

**PENGARUH VARIASI FLUIDA PENDINGIN TERHADAP
LAJU PENDINGINAN ENGINE YAMAHA NMAX**

SKRIPSI

OLEH:

ADE WAHYU NUGROHO

178130066



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)22/12/22

HALAMAN JUDUL

PENGARUH VARIASI FLUIDA PENDINGIN TERHADAP LAJU PENDINGINAN ENGINE YAMAHA NMAX

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Program
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh:
ADE WAHYU NUGROHO
NPM. 178130066

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

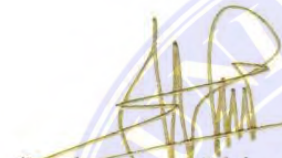
Document Accepted 22/12/22


Access From (repository.uma.ac.id)22/12/22

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Fluida Pendingin Terhadap Laju Pendinginan Engine Yamaha Nmax
Nama Mahasiswa : Ade Wahyu Nugroho
NIM : 17130066
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
Pembimbing I


(Indra Hermawan, S.T., M.T.)
Pembimbing II



DR. Rahmadisyah, S. Kom, M. Kom
Dekan



(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
Pembimbing I

Tanggal Lulus: 28 September 2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 25 Oktober 2022



(Ade Wahyu Nugroho)

NPM. 178130066

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ade Wahyu Nugroho

NPM : 178130066

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Pengaruh Variasi Fluida Pendingin Terhadap Laju Pendinginan Engine Yamaha Nmax. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan hak sebagai pemilik Hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 25 Oktober 2022

Yang menyatakan



(Ade Wahyu Nugroho)

NPM. 178130066

ABSTRAK

Ade Wahyu : Pengaruh Variasi Fluida Pendingin Terhadap Laju Pendinginan Engine Yamaha Nmax

Radiator merupakan system pendingin dengan menggunakan cairan fluida sebagai alat penukar panas. Cara kerja radiator dengan menyalurkan panas yang dikeluarkan oleh mesin motor kemudian diserap oleh fluida radiator coolant. Perangkat radiator terdiri dari saluran cairan pendingin masuk dan saluran keluar mesin, kipas pendingin yang dipasang didepan atau dibelakang radiator, tangki cadangan cairan pendingin radiator dan cairan pendingin. Cairan pendingin pada radiator mempunyai peran yang sangat penting dalam membuang panas mesin ke lingkungan. Pada penelitian ini saya akan menganalisa perbedaan jenis variasi coolant yaitu air, prestone antifreeze, Seiken, premix coolant DCK, dan yamacoolant. terhadap laju pendinginan dan efektifitas radiator menggunakan variasi putaran 1600, 3000,5000 rpm dan waktu pengukuran 1, 5, dan 10 menit pada mesin Yamaha Nmax.

Hasil penelitian yang telah dilakukan rata-rata laju perpindahan panas dan efektifitas radiator tertinggi terjadi pada fluida pendingin jenis Yamacoolant sebesar 1,992kW dan 0,726, kedua tertinggi terjadi pada fluida pendingin Prestone dimana nilai rata-rata laju perpindahan panas sebesar 1,918kW dan rata-rata efektifitas radiator sebesar 0,652, kemudian diikuti Seiken dimana rata-rata laju perpindahan panas sebesar 1,901kW dan efektifitas radiator 0,634, kemudian dilanjutkan DCK dimana rata-rata laju perpindahan panas sebesar 1,702kW dan efektifitas radiator sebesar 0,592 dan nilai rata-rata terkecil dialami oleh air mineral dimana laju perpindahan panas sebesar 1,542kW dan efektifitas radiator sebesar 0,501.

Kata kunci : Laju Perpindahan panas, Radiator Efektifitas Radiator, Fluida Pendingin, Yamaha Nmax

ABSTRACT

Ade Wahyu : The Effect of Cooling Fluid Variations on the Yamaha Nmax Engine Cooling Rate

Radiator is a cooling system using fluid as a heat exchanger. How the radiator works by channeling the heat released by the motor engine is then absorbed by the radiator coolant fluid. The radiator device consists of a coolant inlet and engine outlet, a cooling fan mounted in front or behind the radiator, a radiator coolant reserve tank and coolant. Coolant in the radiator has a very important role in dissipating engine heat to the environment. In this study, I will analyze the different types of coolant variations, namely water, prestone antifreeze, Seiken, premix coolant DCK, and yamacoolant. on the cooling rate and radiator effectiveness using rotation variations of 1600, 3000, 5000 rpm and measurement times of 1, 5, and 10 minutes on the Yamaha Nmax engine.

The results of the research that have been carried out are the highest average heat transfer rate and radiator effectiveness occur in the Yamacoolant type cooling fluid of 1.992kW and 0.726, the second highest occurs in Prestone cooling fluid where the average heat transfer rate is 1.918kW and the average effectiveness radiator of 0.652, followed by Seiken where the average heat transfer rate was 1.901kW and the effectiveness of the radiator was 0.634, then followed by DCK where the average heat transfer rate was 1.702kW and the radiator effectiveness was 0.592 and the smallest average value was experienced by mineral water. where the heat transfer rate is 1.542kW and the radiator effectiveness is 0.501.

Keyword : Heat Transfer Rate Radiator, Effectiveness Radiator, Cooling Fluid, Yamaha Nmax

RIWAYAT HIDUP



Nama Ade Wahyu Nugroho lahir di Sidorejo, Sumatera Utara pada tanggal 16 Juni 1998, anak ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Ayah bernama Wasirun dan Ibu bernama Wartiam. Pada tahun 2005 penulis masuk sekolah dasar di SD Negeri 112233 Desa Sidorejo dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2011 melanjutkan sekolah di SMP Negeri 2 Kampung Rakyat dan lulus pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan sekolah di SMA Negeri 14 Medan dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin. Syukur alhamdulillah pada tahun 2022 penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Medan Area dengan gelar Sarjana Teknik.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Universitas Medan Area.

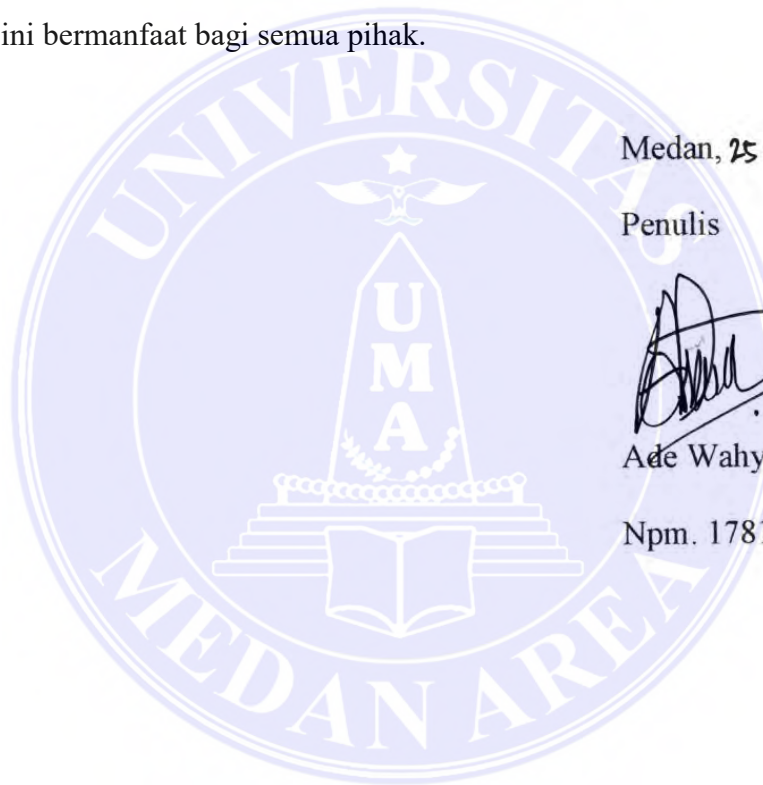
Dalam Penulisan dan penelitian skripsi ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmadsyah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom, Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, ST, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
5. Bapak Dr. Iswandi, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
6. Bapak Muhammad Idris, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing I Dan Bapak Indra Hermawan, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing II saya.
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin dan pegawai Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Bapak Wasirun dan Ibu Wartiam selaku Orang Tua yang telah memberi Doa,

motivasi dan dukungan dalam pengerjaan skripsi sampai selesai.

9. Gusti Ayu yang selalu mendukung dan memotivasi saya untuk menyelesaikan skripsi.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.



Medan, 25 Oktober 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ade Wahyu Nugroho', is written over the watermark.

Ade Wahyu Nugroho

Npm. 178130066

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi & Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Metode penelitian.....	7
1.7 Sistematika penulisan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Motor Bensin.....	9
2.2 Motor Bensin 4 Langkah.....	10
2.3 Perpindahan Panas Radiator.....	13
2.4 Cara-cara Perpindahan Panas.....	14
2.5 Pengertian mesin pendingin	17
2.6 Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>).....	19
2.7 Perpindahan Panas Pada Radiator	21
2.8 Sepeda Motor Yamaha NMAX.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 Bagan Alur Penelitian.....	33
3.4 Jenis Penelitian.....	34
3.5 Prosedur Penelitian.....	34
3.6 Penyajian Data	37
3.7 Rencana Analisa Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penelitian.....	39
4.1.1 Hasil pengujian fluida pendingin saat 1600 RPM	39
4.1.2 Hasil pengujian fluida pendingin saat 3000 RPM	40
4.1.3 Hasil pengujian fluida pendingin saat 5000 RPM	41
4.1.4 Nilai Rata-rata Laju perpindahan panas dan efektifitas Radiator	42
4.2 Pembahasan	43
4.2.1 Analisis perbandingan laju perpindahan panas (Q) pada fluida pendingin Prestone, Seiken, D.C.K, Yamacoolant, dan Air mineral.	43
4.2.2 Analisis perbandingan efektifitas radiator (ϵ) pada fluida pendingin Prestone, Seiken, D.C.K, Yamacoolant, dan Air mineral.	49
4.2.3 Analisis Nilai Rata-rata Laju Perpindahan Panas dan Efektifitas Radiator Fluida Pendingin.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 langkah hisap.....	11
Gambar 2.2 Langkah kompresi.....	11
Gambar 2.3 Langkah kerja.....	12
Gambar 2.4 Langkah buang.....	12
Gambar 2.5 Motor bensin 4 langkah.....	13
Gambar 3. 1 Yamaha Diagnostic Tool.....	25
Gambar 3.2 Thermometer.....	26
Gambar 3.3 Hygrometer HTC-2.....	27
Gambar 3.4 Stopwatch.....	28
Gambar 3.5 Air Mineral.....	29
Gambar 3.6 Prestone antifreeze.....	30
Gambar 3.7 Seiken.....	31
Gambar 3.8 Premix coolant DCK.....	32
Gambar 3.9 Yamacoolant.....	32
Gambar 3.10 Flow chart.....	33
Gambar 3.10 Skema Pngukuran pada sistem pendinginan Yamaha Nmax.....	36
Gambar 4.1 Grafik Laju Perpindahan Panas Pada 1600 RPM.....	45
Gambar 4.2 Grafik Laju Perpindahan Panas Pada 3000 RPM.....	47
Gambar 4.3 Grafik Laju Perpindahan Panas Pada 5000 RPM.....	48
Gambar 4.4 Grafik Efektifitas Radiator (ϵ) Pada 1600 RPM.....	51
Gambar 4.5 Grafik Efektifitas Radiator (ϵ) Pada 3000 RPM.....	52
Gambar 4.6 Grafik Efektifitas Radiator (ϵ) Pada 5000 RPM.....	55
Gambar 4.7 Grafik Nilai Rata-rata Laju Perpindahan Panas dan Efektifitas Radiator.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	24
Tabel 3. 2 Spesifikasi Thermometer infrared digital laser GM550	26
Tabel 3. 3 Spesifikasi Hygrometer HTC-1	27
Tabel 3. 4 Spesifikasi Stopwatch	27
Tabel 3.5 Spesifikasi Yamaha NMAX.....	28
Tabel 3.6 Spesifikasi Air Mineral	29
Tabel 3.7 Spesifikasi Prestone Antifreeze	30
Tabel 3.8 Spesifikasi Seiken	30
Tabel 3.9 Spesifikasi DCK.....	31
Tabel 3.10 Spesifikasi Yamacoolant.....	32
Tabel 3.10 Data hasil pengukuran suhu fluida pendingin dengan waktu 60, 300, 600 detik dan putaran 1600 RPM.....	37
Tabel 4.1 Hasil pengukuran saat 1600 RPM.....	40
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran saat 3000 RPM	41
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran saat 5000 RPM	42
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata Laju Perpindahan Panas dan Efektifitas Radiator	49

DAFTAR NOTASI

Q	= Laju perpindahan panas (W)
M	= Laju aliran massa air (kg/s)
C_p	= Kalor spesifik fluida air (kJ/kg °C)
$T_{fluida2}$	= Temperatur air saat memasuki radiator (C)
$T_{fluida2}$	= Temperatur air saat keluar radiator (C)
V	= Kecepatan rata-rata (m/s)
A	= Luas penampang yang dialirin air (m ³ /s)
Q_h	= Kapasitas aliran air (l/s)
q_{kond}	= Besar laju perpindahan panas konduksi (W)
k	= Konduktivitas termal bahan (W/m. K)
dT/dx	= <i>Temperature gradient</i> (K/m)
A	= Luasan permukaan perpindahan panas (m ²).
q_{rad}	= Laju perpindahan panas radiasi (W)
ϵ	= Emisivitas permukaan material
σ	= Konstanta Stefan-Boltzmann = $5,669 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
A	= Luasan permukaan perpindahan panas (m ²)
T_s	= Temperatur permukaan benda (K)
T_{sur}	= Temperatur <i>surrounding</i> (K)
U	= Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (W/m ² .°C)
A	= Luas penampang (m ²)
LMTD	= Perbedaan temperature rata-rata logaritma (°C)
h	= Enthalpi fluida panas pada sisi aliran masuk (J/kg.°C)
$h ; c$	=Menjelaskan sebagai fluida panas dan dingin
$i ; o$	=Menjelaskan aliran masuk dan keluar
Q_{maks}	= Laju perpindahan kalor maksimal yang mungkin
T	= Temperature (°C)
Q_{aktual}	= Laju perpindahan kalor actual
ϵ	= Nilai efektivitas radiator
$T_{fluida1}$	= Suhu air sebelum masuk ke radiator
T_{udara2}	= Suhu udara sebelum menumpuk ke radiator

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi bidang otomotif berkembang sangat pesat mendorong manusia untuk selalu mempelajari ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam dunia otomotif khususnya pada mesin motor bakar dikenal berbagai macam sistem yang bekerja. Sistem-sistem tersebut bekerja saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya, sehingga apabila salah satu dari sistem tersebut mengalami kerusakan, maka mesin sepeda motor akan mengalami kerusakan. Mesin dapat digambarkan secara sederhana sebagai sebuah sistem yang terdiri dari beberapa sistem pendukung yang bekerja secara simultan dan terintegrasi. Suatu mesin didalamnya terdapat beberapa sistem pendukung yang bekerja sekaligus. Sistem-sistem tersebut antara lain sistem kelistrikan, sistem bahan bakar, sistem pelumasan, sistem pendinginan, sistem pemasukan dan pembuangan udara.

Sistem pendinginan (*cooling system*) adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over heating* pada mesin agar mesin dapat bekerja secara optimal. Sistem pendinginan berfungsi sebagai *absorber* panas yang dihasilkan oleh mesin yang berasal dari proses pembakaran dalam silinder, panas ini tentunya sangat mengganggu jika dibiarkan begitu saja karena akan menimbulkan *over heating*, hal tersebut menjadi suatu perhatian karena temperatur yang berlebihan akan cenderung merubah sifat-sifat serta bentuk dari komponen mesin tersebut. Bila sifat serta bentuk komponen telah berubah dipastikan kinerja mesin

akan terganggu sehingga kinerja mesin tidak akan bekerja secara maksimal, yang pada gilirannya usia mesin tidak akan lama. Sering kita lihat kejadian di jalan, radiator sebuah sepeda motor berasap sehingga mengakibatkan sepeda motor tersebut mogok, juga banyak sekali kejadian water pump dan radiator bocor, blok mesin dan cylinder head keropos, atau gasket hancur.

Masalah ini tidak hanya memerlukan biaya yang cukup tinggi tetapi juga menyita tenaga dan waktu yang sangat berharga. Jika temperatur mesin terlalu tinggi, maka mesin akan mengalami *overheating* dan tidak bisa bekerja normal. Untuk itu perlu suatu sistem penjaga temperatur mesin agar tak sampai melebihi temperatur tersebut. Untuk menjaga performa mesin kendaraan dalam keadaan baik, maka diperlukan perawatan dan perbaikan yang rutin serta perhatian yang seksama terhadap mesin kendaraan. Salah satu hal yang diperhatikan adalah sistem pendinginan mesin atau *cooling system* pada mesin sepeda motor Yamaha nmax. Berkaitan dengan sistem pendinginan ini, hal yang diperhatikan salah satunya adalah pemilihan jenis air pendingin, yaitu dengan memilih air pengisi radiator yang efektif dan ekonomis, tujuannya agar performa mesin kendaraan selalu dalam kondisi baik dan prima.[1]

Perangkat radiator terdiri dari saluran cairan pendingin masuk dan saluran keluar mesin, kipas pendingin yang dipasang didepan atau dibelakang radiator, tangki cadangan cairan pendingin radiator dan cairan pendingin. Cairan pendingin pada radiator mempunyai peran yang sangat penting dalam membuang panas mesin ke lingkungan. Sistem pendingin atau *cooling system* adalah sistem yang paling penting untuk menjaga mesin dapat bekerja secara maksimal. Bagian dari sistem pendingin yang paling penting tidak hanya saluran regulasi cairan (*fluida*)

pendingin mulai dari radiator menuju mesin hingga bersirkulasi kembali ke radiator untuk didinginkan, tetapi juga tergantung pada jenis cairan (*fluida*) yang dipakai. Lazimnya *fluida* yang dipakai untuk sistem pendingin adalah *coolant* (*radiator coolant*). Tetapi yang terjadi masih banyak masyarakat yang menggunakan *fluida* pendingin dengan air biasa. Menggunakan air biasa sebagai pendingin radiator memang bisa dilakukan namun hanya untuk jangka waktu pendek, jika dalam jangka waktu yang lama menggunakan air biasa akan mengakibatkan radiator berkarat dan korosi.

Proses pendinginan juga akan kurang maksimal, karena air biasa kurang baik dalam proses menghantarkan panas. Hal ini akan menyebabkan mesin cepat panas dan akan memperpendek usia mesin. Penggunaan radiator *coolant* lebih baik karena *coolant* lebih bagus menghantarkan panas dari mesin sehingga mesin akan tetap terjaga suhunya. Masa penggunaan *coolant* lebih panjang, karena titik didih *coolant*. [2]

Radiator merupakan system pendingin dengan menggunakan cairan fluida sebagai alat penukar panas. Cara kerja radiator dengan menyalurkan panas yang dikeluarkan oleh mesin motor kemudian diserap oleh fluida radiator coolant. Dengan demikian maka suhu bahan pendingin di radiator akan menurun sedangkan udara di sekitarnya akan meningkatkan suhunya. Kerja mesin pada sepeda motor dipengaruhi oleh kekuatan radiator dalam mengalirkan suhu mesin. Semakin rendah suhu pada mesin maka kerja mesin semakin optimal. Konsep utama radiator adalah menjaga suhu mesin agar tidak terlalu panas dan stabil sehingga kerja mesin motor mengalami *over heating* akan merusak

komponen mesin itu sendiri atau mesin cepat turun mesin. Sehingga radiator memiliki peranan vital pada sebuah mesin motor.

Semakin cepat radiator mendinginkan suhu pada mesin maka semakin efektif kerja radiator. Kestabilan nilai efektifitas radiator tersebut merupakan suatu hal yang wajar karena bila diamati kenaikan suhu ukur terjadi merata pada parameter suhu fluida yang keluar dari mesin, suhu fluida yang keluar radiator masuk ke mesin dan suhu udara yang menumbuk radiator, sehingga akan menyebabkan besaran nilai efektivitas radiator akan cenderung stabil. Efektivitas radiator di artikan seberapa cepat radiator menurunkan suhu mesin. Dilihat dari suhu udara disekitar radiator, suhu cairan fluida radiator coolant yang masuk ke radiator, dan suhu cairan fluida radiator coolant saat keluar dari radiator.

Kipas pada radiator biasanya hanya berukuran yang sudah terstandart. Variasi kipas mempengaruhi kinerja dari radiator. Begitu juga dengan cairan fluida radiator coolant pada radiator akan mempengaruhi cepat atau lambatnya radiator dalam menurunkan suhu pada mesin.[3]

Dari beberapa jurnal yang saya ambil untuk tugas akhir ini saya mempunyai tujuan untuk menganalisa jenis variasi coolant terhadap laju pendinginan engine Yamaha nmax. Perbedaan dari penelitian saya adalah saya menggunakan 5 jenis variasi coolant yaitu air, prestone antifreeze, Seiken, premix coolant DCK, dan yamacoolant. Dalam penelitian lain yang saya baca jenis variasi coolant yang digunakan ialah 3 (tiga) variasi coolant yang berbeda dari jenis variasi coolant dalam penelitian saya. Di penelitian ini saya akan menganalisa perbedaan jenis variasi coolant terhadap laju pendinginan engine Yamaha nmax. Apa perbedaan yang di dapat dari penelitian sebelumnya dan dari penelitian ini ialah agar menjadi

pertimbangan customer untuk memilih jenis variasi coolant yang baik dan tahan lama. Di penelitian lain variasi rpm yaitu 800, 2400, 3200 rpm dan waktu pengukuran 2, 4, 6, 8, dan 10 menit untuk di penelitian ini. Maka penulis bermaksud mengadakan penelitian mengenai pengaruh jenis variasi coolant terhadap laju pendinginan dan efektifitas radiator engine Yamaha nmax.

1.2 Identifikasi & Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa besar perbedaan laju pendinginan yang dihasilkan oleh coolant air, prestone, saiken, premix coolant DCK, dan yamacoolant terhadap engine Yamaha nmax?
2. Berapa besar perbedaan efektifitas radiator yang dihasilkan oleh coolant air, prestone, saiken, premix coolant DCK, dan yamacoolant terhadap engine Yamaha nmax?
3. Bagaimana pengaruh dari variasi coolant terhadap laju pendinginan engine Yamaha nmax?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat begitu luas dan kompleknya permasalahan yang ada pada system pendingin, maka dalam penyusunan tugas akhir ini penulis ingin membatasi pokok bahasannya agar pada penelitian dan pembahasan-pembahasan yang lain.

Untuk itu penulis memberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sepeda motor yang digunakan dalam penelitian yaitu sepeda motor bensin 4 tak jenis Yamaha nmax

2. Penelitian dilakukan pada saat pertama mesin hidup dengan variasi waktu 1,5 dan 10 menit
3. Penelitian ini hanya membahas pengaruh variasi coolant terhadap laju pendinginan
4. Putaran mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1600,3000,dan 5000 rpm untuk mencari perbandingan variasi coolant terhadap laju pendinginan engine Yamaha nmax

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghitung besar perbedaan laju pendinginan yang dihasilkan oleh coolant air, prestone, saiken, premix coolant DCK, dan yamacoolant terhadap engine Yamaha nmax
2. Menghitung berapa besar perbedaan efektivitas radiator yang dihasilkan oleh coolant air, prestone, saiken, premix coolant DCK, dan yamacoolant terhadap engine Yamaha nmax
3. Mengetahui pengaruh dari variasi coolant terhadap laju pendinginan engine Yamaha nmax

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini nantinya diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak, antara lain sebagai berikut:

1. Secara Teoritis
 - 1) Sebagai pengembangan ilmu dalam teknik mesin serta melatih peneliti dalam menerapkan teori yang telah didapat dibangku kuliah
 - 2) Sebagai sumbangan karya ilmiah bagi penulis

2. Secara Praktis

- 1) Memberikan pengetahuan kepada khalayak (pembaca) tentang perawatan dan perbaikan mesin kendaraan secara rutin.
- 2) Mengembangkan pengetahuan peneliti mengenai pengaruh penggunaan pendingin (*coolant*) pada sepeda motor Yamaha Nmax
- 3) Sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik mesin (S.T) di Universitas Medan Area Medan

1.6 Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka

Dilakukan dengan jalan membaca buku-buku dan makalah-makalah yang berhubungan dengan perpindahan panas, dengan tujuan untuk mendapatkan acuan perhitungan penelitian dan landasan pemikiran.

2. Wawancara

Mengadakan interveuw langsung maupun tidak langsung dengan dosen pembimbing maupun dengan seseorang yang dapat memberikan saran dan masukan mengenai tugas akhir saya.

3. Metode analisa data

Merupakan kegiatan penelitian dengan melakukan pengujian mesin. Data-data yang diperoleh dari pengujian dilakukan pengolahan data dan Analisa yang kemudian hasilnya dibuatkan table dan kurva (grafik) yang dapat menunjukkan hasil dari data-data yang diperoleh.

1.7 Sistematika penulisan

Adapun sistematika penulisan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Isi dalam bab ini meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penulisan, sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Isi dalam bab ini membahas tentang hal-ha yang berhubungan dengan teori yang akan digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Isi dalam bab ini meliputi dari deskripsi peralatan pengujian, perencanaan alat uji, variabel penelitian, Teknik pengambilan data dan teknik analisa data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Isi dalam bab ini mengemukakan tentang hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bensin

Motor bensin adalah sebuah mesin pembakaran dalam yang menggunakan busi untuk proses pembakaran, dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis. Mesin bensin, umumnya udara dan bahan bakar di campur sebelum masuk ke ruang bakar, pencampuran udara dan bahan bakar dilakukan oleh karburator atau system injeksi. Bahan bakar yang bercampur udara mengalir kedalam ruang bakar dan dikompresikan dalam ruang bakar, kemudian dipercikan bunga api listrik yang berasal dari busi. Oleh karena itu motor bensin disebut juga sebagai *spark ignition engine*. Ledakan yang terjadi dalam ruang bakar mendorong torak, kemudian mengerakan poros engkol untuk didistribusikan ke roda. Torak juga diperlukan untuk membuang gas-gas sisa pembakaran dan penyediaan campuran udara bensin pada saat yang tepat untuk menjaga agar torak dapat bergerak secara periodik dan melakukan kerja tetap.

Kerja periodik didalam silinder dimulai dari pemasukan campuran udara dan bensin ke dalam siinder, kompresi, pembakaran dan pengeluaran gas-gas sisa pembakaran dari dalam silinder inilah yang disebut dengan “siklus motor”. Pada motor bensin terdapat dua macam tipe yaitu:

1. Motor bakar 4 tak (4 langkah atau 4 gerakan) pada motor 4 tak , untuk melakukan satu siklus kerja memerlukan 4 gerakan torak atau dua kali putaran poros engkol.

2. Motor bakar 2 tak (2 langkah atau 2 gerakan). Motor 2 tak, untuk melakukan satu siklus kerja memerlukan dua gerak torak atau satu putaran poros engkol.

2.2 Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah adalah motor bakar yang menyelesaikan siklus dalam empat kali langkah torak atau dua kali putaran poros engkol. Torak bergerak naik turun di dalam silinder dalam gerakan reciprocating. Titik tertinggi yang dicapai oleh torak disebut titik mati atas (TMA) dan titik terendah disebut titik mati bawah (TMB). Gerakan dari TMA ke TMB disebut langkah torak (stroke). Pada motor 4 langkah mempunyai 4 langkah dalam satu gerakan yaitu langkah penghisapan, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah pembuangan.

Adapun urutan proses kerja motor bensin 4 langkah dapat di jelaskan sebagai berikut:

1. Langkah hisap

Langkah hisap, campuran udara bensin dihisap ke dalam silinder. Hal ini terjadi sebab tekanan di dalam lebih rendah dari tekanan udara luar. Hal yang sama juga terjadi di motor, torak dalam gerakan turun dari TMA ke TMB menyebabkan kehampaan di dalam silinder dengan demikian campuran udara bensin dihisap ke dalam. Selama langkah torak ini, katup hisap akan membuka dan katup buang menutup. Gambar Langkah hisap dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 langkah hisap

2. Langkah kompresi

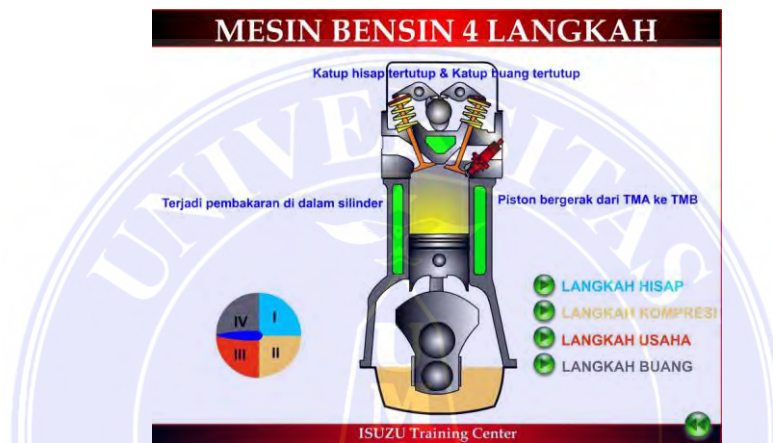
Gerakan ini campuran udara bensin yang di dalam silinder dimanfaatkan oleh torak yang bergerak ke atas dari TMB ke TMA. Katup hisap dan katup buang akan menutup selama gerakan, tekanan dan suhu campuran udara bensin menjadi naik. Bila tekanan campuran udara bensin ditambah, maka tekanan serta ledakan terjadi semakin besar. Tekanan kuat ini akan mendorong torak ke bawah. Torak sudah melakukan dua gerakan atau satu putaran, dan poros engkol berputar satu putaran. Gambar langkah kompresi dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Langkah kompresi

3. Langkah kerja

Gerakan ini, campuran udara bensin yang dihisap telah dibakar dan menghasilkan tenaga yang mendorong torak ke bawah meneruskan tenaga penggerak yang nyata. Selama gerak ini katup hisap dan katup buang masih tertutup. Torak telah melakukan tiga langkah dan poros engkol berputar satu setengah putaran. Gambar langkah kerja dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Langkah kerja

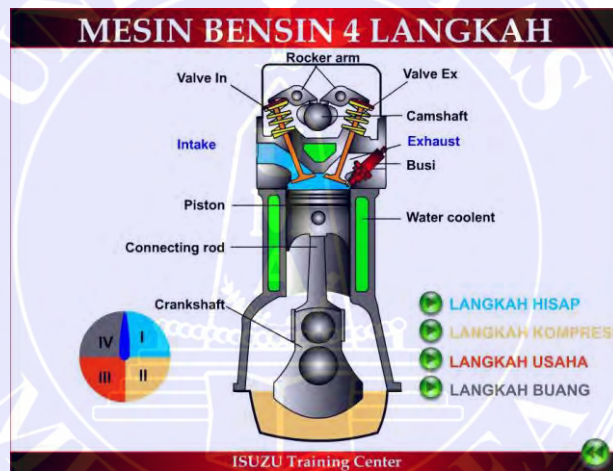
4. Langkah buang

Gerak ini, torak mendorong ke TMB dan naik kembali ke TMA untuk mendorong gas-gas yang telah terbakar dari silinder. Gambar langkah kerja dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Langkah buang

Selama gerak ini katup buang terbuka. Bila torak mencapai TMA sesudah melakukan pekerjaan seperti diatas, torak akan kembali pada keadaan untuk memulai gerak hisap. Torak motor telah melakukan 4 gerak penuh, hisap-kompresi-kerja-buang. Poros engkol berputar 2 putaran, dan telah menghasilkan satu tenaga. Di dalam motor sebenarnya, membuka dan menutupnya katup tidak terjadi tepat pada TMA dan TMB, tetapi akan berlaku lebih cepat atau lambat, ini dimaksudkan untuk lebih efektif untuk aliran gas. Untuk mengetahui cara kerja mesin bensin 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.5[4]



Gambar 2.5 Motor bensin 4 langkah

2.3 Perpindahan Panas Radiator

Besar perpindahan panas radiator adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya panas pada air radiator yang dapat dibuang ke udara luar.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung adalah :

$$Q = m \cdot Cp(T_{fluida1} - T_{fluida2}) \dots\dots\dots (Pers. 2.1)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

M = Laju aliran massa air (kg/s)

C_p = Kalor spesifik fluida air (kJ/kg °C)

$T_{h,in}$ = Temperatur air saat memasuki radiator (K)

$T_{h,out}$ = Temperatur air saat keluar radiator (K)

Sedangkan untuk mencari nilai laju massa alirannya ialah.

$$m = \rho \cdot v \cdot A \text{ atau } P \cdot Q_h \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.2})$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

m = Laju aliran massa air (kg/s)

C_p = Kalor spesifik fluida air (kJ/kg °C)

$T_{fluida2}$ = Temperatur air saat memasuki radiator (C)

$T_{fluida2}$ = Temperatur air saat keluar radiator (C)

V = Kecepatan rata-rata (m/s)

A = Luas penampang yang dialirin air (m³/s)

Q_h = Kapasitas aliran air (l/s)

2.4 Cara-cara Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur antar daerah tersebut. Secara umum ada 3 cara proses perpindahan panas yaitu :

1. Konduksi

Perpindahan panas konduksi merupakan perpindahan energi yang terjadi

pada media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih enerjik ke partikel yang kurang enerjik pada benda akibat interaksi antar partikel - partikel. Energi ini dihubungkan dengan pergerakan translasi, sembarang, rotasi dan getaran dari molekul-molekul. Temperatur lebih tinggi berarti molekul lebih berenergi memindahkan energi ke temperatur lebih rendah (kurang energi). Untuk konduksi panas, persamaan aliran dikenal dengan Hukum Fourier.

Jika kondisi pada dinding datar, laju perpindahan panas satu dimensi adalah sebagai berikut :

$$q_{kond} = -K \cdot A \cdot dT/dx \dots\dots\dots (Pers. 2.3)$$

Dimana :

q_{kond} = Besar laju perpindahan panas konduksi (W)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m. K)

dT/dx = *Temperature gradient* (K/m)

A = Luasan permukaan perpindahan panas (m²)

(-) = Perpindahan panas dari temperatur tinggi ke temperatur rendah.

2. Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan padat dan fluida yang bergerak atau mengalir akibat adanya perbedaan temperatur.

Secara umum konveksi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu :

- a. Konveksi bebas (*free convection*) atau *natural convection*, yaitu konveksi di

mana aliran fluida terjadi bukan karena dipaksa oleh suatu alat, tetapi disebabkan karena gaya apung (*buoyancy force*).

- b. Konveksi paksa (*force convection*), yaitu konveksi yang terjadi di mana aliran fluida blower dan lain-lain disebabkan oleh peralatan bantu seperti fan, blower dan lain- lain.
- c. Konveksi dengan perubahan fase, yaitu sama seperti pendidihan (*boiling*) dan pengembunan (kondensasi).

Persamaan laju perpindahan panas konveksi, bila $T_s > T_\infty$ adalah :

$$q_{konv} = hA (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots (Pers. 2.4)$$

Dimana :

- q_{konv} = Besar laju perpindahan konveksi (W)
- h = Koefisien konveksi ($W/m^2 K$)
- A = Luasan permukaan perpindahan panas (m^2)
- $(T_s - T_\infty)$ = Perbedaan temperatur (K)

Persamaan di atas disebut dengan Hukum Newton Pendinginan atau *Newton's Law of Cooling*.

3. Radiasi

Radiasi *thermal* adalah energi yang diemisikan oleh benda yang berada pada temperatur tinggi, di mana merupakan perubahan dalam konfigurasi elektron dari atom. Energi dari medan radiasi ditransportasikan oleh gelombang elektromagnetik atau lainnya. Photon berasal dari energi dalam sebuah elektron yang memancar. Pada perpindahan panas konduksi dan konveksi adalah mutlak membutuhkan media. Sedangkan pada perpindahan panas radiasi tidak

diperlukan media. Kenyataannya perpindahan panas radiasi lebih efektif terjadi pada ruang hampa. [5]

Laju perpindahan panas *netto* radiasi dirumuskan sebagai berikut :

$$q_{\text{rad}} = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \dots \dots \dots (\text{Pers. 2.5})$$

Dimana :

q_{rad} = Laju perpindahan panas radiasi (W)

ϵ = Emisivitas permukaan material

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann
 = $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

A = Luasan permukaan perpindahan panas (m^2)

T_s = Temperatur permukaan benda (K)

T_{sur} = Temperatur *surrounding* (K)

2.5 Pengertian mesin pendingin

Mesin pendingin merupakan salah satu mesin yang mempunyai fungsi utama untuk mendinginkan zat sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan. Komponen utama dari mesin pendingin yaitu kompresor, alat ekspansi dan evaporator, serta refrigeran fluida kerja yang bersirkulasi pada bagian-bagian tersebut. [6]

Sistem pendingin cairan (liquid coolant) dinding silinder dikelilingi mantel air (water jacket) dimana cairan pendingin akan bersirkulasi untuk menyerap panas. Panas yang diserap oleh air pendingin pada mantel-mantel air selanjutnya akan menyebabkan naiknya temperature air pendingin tersebut. Jika pendingin itu tetap berada di water jacket maka air itu cenderung akan mendidih dan menguap.

Hal tersebut sangat merugikan, oleh karena itu untuk menghindarinya air tersebut disirkulasikan. Dengan demikian air pendingin menyerap panas dari silinder dan membuangnya ke udara melalui radiator.

System pendingin digunakan untuk mendinginkan temperatur mesin yang panas akibat dari pembakaran yang berlangsung didalam silinder. Panas pembakaran akan menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur pada bagian-bagian mesin, seperti dinding-dinding silinder, kepala silinder, katup, dan torak. Pembakaran campuran bahan bakar dan udara ini dapat mencapai temperature ? 2500°C. Dengan temperature yang tinggi akan terjadi kerusakan dinding ruang bakar, katup-katup, puncak torak dan kemacetan cincin torak. Selain panas tinggi minyak pelumas yang membahasi dinding silinder akan menguap dan terbakar Bersama bahan bakar, sehingga akan mengakibatkan gangguan kerja mesin serta torak dan dinding silinder menjadi aus dengan cepat. Oleh karena itu system pendingin sangat dibutuhkan untuk menjaga temperatur kerja pada batasan yang diijinkan yaitu sesuai dengan kekuatan material dan kondisi operasi yang baik. Selain itu juga untuk mencegah terjadinya perubahan sifat-sifat serta bentuk komponen mesin.

System pendingin yang biasa digunakan pada kendaraan ada dua, yaitu :

1. Sistem pendingin udara (air cooling system). Pada sistem ini panas yang dihasilkan dari pembakaran gas didalam ruang bakar dan silinder sebagian dirambatkan keluar dengan menggunakan sirip. Panas yang dihasilkan selanjutnya diserap oleh udara luar yang temperaturnya lebih rendah dari temperature pada sirip pendingin. Untuk daerah mesin yang temperaturnya tinggi yaitu pada ruang bakar akan di beri sirip pendingin yang buat lebih

Panjang dari pada sirip pendingin yang terdapat disekitar silinder yang temperaturnya lebih rendah. Udara yang menyerap panas dari sirip pendingin harus berbentuk aliran atau udaranya harus mengalir agar temperatur udara sekitar sirip tetap rendah sehingga penyerapan panas berlangsung secara sempurna. Aliran udara ini kecepatannya harus sebanding dengan kecepatan putar mesin agar temperatur ideal mesin dapat tercapai sehingga pendinginan berlangsung dengan sempurna.

2. Sistem pendinginan air (water cooling system). Pada sistem ini panas dari hasil pembakaran diserap oleh air pendingin setelah melalui dinding silinder dan ruang bakar. Karena itu bagian-bagian luar dari dinding silinder dan ruang bakar dibuat mantel-mantel air pendingin atau water jacket. [7]

2.6 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Alat penukar kalor merupakan media pertukaran panas dari suatu fluida ke fluida lainnya yang dapat berbentuk sebuah dinding datar sederhana sampai menggunakan banyak fase, sirip-sirip seperti yang terdapat pada radiator. Radiator pada sistem pendingin termasuk alat penukar kalor bertipe *cross-flow* (aliran lintang). Untuk menentukan perpindahan panas yang terjadi pada alat penukar kalor, dapat ditentukan sebagai berikut:

$$Q = U \times A \times LMTD \dots\dots\dots(Pers. 2.6)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Luas penampang (m^2)

$LMTD$ = Perbedaan temperature rata-rata logaritma ($^\circ C$)

Berdasarkan kekekalan energi, maka laju perpindahan panas dapat ditentukan :

$$Q_{in} = Q_{out} \dots\dots\dots(Pers. 2.7)$$

$$Q_h = Q_c \dots\dots\dots(Pers. 2.8)$$

$$m_h (h_{h,i} - h_{h,o}) = m_c (h_{c,i} - h_{c,o}) \dots\dots\dots(Pers. 2.9)$$

Dimana :

Q = Laju Perpindahan panas

m =Laju aliran massa (kg/s)

h = Enthalpi fluida panas pada sisi aliran masuk (J/kg. °C)

Sementara subscript

h ; c =Menjelaskan sebagai fluida panas dan dingin

i ; o =Menjelaskan aliran masuk dan keluar

Jika proses perpindahan panas dalam alat penukar panas tidak mengalami perubahan bentuk (fasa) dan diasumsikan panas spesifik adalah konstan persamaan diatas menjadi :

$$Q_h = Q_c \dots\dots\dots(Pers. 2.10)$$

$$m_h c_{p,h} (T_{h,i} - T_{h,o}) = m_c c_{p,c} (T_{c,i} - T_{c,o}) \dots\dots\dots(Pers. 2.11)$$

Dimana :

T = Temperature (°C)

c_p = Panas spesifik fluida pada tekanan konstan (J/°C)

Untuk menentukan perpindahan kalor maksimum bagi penukar kalor itu, harus dipahami bahwa nilai maksimum akan didapat bila salah satu fluida mengalami perubahan suhu sebesar beda suhu maksimum yang terdapat dalam

penukar kalor itu, yaitu selisih suhu masuk fluida panas dan fluida dingin. Fluida yang mungkin mengalami beda suhu maksimum ini ialah yang nilai laju aliran fluida dinginnya minimum, karena syarat keseimbangan energi bahwa energi yang diterima oleh fluida yang satu mesti sama dengan energi yang dilepas oleh fluida yang lain. Jadi perpindahan kalor yang mungkin dinyatakan sebagai :

$$Q_{maks} = (mc)_{min} (T_{h\ masuk} - T_{c\ masuk}) \dots\dots\dots (Pers. 2.12)$$

2.7 Perpindahan Panas Pada Radiator

Secara umum mekanisme perpindahan panas dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu selama konduksi alami dan konveksi paksa. Jika konveksi alaminya cembung, hal itu mungkin disebabkan oleh gaya apung karena ada perbedaan massa jenis yang disebabkan oleh fluktuasi suhu dalam zat cair. Sedangkan forced connection biasanya terjadi pada saat aliran disebabkan oleh gaya luar seperti kipas angin, pompa atau angin atmosfer.

Karena perpindahan panas yang terjadi pada bagian yang lebih dingin merupakan konveksi paksa, maka perpindahan panas yang terjadi pada bagian yang lebih dingin dipengaruhi oleh gaya dari luar. Panas dari air yang lebih dingin dihamburkan oleh semburan udara yang dapat dihasilkan oleh pergerakan kipas.

Keefektifan radiator adalah kemampuan radiator dalam menyerap panas dari air yang bocor dari dalam mesin atau kemampuan radiator untuk mendinginkan mesin sehingga temperatur mesin juga dapat terjaga dalam keadaan sangat stabil. Efektivitas radiator berdampak besar pada sistem pendingin, dimana suhu air yang keluar dari radiator tidak lebih tinggi atau sama dengan suhu air yang masuk ke mesin.

Secara umum Efektivitas dapat dinyatakan secara umum sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{Q_{aktual}}{Q_{maks}} \dots\dots\dots (Pers. 2.13)$$

Dimana :

Q_{aktual} = Laju perpindahan kalor actual

$$= m_c \times c_c \times (T_{c,out} - T_{c,in}) = m_h \times c_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) \dots\dots\dots (Pers. 2.14)$$

atau

$$= c_c \times (T_{c,out} - T_{c,in}) = c_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) \dots\dots\dots (Pers. 2.15)$$

Q_{maks} = Laju perpindahan kalor maksimal yang mungkin

$$= c_{min} (T_{h,in} - T_{c,in}) \dots\dots\dots (Pers. 2.16)$$

Dimana C_{min} adalah harga terkecil dari C_c atau C_h

$$c_{min} = c_h = m_h \times c_h \Rightarrow \text{apabila } c_h < c_c \dots\dots\dots (Pers. 2.17)$$

$$c_{min} = c_c = m_c \times c_c \Rightarrow \text{apabila } c_c < c_h \dots\dots\dots (Pers. 2.18)$$

Maka persamaan diatas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{c_c (T_{c,out} - T_{h,in})}{c_{min}(T_{h,in} - T_{c,in})} = \frac{c_h (T_{h,in} - T_{h,out})}{c_{min}(T_{h,in} - T_{c,in})} \dots\dots\dots (Pers. 2.19)$$

Secara umum efektivitas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta T(\text{fluida minimum})}{\text{Beda suhu maksimum didalam penukar kalor}} \dots\dots\dots (Pers. 2.20)$$

Jika fluida dingin adalah fluida minimum, maka dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{T_{h,in} - T_{h,out}}{T_{h,in} - T_{c,in}} = \dots\dots\dots (Pers. 2.21)$$

Penyederhanaan rumus di atas dilakukan dengan alasan bahwa penelitian ini hanya mengambil data berdasarkan suhu yang bekerja tanpa memperhitungkan nilai m (laju aliran massa) dan c (kalor spesifik). [8]

2.8 Sepeda Motor Yamaha NMAX

PT. Yamaha Indonesia Motor Manufacturing (YIMM) memiliki lebih dari 40 tahun sejarah di Indonesia. Yamaha Motor Indonesia merupakan pelopor industri sepeda motor di Indonesia. Pabrik motor ini didirikan tanggal 11 Juni 1971 dengan nama awal PT. Federal Motor yang sahamnya mayoritas dimiliki PT. Yamaha Internasional.

Saat itu, PT. Federal Motor hanya merakit, sedangkan komponennya diimpor dari Jepang dalam bentuk CKD (completely knock down). Saat ini PT. Yamaha Indonesia memiliki 3 fasilitas pabrik perakitan. Dengan fasilitas ini, PT. YIMM memiliki kapasitas produksi 3 juta unit/tahun, untuk permintaan pasar sepeda motor yang terus meningkat. PT. YIMM memiliki visi: “Menjadi excellent company di industri sepeda motor Indonesia dengan mengutamakan kepuasan pelanggan. Sedangkan misi perusahaan adalah “Community Customer Satisfaction (CCS) di industri sepeda motor Indonesia”. Sementara itu, kemunculan Yamaha NMAX semakin melengkapi variasi kelas matic series yang sebelumnya sudah dihuni oleh Yamaha XMAX dan TMAX. Berbekal mesin berkapasitas 150_{CC} menjadikan motor ini sebagai motor matic premium tangguh bertenaga.[9]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat penelitian

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu PT. Alfa Scorpii Ar. Hakim Cab. Flamboyan, Jl. Flamboyan Raya Blk A-B No. 59 Medan.

2. Waktu pelaksanaan penelitian

Penelitian dilakukan pada semester genap Tahun Ajaran 2022/2023 dan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.

No.	Kegiatan	Tahun 2022				
		Mei	Juni	Juli	Agst	Sep
1	Pengajuan Judul					
2	Pengumpulan Data Referensi					
3	Seminar Proposal					
4	Persiapan Alat dan Bahan					
5	Membuat Spesimen Penguji					
6	Pengujian Spesimen					
7	Analisis Data					
8	Seminar Hasil					
9	Sidang					

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat penelitian
 - a. Yamaha Diagnostic Tool

Yamaha Diagnostic Tool (YDT) adalah alat untuk mendiagnosa fungsi setiap sensor, troubleshooting, pencatatan riwayat kerusakan, hingga pemrograman ulang ECU. Yamaha Diagnostic Tool menjadi alat ukur spesifik yang disambungkan ke komputer untuk mengecek kondisi sepeda motor yang sudah memiliki banyak sensor, khususnya pada sistem FI.

Pada penelitian ini Yamaha diagnostic Tool digunakan untuk memonitoring kecepatan putar (RPM) sepeda motor Yamaha Nmax. Gambar Yamaha Diagnostic Tool dapat dilihat pada gambar 3.1.



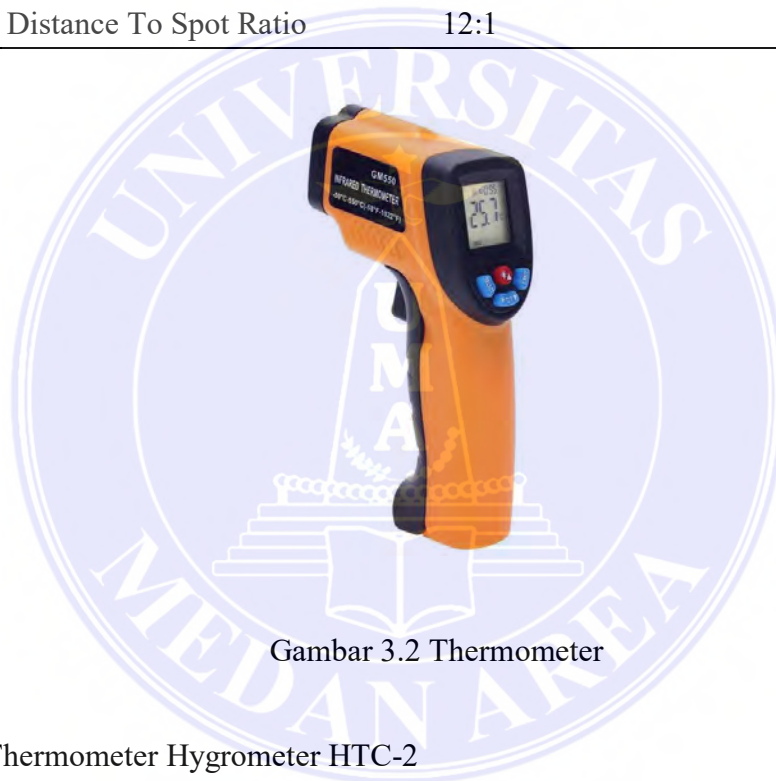
Gambar 3. 1 Yamaha Diagnostic Tool

- b. Thermometer

Thermometer ini digunakan untuk mengukur temperature fluida pendingin, ini dipasang pada aliran masuk dan keluar pada selang radiator. Gambar Thermometer dapat dilihat pada gambar 3.2 dan spesifikasi Thermometer yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Spesifikasi Thermometer infrared digital laser GM550

Parameter	Spesifikasi
Nama	Thermometer infrared digital laser GM550
Measuring Range	-50 – 550 °C
Accuracy	-50 – 0 °C (3 °C) 0 – 100 °C (1.5 °C) 100 – 550 °C (1.5%)
Repeatability	1 °C or 1% of reading
Resolution	0.1 °C
Response Time	500ms, 95% response
Distance To Spot Ratio	12:1



Gambar 3.2 Thermometer

c. Thermometer Hygrometer HTC-2

Hygrometer pada penelitian ini digunakan untuk mengukur suhu aliran udara pada saat sebelum melewati radiator dan saat setelah melewati radiator, Hygrometer HTC-1 dapat dilihat pada gambar 3.3 dan spesifikasi Thermometer Hygrometer HTC-2 yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Spesifikasi Hygrometer HTC-1

Parameter	Spesifikasi
Nama	Hygrometer HTC-1
Measuring Range	-50 ~ +75°C
Accuracy	+/- 1°C
Temperature display precision	0.1 °C
Working Voltage	1.5V

d. Stopwatch

Stopwatch digunakan sebagai alat ukur waktu yang bisa di terapkan berbagai kebutuhan seperti mengukur waktu yang diperlukan.



Stopwatch ditunjukkan pada gambar 3.4 dan spesifikasi Stopwatch yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3. 4 Spesifikasi Stopwatch

Parameter	Spesifikasi
Feature	Waterproof & multifunctional
Panjang total tali	114cm
Material	Plastic, Electronic Components
Fungsi	Count timer, Double count timer, Display time / canlendar / week / alarm time
Dimensi	78 X 63 X 18 mm



Gambar 3.4 Stopwatch

2. Bahan penelitian

Adapun bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

a. Sepeda motor Yamaha nmax

Jenis mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin Yamaha nmax dalam kondisi standart dengan spesifikasi mesin pada tabel 3.5 dibawah ini [9]:

Tabel 3.5 Spesifikasi Yamaha NMAX

Parameter	Spesifikasi
Tipe mesin	Liquid cooled 4-stroke, SOHC
Jumlah silinder	Single Cylinder
Kapasitas mesin	155cc
Diameter x Langkah	58,0 mm x 58.7 mm
Perbandingan kompresi	10,5 : 1
Daya maksimal	11.1 kW/8000 rpm
Torsi maksimum	14.4 Nm/6000 rpm
Sistem stater	Electric Starter
Sistem pelumasan	Basah
Kapasitas oli mesin	Total – 1,00 L ; Berkala 0,90 L
Sistem bahan bakar	FI (Fuel Injection)
Tipe kopling	Kering, Centrifugal Automatic
Tipe transmisi	V-belt Automatic

b. Fluida Pendingin

Fluida Pendingin yang digunakan dalam penelitian ini ada 5 jenis fluida yang akan diuji yaitu, sebagai berikut :

1. Air Mineral

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O , satu molekul air tersusun atas dua atom hydrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Gambar air dapat dilihat pada gambar 3.5 dan spesifikasi Air Mineral yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Spesifikasi Air Mineral

Parameter	Spesifikasi
Nama sistematis	Air
Nama alternatif	Aqua, dihydrogen monoksida
Rumus molekul	H_2O
Massa molar	18.0153 g/mol
Titik beku	0°C
Titik didih	100°C
kalor jenis	4,2 kJ/kg.C
Massa Jenis	1000 kg/m ³



Gambar 3.5 Air Mineral

2. Prestone Antifreeze

Prestone antifreeze adalah salah satu jenis air radiator pabrikan yang di perjual belikan di Indonesia. Jenis air radiator ini dibuat di amerika serikat.

Gambar prestone antifreeze ini dapat di lihat pada gambar 3.6 dan spesifikasi Prestone Antifreeze yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.7

Tabel 3.7 Spesifikasi Prestone Antifreeze

Parameter	Spesifikasi
Nama sistematis	Prestone
Titik beku	-13 °C
Titik didih	126 °C
kalor jenis	2,420 kJ/kg.C
Massa Jenis	1113,2 kg/m ³



Gambar 3.6 Prestone antifreeze

3. Seiken

Saiken yang di tunjukan pada gambar 3.7 adalah cairan pendingin radiator yang diformulasikan secara khusus untuk semua kendaraan bermotor. Jenis air radiator ini dibuat oleh pabrik asal jepang, spesifikasi fluida pendingin seiken yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Spesifikasi Seiken

Parameter	Spesifikasi
Nama sistematis	Seiken

Titik beku	-10 °C
Titik didih	105 – 110 °C
kalor jenis	3,1 kJ/kg.C
Massa Jenis	1275 kg/m ³



Gambar 3.7 Seiken

4. Premix coolant DCK

Premix coolant DCK adalah salah satu jenis air radiator pabrikan yang di perjual belikan di Indonesia. Jenis air radiator ini asli buatan Indonesia. Gambar prestone antifreeze ini dapat di lihat pada gambar 3.8 dan spesifikasi fluida pendingin D.C.K yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Spesifikasi DCK

Parameter	Spesifikasi
Nama sistematis	D.C.K
Titik beku	-10 °C
Titik didih	103 °C
kalor jenis	4,229 kJ/kg.C
Massa Jenis	1006 kg/m ³



Gambar 3.8 Premix coolant DCK

5. Yamacoolant

Yamacoolant adalah produk air radiator dari yamaha yang diformulasikan khusus untuk sepeda motor yang menggunakan pendingin radiator di Indonesia. Gambar yamacoolant dapat dilihat pada gambar 3.9 dan spesifikasi fluida pendingin yamacoolant yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10 Spesifikasi Yamacoolant

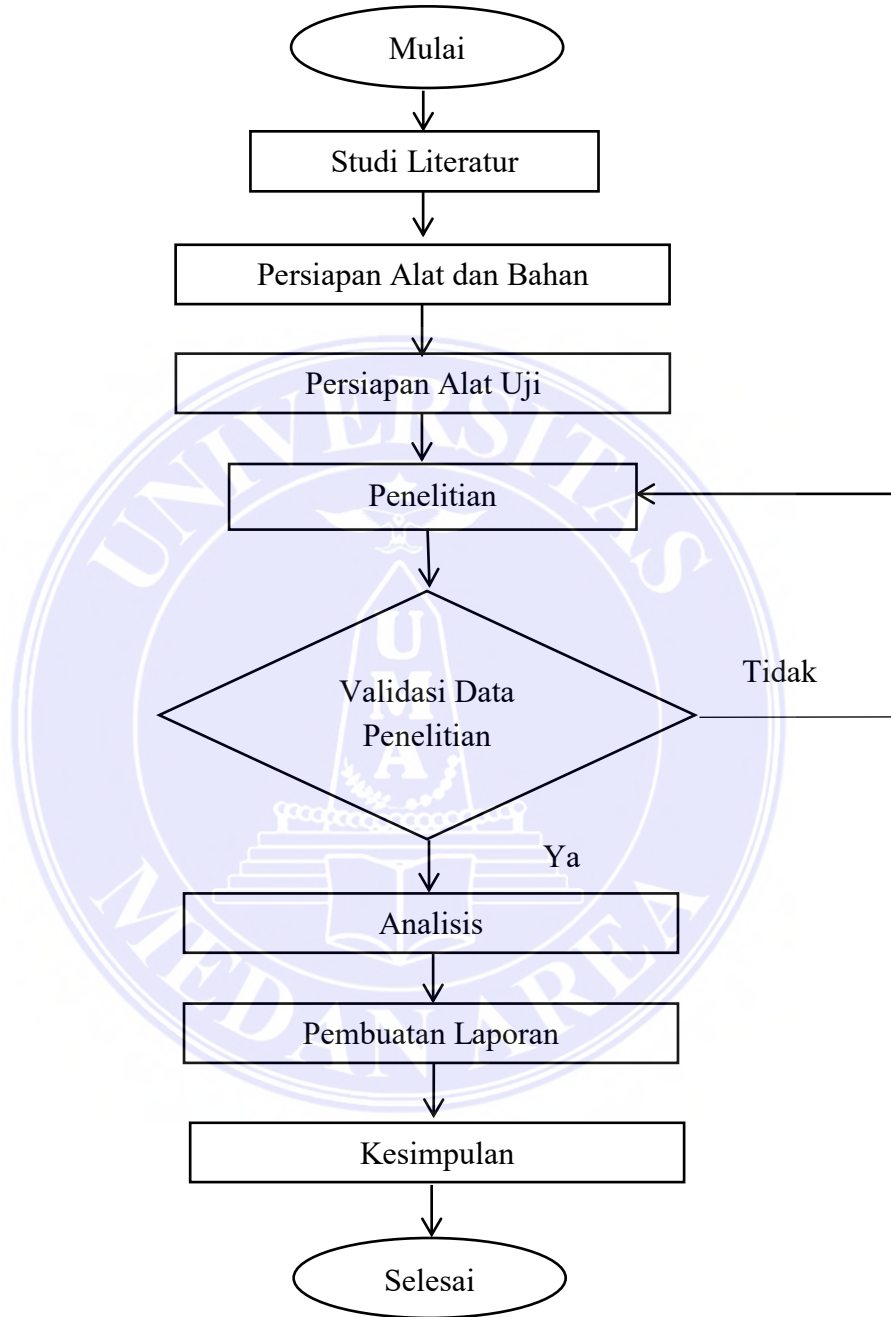
Parameter	Spesifikasi
Nama sistematis	Yamacoolant
Titik beku	-13 °C
Titik didih	109 °C
kalor jenis	3,283 kJ/kg.C
Massa Jenis	1082 kg/m ³



Gambar 3.9 Yamacoolant

3.3 Bagan Alur Penelitian

Diagram alur penelitian terlihat pada gambar 3.10 dibawah ini :



Gambar 3.10 Flow chart

3.4 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen. Penelitian eksperimen ini menggunakan *treatment* atau perlakuan terhadap kelompok tertentu, dan setelah perlakuan yang dilakukan diadakan evaluasi untuk melihat pengaruhnya. Kelompok eksperimen pada penelitian adalah penambahan zat aditif cairan pendingin (radiator coolant), sedangkan kelompok control pada penelitian ini adalah penggunaan air tanpa campuran, kemudian semua kelompok tersebut diberikan tes yang sama. Penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan pengaruh variasi coolant terhadap laju pendinginan, perbedaan laju pendinginan yang dihasilkan dan tingkat ketahanan engine Yamaha nmax dalam penggunaan beberapa jenis cairan coolant pendingin radiator sebagai media pendingin engine Yamaha nmax.

Penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi dan eksperimen laboratorium, dimana pengumpulan data yang dilakukan dengan menggunakan alat indera yang ada atau percobaan secara langsung dilaboratorium. Klarifikasi ini dilakukan dengan menganalisa hasil pengujian tingkat panas pada mesin Yamaha nmax yang menggunakan media pendingin pabrikan dengan hasil pengujian tingkat panas mesin yang menggunakan beberapa jenis variasi media pendingin.

3.5 Prosedur Penelitian

1. Persiapan Pengujian

Sebelum melakukan pengujian, peralatan serta komponen yang akan diuji harus di periksa agar dapat beroperasi dengan baik. Hal-hal yang harus dilakukan sebelum pengujian adalah sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan sepeda motor Yamaha nmax beserta perlengkapan yang lain
- b. Mengisi bahan bakar dan mengecek air pendingin pada radiator
- c. Pastikan bahwa kondisi kerja mesin Yamaha nmax normal dengan cara menghidupkan mesin dengan melakukan pemanasan awal
- d. Coolant yang akan diuji sudah tersedia
- e. Teliti dan pastikan peralatan dan perangkat percobaan semua dalam kondisi siap pakai
- f. persiapkan lembar pengamatan secukupnya

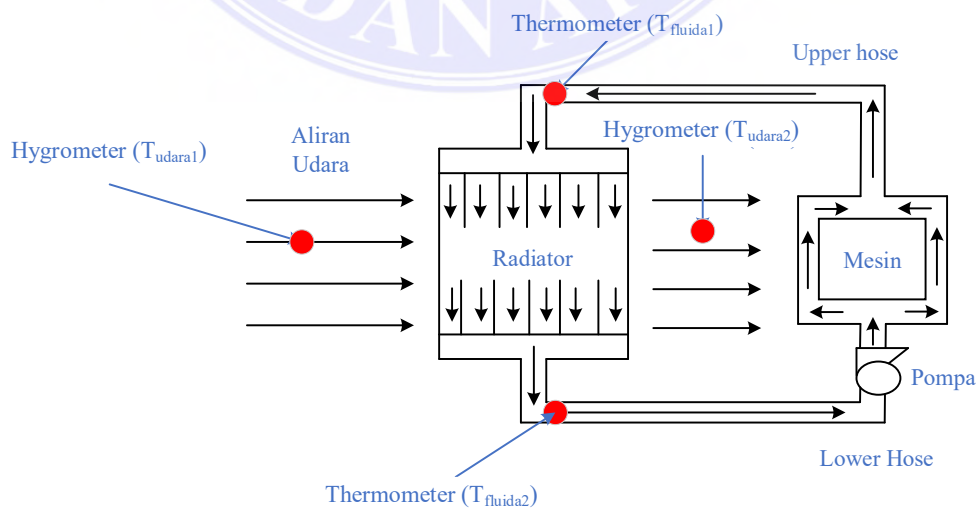
2. Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini akan mencari pengaruh laju pendinginan mesin Yamaha nmax. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan pada 4 titik yaitu pada titik Upper hose (Tfluida1) untuk mengukur suhu fluida pendingin masuk ke radiator, Lower pose (Tfluida2) untuk mengukur suhu fluida pendingin setelah keluar dari radiator, Aliran udara sebeum melewati sirip- sirip radiator (Tudara1) dan pada aliran udara seteleh melewati sirip-sirip radiator (Tudara2), keempat titik pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 3.10. Penelitian ini menggunakan tiga tingkat putaran mesin : 1600, 3000, 5000 rpm dengan lima kali pengulangan dikarenakan menunggunakan lima jenis pendingin (coolant) yang berbeda, dengan waktu pengukuran 1, 5, dan 10 menit. Maka itu penguji harus melakukan dengan cermat dan teliti agar diperoleh data-data yamh akurat. Adapun Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan sepeda motor, alat dan bahan yang untuk di uji.
- b. Masukkan fluida pendingin ke dalam radiator sampai terisi penuh.

- c. Kemudian untuk pengambilan data, pertama-tama yang dilakukan memanaskan mesin hingga mesin itu stabil dan kecepatan putaran mesin 1600 rpm yang dapat dilihat pada alat pengukur putaran mesin yang ada dipasang pada sepeda motor Yamaha nmax, mulai mengukur perpindahan panas menggunakan thermometer pada selang masuk dan keluar pada radiator sepeda motor Yamaha nmax, setelah mendapatkan data pada kecepatan tersebut naikkan putaran 3000, dan 5000 rpm. Pada setiap putaran mesin dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dengan waktu 1, 5, dan 10 menit. Dan jangan lupa pengambilan data dilakukan pada saat mesin pertama hidup.
- d. Setelah itu matikan mesin dan biarkan sampai mesin benar-benar dingin.
- e. Setelah proses pengujian selesai, kemudian kondisi kendaraan ke kondisi semula. Rapikan Kembali semua alat dan bahan uji.

Variabel yang ada dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas yaitu perpindahan panas dan efektivitas radiator yang dimana putaran mesin digunakan untuk mencari laju pendinginan engine.



Gambar 3.11 Skema Pengukuran pada sistem pendinginan Yamaha Nmax

3.6 Penyajian Data

Tabel 3.11 Data hasil pengukuran suhu fluida pendingin dengan waktu 60, 300, 600 detik dan putaran 1600 RPM

Variasi Fluida Pendingin	Waktu (s)	PUTARAN (RPM)					Q (kW)	ε
		1600						
		T _{udara1} (°C)	T _{udara2} (°C)	T _{fluida1} (°C)	T _{fluida2} (°C)			
PRESTONE	60							
	300							
	600							
SEIKEN	60							
	300							
	600							
DCK	60							
	300							
	600							
YAMACOOLANT	60							
	300							
	600							
AIR MINERAL	60							
	300							
	600							

3.7 Rencana Analisa Data

1. Perpindahan Panas Radiator

Besar perpindahan panas radiator adalah adalah suatu nilai yang menunjukkan besarnya panas pada air radiator yang dapat dibuang ke udara. Persamaan yang digunakan untuk menghitung dimensi panas konveksi paksa yang dilepas air dapat di tentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2}) \dots\dots\dots (Pers. 2.1)$$

Sedangkan untuk mencari nilai laju massa alirannya ialah.

$$m = \rho.v. A \text{ atau } P.Qh \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.2})$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas (W)

m = Laju aliran massa air (kg/s)

C ρ = Kalor spesifik fluida air (kJ/kg °C)

T $_{fluida1}$ = Temperatur air saat memasuki radiator (C)

T $_{fluida2}$ = Temperatur air saat keluar radiator (C)

V = Kecepatan rata-rata (m/s)

A = Luas penampang yang dialirin air (m³/s)

Qh = Kapasitas aliran air (l/s)

2. Efektivitas Radiator

Untuk mencari nilai efektivitas pada radiator dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})} \dots\dots\dots(\text{Pers. 2.21})$$

Dimana :

ε = Nilai efektivitas radiator

T $_{fluida1}$ = Suhu air sebelum masuk ke radiator

T $_{udara2}$ = Suhu udara sebelum menumpuk ke radiator

T $_{udara1}$ = Suhu udara sesudah melewati radiator

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata laju perpindahan panas (Q) tertinggi adalah fluida pendingin yamacoolant yakni sebesar 1,992kW, fluida pendingin Prestone sebesar 1,918kW, fluida pendingin Seiken sebesar 1,901kW, fluida pendingin DCK sebesar 1,702kW, dan fluida pendingin air sebesar 1,542kW.
2. Hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata efektifitas radiator (ϵ) tertinggi adalah fluida pendingin yamacoolant yakni sebesar 0.726, fluida pendingin Prestone sebesar 0.634, fluida pendingin Seiken sebesar 0.634, fluida pendingin DCK sebesar 0.592, dan fluida pendingin air sebesar 0.501.
3. Variasi fluida pendingin terhadap laju pendinginan engine didasarkan pada tingkat kelajuan perpindahan panas setiap fluida pendingin. Semakin tinggi nilai laju perpindahan panas fluida pendingin, maka semakin tinggi juga laju pendinginan engine, dimana berdasarkan hasil penelitian didapat urutan fluida pendingin yang terbaik adalah Yamacoolant, Prestone, Seiken, DCK, dan Air Mineral.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian berikutnya penulis menyarankan dapat mengembangkan penelitian seperti pengaruh sistem pendinginan terhadap konsumsi bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Suparno, A. Halim, H. Hariadi, and D. Sutrisno, "Pengaruh Penggunaan Coolant 30/70 Pre-Mixed Dan Coolant Predilute 33% Pada Sistem Pendingin Terhadap Temperatur Engine Toyota Avanza Tipe-E 1300 CC M/T," *MEDIA Perspekt. J. Technol.*, vol. 12, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.46964/jtmp.v12i1.419.
- [2] M. Sawaludin, H. Maksum, and W. Wagino, "The Comparison of Water Cooling Media Against Radiator Heat Dissipation Rate in Diesel Engines," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–26, 2021, doi: 10.46574/motivection.v3i1.80.
- [3] D. Sulistyono and A. N. Gusti, "MEKANIKA – JURNAL TEKNIK MESIN KIPAS TERHADAP EFEKTIFITAS PENYERAPAN PANAS PADA MOTOR BENSIN 135CC," 2017.
- [4] Kristanto, philip. 2015. Motor Bakar Torak - Teori Dan Aplikasinya. Penerbit Andi.
- [5] A. Nugroho, "Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada Putaran Konstan," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 65–75, 2009.
- [6] K. Anwar, "Efek Beban Pendingin terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin," *J. SMARTek*, vol. 8, no. 3, p. 203, 2010.
- [7] O. Dan, M. Cacat, and P. Pada, "Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ Vol. 9 No. 1," vol. 9, no. 1, pp. 19–27, 2010.
- [8] D. H. Maksum, S. P. MT Toto Sugiarto, M. PSI, and H. Saragih, "Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (Coolant) terhadap Efektivitas Radiator pada Engine Diesel," *J. Tek. Otomotif PNP*, 2017.
- [9] Yamaha. 2021. Produk. Dalam www.yamaha-motor.co.id. Diunduh pada 4 Desember 2021 14.00 WIB

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Laju perpindahan panas dan efektifitas pada putaran 1600 RPM.

a) Perhitungan Laju perpindahan panas Yamaha Nmax

Laju perpindahan panas pada sistem pendingin Yamaha Nmax saat 1600 RPM dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1, sedangkan untuk mencari nilai laju massa alirannya menggunakan persamaan Pers. 2.2

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Prestone pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1113,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 2,420 \text{ kJ/Kg.C} (39,6 \text{ C} - 32,3 \text{ C})$$

$$Q = 0,0742 \text{ kg/s} \times 17,67 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,311 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Seiken pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1275 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 3,1 \text{ kJ/kg.C} (38,2 \text{ C} - 33,5 \text{ C})$$

$$Q = 0,085 \text{ kg/s} \times 14,57 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,238 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin D.C.K pada saat 1600 dan waktu 60 detikRPM sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1006 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 4,229 \text{ kJ/kg.C} (43,6 \text{ C} - 39,8 \text{ C})$$

$$Q = 0,0671 \text{ kg/s} \times 16,07 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,078 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Yamacoolant pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1082 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 3,283 \text{ kJ/kg.C} (39,9 \text{ C} - 33,7 \text{ C})$$

$$Q = 0,0721 \text{ kg/s} \times 20,3546 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,468 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Air mineral pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 4,2 \text{ kJ/kg.C} (45,8 \text{ C} - 42,3 \text{ C})$$

$$Q = 0,0667 \text{ kg/s} \times 14,7 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 0,980 \text{ kW}$$

b) Perhitungan Nilai Efektifitas Radiator Yamaha Nmax

Perhitungan Efektifitas radiator adalah :

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Prestone pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(33,1 - 30)}{(39,6 - 30)}$$

$$\varepsilon = 0,322$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin SEIKEN pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(34,2 - 31,1)}{(38,2 - 31,1)}$$

$$\varepsilon = 0,436$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin D.C.K pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(35,6 - 31,5)}{(43,6 - 31,5)}$$

$$\varepsilon = 0,338$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Yamacoolant pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(36,3 - 30,4)}{(39,9 - 30,4)}$$

$$\varepsilon = 0,62$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Air Mineral pada saat 1600 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(35,7 - 31,2)}{(45,8 - 31,2)}$$

$$\varepsilon = 0,308$$

Berdasarkan cara perhitungan yang sama dengan diatas, maka nilai laju perpindahan panas (Q) dan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax (ε) pada putaran 1600 RPM secara keseluruhan untuk jenis fluida pendingin Prestone, Seiken, D.C.K, Yamacoolant, dan Air mineral dapat dilihat pada tabel 4.1

Lampiran 2 Perhitungan Laju perpindahan panas dan efektifitas pada putaran 3000 RPM.

a) Perhitungan Laju perpindahan panas Yamaha Nmax

Laju perpindahan panas pada sistem pendingin Yamaha Nmax saat 3000 RPM dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1, sedangkan untuk mencari nilai laju massa alirannya menggunakan persamaan Pers. 2.2

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Prestone pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1113,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 2,420 \text{ kJ/Kg.C} (43.7 - 34.4 \text{ C})$$

$$Q = 0,0742 \text{ kg/s} \times 22,506 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,311 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Seiken pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1275 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 3,1 \text{ kJ/kg.C} (45.3 - 39.2 \text{ C})$$

$$Q = 0,085 \text{ kg/s} \times 18,91 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,238 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin D.C.K pada saat 3000 dan waktu 60 detikRPM sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1006 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 4,229 \text{ kJ/kg.C (47.9 C - 42.1 C)}$$

$$Q = 0,0671 \text{ kg/s} \times 24,5282 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,078 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Yamacoolant pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1082 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 3,283 \text{ kJ/kg.C (45.3 C - 37.8 C)}$$

$$Q = 0,0721 \text{ kg/s} \times 24,6225 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1,468 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Air mineral pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 4,2 \text{ kJ/kg.C (48.3 C - 42.7 C)}$$

$$Q = 0,0667 \text{ kg/s} \times 23,52 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 0,980 \text{ kW}$$

b) Perhitungan Nilai Efektifitas Radiator Yamaha Nmax

Perhitungan Efektifitas radiator adalah :

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Prestone pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(35.4 - 29.8)}{(43.7 - 29.8)}$$

$$\varepsilon = 0.402$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin SEIKEN pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(37.4 - 32.1)}{(45.3 - 32.1)}$$

$$\varepsilon = 0.401$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin D.C.K pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(38.2 - 31.7)}{(47.9 - 31.7)}$$

$$\varepsilon = 0.401$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Yamacoolant pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(38.9 - 31.5)}{(45.3 - 31.5)}$$

$$\varepsilon = 0.536$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Air Mineral pada saat 3000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(36 - 32.1)}{(48.3 - 32.1)}$$

$$\varepsilon = 0.240$$

Berdasarkan cara perhitungan yang sama dengan diatas, maka nilai laju perpindahan panas (Q) dan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax (ε) pada putaran 3000 RPM secara keseluruhan untuk jenis fluida pendingin Prestone, Seiken, D.C.K, Yamacoolant, dan Air mineral dapat dilihat pada tabel 4.2

Lampiran 3 Perhitungan Laju perpindahan panas dan efektifitas pada putaran 5000 RPM.

a) Perhitungan Laju perpindahan panas Yamaha Nmax

Laju perpindahan panas pada sistem pendingin Yamaha Nmax saat 5000 RPM dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1, sedangkan untuk mencari nilai laju massa alirannya menggunakan persamaan Pers. 2.2

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Prestone pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1113,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 2,420 \text{ kJ/Kg.C (43.7 C - 34.4 C)}$$

$$Q = 0,0742 \text{ kg/s} \times 28,072 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 2.083 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Seiken pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1275 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 3,1 \text{ kJ/kg.C (45.3 C - 39.2 C)}$$

$$Q = 0,085 \text{ kg/s} \times 27,9 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 2.371 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin D.C.K pada saat 5000 dan waktu 60 detikRPM sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p (T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1006 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 4,229 \text{ kJ/kg.C (47.9 C - 42.1 C)}$$

$$Q = 0,0671 \text{ kg/s} \times 29,1801 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1.957 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Yamacoolant pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1082 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 3,283 \text{ kJ/kg.C (45.3 C - 37.8 C)}$$

$$Q = 0,0721 \text{ kg/s} \times 29,547 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 2.131 \text{ kW}$$

Perhitungan laju perpindahan panas fluida pendingin Air mineral pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$Q = m \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (\rho \times Qh) \times c_p(T_{fluida1} - T_{fluida2})$$

$$Q = (1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,000067 \text{ m}^3/\text{s}) \times 4,2 \text{ kJ/kg.C (48.3 C - 42.7 C)}$$

$$Q = 0,0667 \text{ kg/s} \times 34,02 \text{ kJ/kg}$$

$$Q = 1.918 \text{ kW}$$

b) Perhitungan Nilai Efektifitas Radiator Yamaha Nmax

Perhitungan Efektifitas radiator adalah :

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Prestone pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(35,4 - 29,8)}{(43,7 - 29,8)}$$

$$\varepsilon = 1.670$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin SEIKEN pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(37,4 - 32,1)}{(45,3 - 32,1)}$$

$$\varepsilon = 1.607$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin D.C.K pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(35,6 - 31,5)}{(47,9 - 31,5)}$$

$$\varepsilon = 1.645$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Yamacoolant pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(38.9 - 31.5)}{(45.3 - 31.5)}$$

$$\varepsilon = 1.776$$

Perhitungan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax saat menggunakan fluida pendingin Air Mineral pada saat 5000 RPM dan waktu 60 detik sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(T_{udara2} - T_{udara1})}{(T_{fluida1} - T_{udara1})}$$

$$\varepsilon = \frac{(36 - 32.1)}{(48.3 - 32.1)}$$

$$\varepsilon = 1.568$$

Berdasarkan cara perhitungan yang sama dengan diatas, maka nilai laju perpindahan panas (Q) dan nilai efektifitas radiator Yamaha Nmax (ε) pada putaran 5000 RPM secara keseluruhan untuk jenis fluida pendingin Prestone, Seiken, D.C.K, Yamacoolant, dan Air mineral dapat dilihat pada tabel 4.3

Lampiran 4 Perhitungan Rata-rata Laju Perpindahan Panas dan Efektivitas

Radiator

Perhitungan rata-rata laju perpindahan panas dihitung dengan menjumlahkan keseluruhan nilai laju perpindahan panas pada waktu 60, 300, dan 600 s kemudian dibagi 3, setelah mendapat nilai rata-rata setiap waktu kemudian dijumlahkan Kembali untuk setiap 1600 RPM, 3000RPM, dan 5000 RPM dan kemudian dibagi 3 kembali atau jika dalam persamaan dapat dituliskan:

$$\text{Rata-rata Laju Perpindahan panas Putaran} = \frac{Q_{60s} + Q_{300s} + Q_{600s}}{3}$$

$$\text{Rata-rata laju perpindahan panas keseluruhan} = \frac{Q_{1600rpm} + Q_{3000rpm} + Q_{5000rpm}}{3}$$

Perhitungan Laju Perpindahan Panas Fluida Pendingin Prestone :

$$\text{Rata-rata laju perpindahan panas putaran 1600 RPM} = \frac{1.311 + 1.526 + 1.849}{3}$$

$$= 1,56248752 \text{ kW}$$

$$\text{Rata-rata laju perpindahan panas putaran 3000 RPM} = \frac{1.679 + 1.831 + 2.101}{3}$$

$$= 1,867801173 \text{ kW}$$

$$\text{Rata-rata laju perpindahan panas putaran 5000 RPM} = \frac{2.083 + 2.3167 + 2.568}{3}$$

$$= 2,322778382 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata laju perpindahan panas} &= \\ \frac{1,56248752 + 1,867801173 + 2,322778382}{3} &= \\ &= 1,918 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk Keseluruhan nilai rata-rata laju perpindahan panas pada setiap fluida pendingin dapat dilihat pada table 4.4