

PERANCANGAN DAN ANALISIS EKONOMI MESIN DIESEL PENGGERAK GENERATOR KAPASITAS 320 KW DI PT. ELNUSA FABRIKASI KONSTRUKSI

M. Roni Hajianto^{1*}, Michael Max Sitompul¹, Susilo Handoko¹, Gilang Nurul Mutaqien¹

¹Teknik Mesin Kilang, PEM Akamigas, Jln Gajah Mada No.38 Cepu, Blora, 58315

*E-mail: ronihajianto80@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di sektor industri minyak dan gas terus meningkat, seiring dengan proyeksi kebutuhan energi global yang akan tumbuh sebesar 1,6% per tahun hingga 2030. Mayoritas energi dunia masih dipasok dari bahan bakar fosil, yang meicu perlunya penerapan teknologi baru di industri tersebut agar tetap kompetitif. PT Elnusa Fabrikasi Konstruksi membutuhkan mesin diesel sebagai penggerak generator berkapasitas 320 kW untuk mendukung operasional *workshop* baru tersebut. Mesin diesel dipilih karena efisiensinya dalam bekerja pada beban tinggi. Perancangan ini melibatkan data awal seperti, daya generator 320 kW, putaran mesin 1500 rpm, jumlah silinder 6, efisiensi mekanik 75%, efisiensi transmisi 98%, efisiensi generator 93%, dan tekanan efektif rata-rata 0,95 Mpa. Komponen utama yang dirancang meliputi piston, *cylinder liner*, *connecting rod*, dan *crankshaft*. Hasil perancangan menunjukkan daya indikator sebesar 468,5 kW. Evaluasi keekonomian menunjukkan bahwa investasi sebesar Rp. 1.089.300.968 dapat kembali dalam jangka waktu sekitar 4,3 tahun dengan NPV sebesar Rp. 912.218.908 dan IRR sebesar 21,84%, yang menunjukkan bahwa proyek ini layak secara finansial.

Kata kunci: analisis ekonomi, komponen utama, mesin diesel, penggerak generator, perancangan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di sektor industri minyak dan gas, mengalami perkembangan pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dunia. Berdasarkan proyeksi Badan Energi Dunia (*International Energy Agency* – IAE), kebutuhan energi dunia akan tumbuh sebesar 1,6% per tahun hingga tahun 2030. Sebagian besar energi dunia masih dipasok oleh bahan bakar fosil, yang mencapai sekitar 80% dari total konsumsi energi dunia pada saat ini. Hal ini menunjukkan pentingnya perkembangan teknologi yang efisien dan ramah lingkungan untuk mendukung sektor industri yang bergantung pada energi fosil, termasuk industri minyak dan gas [1].

Sektor hulu migas, yang melibatkan eksplorasi dan produksi minyak dan gas, memerlukan peralatan yang dapat beroperasi dengan efisien pada beban tinggi. Salah satu komponen yang sangat dibutuhkan di sektor ini adalah mesin diesel. Mesin diesel dipilih karena kemampuannya untuk bekerja pada kapasitas tinggi dan efisiensi yang relatif baik, bahkan pada beban yang sangat besar. Mesin diesel juga dikenal karena daya tahan dan kemampuannya untuk bertahan dalam kondisi operasi yang ekstrem [2].

Mesin diesel telah mengalami berbagai inovasi sejak ditemukan oleh insinyur asal Jerman, Rudolf Diesel, pada tahun 1892. Seiring waktu, berbagai teknologi baru seperti penggunaan *turbocharger*, *common-rail direct injection*, dan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan telah diterapkan untuk meningkatkan efisiensi mesin diesel [3, 4]. Selain itu, teknologi rendah emisi juga telah dikembangkan untuk memastikan mesin diesel dapat bekerja dengan lebih bersih, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Mesin diesel yang lebih efisien ini sangat dibutuhkan untuk memenuhi tuntutan operasional di sektor minyak dan gas yang terus berkembang.

PT. Elnusa Fabrikasi Konstruksi, sebuah perusahaan penyedia layanan di sektor minyak dan gas, menghadapi tantangan untuk meningkatkan efisiensi operasional. Dibutuhkan mesin diesel yang dapat menggerakkan generator dengan kapasitas 320 kW untuk mendukung operasional workshop baru. Generator ini akan digunakan untuk menyediakan energi listrik bagi bagian utilitas dan perkantoran yang terletak di area kerja. Mengingat pentingnya pemeliharaan mesin yang efisien dalam sektor ini, mesin diesel dipilih sebagai penggerak generator karena kemampuannya untuk beroperasi dengan efisiensi tinggi pada beban yang berat dan dapat diandalkan dalam jangka panjang [5].

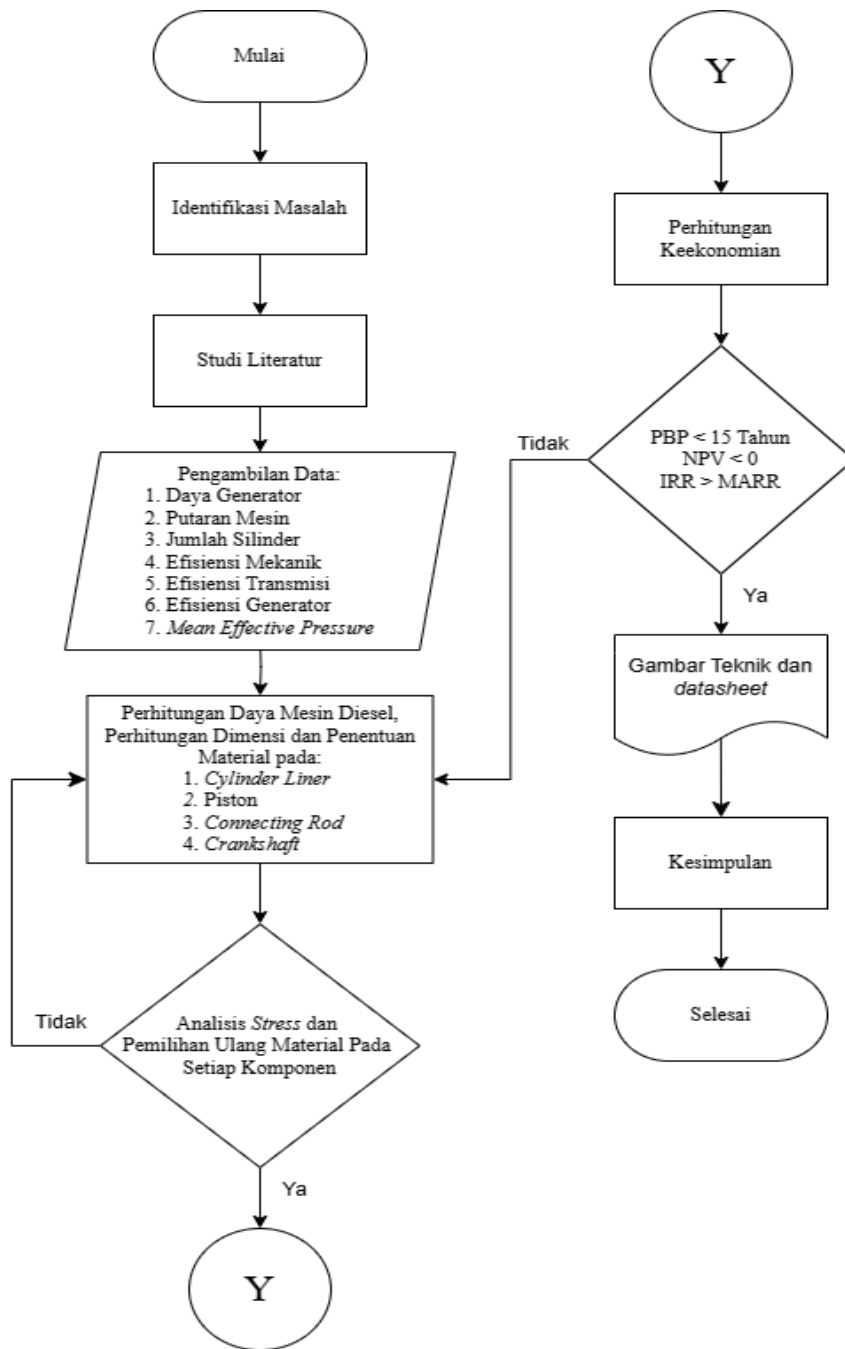
Penggunaan mesin diesel sebagai penggerak generator telah banyak dibahas dalam literatur teknik, dengan beragam perancangan dan analisis yang berfokus pada efisiensi termal, biaya, dan keandalan. Namun, perancangan mesin diesel untuk aplikasi spesifik di industri minyak dan gas, terutama dalam konteks penggunaan sebagai penggerak generator di PT. Elnusa Fabrikasi Konstruksi, belum banyak dibahas secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin diesel sebagai penggerak generator kapasitas 320 kW dan mengevaluasi aspek keekonomian dari perancangan tersebut.

Perancangan mesin diesel ini tidak hanya bertujuan untuk menghasilkan daya yang dibutuhkan, tetapi juga untuk memastikan bahwa mesin yang dirancang memiliki efisiensi yang optimal, dapat diandalkan dalam jangka panjang, serta layak secara ekonomi. Penelitian ini akan mengidentifikasi berbagai komponen penting dalam perancangan mesin diesel, termasuk *piston*, *cylinder liner*, *connecting rod*, dan *crankshaft*, serta mengevaluasi keekonomian dari proyek tersebut dengan menggunakan metode analisis seperti *Payback Period* (PBP), *Net Present Value* (NPV), dan *Internal Rate of Return* (IRR) [6]. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini akan mengkaji perancangan mesin diesel sebagai penggerak generator di PT. Elnusa Fabrikasi Konstruksi dengan mempertimbangkan faktor teknis dan ekonomi yang relevan.

2. METODE

Perancangan mesin diesel sebagai penggerak generator dimulai dengan kajian literatur yang mendalam untuk menentukan jenis data yang perlu dipersiapkan dan spesifikasi yang diperlukan untuk pengembangan mesin diesel. Literatur ini juga digunakan untuk menentukan spesifikasi awal mesin diesel serta generator yang akan digunakan dalam perancangan ini [6, 7]. Dalam kajian ini, komponen utama yang akan dirancang meliputi *cylinder liner*, *piston*, *connecting rod*, dan *crankshaft*. Keempat komponen ini menjadi dasar utama dalam menentukan bahan yang sesuai untuk menahan stres saat mesin beroperasi, mengingat pentingnya ketahanan material dalam kondisi operasi mesin diesel yang ekstrem [6, 8].

Proses perancangan juga mencakup analisis ekonomi untuk menilai kelayakan finansial proyek ini. Evaluasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kerugian yang dapat dihindari serta memberikan gambaran visual mengenai desain yang telah dilakukan. Metode analisis ekonomi yang digunakan meliputi perhitungan PBP, NPV, dan IRR, yang akan digunakan untuk menilai keberlanjutan proyek dalam jangka panjang [5]. Pada Gambar 1 menunjukkan *flowchart* dari perancangan mesin diesel.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Mesin Diesel

Asumsi termodinamika yang digunakan adalah,

1. Jenis siklus: Mesin diesel menggunakan siklus otto atau diesel tergantung pada perancangan spesifik yang digunakan.
2. Tekanan efektif: Tekanan efektif rata-rata yang digunakan adalah 0,95 MPa [3].
3. Rasio kompresi: Rasio kompresi mesin diesel dirancang untuk efisiensi maksimal pada 18:1.
4. Efisiensi volumetris: Menggunakan efisiensi volumetris 90% yang umum digunakan dalam perancangan mesin diesel modern.

Dalam melakukan perancangan mesin diesel sebagai penggerak generator perlu diketahui berapa daya yang dibutuhkan mesin diesel untuk menggerak generator set, untuk mendapatkan nilai daya poros mesin disel dapat menggunakan persamaan 1 berikut ini [3]:

$$B_p = \frac{N_e}{\eta_{gen} \times \eta_{trans}} \quad (1)$$

Setelah menentukan nilai dari daya poros mesin diesel, maka selanjutnya dapat dicari nilai dari daya indikator melalui persamaan 2 berikut ini [4]:

$$I_p = \frac{B_p}{\eta_{mech}} \quad (2)$$

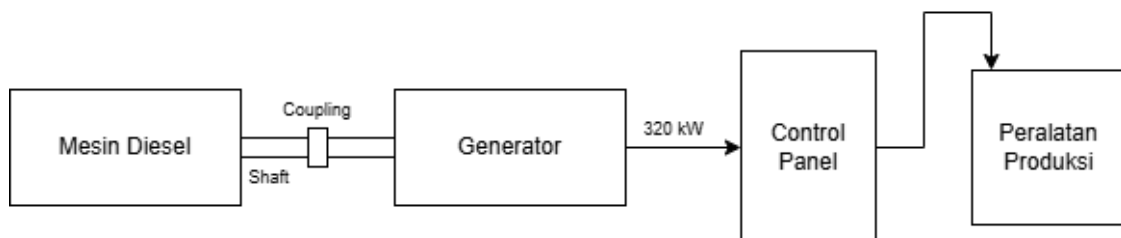
Perhitungan keekonomian pada proyek perancangan tangki diperlukan untuk mengetahui apakah tangki layak direalisasikan atau tidak dengan menghitung PBB menggunakan persamaan 3, sebagai berikut [5]:

$$PBP = \frac{\text{Jumlah Investasi}}{\text{jumlah gross profit}} \quad (3)$$

3. PEMBAHASAN

A. Fungsi Mesin Diesel Penggerak Generator di PT Elnusa Fabrikasi Konstruksi

Mesin diesel yang dirancang sebagai penggerak generator di PT. Elnusa Fabrikasi Konstruksi berfungsi untuk menyediakan dan mengalirkan daya listrik utama yang diperlukan untuk mesin produksi, mendukung berbagai kegiatan operasional perusahaan. Mesin ini berperan penting dalam menyuplai energi listrik ke berbagai sistem yang ada di area kerja perusahaan. Proses aliran daya listrik dapat dilihat pada Gambar 2, yang memperlihatkan diagram daya listrik dari mesin diesel yang disalurkan ke mesin produksi dan sistem lainnya.



Gambar 2. Diagram Daya Listrik Mesin Diesel

B. Data Perancangan

Untuk perancangan mesin diesel, data yang dibutuhkan mencakup beberapa spesifikasi utama mesin dan generator. Spesifikasi perancangan yang digunakan adalah sebagai berikut,

1. Daya Generator (N_e) : 320 kW
2. Putaran Mesin (n) : 1500 rpm
3. Jumlah Silinder (i) : 6
4. Efisiensi Mekanik (η_m) : 75 %
5. Efisiensi Transmisi (η_{trans}) : 98 %
6. Efisiensi Generator (η_{gen}) : 93 %
7. Mean Effective Pressure (P_{im}) : 0,95 N/mm

Data ini akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan daya yang dibutuhkan oleh mesin diesel untuk menggerakkan generator dan dalam perhitungan daya indikator mesin diesel.

C. Perhitungan Dimensi

Untuk mendapat nilai daya poros maka diketahui transmisi yang dipakai adalah *direct transmission* sehingga efisiensi sebesar 98% sedangkan efisiensi generator diangka 85%, maka untuk mendapatkan nilai dari daya poros dapat menggunakan Pers. (1) dan menghasilkan B_p sebesar 351,11 kW. Daya indikator pada mesin diesel berarti menghitung daya yang dihasilkan didalam silinder mesin akibat proses pembakaran yang terjadi. Setelah didapatkan nilai daya poros, maka daya indikator didapat melalui Pers. (2) dan didapatkan I_p sebesar 468.460 W.

D. Dimensi Mesin Diesel

Perhitungan dimensi komponen mesin diesel sangat penting untuk memastikan desain yang optimal. Tabel 1 berikut adalah data hasil perhitungan dimensi komponen utama mesin diesel yang telah dirancang, sedangkan data hasil perhitungan perancangan komponen utama mesin diesel dapat dilihat melalui Tabel 2.

Tabel 1. Dimensi Cylinder Liner

No.	Dimensi	Hasil Perhitungan
A. Komponen Cylinder Liner		
1.	Diameter cylinder liner (D)	186 mm
2.	Tebal cylinder liner (T_c)	15 mm
3.	Diamter outer cylinder liner (D_{out})	216 mm
4.	Tebal cylinder head (T_h)	26 mm
5.	Tebal dinding water jacket (T_w)	8 mm
6.	Jarak antar dinding water jacket dan cylinder liner (D_w)	21 mm
7.	Panjang Langkah (L)	242 mm
8.	Tinggi cylinder liner (I)	470 mm

Tabel 2. Dimensi Piston

No.	Dimensi	Hasil Perhitungan
B. Komponen Piston		
1.	Diameter kepala piston (D_l)	185 mm
2.	Tebal kepala piston (t_h)	26,2 mm
3.	Tebal radial ring piston (t_1)	7 mm
4.	Tebal axial ring piston (t_2)	5 mm
5.	Tebal piston barrel (t_3)	17,4 mm
6.	Tebal pada dinding piston (t_4)	6,1 mm
7.	Tinggi bagian atas piston (b_l)	31,4 mm
8.	Tinggi dinding skrit (L_l)	149 mm
9.	Jarak antar ring piston (b_2)	3,7 mm
10.	Tinggi piston (L_p)	210,7 mm
11.	Jarak ring ends sebelum masuk cylinder liner (G_l)	24,4 mm
12.	Jarak ring ends sesudah masuk cylinder liner (G_2)	0,37 mm

13.	Outer diameter piston pin (d_{po})	70,7 mm
14.	Inner diameter piston pin (d_{pi})	35,4 mm
15.	Panjang pin piston (l_l)	145 mm

Data hasil perhitungan perancangan komponen utama mesin diesel dapat dilihat melalui Tabel 3 dimensi *connecting rod* sebagai berikut. Data hasil perhitungan perancangan komponen utama mesin diesel dapat dilihat melalui Tabel 4.

Tabel 3. Connecting Rod

No.	Dimensi	Hasil Perhitungan
C. Komponen Connecting Rod		
1.	Radius Crank (r_c)	121 mm
2.	Panjang <i>connecting rod</i> (l_c)	405,2 mm
3.	Tebal <i>connecting rod</i> (t_{cr})	14,5 mm
4.	Lebar bagian tengah <i>connecting rod</i> (B)	45 mm
5.	Tinggi bagian tengah <i>connecting rod</i> (H)	75 mm
6.	Lebar bagian atas <i>big end connecting rod</i> (B_b)	45 mm
7.	Tinggi bagian atas <i>big end connecting rod</i> (H_1)	88,5 mm
8.	Lebar bagian bawah <i>small end connecting rod</i> (B_s)	45 mm
9.	Tinggi bagian bawah <i>small end connecting rod</i> (H_2)	62 mm
10.	Tinggi bagian dalam <i>connecting rod</i> (h)	45 mm
11.	Diameter <i>crank pin</i> (d_{cp})	111,6 mm
12.	Tebal cangkang pada <i>big end</i> (T_b)	5,6 mm
13.	Panjang <i>big end</i> pada <i>connecting rod</i> (L_{be})	78,2 mm
14.	Inside diameter <i>small end</i> (d_1)	70,7 mm
15.	Outer diameter <i>small end</i> (d_{se})	80,7 mm
16.	Panjang <i>small end</i> (L_{se})	83,7 mm

Tabel 4. Crankshaft

No.	Dimensi	Hasil Perhitungan
D. Komponen Crankshaft		
1.	Panjang <i>main bearing</i> (L_s)	111,6 mm
2.	Diameter <i>main shaft</i> (d_s)	111,6 mm
3.	Ketebalan <i>crank web</i> (h_{cw})	78,2 mm
4.	Lebar <i>crank web</i> (b_{cw})	134 mm
5.	Jarak antar <i>main bearing</i> (L_c)	379,6 mm
6.	Jarak antar <i>main bearing</i> dan <i>crankshaft</i> (L_{bc})	189,8 mm
7.	Jarak antar <i>crank web</i> (C)	268 mm

E. Pemilihan Material

Pemilihan material yang tepat sangat penting untuk memastikan ketahanan komponen-komponen mesin diesel terhadap *stress* dan beban operasional. Tabel 5 berikut ini adalah tabel yang menunjukkan material yang dipilih untuk setiap komponen mesin diesel berdasarkan perhitungan *stress* yang terjadi.

Tabel 5. Pemilihan Material

Parameter	Material
<i>Cylinder liner</i>	<i>Grey cast iron (SAE J431)</i>
Piston	<i>Aluminium alloy (SAE 4032)</i>
<i>Connecting rod</i>	<i>Nickel chromium molybdenum steel (SAE 4340)</i>
<i>Crankshaft</i>	<i>Chromium vanadium steel (SAE 3141)</i>

F. Evaluasi Keekonomian

Evaluasi keekonomian dalam perancangan mesin diesel ini digunakan untuk mengetahui apakah perancangan ini layak direalisasikan atau tidak. Evaluasi keekonomian dapat dilihat pada Tabel 4 berikut. Berdasarkan perhitungan keekonomian, tampak bahwa mesin diesel dapat dilanjutkan untuk pembangunan.

Tabel 4. Evaluasi Keekonomian

Parameter	Hasil
<i>Pay Back Period</i>	4,3 tahun
<i>Net Present Value</i>	912.218.908 Rupiah
<i>Interst Rate of Return</i>	21,84 %

4. SIMPULAN

Simpulan bisa berupa kesimpulan khusus dan kesimpulan umum. Kesimpulan khusus Dari hasil perancangan mesin diesel penggerak generator di PT. Elnusa Fabrikasi Konstruksi maka dapat diambil kesimpulan bahwa daya yang dihasilkan mesin diesel untuk menggerakkan generator kapasitas 320 kW di PT. Elnusa Fabrikasi Konstruksi sebesar 468,5 kW. Standar material yang digunakan dalam perancangan mesin diesel penggerak generator adalah *Society of Automotive Engineer (SAE)*. Komponen *cylinder liner* menggunakan material *grey cast iron (SAE J431)*, piston menggunakan material aluminium alloy (SAE 4032), *connecting rod* menggunakan material *nickel chromium molybdenum steel (SAE 4340)*, dan *crankshaft* menggunakan material *chromium vanadium steel (SAE 3141)*. Hasil evaluasi keekonomian dari pengadaan mesin diesel sebagai penggerak generator kapasitas 320 kW akan mengalami keuntungan pada 4,3 tahun setelah pengadaan dari harga investasi sebesar Rp. 1.089.300.968,-

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Hingga 2030, Permintaan Energi Dunia Meningkat 45 %". <https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/hingga-2030-permintaan-energi-dunia-meningkat-45>, 2008.
- [2] DOE-HBDBK. "Mechanical Science." Washington: Department of Energy. 1993.
- [3] Mahon L.L, J. "Diesel generator", Paris: Heinemen Publications. 2004.
- [4] Ganesan, "Internal combustion engine", New Delhi: Education Ganesan Publishing. 2012.
- [5] Giatman, M, "Ekonomi teknik", Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada. 2006.
- [6] P. A. Lakshaminarayanan and A. K. Agarwal, "Design and developmenet of Heavy Duty Diesel Engines: A Handbook", Singapore: Springer, 2020.
- [7] M. Hilgers, "The Diesel Engine", Berlin, Germany: Springer, 2020.

- [8] K. Mollenhauer and H. Tschöke, Eds., *Handbook of Diesel Engines*. Berlin, Germany: Springer, 2010.
- [9] S. Bennett, *Modern Diesel Technology: Diesel Engines*, 2nd ed. Boston, MA, USA: Cengage, 2014.
- [10] D. Li, S. Zhu, G. Zhang, K. Sun, S. Bai, G. Li, and H. Cheng, "Comprehensive experimental and numerical optimization of diesel engine thermal management strategy for emission clarification and carbon dioxide control," *Processes*, vol. 11, no. 4, p. 1252, 2023.
- [11] G. Wang, W. Yu, Z. Yu, and X. Li, "Study on characteristics optimization of combustion and fuel injection of marine diesel engine," *Atmosphere*, vol. 13, no. 8, p. 1301, 2022.
- [12] İ. Temizer and Ö. Cihan, "Numerical and experimental investigation of the flow structure in a diesel engine with different piston bowl structure," *International Journal of Automotive Science and Technology*, vol. 6, no. 4, pp. 304–314, 2022.
- [13] "Optimization of performance and exhaust emissions of single-cylinder diesel engines fueled by blending diesel-like fuel from Yang-hard resin with waste cooking oil biodiesel via response surface methodology," *Fuel*, 2021.
- [14] G. A. Valencia Ochoa, C. Acevedo Peñaloza, and J. Duarte Forero, "Combustion and performance study of low-displacement compression ignition engines operating with diesel–biodiesel blends," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 3, p. 907, 2020.
- [15] S. K. F. Adhi et al., "Suitability of current single-cylinder diesel engines available in Indonesia with new Indonesian National Standard (SNI 119:2020)," *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 2022.
- [16] A. Wagiman, "The performance improvement of the combustion process in diesel engines with fuel heater," *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, 2024.
- [17] S. M. Rosdi, Erdiwansyah, and Muhibbuddin, "Investigation of fuel nozzle performance on direct injection diesel engines using computational simulation," *International Journal of Simulation, Optimization & Modelling*, 2025.

Daftar Simbol

<i>Annual Benefit</i>	=	Pendapatan, Rupiah/tahun
<i>Bp</i>	=	Brake power, kW
<i>Investasi</i>	=	Biaya pembangunan, Rupiah
<i>Ip</i>	=	Daya indikator, kW
<i>Ne</i>	=	Daya keluar generator, kW
<i>PBP</i>	=	Pay back period, Tahun