,0	ASTM D 445
3	Angka setana	Min	51	ASTM D 613/6890
4	Titik nyala	°C, min	100	ASTM D 93
5	Titik kabut	°C, maks	18	ASTM D 2500
6	Residu karbon	%-massa, maks	0,05-0,3	ASTM D 4530/189
7	Air dan sedimen	%-vol., maks	0,05	ASTM D 2709
8	Temperatur destilasi 90%	°C, maks	360	ASTM D 1160
9	Abu tersulfatkan	%-massa, maks	0,02	ASTM D 874
10	Belerang	Mg/kg,maks	100	ASTM D 5453
11	Fosfor	Mg/kg, maks	10	AOCS Ca 12-55
12	Angka asam	mg-KOH/g,maks	0,6	ASTM D 664
13	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02	ASTM D 6584
14	Gliserol total	%-massa, maks	0,24	AOCS Ca 14-56
15	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5	
16	Angka iodium	%massa, (gl ² /100g),maks	115	AOCS Cd 1-25
17	Kadar monogliserida	%-massa, maks	0,8	ASTM D 6584
18	Kestabilan Oksidasi Periode Induksi Metode rincian atau periode induksi metode petroksi	Menit	360	EN 15751

2.2. Minyak Kelapa Sawit

Kebutuhan akan minyak kelapa sawit Indonesia pada tahun 2009 mencapai 21,51 juta ton menandakan bahwa menjadi komoditas sangat penting. Angka tersebut dapat dilihat dari kebutuhan pasar local minyak kelapa sawit Indonesia yang mencapai titik 6,2 juta ton sementara sisanya diekspor dalam bentuk curah. Minyak kelapa sawit ini memiliki potensi sekitar 15 juta ton bila diolah dan dikembangkan menjadi produk perkembangan dari bahan yang sama dan pada akhirnya menjadi bahan bakar kelapa sawit (SBRC, 2009).

Sewaktu penggunaan bahan bakar fosil yang menyebabkan permasalahan lingkungan menjadikan peralihan bahan bakar dengan menggunakan biodiesel terbuat dari bahan bakar nabati. Proses perkembangan bahan bakar nabati dimulai tahun 2004 di Indonesia, untuk perkembangan ini masih berlanjut dan dibangun beberapa industri biodiesel di berbagai wilayah di Indonesia, APROBI (2009) APROBI telah mencatat sampai dengan tahun 2009 ada beberapa perusahaan memiliki potensi pengolahan biodiesel. Terdapat sekitar 18 perusahaan yang memiliki kapasitas terpasang total sekitar 3,184,311 kiloliter/tahun. Dari kapasitas produksi yang terhubung industri biodiesel minyak kelapa sawit diperkirakan akan mengalami peningkatan, begitu juga dengan harganya. Kenaikan harga minyak kelapa sawit ini berdampak terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Dapat diperkirakan bahwa perkembangan industri biodiesel mengalami kenaikan harga minyak goreng sawit karena kenaikan harga bahan baku minyak kelapa sawit. Karena naiknya harga minyak goreng kelapa sawit maka menyebabkan penurunan permintaan minyak goreng kelapa sawit dan mengalahi penurunan juga terhadap produksi minyak goreng kelapa sawit (Susila & Munadi, 2008).

Biodiesel minyak kelapa sawit memiliki potensi dan keuntungan, seperti memiliki kandungan inti (kenel) sekitar 44% massa minyak, sumber daya yang memadai di Indonesia karean penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua didunia dan harganya terjangkau. Adapun alasan tersendiri pada penelitian sebelumnya mengapa bahan bakar kelapa sawit sering digunakan yaitu ramah lingkungan dikarenakan bebas nitrogen, sulfur dan senyawa aromatic yang menyebabkan emisi pembakaran memperoleh hasil ramah lingkungan (Ruspitaningati, 2013).

2.3. Mesin Diesel

Mesin Diesel merupakan salah satu mesin pembakaran dalam. Mesin diesel tersebut dengan mesin penyalaan kompresi karena penyalaan bahan bakarnya disebabkan oleh suhu kompresi udara dalam ruang bakar. Setelah menjalankan mesin diesel adapun perbedaan terhadap mesin bensin yang dimana proses pembakarannya dengan menggunakan busi dengan cara diproses penyalaan businya agar bisa terjadi penyalaan bahan bakar disebabkan oleh percikan bunga api listrik berasal dari busi.

Untuk mendapatkan pengatomisasian bahan bakar yang bagus didapat dari udara bersih yang dihisap oleh torak lalu kemudian dikompresikan. Sebelum

melakukan proses pembakaran bahan bakar haruslah disemprot terlebih dahulu dengan halus barulah bahan bakar tercampur dan bergabung dengan udara didalam silinder kemudian di kompresikan sampai mencapai titik suhu dan tekanan yang tinggi dan sesuai dengan *project guide*.

Pada mesin diesel, diperlukan sistem injeksi bahan bakar berupa pompa injeksi yang berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan tinggi dan pengabutan serta perlengkapan alat bantu lain. Bahan bakar yang disemprotkan harus mempunyai sifat dapat terbakar sendiri.

2.4. Mesin Diesel Type Direct Injection

Direct Injection merupakan jenis Injeksi langsung yang tidak memakai Sperated chamber, akan tetapi bentuknya mirip seperti mobil bensin dimana nozzle nya terletak langsung diruang bakar. Dimana ketika proses langkah hisap kemudian dilanjut dengan langkah kompresi maka bahan bakar HSD disemprotkan oleh *nozzle* yang memiliki beberapa variasi diesel *direct injection* dan dilengkapi dengan *glow plug* atau busi pemanas seperti pada mesin *indirect injection*. Pada penggunaan tersebut tergantung bagai mana penggunaannya apakah mesin diesel *direct injection* menggunakan busi pemanas atau tidak.

Mekanisme Penyemprotan mesin diesel yang lama disetting oleh *injection pump*. *Injection Pump* merupakan pompa injeksi yang menghantarkan dan menekan bahan bakar ke silinder mesin diesel. Secara tradisional, pompa injeksi di dorong langsung dari poros engkol dengan *Timing belt* yang juga mentransferkan tenaga ke *camshaft*. Berputar pada kecepatan setengah poros engkol dalam mesin empat-stroke konvensional. Waktu penyemprotan bahan bakar hanya beberapa derajat sebelum titik mati atas. Waktu penyemprotan biasanya kita dengan *timing* pengabutan biasa dimajukan atau bisa dimundurkan sesuai dengan keinginan kita yang akan berpengaruh pada performa mesin diesel.

2.4.1. Diesel Direct Injection Commonrail

Pada *direct injection commonrail* ini fungsi untuk *injection pump* yang digantikan oleh *commonrail* sistem yang digunakan dari tangki bahan bakar kemudian disuplai ke akumulator, Bahan bakar ini lalu dikirim melalui pipa ke injektor, kemudian diinjeksikan melalui *nozzle* ke dalam ruang pembakaran. Dilihat pada generasi awal DI *commonrail* memiliki tekanan yang sangat besar yaitu 600-800 bar, dan seiring dengan perkembangan teknologi DI *commonrail* menggunakan *injector piezo electric* untuk meningkatkan presisi, dengan mencapai tekanan bahan bakar 1,800 bar.

2.4.2. Beberapa Keuntungan Dari Commonrail

Dengan tekanan injeksi (pengabutan yang sangat tinggi maka efisiensi dari mesin akan lebih tinggi (efisiensi lebih tinggi tentunya bahan bakar akan makin irit dan tenaga jauh lebih baik) Mesin diperoleh getaran dan suara yang lebih halus. Unit dilengkapi dengan *electric control unit* (ECU) sehingga waktu pengabutan, *Timing* pengabutan dapat dengan mudah dimanipulasi oleh *piggy back* untuk diperoleh tenaga yang baik.

2.4.3. Kerugian dari *Commonrail*

Karena berkerja pada tekanan yang sangat tinggi maka diperlukan lubang *nozzle* yang sangat kecil di ruang bakar, oleh karenanya diperlukan bahan bakar bagus yang berkadar Sulphur rendah.

Kadar Sulphur yang tinggi pada sola akan menyebabkan kebuntuan pada kepala *nozzle commonrail*. Sedangkan sulfur sendiri bersifat seperti timbal pada bensin yaitu berfungsi sebagai pelumas. Dengan kadar sulfur yang rendah maka sering ditemukan kematian dan kerusakan dini pada perangkat injeksi.

2.4.3.1. Keuntungan Dari *Direct Injection*

- Saat mesin dingin lebih muda dihidupkan
- Lebih hemat dalam pemakaian bahan bakar
- Ruang bakar yang lebih kecil membuat efisiensi panas menjadi lebih baik.

2.4.3.2. Kerugian Dari *Direct Injection*

- Cenderung suara mesin lebih kasar dan bising
- Lebih rentan terhadap penyumbatan dalam injector karena lubang injector lebih kecil
- Output tenaga yang cenderung lebih kecil
- Turbulensi kecil pada kecepatan rendah

2.5. Parameter Performa Mesin

2.5.1. Torsi

Torsi merupakan gaya untuk menggerakkan. Menarik atau menjalankan suatu gaya dorong. Satuan untuk torsi di Internasional adalah *feet/lbs*, *feet pounds* atau *Newton meter* (Nm). Torsi dihasilkan dari jarak dan kekuatan dan untuk menghitungnya adalah perkalian antara tenaga dengan jarak. Mesin dari kendaraan menghasilkan torsi dan mengguanakannya untuk menggerakkan crankshaft. Jadi, torsi adalah tenaga yang digunakan pada suatu jarak telah ditentukan.

Rumus

$$T = \frac{P}{2\pi X RPM} \quad (1)$$

Dimana :

T = Torsi benda berputar (N.m)

P = Daya (watt)

Rpm = Rotation perminut

2.5.2. Daya

Sebuah kemampuan untuk menggusung sebuah beban dalam periode/rentang waktu tertentu

Rumus

$$P = \frac{v \times i \times \cos \phi}{\text{Eff Generatr} \times \text{Eff Sliip}} \quad (2)$$

Dimana :

P = Daya (watt)

V = Voltase (volt)

I = Ampere

Cos ϕ = 0.9 (4)

Eff Gen = Efisiensi generator 0.82-0.85

Eff Slip = Efisiensi slip

2.5.3. SFOC

Konsumsi bahan bakar secara spesifik merupakan perbandingan antara bahan bakar yang dikonsumsi dalam waktu tertentu dan tenaga yang dihasilkan oleh mesin, Adapun teori dari konsumsi bahan bakar dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

Rumus

$$\text{SFOC} = \frac{3600 \times Mb}{bhp \times t} = \frac{\text{Bahan bakar}(Kg)}{HP \times Hour} \quad (3)$$

Dimana :

SFOC = Konsumsi Bahan Bakar (kg/jam)

Mb = bahan bakar yang dikonsumsi (kg)

BHP = daya mesin motor (HP)

t = waktu konsumsi bahan bakar (detik)

Proses untuk mendapatkan nilai dari parameter-parameter performa motor perlu dilakukannya pengukuran pada penelitian ini pengukuran performa mesin diesel dilakukan dengan menggunakan alat dynamometer adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur daya dan torsi yang diperlukan untuk pengoperasian mesin.

2.5.4. BMEP

Break Main Effectif Pressure merupakan sebuah metode pengukuran tekanan effectif rata rata yang di keluarkan oleh mesin dari fluida yang mengalir kemudian di kompresi dengan piston tiap putarannya menghasilkan pengukuran tersebut.

$$\text{BMEP} = \frac{P}{i \times L \times A \times Z \times RPs}$$

P = Power

i = Stroke

L = Panjang Lengan Beban

A = Luas Penampang Silinder

Z = Jumlah Silinder

RPs = Putaran tiap poros yang dihasilkan Poros Engkol tiap Detik

2.6. Macam Bentuk Piston

Piston memiliki banyak bentuk permukaan dikarenakan memiliki macam fungsi dan berikut adalah macam bentuk piston :

2.6.1. Hemispherical Combution Chamber (HCC)



Gambar 2. 1. HCC Piston

(Sumber : <https://indjst.org/articles/mechanical-properties-material-and-design-of-the-automobile-piston-an-ample-review>)

Pada piston ini memiliki permukaan yang cembung memberikan efek *squish* kecil dimana memberikan beberapa variasi rasio kedalaman terhadap diameter permukaan. Efek *squish* ini sangat berfungsi untuk mengatur laju aliran bahan bakar ke pusat ruang bakar dan bisa dioptimalkan dengan menaikkan *bowl* atau menurunkan *bowl*.

2.6.2. Toroidal Combution Chamber (TCC)



Gambar 2. 2. TCC Piston

(Sumber : <https://indjst.org/articles/mechanical-properties-material-and-design-of-the-automobile-piston-an-ample-review>)

Pada piston ini memiliki kedalaman *bowl* piston yang bisa menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar hingga mencapai 35% dan mampu menetralkan gas polutan yang dihasilkan seperti NO_x, HC dan CO disebabkan pengoptimuman injeksi bahan bakar untuk teratomisasi dan terbakar sempurna

2.6.3. SCC Piston



SHALLOW DEPTH

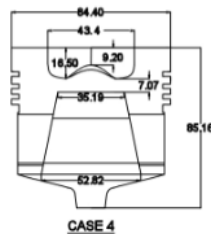
Gambar 2. 3. SCC Piston

(Sumber : <https://indjst.org/articles/mechanical-properties-material-and-design-of-the-automobile-piston-an-ample-review>)

Pada piston ini memiliki kedalaman permukaan rongga *bowl* yang besar dan umumnya digunakan pada mesin besar yaitu *Low Speed Diesel*.

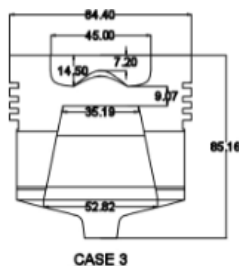
2.7. Modifikasi Piston TCC

Pada kali ini, penulis melakukan simulasi piston Yanmar TF 85MH dengan melakukan pengurangan dan penambahan *piston crown*. Dengan tujuan untuk mencari nilai efisiensi selanjutnya yang diterapkan ketika proses penginjeksian dengan tekanan bar yang berbeda kemudian mencari nilai titik temu pada hasil simulasi piston TCC mana yang lebih efektif dan variasi tekanan injeksi mana yang efektif terhadap kedua bahan bakar tersebut. Untuk detail piston TCC +1 dan TCC -1 bisa dilihat pada Gambar 2.4 dan 2.5.



CASE 4

Gambar 2. 4. TCC +1 Piston Yanmar TF 85MH



CASE 3

Gambar 2. 5. TCC -1 Piston Yanmar TF 85MH

2.8. Proses Terjadinya Pembakaran

Proses pembakaran adalah ketika terjadinya proses kompresi udara di dalam ruang bakar yang menyebabkan udara tertekan dan suhu menjadi lebih tinggi. Pada saat bersamaan bahan bakar diinjeksikan melalui injektor ke dalam ruang bakar, dikarenakan ruang bakar memiliki suhu tinggi akibat kompresi bahan bakar menyala dan terjadi pembakaran. Pada proses pembakaran ini menghasilkan tekanan yang lebih tinggi di ruang bakar sehingga menyebabkan piston terdorong ke bawah dan kemudian memutar poros engkol (Achmad 2018).

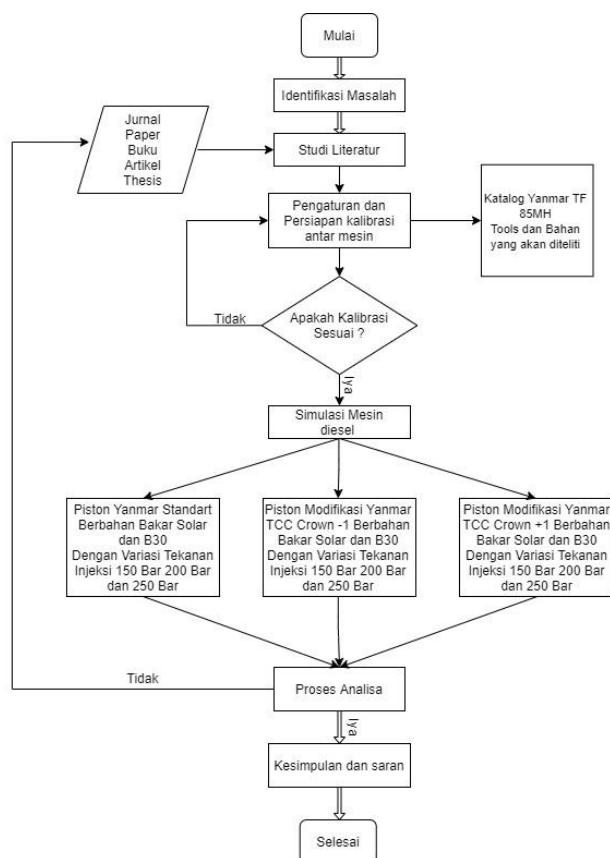
Dalam proses pembakaran memiliki beberapa faktor agar kiranya terjadi proses tersebut mulai dari *ignition delay* karena dari proses tersebut secara teori pada mesin diesel ketika piston memampatkan udara di dalam ruang bakar, setelah itu ketika piston mencapai titik mati atas, bahan bakar diinjeksikan yang akan terbakar dengan sendirinya karena suhu ruang bakar telah mencapai titik nyala dari bahan bakar. Bahkan ada penundaan sejenak muali injeksi bahan bakar dengan terjadinya proses pembakaran atau yang bisa disebut dengan *ignition delay* (Arifin & Mawardi, 2013). Dalam penelitian ini terlihat bahwa piston TCC -1 memiliki kedalaman *bowl* ruang pembakaran jadi luar yang cukup besar menyebabkan *ignition delay* lamanya proses titik didih menyebabkan tidak sesuainya proses penginjeksian dan proses pencampuran udara dengan embun untuk mencapai proses pengapian. Pencampuran dari udara terhadap bahan bakar dengan udara ketika tertekan hingga titik puncak pembakaran disebut dengan maksimum *pressure*. Sebaliknya bila proses pembakaran semakin pendek *ignition delay* semakin baik kualitas dari proses penyalanya atau mencapai titik didih. Kualitas ini ditunjukkan pada *cetane number* bahan bakar. Mutu dari penyalan bisa diukur dengan indeks yang disebut dengan setana. Khususnya mesin diesel pada putaran tinggi memerlukan bilangan setana sekitar lima puluh. Nilai setana didapat dari karakteristik bahan bakar dapat dikatakan serupa dengan nilai oktan untuk bahan bakar bensin (Nur, 2007).

Adapun cara lain untuk membantu proses pembakaran atau meningkatkan peranan penting dalam kinerja dan mengurangi emisi dan efiseinsi dari mesin. Secara tidak langsung berkaitan turunya tingkat konsumsi bahan bakar yang menyebabkan hemat biaya. Pada umumnya karakteristik injeksi yang baik bisa digambarkan ketika proses penginjeksianya membuat bahan bakar tersebut menjadi seperti tetesan molekul atau lebih kecil, hal tersebut menyebabkan keuntungan pada meratanya bahan bakar tersebut ke luas permukaan yang lebih besar dengan volume bahanbakar yang setimbang ketika penginjeksian. Hal tersebut bisa dilakukan dengan meningkatkan tekanan injeksi. Terbukti dengan meningkatkan tekanan injeksi ada peningkatan daya mesin disebabkan oleh pembakaran yang baik (R.A Bakar,2008). Berbeda dari bahan bakar biodiesel memeiliki tingkat kekentalan yang lebih besar menjadikan bahan bakar tersebut belum terbakar seluruhnya dan menyebabkan sisa bahan bakar tesebut terbakar di proses pembakaran selanjutnya, bila menggunakan tekanan injeksi yang tinggi akan menjadi bagus namun terhalang oleh denistas yang tinggi namun bila menggunakan tekanan injeksi rendah lebih optimum.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Metodologi Penelitian dengan judul Analisis Pengaruh Varias Tekanan injeksi Dan Modifikasi Piston *Crown* Terhadap Performa Pembakaran Berbasis Simulasi menggunakan Bahan Bakar B30 dengan menggunakan aplikasi yang bisa menyesuaikan dengan catalog engine. Untuk melakukan pengumpulan data kita harus melakukan proses kalibrasi pada simulasi *Engine* agar data yang didapat dilakukan analisis untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1. Metodologi Penelitian

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi perumusan masalah dari penelitian ini adalah pengujian terhadap performa pembakaran dengan melakukan perubahan tekanan injeksi menggunakan biodiesel minyak kelapa sawit dengan kadar 30% terhadap piston TCC standar dan piston TCC modifikasi.

3.2. Studi Literatur

Dalam Studi literature yang digunakan penulis memiliki beberapa refrensi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Refrensi yang digunakan tersebut erat kaitan dengan judul yang digunakan agar refrensi bisa membentuk pemahaman dari penulis ke pembaca:

- a) Jurnal
- b) Paper
- c) Buku
- d) Artikel
- e) Tugas Akhir

Refrensi tersebut didapatkan dengan menggunakan Internet, maupun Ruang Baca Fakultas Teknologi Kelautan, Hal ini bertujuan agar pencarian yang dilakukan lebih spesifik dan akurat.

3.3. Pengaturan dan Persiapan Kalibrasi Antar Mesin

Pada tahap ini dilakukan proses pengaturan dan persiapan kalibrasi yang nantinya disimulasikan ada beberpa komponen yang menunjang simulasi ini, sebelum dilakukan simulasi perbandingan pada performa kinerja mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel minyak kelapa sawit dengan variasi injeksi alat dan bahan yang harus di persiapkan adalah:

- a) Propertise Bahan Bakar Biodiesel Minyak kelapa sawit
- b) Propertise Bahan Bakar HSD
- c) Katalog Mesin Diesel Yanmar TF 85MH
- d) Modifikasi Piston Yanmar TF 85MH
- e) Menseting Tekanan Injektor dan Variasi Tekanan untuk mendapatkan variasi tekanan

Penentuan variable yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a) RPM : 1600, 1800, 2000 dan 2200
- b) Fuel : B30 Minyak Kelapa Sawit dan HSD
- c) Load : 50%, 60%, 70%, 75%, 80%, 90%, 100%
- d) Tekanan injeksi : 150 bar, 200 bar, 250 bar
- e) Perbandingan : Piston TCC +1 (16,5) Piston standar (15,5), TCC -1 (14,5)

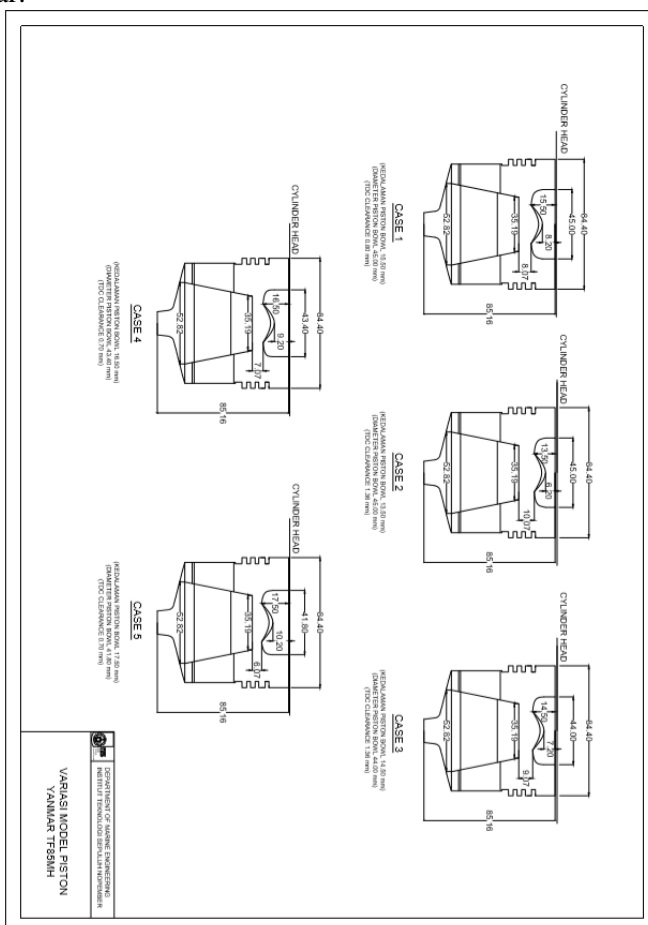
3.3.1. Tools dan Bahan Yang Diteliti

Bertujuan untuk menspesifikan tujuan dari apa yang telah diteliti. Selain itu juga bertujuan untuk menunjukan korelasi apa yang telah dilakukan dan *tools* ini juga berpatokan pada standar dan apa yang telah di variasikan berikut merupakan *tools* yang di teliti.:

3.3.1.1. Pemoifikasian Piston TCC modifiikasi

Pemoifikasian piston TCC melihat ketentuan standar piston Yanmar TF 85MH yaitu untuk kedalaman *bowl* 15,5 mm kemudian *bowl diameter* sebesar 45 mm dan kompresi rasio sebesar 18 setelah itu kita menentukan

study case berapa yang mau di rubah, *study case* yang kita ambil adalah dilakukan penambah pada ukuran kedalaman *bowl* sebesar 16,5 mm dikarenakan penambah ukuran menyebabkan kompresi rasionya mengalami perubahan dan untuk menetapkan hal tersebut dengan melakukan penambah ada yang berubah di bagian *bowl diameter* sebesar 43,4 mm menyebabkan *TDC clearance* di kecilkan sebesar 0,1 mm yang tadinya 0,8 berubah menjadi 0,7 mm menyebabkan kompresi besar setelah selesai melakukan penambahan ukuran pada *study case* 4 untuk dilakukan pengurangan *study case* 3 di bagian kedalaman *bowl* sebesar 14,5 mm untuk *bowl* diameternya sama dengan *case* 1 tapi ada mengalami perubahan pada bagian *TDC clearance* yang maki melebar dan menambah sebesar 1,0 mm dari standar aslinya dari 0,28 mm menjadi 1,08 mm kemudain untuk menjelaskn detail dari *study case* yang diambil sebagai gambaran lebih jelasnya menggunakan aplikasi Autocad yang nantinya dibuat bentuk nyata dalam bentuk piston yang digunakan sebagai perbandingan piston TCC standar.



Gambar 3. 2. Model dan variasi piston Yanmar TF 85MH

3.3.1.2. Pengaturan Injeksi

Pada pengaturan Injeksi harus sesuai dengan tekanan injeksi yang di seting karena setiap setting an injektor memiliki cara penyetingan dan penginjeksian yang berbeda bila ingin melakukan penyetingan pada simulasi *engine* pada injektor kita harus melihat berapa *injection timing* dan tekanan yang ditentukan berapa bar bila sudah menentukan kita input data tersebut ke bagian *direct injection injector* (Gambar 3.3. Direct Injection Injector) ke *timing* kemudian kita seting -18 (Gambar 3.4. Injection Timing) kemudian ke Profile dan kita Input data tersebut dengan ke bagian *time or angle array and pressure or mass array* kedua inputan tersebut memiliki proses penyemprotan yang berbeda beda (Table 3.1. Pengaturan injektor standar Yanmar TF 85MH di Excel) dan bila Ingin memvariasikan 200 bar 150 bar dan 250 bar *setting* pada *profile injector*.



Gambar 3. 3. Direct Injection Injector

Masa	Pengatur Tempo	Bahan Bakar	Nosel	Pengaturan Profile	Profile
	Variable Kulaitatif	Satuan		Nilai Object	
Pengaturan Tempo Injeksi		deg		-18	
Sumbu Sudut					
Silinder Terlampir					
Bagian Pada Peta					deff:
Object Refrensi Pengaturan					

Gambar 3. 4. Injection Timing

Injeksi Standart 200 Bar					
A - B : Ignition Delay	A : Start Of Injection	Angle Array Time Or Anggle Array	Pressure Or Mass Array	Dan Berikut Merupakan Perssure Or Mass Array yang merupakan tekanan Perssure Bar yang ada pada Injektor dimana sudah di jelaskan sebelumnya bahwa mengikuti Timing Injeksi tidak semua Timing bukakan Katup sama Pada Pressurennya tidak sama dan kami sendiri yang menentukan.	A : Start Of Injection
		-18	0		
		-17	14.11111111		
		-16	17.11111111		
		-15	21.11111111		
		-14	26.11111111		
		-13	32.11111111		
		-12	39.11111111		
		-11	47.11111111		
		-10	56.11111111		
		-9	66.11111111		
		-8	77.11111111		
		-7	89.11111111		
		-6	102.11111111		
		-5	116.11111111		
		-4	131.11111111		
		-3	147.11111111		
		-2	164.11111111		
		-1	182.11111111		
	B : Ignition	0	200	B : Ignition	
	Peroses Full Penyemprotan			Belum Timbul Percika Bunga api	

B - C : Rapid Combustion	Ketika kita melihat data ini merupakan Proses dimana seluruh bahan bakar masuk ke cylinder dengan tekanan yang telah di keluarkan pada sebelumnya dan secara tidak langsung katup akan tertutup secara perlahan	1	182.11111111	Ketika bukaan katup mengalami penutupan perlahan di iringi dengan tekanan yang juga turun secara tidak langsung proses pembakaran akan berjalan dan menimbulkan percikan bunga api dan mengalami tekanan yang sangat besar hingga menimbulkan ledakan didalam cylinder dan di tahan oleh cylinder head dan berikut merupakan salah satu faktor apakah Injection Timing yang di buat berhasil atau tidak.	B - C : Rapid Combustion
		2	164.11111111		
		3	147.11111111		
		4	131.11111111		
		5	116.11111111		
		6	102.11111111		
		7	89.11111111		
		8	77.11111111		
		9	66.11111111		
		10	56.11111111		
		11	47.11111111		
		12	39.11111111		
		13	32.11111111		
		14	26.11111111		
		15	21.11111111		
		16	17.11111111		
		17	14.11111111		
D : End Of Injection		18	0	D : End Of Injection	

Tabel 3. 1. Pengaturan Injektor tandart Yanmar TF 85MH di Excel

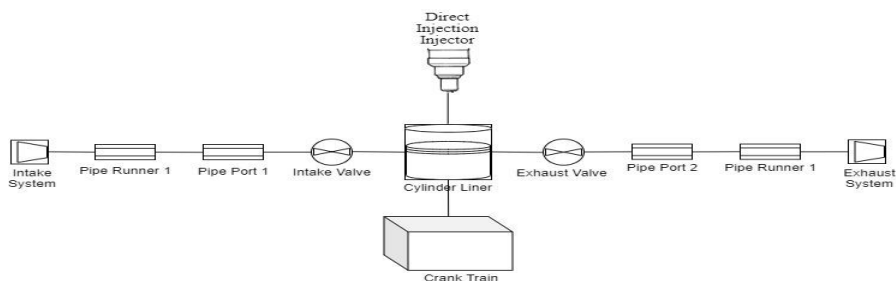
Masa	Pengatur Tempo	Bahan Bakar	Nosel	Pengaturan Profile	Profile
Variable	Waktu atau	Tekanan			
Kulaitatif	sudut	Bar			
0		Bar			
1	-18	0			
2	-17	14.11111111			
3	-16	17.11111111			
4	-15	21.11111111			
5	-14	26.11111111			
6	-13	32.11111111			
7	-12	39.11111111			
8	-11	47.11111111			
9	-10	56.11111111			
10	-9	66.11111111			
11	-8	77.11111111			
12	-7	89.11111111			
13	-6	102.11111111			
14	-5	116.11111111			
15	-4	131.11111111			
16	-3	147.11111111			
17	-2	164.11111111			
18	-1	182.11111111			
19	0	200			
20	1	182.11111111			
21	2	164.11111111			
22	3	147.11111111			
23	4	131.11111111			
24	5	116.11111111			
25	6	102.11111111			
26	7	89.11111111			
27	8	77.11111111			
28	9	66.11111111			
29	10	56.11111111			
30	11	47.11111111			
31	12	39.11111111			
32	13	32.11111111			
33	14	26.11111111			
34	15	21.11111111			
35	16	17.11111111			
36	17	17.11111111			
37	18	0			

Gambar 3. 5. Komponen Injektor yang sudah di Input data dari Excel

Simulasi terhadap penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Variable tekanan injeksi dimana menggunakan 3 tekanan injeksi 250 bar, 200 bar, 150 bar. Eksperimen ini dilakukan pada mesin Yanmar TF 85MH, Dimana injektor ini digunakan mesin diesel ini perlu dilakukan penggantian angka injektor pada bagian injektor profile untuk mengurangi atau meningkatkan tekanan injeksi, injektor profile yang digunakan, untuk meningkatkan tekanan maka diperlukan profile yang memiliki nilai interpolasi lebih tinggi dan sebliknya. Untuk pengaturan bisa di lihat pada Gambar 3.6. dan berikut merupakan 3 jenis variasi tekanan injeksi pada table 3.2. dimana memeiliki 3 variasi tekanan injeksi 250 bar, 200 bar, 150 bar

Tabel 3. 2. Variasi Injeski Pressure Or Mass Array dan Timming Anggle Array

Variasi Tekanan Injeksi 1		Tekanan Injeksi Standart		Variasi Tekanan Injeksi 3	
250		200		150	
Time Or Anggle Array	Pressure Or Mass Array	Time Or Anggle Array	Pressure Or Mass Array	Time Or Anggle Array	Pressure Or Mass Array
-18	0	-18	0	-18	0
-17	21.88888889	-17	14.11111111	-17	9.333333333
-16	26.88888889	-16	17.11111111	-16	10.33333333
-15	32.88888889	-15	21.11111111	-15	12.33333333
-14	39.88888889	-14	26.11111111	-14	15.33333333
-13	47.88888889	-13	32.11111111	-13	19.33333333
-12	56.88888889	-12	39.11111111	-12	24.33333333
-11	66.88888889	-11	47.11111111	-11	30.33333333
-10	77.88888889	-10	56.11111111	-10	37.33333333
-9	89.88888889	-9	66.11111111	-9	45.33333333
-8	102.8888889	-8	77.11111111	-8	54.33333333
-7	116.8888889	-7	89.11111111	-7	64.33333333
-6	131.8888889	-6	102.1111111	-6	75.33333333
-5	147.8888889	-5	116.1111111	-5	87.33333332
-4	164.8888889	-4	131.1111111	-4	100.3333333
-3	182.8888889	-3	147.1111111	-3	114.3333333
-2	201.8888889	-2	164.1111111	-2	129.3333333
-1	222.8888889	-1	182.1111111	-1	145.3333333
0	250	0	200	0	150
1	222.8888889	1	182.1111111	1	145.3333333
2	201.8888889	2	164.1111111	2	129.3333333
3	182.8888889	3	147.1111111	3	114.3333333
4	164.8888889	4	131.1111111	4	100.3333333
5	147.8888889	5	116.1111111	5	87.33333332
6	131.8888889	6	102.1111111	6	75.33333333
7	116.8888889	7	89.11111111	7	64.33333333
8	102.8888889	8	77.11111111	8	54.33333333
9	89.88888889	9	66.11111111	9	45.33333333
10	77.88888889	10	56.11111111	10	37.33333333
11	66.88888889	11	47.11111111	11	30.33333333
12	56.88888889	12	39.11111111	12	24.33333333
13	47.88888889	13	32.11111111	13	19.33333333
14	39.88888889	14	26.11111111	14	15.33333333
15	32.88888889	15	21.11111111	15	12.33333333
16	26.88888889	16	17.11111111	16	10.33333333
17	21.88888889	17	14.11111111	17	9.333333333
18	0	18	0	18	0



Gambar 3. 6. Rangkaian Mesin

Bila semua komponen sudah di siapkan barulah dilakukan kalibrasian dan pengaturan mesin yang digunakan yaitu Yanmar TF 85MH yang dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* yang di rangkai bisa dilihat pada Gambar 3.6 rangkaian mesin tersebut memiliki banyak komponen dan berikut adalah seluruh komponen yang dipakai *Intake System*, *Pipe Runner 1&2*, *Pipe Port 1&2*, *Intake Valve*, *Direct Injection Injector*, *Exhaust Valve*, *Cylinder Liner*, *Crank Train*, *Exhaust Sistem*. Untuk mendapat hasil yang kita ingin analisis *engine* dengan menggunakan *software* rangkain mesin dan ketika memperbaiki pada komponen mesin bisa dilihat *software* hasil rangkaian. Pada proses kalibrasi ini yang kita cari adalah nilai dari tiap rpm mulai dari BHP, SFOC, Torsi, BMEP apakah sudah mendekati dari nilai yang di tentukan oleh katalog *engine* Yanmar TF 85MH degan cara membandingkan kedua grafik jika sudah maka bisa di lakukan simulasi dan analisis.

3.4. Simulasi Mesin Diesel

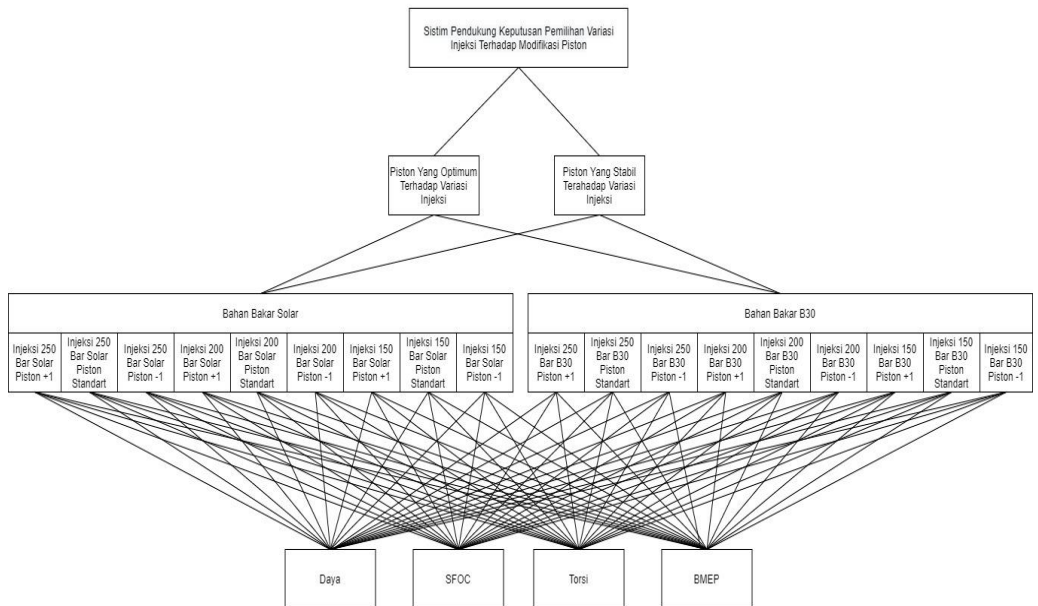
Simulasi ini dilakukan menyelesaikan parameter sebelumnya sudah ditentukan dan harus terpenuhi seluruhnya. Simulasi yang dilakukan adalah dengan acuan Katalog mesin diesel Yanmar TF 85MH yang berada pada laboratitrium Marine Power Plant Sistem Perkapalan FTK-ITS, Kemudian setelah itu aplikasikan pada *software* rangkaian terlebih dahulu komponen *software* hasil rangkaian mesin barulah bisa di running untuk menadapatkan data pada *software* rangkain mesin. Simulasi ini dilakukan terhadap injeksi 250 bar, 200 bar, dan 150 bar dengan variasi yang berbeda menggunakan piston TCC modifikasi *case 1*, *case 3* dan *case 4* (Gamabar 3.2. Model dan Variasi Piston Yanmar TF 85MH) piston standar dengan menggunakan bahan bakar B30 minyak kelapa sawit dan HSD.

3.5. Proses Analisis

Pada proses analisis ini dilakukan dengan pengambilan data yang sudah di lakukan pada simulasi sebelumnya untuk data bisa di ambil pada *software* rangkain mesin dan nantinya data tersebut dilakukan analisis dengan menggunakan aplikasi Expert Choice yang dimana aplikasi ini digunakan untuk menganalisis hasil pembobotan yang telah di tentukan oleh AHP yang nantinya dari *software* tersebut diambil keputusan dengan melakukan sebuah perangkaian atau perbandingan dari data yang di dapat, aplikasi ini sangat cocok untuk menemukan jawaban dari suatu permasalahan yang sangat kompleks. Ketika menggunakan aplikasi ini kita harus membuat diagram *Multi-Attribute Decision Making* yang dimana hasil tersebut di dapat pada variasi injeksi, *Study Case*, bahan bakar dan hasil simulasi. Data tersebut di olah dan di sesuaikan diagram MADM yang ditentukan (Gambar 3.9. Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Variasi Injeksi Terhadap Modifikasi Piston). Kemudian data tersebut didapat dan diolah sesuai dengan alternative mana yang cocok dengan tujuan yang di dapat.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini dibuat berdasarkan hasil terhadap seluruh rangkaian kegiatan Simulasi dan proses analisis yang telah dilakukan berdasarkan data real yang telah dilakukan. Diharapkan kesimpulan menjawab seluruh rumusan, tujuan dan manfaat pada penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. 7. Sistem Pendukung Pemilihan Keputusan

BAB IV Hasil dan Pembahasan

4.1. Propertise Bahan Bakar HSD dan B30

Tabel 4. 1. Propetise Bahan Bakar HSD dan B30

No	Parameter	Satuan	Hasil analisis		Metode analisis
			HSD	B30	
1	Densitas 15°C	kg/L	815	844,4	Piknometri
2	Viskositas 40°C	mm ² /s	2	2,2	Viskometri
3	LHV	kal/g	10330,09	10533,9	Bomb calorimetri
4	Flash point	°C	52	91	ASTM D-93
5	Cetane number	-	48	73,2	Octane-cetane Analyzer

Tabel di atas merupakan *properties* bahan bakar yang akan diteliti dan untuk pendukung analisis performa yaitu bahan bakar HSD dan B30. Kedua bahan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda mulai dari densitas, viskositas, LHV, *flash point* dan *cetane number* namun memiliki keunggulan yang berbeda terhadap performa. Dari bahan bakar B30 memiliki keunggulan yaitu melumasi pada bagian piston dan ring piston dan walau dengan sedikit konsumsi bahan bakar dia mampu menghasilkan *pressure* dan *temperature* yang menyebabkan *heat release* yang tinggi. Sedangkan bila ingin menggunakan bahan bakar HSD berkebalikan dengan B30 karena dibutuhkan konsumsi bahan bakar yang banyak untuk meningkatkan *peressure* dan *temperature* agar *heat release* tinggi.

4.2. Analisis Performa Pengaruh Variasi Injeksi Terhadap Modifikasi Piston

Penelitian ini membahas tentang uji performa berbasis simulasi yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan kepada tekanan injeksi pada mesin diesel yang telah dirangkai. Tujuan yang diinginkan berdasarkan hasil yang diperoleh dimana menentukan performa dari mesin diesel ketika di berikan variasi injeksi terhadap modifikasi piston menggunakan bahan bakar HSD dan B30 minyak kelapa sawit. Dengan beban 50%, 60%, 70%, 75%, 80%, 90%, 100% pada setiap putaran 1800 RPM sampai 2200 RPM. Kemudian data tersebut dianalisis dengan menggunakan grafik kemudian dilanjutkan dengan menggunakan Expert Choice.

Analisis berbasis simulasi ini memiliki banyak variabel untuk mempermudah penilaian analisis tiap variabel dilakukan proses penilaian dengan metode AHP yang telah disusun untuk menentukan piston yang optimum terhadap analisis pada variasi injeksi dari beberapa kriteria modifikasi piston dan variasi tekanan injeksi yang telah

didapat dari *software* hasil rangkaian kemudian dilakukan perangkingan setelah itu dilakukan perbandingan untuk di masukan metode *pairwise comparasion* atau bisa dimasukan ke Expertchoice langsung semakin kecil *inconsistency* pada *pairwise* menyatakan semakin akurat sebaliknya makin besar *inconsistency* maka makin tidak akurat setelah di masukan ke Expertchoice barulah dilakukan penilain lagi terhadap nilai standar piston sebenarnya hal ini sama dengan metode perbandingan sebelumnya outputnya adalah untuk menentukan seberapa besar nilai perbandingan kedua bahan bakar dan piston mana yang optimum dan piston yang kurang stabil. Dari seluruh rangkain proses tadi di dapat nilai *dynamic sensitiviy* dan *propetise with respect to goal*. Untuk fokus variabel pada kali ini adalah menggunakan tekanan injeksi 250 Bar, 200 Bar dan 150 Bar dan piston +1 (*bowl deep* 16,5, *bowl diameter* 43,4, *TDC clearance* 0,7, *compression ratio* 17,97, *connectig Rod* 118,2), piston standar (*bowl deep* 15,5, *bowl diameter* 45, *TDC clearance* 0,8, *compression ratio* 18, *connecting rod* 117,82), Piston -1 (*bowl deep* 13,6, *bowl diameter* 44, *TDC clearance* 1,08 *compression ratio* 18,01, *connecting rod* 117,82), bisa di lihat lihat pada table 4.2. bila ingin melakukan penelitian ini kita harus menyeting *compression ratio* harus sama sebisa mungkin agar terlihat perbandingan yang signifikan, untuk menjaga *compression ratio* terhadap modfiakasi piston kita harus memodifiakasi *conecting rod* agar terjaga *compression ratio* namun untuk *TDC celearance* tidak bisa di ubah karena sudah seusai dengan ketentuan *conecting rod* dan modifikasi piston yang dibuat.

Tabel 4. 2. Spesfikasi Modifikasi Piston

No	Piston	Varias Piston	<i>Bowl diameter</i> (mm)	<i>TDC Clearance</i> (mm)	CR	<i>Connecting Rod</i>
1	Case 1	15,5 mm	45	0,8	18	118,1
2	Case 3	13,6 mm	44	1,08	18,01	117,82
3	Case 4	16,5 mm	43,4	0,7	17,98	118,2

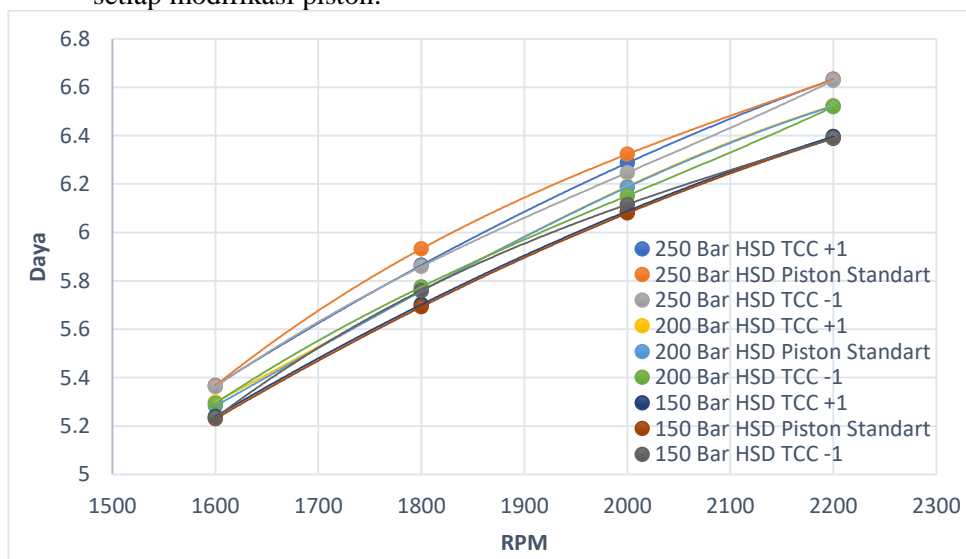
4.2.1. Perbandingan Daya 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston

Pada hasil daya dari simulasi berbahan bakar HSD Gambar Grafik 4.1. Terlihat bahwa pemilihan variasi injeksi terhadap piston berbahan bakar HSD yang memiliki tingkat SFOC yang lebih rendah di seluruh tiap putaran yang di teliti. Kemudian untuk daya yang di hasilkan oleh HSD yang paling maksimal adalah tekanan injeksi 250 bar dengan piston TCC +1 memiliki daya sebesar 6,632 kW, sebaliknya yang memiliki nilai daya maksimal dan paling kecil pada HSD adalah tekanan 250 bar dengan piston standar sebesar

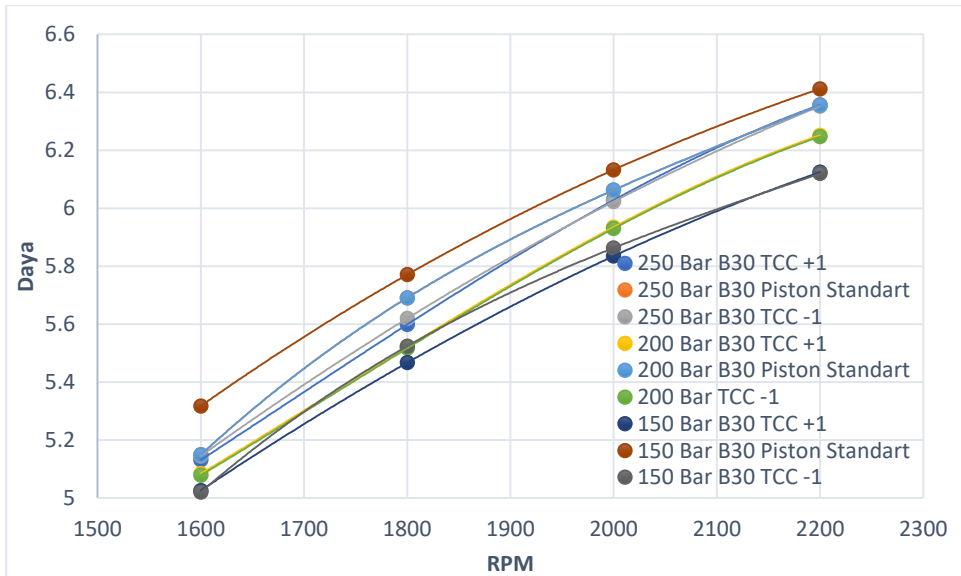
6,388 kW. Bisa disimpulkan pada penejelasan sebelumnya bahwa daya yang paling optimum pada tekanan injeksi 250 bar.

Pada hasil daya dari simulasi berbahan bakar B30 gambar grafik 4.2. terlihat bahwa pemilihan variasi injeksi terhadap piston berbahan bakar B30 yang memiliki tingkat SFOC yang lebih rendah di seluruh tiap putaran yang diteliti. Kemudian untuk daya yang dihasilkan oleh B30 yang paling maksimal adalah tekanan injeksi 150 bar dengan piston standar memiliki daya sebesar 6,421 kW, sebaliknya yang memiliki nilai daya yang maksimal dan paling kecil pada B30 adalah tekanan 150 bar dengan piston TCC -1 sebesar 6,119 kW. Bisa disimpulkan pada penejelasan sebelumnya bahwa daya yang paling optimum yang paling optimum khususnya pada tekanan injeksi 150 bar pada piston standar.

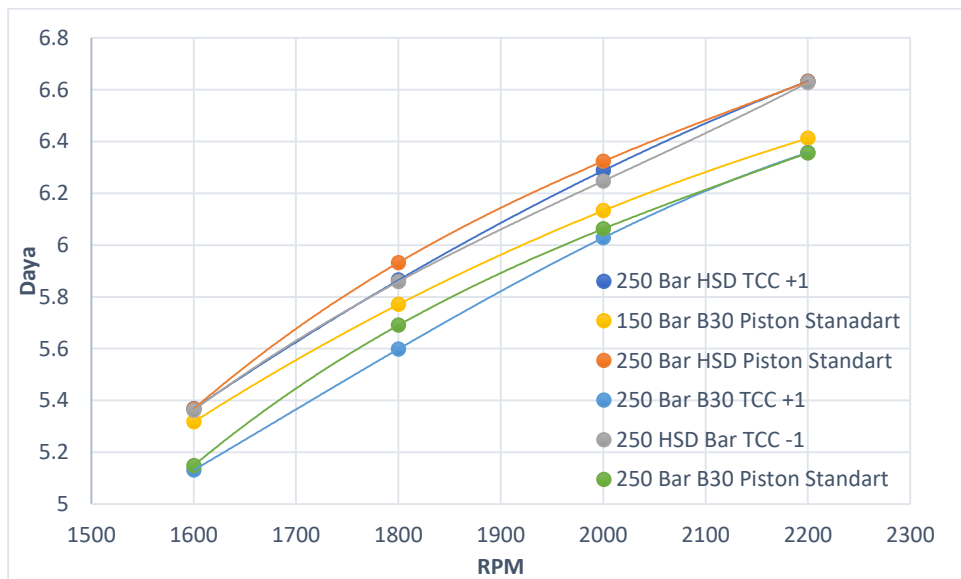
Pada hasil dari simulasi HSD dengan B30 gambar grafik 4.3. terlihat bahwa ada 6 trendline pemilihan daya optimum variasi injeksi terhadap modifikasi piston dari keenam data tersebut merupakan hasil 3 terbaik terhadap 2 bahan bakar dan didapat bahwa tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar berbahan bakar B30 memiliki hasil daya yang besar dominan dibanding seluruh injeksi standart dan modifikasi piston. Untuk bahan bakar HSD yang memiliki daya optimum adalah teknan injeksi 250 bar pada setiap modifikasi piston. Dapat disimpulkan bahwa B30 masih mampu memberikan daya optimum terhadap piston standar dengan tekanan injeksi 150 bar diikuti dengan tekanan 250 bar pada setiap modifikasi piston. Namun bahan bakar HSD mempunyai hasil daya optimum pada tekanan injeksi 250 bar pada setiap modifikasi piston.



Gambar 4. 1. Grafik Perbandingan Daya 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD



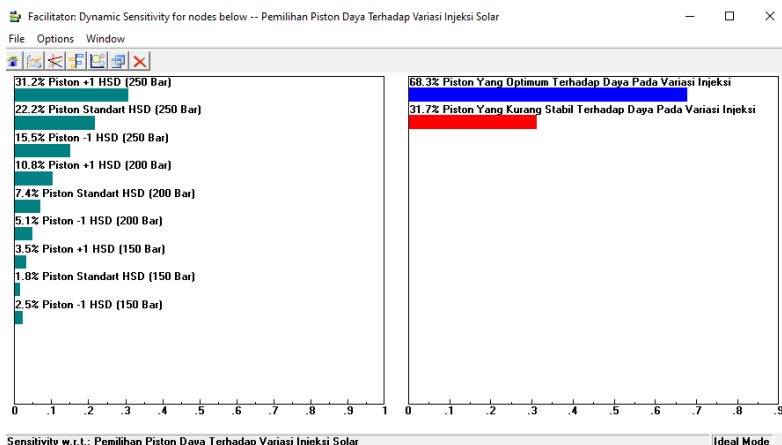
Gambar 4. 2. Grafik Perbandingan Daya 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan Injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30



Gambar 4. 3. Grafik Perbandingan Daya 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Optimum Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30

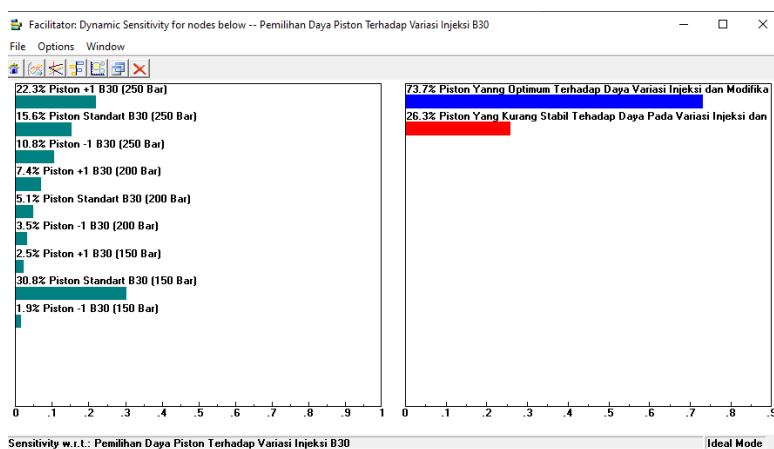
Untuk Gambar 4.3. Penggunaan bahan bakar HSD lebih dominan karena daya yang di hasilkan oleh B30 adalah resesif. Untuk B30 sangat sesuai pada engine kondisi standar di banding menggunakan HSD.

Mengingat banyaknya variable analisis simulasi berikut merupakan hasil yang telah diperoleh dari Expert Choice dengan *output dynamic sesitifity* pemilihan daya piston terhadap variasi tekanan injeksi berbahan bakar HSD gambar grafik 4.4. nantinya di lakukan sekala urgen utama



Gambar 4. 4. Hasil pemilihan daya piston terhadap variasi tekanan injeksi HSD

Pada Gambar 4.4. yang memiliki sekla Prioritas utama tertinggi adalah tekanan injeksi 250 bar modifikasi piston +1 dengan menghasilkan daya sebesar 6,632 kW dengan *index persentase priority* 31,2% untuk sekala prioritas utama kedua adalah 250 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan daya sebesar 6,631 kW dengan *index persentase priority* 22,2% dan selanjutnya prioritas utama ketiga adalah 250 bar modifikasi piston TCC -1 dengan menghasilkan daya sebesar 6,627 kW dengan *index persentase* 15,5%. terlihat bahwa indeks persentase piston yang optimum terhadap daya pada variasi injeksi adalah sebesar 68,3% terhadap yang kurang stabil sebesar 31,7%



Gambar 4. 5. Hasil Pemilihan Daya Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B30

Pada Gambar 4.5. yang memiliki sekla prioritas utama adalah tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan daya sebesar 6,412 kW dengan *index persentase priority* 30,8% untuk sekala prioritas utama kedua adalah 250 bar modifikasi piston +1 dengan menghasilkan daya sebesar 6,356 kW dengan *index persentase priority* 22,3% dan selanjutnya prioritas utama ketiga adalah 250 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan daya sebesar 6,335 kW dengan *Index persentase* 15,6% terlihat bahwa indeks persentase piston yang optimum terhadap daya pada variasi injeksi adalah sebesar 73,7 % terhadap yang kurang stabil sebesar 26,3%

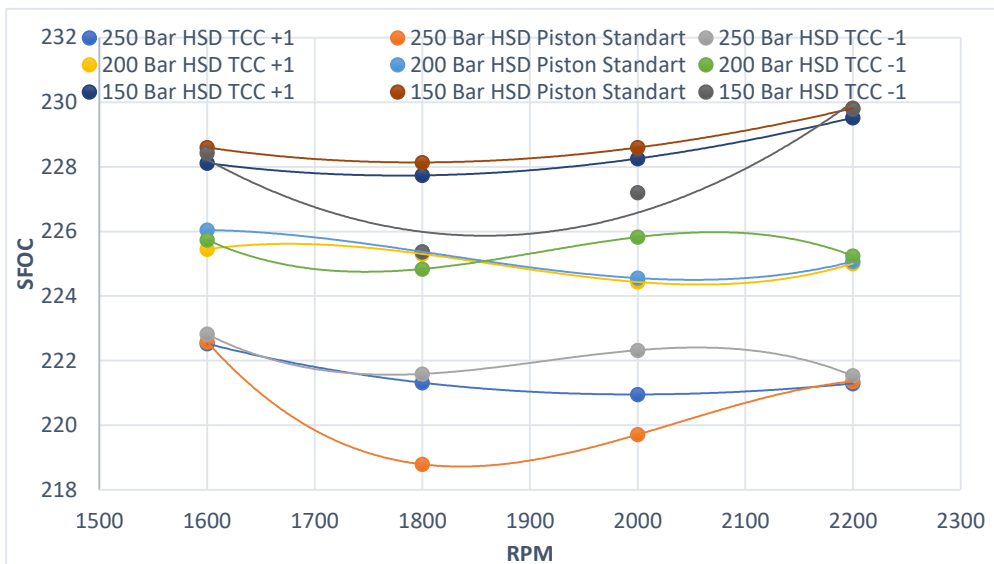
4.2.2. Perbandingan SFOC 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston

Pada Gambar 4.6. merupakan perbandingan SFOC dengan beban 100% pada variasi tekanan injeksi terhadap modifikasi piston berbahan bakar HSD. Dari hasil simulasi yang telah didapat tingkat SFOC paling rendah pada tekanan injeksi 250 bar dengan piston TCC +1 menggunakan bahan bakar HSD memperoleh hasil SFOC sebesar 221,294 gr/kWh diputaran 2200 beban 100%. Kemudian untuk nilai SFOC yang paling besar pada tekanan injeksi adalah tekanan injeksi 150 bar dengan piston standar memiliki nilai SFOC sebesar 229,815 gr/kWh. Pada penjelasan sebelumnya dan yang tertera pada grafik 4.6. bahwa SFOC yang paling rendah pada tekanan injeksi 250 bar dengan piston TCC +1.

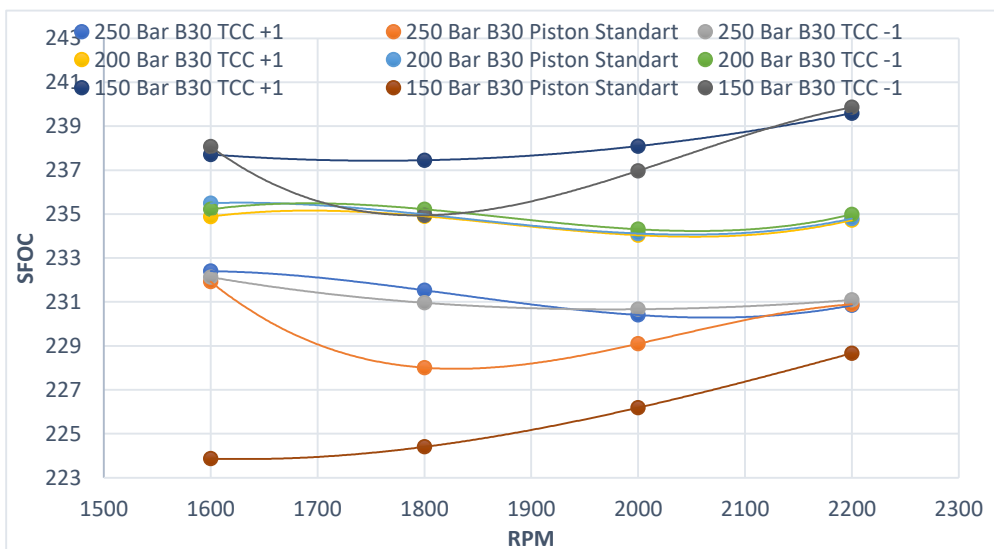
Pada Gambar 4.7. merupakan perbandingan SFOC dengan beban 100% pada variasi tekanan injeksi terhadap modifikasi piston berbahan bakar B30. Dari hasil simulasi yang telah didapat tingkat SFOC paling rendah pada tekanan injeksi 150 bar dengan piston standar menggunakan bahan bakar B30 memperoleh hasil SFOC sebesar 228,663 gr/kWh diputaran 2200 beban 100%. Kemudian untuk nilai SFOC yang paling besar pada tekanan injeksi adalah tekanan injeksi 150 Bar dengan Piston TCC -1 memiliki nilai SFOC sebesar 239,864 gr/kWh. Pada penjelasan sebelumnya dan yang tertera pada grafik 4.7. bahwa SFOC yang paling rendah pada tekanan injeksi 150 bar dengan piston standar.

Pada hasil dari simulasi HSD dengan B30 Gambar 4.8. terlihat bahwa ada 6 trendline pemilihan SFOC terendah variasi injeksi terhadap modifikasi piston dari keenam data tersebut merupakan hasil 3 terbaik terhadap 2 bahan bakar dan didapat bahwa tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar berbahan bakar B30 memiliki tingkat konsumsi bahan bakar yang sangat rendah di banding dengan tekanan injeksi standar lain pada piston standar khususnya. Untuk bahan bakar HSD yang memiliki SFOC lebih rendah tekanan injeksi 250 Bar pada setiap modifikasi piston. Dapat disimpulkan bahwa B30 bisa menghemat bahan bakar terhadap piston standar dengan

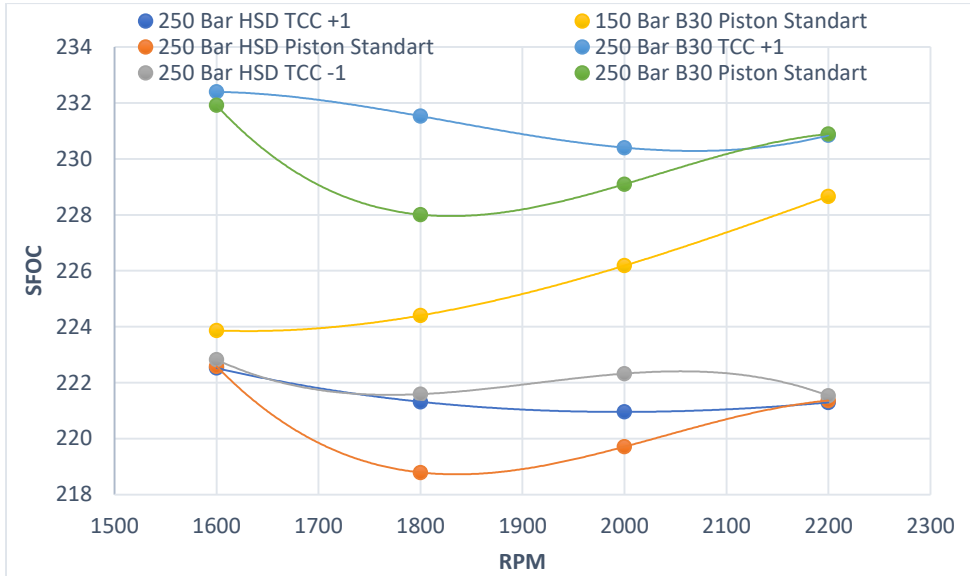
tekanan injeksi 150 bar di ikuti dengan tekanan 250 bar pada setiap modifikasi piston. Dari analisis ini bahan bakar HSD memiliki tingkat SFOC yang rendah pada seluruh variasi dan modifikasi piston dibanding menggunakan B30.



Gambar 4. 6. Grafik Perbandingan SFOC 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD

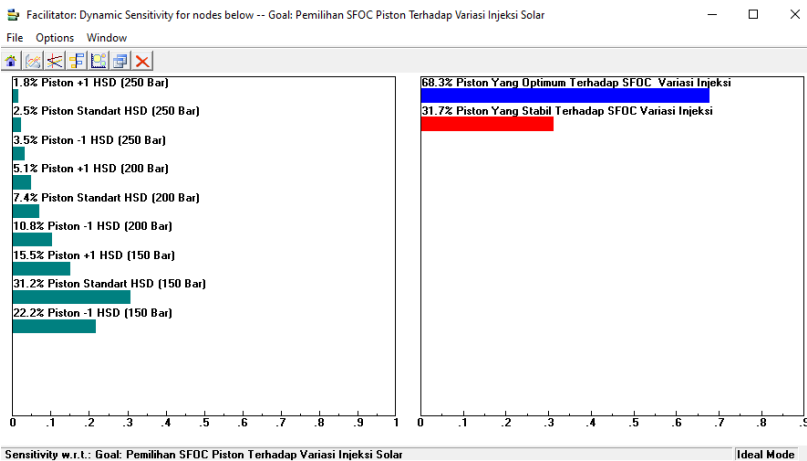


Gambar 4. 7. Grafik Perbandingan SFOC 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30



Gambar 4. 8. Grafik Perbandingan SFOC 100% minimum Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30

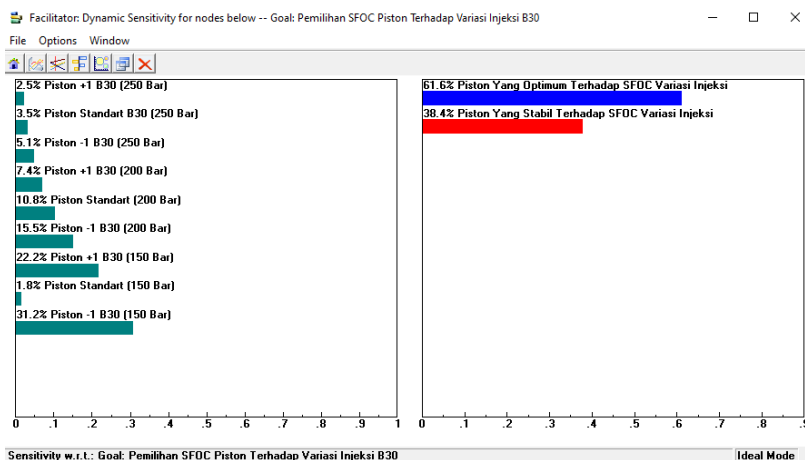
Mengingat banyaknya variable analisis simulasi berikut merupakan hasil yang telah diperoleh dari Expert Choice dengan *output dynamic sesitivity* pemilihan SFOC piston terhadap variasi tekanan injeksi berbahan bakar HSD Gambar 4.9. nantinya di lakukan sekala urgen utama



Gambar 4. 9. Hasil Pemilihan SFOC Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi HSD

Pada Gambar 4.9. yang memiliki sekla prioritas utama terendah adalah tekanan injeksi 250 bar modifikasi Piston +1 dengan menghasilkan SFOC sebesar 221,29 gr/kWh dengan index *persentase priority* 1,8% untuk sekala prioritas rendah utama kedua adalah 250 bar terhadap piston standar

dengan menghasilkan SFOC sebesar 221,36 gr/kWh dengan indeks *persentase priority* 2,5% dan selanjutnya prioritas rendah utama ketiga adalah 250 bar modifikasi piston TCC -1 dengan menghasilkan SFOC sebesar 221,53 gr/kWh dengan *index persentase* 3,5%. terlihat bahwa indeks persentase piston yang optimum terhadap SFOC pada variasi injeksi adalah sebesar 68,3% terhadap yang kurang stabil sebesar 31,7%



Gambar 4. 10. Hasil Pemilihan SFOC Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B30

Pada Gambar 4.10. yang memiliki skala prioritas terendah utama adalah tekanan injeksi 150 Bar terhadap Piston standar dengan menghasilkan SFOC sebesar 228,66 gr/kWh dengan *index persentase priority* 1,8% untuk skala prioritas rendah utama kedua adalah 250 bar Modifikasi Piston +1 dengan menghasilkan SFOC sebesar 230,84 gr/kWh dengan *index persentase priority* 2,5% dan selanjutnya prioritas rendah utama ketiga adalah 250 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan SFOC sebesar 231,09 gr/kWh dengan *index persentase* 3,5% terlihat bahwa *index persentase* piston yang optimum terhadap SFOC pada variasi injeksi adalah sebesar 61,6 % terhadap yang kurang stabil sebesar 38,4%

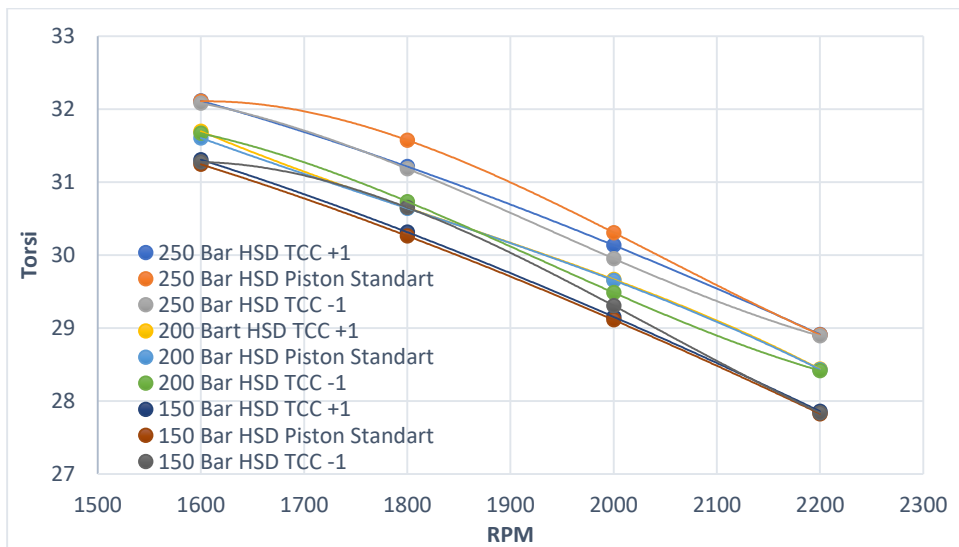
4.2.3. Perbandingan Torsi 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston

Pada hasil torsi dari simulasi berbahan bakar HSD Gambar 4.11. terlihat bahwa pemilihan variasi injeksi terhadap piston berbahan bakar HSD hasil torsi mempengaruhi daya keluaran yang memiliki SFOC rendah. Kemudian untuk torsi yang di hasilkan oleh HSD yang paling besar adalah tekanan injeksi 250 bar dengan piston TCC +1 memiliki torsi sebesar 32,11 Nm di rpm 1600, sebaliknya yang memiliki nilai torsi paling kecil pada HSD adalah tekanan 150 bar dengan piston standar sebesar 31,23 Nm. Bisa disimpulkan

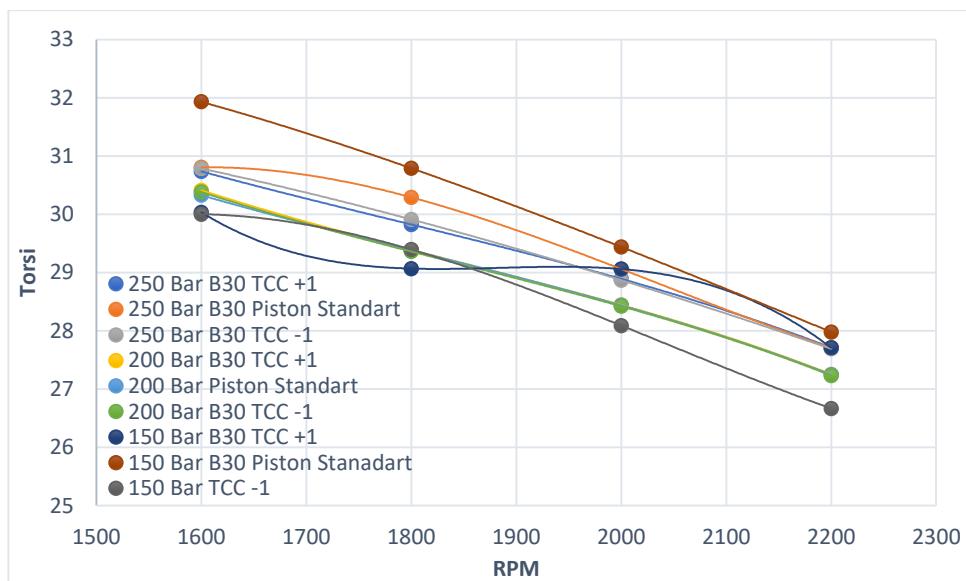
bahwa semakin besar gerak rotasi sumbu engine diiringi dengan tekanan injeksi maka makin besar pula torsi yang di hasilkan.

Pada hasil torsi dari simulasi berbahan bakar B30 Gambar 4.12. terlihat bahwa pemilihan variasi injeksi terhadap piston berbahan bakar B30. Hasil torsi mempengaruhi daya keluaran yang memiliki SFOC rendah. Kemudian untuk torsi yang dihasilkan oleh B30 yang paling besar adalah tekanan injeksi 150 bar dengan piston standar memiliki torsi sebesar 31,93 Nm rpm 1600, sebaliknya yang memiliki nilai torsi paling kecil pada B30 adalah tekanan 150 bar dengan piston TCC -1 sebesar 30 Nm. Bisa disimpulkan bahwa semakin besar gerak rotasi sumbu engine diiringi dengan tekanan injeksi yang tepat maka makin besar pula torsi yang dihasilkan.

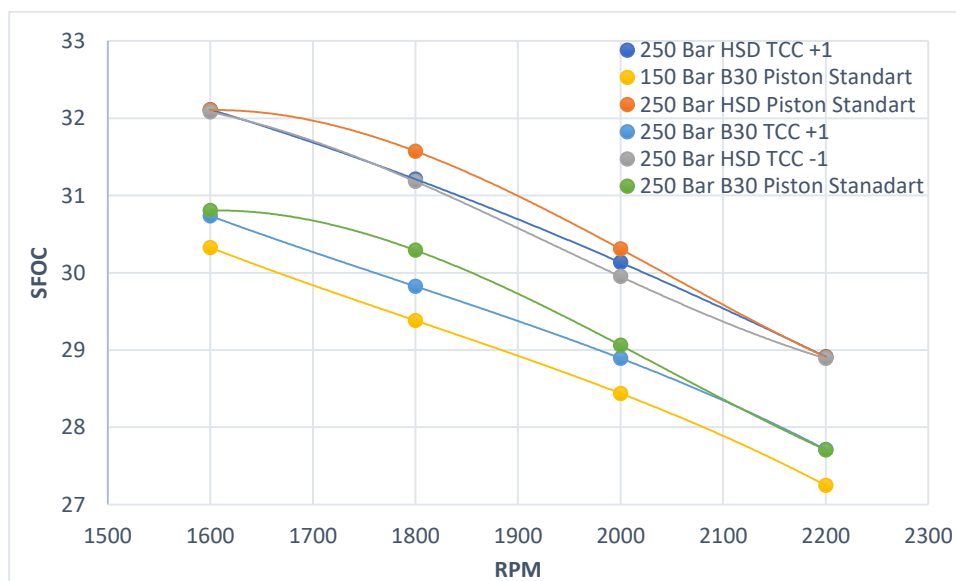
Pada hasil dari simulasi HSD dengan B30 Gambar 4.13. terlihat bahwa ada 6 trendline pemilihan torsi dengan variabel variasi injeksi terhadap modifikasi piston dari keenam data tersebut merupakan hasil 3 terbaik terhadap 2 bahan bakar dan didapat bahwa tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar berbahan bakar B30 memiliki hasil torsi yang besar dominan dibanding seluruh injeksi standar dan modifikasi piston. Untuk bahan bakar HSD yang memiliki torsi besar dan bersinggungan dengan daya sebelumnya adalah tekan injeksi 250 bar pada setiap modifikasi piston. Dapat disimpulkan bahwa B30 masih mampu memberikan torsi yang besar terhadap piston standar dengan tekanan injeksi 150 bar di ikuti dengan tekanan 250 bar pada setiap modifikasi piston. Namun bahan bakar HSD mempunyai hasil torsi yang besar pula pada tekanan injeksi 250 bar pada setiap modifikasi Piston.



Gambar 4. 11. Grafik Perbandingan Torsi 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD

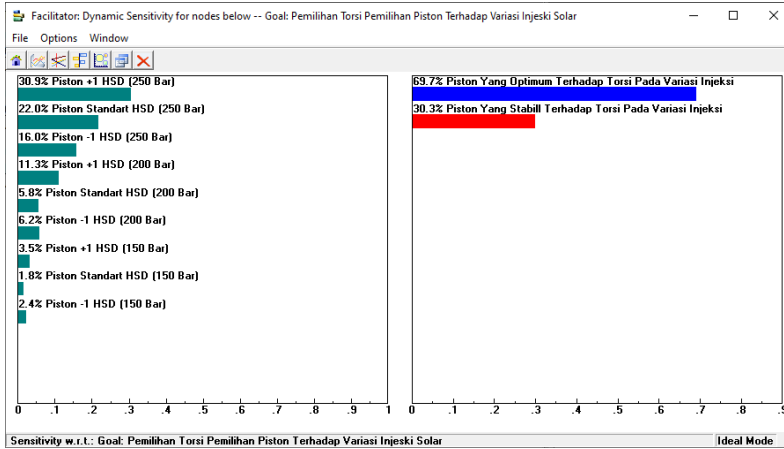


Gambar 4. 12. Grafik Perbandingan Torsi 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30



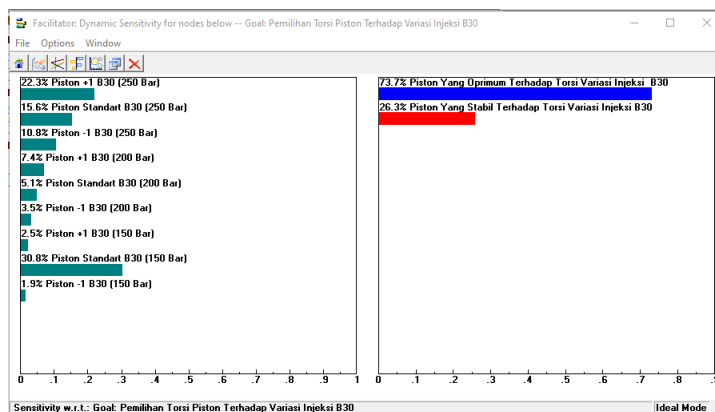
Gambar 4. 13. Grafik Perbandingan Torsi maksimum 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30

Mengingat banyaknya variable analisis simulasi berikut merupakan hasil yang telah diperoleh dari Expert Choice dengan output *dynamic sesitifity* pemilihan torsi piston terhadap variasi tekanan injeksi berbahan bakar HSD Gambar 4.14. nantinya dilakukan sekla urgent utama



Gambar 4. 14. Hasil Pemilihan Torsi Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi HSD

Pada Gambar 4.15. yang memiliki sekla prioritas utama adalah tekanan injeksi 250 bar modifikasi piston +1 dengan menghasilkan torsi sebesar 32,11 Nm pada rpm 1600 dengan *index persentase priority* 30,9% untuk sekla prioritas utama kedua adalah 250 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan torsi sebesar 32,10 Nm pada rpm 1600 dengan *index persentase priority* 22,0% dan selanjutnya prioritas utama ketiga adalah 250 bar modifikasi piston TCC -1 dengan menghasilkan torsi sebesar 28,8 Nm pada rpm 1600 dengan *index persentase* piston yang optimum terhadap torsi pada variasi injeksi adalah sebesar 69,7% terhadap yang kurang stabil sebesar 33,3%



Gambar 4. 15. Hasil Pemilihan Torsi Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B30

Pada Gambar 4.15. yang memiliki sekla Prioritas utama adalah tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan torsi sebesar 31,93 Nm pada rpm 1600 dengan *index persentase priority* 30,8% untuk sekala prioritas utama kedua adalah 250 bar piston standar dengan menghasilkan torsi sebesar 30,8 Nm pada rpm 1600 dengan *indek persentase priority* 22,3% dan selanjutnya prioritas utama ketiga adalah 250 bar terhadap piston TCC +1 dengan menghasilkan torsi sebesar 30,73 Nm pada rpm 1600 dengan *index persentase* 15,6% terlihat bahwa *index persentase* piston yang optimum terhadap torsi pada variasi injeksi adalah sebesar 73,7 % terhadap yang kurang stabil sebesar 26,3%

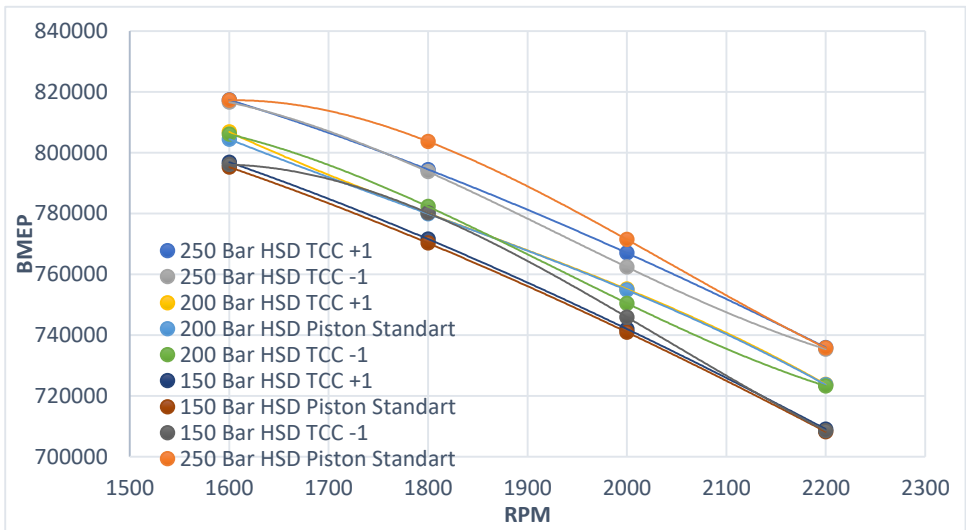
4.2.4. Perbandingan BMEP 100% Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston

Pada hasil BMEP dari simulasi berbahan bakar HSD Gambar 4.16. terlihat bahwa pemilihan variasi injeksi terhadap piston berbahan bakar HSD. hasil BMEP mempengaruhi daya keluaran yang memiliki SFOC rendah. Kemudian untuk BMEP yang di hasilkan oleh HSD yang paling besar adalah tekanan injeksi 250 bar dengan piston TCC +1 memiliki BMEP sebesar 735945 N/m² di rpm 2200, sebaliknya yang memiliki nilai BMEP paling kecil pada HSD adalah tekanan 150 bar dengan piston standar sebesar 708244 N/m². Bisa disimpulkan bahwa semakin besar gerak rotasi sumbu engine diiringi dengan tekanan injeksi maka makin besar pula tekanan rata-rata yang di hasilkan.

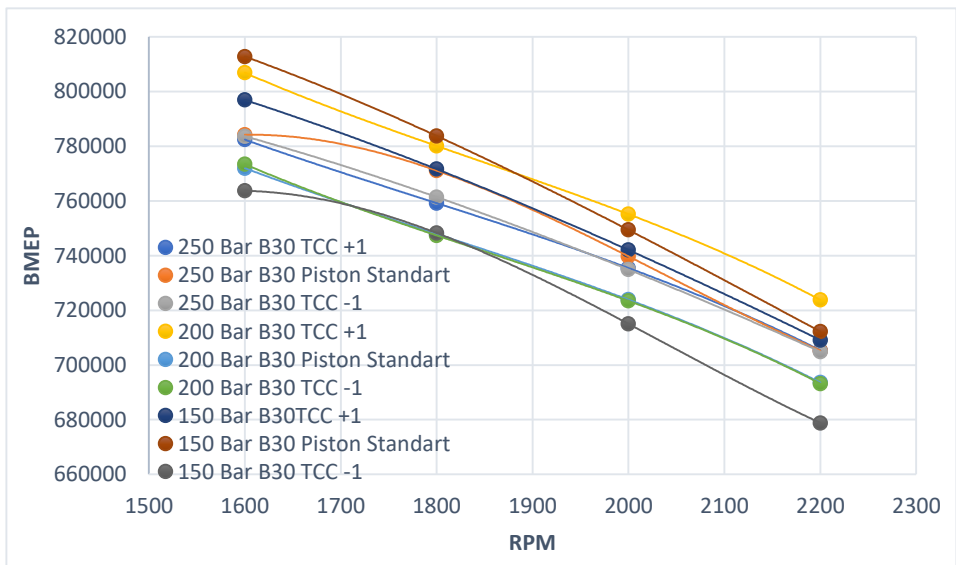
Pada hasil BMEP dari simulasi berbahan bakar B30 Gambar 4.17. terlihat bahwa pemilihan variasi injeksi terhadap piston berbahan bakar B30 terhadap nilai torsi mempengaruhi daya keluaran yang memiliki SFOC rendah. Kemudian untuk BMEP yang di hasilkan oleh B30 yang paling besar adalah tekanan injeksi 150 bar dengan Piston standar memiliki Torsi sebesar 712214 N/m² di rpm 2200, sebaliknya yang memiliki nilai BMEP paling kecil pada B30 adalah tekanan 150 bar dengan piston TCC -1 sebesar 678817 N/m². Bisa disimpulkan bahwa semakin besar gerak rotasi sumbu engine diiringi dengan tekanan injeksi yang tepat maka makin besar pula tekanan rata-rata yang di hasilkan.

Pada hasil dari simulasi HSD dengan B30 Gambar 4.18. terlihat bahwa ada 6 trendline pemilihan BMEP dengan variabel variasi injeksi terhadap modifikasi piston dari ke enam data tersebut merupakan hasil 3 terbaik terhadap 2 bahan bakar dan didapat bahwa tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar berbahan bakar B30 memiliki hasil BMEP yang besar dominan dibanding seluruh injeksi standar dan modifikasi piston. Untuk bahan bakar HSD yang memiliki BMEP besar dan besrsinggungan dengan daya sebelumnya adalah teknan injeksi 250 bar pada setiap modifikasi piston. Dapat

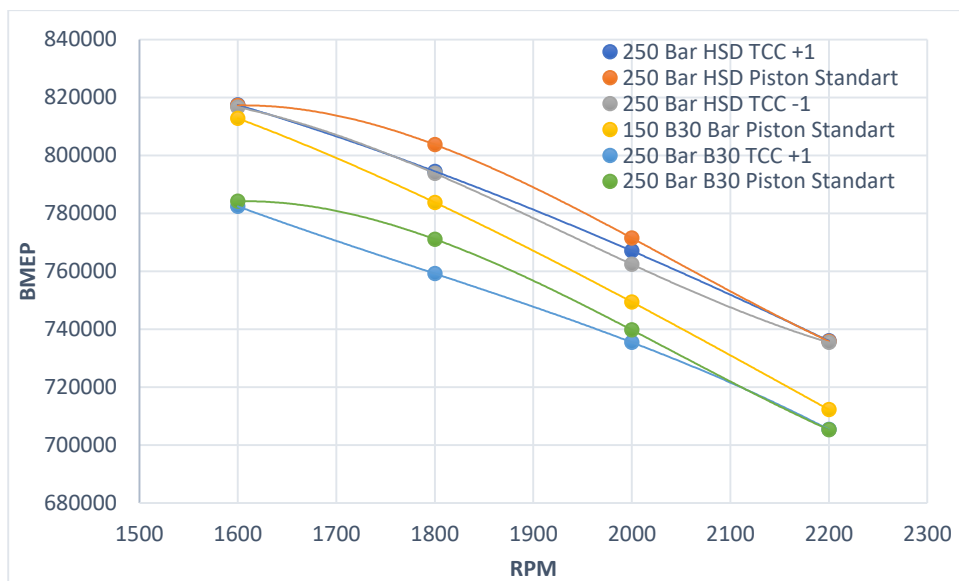
disimpulkan bahwa B30 masih mampu memberikan torsi yang besar terhadap piston standar dengan tekanan injeksi 150 bar diikuti dengan tekanan 250 bar pada setiap modifikasi piston. Namun bahan bakar HSD mempunyai hasil BMEP yang besar pula pada tekanan injeksi 250 bar pada setiap modifikasi piston.



Gambar 4. 16. Grafik Perbandingan BMEP 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD

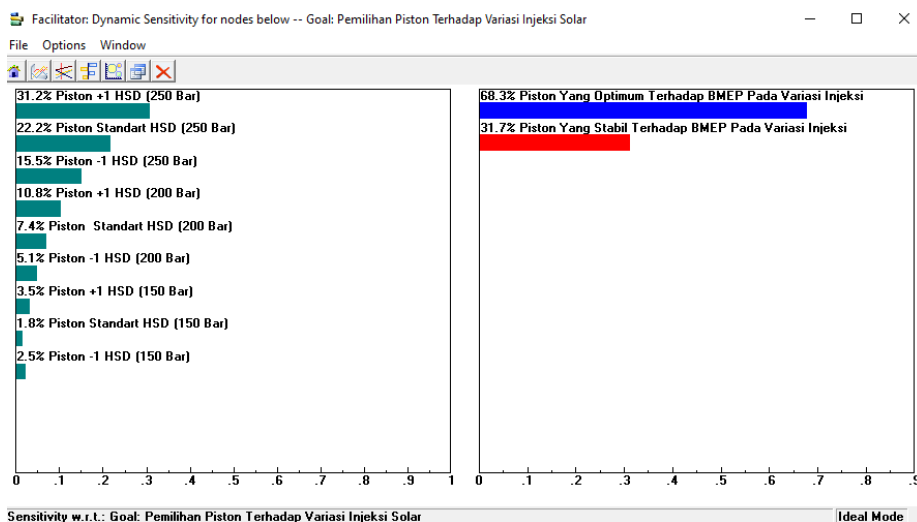


Gambar 4. 17. Grafik Perbandingan BMEP 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar B30



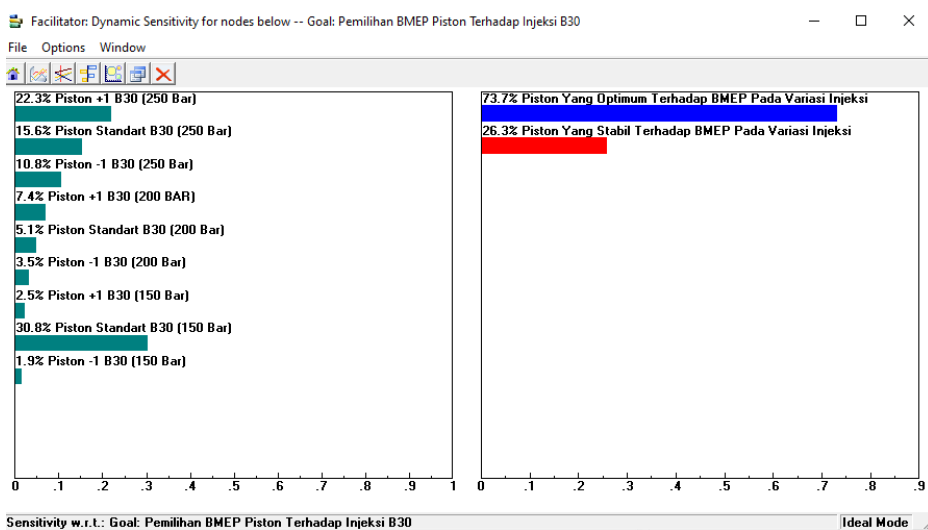
Gambar 4. 18. Grafik Perbandingan BMEP 100% Vs RPM Dengan Variasi Tekanan injeksi Terhadap Modifikasi Piston Berbahan Bakar HSD dan B30

Mengingat banyaknya variable analisis simulasi berikut merupakan hasil yang telah diperoleh dari Expert Choice dengan *output dynamic sesitifity* pemilihan BMEP piston terhadap variasi tekanan injeksi berbahan bakar HSD Gambar 4.19. nantinya di lakukan sekala urgen utama



Gambar 4. 19. Hasil Pemilihan BMEP Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi HSD

Pada Gambar 4.19. yang memiliki sekla prioritas utama adalah tekanan injeksi 250 bar modifikasi piston +1 dengan menghasilkan BMEP sebesar 735946 N/m^2 dengan *index persentase priority* 31,2% untuk sekala prioritas utama kedua adalah 250 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan BMEP sebesar 735781 N/m^2 dengan *index persentase priority* 22,2% dan selanjutnya prioritas utama ketiga adalah 250 Bar Modifikasi piston TCC -1 dengan menghasilkan BMEP sebesar 735403 N/m^2 dengan *index persentase* 15,5%. Terlihat bahwa *index persentase* piston yang optimum terhadap torsi pada variasi injeksi adalah sebesar 68.3% terhadap yang kurang stabil sebesar 33,7%



Gambar 4. 20. Hasil Pemilihan Torsi Piston Terhadap Variasi Tekanan injeksi B30

Pada Gambar Grafik 4.20. yang memiliki sekla prioritas utama adalah tekanan injeksi 150 bar terhadap piston standar dengan menghasilkan BMEP sebesar 712214 N/m^2 dengan *index persentase priority* 30,8% untuk sekala prioritas utama kedua adalah 250 bar piston standar dengan menghasilkan BMEP sebesar 705375 N/m^2 dengan *index persentase priority* 22,3% dan selanjutnya prioritas utama ketiga adalah 250 bar terhadap piston TCC +1 dengan menghasilkan BMEP sebesar 705262 N/m^2 dengan *Index persentase* 15,6% Terlihat bahwa *Index persentase* Piston Yang Optimum Terhadap BMEP pada variasi injeksi adalah sebesar 73,7 % terhadap yang kurang stabil sebesar 26,3%

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1. Dari hasil uji simulasi pada mesin terhadap Variasi Tekanan injeksi dan Modifikasi Piston didapatkan rumusan masalah yang lebih mengacu ke arah performa sebagai berikut :

1. Pada penelitian didapat hasil performa yang memiliki 4 variable yang telah ditentukan sebagai berikut :

a). Daya

Pada hasil daya yang didapat bisa disimpulkan bahwa daya memiliki hasil keluaran yang sepadan dengan putaran engine terhadap kinerjanya. Terlihat pada keluaran hasil bahan bakar B30, Pada titik puncak 2200 tekanan injeksi 150 bar modifikasi piston standar memiliki keluaran daya 6,412 Kw. Perbandingan yang sebanding dengan penjelasan sebelumnya yaitu bila ingin mendapatkan daya besar maka putaran engine harus besar pula. Berbeda dengan bahan bakar HSD memiliki daya yang dihasilkan lebih baik di banding menggunakan B30, dimana daya yang di dapat pada tekanan injeksi 250 bar pada Piston TCC +1 memiliki keluaran daya 6,632 Kw perbandingan yang berbeda dengan nilai pada seblumnya namun memiliki nilai daya besar sama dengan nilai putaran engine besar pula.

b). SFOC

Pada SFOC yang diperoleh berkaitan dengan putaran engine, dimana semakin besar putaran engine maka nilai yang didapat SFOC semakin kecil. Begitu pula dengan tekanan injeksi besar bahan bakar HSD menhasilkan putaran besar kemudian menurunnya nilai SFOC terlihat pada tekanan injeksi 250 bar modifikasi piston TCC +1 dengan nilai SFOC 221,25 gr/kWh. Namun berbeda dengan B30 tekanan injeksi 150 Bar piston standar dengan nilai SFOC 228,66 gr/kWh dimana tekanan yang kecil menghasilkan rpm besar tiap putarannya kemudian menurunnya nilai SFOC, adapun yang membedakan nilai dari kedua bahan bakar tersebut khususnya HSD karena memiliki nilai SFOC yang lebih kecil dibanding menggunakan bahan bakar B30 karena angka *Cetane number* B30 sebesar 73,2 CN dari Angka *cetane number* 48 CN.

c). Torsi

Pada torsi berkaitan dengan daya, dimana semakin besar daya yang di hasilkan maka torsi yang di hasilkan besar pula dititik maksimum rpm 2200. Semakin besar tekanan injeksi maka semakin besar pula daya yang dihasilkan bahan bakar HSD dengan tekanan injeksi 250 bar piston modifikasi piston TCC +1 memiliki hasil keluaran 28,912 N/m, Tapi berbeda dengan bahan bakar B30 karena tekanan injeksi 150 terhadap piston standar memiliki hasil keluaran 27,98 N/m. Pada hasil tersebut menjelaskan semakin kecil tekanan injeksi maka semakin besar daya yang dihasilkan begitu pula torsi yang di hasilkan semakin besar pula, bila di simpulkan bahwa torsi yang paling baik adalah

bahan bakar HSD karena torsi yang dihasilkan lebih besar dari pada bahan bakar B30.

d). BMEP

Pada BMEP berkaitan dengan daya, dimana semakin besar daya yang dihasilkan maka BMEP yang dihasilkan semakin besar pula. Bisa dilihat pada tekanan injeksi dimana semakin besar tekanan maka BMEP yang dihasilkan semakin besar pula ini dilihat pada tekanan injeksi 250 bar modifikasi piston TCC +1 berbahan bakar HSD dengan hasil keluaran 735945,8 N/m², Untuk Bahan Bakar B30 berkebalikan dengan tekanan injeksi dan hasil BMEP dimana semakin kecil tekanan injeksi maka semakin besar pula BMEP yang di hasilkan dengan hasil keluaran 712214,1 N/m².

2. Perbedaan kedalaman *bowl deep* yang diubah menjadikan rasio kompresi berbeda diharuskan sama pada penelitian ini dan ketika *bowl deep* diturunkan Pada *case 3* menjadi 14,5 menyebabkan ukuran TDC *Clearance* bertambah yang menjadikan penurunan *swirl ratio* dan ketika ditambahkan *bowl deep* pada *case 4* menjadi 16,5 menyebabkan ukuran TDC *Clearance* berkurang menjadikan peningkatan *swirl ratio*. Namun untuk proses kinerja yang lebih menghasilkan pencampuran bahan bakar yang baik adalah HSD dibanding menggunakan bahan bakar B30.

5.2. Saran

- 5.2.1. Pada penelitian ini perlu dilakukan penelitian lebih dalam mengenai tekanan injeksi rendah terhadap setiap modifikasi piston berbasis eksperimen
- 5.2.2. Perlu dilakukan penelitian tentang Desain lubang nossel, Karena benar-benar merupakan parameter kritis untuk mendapatkan peningkatan karakteristik semprotan yang menghasilkan emisi dan kinerja di ruang bakar ketika hasil eksperimen dan simulasi dianalisis
- 5.2.3. Perlu dilakukannya penelitian mengenai IT (Injection Timing) *Injected Opening pressure (IOP) Number Hole (NH) Nozzle Hole Geomtry* karena sangat memiliki pengaruh besar Terhadap *Compression Rasio*

Daftar Pustaka

- A.A.S.D, P., 2015. Pengujian Performence Biodiesel Biji Alpukat Di Tinjau Dari Karakteristik Panjang Penyemprotan dan Ukuran Butiran. *Jurnal Logic* , pp. pp 164-170.
- Bakar, R.A., Semin., Ismail Ali, Abdul Rahim. (2008). "Fuel Injection Pressure Effect on Performance of Direct Injection Diesel Engines Based on Experiment". *American Journal of Applied Sciences* 5 (3): 197-202, 2008 ISSN 1546-9239
- Eko, J. & Apyr, R., 2019. Simulasi Pengaruh Tekanan Kompresi Dari Piston Datar Dengan Cembung Di Runag Pembakaran Pada Silinder Tunggal. *Jurnal Ilmiah*.
- Ganji, P. R., Singh, R. N. & Rao, V. R. K. R. a. S. S., 2018. Design of *piston bowl*geomtry for better combution in direct-injection compression ignition engine. *Sādhanā*.
- Highways, 2013. As Innovations in engine and component. *New innovations are being devloped in diesel engines and drive technologies*.
- Lahuddin, M., 2018. Analisis Persentasi Mesin Diesel Type Paus Mode 175A Untuk Bahan Bakar HSD dan Biodiesel. *Teknik Journal UMSB Vol.I No.2*.
- Li, J., 2014. Effect of *piston bowl*geometry on combustion and emission characteristic of bodiesel fueled. *Fuel* 120, pp. pp.66-73.
- Muchlisina, L., 2018. Analisis Prestasi Mesin Diesel Type Paus Mode 175A Untuk Bahan Bakar HSD dan Biodiesel. *Rangkuman Teknik Journal*.
- Murtiningrum & Firdaus, A., 2019. Perkembangan Biodiesel di Indonesia Tinjauan Atas Kondisi Saat ini,Teknologi Produksi dan Analisis Prospektif. *Jurnal PASTI*, pp. 35-45.
- Nurhidayat, A., 2017. Pengaruh Bentuk Permukaan Piston Terhadap Kinerja Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder. *Politeknik Indonusa Surakarta* , pp. ISSN: 2442-7918.
- Pamata, N., 2008. Sintetis Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Biji Kemiri (Aleurites Molucana) Hasil Ekstrasi Melalui Metode Ultrasonik.. *Undergraduate Thesis,Depok*.
- Pramana, 2015. Pengujian Performence Biodiesel Biji Alpukat Ditinjau dari karakteristik Panjang Penyemprotan dan Ukuran Butir. *Jurnal Logic*, pp. pp 164-170.
- Prasad, B., 2011. High swirl-inducing *piston bowl*in small diesel engines for emission reduction. *Applied Energy* 88, pp. pp.2355-2367.

- Purwanto, F., Farid, A. & Sahbana, M. A., 2014. Analisa Pengaruh Tekanan Pembukaan Injektor Terhadap Kinerja Mesin Pada Mesin Diesel Injeksi Tidak Langsung/Indirect Injection. *PROTON, Vol.6 No 1*, pp. Hal 30-35.
- Rijal, O., 2019. Perancangan Tangki Internal Floating Roof pada kapal Floating Storage & Offloading Biodiesel. *Tugas AKHIR*.
- Rosdiana, H., 2015. Makalah Piston.
- Ruspitaningati, 2013. Pembentukan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Menghunukan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga T-Almunia (Cao/KI/T-A12O3) Dalam Reaktor Fluized Bed. *Jurnal Teknik POMITS*, pp. F-193-F-195.
- Saito, T., 1986. Effect Of Combution chamber geometry on diesel combustion. *SAE Paper*.
- Samlawi, Achmad. (2018). Motor Bakar (Teori Dasar Motor Diesel). Universitas Lambung Mangkurat.
- SBRC, 2009. Pemanfaatan Surfaktan Berbasis Kelapa Sawit Untuk Industri. *Di Dalam Prosiding Simposium Nasional Bioenergi*.
- Siagian, Arifin dan Silaban, Mawardi (2013). Prediksi Ignition Delay Mesin Diesel Berbahan Bakar Ganda.
- S, J. & K, A., 2013. Combinder impact of injection pressure and combustion chamber geometry on the performance of a biodiesel fueled engine. *Energy 55*, pp. pp 330-339.
- Susila, W. & Munadi, E., 2008 . Dampak Pengembangan Biodiesel Berbasis CPO Terhadap Kemiskinan di Indonesia. *J Informatika Pert 17*, pp. 1173-1194.
- Tarigan, B., 2002. Bahan Bakar Alternatif Biodiesel. *Bagian I.Pengenalan*, pp. 1-13.

Lampiran I

Hasil Data Simulasi

Piston standar Yanmar TF 85MH Variasi Tekanan injeksi 250 Bar HSD

Variasi Tekanan Injesksi 250 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	32.028316	5.366396	1.2145164	226.31882	815261.65
1700	31.585192	5.622909	1.2696166	225.79356	803982.1
1800	31.46105	5.9302683	1.3400713	225.97145	800822.2
1900	30.822895	6.1327553	1.3849549	225.82915	784578.3
2000	30.149057	6.314404	1.4263785	225.89282	767426.2
2100	29.435005	6.473096	1.4640391	226.17294	749250.4
2200	28.693731	6.6105614	1.4982393	226.64328	730381.77

Piston standar Yanmar TF 85MH Variasi Tekanan injeksi 250 Bar B30

Variasi Tekanan Injesksi 250 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.727867	5.1485033	1.2141769	235.83104	782159.4
1700	30.298765	5.3938947	1.26938	235.33644	771236.9
1800	30.176865	5.688205	1.3398464	235.54819	768133.97
1900	29.556684	5.8808208	1.3847184	235.46346	752347.7
2000	28.900637	6.052935	1.4260378	235.59442	735648.4
2100	28.209425	6.2035766	1.4637709	235.95595	718054
2200	27.492018	6.3337064	1.4980447	236.51945	699792.86

Piston standar Yanmar TF 85MH Tekanan injeksi Standar 200 Bar HSD

Variasi Tekanan Injeksi 200 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP (N/m ²)
1600	31.604225	5.295339	1.197416	226.12642	804466.6
1700	31.144518	5.544459	1.2513282	225.6899	792765.05
1800	30.640276	5.775556	1.3022206	225.47104	779929.9
1900	30.084534	5.9858456	1.3499495	225.5236	765783.8
2000	29.49506	6.177431	1.3946123	225.75926	750779.06
2100	28.867641	6.3483257	1.4359685	226.19641	734808.5
2200	28.217548	6.5008564	1.4741604	226.76404	718260.77

Piston standar Yanmar TF 85MH Tekanan injeksi Standar 200 Bar B30

Variasi Tekanan Injeksi 200 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.326853	5.081313	1.1970503	235.57895	771951.87
1700	29.87284	5.3180704	1.250993	235.23439	760395.3
1800	29.38189	5.538356	1.3018899	235.06795	747898.4
1900	28.84587	5.739392	1.349673	235.15959	734254.3
2000	28.277767	5.9224815	1.394367	235.43625	719793.6
2100	27.660378	6.0828347	1.4357115	236.02672	704078.34
2200	27.032904	6.227934	1.4739037	236.66014	688106.35

Piston standar Yanmar YF 85MH Variasi Tekanan injeksi 150 Bar HSD

Variasi Tekanan Injeksi 150 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	31.77835	5.324514	1.1975013	224.90341	8.088988
1700	31.310858	5.5740714	1.2513773	224.4997	7.969991
1800	30.794737	5.8046713	1.3022381	224.34312	7.838616
1900	30.234127	6.0156097	1.3499868	224.41396	7.6959157
2000	29.644234	6.2086735	1.3946658	224.63185	7.545762
2100	29.005396	6.3786197	1.4360082	225.12837	7.3831496
2200	28.34575	6.530392	1.4741794	225.74132	7.2152414

Piston standar Yanmar YF 85MH Variasi Tekanan injeksi 150 Bar B30

Variasi Tekanan Injeksi 150 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.487793	5.1082788	1.1971256	234.35008	7.7604847
1700	30.03474	5.3468924	1.2510256	233.97247	7.645163
1800	29.536865	5.567568	1.3019314	233.84203	7.518432
1900	28.993824	5.76883	1.3497603	233.97472	7.380204
2000	28.416777	5.951596	1.3944342	234.29585	7.23332
2100	27.796663	6.1128054	1.4357731	234.87956	7.075474
2200	27.157845	6.256718	1.4739221	235.57433	6.9128666

Modifikasi TCC *Crown* Naik Satu Variasi Tekanan injeksi 250 Bar HSD

Piston Variasi Yanmar +1 Injeksi 250 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	32.034435	5.367421	1.2143245	226.23984	815417.4
1700	31.593307	5.624354	1.2695001	225.71484	804188.7
1800	31.098509	5.861931	1.321648	225.46292	791593.9
1900	30.555721	6.0795965	1.3706226	225.44632	777777.6
2000	29.975567	6.278068	1.41648	225.62355	763010.07
2100	29.351837	6.4548063	1.4588417	226.00859	747133.45
2200	28.70052	6.6121254	1.4981357	226.574	730554.53

Modifikasi TCC *Crown* Naik Satu Variasi Tekanan injeksi 250 Bar B30

Piston Variasi Yanmar +1 Injeksi 250 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.736252	5.1499085	1.2140679	235.74554	782372.9
1700	30.306517	5.3952746	1.2692575	235.25357	771434.2
1800	29.824913	5.6218634	1.3214036	235.04726	759175.25
1900	29.29785	5.829321	1.3703887	235.0855	745759.2
2000	28.732939	6.0178127	1.4161621	235.32837	731379.75
2100	28.13053	6.1862264	1.4586514	235.79016	716045.76
2200	27.49709	6.3348746	1.4978639	236.44728	699921.94

Modifikasi TCC *Crown* Naik Satu Tekanan injeksi Standar 200 Bar HSD

Piston Variasi Yanmar +1 Injeksi 200 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	31.618927	5.297802	1.197306	226.00052	804840.85
1700	31.152205	5.5458274	1.2512034	225.6117	792960.7
1800	30.64627	5.7766857	1.302038	225.39532	780082.46
1900	30.091757	5.9872828	1.3498104	225.44624	765967.66
2000	29.508343	6.180213	1.3945132	225.64162	751117.2
2100	28.873798	6.3496795	1.4358275	226.12598	734965.23
2200	28.223322	6.5021863	1.4740229	226.69649	718407.73

Modifikasi TCC *Crown* Naik Satu Tekanan injeksi Standar 200 Bar B30

Piston Variasi Yanmar +1 Injeksi 200 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.334984	5.0826755	1.1969571	235.49747	772158.8
1700	29.879597	5.319273	1.2508415	235.15273	760567.24
1800	29.389206	5.539735	1.3018001	234.99324	748084.6
1900	28.852684	5.7407475	1.3495741	235.08682	734427.8
2000	28.284184	5.9238253	1.3942387	235.3612	719956.9
2100	27.665976	6.084066	1.4355693	235.95558	704220.8
2200	27.03847	6.229216	1.4737568	236.58784	688248.06

Modifikasi TCC *Crown* Naik Satu Variasi Tekanan injeksi 150 Bar HSD

Piston Variasi Yanmar +1 Injeksi 150 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	31.306746	5.245496	1.1801269	224.9791	796894.45
1700	30.831633	5.4887576	1.2327629	224.5978	784800.7
1800	30.313091	5.713883	1.2824823	224.45023	771601.6
1900	29.747	5.9186873	1.3290068	224.54419	757192.04
2000	29.151958	6.1055717	1.3725377	224.80086	742045.64
2100	28.515253	6.2708316	1.4127342	225.28658	725838.7
2200	27.858135	6.4180536	1.4498754	225.90578	709112.1

Modifikasi TCC *Crown* Naik Satu Variasi Tekanan injeksi 150 Bar B30

Piston Variasi Yanmar +1 Injeksi 150 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.03484	5.032386	1.1797681	234.43513	764518.9
1700	29.57415	5.264896	1.2324691	234.09181	752792.26
1800	29.06799	5.4791865	1.2821344	234.00087	739908.2
1900	28.521755	5.6749034	1.328755	234.14584	726004.17
2000	27.9431	5.8523893	1.3722513	234.47711	711274.86
2100	27.32553	6.0091977	1.4124448	235.04715	695554.97
2200	26.687815	6.148431	1.449561	235.76112	679322.34

Modifikasi TCC *Crown* Turun satu Variasi Tekanan injeksi 250 Bar HSD

Piston Variasi Yanmar -1 Injeksi 250 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	32.002934	5.362143	1.2147789	226.54727	814615.5
1700	31.562323	5.618838	1.2699327	226.01343	803399.9
1800	31.069431	5.85645	1.3221048	225.75192	790853.8
1900	30.52849	6.074178	1.3711002	225.72604	777084.4
2000	29.951044	6.272932	1.4170233	225.8949	762385.9
2100	29.328566	6.4496884	1.4593962	226.27391	746541.07
2200	28.67751	6.606824	1.4986621	226.8355	729968.83

Modifikasi TCC *Crown* Turun satu Variasi Tekanan injeksi 250 Bar B30

Piston Variasi Yanmar -1 Injeksi 250 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.705936	5.1448293	1.2145349	236.06903	781601.24
1700	30.27573	5.389794	1.2696624	235.56789	770650.6
1800	29.79675	5.6165547	1.3218641	235.35141	758458.4
1900	29.271797	5.8241377	1.3708849	235.3799	745096.06
2000	28.70898	6.012795	1.416696	235.61356	730769.87
2100	28.10711	6.181076	1.4591787	236.07195	715449.6
2200	27.475927	6.3299994	1.4984435	236.72095	699383.3

Modifikasi TCC *Crown* Turun satu Tekanan injeksi Standar 200 Bar HSD

Piston Variasi Yanmar -1 Injeksi 200 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	31.58888	5.292768	1.197782	226.30542	804076
1700	31.124315	5.540862	1.2517017	225.90378	792250.82
1800	30.618673	5.771484	1.302506	225.67957	779380
1900	30.072622	5.983475	1.3503536	225.68048	765480.57
2000	29.483702	6.175052	1.3950244	225.91298	750489.95
2100	28.851788	6.3448396	1.4363889	226.38695	734405
2200	28.201157	6.4970803	1.4745538	226.95639	717843.6

Modifikasi TCC *Crown* Turun satu Tekanan injeksi Standar 200 Bar B30

Piston Variasi Yanmar -1 Injeksi 200 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.303759	5.0774436	1.1973591	235.81929	771364
1700	29.852474	5.3144445	1.2513456	235.46123	759876.87
1800	29.361002	5.5344186	1.3022274	235.29616	747366.7
1900	28.826124	5.7354627	1.350054	235.38712	733751.73
2000	28.260305	5.9188247	1.3947498	235.6464	719349.15
2100	27.64423	6.0792837	1.436108	236.22981	703667.3
2200	27.016869	6.22424	1.4742907	236.86278	687698.2

Modifikasi TCC *Crown* Turun satu Variasi Tekanan injeksi 150 Bar HSD

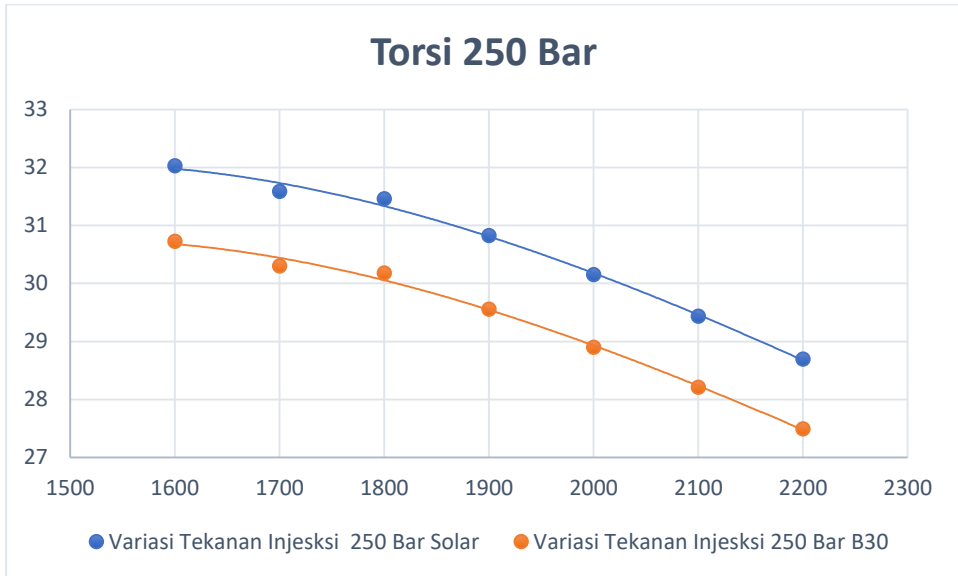
Piston Variasi Yanmar -1 Injeksi 150 Bar HSD					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	31.274807	5.2401443	1.1804999	225.28004	796081.45
1700	31.26536	5.5659714	1.2547293	225.42862	795841
1800	30.650085	5.7774053	1.3007821	225.14987	780179.6
1900	29.992794	5.9675922	1.3433465	225.10693	763448.6
2000	29.304792	6.1375813	1.3825177	225.25447	745935.9
2100	28.580078	6.2850876	1.4181291	225.63394	727488.76
2200	27.837519	6.413304	1.4504157	226.15733	708587.36

Modifikasi TCC *Crown* Turun satu Variasi Tekanan injeksi 150 Bar HSD

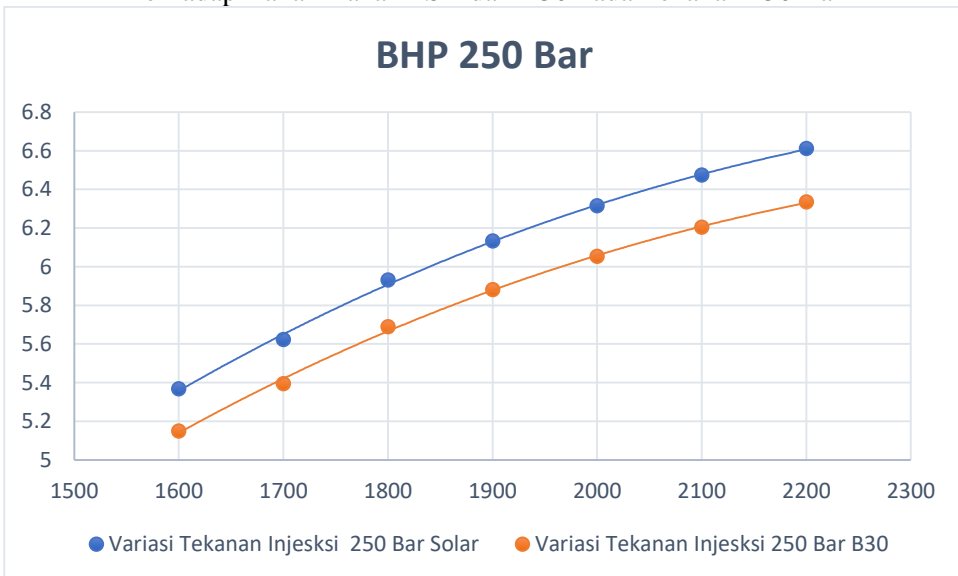
Piston Variasi Yanmar -1 Injeksi 150 Bar B30					
RPM	Torsi	BHP	Fuel Flow Rate	SFOC	BMEP
1600	30.001383	5.0267797	1.1802199	234.78647	763667.2
1700	29.99014	5.3389525	1.2544256	234.95726	763381.05
1800	29.395878	5.5409923	1.300477	234.70111	748254.44
1900	28.756994	5.7217083	1.3430136	234.72249	731992.05
2000	28.090855	5.883335	1.3822161	234.93752	715035.9
2100	27.387812	6.0228944	1.4178251	235.40594	697140.36
2200	26.667952	6.143855	1.4501065	236.0255	678816.75

Lampiran II GRAFIK

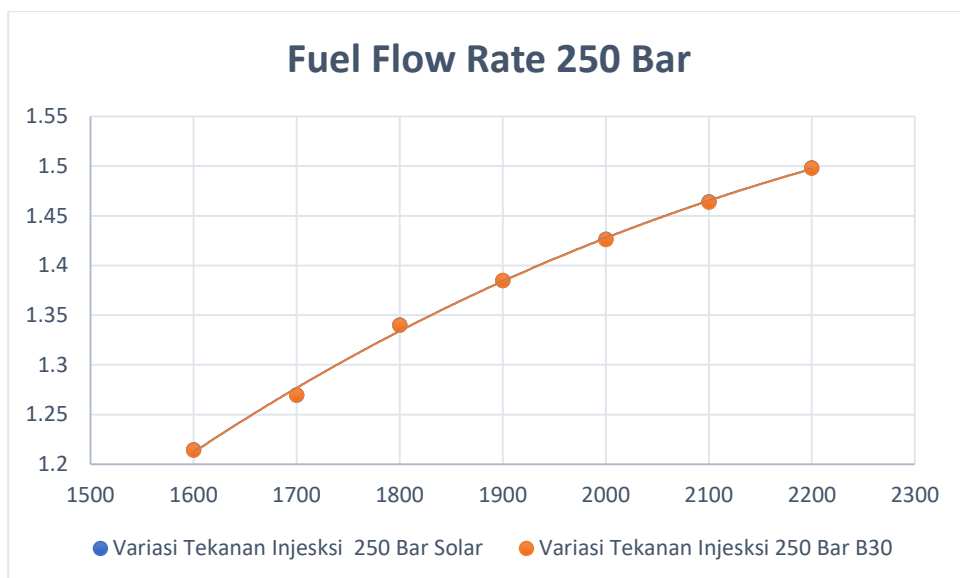
1. Piston standar Yanmar TF 85MH
 - 1.1. Variasi Tekanan injeksi 250 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 Piston Standar



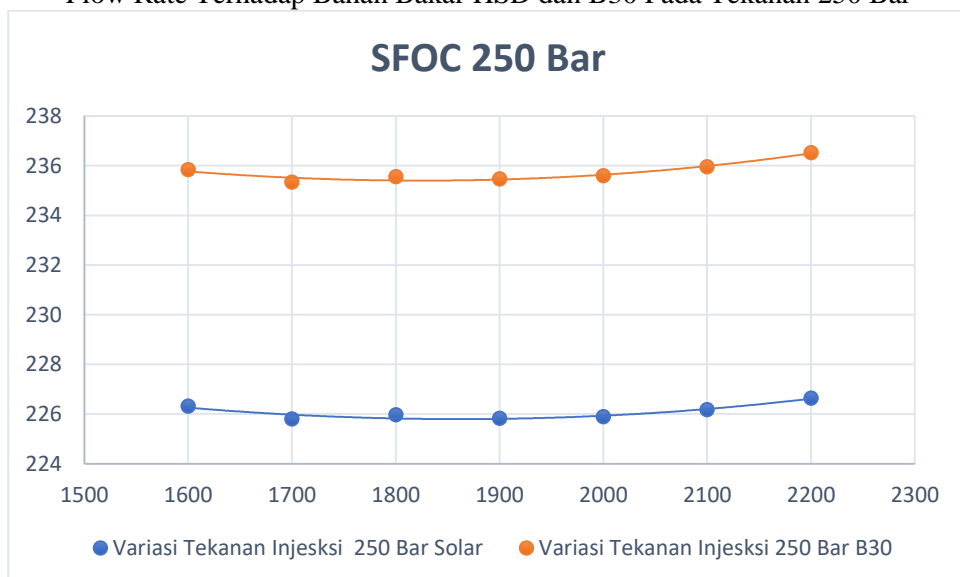
Gambar 6.1. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar



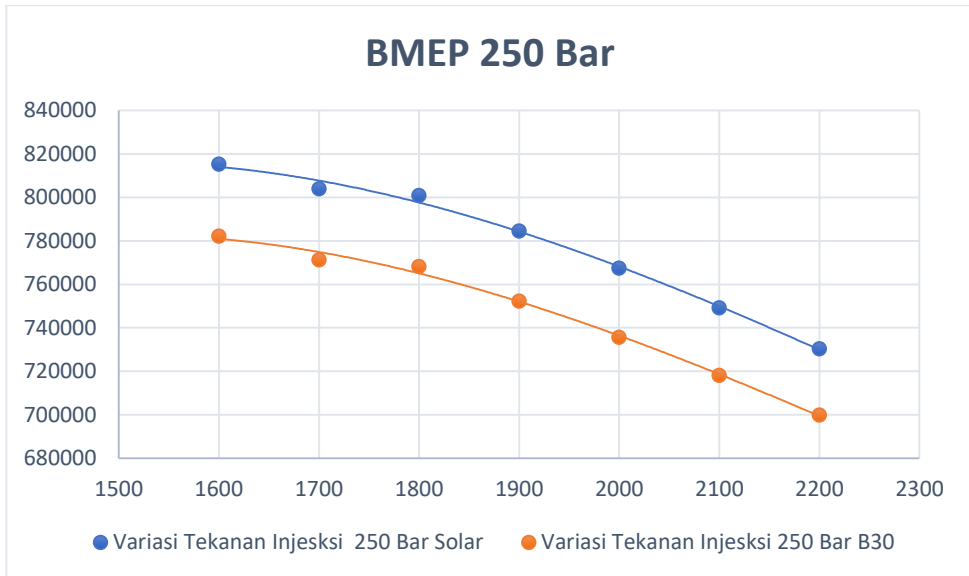
Gambar 6.2. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar



Gambar 6.3. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

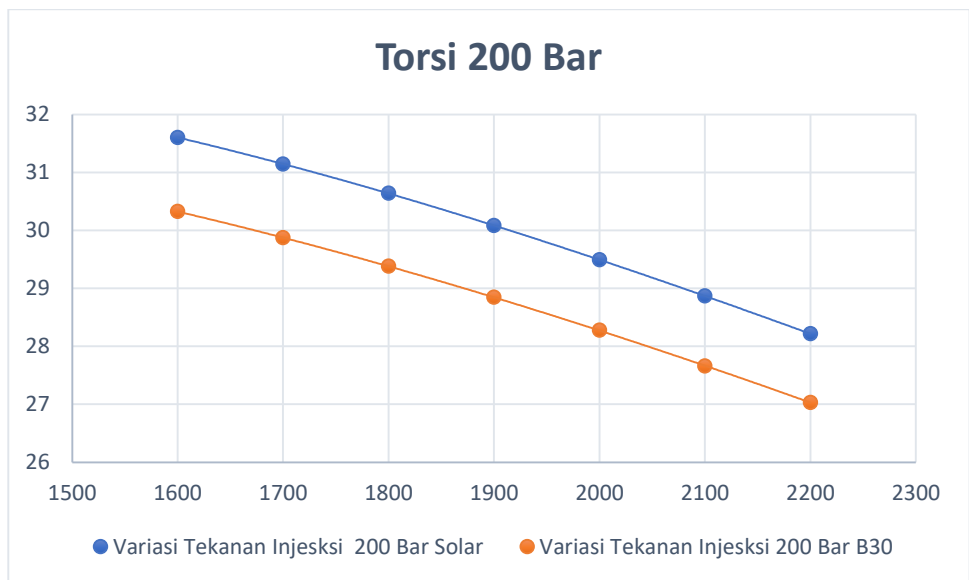


Gambar 6.5. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

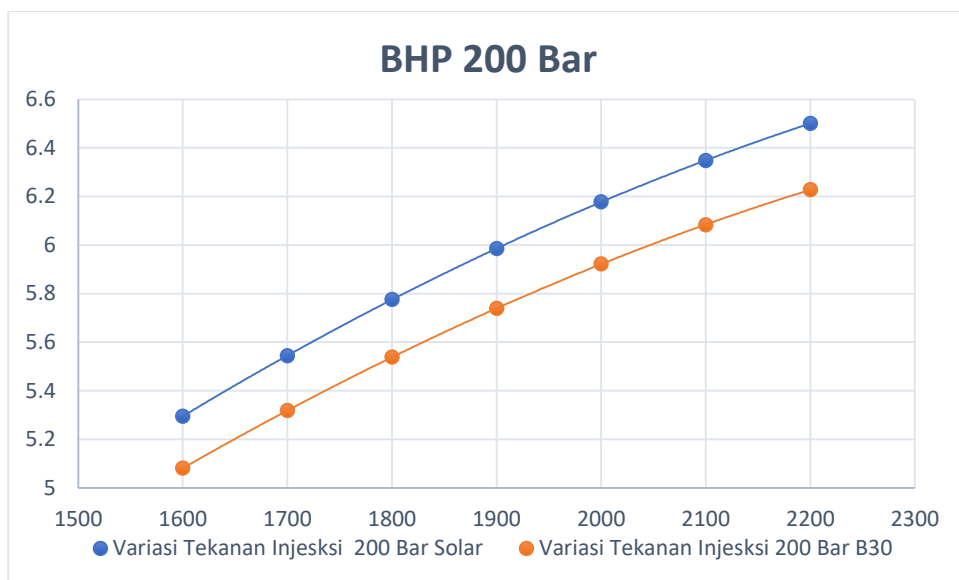


Gambar 6.6. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

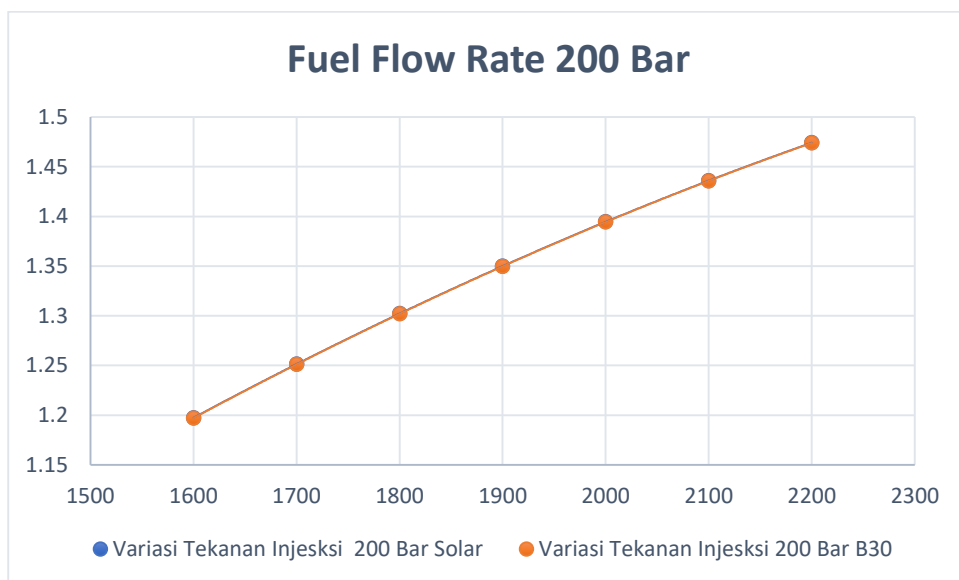
1.2. Variasi Tekanan injeksi 200 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 Piston Standar



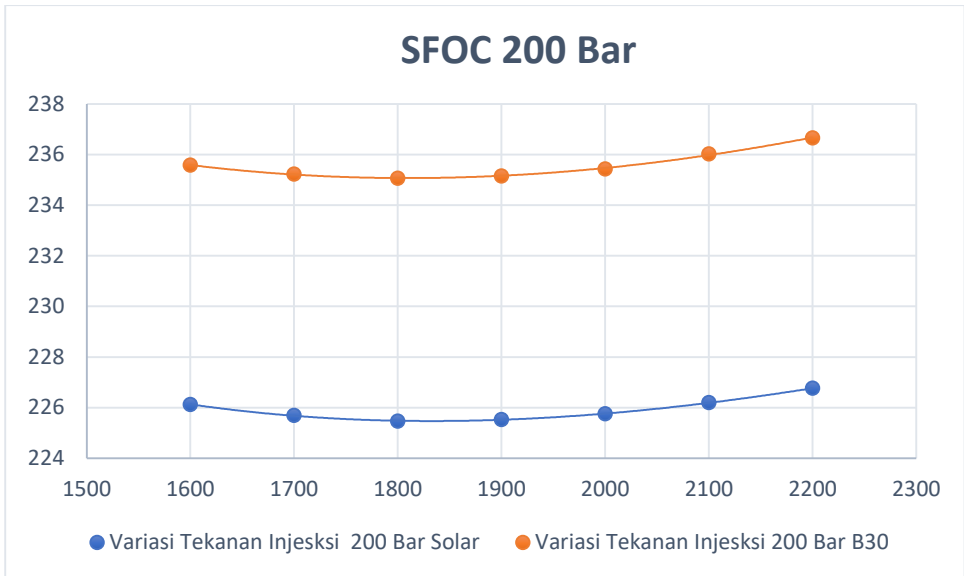
Gambar 6.7. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar



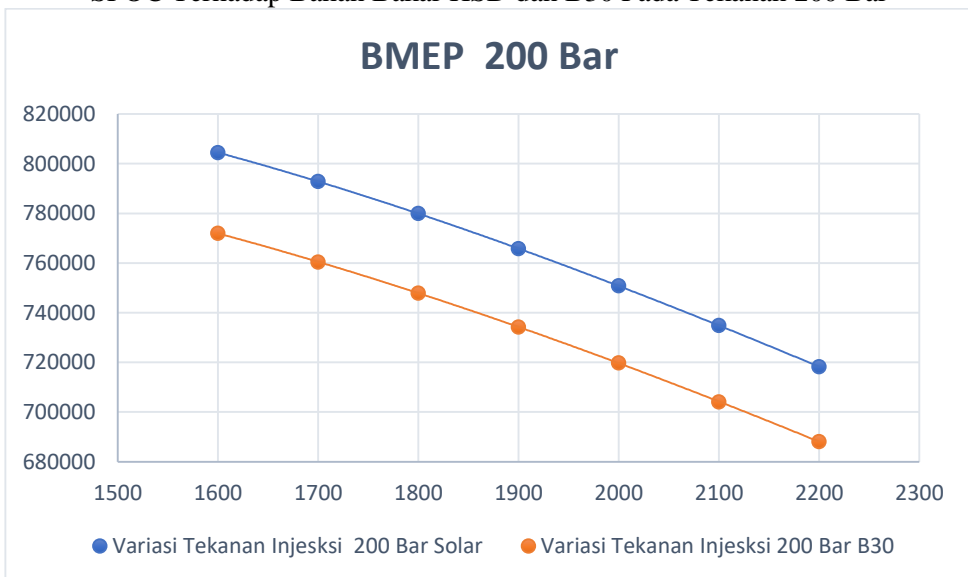
Gambar 6.8. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar



Gambar 6.9. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

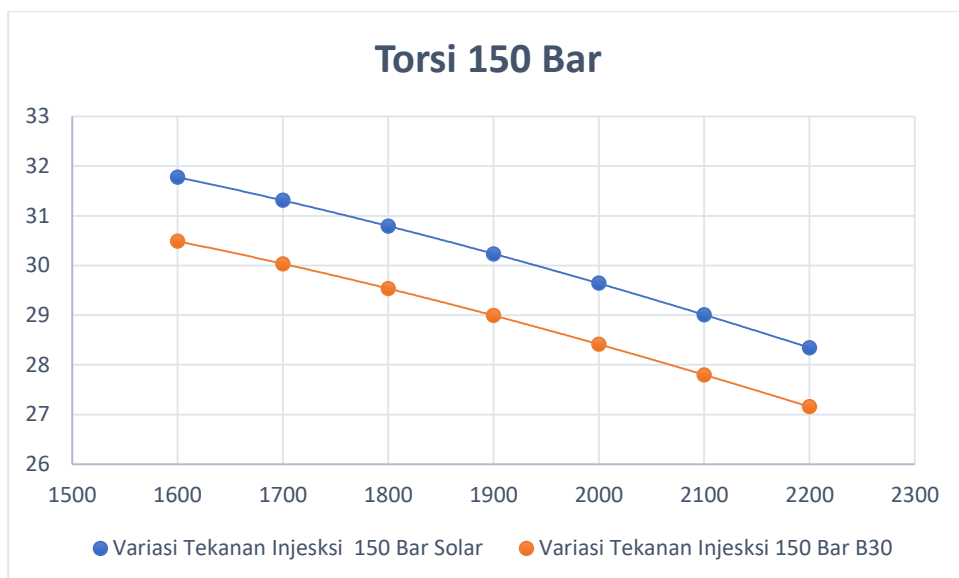


Gambar 6.10. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

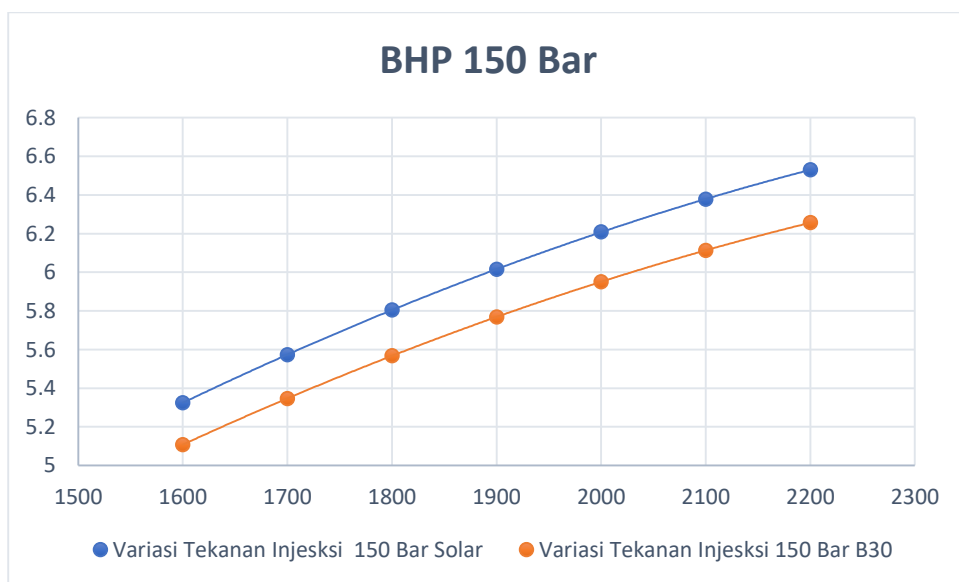


Gambar 6.11. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

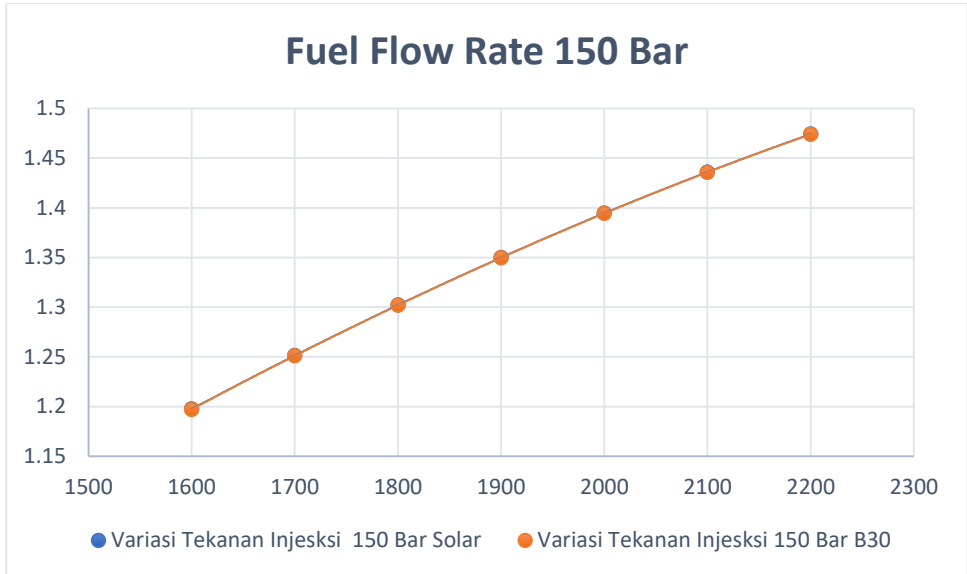
1.3. Variasi Tekanan injeksi 150 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 Piston Standar



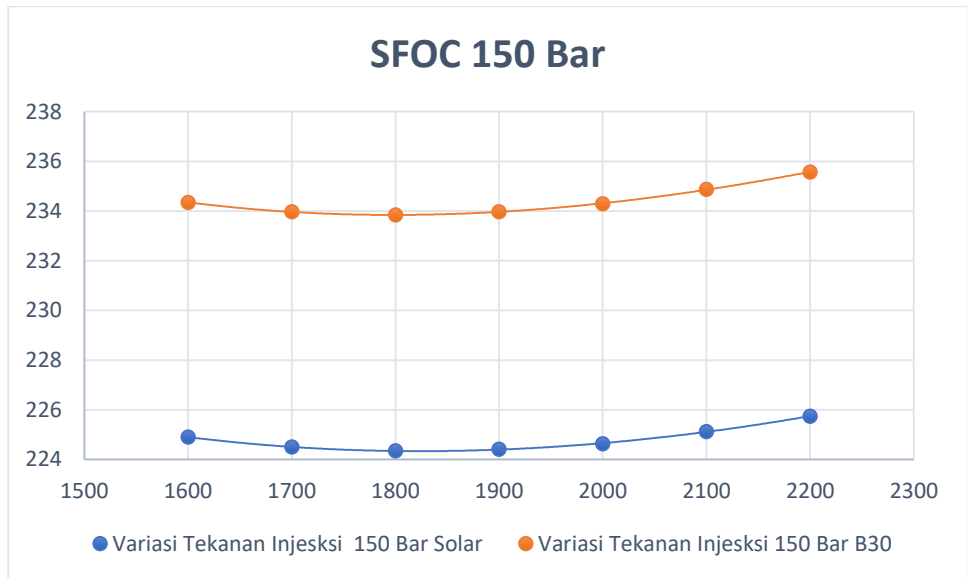
Gambar 6.12. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



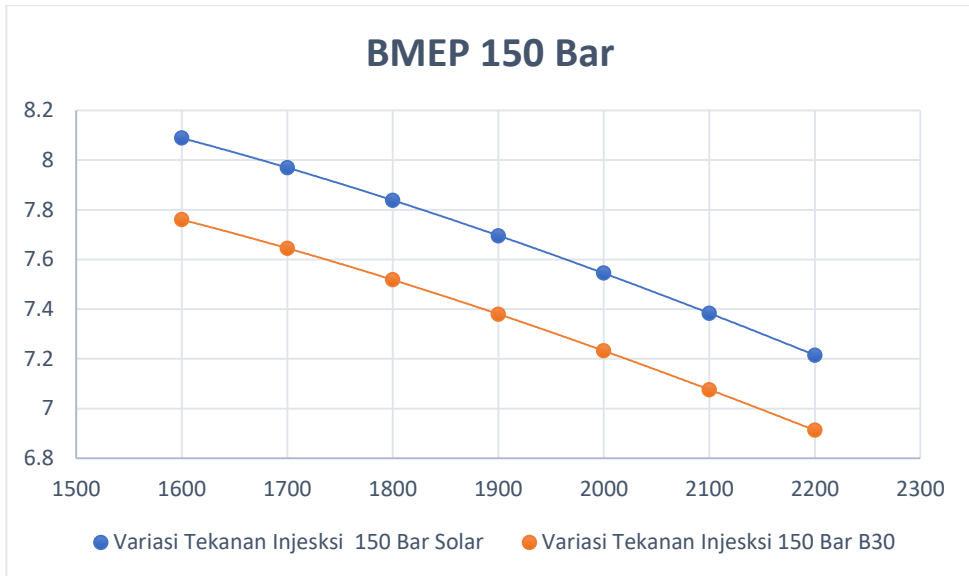
Gambar 6.13. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



Gambar 6.14. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

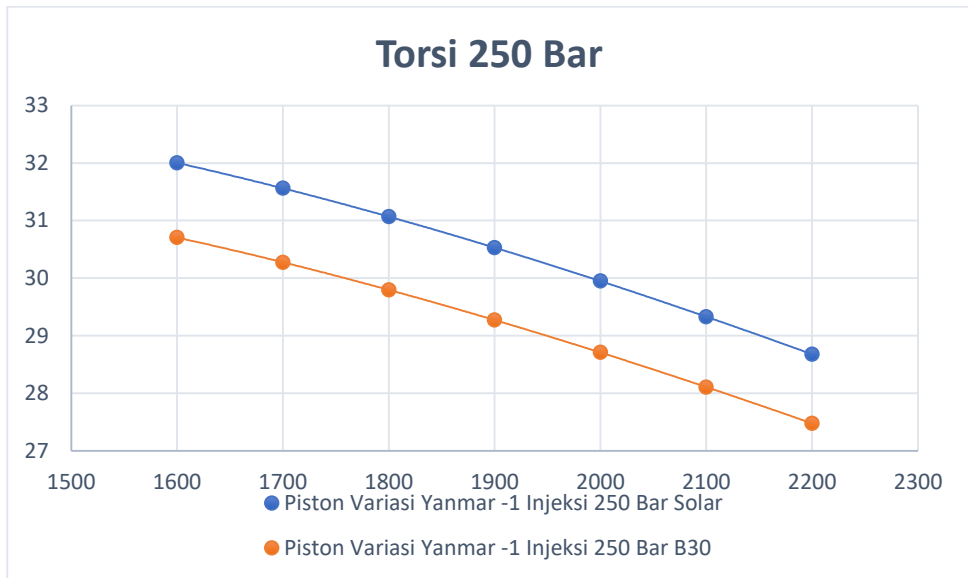


Gambar 6.15. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

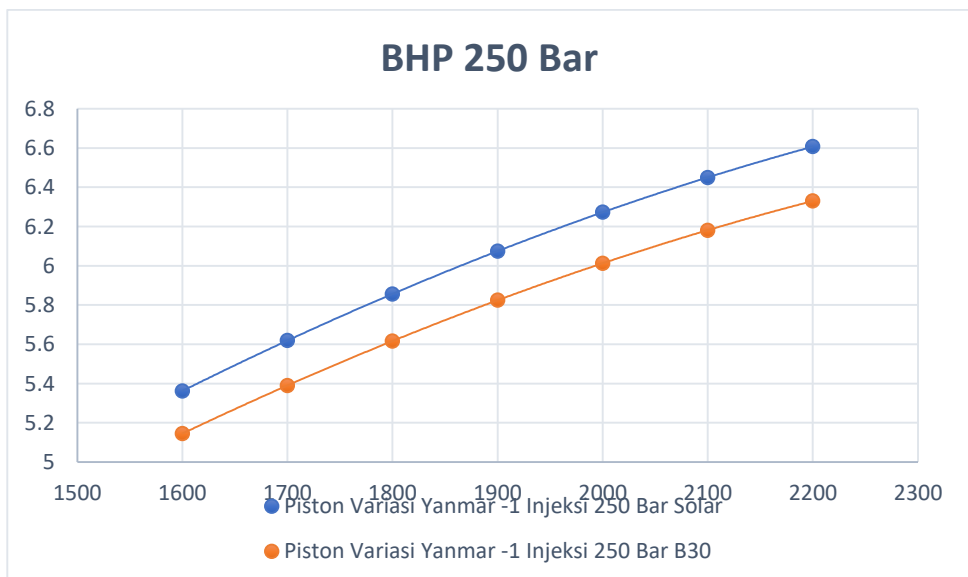


Gambar 6.16. Grafik Piston Yanmar Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

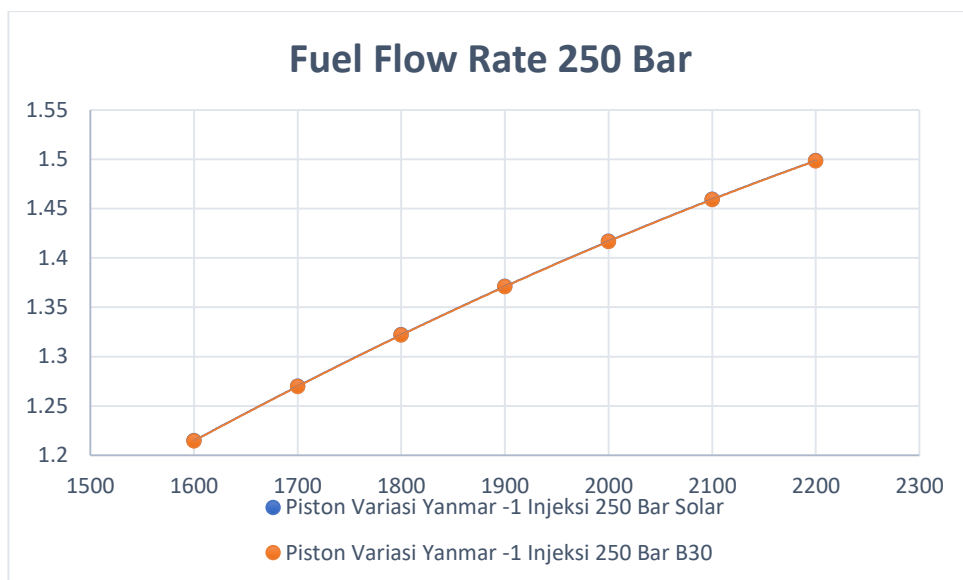
2. Modifikasi Piston Yanmar TF 85MH TCC Turun Satu (+-1)
 - 2.1. Variasi Tekanan injeksi 250 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 TCC -1



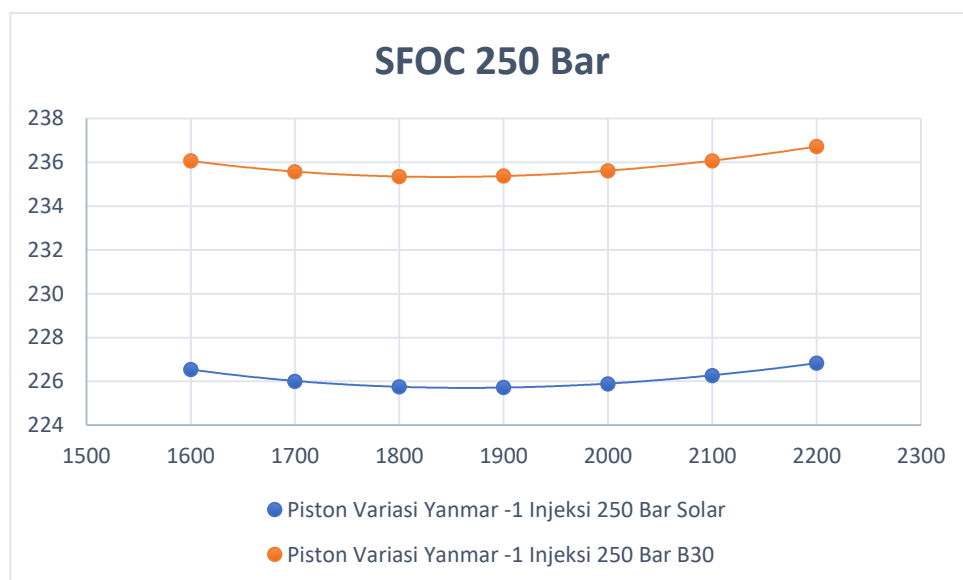
Gambar 6.17. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar



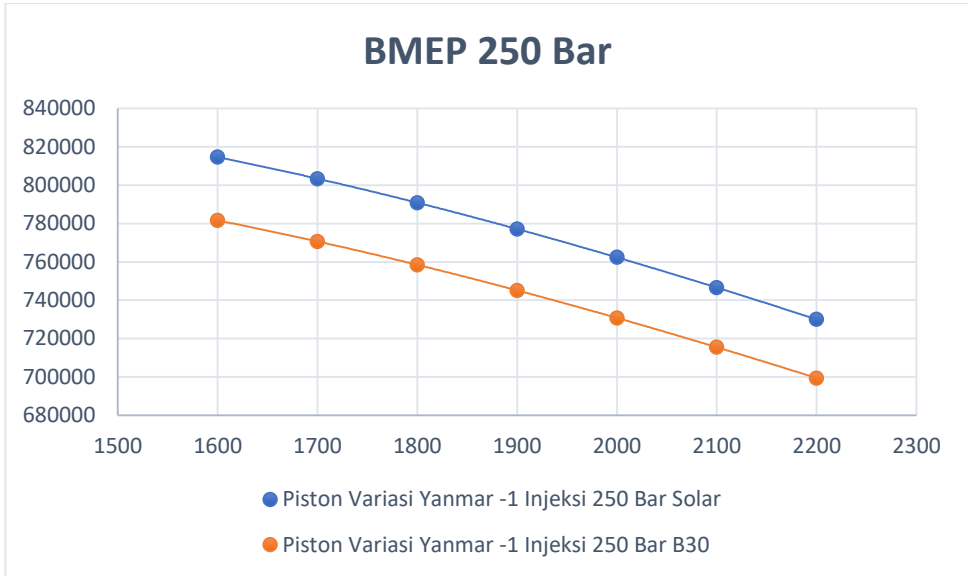
Gambar 6.18. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar



Gambar 6.19. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

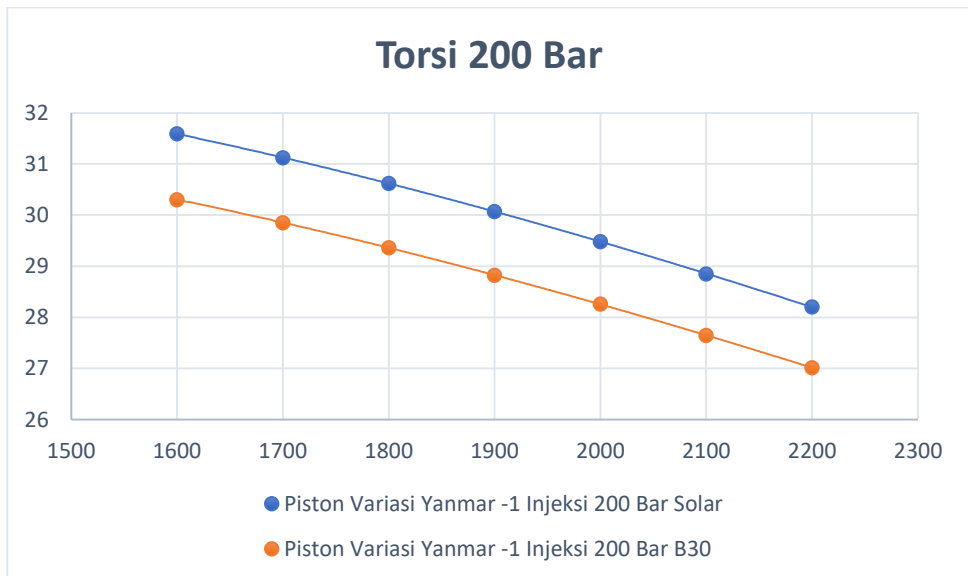


Gambar 6.20. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

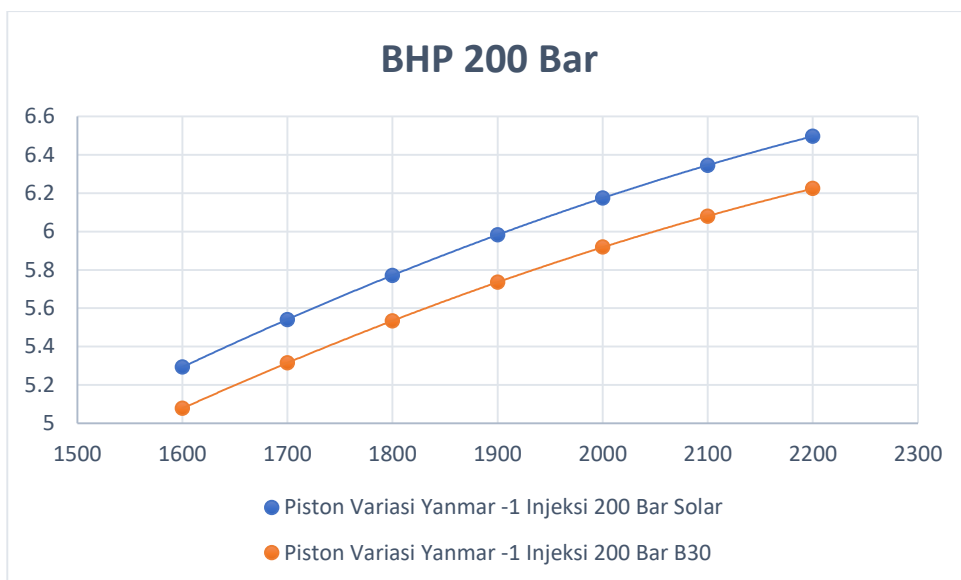


Gambar 6.21. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

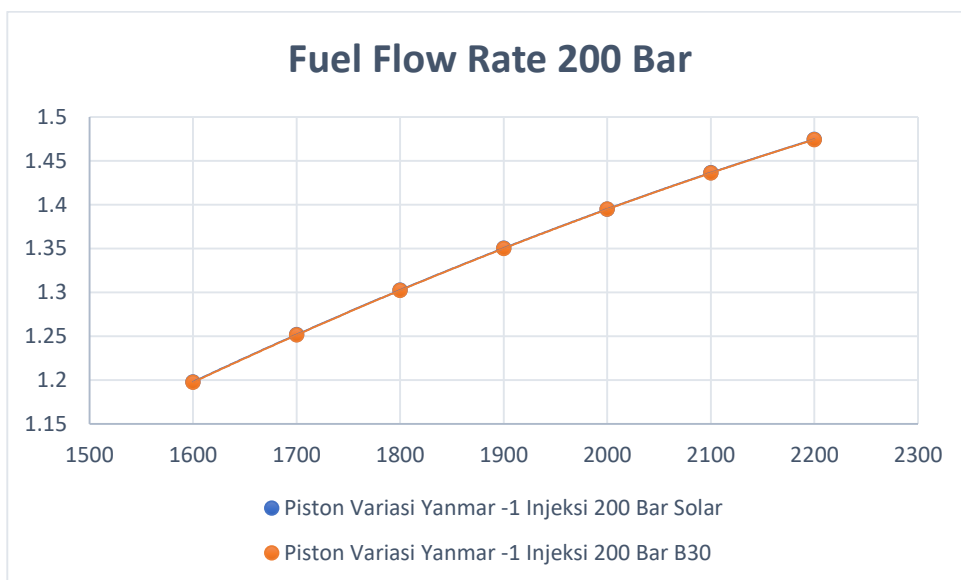
2.2. Variasi Tekanan injeksi 200 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 TCC -1



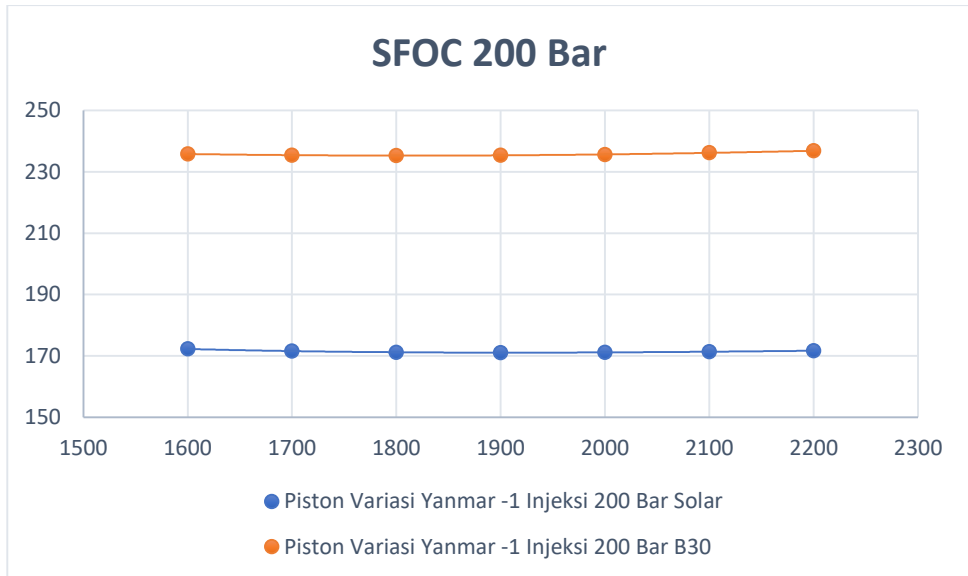
Gambar 6.22. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar



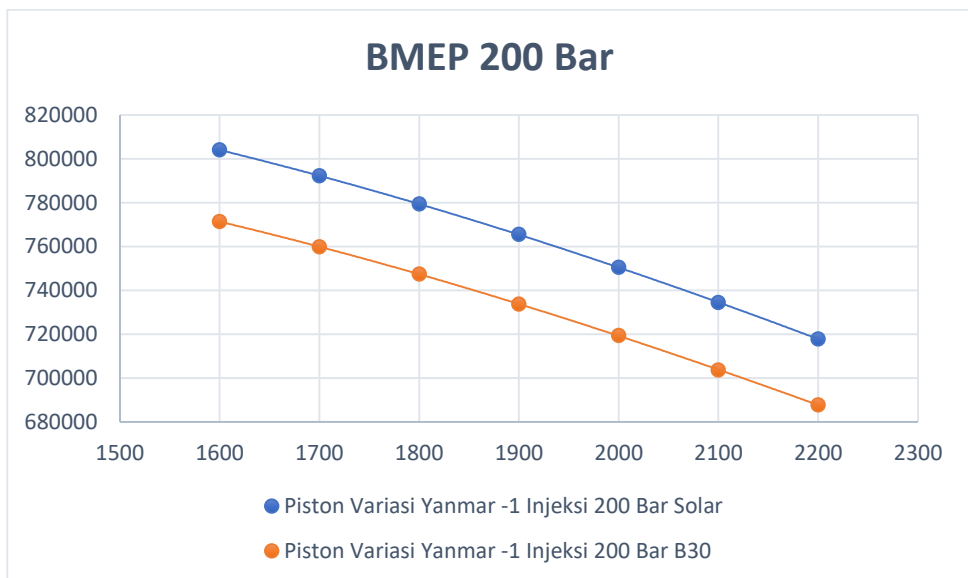
Gambar 6.23. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar



Gambar 6.24. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

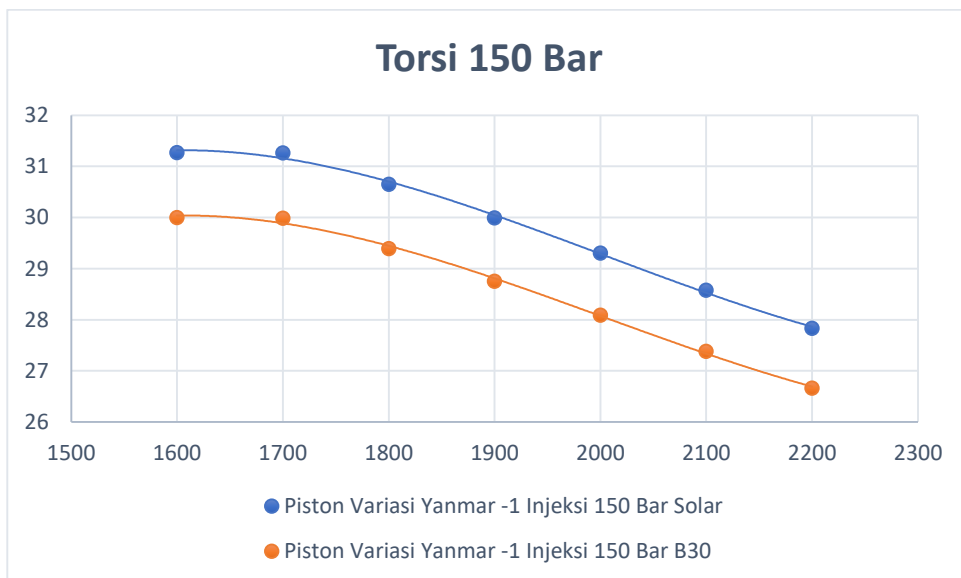


Gambar 6.25. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

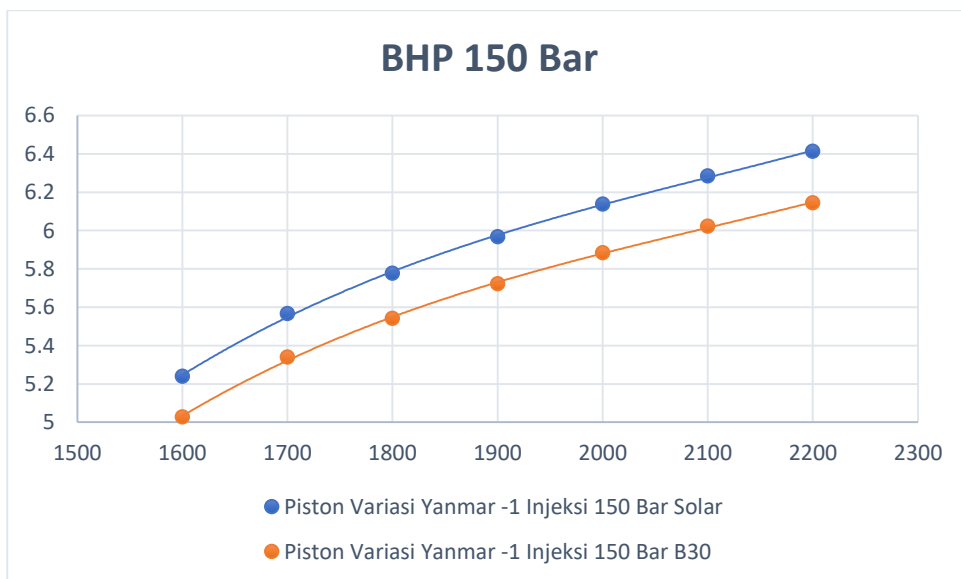


Gambar 6.26. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

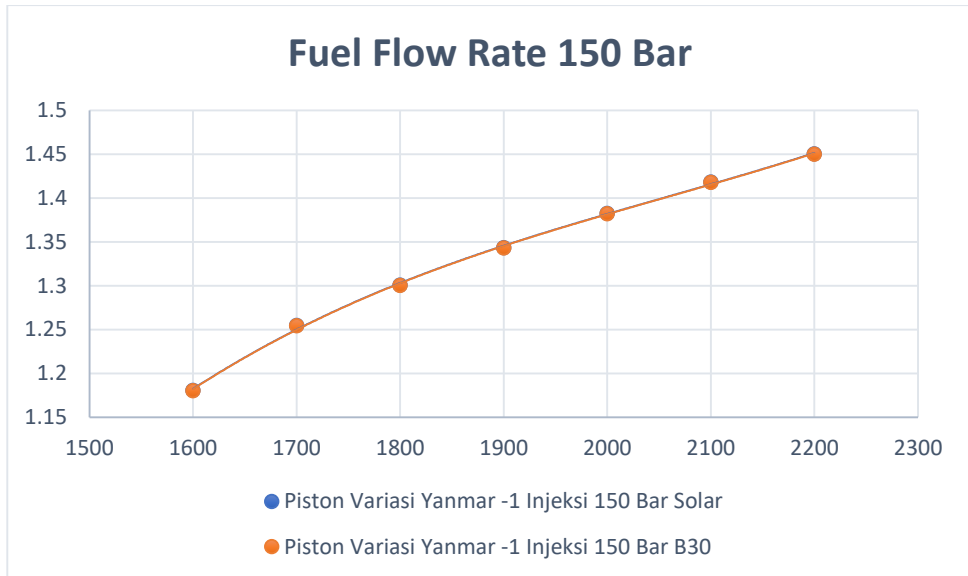
2.3. Variasi Tekanan injeksi 150 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 TCC -1



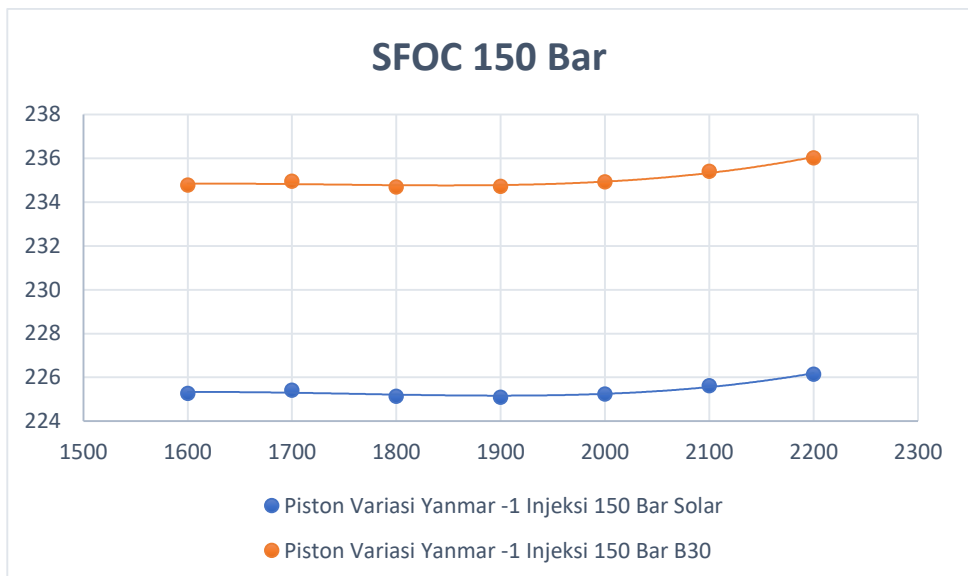
Gambar 6.27. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



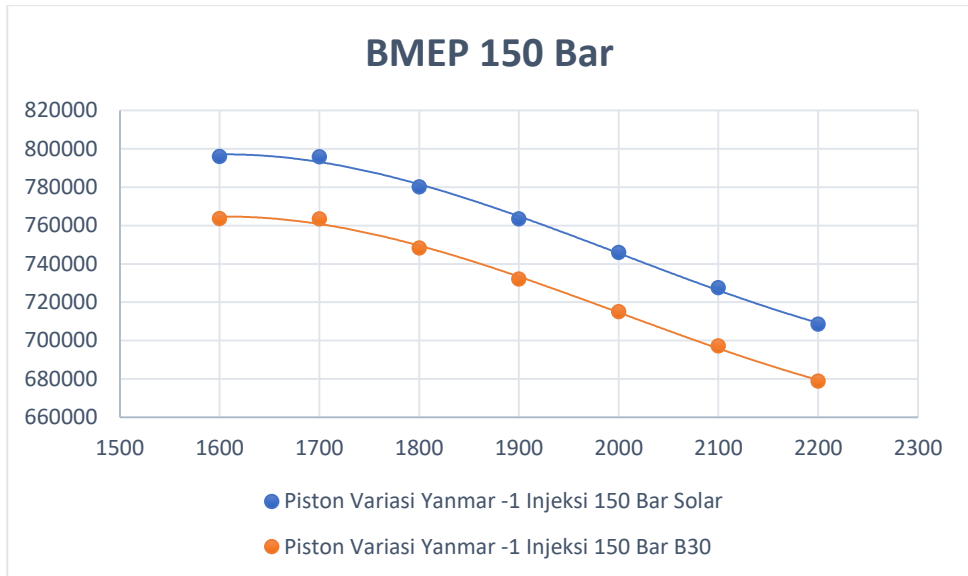
Gambar 6.28. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



Gambar 6.29. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

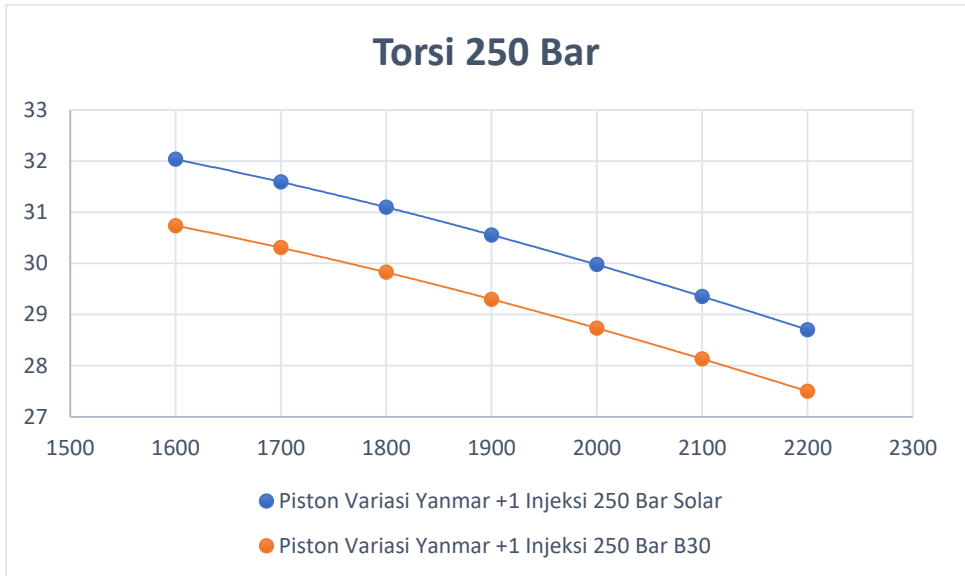


Gambar 6.30. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

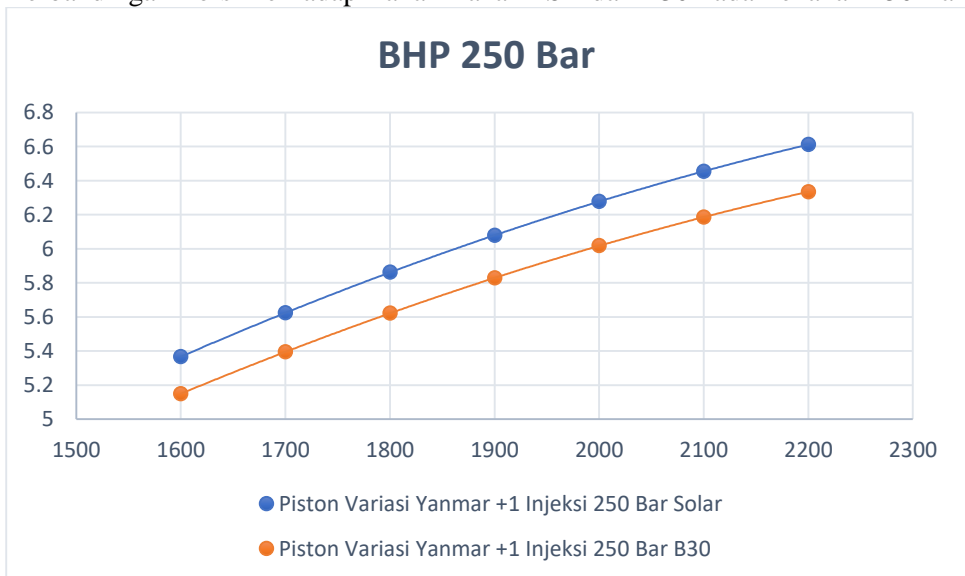


Gambar 6.31. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

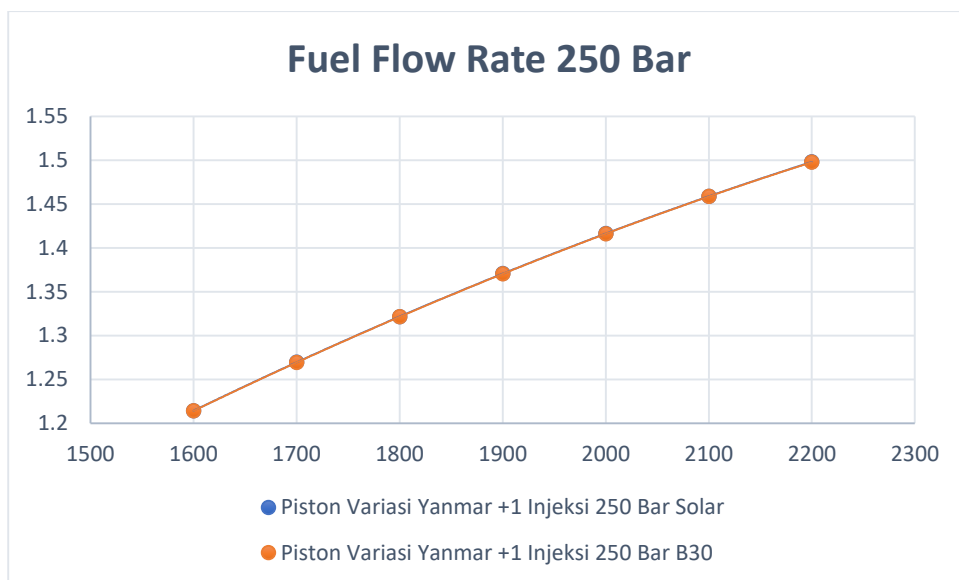
3. Modifikasi Piston Yanmar TF 85MH TCC Turun Satu (-1)
 3.1. Variasi Tekanan injeksi 250 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 TCC +1



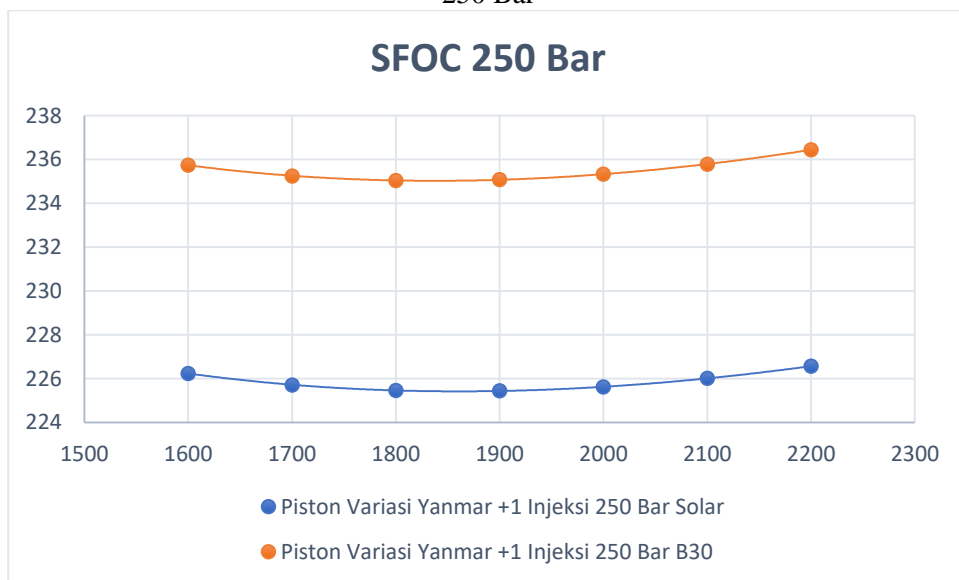
Gambar 6.32. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar



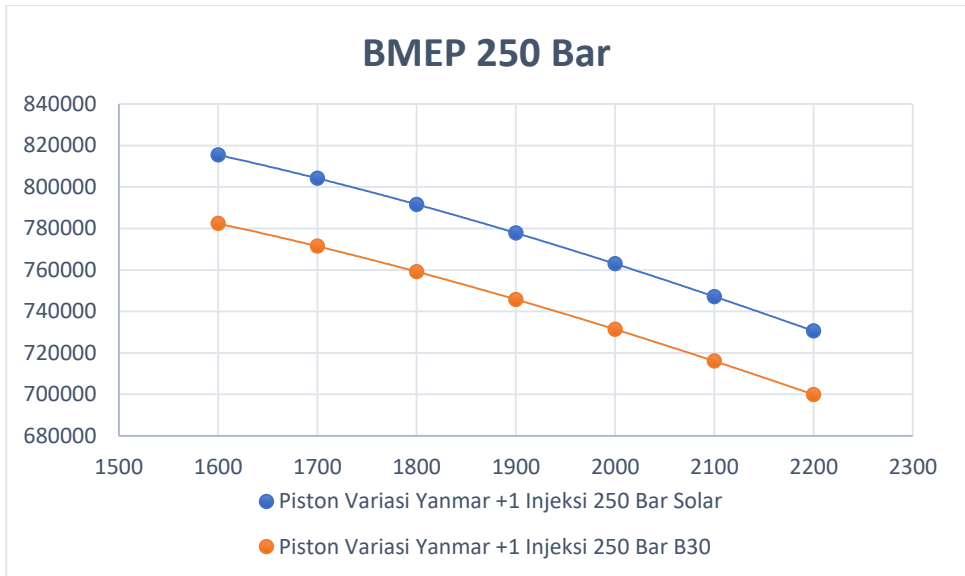
Gambar 6.33. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar



Gambar 6.33. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

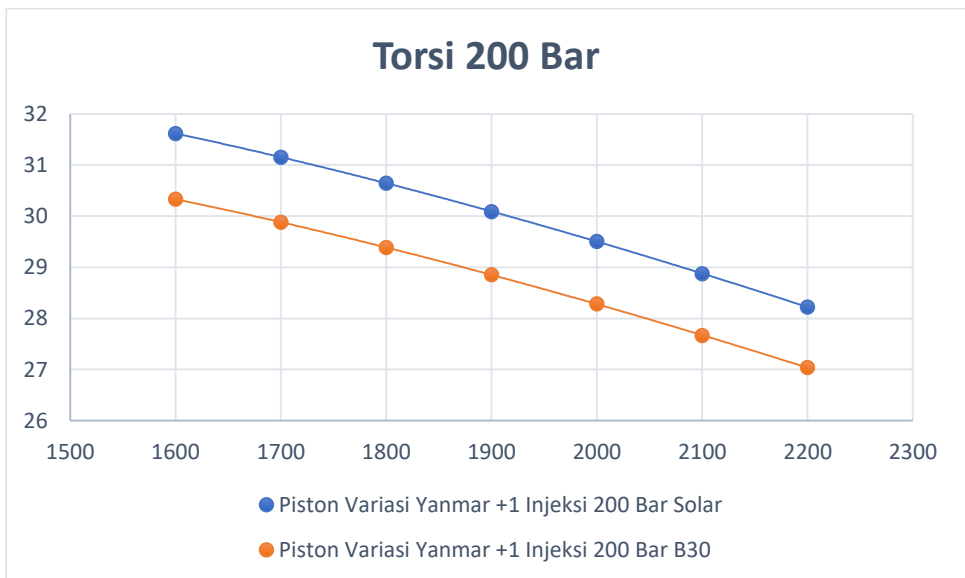


Gambar 6.34. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

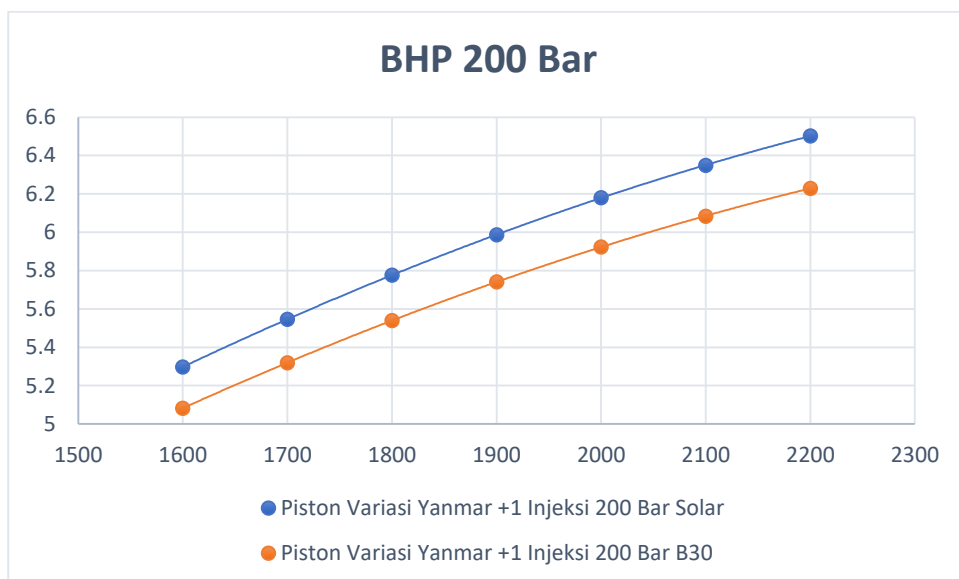


Gambar 6.35. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 250 Bar

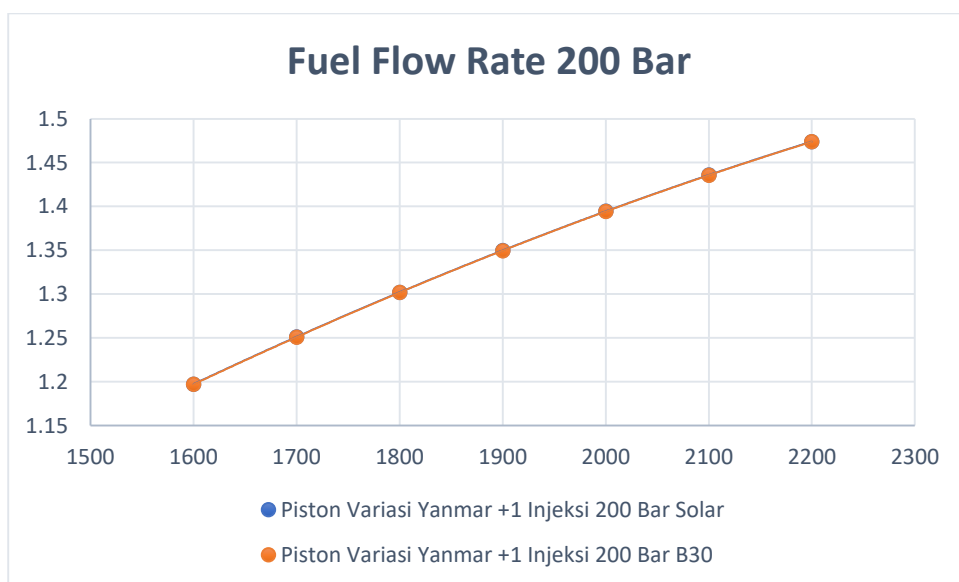
3.2. Variasi Tekanan injeksi 200 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 TCC -1



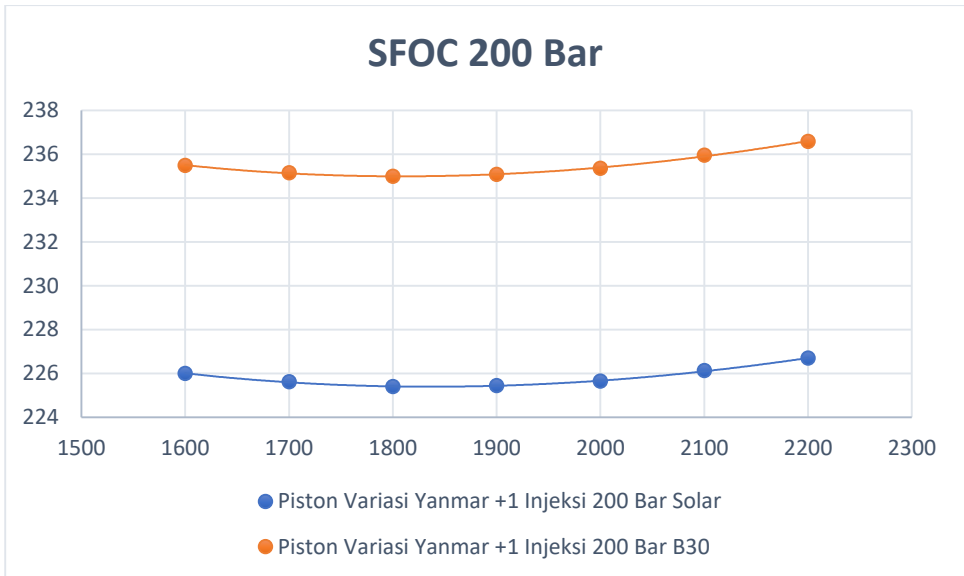
Gambar 6.36. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar



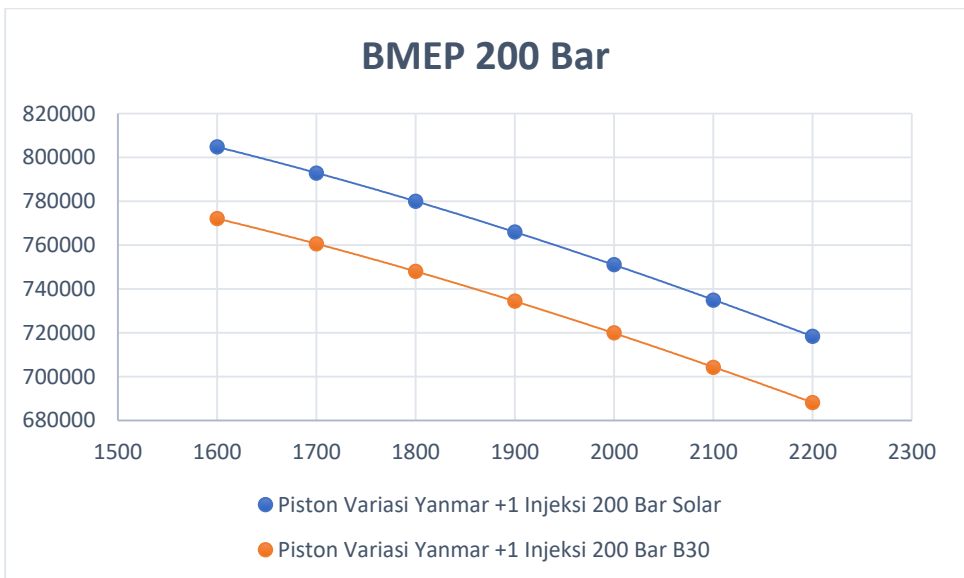
Gambar 6.37. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar



Gambar 6.38. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

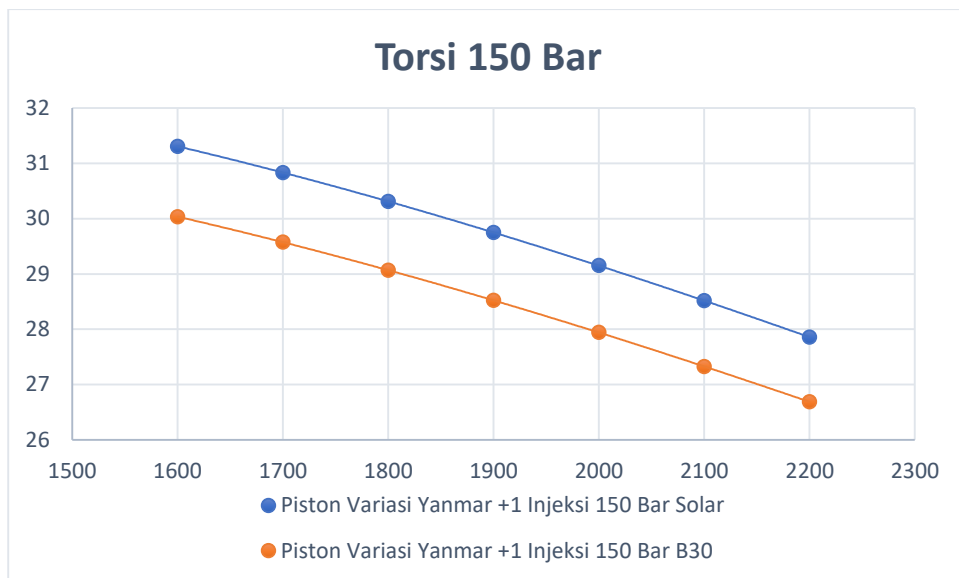


Gambar 6.39. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

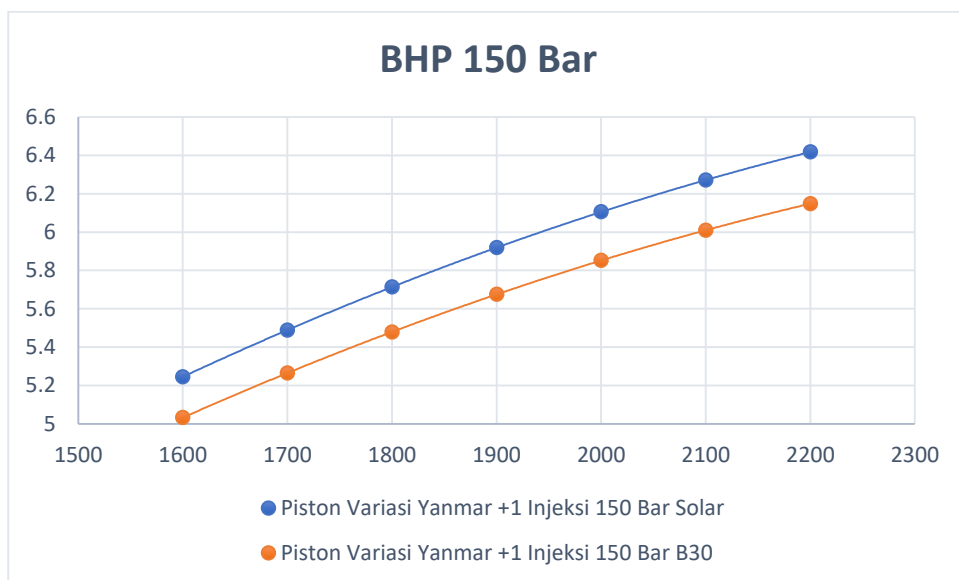


Gambar 6.40. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 200 Bar

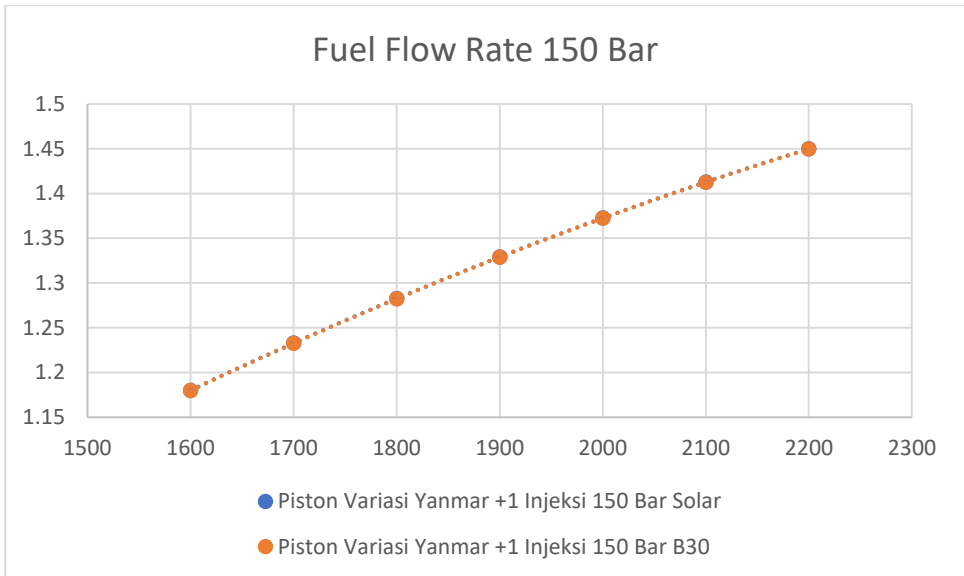
3.3. Variasi Tekanan injeksi 150 Bar Terhadap Perbandingan Performa Bahan Bakar HSD dan B30 TCC +1



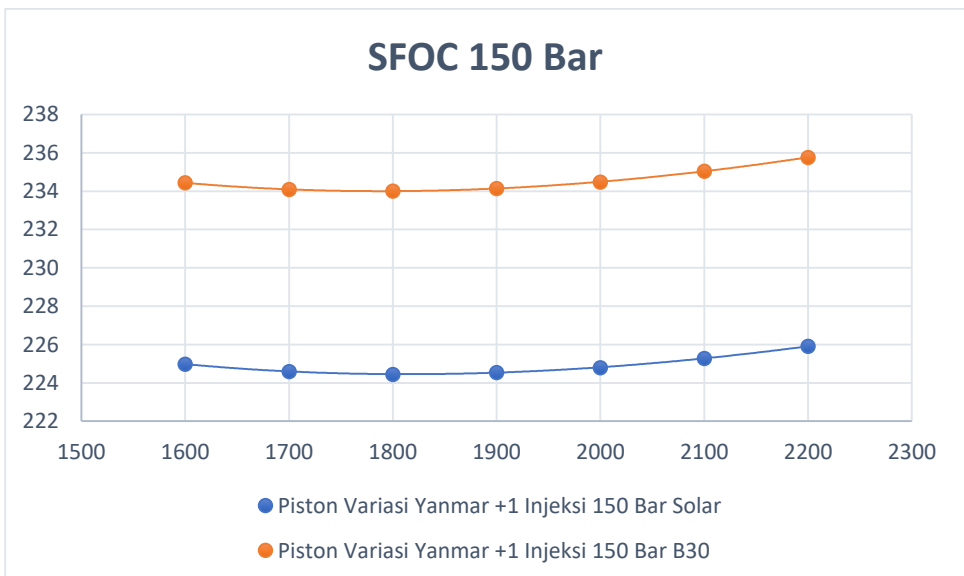
Gambar 6.41. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Torsi Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



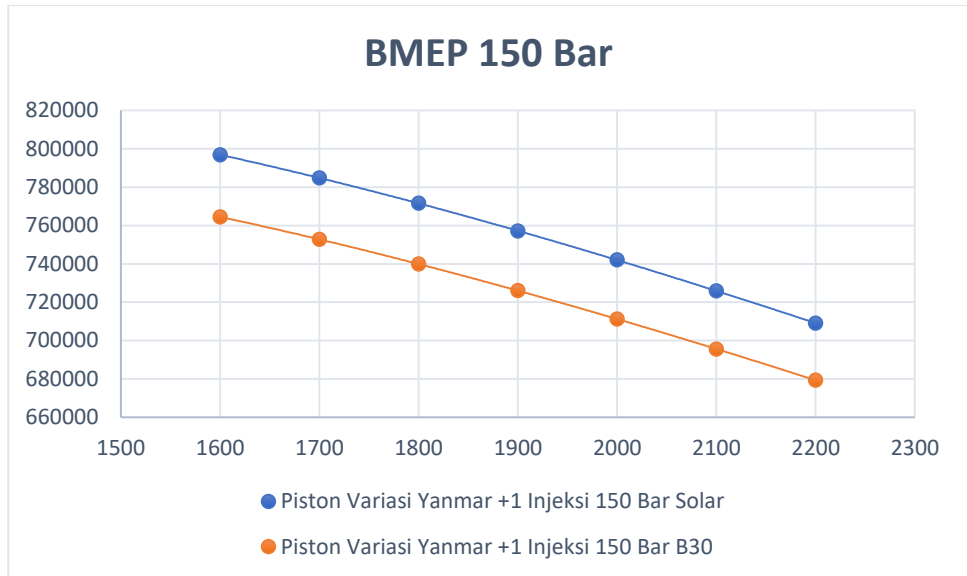
Gambar 6.42. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BHP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



Gambar 6.43. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan Fuel Flow Rate Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



Gambar 6.44. Grafik Modifikasi Piston TCC +1 Standar Dengan melakukan Perbandingan SFOC Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar



Gambar 6.45. Grafik Modifikasi Piston TCC -1 Standar Dengan melakukan Perbandingan BMEP Terhadap Bahan Bakar HSD dan B30 Pada Tekanan 150 Bar

BIODATA PENULIS



Berikut merupakan Biodata Penulis bernama Firman Maulana Erawan Hakam berusia 22 lahir di Surabaya pada tanggal 21 November 1997 anak kedua, empat bersaudara dari Eko Bianto S.T dan Baiq Ratnawati bermukim pada Jalan Tehnik Sipil Blok X No.28 Keputih, Kecamatan Sukolilo, Kode Pos 60111. Penulis menempuh pendidikan formal pada SDN Airlangga III-No 200 Surabaya tahun ajaran 2004 hingga 2010, SMP Islam Al-Azhar 13 tahun ajaran 2010 hingga 2013, Madrasah Aliyah Negeri kota Surabaya tahun ajaran 2013 hingga 2016, kemudian penulis mengenyam pendidikan Program S1 pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya tahun masuk ajaran 2016 hingga 2020 aktif pada keorganisasian Kampus Menjadi Staf Kajian Strategis Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan melanjutkan jenjang ke Kepala Divisi Kajian Strategis Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan, Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Sistem Perkapalan, Aktif pada Unit Kegiatan Mahasiswa bagian inventaris Softball Stingray ITS Surabaya menang kompetisi tingkat daerahh Juara 1 sesurabaya aktif kegiatan Marine Icon Himasiskal. Dan Pernah Mengikuti Pelatihan AutoCad Basic Training, Upgrading Staff BEM FTK, Batu Porong TNI, Kerja Peraktek Dok Perkapalan Surabaya (DPS), Kerja Peraktek Di Reparasi dan Permesinan PT.AIR (Antakesuma Inti Raharja)