

Optimasi Panel Lampu Beban Menggunakan Metode Eksperimental Untuk Pengujian Motor Bakar Genset Dengan Panel Observasi Digital

Andik Setiawan¹, Hanif Kurniawan², Suardi³, Agus Nutriartono⁴
Pranata Laboratorium Pendidikan¹²⁴, Dosen Teknik Perkapalan³,

Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan 76127

andik.setiawan@staff.itk.ac.id¹, kurniawan.hanif@staff.itk.ac.id², suardi@lecturer.itk.ac.id³,
agus.nutriartono@staff.itk.ac.id⁴

Abstract

Experiments on generator engines are needed to determine efficiency and fuel consumption as a power output function. The parameters used in the experiment are engine speed (rpm), voltage (Volts), current (Amperes), and fuel consumption per second (Seconds), with the light bulbs as the load (Watts). The test equipment of the Integrated Laboratory of the Institut Teknologi Kalimantan is mainly composed of three parts, which are a stand-alone fuel gauge, a Yanmar TF85MLYS diesel engine and a Denyo FA-5 generator in the chassis, and a load panel with 40 bulbs (100W each). Operators utilize a tachometer, multimeter, clamp meter, modified measuring cup, and a stopwatch to manually measure each test instrument, at least three operators are required at a time. The modification of the load panel into a digital observation panel optimized the experiments where measurements can be carried out by a person in one observation panel at a time efficiency of 62.28%.

Keywords : engine parameter, dynamometer, genset engine performance

1. PENDAHULUAN

Prestasi mesin atau performa sebuah motor bakar adalah salah satu parameter utama dalam motor bakar. Dinamometer adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengukur prestasi mesin (Hadiputranto dkk, 2015).

Dalam pengukuran prestasi sebuah mesin perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui parameter yang ada sekaligus memperoleh data uji yang akurat sebagai acuan yang akan diuji (Fahrisal, 2016). Parameter yang digunakan untuk mendapatkan nilai prestasi mesin dalam bentuk genset sebagai fungsi luaran daya adalah putaran mesin (rpm) pada poros mesin dengan tachometer, laju konsumsi bahan bakar (ml/s) dengan gelas ukur dan *stopwatch*, lalu arus (A) dan tegangan (V) pada dinamo dan panel lampu sesuai beban (Watt) dengan *clamp* meter dan multimeter.

Pengujian motor bakar genset yang ada di Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan (ITK) menggunakan mesin diesel pabrikan Yanmar TF85MLYS dan dinamo Denyo FA-5 yang dirangkai dalam satu sasis. Asupan bahan bakar menggunakan gelas ukur plastik yang dimodifikasi dengan slang sebagai penghubung ke mesin. Lampu 100 Watt sejumlah 40 buah (4000 W) sebagai beban dirangkai seri pada sebidang tripleks (panel *existing*) dengan pembagian 10 lampu (1000 W) per sakelar.



Gambar 1. Mesin Genset Laboratorium Terpadu ITK

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Genset

Mesin Diesel	Generator
Yanmar TF85MLYS	Tipe: Denyo FA-5
Tipe: Diesel 4 tak	Daya: 5000 Watt
Luaran: 7,5 DK/ 2200 rpm	Putaran: 1500 rpm
Volume: 493 cc	Tegangan: 1 phase, 220 V
Konsumsi BB: 172 gr/dk.jam	Arus: 22.7 A / 45.5 A

Secara umum, praktikum dapat berjalan dengan metode pengukuran yang sudah ada, namun diperlukan setidaknya tiga operator dan memakan waktu dikarenakan pengukuran satu per satu secara manual di setiap titik pengamatan, juga pengukuran dilakukan berulang agar pasti karena nilai ukur sering berubah akibat getaran mesin. Sedangkan untuk penelitian ataupun tugas akhir yang bersifat individu, optimasi alat uji (dinamometer) diperlukan untuk pengujian yang lebih mudah, akurat dan efektif.

Di era revolusi industri 4.0, alat ukur digital yang dapat terhubung langsung pada alat dengan mudah didapatkan dengan berbagai nilai ukur sesuai kebutuhan. Tegangan, arus, daya, rpm dan sebagainya ditampilkan pada monitor tanpa harus melakukan pengukuran secara manual satu per satu pada titik pengamatan.

Penelitian ini bermaksud untuk mengoptimalkan panel yang sudah ada (*existing*) dengan menambahkan alat ukur digital, menutup rangkaian kabel, serta gelas ukur *custom* sebagai asupan bahan bakar agar operator dapat memonitor luaran nilai ukur dalam satu panel observasi. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh panel observasi terhadap pengukuran analog/ manual, dilakukan eksperimen pada kedua metode pengukuran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dinamometer di bidang mekanis sudah ada dari awal abad ke-18 (Loude, 2014), sejak itu penelitian tentang alat uji prestasi mesin atau dinamometer terus dilakukan. Berbagai tipe dan parameter dinamometer pun dikembangkan dan diteliti. Wilson dkk, (2012) mengoptimasi prestasi mesin diesel dengan metode Taguchi. Totala dkk, (2014) meneliti parameter prestasi mesin berdasarkan waktu injeksi bahan bakar. Penelitian-penelitian ini lebih mengembangkan parameter, namun tidak pada metode pengukuran dikarenakan banyak dinamometer digital buatan industri tersedia di pasaran.

Irawansyah dkk, (2019) dan Irbabunnuha dkk, (2020) membuat dinamometer tipe *Prony Break* untuk laboratorium karena mahalnya harga sebuah dinamometer. Namun dalam pengukuran, mereka masih menggunakan metode analog atau secara manual. Dinamometer industri memberikan sejumlah besar parameter luaran, yang mungkin sebenarnya tidak diperlukan dalam suatu percobaan, di mana pengulangan dilakukan. Pengujian berulang pada dinamometer industri terbukti cukup mahal. Dengan demikian, metode sangkil dan hemat biaya untuk pengujian dikembangkan sebagai solusi (Nalawade dkk, 2020).



Gambar 2. Panel *Existing* Laboratorium Terpadu ITK

Oprimasi dynamometer mesin genset berupa panel observasi digital ini diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pengujian pada praktikum maupun penelitian di kampus ITK dan dapat dijadikan contoh bagi laboratorium institusi pendidikan di luar ITK. Selain itu, komputerisasi (*Internet Of Things*) luaran alat ukur sudah tidak asing, sehingga dynamometer ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut mengikuti kebutuhan praktikum ataupun penelitian.

3. METODE PENELITIAN

Adapun langkah-langkah penelitian ini diilustrasikan pada diagram alir berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Setelah melakukan studi literatur dan mengidentifikasi masalah, optimasi panel lampu beban pengujian motor bakar genset dilakukan dalam dua tahap yaitu:

1. Pengembangan Panel

Panel lampu beban *existing* dikembangkan dengan mengintegrasikan panel lampu beban dan panel-panel alat ukur digital sebagai parameter yang mengacu pada modul praktikum dan pengujian. Sebelum dipasang, dilakukan uji fungsi dan kalibrasi pada alat ukur digital agar nilai luaran parameter sama.

Peneliti melakukan perbaikan dan penyesuaian pada panel observasi digital jika ditemukan parameter yang tidak sesuai. Alat ukur yang dikembangkan ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Digitalisasi Metode Analog

Parameter	Manual	Panel Observasi Digital
Putaran	Tachometer kontak/ non-kontak	RPM meter dengan sensor
Tegangan/ Arus	Multimeter/ Tangampere	KWH meter
Penghitung Waktu	<i>Stopwatch</i> genggam	Penghitung waktu tempel
Skala Bahan Bakar	Gelas ukur plastik modifikasi	Gelas ukur Pyrex <i>custom</i>

2. Eksperimental

Metode penelitian eksperimental adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2018).

Pengendalian kondisi lazimnya dilakukan melalui bandingan langsung terhadap sesuatu yang tidak diberi perlakuan. Sehingga dapat dilakukan komparasi secara langsung antara subjek yang diberi perlakuan dan subjek yang tidak diberi perlakuan untuk menentukan secara cermat dan akurat hasil percobaan yang telah dilakukan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan hukum variabel tunggal (*law of the single variable*), di mana semua situasi (parameter) dalam percobaan sama, kecuali faktor atau variabel yang ditambahkan atau dibuang dari salah satu percobaan itu, kemudian setiap perbedaan yang muncul dapat dikaitkan pada faktor tersebut (Ary dkk, 2011).

Prosedur yang digunakan adalah analisis kovarian (*analysis of covariance*) yaitu peneliti menganalisis perbedaan waktu dan operator dari pengujian manual dan panel observasi digital, kemudian menunjukkan statistik hasil perhitungan tersebut. Eksperimen dengan metode pengukuran manual dan panel observasi digital dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang dihasilkan dengan variabel yang telah ditentukan seperti tabel berikut:

Tabel 3. Variabel Eksperimen

Variabel Terikat	Variabel Bebas
Parameter Performa Mesin Genset: Tegangan/ Arus (V/ A/ W)	Metode Analog (Pengukuran Manual) Metode Digital (Panel Observasi)
Penghitung Waktu (s)	Jumlah Operator
Konsumsi Bahan Bakar (ml/s)	
Putaran (rpm)	

Parameter pengujian performa mesin genset yang ada dijadikan sebagai variabel terikat, kemudian pengukuran manual dan panel observasi digital sebagai variabel bebas untuk menentukan optimasi waktu pengukuran. Peneliti juga menggunakan perbedaan jumlah operator pada tiap percobaan sebagai variabel bebas untuk menentukan optimasi kebutuhan operator. Dimulai dari satu operator hingga tiga operator pada tiap percobaan.

Pada tahap eksperimental, tim peneliti melakukan simulasi atau studi kasus pada mesin genset dengan pengukuran manual dan panel observasi digital, sehingga setelah percobaan, akan terkumpul data dengan parameter yang ada. Data yang terkumpul akan dikaji untuk mengetahui seberapa besar optimasi panel observasi digital dibandingkan dengan pengukuran manual.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Panel Observasi

Pengembangan dinamometer genset untuk optimasi pengujian pada panel observasi digital ini adalah:

Tabel 4. Pengembangan Panel Beban Lampu

No.	Pengembangan	Panel Existing	Panel Observasi Digital
1	Dimensi	122 x 122 cm	100 x 70 x 15 cm
2	Rangka	Kayu	Besi Siku
3	Body	Bidang Tripleks	Akrilik
4	Fiting Lampu	Terpasang di permukaan bidang	Ditanam pada body
5	RPM meter	Tachometer genggam kontak/ non-kontak 4 digit	RPMmeter tanam 4 digit dengan sensor magnet
6	Tegangan/ Arus	Multimeter dan tangampere genggam	KWHmeter digital 5 in 1 tanam (KWH, W, V, A, waktu pemakaian), CT 100A, AC 50-300 V.
7	Skala Bahan Bakar	Gelas ukur plastik 2 liter	Pyrex 500 ml TS 29/32 custom
8	Penghitung Waktu	Stopwatch genggam	Timer digital tanam multifungsi dengan 10 lap
9	Penempatan	Berdiri dengan kaki kayu	Berdiri, di atas meja, atau menempel di dinding

Panel Observasi Digital yang dikembangkan tampak pada Gambar 4. Masih tersedia tempat pada area monitor luaran alat ukur yang dapat digunakan untuk alat ukur lain dalam pengembangan praktikum atau penelitian.



Gambar 4. Panel Observasi Digital

Eksperimen

Eksperimen performa motor bakar genset diesel antara metode pengukuran manual dan panel observasi digital dilakukan di Workshop-B Laboratorium Terpadu ITK. Bahan bakar yang dipakai adalah biosolar dengan putaran pada 1000 rpm, lalu diberikan beban lampu 1000 W, 2000 W, 3000 W, dan 4000 W. Putaran 1000 rpm diambil sebagai variabel terikat, di mana pada praktikum atau penelitian lazimnya digunakan rentang 800, 1000, 1200, dan 1400 rpm sebagai variabel bebas.

Putaran di atas 1400 rpm memberikan getaran mesin yang cukup besar sehingga berpotensi bahaya bagi operator, serta tegangan yang dihasilkan cukup tinggi di mana pada beberapa kasus, lampu mengalami kelebihan beban dan putus. Sedangkan pada 800 rpm, pada pembebanan tertentu, voltase yang dihasilkan di bawah 60 V sehingga tidak dapat dibaca oleh kWhmeter pada panel observasi. Untuk itu peneliti mengambil putaran 1000 rpm sebagai variabel terikat dalam eksperimen ini agar parameter pengujian yang ada berjalan dengan baik.

Pada percobaan dengan pengukuran manual, setelah mesin menyala, operator menentukan besaran putaran (rpm) dengan mengatur knop gas sambil mengarahkan tachometer pada poros mesin. Lalu menyalakan lampu beban (W), mengukur tegangan (V) dan arus (A) pada panel lampu beban, serta mengukur konsumsi bahan bakar (ml) pada gelas ukur dengan stopwatch (s).

Urutan pengukuran dalam percobaan adalah:

1. Menentukan putaran (rpm) setelah mesin menyala.
2. Menyalakan beban lampu 1000 W.
3. Mengukur tegangan (V), arus (A), dan waktu konsumsi bahan bakar (s).
4. Merekam data.
5. Menyalakan beban lampu 2000 W, kembali ke kegiatan nomor 3 hingga pengukuran dengan beban 4000 W selesai.

Data diambil sebanyak tiga kali pada tiap percobaan untuk validasi hasil pengukuran dan diambil waktu tercepat dari mulai hingga selesai percobaan. Berikut adalah tabel hasil pengukuran dari tiap-tiap percobaan:

Tabel 5. Pengukuran Manual dengan Satu Operator

Metode: Manual/ Analog	RPM: 1000			
Beban (W)	1000	2000	3000	4000
Voltase (V)	115	106	101	90
Arus (A)	2.8	5.4	8.2	11.4
Solar 20 ml (min)	1.67	1.42	1.25	0.98
Waktu Rekam Data (min)	3.47	3.32	3.07	2.53
Pengukuran rpm (min)	0.98			
Total Waktu Percobaan (min)	13.37			

*waktu dalam menit desimal

Tabel 6. Pengukuran Manual dengan Dua Operator

Metode: Manual/ Analog	RPM: 1000			
Beban (W)	1000	2000	3000	4000
Voltase (V)	112	104	100	92
Arus (A)	3.0	5.5	8.2	11.3
Solar 20 ml (min)	1.63	1.37	1.27	0.97
Waktu Rekam Data (min)	3.27	2.82	2.45	2.02
Pengukuran rpm (min)	0.75			
Total Waktu Percobaan (min)	11.30			

Tabel 7. Pengukuran Manual dengan Tiga Operator

Metode: Manual/ Analog	RPM: 1000			
Beban (W)	1000	2000	3000	4000
Voltase (V)	113	105	100	89
Arus (A)	2.9	5.5	8.2	11.3
Solar 20 ml (min)	1.63	1.37	1.27	0.97
Waktu Rekam Data (min)	2.37	2.25	2.10	1.88
Pengukuran rpm (min)	0.60			
Total Waktu Percobaan (min)	9.20			

Tabel di atas menunjukkan bahwa pada pengukuran manual, percobaan dapat dilakukan oleh satu, dua, ataupun tiga operator. Hasil pengukuran sebagai parameter performa mesin genset dan variabel terikat menunjukkan nilai yang sama atau mendekati, sehingga percobaan tersebut valid. Adanya perbedaan waktu karena:

1. Percobaan dengan satu operator:
 - a. Pengukuran putaran (rpm) hanya dapat dilakukan dengan tachometer non-kontak dan operator harus memegang alat dan mengatur knop gas bersamaan.
 - b. Setelah selesai mengukur tahanan (V) dan arus (A) pada panel lampu, operator harus menunggu posisi bahan bakar tepat pada garis skala, kemudian mulai penghitungan waktu (s) konsumsi bahan bakar. Pengukuran ini dilakukan berulang hingga percobaan selesai.
2. Percobaan dengan dua operator:
 - a. Pengukuran putaran (rpm) melibatkan dua operator. Satu operator mengukur dengan tachometer dan operator lain mengatur knop gas.
 - b. Pengukuran waktu konsumsi bahan bakar (ml/s) sesekali dapat dilakukan secara berkelanjutan atau sistem lap, di mana saat penghitung waktu untuk beban awal berhenti, penghitung waktu kedua terus berjalan untuk beban berikutnya. Sistem lap tidak dapat dilakukan sepenuhnya karena pada beban tertentu, pengukuran tegangan (V), arus (A), dan perekaman belum selesai sehingga harus menunggu posisi bahan bakar tepat pada garis skala untuk memulai penghitungan waktu (s).
3. Percobaan dengan tiga operator: masing-masing operator fokus pada tugas yang telah dibagi. Salah satu operator fokus pada gelas ukur sehingga penghitungan waktu konsumsi bahan bakar (ml/s) dapat dilakukan dengan sistem lap.

Pada metode pengukuran manual, nilai-nilai yang ditampilkan oleh tachometer, multimeter, atau tangampere selalu naik turun satu hingga tiga digit di belakang koma dari nilai tengah yang dicatat pada tabel pengamatan. Hal ini disebabkan oleh getaran mesin dan faktor operator yang memegang alat ukur.

Pada eksperimen dengan panel observasi digital, operator mengatur knop gas dengan langsung melihat RPMmeter (rpm) pada panel observasi, kemudian menyalakan lampu beban (W). Nilai tegangan (V), arus (A), dan waktu konsumsi bahan bakar (ml/s) tertera dalam satu panel observasi sehingga operator tidak perlu berpindah-pindah tempat untuk melakukan pengukuran.

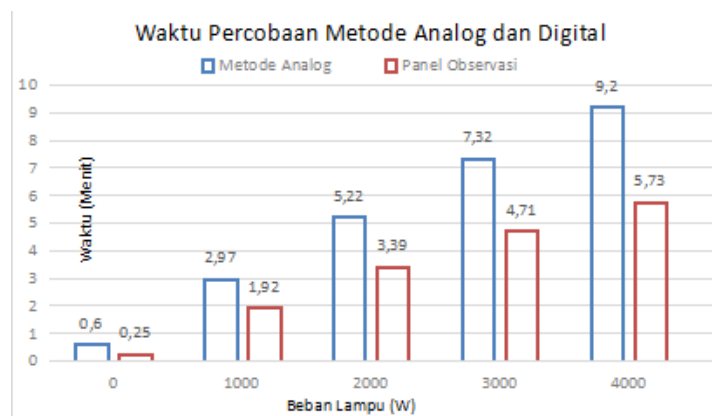
Getaran mesin nyaris tidak memengaruhi sensor RPMmeter sehingga nilai putaran (rpm) yang ditampilkan pada panel observasi cenderung tetap sehingga penghitungan waktu konsumsi bahan bakar (ml/s) dapat dilakukan dengan sistem lap dari awal hingga selesai percobaan. Begitu juga dengan luaran KWHmeter, operator dapat langsung merekam nilai yang ditampilkan.

Eksperimen dengan panel observasi digital cukup dilakukan oleh satu operator. Peneliti tidak melihat perlunya operator kedua atau ketiga dalam percobaan ini karena semua parameter pengukuran sudah ditampilkan oleh panel observasi.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Panel Observasi Digital

Metode: Panel Observasi Digital	RPM: 1000			
Beban (W)	1000	2000	3000	4000
Voltase (V)	114	108	100	90
Arus (A)	2.96	5.47	8.15	11.35
Solar 20 ml (min)	1.58	1.40	1.28	1
Waktu Rekam Data (min)	1.67	1.47	1.32	1.02
Pengukuran rpm (min)	0.25			
Total Waktu Percobaan (min)	5.73			

Dari tabel 7 dan 8, dapat diketahui bahwa dengan metode pengukuran yang berbeda, nilai ukur yang didapat adalah sama atau mendekati. Data tersebut menunjukkan bahwa kedua metode pengukuran yang digunakan berjalan dengan baik dan valid.



Gambar 5. Grafik Waktu Eksperimen Pengukuran Manual dan Panel Observasi

Beban 0 W adalah waktu yang diperlukan operator dalam mengatur knop gas untuk mendapatkan putaran yang diinginkan. Dalam metode pengukuran manual dengan tiga operator dan panel observasi, penghitung waktu konsumsi bahan bakar dapat berjalan secara lap atau berkelanjutan. Jadi dapat dipastikan selain parameter sebagai variabel terikat (rpm, V, A), metode penghitungan waktu juga sama (sistem lap) dan dapat diambil rasio efektivitas sebagai dasar penilaian seberapa besar optimasi yang dihasilkan oleh panel observasi digital.

Dari perbandingan dua eksperimen ini, waktu yang diperlukan dalam percobaan untuk panel observasi lebih cepat daripada metode manual sehingga dapat diambil rasio:

$$R = \frac{5.73}{9.20} \times 100\% = 62.28\%$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa:

- Panel observasi digital berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagai sarana praktikum ataupun penelitian di bidang pengujian motor bakar genset.
- Parameter yang dapat diukur dengan panel observasi digital adalah: putaran mesin (rpm), tegangan (V), daya (W), ampere (A), dan konsumsi bahan bakar per waktu (ml/s) dengan hasil yang akurat.
- Panel observasi lebih optimal 62.28% daripada metode pengukuran manual.
- Panel observasi digital hanya memerlukan satu operator untuk pengujian.
- Dengan optimasi ini, diharapkan laboratorium di luar ITK dapat menggunakan panel observasi digital sebagai sarana penelitian maupun praktikum dari segi efisiensi dan keakuratan.

Adapun saran dalam perancangan panel observasi ini adalah:

- Perlunya KWH meter yang dapat berfungsi pada tegangan kurang dari 50 V jika menggunakan rpm rendah.
- Magnet Neodymium dari pabrikan lazimnya berukuran 5x2 mm, getaran mesin yang tinggi menyebabkan magnet sulit dibaca sensor RPMmeter, sebaiknya diganti dengan magnet yang lebih besar.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ary, Donald, Jacobs, L. C. dan Razavieh, Asghar, 2011, *Pengantar Penelitian dalam Pendidikan*, Diterjemahkan oleh Arief Furchan, Yogyakarta, Pustaka Pelajar.
- Astina, I Made, 2008, *Panduan Praktikum Pengujian Prestasi Mesin*, ITB: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Dirgantara.
- Fahrissal, 2016, Pembuatan Alat Uji Prestasi Mesin Motor Bakar Bensin Yamaha Lexam 115 Cc, *Neliti*, No. 1
- Hadiputranto, Rachmanto, dan Sodiran, 2015, Perancangan Dan Pembuatan Dinamometer Tipe Prony Brake Untuk Sarana Praktikum Prestasi Mesin, *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 7, No. 1, 11
- H. Wilson, Vincent, dan Udayakumar, 2012, Optimization of Diesel Engine Parameters Using Taguchi Method and Design of Evolution, *J. of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.*, Vol. XXXIV, No. 4, 423
- Ingwarni, Sulistiya, 2015, *Penelitian Eksperimen*, diakses pada tanggal 4 September 2021, <http://sulistiyaingwarni.blogspot.com/2015/03/penelitian-eksperimen.html>
- Irawansyah, Herry, dan Ansyah, Pathur Razi, 2019, Pengujian Dinamometer Prony Brake Untuk Praktikum Prestasi Mesin Motor Diesel, *Jurnal Sains dan Terapan Politeknik Hasnur, PolhaSains*, Vol. 07, No. 2
- Loude, Jean-Francois, 2014, Early Dynamometers (from Muscle to Steam Power), *XXXIII Scientific Instrument Symposium*, 1-6
- Muh. Irbabunnuha A, Yudhi M. Sholihin, dan M. Dwi Trisno, 2020, Rancang Bangun Alat Uji Torsi Tipe Prony Brake Untuk Unjuk Kerja Mesin Motor Bakar Kapasitas 6,6 KW, *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, Vol. 10, No.3
- Nilesh B.Totala, Rahul K. N. Singh, Ankit Bansh, Mohd. Salman Mohd. Yaqub, dan Rupesh Solanke, 2014, Analysis of Various Engine Parameters in Multicylinder Diesel Engines corresponding to Fuel Injection Timings, *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, Vol. 04, No. 09, 53-59

- Rasyid, M. Kurnidi., et. Al, 2018, *Pandun Praktikum Pegujian Prestasi Mesin*, Institut Teknologi Indonesia: Program Studi Teknik Mesin.
- Ratna, 2021, *Penelitian Eksperimen: Pengertian, Jenis, Desain, Metode dan Contoh*, diakses pada tanggal 4 September 2021, <https://tambahpinter.com/penelitian-eksperimen/>
- S. Nalawade, N. Ranjan Das, M. Magar, P. Thakar, dan D. Panchal, 2020, Dynamometer Setup for Motor Testing at Initial Research Stage: Studying Basic Parameters for Design and Development, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, Vol. 07, No. 05, 783
- Subagyo, Rachmad, 2017, *Modul Praktikum Prestasi Mesin*, Universitas Lambung Mangkurat: Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik.
- Sugiyono, 2014, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung, Alfabeta.