

**MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN DARI TIPE HOOPER KE  
TIPE RADIATOR PADA MESIN DIESEL R180**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Anka Risky**  
**No. Mahasiswa : 20525064**  
**NIRM : 2001120016**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING  
MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN DARI TIPE HOOPER KE  
TIPE RADIATOR PADA MESIN DIESEL R180**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Anka Risky**  
**No. Mahasiswa : 20525064**  
**NIRM : 2001120016**

Yogyakarta, 14 November 2025

Dosen Pembimbing



Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**  
**MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN DARI TIPE HOOPER KE**  
**TIPE RADIATOR PADA MESIN DIESEL R180**  
**TUGAS AKHIR**

Disusun Oleh :

Nama : Anka Risky  
No. Mahasiswa : 20525064  
NIRM : 2001120016

Tim Penguji

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.

Ketua

Tanggal

  
8-12-2025

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

Anggota 1

Tanggal

  
2-12-2025

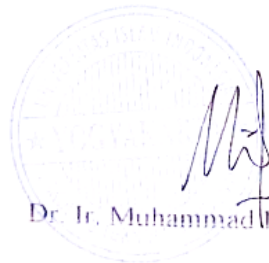
Ir. Muhammad Ridhwan, S.T., M.T., IPP

Anggota 2

Tanggal

  
08/12/2025

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Puji Syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wata'ala yang telah melimpahkan rahmat hidayahNya kepada semua makhlukNya. Dengan kekuatan yang engkau berikan dan kasih sayang yang engkau pancarkan, sehingga dapat terselesaikannya Laporan Tugas Akhir yang sederhana ini.*

*Sholawat dan salam kita panjatkan kepada nabi kita Muhammad Shollallahu'alaihi wassalam yang telah membawa Islam sebagai agama penyelamat sebagai pemberi safa'at pada hari akhir nanti.*

*Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua yang senantiasa memanjatkan doa dan harapan hingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Tak pernah pudar dalam ingatan ini tentang bagaimana kedua orang tua penulis memberi semangat dan arahan.*

*Teman seperjuangan teknik mesin 20 yang telah memberi warna dalam masa pendidikan kepada penulis.*

*Perempuan bernama Rani Marlina Agani yang telah memberikan dukungan mental dan emosional kepada penulis.*

*Tugas Akhir ini akan menjadi batu loncatan penulis dalam menempuh perjalanan selanjutnya, semoga amal dan perbuatan orang – orang dibalik penulisan laporan tugas akhir ini mendapat Rahmat dari Allah SWT*

## HALAMAN MOTTO

إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلرَّبِّ الْعَلِيمِ

*"Sesungguhnya sembahyangku, ibadahku, hidupku dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan semesta alam."*

*Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,  
(QS. Al-Insyirah : 5)*

*"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya"  
(Q.S Al Baqarah: 286)*

*"Dalam kehidupan, hanya 10% berisi hal yang sedang terjadi kepadamu, dan 90% bagaimana kamu merespons akan kejadian yang menimpamu."*

*"Orang jenius, hanya memikirkan 1% gagasan, dan 99% kerja keras."*

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahiim,*

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wa barakatuh.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat yang luar biasa memberikan kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Modifikasi Sistem Pendingin Dari Tipe Hooper Ke Tipe Radiator Pada Mesin Diesel” dapat terselesaikan dalam waktu yang ditentukan. Adapun Laporan Tugas akhir merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebagai kelulusan strata (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dalam proses Laporan Tugas Akhir ini tentunya tidak lepas dari peranan dan bantuan beberapa pihak. Adapun kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak, Ibu serta kakak dan keluarga yang selalu memberikan semangat dan memanjatkan doa untuk saya selama kegiatan Tugas Akhir berlangsung.
2. Ketua Program Studi Teknik Mesin UII, Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP
4. Dosen pembimbing Tugas Akhir Bapak Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D. yang telah memberikan banyak saran serta masukan selama penyelesaian laporan ini.
5. Seluruh dosen dan staff karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
6. Rekan tugas akhir Faris Adrian Junior , Imam Bima Pratama , Rifadillah Nauvan, Akhmad Fauzi, Teguh Sahputra Tarigan, Muhammad Nafis, Irfan Azzhari, Muhammad Rafli Vandudinata yang telah menemani dan membantu pembuatan laporan Tugas akhir ini.
7. Rani Marlina Agani yang telah menemani dan membantu dalam dukungan mental dan emosional sekaligus menjadi motivasi saya untuk menjalani hari-hari.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini sesuai dengan yang diharapkan serta bermanfaat bagi kampus dan teknik mesin pada umumnya. Namun penulis sadar bahwa masih banyak terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan berharap adanya kritik serta saran dari semua pihak yang dapat membangun demi terciptanya laporan tugas akhir yang lebih baik.

*Wassalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.*

Yogyakarta, 27 November 2025

Penulis,

**ANKA RISKY**

## ABSTRAK

### MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN DARI TIPE HOPPER KE TIPE RADIATOR PADA MESIN DIESEL R180

*Sistem pendingin merupakan komponen penting dalam menjaga kinerja mesin diesel agar tetap optimal dan tahan lama. Modifikasi sistem pendingin dari tipe hopper ke tipe radiator bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pendinginan, suhu kondisi kerja stabil, dan keandalan operasional mesin. Pada penelitian ini, mesin diesel Nishikawa R180 yang awalnya menggunakan sistem pendingin hopper dimodifikasi menggunakan sistem radiator berbahan aluminium. Sistem hopper, yang mengandalkan metode pendinginan pasif melalui air tanpa sirkulasi aktif, seringkali kurang efisien dalam mengatasi lonjakan suhu pada beban tinggi. Modifikasi melibatkan perancangan ulang jalur pendinginan dengan menambahkan radiator, kipas pendingin, dan pompa sirkulasi untuk menciptakan sistem pendinginan aktif. Radiator dipilih berdasarkan kapasitas pendinginan sebesar 7,953 kW yang disesuaikan dengan kebutuhan mesin. Pengujian dilakukan untuk menganalisis performa sistem radiator dibandingkan sistem hopper, dengan parameter utama berupa konsumsi bahan bakar dan suhu kondisi stabil mesin. Hasil menunjukkan bahwa sistem radiator mampu menjaga suhu kerja mesin lebih stabil pada rentang optimal, bahkan saat mesin beroperasi dalam durasi dan beban tinggi. Selain itu, efisiensi termal mesin meningkat, sementara konsumsi bahan bakar dan kebutuhan perawatan menurun. Modifikasi ini tidak hanya meningkatkan performa pendinginan tetapi juga memperpanjang umur mesin dan mengurangi risiko overheating. Dengan demikian, sistem pendingin radiator menjadi solusi yang lebih efisien dan andal untuk mesin diesel dibandingkan sistem hopper konvensional.*

**Kata Kunci:** mesin diesel, sistem pendingin, hopper, radiator, efisiensi pendinginan.

## DAFTAR ISI

MODIFIKASI SISTEM PENDINGIN DARI TIPE HOOPER KE TIPE RADIATOR PADA MESIN DIESEL R180 .....	1
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	2
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI .....	3
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	4
HALAMAN MOTTO .....	5
KATA PENGANTAR .....	6
ABSTRAK.....	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR.....	12
DAFTAR NOTASI.....	13
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Kajian Pustaka.....	4
2.2 Penelitian Terkait .....	4
2.2.1 Penelitian Tentang Sistem Hooper .....	4
2.2.2 Penelitian Tentang Sistem Radiator .....	5
2.2.3 Perbandingan Hooper dan Radiator.....	5
2.2.4 Modifikasi Sistem Pendingin .....	5
2.3 Dasar Teori.....	6
2.3.1 Mesin Diesel.....	6
2.3.2 Sistem Pendingin Mesin.....	6

2.3.3	Sistem Radiator .....	7
2.3.4	Sistem Hooper .....	7
2.3.5	Perbandingan Sistem Hooper dan Radiator .....	8
2.3.6	Tabung Reservoir .....	8
2.4	Kesimpulan Tinjauan Pustaka .....	8
BAB 3 METODE PENELITIAN .....		9
3.1	Alur Penelitian.....	9
3.2	Pengumpulan Data Awal.....	10
3.3	Perhitungan Desain .....	11
3.3.2	Data Radiator Mx New 135 dan Vario 110.....	11
3.4	Pemilihan Radiator yang Digunakan.....	20
3.5	Alat dan Bahan.....	21
3.6	Desain Modifikasi Pemasangan .....	24
3.6.1	Proses Modifikasi.....	25
3.7	Pengujian yang akan dilakukan.....	30
3.7.1	Pengujian Komsumsi Bahan Bakar.....	30
3.7.2	Pengujian Suhu Kondisi Stabil Mesin.....	31
BAB 4.....		33
4.1	Hasil Perancangan Sistem Pendingin .....	33
4.2	Hasil Pengujian .....	34
4.3	Analisis dan Pembahasan .....	37
4.3.1	Analisis Suhu Kondisi Stabil Mesin .....	38
4.3.2	Analisis Komsumsi Bahan Bakar.....	39
4.3.3	Analisis Laju Komsumsi Bahan Bakar.....	40
BAB 5 PENUTUP .....		42
5.1	Kesimpulan .....	42
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA .....		44
LAMPIRAN.....		45

## DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Spesifikasi Mesin Diesel.....	10
Tabel 3-2	Karakteristik Sistem <i>Hooper Cooling</i> .....	10
Tabel 3-3	Peralatan Perancangan .....	21
Tabel 4-1	Tabel Flowrate.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alur Perancangan .....	9
Gambar 3.2	Spesifikasi Yamaha New Jupiter MX 135 .....	11
Gambar 3.3	Radiator Mx New 135 .....	12
Gambar 3.4	Radiator Vario 110 .....	18
Gambar 3.5	Skematik Radiator .....	19
Gambar 3.6	Skematik Flow Loop .....	24
Gambar 3.7	Pembuatan dudukan radiator .....	26
Gambar 3.8	Pemasangan Radiator .....	27
Gambar 3.9	Pemasangan <i>Electric Fan</i> .....	28
Gambar 3.10	Pemasangan Pompa Air .....	29
Gambar 4.1	Grafik BBM dan Suhu Kondisi Stabil Mesin Radiator dan Hooper Terhadap Waktu .....	37

## DAFTAR NOTASI

$P$  = Daya ( kW )

$\eta$  = Efisiensi termal mesin ( % )

$m$  = laju aliran massa ( kg/s )

$c$  = kapasitas panas spesifik air (Kg.K )

$\Delta T$  = perbedaan suhu (  $^{\circ}\text{C}$  )

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin diesel merupakan salah satu jenis mesin yang banyak digunakan di berbagai sektor, seperti pertanian, transportasi, dan industri, karena keandalan dan efisiensinya. Salah satu komponen vital yang memengaruhi kinerja mesin diesel adalah sistem pendingin. Sistem pendingin bertujuan untuk menjaga suhu mesin agar tetap stabil, mencegah *overheating*, dan memastikan performa mesin tetap optimal selama operasi.

Pada umumnya, mesin diesel kecil seperti Nishikawa R180 menggunakan sistem pendingin tipe *hopper*, yaitu sistem yang mengandalkan wadah air tanpa sirkulasi aktif. Meskipun sederhana dan mudah perawatannya, sistem *hopper* memiliki kelemahan dalam kemampuan disipasi panas, terutama ketika mesin digunakan pada beban kerja tinggi atau dalam waktu lama. Akibatnya, suhu mesin dapat meningkat hingga melampaui batas aman, yang berpotensi merusak komponen mesin dan mengurangi efisiensi operasional.

Untuk mengatasi masalah ini, modifikasi sistem pendingin dari tipe *hopper* ke tipe radiator menjadi solusi yang relevan. Sistem radiator bekerja secara aktif dengan memanfaatkan sirkulasi cairan pendingin menggunakan pompa, radiator untuk membuang panas, dan kipas untuk meningkatkan efisiensi pendinginan. Modifikasi ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas pendinginan, menjaga suhu kondisi stabil mesin, serta memperpanjang umur mesin.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijabarkan diatas, maka rumusan masalah yang ada pada penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses perancangan dan implementasi sistem pendingin radiator yang melibatkan radiator, kipas, dan pompa sirkulasi cairan pendingin sebagai pengganti sistem *hopper* pada mesin diesel Nishikawa R180?
2. Bagaimana memastikan sistem pendingin radiator yang dirancang dapat terpasang dan berfungsi dengan baik tanpa melakukan perubahan signifikan pada desain utama mesin diesel Nishikawa R180?
3. Bagaimana perbandingan antara konsumsi bahan bakar dan suhu kondisi stabil mesin sebelum dan sesudah penerapan sistem pendingin radiator dibandingkan dengan sistem *hopper*?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan ini meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian hanya difokuskan pada proses modifikasi sistem pendingin dari tipe *hopper* ke tipe radiator pada mesin diesel Nishikawa R180.
2. Modifikasi melibatkan komponen radiator, kipas, dan pompa sirkulasi cairan pendingin. Komponen lainnya, seperti mesin diesel itu sendiri, tidak mengalami perubahan desain.
3. Analisis hanya mencakup perbandingan sistem pendingin sebelum dan sesudah modifikasi tanpa membahas pengaruh eksternal seperti kualitas bahan bakar atau lingkungan operasi.
4. Parameter yang dievaluasi hanya konsumsi bahan bakar dan suhu kondisi stabil mesin.
5. Analisis dilakukan di lingkungan biasa dengan kondisi kontrol yang mendekati aplikasi lapangan, tetapi tidak mencakup pengujian pada skala industri atau operasional lapangan penuh.

## 1.4 Tujuan Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan perancangan adalah sebagai berikut :

1. Dapat melakukan implementasi sistem pendingin radiator yang melibatkan radiator, kipas, dan pompa sirkulasi cairan pendingin sebagai pengganti sistem *hopper* pada mesin diesel Nishikawa R180.
2. Untuk Memastikan bahwa sistem pendingin yang dirancang kompatibel dengan mesin diesel tanpa mengubah desain utama mesin.
3. Untuk membandingkan konsumsi bahan bakar mesin diesel dan mengukur suhu kondisi stabil mesin sebelum dan sesudah modifikasi untuk membuktikan radiator lebih baik daripada *hooper*.

## 1.5 Manfaat Perancangan

Adapun manfaat yang diharapkan dari modifikasi perancangan ini adalah Memperoleh pengalaman dan keterampilan dalam merancang dan memodifikasi sistem pendingin mesin diesel, termasuk analisis performa teknis

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini diuraikan dalam lima bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya yaitu sebagai berikut :

1. Bab 1 berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan.
2. Bab 2 berisi kajian pustaka dan teori-teori yang menjadi landasan untuk perancangan.
3. Bab 3 berisi alur penelitian, alat dan bahan, serta tahapan-tahapan proses perancangan.
4. Bab 4 berisi tentang pembahasan serta hasil yang telah diperoleh dari proses perancangan yang telah dilakukan.
5. Bab 5 berisi tentang kesimpulan dari hasil perancangan dan saran untuk penelitian selanjutnya

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Mesin diesel menghasilkan panas yang tinggi selama proses pembakaran. Sistem pendingin diperlukan untuk menjaga suhu kerja mesin agar tetap berada pada rentang optimal, sehingga dapat mencegah overheating yang dapat merusak komponen mesin. Dua jenis utama sistem pendingin yang umum digunakan pada mesin diesel skala kecil adalah sistem pendingin tipe *hopper* dan sistem radiator (Heywood, 1988).

Sistem pendingin tipe *hopper* bekerja dengan menyerap panas mesin melalui air yang tersimpan dalam wadah (*hopper*). Sistem ini sederhana karena tidak membutuhkan komponen mekanis tambahan seperti pompa atau kipas. Namun, kelemahan utamanya adalah kemampuan disipasi panas yang rendah, terutama pada beban kerja tinggi atau operasi berkepanjangan (Sukoco & Raharjo, 2019). Sebaliknya, sistem radiator menggunakan cairan pendingin yang bersirkulasi secara aktif dengan bantuan pompa, radiator, dan kipas untuk membuang panas lebih efisien (Çengel & Ghajar, 2015; Pulkrabek, 2004).

Selain itu, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa laju aliran pendingin sangat berpengaruh terhadap kemampuan sistem untuk melepas panas. Variasi debit pendingin dapat meningkatkan performa termal mesin diesel secara signifikan (Hosseini & Ebrahimi, 2017; Abdullah & Wahyudi, 2021).

#### **2.2 Penelitian Terkait**

##### **2.2.1 Penelitian Tentang Sistem Hooper**

Penelitian oleh Siregar (2016) menunjukkan bahwa sistem hopper hanya cocok untuk mesin diesel dengan beban kerja ringan dan durasi operasi yang singkat. Dalam kondisi operasi yang berat, suhu mesin sering kali melebihi batas aman, menyebabkan penurunan efisiensi termal dan mempercepat keausan komponen mesin. Studi ini menjadi dasar untuk mempertimbangkan penggantian sistem hopper dengan sistem radiator untuk aplikasi yang lebih menuntut.

## **2.2.2 Penelitian Tentang Sistem Radiator**

Permana et al. (2018) melakukan penelitian tentang penerapan sistem radiator berbahan aluminium pada mesin diesel skala kecil. Radiator aluminium dipilih karena ringan, tahan korosi, dan memiliki konduktivitas termal tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu mesin dapat dipertahankan dalam rentang optimal selama operasi panjang, dengan peningkatan efisiensi disipasi panas sebesar 30%.

## **2.2.3 Perbandingan Hooper dan Radiator**

Widodo (2020) membandingkan sistem *hopper* dan radiator pada mesin diesel tipe kecil. Parameter yang diukur meliputi suhu kerja mesin, efisiensi termal, dan konsumsi bahan bakar. Sistem radiator mampu menjaga suhu kerja mesin lebih stabil, yang berdampak pada pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 10% dibandingkan sistem *hopper*. Penelitian ini menekankan pentingnya suhu kondisi stabil mesin untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

## **2.2.4 Modifikasi Sistem Pendingin**

Kusuma (2019) mengembangkan sistem pendingin modifikasi dengan menambahkan pompa dan kipas elektrik pada radiator. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi pompa dan kipas meningkatkan kapasitas disipasi panas hingga dua kali lipat dibandingkan sistem tanpa sirkulasi aktif. Penerapan teknologi ini sangat relevan dalam modifikasi sistem pendingin dari *hopper* ke radiator.

## **2.3 Dasar Teori**

### **2.3.1 Mesin Diesel**

Mesin diesel merupakan jenis mesin pembakaran dalam yang menggunakan bahan bakar solar sebagai sumber energi. Proses pembakaran pada mesin diesel terjadi melalui sistem penyalaan kompresi, di mana udara dikompresi hingga mencapai suhu tinggi lalu bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar, menghasilkan pembakaran spontan. Mesin diesel banyak digunakan dalam aplikasi industri dan pertanian karena memiliki efisiensi termal yang tinggi dan daya tahan yang baik. Salah satu aspek penting dalam pengoperasian mesin diesel adalah sistem pendingin yang menjaga suhu kerja mesin tetap stabil. Pada mesin Nishikawa R180 yang digunakan dalam penelitian ini, sistem pendingin awalnya menggunakan *hopper*, yang kemudian dimodifikasi menjadi sistem radiator untuk meningkatkan efisiensi dan kestabilan termal (Rahman & Hidayat, 2022).

### **2.3.2 Sistem Pendingin Mesin**

Sistem pendingin pada mesin berfungsi untuk menyerap dan membuang panas hasil pembakaran agar mesin tidak mengalami overheat. Suhu kerja optimal mesin sangat penting untuk menjaga efisiensi pembakaran, mencegah kerusakan komponen, dan memperpanjang usia pakai mesin. Secara umum, sistem pendingin terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu pendingin udara dan pendingin air. Sistem pendingin air lebih banyak digunakan pada mesin diesel yang bekerja dalam beban berat atau waktu operasi yang lama karena memiliki kapasitas pelepasan panas yang lebih tinggi (Hosseini & Ebrahimi, 2017; Rupesh & Aarthi, 2023).

### 2.3.3 Sistem Radiator

Radiator merupakan sistem pendingin air aktif yang bekerja dengan prinsip sirkulasi cairan pendingin untuk menyerap panas dari mesin dan melepaskannya ke udara melalui sirip-sirip pendingin. Sistem radiator terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu radiator, *water pump* (pompa air), *thermostat*, *electric fan* (kipas pendingin), dan tabung *reservoir*.

Pompa air berfungsi untuk mensirkulasikan cairan pendingin dari blok silinder menuju radiator dan kembali lagi ke mesin. Sirkulasi ini memungkinkan panas yang diserap dari mesin dapat dibuang secara kontinu. *Electric fan* berperan meningkatkan laju aliran udara melewati sirip radiator, terutama ketika mesin bekerja pada putaran rendah atau dalam kondisi diam, sehingga proses pelepasan panas tetap efektif. Sementara itu, tabung *reservoir* berfungsi menampung kelebihan cairan pendingin akibat ekspansi suhu dan mengembalikannya saat suhu turun, menjaga sistem tetap tertutup dan stabil.

Dengan kerja sama seluruh komponen tersebut, radiator mampu menjaga suhu kerja mesin tetap dalam batas optimal, mencegah *overheating*, serta meningkatkan efisiensi pembakaran dan daya tahan mesin. Sistem ini jauh lebih efisien dibandingkan sistem pendingin tipe *hopper* yang hanya mengandalkan konveksi alami tanpa sirkulasi aktif (Çengel & Ghajar, 2015).

### 2.3.4 Sistem Hooper

Sistem *hopper* merupakan sistem pendingin air pasif yang umum digunakan pada mesin diesel sederhana dan statis. Sistem ini menggunakan tangki air terbuka di atas silinder mesin, di mana panas dari mesin diserap oleh air dalam tangki tersebut. Karena tidak ada sirkulasi, panas hanya dilepaskan ke udara secara alami melalui konveksi dan penguapan. Kelebihan sistem *hopper* adalah konstruksinya yang sederhana, tidak memerlukan pompa atau kipas, serta mudah dalam perawatan. Namun, sistem ini memiliki keterbatasan pada kemampuan pelepasan panas yang rendah, sehingga tidak ideal untuk aplikasi dengan beban berat atau waktu operasi panjang karena dapat menyebabkan suhu mesin naik drastis (Siregar, 2016; Sukoco & Raharjo, 2019).

### **2.3.5 Perbandingan Sistem Hooper dan Radiator**

Sistem hopper dan radiator memiliki prinsip kerja yang berbeda, sehingga menghasilkan kinerja pendinginan yang juga berbeda. *Hopper* bersifat pasif dan tergantung pada perpindahan panas alami, sementara radiator bersifat aktif dengan sirkulasi cairan dan bantuan kipas. Radiator memiliki kemampuan pendinginan yang lebih cepat dan efisien, sehingga lebih baik dalam menjaga suhu kerja mesin tetap stabil. Selain itu, radiator juga lebih hemat air karena menggunakan sistem tertutup, sedangkan *hopper* lebih cepat mengalami penguapan. Namun dari sisi konstruksi dan biaya, *hopper* lebih sederhana dan murah (Widodo, 2020; Permana et al., 2018).

### **2.3.6 Tabung Reservoir**

Tabung *reservoir* merupakan komponen dalam sistem pendingin radiator tertutup. Tabung ini berfungsi sebagai cadangan tempat untuk cairan pendingin saat suhu meningkat dan volume cairan memuai. Ketika mesin mendingin, cairan dari reservoir akan kembali ke sistem utama. Dengan adanya *reservoir*, sistem pendingin menjadi lebih stabil dan tidak mudah kekurangan air (Çengel & Ghajar, 2015).

## **2.4 Kesimpulan Tinjauan Pustaka**

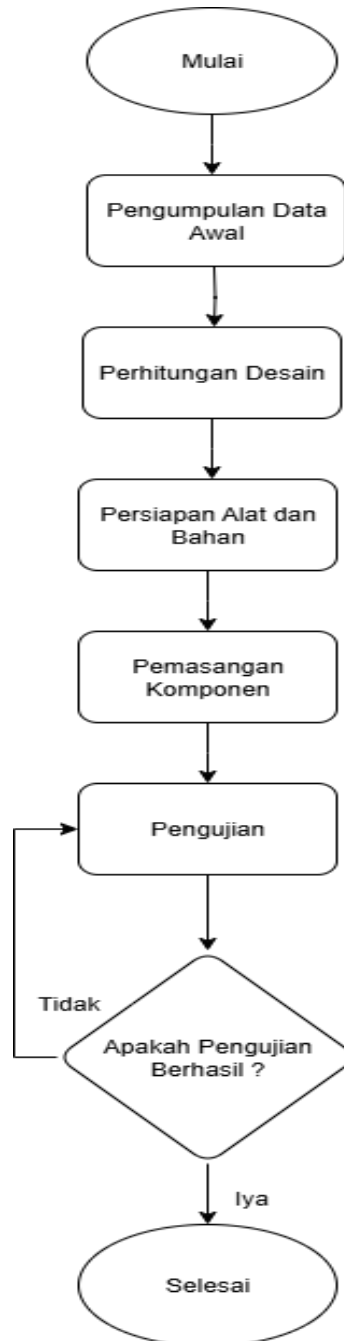
Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin tipe *hopper* memiliki konstruksi sederhana namun kurang efektif dalam menjaga kestabilan suhu mesin, terutama saat mesin beroperasi pada beban tinggi dan durasi panjang. Sebaliknya, sistem radiator dengan bantuan pompa dan kipas memiliki kemampuan disipasi panas yang lebih baik dan mampu mempertahankan suhu kerja mesin dalam rentang optimal. Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa penerapan sistem radiator dapat meningkatkan efisiensi termal mesin dan mengurangi konsumsi bahan bakar.

Berdasarkan dari tinjauan pustaka tersebut, penulis melakukan perancangan dan implementasi sistem pendingin radiator sebagai pengganti sistem *hopper* pada mesin diesel Nishikawa R180, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi pendinginan, menjaga kestabilan suhu kerja mesin, serta membandingkan kinerja mesin sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi sistem pendingin.

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Perancangan

### 3.2 Pengumpulan Data Awal

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Diesel

Spesifikasi	Keterangan
Diameter x Langkah	80mm x 80mm
Daya Kerja	5 Kw / 2600 Rpm
Daya Maksimum	5.7 Kw / 2600 Rpm
Bobot	72 kg
Sistem Pendingin	<i>Hooper Cooling</i>
Isi Tangki Hooper	7.5 Liter
Sistem Bahan Bakar	Injeksi Tidak Langsung (IDI)

Tabel 3.2 Karakteristik Sistem Hooper Cooling

Aspek	Deskripsi
Cara Kerja	Air di dalam tangki hopper menyerap panas dari blok mesin secara langsung. Karena air tidak bersirkulasi (non-radiator), hanya bergantung pada konveksi alami dan penguapan.
Kelebihan	-Sederhana -Tidak memerlukan pompa air -Mudah perawatan
Kekurangan	-Efisiensi pendinginan rendah -Tidak cocok untuk beban tinggi dan operasi lama -Air cepat habis karena penguapan -Risiko <i>overheat</i> lebih tinggi
Penggunaan Ideal	Mesin stasioner ringan-menengah, pompa air, penggilingan kecil, dan traktor manual

### 3.3 Perhitungan Desain

#### 3.3.1 Perhitungan Panas yang Dihasilkan dan Harus Dibuang Radiator

Dalam proses pembakaran mesin diesel, tidak semua energi hasil pembakaran dikonversi menjadi kerja. Sebagian besar energi terbuang sebagai panas, yang perlu dikendalikan melalui sistem pendingin. Menurut Heywood (1988), sekitar 30–40% dari energi total pembakaran terbuang melalui sistem pendingin.

Diketahui total panas sisa dari mesin sebesar 11,67 kW. Jika diasumsikan 70% panas dibuang oleh radiator, maka:

$$Q_{\text{radiator}} = f \times Q_{\text{total}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$Q_{\text{radiator}} = 0.7 \times 11.67 \text{ kW} = 8.169 \text{ kW}$$

Dengan demikian, radiator perlu mampu membuang panas sebesar 8.169 kW agar suhu mesin tetap stabil.

#### 3.3.2 Data Radiator Mx New 135 dan Vario 110

Radiator referensi yang digunakan adalah radiator motor MX New 135.

Data dimensinya sebagai berikut:

Yamaha New Jupiter MX 135	
Mesin	134,4 cc (8,2 cu in) silinder-tunggal, 4-langkah, berpendingin cairan, SOHC, 4-katup
Daya	12,34 hp (9,20 kW) @ 8,500 rpm
Torsi	8,95 lb·ft (12,13 N·m) @ 6,000 rpm
Jenis penyalaan	CDI

Gambar 3.2 Spesifikasi Yamaha New Jupiter MX 135



Gambar 3.3 Radiator MX New 135

Sebagai acuan desain, digunakan data radiator dari Yamaha New Jupiter MX 135 yang memiliki mesin berkapasitas 134,4 cc dengan daya maksimum 9,20 kW pada 8.500 rpm. Radiator bawaan motor ini dirancang untuk menyalurkan panas mesin dengan daya keluaran mendekati kebutuhan pelepasan panas mesin diesel Nishikawa R180.

$$Q_{total} = \frac{P}{\eta} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana : P = daya kerja mesin = 9.2 kW

$\eta$  = efisiensi termal mesin

jadi , panas yang dihasilkan oleh mesin adalah

$$Q_{total} = \frac{P}{\eta} = \frac{9.2 \text{ kW}}{0.30} = 30.66 \text{ kW}$$

$Q_{radiator} = f \times Q_{total}$  , Dimana :  $f$  = fraksi panas yang dibuang oleh radiator 30,66 kW – 9.2 kW = 21,46 kW

jadi , kita asumsikan 70% dari panas total yang dibuang melalui radiator , maka :

$$Q_{radiator} = 0.7 \times 21,46 \text{ kW} = 15,02 \text{ kW}$$

Diketahui : Panjang = 13.7 cm > 0.137 m

Tinggi = 18.5 cm > 0.185 m

Lebar = 2.7 cm > 0.027 m

Jumlah jalur air = 12

Jumlah kolom = 13

Jumlah sirip/kolom = 72

Jarak antar kolom = 1 cm > 0.01 m

Diameter pipa air = 1 cm > 0.01 m

Mencari nilai  $A_{pipatotal}$  dan  $A_{siriptotal}$

$A_{pipa} = \text{Panjang pipa} \cdot \pi \cdot \text{diameter pipa}$

$$= 0.185 \times 3.14 \times 0.01$$

$$= 0.005809 \text{ m}^2$$

$A_{pipatotal} = A_{pipa} \cdot \text{Jumlah jalur air}$

$$= 0.005809 \times 12$$

$$= 0.069708 \text{ m}^2$$

$A_{sirip} = \text{Panjang sirip} \cdot \text{lebar sirip}$

$$= 0.01 \times 0.027$$

$$= 0.00027 \text{ m}^2$$

$A_{sirip/kolom} = A_{sirip} \cdot \text{Jumlah sirip/kolom}$

$$= 0.00027 \times 72$$

$$= 0.01944 \text{ m}^2$$

$A_{siriptotal} = A_{sirip/kolom} \cdot \text{Jumlah kolom}$

$$= 0.01944 \times 13$$

$$= 0.25272 \text{ m}^2$$

$A_{total} = A_{siriptotal} + A_{pipatotal}$

$$= 0.069708 + 0.25272$$

$$= 0.322428 \text{ m}^2$$

**Mencari nilai U**

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{inside}} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_{outside}} + Rf \dots\dots\dots(3.3)$$

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan (W/m<sup>2</sup>K)

H<sub>inside</sub> = koefisien perpindahan panas konveksi pada bagian dalam (W/m<sup>2</sup>K)

H<sub>outside</sub> = koefisien perpindahan panas konveksi pada bagian luar (W/m<sup>2</sup>K)

Δx = ketebalan dinding material ( 0.002 m )

K = konduktivitas termal dinding aluminium = ( 204 W/mk )

Rf = Fouling factor = 0.00035

**Properti termofisik fluida antara campuran Air dan Ethylene Glicol**

Viscositas = 0.0012 Pa.s

Densitas = 1057 kg/m<sup>3</sup>

Konduktivitas Termal = 0.40 W/mK

Spesifik Heat = 3.596 Kj/Kg C

**Properti termofisik fluida Udara**

Viscositas = 0.000019 Pa.s

Densitas = 1067 kg/m<sup>3</sup>

Konduktivitas Termal = 0.028 W/mK

Spesifik Heat = 1.006 kJ/Kg C

### Perhitungan $H_{inside}$

Diameter Hidrolik

$$D_h = D_{inner} - 2 \cdot 0.002 = 0.006 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{3,14}{4} (0,006)^2 = 0,00033912 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran air ( asumsi 1 m/s )

$$A = N_{jalur} \cdot A_{pipa} = 12 \cdot 0.00002826 = 0.00033912 \text{ m}^2$$

$$\text{laju aliran volumetrik ( } \dot{V} \text{ )} = v \cdot A = 1 \cdot 0.00033912$$

$$= 0.00033912 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m = 1057 \cdot \dot{V} = 0.36 \text{ kg/s}$$

Reynolds Number

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Re = \frac{1057 \cdot 1 \cdot 0,006}{0,0012} = 5285$$

Bilangan Prandtl ( Pr )

$$Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{k} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$Pr = \frac{0,0012 \cdot 3596}{0,4} = 10.788$$

Nusselt Number

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$Nu = 0.023 \cdot 5285^{0.8} \cdot 10.788^{0.4}$$

$$Nu = 56.46$$

$$h_{inside} = \frac{k_{water}}{D} Nu_{water} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$h_{inside} = \frac{0,4 \cdot 56 \cdot 46}{0,006} = 3764 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Perhitungan $H_{\text{outside}}$

Kecepatan aliran udara ( 5 m/s )

Laju aliran volumetrik udara ( $\dot{V}$ ) = v .  $A_{\text{udara}}$

$$= 5 \cdot 0.046 = 0.23 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m = 1067 \cdot \dot{V} = 245,41 \text{ kg/s}$$

A = tinggi jalur air . lebar radiator . Jarak antar kolom . Jumlah kolom . Jumlah sirip/  
kolom

$$A = 0.185 \cdot 0.027 \cdot 0.01 \cdot 13 \cdot 72$$

$$A = 0.046 \text{ m}^2$$

Reynolds Number

$$Re = \frac{\rho V L_c}{\mu} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$Re = \frac{1067 \cdot 5 \cdot 0,01}{0,000019} = 2.807.894$$

Nusselt Number

$$Nu = C Re^m Pr^n \dots\dots\dots (3.9)$$

$$C = 0,023$$

$$m = 0,8$$

$$n = 0,37$$

$$Nu = 0,023 \cdot 2.807.894^{0,8} \cdot 0,71^{0,37}$$

$$Nu = 2.916,85$$

$$h_{\text{outside}} = \frac{0,028 \cdot 2.916,85}{0,01} = 8.164,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Perhitungan Nilai U

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan (W/m<sup>2</sup>K)

H<sub>inside</sub> = koefisien perpindahan panas konveksi pada bagian dalam (W/m<sup>2</sup>K)

H<sub>outside</sub> = koefisien perpindahan panas konveksi pada bagian luar (W/m<sup>2</sup>K)

Δx = ketebalan dinding material ( 0.002 m )

K = konduktivitas termal dinding aluminium = ( 204 W/mk )

R<sub>f</sub> = Fouling factor = 0.00035

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{\text{inside}}} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_{\text{outside}}} + R_f$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{3764} + \frac{0,002}{204} + \frac{1}{8164,8} + 0,00035$$

$$\frac{1}{U} = 0.00026567 + 0.0000098 + 0.00012248 + 0,00035$$

$$\frac{1}{U} = 0.00074795$$

$$U = \frac{1}{0.00074795} = 1336.98 \text{ W/m}^2\text{k}$$

### Panas Q yang bisa dibuang oleh radiator

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{MD}$$

$$Q = 1336.98 \cdot 0.322428 \cdot 50^\circ\text{C}$$

$$Q = 21,553 \text{ kW}$$



Gambar 3.4 Radiator Vario 110

Vario 110 dilengkapi dengan mesin 109cc berpendingin udara dengan sistem karburator. Mesin ini mampu menghasilkan tenaga maksimal sebesar 7,94 PS pada 7.500 rpm. Dalam satuan HP (*Horsepower*) setara dengan sekitar 7,82 HP.

$$Q_{\text{total}} = \frac{P}{\eta}$$

Dimana :  $P$  = daya kerja mesin = 5.75 kW

$\eta$  = efisiensi termal mesin

jadi , panas yang dihasilkan oleh mesin adalah

$$Q_{\text{total}} = \frac{P}{\eta} = \frac{5.75 \text{ kW}}{0.30} = 19.166 \text{ kW}$$

$Q_{\text{radiator}} = f \times Q_{\text{total}}$  , Dimana :  $f$  = fraksi panas yang dibuang oleh radiator

$$19.166 \text{ kW} - 5.75 \text{ kW} = 13.41 \text{ kW}$$

jadi , kita asumsikan 70% dari panas total yang dibuang melalui radiator , maka :

$$Q_{\text{radiator}} = 0.7 \times 13.41 \text{ kW} = 9.39 \text{ kW}$$

Diketahui : Panjang = 13 cm > 0.13 m

Tinggi = 15 cm > 0.15 m

Lebar = 1.5 cm > 0.015 m

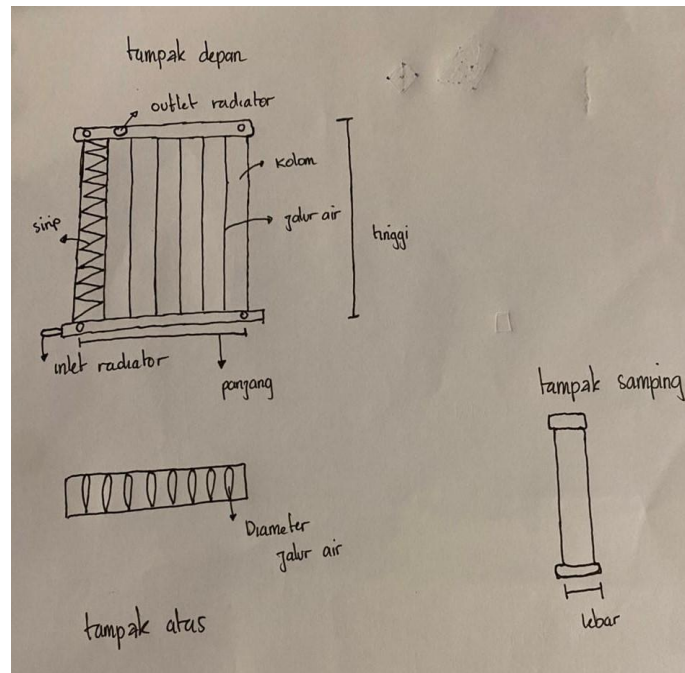
Jumlah jalur air = 14

Jumlah kolom = 15

Jumlah sirip/kolom = 48

Jarak antar kolom = 1 cm > 0.01 m

Diameter pipa air = 1 cm > 0.01 m



Gambar 3.5 Skematik Radiator

**Mencari nilai  $A_{pipatotal}$  dan  $A_{siriptotal}$**

$$\begin{aligned}
 A_{pipa} &= \text{Panjang pipa} \cdot \pi \cdot \text{diameter pipa} \\
 &= 0.15 \cdot 3.14 \cdot 0.01 \\
 &= 0.00471 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{pipatotal} &= A_{pipa} \cdot \text{Jumlah jalur air} \\
 &= 0.00471 \cdot 14 \\
 &= 0.06594 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sirip} &= \text{Panjang sirip} \cdot \text{lebar sirip} \\
 &= 0.01 \cdot 0.015 \\
 &= 0.00015 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sirip/kolom} &= A_{sirip} \cdot \text{Jumlah sirip/kolom} \\
 &= 0.00015 \cdot 48 \\
 &= 0.0072 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{siriptotal}} &= A_{\text{sirip/kolom}} \cdot \text{Jumlah kolom} \\
 &= 0.0072 \cdot 15 \\
 &= 0.108 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{total}} &= A_{\text{siriptotal}} + A_{\text{pipatotal}} \\
 &= 0.06594 + 0.108 \\
 &= 0.17394 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

#### **Panas Q yang bisa dibuang oleh radiator**

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta TMD$$

$$Q = 1336.98 \cdot 0.17394 \cdot 50^\circ\text{C}$$

$$Q = 11.62 \text{ Kw}$$





### **3.4 Pemilihan Radiator yang Digunakan**





Setelah melakukan analisis dan ketersediaan komponen di pasaran, dipilih radiator Honda Vario 110 sebagai komponen aktual yang digunakan dalam perancangan sistem pendingin. Radiator ini memiliki ukuran dan kapasitas pendinginan yang paling mendekati kebutuhan yang di gunakan karena dengan modifikasi yang kita butuhkan untuk membuang panas sebesar 8.169 kW menggunakan radiator vario 110 yang mampu untuk membuang panas sebesar 11.62 kW cocok untuk proses modifikasi ini.


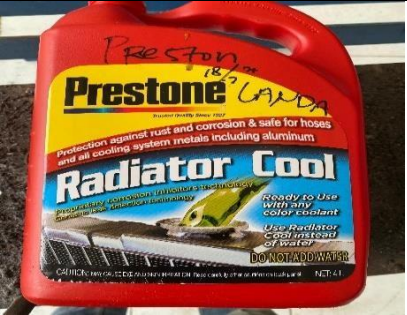


### 3.5 Alat dan Bahan


Peralatan dan bahan merupakan pendukung untuk menyelesaikan tugas akhir. Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan.

Tabel 3.3 Peralatan Perancangan

No	Alat dan Bahan	Gambar	Fungsi Alat dan Bahan
1.	Mesin Diesel		Mesin yang akan dimodifikasi sistem pendinginnya.
2.	Radiator		Radiator berbahan aluminium dengan kapasitas pendinginan yang sesuai
3.	Pompa Air		Untuk mengalirkan cairan pendingin melalui radiator.
4.	Pipa dan Selang		Pipa untuk jalur sirkulasi cairan pendingin

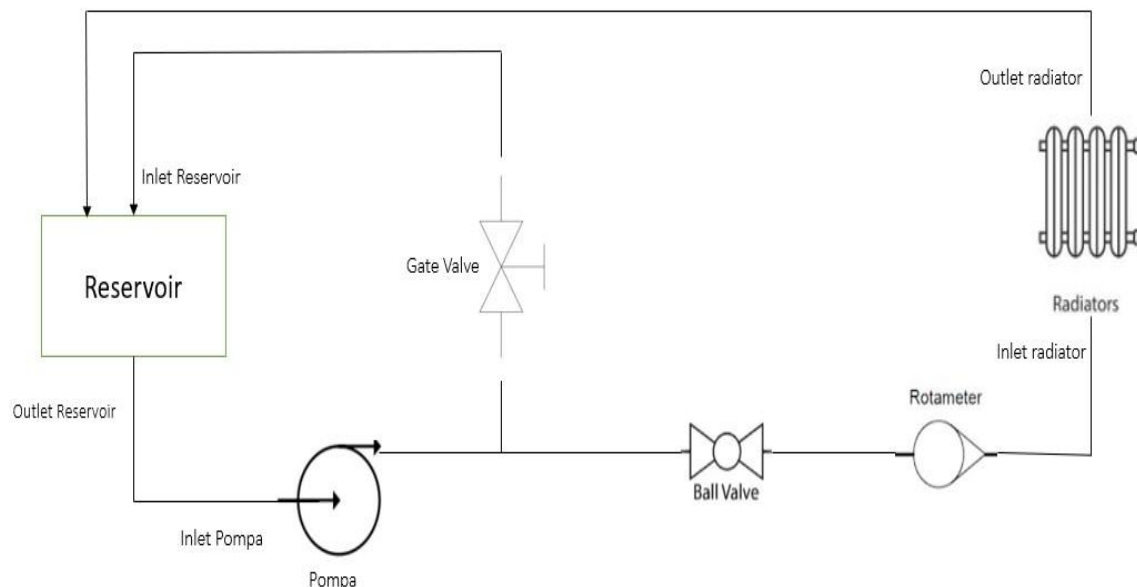
No	Alat dan Bahan	Gambar	Fungsi Alat dan Bahan
5.	Electric Fan		<p>Untuk memperkuat sirkulasi udara melintasi sirip radiator, terutama saat mesin diam atau bergerak lambat.</p>
6.	Tabung Reservoir		<p>Untuk tempat cadangan cairan pendingin serta sebagai indikator volume cairan ketika sistem dalam kondisi panas dan dingin.</p>
7.	Thermogun		<p>Untuk mengukur suhu pada mesin diesel sebelum dan sesudah modifikasi.</p>
8.	Gelas Ukur		<p>Untuk mengukur bahan bakar yang digunakan sebelum dan sesudah modifikasi</p>

No	Alat dan Bahan	Gambar	Fungsi Alat dan Bahan
9.	Kunci dan Peralatan Mekanik		Untuk pemasangan radiator , pompa air dan modifikasi mesin.
10.	Cairan Pendingin (Coolant)		Untuk sirkulasi dalam radiator.
11.	Tachometer		Untuk mengetahui RPM pada Mesin Diesel.
12.	Bahan Bakar Diesel		Untuk menjalankan mesin selama pengujian.

No	Alat dan Bahan	Gambar	Fungsi Alat dan Bahan
13.	Timer atau Stopwatch		Untuk mengukur durasi pengujian.

### 3.6 Desain Modifikasi Pemasangan

Skematik flow loop pada desain modifikasi adalah sebagai berikut



Gambar 3.6 Skematik flow loop

Sistem pendingin yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil modifikasi dari sistem *hopper* menjadi sistem radiator aktif yang dilengkapi dengan *electric fan*, *water pump*, dan tabung *reservoir*. Tahapan pemasangan dilakukan secara bertahap dan sistematis untuk memastikan bahwa seluruh komponen terpasang dengan benar, aman, dan berfungsi optimal. Berikut adalah tahapan pemasangannya:

### 3.6.1 Proses Modifikasi

Tahapan proses modifikasi adalah sebagai berikut

Step 1 Pembuatan dudukan radiator



Step 2 Pemasangan radiator



Step 4 Pemasangan pompa air



Step 3 Pemasangan kipas elektrik



### a. Pembuatan Dudukan Radiator



Gambar 3.7 Pembuatan dudukan radiator

Pembuatan dudukan radiator merupakan bagian penting dalam memastikan suhu kondisi stabil mesin sistem pendingin. Dudukan harus kuat, tahan getaran, dan dapat menahan beban radiator beserta cairannya.

**Pembuatan dudukan:** Dudukan dibuat dari besi dengan ketebalan sekitar 1,5 mm. Panjang dan lebar dudukan disesuaikan dengan ukuran radiator.

Tahapan pemasangan:

**Penempatan dudukan:** Dudukan ditempatkan pada bagian yang cukup dan strategis agar tidak mengganggu ketika proses running mesin.

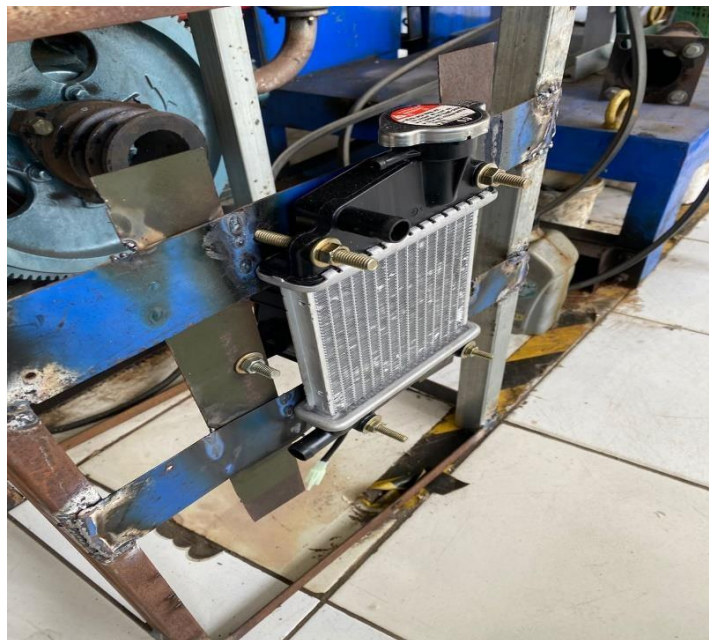
## b. Pemasangan Radiator

Radiator berfungsi sebagai alat utama pelepas panas dari cairan . Radiator yang digunakan berasal dari sepeda motor Honda Vario 110 karena memiliki dimensi yang kompak, bobot ringan, serta dirancang untuk sistem pendingin tertutup aktif.

Langkah-langkah pemasangan radiator:

**Penentuan posisi pemasangan:** Posisi dipilih agar radiator mendapat aliran udara langsung dan memudahkan integrasi dengan electric fan. Posisi ini juga meminimalkan panjang selang dan mempermudah pemasangan.

**Pemasangan radiator:** Radiator kemudian dipasang pada dudukan dengan baut , dikencangkan secara menyilang agar rata dan tidak merusak struktur. Jalur inlet dan outlet radiator diorientasikan agar sejajar dengan arah aliran cairan pendingin.



Gambar 3.8 Pemasangan radiator

### c. Pemasangan Electric Fan

*Electric fan* bertugas memperkuat sirkulasi udara melintasi sirip radiator, terutama saat mesin diam atau bergerak lambat. *Electric fan* yang digunakan juga berasal dari sistem pendingin vario. Berikut langkahnya :

**Penentuan posisi:** *Fan* diletakkan di belakang radiator (menghadap ke mesin) dalam konfigurasi "***pulling***" (menarik udara dari depan radiator ke belakang). Ini membantu menjaga efisiensi pendinginan dan menghindari gangguan aliran udara alami.

**Pembuatan *bracket fan*:** Bracket fan dibuat dari plat besi tipis yang dibentuk sesuai dudukan *fan*. *Bracket* ini dihubungkan ke *frame* radiator menggunakan baut kecil atau las titik.

**Pemasangan *fan*:** *Fan* ditempatkan pada posisi yang telah ditentukan dan dikencangkan menggunakan mur dan baut . Perlu diperhatikan jarak antara baling-baling *fan* dan permukaan radiator agar tidak terjadi kontak langsung.

**Koneksi kelistrikan:** *Electric fan* dihubungkan ke sistem kelistrikan menggunakan kabel tembaga, dengan relay 12V serta *thermoswitch* sebagai pengontrol otomatis. Kabel disusun rapi dan dilindungi dengan selongsong kabel.



Gambar 3.9 Pemasangan *Electric fan*

#### d. Pemasangan Pompa Air

*Water pump* (pompa air) digunakan untuk mensirkulasikan cairan pendingin dari mesin menuju radiator dan kembali ke mesin. Pompa yang digunakan adalah jenis *MOSWELL centrifugal pump* dengan debit aliran sekitar 30 L/min. Berikut langkah pemasangan:

**Penempatan pompa:** Pompa dipasang di jalur antara outlet air dari mesin menuju inlet radiator. Posisi pompa dipilih agar dekat dengan radiator namun tetap terlindung dari panas langsung dan getaran berlebih.

**Pemasangan selang:** Pompa dihubungkan dengan selang radiator dari dan ke mesin menggunakan *hose clamp* untuk mencegah kebocoran.

**Uji coba pompa:** Setelah dipasang, dilakukan pengujian untuk memastikan pompa dapat mengalirkan cairan pendingin secara kontinyu tanpa suara berisik atau getaran berlebih serta adanya kebocoran.



Gambar 3.10 Pemasangan Pompa air

### **3.7 Pengujian yang akan dilakukan**

Pengujian dilakukan untuk membandingkan performa mesin diesel Nishikawa R180 sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi sistem pendinginan dari tipe *hopper* menjadi tipe radiator. Dua parameter utama yang diuji adalah konsumsi bahan bakar dan suhu kondisi stabil mesin. Tujuan pengujian ini adalah untuk membuktikan bahwa sistem pendingin radiator dapat memberikan efisiensi dan performa pendinginan yang lebih baik dibandingkan sistem *hopper*.

#### **3.7.1 Pengujian Komsumsi Bahan Bakar**

Pengujian konsumsi bahan bakar bertujuan untuk mengetahui efisiensi bahan bakar yang digunakan mesin dalam kondisi standar (*hopper*) dan setelah dimodifikasi (radiator).

Berikut adalah prosedur pengujian nya :

##### **Persiapan Mesin:**

1. Pastikan mesin dalam kondisi bersih dan siap pakai.
2. Lakukan pemeriksaan awal terhadap sistem bahan bakar, termasuk filter dan selang.
3. Kosongkan tangki bahan bakar utama untuk diganti dengan sistem pengukuran berbasis gelas ukur.

##### **Modifikasi Sistem Pendingin:**

1. Gantilah sistem pendingin *hopper* menjadi radiator lengkap dengan kipas elektrik dan *water pump*.
2. Pastikan sistem radiator terpasang dengan benar dan tidak mengalami kebocoran.

##### **Pengukuran pada Sistem Radiator:**

1. Ulangi langkah pengukuran bahan bakar sama seperti sebelumnya menggunakan radiator sebagai sistem pendingin.
2. Gunakan volume bahan bakar yang sama (250 ml) dan waktu yang diperlukan mesin untuk mencapai suhu optimal.
3. Catat waktu penghabisan bahan bakar dan hitung rata-ratanya.

### **Perhitungan dan Analisis:**

1. Hitung laju konsumsi bahan bakar dalam satuan ml/menit.
2. Bandingkan hasil antara sistem *hopper* dan radiator untuk melihat perbedaan efisiensinya.

### **3.7.2 Pengujian Suhu Kondisi Stabil Mesin**

Untuk mengevaluasi kemampuan sistem pendingin dalam menjaga temperatur kerja mesin selama waktu operasi tertentu. Suhu kondisi stabil mesin berperan penting dalam mencegah *overheating*, menjaga kinerja optimal, dan memperpanjang umur mesin.

Berikut prosedur Pengujian nya :

#### **Persiapan Mesin dan Instrumen:**

1. Pastikan mesin berada dalam kondisi baik dan semua komponen telah diperiksa.
2. Ukur suhu menggunakan thermogun di bagian kepala silinder atau blok mesin yang dekat dengan ruang bakar.
3. Siapkan stopwatch untuk mencatat waktu kapan suhu mesin mencapai suhu optimal di 90<sup>0</sup>C setiap 3 menit sekali.

#### **Pengujian pada Sistem Radiator:**

1. Setelah sistem dimodifikasi, nyalakan mesin dengan pendingin radiator.
2. Jalankan mesin sampai menyentuh suhu optimal di 90<sup>0</sup>C setiap 3 menit sekali.
3. Set kipas menyala ketika suhu air mencapai 80<sup>0</sup>C dan kipas mati ketika suhu dibawah 80<sup>0</sup>C.
4. Lakukan Pengujian selama 3 kali dengan aliran pompa air terbuka penuh , terbuka setengah , dan terbuka seperempat.
5. Pastikan kipas radiator aktif dan sistem tidak mengalami kebocoran.

**Analisis Hasil:**

1. Buat grafik hubungan antara waktu dan temperatur mesin.
2. Buat grafik hubungan antara aliran terbuka penuh , terbuka setengah , dan terbuka seperempat.
3. Bandingkan grafik *hopper* dan radiator untuk melihat perbedaan kestabilan suhu.
4. Evaluasi apakah sistem radiator mampu menjaga suhu mesin agar tetap stabil dan tidak mengalami lonjakan yang membahayakan.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan Sistem Pendingin

Perancangan sistem pendingin merupakan tahap penting dalam penelitian ini karena bertujuan untuk membuktikan bahwa sistem radiator lebih unggul dibandingkan dengan sistem *hooper* yang selama ini digunakan pada mesin diesel uji. Pada sistem *hooper*, pendinginan dilakukan dengan menampung air dalam sebuah tabung *reservoir* terbuka yang menyelimuti silinder mesin. Panas dari hasil pembakaran dilepaskan ke air melalui konduksi dinding silinder, kemudian sebagian besar panas hilang ke lingkungan melalui proses evaporasi alami. Sistem ini memang sederhana dan tidak membutuhkan komponen tambahan. Namun, kelemahannya adalah tidak adanya mekanisme pengaturan suhu. Akibatnya, suhu air dalam *hooper* akan terus naik seiring waktu sampai mendidih. Kondisi ini menyebabkan mesin bekerja pada temperatur yang tidak stabil dan berisiko mengalami overheating, yang pada jangka panjang dapat mempercepat kerusakan komponen.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, dilakukan modifikasi sistem pendingin menjadi sistem radiator. Prinsip kerja radiator adalah sirkulasi tertutup: coolant dipompa keluar dari mesin, dialirkan sebagian ke radiator dan langsung kembali *reservoir (system bypass)* lalu kembali lagi ke mesin setelah panasnya dilepas ke udara melalui sirip radiator. Pada sistem ini, terdapat tambahan pompa coolant dan kipas pendingin yang membantu mempercepat pelepasan panas. Keunggulan radiator adalah mampu menjaga *thermal equilibrium balance*, yaitu kondisi di mana panas yang dihasilkan mesin seimbang dengan panas yang dilepas ke lingkungan, sehingga suhu mesin stabil di sekitar suhu kerja optimal (85–95°C).

Dalam rancangan ini, radiator dipadukan dengan sistem *bypass* yang memungkinkan pengaturan variasi aliran coolant:

1. Full open (100%) → semua coolant dialirkan dari pompa ke radiator dan *reservoir*. Cocok untuk kondisi ketika mesin menghasilkan panas tinggi atau membutuhkan pendinginan lebih cepat.
2.  $\frac{1}{2}$  open (50%) → sebagian coolant dialirkan dari pompa ke radiator dan *reservoir*. Kondisi ini memberikan keseimbangan antara pendinginan dan suhu kondisi stabil mesin.
3.  $\frac{1}{4}$  open (25%) → hanya sebagian kecil aliran dari pompa ke radiator dan *reservoir*. Digunakan untuk memperlambat pendinginan agar mesin tidak terlalu lama mencapai suhu kerja.

Setiap variasi bukaan pompa diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap waktu mencapai suhu optimal (90 °C) dan konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, rancangan ini tidak hanya membandingkan radiator dengan *hooper*, tetapi juga mencari konfigurasi radiator yang paling ideal dalam menjaga suhu kondisi stabil mesin sekaligus efisiensi bahan bakar.

## 4.2 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa sistem pendingin mesin diesel dengan dua pendekatan berbeda, yaitu sistem *hooper* dan sistem radiator. Parameter utama yang diamati adalah suhu kondisi stabil mesin, perubahan suhu pendingin terhadap waktu dan konsumsi bahan bakar kumulatif hingga mesin mencapai suhu kerja optimal pada 90 °C.

Metode pengukuran dilakukan dengan cara:

1. Menyalakan mesin pada beban tetap.
2. Mencatat suhu air pendingin, bahan bakar yang terpakai, dan suhu mesin pada blok mesin setiap interval 3 menit menggunakan sensor termometer digital, termogun, dan gelas ukur.
3. Pada sistem radiator, pengujian dihentikan saat suhu mencapai 90 °C. Sedangkan pada sistem *hooper*, pengujian dilanjutkan hingga 45 menit untuk melihat kecenderungan suhu jangka panjang.

Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antara sistem *hooper* dan radiator. Pada sistem *hooper*, suhu naik cepat hingga melewati 100 °C, sedangkan pada radiator suhu berhenti naik setelah mendekati 90 °C. Hal ini menandakan radiator mampu mencapai *thermal equilibrium balance*, sementara *hooper* tidak.

#### **a. Sistem Radiator Full Open (100%)**

Pada kondisi ini, seluruh aliran coolant diarahkan ke radiator dan reservoir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mencapai suhu optimal 90 °C pada menit ke-21 dengan konsumsi bahan bakar sebesar 170 mL.

Keunggulan dari konfigurasi full open adalah waktu pemanasan yang relatif cepat. Pendinginan berlangsung maksimal karena aliran fluida yang besar melewati radiator sehingga panas cepat dilepas. Namun, konsekuensi dari laju pendinginan yang tinggi adalah konsumsi bahan bakar yang lebih banyak pada fase awal, karena mesin memerlukan energi lebih besar untuk mempertahankan kenaikan suhu menuju titik kerja.

Kondisi ini cocok diterapkan bila mesin digunakan pada beban tinggi atau dalam situasi yang menuntut suhu kondisi stabil mesin pendinginan yang kuat. Namun, untuk operasi normal, konsumsi bahan bakar yang relatif lebih tinggi dapat menjadi kelemahan.

#### **b. Sistem Radiator ½ Open (50%)**

Pada kondisi ini, sebagian aliran coolant diarahkan ke radiator dan *reservoir*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin mencapai suhu 90 °C pada menit ke-24 dengan konsumsi bahan bakar 170 mL.

Kelebihan utama variasi ini adalah suhu kondisi stabil mesin. Karena pendinginan tidak seagresif full open, laju kenaikan suhu lebih terkontrol, sehingga mesin berangsur-angsur mencapai suhu kerja tanpa konsumsi bahan bakar berlebih.

Berdasarkan perhitungan standar deviasi suhu, kondisi  $\frac{1}{2}$  open menunjukkan fluktuasi suhu paling kecil dibandingkan variasi lain. Hal ini membuktikan bahwa sistem ini paling ideal dalam menjaga keseimbangan antara laju pemanasan, konsumsi bahan bakar, dan kestabilan suhu kerja. Oleh karena itu,  $\frac{1}{2}$  open dapat direkomendasikan sebagai kondisi operasi terbaik untuk penggunaan normal.

**c. Sistem Radiator  $\frac{1}{4}$  Open (25%)**

Pada kondisi ini, hanya sebagian kecil aliran coolant yang diarahkan ke radiator dan reservoir. Mesin mencapai suhu 90 °C pada menit ke-23 dengan konsumsi bahan bakar 170 mL.

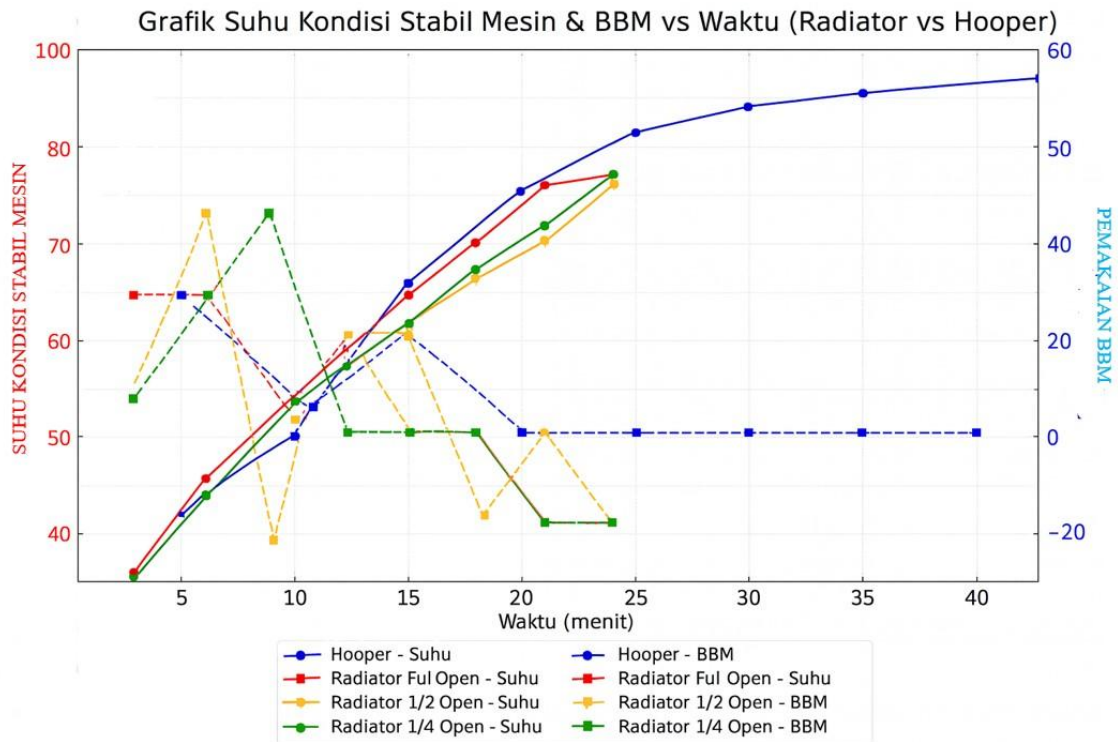
Kecepatan pencapaian suhu berada di antara full open dan  $\frac{1}{2}$  open. Kondisi ini memberikan kompromi antara waktu pemanasan dan konsumsi bahan bakar. Namun, karena laju pendinginan lebih kecil, suhu mesin cenderung naik lebih cepat dibanding  $\frac{1}{2}$  open. Meski masih mampu menjaga suhu pada titik kerja, kestabilan suhunya sedikit lebih rendah dibandingkan kondisi  $\frac{1}{2}$  open.

Variasi  $\frac{1}{4}$  open dapat dipertimbangkan untuk kondisi ketika dibutuhkan kompromi antara efisiensi dan kecepatan mencapai suhu kerja, namun bukan pilihan terbaik jika prioritas utama adalah menjaga suhu kondisi stabil mesin jangka panjang.

Tabel 4.1 Tabel Flowrate

Full open	$\frac{1}{2}$ open	$\frac{1}{4}$ open
Sekitar 12 – 13 L/min	10 – 11 L/min	7 – 8 L/min

### 4.3 Analisis dan Pembahasan



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan BBM dan Suhu Kondisi Stabil Mesin Radiator dan *Hooper* Terhadap Waktu

### 4.3.1 Analisis Suhu Kondisi Stabil Mesin

Hasil pengujian menunjukkan perbedaan yang sangat mencolok antara sistem *hooper* dan radiator.

1. Sistem *Hooper*: suhu naik cepat hingga 90 °C pada menit ke-20, tetapi tidak berhenti di sana. Suhu terus meningkat sampai melewati 101 °C pada menit ke-45. Hal ini menandakan bahwa sistem *hooper* tidak mampu mencapai keseimbangan panas (*thermal equilibrium balance*). Mesin yang bekerja dengan *hooper* cenderung terus mengalami akumulasi panas, sehingga operasi jangka panjang tidak stabil dan berisiko menyebabkan *overheating*.
2. Sistem Radiator: berbeda dengan *hooper*, ketiga variasi radiator menunjukkan kecenderungan suhu berhenti naik setelah mencapai 90–91 °C. Hal ini membuktikan radiator mampu mencapai *equilibrium thermal balance*, yaitu kondisi di mana panas yang dihasilkan mesin sama dengan panas yang dilepaskan radiator. Mesin menjadi lebih stabil, aman, dan efisien dalam jangka panjang.

Di antara variasi radiator, kondisi  $\frac{1}{2}$  open memiliki kenaikan suhu yang paling terkontrol dengan fluktuasi suhu paling kecil, menandakan menjaga suhu kondisi stabil mesin terbaik. Kondisi full open mencapai suhu kerja lebih cepat tetapi laju pendinginan terlalu tinggi sehingga konsumsi BBM meningkat. Sedangkan  $\frac{1}{4}$  open lebih cepat daripada  $\frac{1}{2}$  open, namun suhu kondisi stabil mesinnya tidak sebaik  $\frac{1}{2}$  open.

Perbedaan menjaga suhu kondisi stabil mesin pada variasi radiator tidak hanya dipengaruhi oleh bukaan valve, namun juga oleh besar kecilnya debit aliran fluida pendingin. Pada kondisi full open, debit aliran berada pada kisaran 12–13 L/min, sehingga pendinginan berlangsung sangat agresif. Hal ini membuat suhu mesin cepat turun, tetapi menyebabkan fluktuasi suhu lebih besar karena cairan pendingin tidak cukup lama berada di dalam radiator untuk melepas panas secara optimal.

Pada kondisi  $\frac{1}{2}$  open, debit aliran berada pada kisaran 10–11 L/min. Nilai ini terbukti menjadi titik keseimbangan terbaik, di mana pelepasan panas sebanding dengan panas yang dihasilkan mesin. Akibatnya, suhu dapat dipertahankan stabil di kisaran 90–92 °C.

Sementara itu, pada kondisi  $\frac{1}{4}$  open, debit aliran sekitar 7–8 L/min, di mana pendinginan menjadi lebih lambat sehingga akumulasi panas lebih tinggi. Suhu tetap dapat mencapai titik kerja tetapi suhu kondisi stabil mesinnya tidak sebaik pada variasi  $\frac{1}{2}$  open.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa debit aliran sekitar 10–11 LPM di pengaturan  $\frac{1}{2}$  open memberikan kemampuan pelepasan panas paling optimal untuk mencegah *overheating*.

### **4.3.2 Analisis Konsumsi Bahan Bakar**

Selain suhu kondisi stabil mesin, konsumsi bahan bakar juga menjadi indikator penting untuk menilai efisiensi sistem pendingin.

1. *Hooper*: pada menit ke-20, konsumsi bahan bakar hanya sekitar 100mL, terlihat lebih hemat dibanding radiator. Namun kondisi ini tidak bagus karena setelah 20 menit mesin langsung memasuki fase *overheating* karena melewati suhu lebih dari 100°C. Dalam kondisi overheat, pembakaran tidak efisien dan berisiko meningkatkan konsumsi BBM pada jangka panjang.
2. Radiator (semua variasi): ketiga variasi radiator membutuhkan 170mL bahan bakar untuk mencapai suhu kerja (90 °C). Walaupun terlihat lebih tinggi dibanding hooper di awal, radiator justru menjaga konsumsi lebih konsisten setelah mencapai titik stabil. Dengan kata lain, radiator lebih efisien dalam jangka panjang.

Di antara variasi radiator, konsumsi BBM awal sama (170 mL), tetapi laju pemakaian berbeda. Full open lebih boros karena pendinginan agresif,  $\frac{1}{2}$  open lebih irit karena pendinginan lebih terkontrol, sementara  $\frac{1}{4}$  open berada di tengah-tengah.

Debit aliran yang berbeda pada ketiga variasi bukaan valve juga memengaruhi konsumsi bahan bakar. Pada full open dengan debit 12–13 L/min, pendinginan yang terlalu cepat membuat mesin bekerja pada suhu lebih rendah dari suhu kerja ideal, sehingga pembakaran menjadi kurang efisien dan bahan bakar cenderung lebih boros.

Pada  $\frac{1}{2}$  open dengan debit 10–11 L/min, suhu kerja mesin lebih stabil dan berada pada kondisi optimum sehingga pembakaran berlangsung sempurna. Efeknya, konsumsi bahan bakar lebih hemat dalam durasi operasi yang panjang.

Sedangkan  $\frac{1}{4}$  open dengan debit 7–8 L/min, walaupun terlihat lebih irit di awal, cenderung mengalami peningkatan suhu lebih tinggi sepanjang waktu sehingga efisiensi pembakaran menurun dibanding  $\frac{1}{2}$  open.

### 4.3.3 Analisis Laju Komsumsi Bahan Bakar

Untuk memperkuat analisis, laju konsumsi bahan bakar dihitung dalam satuan mL/menit. Untuk memperlihatkan fuel rate rata-rata ketika mencapai suhu kerja 90°C.

1. *Hooper*: 20ml / 5 menit  $\approx$  4 mL/menit. Namun setelah 20 menit, laju konsumsi cenderung meningkat akibat kondisi mesin yang tidak efisien karena overheating di temperatur 100°C.f
2. Radiator Full Open: 10mL / 5 menit  $\approx$  2 mL/menit. Laju tertinggi, sesuai dengan karakter pendinginan cepat.
3. Radiator  $\frac{1}{2}$  Open: 10mL / 5 menit  $\approx$  2 mL/menit. Laju lebih rendah dan lebih stabil  $\rightarrow$  kondisi terbaik.
4. Radiator  $\frac{1}{4}$  Open: 10 mL / 5 menit  $\approx$  2 mL/menit. Laju menengah, kompromi antara cepat dan hemat.

Hasil ini semakin menegaskan bahwa full open,  $\frac{1}{2}$  open, dan  $\frac{1}{4}$  open pada radiator sama sama bagus, karena meski waktu menuju 90 °C berbeda beda setiap variasi, laju konsumsi lebih rendah dan suhu kondisi stabil mesin lebih tinggi dalam kemampuan menjaga suhu kerja mesin diesel agar tetap berada dalam rentang optimal dan tidak mengalami fluktuasi yang besar selama operasi berlangsung.

Suhu kondisi stabil mesin diukur dari perubahan temperatur terhadap waktu. Semakin kecil kenaikan suhu setelah mencapai titik kerja, maka semakin stabil sistem pendingin tersebut. Dalam hal ini, sistem radiator dengan aliran full open,  $\frac{1}{2}$  open, dan  $\frac{1}{4}$  open menunjukkan suhu mesin yang cenderung konstan di kisaran 90–92°C, tanpa lonjakan atau penurunan tajam.

Hal ini menandakan bahwa proses pelepasan panas berjalan seimbang dengan panas yang dihasilkan mesin. Akibatnya, mesin bekerja lebih efisien, pembakaran lebih sempurna, dan konsumsi bahan bakar lebih hemat dibandingkan sistem *hopper*.

Jika ditinjau dari laju konsumsi bahan bakar per menit pada suhu kerja 90 °C, radiator full open,  $\frac{1}{2}$  open, dan  $\frac{1}{4}$  open menunjukkan kinerja baik. menghasilkan laju konsumsi yang rendah dan stabil dibandingkan sistem *hooper*, sekaligus menjaga suhu mesin tetap pada rentang kerja ideal.

Artinya, makin tepat debit aliran yang diberikan, makin optimal pembakaran dan semakin hemat konsumsi bahan bakar. Variasi  $\frac{1}{2}$  open berhasil mencapai keseimbangan antara pendinginan dan efisiensi pembakaran.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari kesimpulan hasil penelitian ini terdapat 3 poin yaitu:

1. Implementasi sistem pendingin radiator berhasil dilakukan dengan melibatkan komponen utama berupa radiator, pompa air, *electric fan*, dan *reservoir*. Sistem ini mampu berfungsi dengan baik menggantikan sistem *hopper*, di mana sirkulasi cairan pendingin berlangsung secara aktif dan mampu menjaga suhu mesin dalam rentang kerja optimal. Sistem radiator yang dirancang kompatibel dengan mesin diesel tanpa perlu melakukan perubahan pada desain utama mesin. Hal ini dibuktikan dengan keberhasilan pemasangan komponen radiator, kipas, dan pompa tanpa mengganggu konstruksi mesin yang ada.
2. Sistem radiator yang dirancang terbukti kompatibel dengan mesin diesel Nishikawa R180 tanpa perlu mengubah desain utama mesin. Proses instalasi hanya memerlukan penambahan komponen eksternal sepertiudukan radiator, sambungan selang, serta penempatan pompa dan kipas, sehingga struktur mesin tetap dipertahankan.
3. Hasil perbandingan kinerja menunjukkan bahwa sistem radiator lebih efisien dibanding sistem *hopper*. Dari sisi suhu kondisi stabil mesin, radiator dengan bukaan aliran  $\frac{1}{2}$  open menghasilkan suhu yang lebih stabil di kisaran 90–92°C, sedangkan sistem *hopper* mencapai suhu hingga >100°C. Dari sisi konsumsi bahan bakar, sistem radiator menggunakan 170mL dari 250mL bahan bakar, lebih hemat dibanding *hopper* yang menghabiskan 180mL. Dengan demikian, penggunaan radiator terbukti meningkatkan efisiensi pendinginan dan efisiensi bahan bakar mesin diesel Nishikawa R180.

## 5.2 Saran

Berikut adalah saran saya :

1. Pengujian jangka panjang perlu dilakukan dengan variasi beban mesin yang berbeda (beban ringan, sedang, dan penuh) agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa radiator terhadap konsumsi bahan bakar dan suhu kondisi stabil mesin.
2. Variasi jenis cairan pendingin (coolant) sebaiknya diuji, misalnya coolant murni, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kemampuan pelepasan panas serta efisiensi sistem pendingin.
3. Pengukuran tambahan seperti emisi gas buang dapat dilakukan pada penelitian berikutnya, sehingga efisiensi termal dan dampak lingkungan dapat dianalisis lebih detail.
4. Untuk mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan, pengulangan percobaan(uji replikasi) pada setiap variasi aliran radiator perlu dilakukan sehingga diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi yang lebih akurat .

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. I., & Wahyudi, S. (2021). *Analisis Performa Sistem Pendingin Mesin Diesel Menggunakan Radiator Aluminium pada Variasi Debit Pendingin*. Jurnal Rekayasa Mesin.
- Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2015). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill Education.
- Hosseini, S. M., & Ebrahimi, R. (2017). *Experimental Investigation of the Effect of Coolant Flow Rate on Diesel Engine Performance and Emission*. Energy Conversion and Management.
- Rahman, A., & Hidayat, R. (2022). *Perancangan Sistem Pendingin Radiator pada Mesin Diesel R180 Menggunakan Pompa Sentrifugal*. Jurnal Teknik Mesin dan Industri.
- Rupesh, K. R., & Aarthi, G. (2023). *Selection of Optimum Flow Rate of Coolant for Efficient Heat Transfer*. AIP Conference Proceedings.
- Sukoco, T., & Raharjo, A. (2019). *Perbandingan Efektivitas Sistem Pendingin Hopper dan Radiator pada Mesin Diesel Tipe R180*. Jurnal Energi dan Mesin.
- Widodo, S. (2020). *Perbandingan sistem pendingin hooper dan radiator pada mesin diesel*. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*
- Permana, A., Suryanto, H., & Lestari, T. (2018). *Penerapan radiator berbahan aluminium pada mesin diesel skala kecil*. *Jurnal Energi dan Mesin*
- Pulkrabek, W. W. (2004). *Engineering Fundamentals of the internal combustion engine (2nd ed.)*. Pearson Prentice Hall
- Kusuma, D. (2019). *Modifikasi sistem pendingin radiator dengan penambahan pompa dan kipas elektrik pada mesin diesel kecil*. *Jurnal Teknik Mesin*.
- Siregar, B. (2016). *Analisis kinerja sistem pendingin tipe hopper pada mesin diesel satu silinder*. *Jurnal Teknologi Mesin*.

## LAMPIRAN

### A. Menghitung panas yang dihasilkan oleh mesin

Mesin diesel menghasilkan panas dari proses pembakaran, sebagian diubah menjadi daya mekanis, dan sebagian lagi hilang sebagai panas.

$$Q_{\text{total}} = \frac{P}{\eta}$$

Dimana: P Daya kerja mesin = 5 kW

$\eta$  = efisiensi termal mesin

$$\frac{P}{\eta} = \frac{5 \text{ kW}}{0.30} = 16.67 \text{ kW}$$

### B. Menghitung panas yang harus dibuang radiator

$$Q_{\text{radiator}} = f \times Q_{\text{total}}$$

jadi , kita asumsikan 70% dari panas total yang dibuang melalui radiator , maka :

$$Q_{\text{radiator}} = 0.7 \times 11,67 \text{ kW} = 8,169 \text{ kW}$$

### C. Menghitung kapasitas aliran pendingin yang dibutuhkan

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T$$

Dimana: Q = heat load (8,169 kW)

m = laju aliran massa cairan pendingin

c = kapasitas panas spesifik air ( 4,186 J/Kg.K )

$\Delta T$  = perbedaan suhu antara masuk dan keluar ( misal 10° c )

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q}{c \cdot \Delta T} \\ &= \frac{8,169 \text{ kW}}{4,186 \cdot 10} \\ &= 0,19 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Dikonversi ke LPM = 0,19 x 60 = 11,4 LPM

Jadi kapasitas aliran pendingin sekitar 11,4 LPM

D. Mencari nilai aktual heat load ( Q ) yang dihasilkan

jika diketahui : laju aliran massa air = 0,19 kg/s dan  $\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$

Dengan  $c_p$  (kapasitas panas air) = 4.186 kJ/kg $^{\circ}\text{C}$  dan laju aliran massa air kita

menghitung nilai  $Q_{\text{aktual}} = Q = 0.19 \text{ kg/s} \times 4.186 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C} \times 10^{\circ}\text{C}$

Nilai aktual heat load yang dihasilkan adalah sekitar **7,953 kW**

**Mencari nilai  $\Delta T_{\text{log}}$**

Mencari nilai  $\Delta T_{\text{log}}$

$$\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

Dik =  $T_{\text{in}} = 85^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{out}} = 75^{\circ}\text{C}$   
 $T_{\text{air}} = 30^{\circ}\text{C}$

$$\Delta T_{\text{log}} = \frac{(T_{\text{in}} - T_{\text{air}}) - (T_{\text{out}} - T_{\text{air}})}{\ln \left( \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{air}}}{T_{\text{out}} - T_{\text{air}}} \right)}$$
$$= \frac{(85 - 30) - (75 - 30)}{\ln \left( \frac{85 - 30}{75 - 30} \right)} = \frac{(55 - 45)}{\ln \left( \frac{55}{45} \right)}$$
$$= \frac{10}{0,2} = 50^{\circ}\text{C}$$

A. Hasil Pengujian suhu kondisi stabil mesin

Waktu	Hooper
5	56 <sup>0</sup> C
10	65 <sup>0</sup> C
15	80.5 <sup>0</sup> C
20	90 <sup>0</sup> C
25	96 <sup>0</sup> C
30	98.6 <sup>0</sup> C
35	100.1 <sup>0</sup> C
40	101.4 <sup>0</sup> C

Waktu	Radiator aliran	Radiator aliran ½	Radiator aliran ¼
	Full open	open	open
3	49 <sup>0</sup> C	47.7 <sup>0</sup> C	47 <sup>0</sup> C
6	60 <sup>0</sup> C	58 <sup>0</sup> C	57 <sup>0</sup> C
9	67 <sup>0</sup> C	62.8 <sup>0</sup> C	65 <sup>0</sup> C
12	73 <sup>0</sup> C	70 <sup>0</sup> C	71 <sup>0</sup> C
15	79 <sup>0</sup> C	75 <sup>0</sup> C	75 <sup>0</sup> C
18	84 <sup>0</sup> C	80 <sup>0</sup> C	81 <sup>0</sup> C
21	90 <sup>0</sup> C	84 <sup>0</sup> C	86 <sup>0</sup> C
24	91 <sup>0</sup> C	90 <sup>0</sup> C	91 <sup>0</sup> C

## B. Hasil Pengujian Komsumsi BBM

Waktu	Hooper
5	30 ml
10	20 ml
15	30 ml
20	20 ml
25	20 ml
30	20 ml
35	20 ml
40	20 ml

Total yang digunakan dari 250 ml dexlite adalah 180 ml.

Waktu	Radiator aliran	Radiator aliran $\frac{1}{2}$	Radiator aliran $\frac{1}{4}$
	Full open	open	open
3	30 ml	20 ml	20 ml
6	30 ml	40 ml	30 ml
9	20 ml	10 ml	40 ml
12	30 ml	30 ml	20 ml
15	20 ml	30 ml	20 ml
18	20 ml	10 ml	20 ml
21	10 ml	20 ml	10 ml
24	10 ml	10 ml	10 ml

Total yang digunakan dari 250 ml dexlite untuk variasi radiator full open,  $\frac{1}{2}$  open,

$\frac{1}{4}$  open sama – sama menggunakan 170 ml.

## C. Aliran full open, $\frac{1}{2}$ open, $\frac{1}{4}$ open menggunakan flowmeter

Full open	$\frac{1}{2}$ open	$\frac{1}{4}$ open
Sekitar 12 – 13 L/min	10 – 11 L/min	7 – 8 L/min