



Perancangan Alat *Safety Device* untuk Mencegah Kerusakan Komponen Akibat *Engine Overheat*

Mochammad Ariibah Wicaksana¹, Nike Nur Farida^{2*}, Santoso³,
Muhammad Akhlis Rizza⁴

¹⁻⁴ Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, 65141, Indonesia

Korespondensi penulis: Nikenfarida@polinema.ac.id

Abstract. *Engine overheating is a critical condition that can cause damage to internal components, reduce operational efficiency, and lead to overall system failure. The absence of an automatic protection system is one of the primary factors contributing to damage. This study aims to design and test a temperature sensor-based safety device that can automatically cut off the engine's working system when the temperature exceeds the safe limit. The method used is descriptive statistical analysis to evaluate the effect of independent variables (operational time duration and workload) on the dependent variable (coolant temperature). The system was tested through water heating simulation using an electric heater and controlled by an Arduino Nano microcontroller, a MAX6675 temperature sensor. Testing was carried out with variations in power load (150, 300, 450, 600, and 750 Watts) and operational duration (20, 40, and 60 minutes). Temperature data were collected and analyzed using ANOVA to determine the effect of load and time on temperature increase. The results showed that the temperature increased significantly with increasing power load, with temperatures approaching 100°C at loads ≥ 450 Watts in less than 20 minutes. The load variable shows a significant effect on temperature ($p < 0.05$), while the duration of time shows a nonlinear but not statistically significant upward trend. The safety device is proven to be able to automatically disconnect the system when the temperature reaches the specified maximum limit, thus effectively preventing engine damage due to overheating.*

Keywords: *overheat, safety device, automatic shutdown, temperature sensor, microcontroller.*

Abstrak. *Overheat pada mesin merupakan kondisi kritis yang dapat menyebabkan kerusakan komponen internal, penurunan efisiensi operasional, dan kegagalan sistem secara menyeluruh. Ketiadaan sistem proteksi otomatis menjadi salah satu faktor utama dalam dampak kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat *safety device* berbasis sensor suhu yang mampu memutuskan sistem kerja mesin secara otomatis saat suhu melebihi batas aman. Metode yang digunakan adalah analisis statistik deskriptif untuk mengevaluasi pengaruh variabel bebas (durasi waktu operasional dan beban kerja) terhadap variabel terikat (suhu pendingin). Sistem diuji melalui simulasi pemanasan air menggunakan pemanas listrik dan dikontrol dengan mikrokontroler Arduino Nano, sensor suhu MAX6675. Pengujian dilakukan dengan variasi beban daya (150, 300, 450, 600, dan 750 Watt) serta durasi operasional (20, 40, dan 60 menit). Data suhu dikumpulkan dan dianalisis menggunakan uji ANOVA untuk menentukan pengaruh beban dan waktu terhadap kenaikan suhu. Hasil menunjukkan bahwa suhu meningkat signifikan seiring bertambahnya beban daya, dengan suhu mendekati 100°C pada beban ≥ 450 Watt dalam waktu kurang dari 20 menit. Variabel beban menunjukkan pengaruh signifikan terhadap suhu ($p < 0,05$), sementara durasi waktu menunjukkan kecenderungan naik secara nonlinier namun tidak signifikan secara statistik. Alat *safety device* terbukti mampu melakukan pemutusan sistem secara otomatis saat suhu mencapai batas maksimum yang telah ditentukan, sehingga efektif mencegah kerusakan mesin akibat *overheat*.*

Kata kunci: *overheat, safety device, shutdown otomatis, sensor suhu, mikrokontroler.*

1. LATAR BELAKANG

Dalam kegiatan magang yang dilaksanakan di PT KAI Balai Yasa Manggarai yang bergerak di bidang perkeretaapian, ditemukan permasalahan *engine overheat* pada generator set Volvo 150 KVA yang berfungsi sebagai pembangkit listrik kereta api. Generator set atau yang umumnya disebut dengan genset merupakan suatu alat pembangkit listrik yang apabila digunakan pada suatu gedung di daerah perkotaan berfungsi sebagai *emergency standby power* yang harus siap dan mampu beroperasi dari kondisi dingin langsung ke beban dalam hitungan

detik(Nurrahman & Wahyudi, 2020). Generator atau yang sering dikenal dengan sebutan *auxiliary engine* yang harus mendapatkan perawatan secara rutin agar generator tersebut dapat beroperasi dengan lancar(Ramadhan et al., 2024). Pada sebuah sistem *generator set*, penggerak atau *engine* sangat berpengaruh terhadap sistem kerja generator tersebut. Karena pada perputaran generator yang stabil dapat menjadikan output generator tersebut menjadi maksimal(Budi Saputro, 2020). *Generator set* ini memiliki peran yang sangat penting karena menyuplai kebutuhan listrik untuk sistem penerangan, pendingin udara, dan peralatan elektronik di dalam rangkaian kereta api dengan menggunakan mekanisme mesin diesel. Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi,bersamaan dengan itu disemprotkan / dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran(Studi Jaringan Telekomunikasi Digital et al., 2020). Sebagai pengguna genset ada baiknya kita harus merawat dan *maintenance* genset secara berkala. Genset yang tidak di rawat secara rutin dan teratur bisa mengakibatkan kerusakan dan bisa-bisa tidak dapat di pakai kembali(Pranondo et al., 2021).

Berdasarkan pengamatan ketika perawatan *Minor Overhaul* (MO), unit *generator set Volvo* 150 KVA sering mengalami kenaikan suhu mesin yang melebihi batas normal operasional yaitu di atas 105°C. Apabila terjadi kelebihan suhu panas pada *engine* dimana panas tersebut telah mencapai limit maksimalnya(Prasetia et al., 2020). Proses pembakaran yang berlangsung terus menerus dalam mesin mengakibatkan mesin dalam kondisi temperatur yang sangat tinggi(Yuliyanti & Prasetyo, 2020). Bila terjadi masalah pada sistem pendingin mesin, teknisi harus memeriksa satu per satu komponen pada sistem pendingin dan memastikan kondisinya normal. Pemeriksaan dilakukan baik secara visual (tanpa membongkar komponen) maupun dengan melakukan pengujian langsung pada komponen(Haryadi et al., 2020). Dengan suhu terlalu panas tersebut tentulah mempengaruhi suhu mesin ketika bekerja(Santosa et al., 2024). *Overheat* juga bisa muncul karena kurangnya perhatian pada sistem pendingin mesin di samping sebab-sebab lainnya yang menstimulasinya(Prasetya et al., 2022). Sistem pendingin adalah salah satu sistem yang berfungsi menjaga temperatur mesin pada suhu tertentu sesuai dengan desain yang ditentukan agar mesin diesel dapat beroperasi secara berkelanjutan(Boby Wisely Ziliwu, 2020). *Overheat* juga dapat disebabkan oleh sistem pendingin mesin yang kurang baik seperti kipas yang rusak atau kekurangan air pada radiator yang disebabkan oleh kebocoran air pada sistem radiator atau kelalaian pengguna kendaraan dalam mengisi air pada radiator(Huda & Zulfikar, 2024). Bagian-bagian mesin yang mengembang secara berlebihan,

seperti silinder dan piston yang membuat mesin menjadi lebih berat karena adanya gesekan antar keduanya, yang diduga menjadi penyebab berkurangnya tenaga mesin (Fajarudin et al., 2024). Termostat yang rusak adalah penyebab umum lainnya dari panas berlebih, ketika ini terjadi maka aliran cairan pendingin dari mesin ke radiator akan terhambat (Subhashini et al., 2020).

Disisi lain pengoprasian machine yang tidak benar dapat memperpendek usia komponen engine, seperti contoh pada unit *dozer D3K*, jika mematikan *engine* dengan segera setelah mesin dioperasikan dalam kondisi *under load* maka dapat menyebabkan *overheating* dan mempercepat keausan pada komponen *engine*, maka solusinya adalah melakukan *running engine* selama 5 menit membuat permukaan *temperature engine* turun secara perlahan sebagaimana *standard procedure operational* dari *literature product line* (Halim et al., 2021). Maka dari itu, dirancanglah sebuah alat *safety device* untuk mencegah kerusakan komponen akibat *engine overheat*. *Safety device* adalah sebuah peralatan penting dalam mesin, yang digunakan untuk menjaga keamanan mesin serta operator yang mengoperasikannya (Khamdilah & Kundori, 2020). Sistem *Safety Device* digunakan untuk mematikan *engine* ketika *engine* tidak bekerja dengan seharusnya (Gagas Gumilang et al., 2019).

Pengujian dilakukan menggunakan sistem *safety device* yang merupakan salah satu perangkat keamanan yang digunakan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada main *engine* (Pratama, 2022). Keselamatan akan menjadi prioritas utama dalam penelitian ini. Kemungkinan terjadinya kecelakaan sudah dapat diperkirakan dalam keadaan apa pun (Saihilmi et al., 2021).

Penelitian terdahulu tentang sistem *safety device generator set* telah banyak dilakukan, namun masih terdapat beberapa kesenjangan yang perlu diatasi. Penelitian yang dilakukan oleh A. Emmanuel Oladoyin and T. Ogunsola (Emmanuel Oladoyin & Ogunsola, 2023) berfokus pada sistem monitoring berbasis *IoT (Internet Of Things)*, namun belum mengintegrasikan mekanisme *shutdown* otomatis. Pada dasarnya sistem tersebut pengaplikasiannya pada mekanisme kerja mesin semi elektrik, sedangkan untuk mekanisme kerja mesin konvensional belum diintegrasikan.

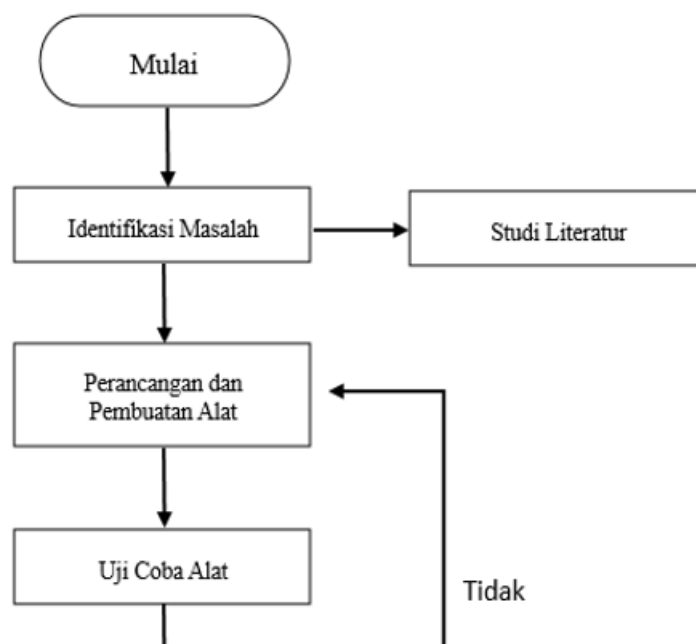
Kebaruan yang ditawarkan dalam penelitian ini adalah perancangan alat sistem *safety device* terintegrasi yang menggabungkan dua aspek utama yaitu kondisi *overheat* dengan mematikan *solenoid fuel* secara otomatis, dan mekanisme *shutdown* otomatis yang mempertimbangkan pengaktifan kembali *motor start*. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk sistem proteksi pada mesin konvensional. Oleh karena itu, berdasarkan integritas sistem mesin diesel dan mempertimbangkan secara komprehensif

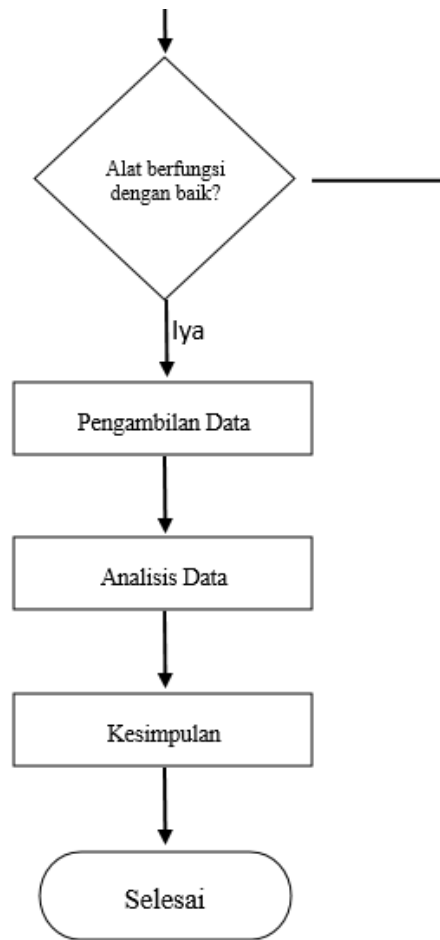
hubungan logis internal antara penyalaan dan perlindungan keselamatan mesin diesel yang ekonomis, praktis, dan sangat andal (Zhu et al., 2021).

Perawatan bertujuan agar sistem pendingin pada mesin penggerak utama dapat berjalan dengan baik sehingga akan dapat mempengaruhi terhadap masa kinerja komponen mesin tersebut menjadi lebih tahan lama, dapat menekan biaya operasional, mengantisipasi kerusakan yang lebih parah, dan untuk mengantisipasi kerusakan pada saat mesin sedang bekerja. Hal ini dapat berjalan baik apabila perawatan dilakukan sesuai prosedur dan *manual book*. Perawatan sebagai sebuah rutinitas yang harus dilakukan (Wibowo et al., 2021). Motivasi utama penelitian ini didasarkan oleh kejadian *engine overheat* pada *generator set Volvo 150 KVA*. Perancangan alat sistem *safety device* yang efektif tidak hanya akan memberikan manfaat ekonomis bagi industri, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan teknologi sistem proteksi mesin yang lebih handal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan April - Mei 2025 yang dilakukan di Gedung Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini mencakup perancangan alat *safety device* sebagai solusi pencegahan agar tidak merusak komponen mesin dengan mekanisme kerja konvensional. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan tren kenaikan suhu terhadap variasi beban dan waktu. Analisis statistik ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh signifikan dari variabel bebas terhadap suhu pendingin, serta mengevaluasi kesesuaian model sistem proteksi yang dirancang.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

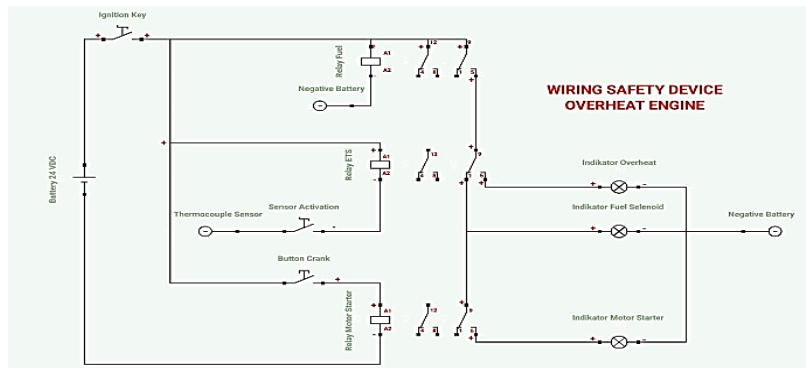
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara variasi beban daya dan durasi waktu dengan peningkatan suhu yang dapat menyebabkan kondisi *engine overheat*. Serta merancang dan mengimplementasikan sistem integrasi mekanisme *shutdown* otomatis melalui *solenoid fuel* dengan pengaktifan kembali sistem *motor start*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara sistematis untuk memastikan keandalan hasil yang diperoleh. Pengumpulan data dilakukan dengan memvariasikan durasi waktu operasional dan beban kerja yang diberikan. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis statistik deskriptif untuk mengevaluasi pengaruh variabel bebas (durasi waktu operasional dan beban kerja) terhadap variabel terikat (suhu pendingin). Pengolahan data statistik pada penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan *software* Minitab 22 dengan metode *Design of Experiment Response Surface*.

Setting Peralatan Penelitian

Setting peralatan penelitian mencakup persiapan, instalasi, dan konfigurasi peralatan yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut adalah penjelasan detailnya:

a. *Wiring Safety Device*



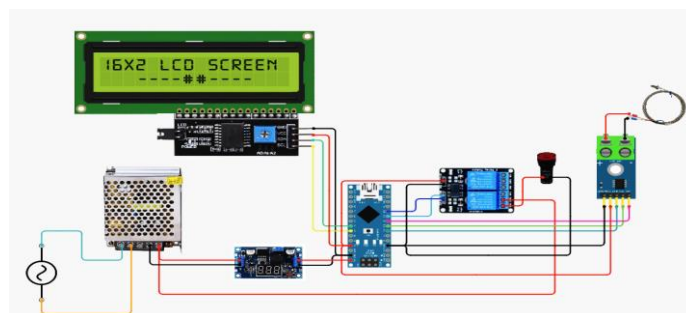
Gambar 2. *Wiring Safety Device*

Prinsip kerja sistem ini menggunakan arus *DC* dari baterai aki. Arus positif dialirkan ke *ignition key*, lalu diteruskan ke tiga relay. Arus negatif *standby* di dua relay, lampu indikator *overheat*, *solenoid fuel*, dan *motor stater*. Relay *fuel* akan aktif ketika arus positif dari *ignition key* masuk melalui jalur A1, 12, dan 9, sementara arus negatif sudah *standby* di jalur A2. Awalnya, jalur 4 dan 1 berada dalam kondisi *Normally Open (NO)*, namun saat relay aktif, jalur tersebut berubah menjadi *Normally Closed (NC)*, yaitu jalur 8 dan 5. Arus dari jalur 5 selanjutnya digunakan untuk mengaktifkan *solenoid fuel*.

Relay *ETS (Engine Temperature Sensor)* bekerja ketika arus positif *standby* di jalur A1, dan arus negatif aktif dari sensor masuk ke jalur A2. Arus positif yang berasal dari jalur 5 relay *fuel* diteruskan ke jalur 9 dan 1 pada relay *ETS*. Ketika sensor bekerja dan mengirim arus negatif ke A2, relay *ETS* aktif dan mengalihkan arus dari jalur 1 ke jalur 5 untuk menyalakan lampu indikator *overheat*.

Relay *motor starter* bekerja ketika arus positif dari *ignition key* diteruskan melalui tombol *crank* untuk mengaktifkan jalur A1, sedangkan jalur A2 sudah terhubung dengan arus negatif dari baterai. Relay ini menerima arus positif dari jalur 1 relay *ETS*, yang kemudian masuk ke jalur 9 dan diteruskan ke jalur 5 saat relay aktif. Arus dari jalur 5 digunakan untuk mengaktifkan *motor starter*.

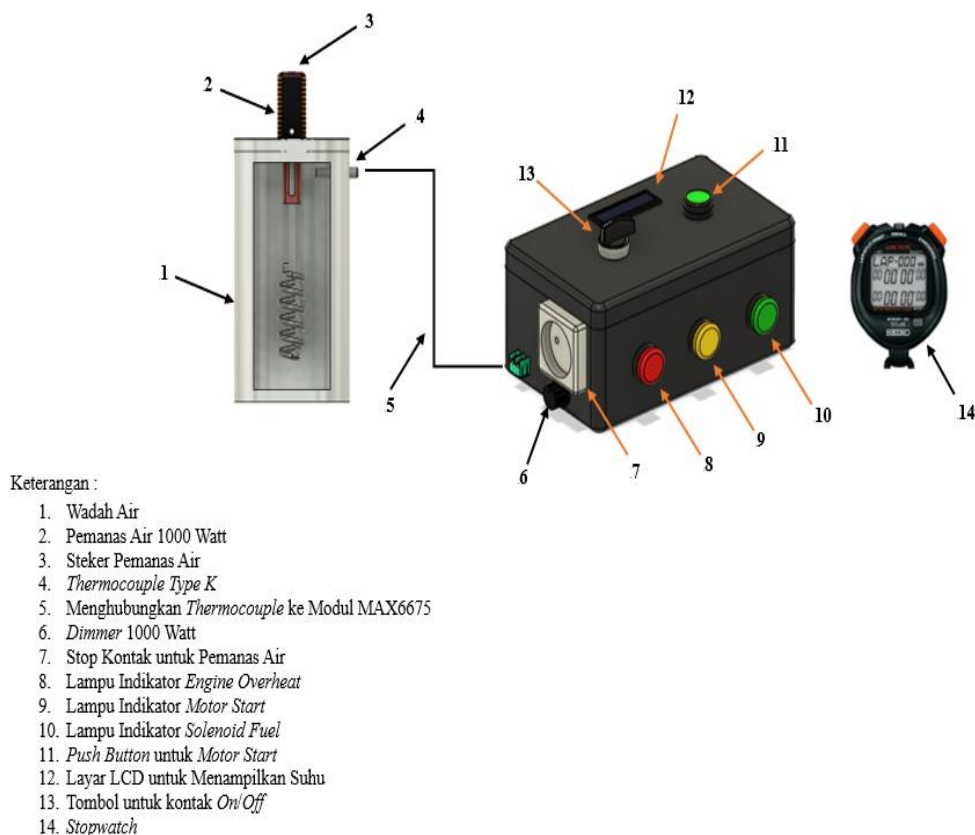
b. Diagram Rangkaian *Arduino*



Gambar 3. Diagram Rangkaian *Arduino*

Rangkaian ini berfungsi sebagai sistem kontrol suhu otomatis dengan *Arduino Nano* sebagai pusat kendali. Sistem terdiri dari sensor suhu (*thermocouple type K*), modul *amplifier MAX6675*, *LCD 16x2*, dan modul relay. Tegangan *AC* dari listrik rumah dikonversi menjadi *DC* oleh modul *power supply* untuk memberi daya ke seluruh rangkaian. Sensor suhu mengirim data ke *Arduino* melalui modul *MAX6675* menggunakan komunikasi *SPI*. *Arduino* memproses data suhu dan menampilkannya di *LCD 16x2* melalui koneksi *I2C*. Berdasarkan suhu yang terbaca, *Arduino* mengontrol relay untuk mengaktifkan atau mematikan perangkat beban, seperti pemanas. Jika suhu di bawah target, relay diaktifkan; jika suhu telah mencapai target, relay dimatikan.

c. Setting Peralatan



Gambar 4. Setting Peralatan

Sistem pemanas air ini menggunakan wadah berisi air yang dipanaskan oleh elemen pemanas 1000 *Watt*. Suhu air dipantau menggunakan *thermocouple type K* yang terhubung ke modul *MAX6675* untuk mengubah sinyal menjadi data digital. Pemanasan dapat diatur menggunakan *dimmer* hingga 1000 *Watt* sesuai kebutuhan.

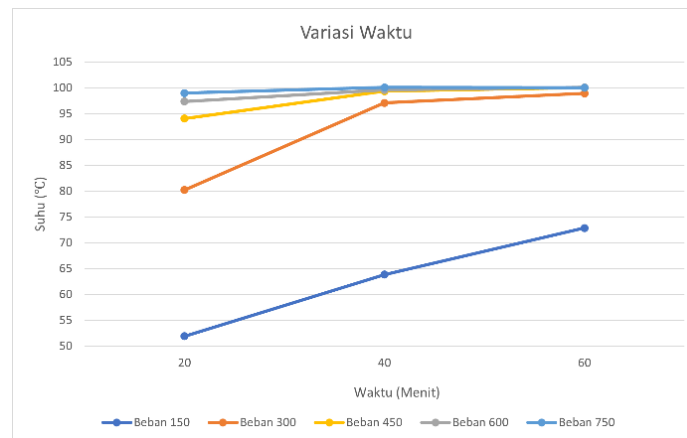
Untuk keamanan, sistem dilengkapi dengan *safety device* yang mencegah kerusakan akibat suhu berlebih atau korsleting. Durasi pemanasan dicatat menggunakan *stopwatch* untuk keperluan pengujian efisiensi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data yang diperoleh dari penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Data yang didapat kemudian dilakukan perhitungan rata-rata dari tiga kali pengulangan pada setiap pengujian, maka didapatkan hasil nilai rata-rata sebagai berikut.

Tabel 1. Data Rata – Rata Variasi Waktu

No	Beban (Watt)	Waktu (Menit)	Suhu (°C)
1	150	20	51.9
		40	63.83
		60	72.87
2	300	20	80.23
		40	97.1
		60	98.93
3	450	20	94.07
		40	99.37
		60	100.03
4	600	20	97.37
		40	99.6
		60	100.1
5	750	20	99
		40	100.1
		60	100.03

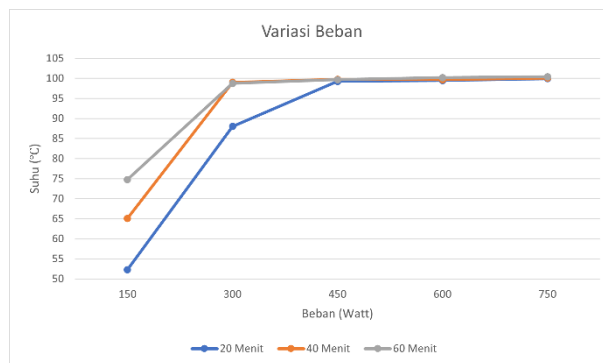


Gambar 5. Grafik Variasi Waktu

Dapat dilihat dari grafik diatas perbandingan antara beban dengan memvariasikan waktu menunjukkan bahwa semakin tinggi beban listrik, suhu mendekati suhu mendidih lebih cepat dicapai, bahkan pada waktu pemanasan yang singkat (20 menit). Sebaliknya, pada beban rendah, suhu memerlukan waktu lebih lama untuk meningkat secara signifikan. Dengan kata lain, waktu pemanasan sangat berpengaruh pada beban rendah, sedangkan pada beban tinggi, suhu mendekati titik jenuh lebih cepat dan relatif stabil meskipun waktu pemanasan diperpanjang.

Tabel 2. Data Rata – Rata Variasi Beban

No	Waktu (Menit)	Beban (Watt)	Suhu (°C)
1	20	150	52.3
		300	88.03
		450	99.27
		600	99.47
		750	99.93
2	40	150	65.1
		300	99.03
		450	99.77
		600	99.7
		750	100.1
3	60	150	74.77
		300	98.77
		450	99.7
		600	100.2
		750	100.43



Gambar 6. Grafik Variasi Beban

Grafik ini menunjukkan hubungan antara variasi beban listrik dengan suhu rata-rata alat pemanas pada tiga waktu pemanasan yang berbeda, suhu rata-rata pada waktu 20 menit paling rendah, sekitar 52°C. Suhu ini meningkat pada waktu 40 menit menjadi sekitar 65°C, dan lebih tinggi lagi pada waktu 60 menit dengan suhu sekitar 75°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan, semakin tinggi suhu yang tercapai pada beban rendah.

Data yang telah didapatkan saat pengujian kemudian dilakukan pengolahan statistik dengan menggunakan *software* Minitab 22 dengan metode *Design of Experiment Response Surface* dan mendapatkan hasil berikut.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
11.2779	44.57%	36.17%	11.57%

Gambar 7. Model Summary Waktu

Berdasarkan hasil model, diperoleh nilai koefisien determinasi (R-sq) sebesar 44,57% menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan sekitar 44,57% variasi data respon yang diamati. Dengan kata lain, sekitar setengah dari variasi yang terjadi dalam data berhasil dijelaskan oleh model, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model.

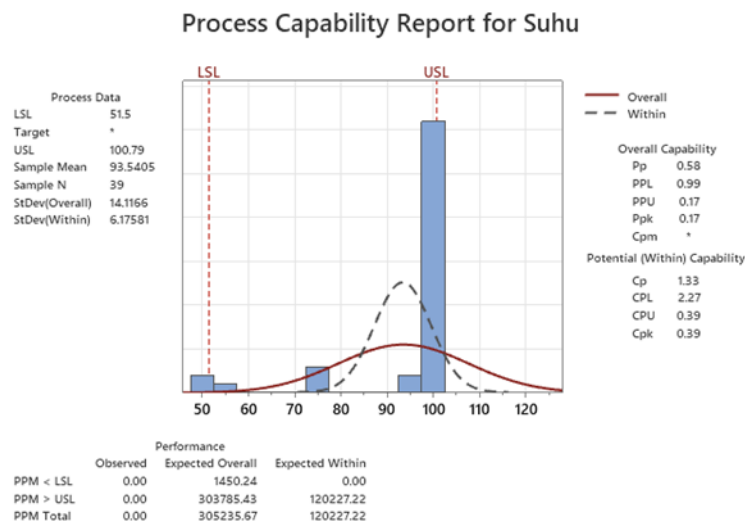
Setelah disesuaikan untuk jumlah parameter yang digunakan, nilai R-sq (adj) turun menjadi 36,17%, yang menggambarkan bahwa model ini sebenarnya hanya mampu menjelaskan sekitar 36% variasi data respon secara lebih realistis.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	3375.26	675.05	5.31	0.001
Linear	2	2274.26	1137.13	8.94	0.001
Waktu	1	186.99	186.99	1.47	0.234
Beban	1	2087.28	2087.28	16.41	0.000
Square	2	802.99	401.50	3.16	0.056
Waktu*Waktu	1	459.38	459.38	3.61	0.066
Beban*Beban	1	448.35	448.35	3.52	0.069
2-Way Interaction	1	298.00	298.00	2.34	0.135
Waktu*Beban	1	298.00	298.00	2.34	0.135
Error	33	4197.31	127.19		
Lack-of-Fit	3	4171.00	1390.33	1585.62	0.000
Pure Error	30	26.31	0.88		
Total	38	7572.56			

Gambar 8. Analysis of Variance Waktu

Sedangkan untuk hasil anova dapat dilihat pada gambar 8. Variabel waktu memiliki nilai *P-Value* sebesar 0,234 yang lebih besar dari 0,05, sehingga secara statistik tidak signifikan dalam mempengaruhi respon serta tidak memiliki pengaruh terhadap suhu yang dihasilkan.



Gambar 9. Capability Analysis Waktu

Hasil dari *Capability Analysis* dapat dilihat pada gambar 9. Untuk Cp memiliki nilai 1,33. Ini berarti bahwa secara teoritis, jika hanya variasi dalam proses yang diperhitungkan (dalam kondisi stabil dan terkendali), proses ini memiliki kemampuan yang cukup baik untuk memenuhi batas spesifikasi.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
11.2684	44.24%	35.79%	11.03%

Gambar 10. Model Summary Beban

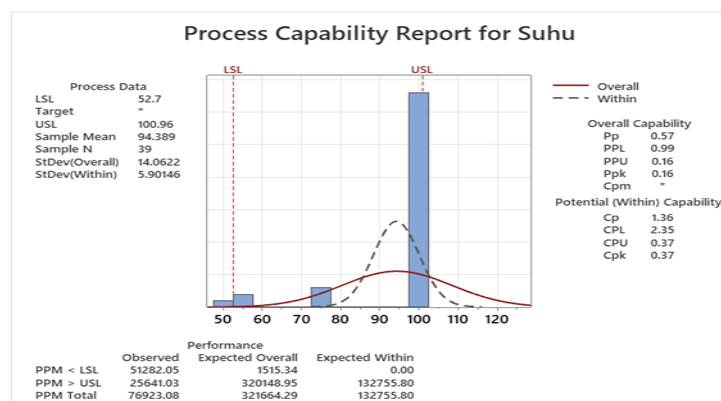
Untuk model *summary* Beban menunjukkan tingkat penyimpangan antara nilai prediksi model dengan data aktual masih cukup besar. Nilai koefisien determinasi (R-squared) sebesar 44,24% menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan sekitar 44% variasi data beban yang diamati. Namun, setelah disesuaikan dengan jumlah variabel dalam model, nilai adjusted R-squared turun menjadi 35,79%, yang mengindikasikan bahwa efektivitas model dalam menjelaskan hubungan antara variabel tidak terlalu kuat.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	3324.14	664.83	5.24	0.001
Linear	2	2266.28	1133.14	8.92	0.001
Waktu	1	210.58	210.58	1.66	0.207
Beban	1	2055.70	2055.70	16.19	0.000
Square	2	692.99	346.49	2.73	0.080
Waktu*Waktu	1	404.76	404.76	3.19	0.083
Beban*Beban	1	378.55	378.55	2.98	0.094
2-Way Interaction	1	364.87	364.87	2.87	0.099
Waktu*Beban	1	364.87	364.87	2.87	0.099
Error	33	4190.21	126.98		
Lack-of-Fit	3	4187.78	1395.93	17247.85	0.000
Pure Error	30	2.43	0.08		
Total	38	7514.35			

Gambar 11. Analysis of Variance Beban

Hasil anova dari Beban dapat dilihat pada gambar 11. Variabel waktu memiliki nilai *P-Value* sebesar 0,207 yang lebih besar dari 0,05, sehingga secara statistik tidak signifikan dalam mempengaruhi respon serta tidak memiliki pengaruh terhadap suhu yang dihasilkan.



Gambar 12. Capability Analysis Waktu

Hasil dari *Capability Analysis* dapat dilihat pada gambar 12. Untuk *Cp* memiliki nilai 1,36. Ini berarti bahwa secara teoritis, jika hanya variasi dalam proses yang diperhitungkan (dalam kondisi stabil dan terkendali), proses ini memiliki kemampuan yang cukup baik untuk memenuhi batas spesifikasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban listrik yang diterapkan pada alat, semakin tinggi suhu yang dihasilkan.

- a. Hubungan antara beban daya dan peningkatan suhu terbukti secara langsung memengaruhi kenaikan suhu mesin yang berpotensi menyebabkan overheat. Pada beban diatas 450 watt, suhu rata-rata mencapai 100°C bahkan ketika 20 menit pertama. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi daya yang diberikan, maka semakin cepat suhu mencapai overheat.
- b. Hubungan antara durasi waktu dan peningkatan suhu memberikan pengaruh yang dapat berpotensi menyebabkan overheat. Namun, pada beban yang lebih tinggi, suhu mendekati batas maksimal dalam waktu yang lebih singkat dan cenderung stabil meskipun durasi pemanasan diperpanjang. Sehingga dapat dikatakan bahwa durasi waktu tetap memiliki kontribusi terhadap peningkatan suhu, meskipun tidak sekuat pengaruh beban.
- c. Integrasi ini dilakukan melalui sistem safety device berbasis arduino dan relay, yang bekerja melalui sensor suhu (thermocouple + MAX6675) mendeteksi suhu air. Ketika suhu mencapai (mendekati 100,5°C), arduino mengaktifkan relay yang akan memutus aliran ke solenoid fuel, sehingga mesin mati secara otomatis (shutdown) dan mengaktifkan indikator overheat. Kemudian untuk pengaktifan ulang sistem ini menunggu suhu turun mencapai 98°C dengan dikendalikan melalui arduino yang terhubung ke relay.

Untuk menjaga performa alat pada kondisi optimal, disarankan agar sistem pendingin ditambahkan, terutama saat alat dioperasikan dengan beban tinggi dan dalam durasi yang lama. Kalibrasi terhadap sensor suhu juga perlu dilakukan secara berkala guna memastikan akurasi data yang diperoleh selama pengujian. Selain itu, pengujian lanjutan sebaiknya dilakukan dalam jangka waktu yang lebih panjang dan pada berbagai kondisi lingkungan untuk mengevaluasi ketahanan serta keandalan alat secara menyeluruh. Serta penambahan jenis air dan sirkulasi air seperti halnya mekanisme sistem pendingin ditambahkan untuk mengetahui aliran debit air yang bisa digunakan untuk variabel penelitian berikutnya.

DAFTAR REFERENSI

- Boby Wisely Ziliwu, M. T. (2020). PERAWATAN DAN PERBAIKAN SISTEM PENDINGIN MESIN INDUK PADA KAPAL PERIKANAN. *Jurnal Akselerator*, 1.
- Budi Saputro. (2020). ANALISIS KEANDALAN GENERATOR SET SEBAGAI POWER SUPPLY DARURAT APABILA POWER SUPPLY DARI PLN MENDADAK PADAM DI MORODADI POULTRY SHOP BLITAR. *Jurnal Qua Teknika*, 7.
- Emmanuel Oladoyin, A., & Ogunsola, T. (2023). Design and Construction of Internet of Things (IoT) Based Generator Monitoring System Olaleye Olukayode Olusegun Design and Construction of Internet of Things (IoT) Based Generator Monitoring System. In *International Journal of Innovative Science and Research Technology* (Vol. 8, Issue 3). <https://www.researchgate.net/publication/380345116>
- Fajarudin, A., Hasibuan, A., & Marginingsih, R. (2024). PENCEGAHAN OVERHEATING MELALUI EDUKASI PERAWATAN PADA KENDARAAN RODA DUA. *An-Nizam*. <https://doi.org/10.33558/an-nizam.v3i2.9121>
- Gagas Gumilang, M., Radonov Simanungkalit, J., Apriyana, A., & Rahayu, M. (2019). Penentuan Keberhasilan Safety Device Pada Engine Caterpillar 3066 Sebagai Media Pembelajaran Mahasiswa Teknik Alat Berat. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 1290–1295. <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>
- Halim, A., Halim, A., Mangkona, M., Mangkona, M., Taufik, M., Taufik, Muh., Saputra, A., & Saputra, A. (2021). PEMBUATAN SAFETY DEVICE COOLING DOWN AUTOMATIC PADA UNIT HEAVY EQUIPMENT DOZER D3K CATERPILLAR BERBASIS MICROCONTROLLER. *POLITEKNOLOGI*. <https://doi.org/10.32722/pt.v20i1.3496>
- Haryadi, S., Haryadi, S., Hendriana, D., Hendriana, D., Nasution, H., Nasution, H., Nasution, H., Nasution, H., Baskoro, G., & Baskoro, G. (2020). Monitoring of Thermostat Performance in Heavy Equipment Diesel Engine Cooling System Using an Ultrasonic Flow Meter. *Conference on Management and Engineering in Industry (CMEI)*. <https://doi.org/10.33555/cmei.v2i1.39>
- Huda, E. N., & Zulfikar, Z. (2024). Design Of Overheat Detection Device On Vehicle Engine Through Monitoring Water Temperature Or Cooling Oil. *NEWTON: Networking and Information Technology*. <https://doi.org/10.32764/newton.v3i2.4897>
- Khamdilah, A., & Kundori, K. (2020). Analisis Manajemen Perawatan Actuator Sebagai Safety Device Dalam Memproteksi Terjadinya Overspeed Pada Mesin Penggerak Utama Kapal. *Dinamika Bahari*, 1(2), 90–97. <https://doi.org/10.46484/db.v1i2.211>
- Nurrahman, A., & Wahyudi, H. (2020). Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Beban Generator Set Menggunakan Larutan Potassium Hydroxide dengan Mekanisme Rack and Pinion sebagai Penggerak. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 07(1).
- Pranondo, D., Ridho Akbar, A., Studi Teknik Eksplorasi Produksi Migas Politeknik Akamigas Palembang, P., & Corresponding Author, I. (2021). SISTEM PERAWATAN DAN PEMELIHARAAN GENERATOR SET 501-B DI PT TITIS SAMPURNA LPG PLANT LIMAU TIMUR PRABUMILIH. *Jurnal Teknik Putra Akademika*, 12.

- Prasetya, H. H., Prasetya, H. H., Ema, E., & Ema, E. (2020). *PEMBUATAN PROTOTYPE ALAT OVERHEAT WARNING EXHAUST GAS TEMPERATURE (EGT)*. <https://www.semanticscholar.org/paper/4ff1d3455a5550f22a975de1382be523cdec6a26>
- Prasetya, P., Nazarwin, N., & Seno, A. (2022). Analisis Penyebab Terjadinya Overheat pada Main Engine di Kapal Self Propelled Oil Barge Tirta Samudra XVIII. *Jurnal Cakrawala Bahari*. <https://doi.org/10.70031/jkb.v5i2.50>
- Pratama, S. A. (2022). Pengoptimalan Perawatan Dan Pengujian System Safety Device Pada Mesin Induk Mitsubishi Di Tb. MBS 2000 1 PT. Alusteel Engineering Indonesia. *Jurnal Universal Technic*. <https://doi.org/10.58192/unitech.v1i2.415>
- Ramadhan, R. F., Wanda, R., Nugraha, M. A. P., & Kelana, S. (2024). Analisis Perawatan Lub Oil pada Generator di Kapal KM. Tirta Samudra XXVIII. *Jurnal Cakrawala Bahari*. <https://doi.org/10.70031/jkb.v7i1.61>
- Saihilmi, M. I., Saihilmi, M. I., Zaman, M., Zaman, M. B., Zaman, M. B., Zaman, M., Santoso, A., Santoso, A., Santoso, A., Santoso, A., Kusuma, I. R., Kusuma, I. R., & Kusuma, I. R. (2021). Developing of Emergency Safety Device Module Under Vessel Integrated Automation System for Dual Fuel Diesel Engine. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/698/1/012013>
- Santosa, K. Y., Wichaksana, A., Ardiansyah, M., & Sulisty, A. B. (2024). PENGARUH VARIASI CAIRAN PENDINGIN (COOLANT) TERHADAP POTENSI OVERHEATING PADA ENGINE DIESEL (STUDI KASUS MITSUBISHI L300). *Berkala Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*. <https://doi.org/10.19184/berkalafstpt.v2i1.889>
- Studi Jaringan Telekomunikasi Digital, P., Negeri Malang, P., Hasan Fuadi, M., Wahyu Purwandi, A., & Hendra, R. Y. (2020). RANCANG BANGUN KONTROL DAN MONITORING SUHU PADA MESIN DIESEL MENGGUNAKAN WEB MOBILE. *Jurnal JARTEL*, 10(1), 2654–6531.
- Subhashini, G., Subhashini, G., Krishnan, S., Albanna, A. A., Abdulla, R., Albanna, A. A., Abdulla, R., Albanna, A., & Abdullah, R. (2020). Integrate for car brake failure and engine overheat system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v20.i3.pp%0p>
- Wibowo, W., Astriawati, N., Permesinan Kapal, P., Tinggi Maritim Yogyakarta, S., Prodi Permesinan Kapal, A., & Tinggi Maritim Yogyakarta Jl, S. (2021). Optimalisasi perawatan sistem pendingin tertutup pada mesin diesel tipe MAK 8M32 Pada KM LIT ENTERPRISE. *Jurnal Polimesin*, 19.
- Yuliyanti, F., & Prasetyo, I. (2020). *IDENTIFIKASI SISTEM PENDINGIN PADA MESIN DIESEL MITSUBISHI 100 PS*. http://ejournal.politeknikhpkpl.ac.id/index.php/surya_teknika
- Zhu, K., Liu, J., Yan, Z., & Zhang, L. (2021). Starting System and Safety Protection of Explosion-proof Diesel Engine for Coal Mine Based on Compressed Air. *Journal of Physics: Conference Series*, 2108(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2108/1/012005>