

ANALISA UNJUK KERJA RADIATOR SEBAGAI ALAT PENDINGIN PADA MESIN MOBIL ISUZU PANTHER GRAND TOURING 2500 CC

SKRIPSI

Oleh :

**SISWANDO LUBIS
08 813 0021**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2014**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/12/23

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 (repository.uma.ac.id)26/12/23

Abstract

The cooling system on a car serves to lower the temperature in the engine caused by the combustion of the fuel. The cooling system on the machine using a tool in the form of Radiator . Radiators work by blowing air from the cooling fan into the radiator . Issues to be examined in the final project is to determine how much influence there any air flow velocity of the effectiveness of the radiator . Based on an analysis using the relationship graph of air flow rate , temperature of cooling water and effectiveness , that the value of Radiator effectiveness increases in proportion to the speed of the air flow . Based on the description that has been submitted can be concluded , there is the effect of air velocity with Radiator Effectiveness . It can be proved that the effectiveness Radiator value will increase with the increase of air flow rate and vice versa Effectiveness Radiator value tends to decrease with the decrease in the speed of air flow .

And of the results obtained and the results obtained from the analysis of the calculated value Radiator Effectiveness is: 65.25 % . Radiators work enough so that the maximum performance in the use of combustion engine .

Kata kunci : *Radiator, Effectiveness, Refrigeration Machinery.*

Abstrak

Sistem pendingin pada mobil berfungsi untuk menurunkan temperature pada mesin yang terjadi akibat pembakaran dari ruang bakar. Sistem pendingin pada mesin menggunakan suatu alat yaitu berupa Radiator. Radiator bekerja berdasarkan hembusan udara dari kipas pendingin masuk ke Radiator. Permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui adakah seberapa besar pengaruh kecepatan aliran udara terhadap efektivitas radiator. Berdasarkan analisa dengan menggunakan grafik hubungan laju aliran udara, suhu air pendingin dan efektivitas, bahwa nilai Efektivitas Radiator akan meningkat sebanding dengan kecepatan aliran udara. Berdasarkan uraian yang telah disampaikan dapat diambil kesimpulan, ada pengaruh antara kecepatan aliran udara dengan Efektivitas Radiator. Hal ini dapat dibuktikan bahwa nilai Efektivitas Radiator akan meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan aliran udara begitu pula sebaliknya nilai Efektivitas Radiator cenderung turun seiring dengan penurunan kecepatan aliran udara.

Dan dari hasil yang didapat dan diperoleh dari hasil analisa yang dihitung nilai Efektivitas Radiator yaitu : 65,25%. Sehingga kinerja Radiator bekerja cukup maksimal dalam pemakaian pada motor bakar.

Kata kunci : *Radiator, Efektivitas, Pendinginan Mesin.*

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penulisan Skripsi.....	2
1.4. Manfaat Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Pengertian Penukaran Kalor.....	3
2.2. Radiator.....	4
2.2.1. Jenis Aliran Vertikal.....	5
2.2.2. Jenis Aliran Menyilang.....	6
2.3. Bagian-Bagian Radiator.....	7
2.3.1. Penjelasan Dan Fungsi Bagian Radiator.....	7
2.4. Tinjauan Tentang Analisa.....	8
2.5. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh.....	21
2.5.1. Penukaran Tekanan (Pressuere Drop).....	22

2.6. Analisa Termodinamika Dalam Siklus	24
2.7. Inti Penukaran Kalor.....	30
2.7.1. Pipa Radiator.....	31
2.7.2. Untuk Ukuran Luar Pipa.....	31
2.7.3. Untuk Ukuran Dalam Pipa.....	32
2.7.4. Sirip Radiator.....	33
2.7.5. Untuk Sirip.....	34
2.7.6. Untuk Pipa.....	35
2.7.7. Jumlah Pipa Radiator (N_1).....	35
2.8. Koleksi Inti Penukaran.....	36
2.9. Perhitungan Laju Aliran.....	37
2.9.1. Laju Aliran Massa Udara	37
2.9.2. Kecepatan Rata-Rata (V_r)	38
2.9.3. Debit Udara (Q)	39
2.9.4. Efektivitas Radiator (ϵ)	39
2.10. Faktor Pengotoran.....	40
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....	42
3.1. Tempat Dan Waktu.....	42
3.2. Spesifikasih Motor Dan Radiator.....	42
3.3. Diagram Aliran Pelaksanaan Analisa.....	45
3.4. Jadwal Kegiatan.....	46

BAB IV ANALISA THERMODINAMIKA.....	47
4.1. Perhitungan Temperatur Dalam Siklus Motor Bakar.....	47
4.2. Panas Yang Di Serap Oleh Pendingin.....	50
4.3. Perhitungan Penukaran Kalor.....	51
4.3.1. Perhitungan Pipa Dan Sirip.....	51
4.4. Kecepatan Rata-Rata (V_r)	58
4.5. Debit Udara (Q).....	59
4.6. Parameter Konduktivitas.....	59
4.7. Perpindahan Panas Konvensi.....	67
4.7.1 Internal Flow	67
4.7.2 External Flow	68
4.8. Jumlah Kalor Yang Terbuang.....	70
4.8.1 Kalor yang dibuang Pipa ke udara	70
4.8.2 Kalor yang dibuang Sirip ke udara	72
4.8.3 Jumlah Kalor yang terbuang	74
4.8.4 Perhitungan Temperatur	75
4.9. Koefisiensi Perpindahan Panas.....	76
4.9.1 Koefisien Perpindahan panas menyeluruh (U)	76
4.10. Penurunan Tekanan/Pressure Drop (Δp)	77
4.11. Efektivitas Radiator (ϵ)	81

4.12. Faktor Pengotoran	82
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	84
5.1. Data Hasil Perhitungan dari Performance Radiator	84
BAB VI KESIMPULAN	85
DAFTAR PUSTAKA.....	81



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Semua jenis kendaraan bermotor memerlukan sistem pendingin, jika tidak demikian maka bahan bakar yang sedang melakukan proses pembakaran didalam ruang bakar akan mengakibatkan material dibagian komponen motor akan cepat panas. Salah satu sistem tersebut adalah menganalisa suatu alat penukar kalor pada sebuah kendaraan roda empat atau yang dikenal dengan mobil yaitu tentang radiator. Adapun fungsi dari pada radiator tersebut pada sebuah mobil adalah untuk mendinginkan air pendingin yang sudah panas setelah melalui ruang bakar dari pada sebuah mobil tersebut, dengan sistem kerjanya sebagai berikut: *kalor yang berada pada mesin ataupun ruang bakar dapat di dinginkan pada radiator dengan memanfaatkan fluida (air) dan udara luar sebagai media pendingin, sehingga air yang telah didinginkan dapat disirkulasikan kembali kemesin melalui pompa air untuk menyerap kembali kalor yang berada pada ruang bakar dari pada mesin tersebut.*

Demikian proses sirkulasinya selanjutnya berulang-ulang selama proses kerja mesin berlangsung. Penulis Tugas Akhir ini adalah merupakan wujud nyata dari penerapan ilmu yang didapat selama masa perkuliahan tepatnya dalam program study Konversi Energi. Pada penulisan ini perpindahan panas terjadi secara konveksi, konduksi, dan radiasi. Maka dengan demikian kita hendaknya dapat memprediksi temperatur yang masuk dan yang keluar pada alat penukar kalor tersebut dan bahan-bahan dipilih dengan koefisien thermal yang sesuai dengan perpindahan panas yaitu tembaga atau kuningan sebagai salah satu bahan yang

diambil untuk pemindah panas yang digunakan pada radiator. Radiator tersebut mempunyai

UNIVERSITAS MEDAN AREA
sistem yang dimodifikasi menjadi sebuah alat penukar kalor dengan memindahkan panas

Document Accepted 26/12/23

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 (repository.uma.ac.id)26/12/23

1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diperlukan untuk menghindari pembahasan yang tidak terarah dan agar focus pemecahan masalah dapat dengan mudah dilaksanakan. Adapun batasan-batasan masalah dalam penyelesaian tugas sarjana ini hanya sebatas pada :

1. Menghitung efektivitas radiator mobil ISUZU PANTHER GRAND TOURING 2500cc , empat langkah.
2. Menghitung penukar kalor pada radiator

1.3 Tujuan Penulisan Skripsi

Didalam penulisan ini penulis mempunyai tujuan yaitu :

- Menghitung jumlah kalor yang terbuang pada radiator tersebut.
- Menghitung laju aliran massa udara pada radiator.
- Menghitung seberapa besar kecepatan rata-rata aliran udara terhadap efektivitas radiator pada mesin.

1.4 Manfaat Penulisan

Dari pembuatan dan penulisan laporan Tugas Sarjana ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Sebagai sarana pengembangan ilmu pengetahuan khususnya tentang sistem pendingin mobil.
2. Memberikan kemudahan kepada masyarakat umum dalam mencari kerusakan-

kerusakan pada sistem pendingin (radiator) khususnya tentang sistem pendingin

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

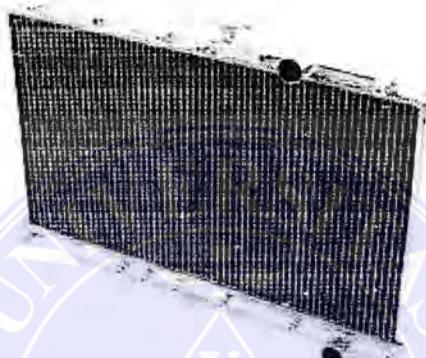
2.1 Pengertian Penukar Kalor

Penukar kalor adalah suatu alat yang dapat memindahkan atau mentransfer energi kalor yang ada pada satu sisi ke sisi yang lain. Energi atau kalor yang ditransfer diakibatkan oleh berbagai hal misalnya adanya perbedaan temperatur yaitu dari sistem yang bertemperatur tinggi ke sistem yang bertemperatur rendah. Pokok bahasan ini lebih ditekankan kepada penukar kalor dengan parameter temperatur, perpindahan kalor diidealisasikan tanpa adanya aliran massa sehingga dapat dianalogikan sebagai potensial penggerak perpindahan energi kalor. Bila suhunya terlalu tinggi, mesin akan mengalami overheating dan tidak bisa bekerja normal. Hal ini tentu saja akan berpengaruh pada material pada komponen yang berdekatan dengan ruang bakar. Disinilah peran radiator sebagai sistem penjaga suhu mesin agar mesin tetap bekerja optimal dan awet.

Pemilihan cairan radiator yang tidak tepat dapat menimbulkan kerak, korosi, dan kotoran pada radiator. Hal ini dapat menyumbat bagian-bagian radiator yang menjadikan sirkulasi cairan tidak berjalan lancar. Padahal kelancaran sirkulasi air pengisi radiator sangat berpengaruh pada sistem kerja radiator saat mesin dalam keadaan bekerja. Dengan memilih cairan pengisi radiator yang tepat mesin dapat bekerja maksimal dalam jangka waktu yang lama.

2.2 Radiator

Alat penukar kalor ini dikenal dengan istilah radiator dan biasanya digunakan sebagai Alat Penukar Kalor yang bekerja untuk mendinginkan panas disekelilingnya yang pada umumnya digunakan oleh berbagai kendaraan. Salah satu tipe radiator yang dipergunakan sebuah mobil dapat kita tunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 .Radiator

Tipe radiator ini menunjukkan aliran vertikal pada perubahan temperatur dimana perbandingan aliran fluida lain lebih kecil dari perbedaan temperatur. Dari gambar diatas pada dasarnya pembuatan radiator sama halnya dengan penggunaan dalam pendingin atau pendingin udara. Selain pada kendaraan, radiator mempunyai fungsi yang sama pada alat pendingin minyak pesawat terbang, dimana pembuatan alat premiumnya kecil. Umumnya radiator ditempatkan dibagian depan mesin kendaraan. Sebuah radiator terdiri dari bagian-bagian berikut :

- Suatu inti/tabung yang dibuat dari tembaga dan alumunium dibentuk oleh sejumlah pipa dengan rusuk-rusuk untuk melewati zat pendingin.
- Dua buah tangki air yang disambungkan pada kedua ujungnya (dibawah dan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang
didasar) berguna untuk:

Document Accepted 26/12/23

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

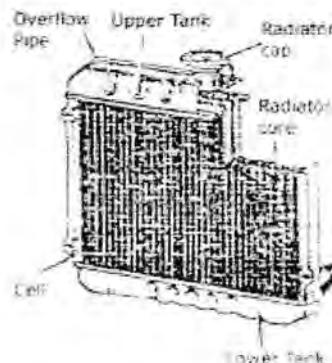
Access From (repository.uma.ac.id)26/12/23

- * Mendistribusikan zat pendingin setiap saat melalui semua tabung/pipa penyalur.
- * Menghubungkan saluran-saluran dari radiator dan dari mesin.
- * Mengisi dan menguras jika diperlukan.

Dua braket pada masing-masing inti/pusat disolder atau dipasang pada ujung kedua tangki. Lengan pemasang diperlukan agar pemasangan yang fleksibel menghubungkan kemesin. Radiator menerima air yang telah menjadi panas dari mesin, air panas mengalir melalui pipa dan menyemburkan panasnya keudara luar melalui sirip-sirip. Posisi radiator pada kendaraan tergantung pada posisi mesin, tetapi dalam beberapa hal aliran udara keluar perlu untuk efisiensi kerja. Pada kendaraan bermesin depan biasanya radiator diletakkan didepan mesin dalam posisi terbuka untuk sirkulasi udara melalui kisai-kisai didepan kendaraan, bentuk radiator bisa merupakan jenis aliran Vertikal.

2.2.1 Jenis aliran vertikal

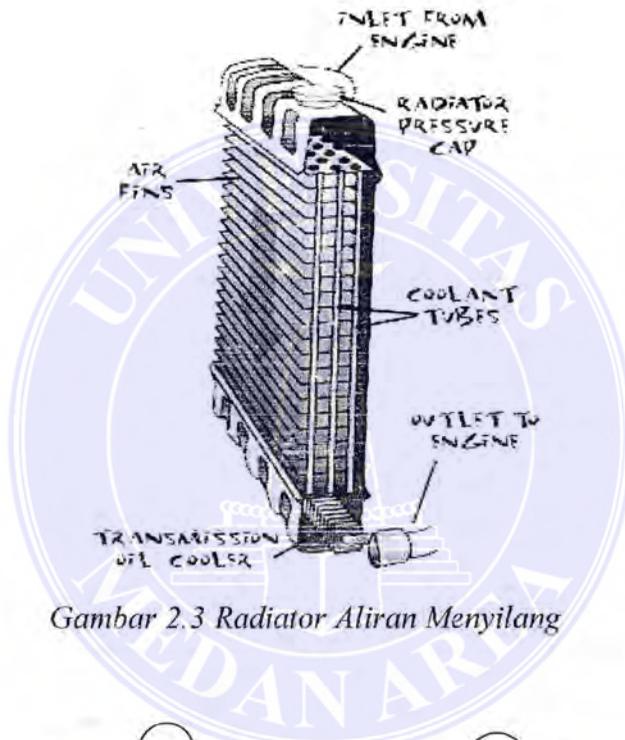
- Air mengalir dari tangki atas melalui bahan bagian tengah ke tangki bawah.
- Pada umumnya kedalaman core/ inti kurang dari lebarnya, jenis ini dipasang dibawah garis batas dari kendaraan.
- Pada jenis ini baut pengikat/ pemasang dihimpitkan kepenopang dalam.



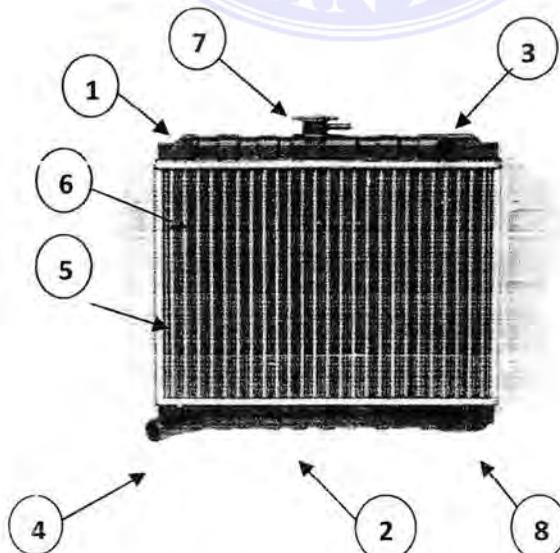
2.2.2 Jenis aliran menyilang

- Air mengalir dari satu sisi yang lain dari radiator.
- Kedalaman rusuk/ *core* kurang dibanding lebarnya sehingga dapat dipasang dibawah garis batas terendah pada kendaraan.

Baut pengait atas dan bawah terletak diantara penopang dalam.



Gambar 2.3 Radiator Aliran Menyilang



Gambar. 2.4 bagian-bagian radiator

2.3 Bagian-Bagian Radiator

1. Tabung air atas (*upper tank*)
2. Tabung air bawah (*lower tank*)
3. Sambungan pipa atas
4. Sambungan pipa bawah
5. Kisi-kisi (*tube*)
6. Sirip-sirip (*fin*)
7. Tutup radiator
8. Kran pembuangan (*drain cock*)

2.3.1 Penjelasan dan fungsi bagian-bagian radiator:

1. Tabung air atas (*upper tank*), berfungsi sebagai penampung air sebelum air masuk ke dalam kisi-kisi (*tube*) radiator.
2. Tabung air bawah (*lower tank*), berfungsi sebagai penampung air dari kisi-kisi (*tube*) radiator.
3. Sambungan pipa atas, berfungsi sebagai jalan masuk air ke radiator.
4. Sambungan pipa bawah, berfungsi sebagai jalan keluar air ke radiator.
5. Kisi-kisi (*tube*), dengan memiliki konstruksi pipa memanjang diharapkan air dapat mentransferkan panasnya dengan efisien.
6. Sirip-sirip (*fin*), berfungsi untuk membuat turbulensi udara disekitar kisi-kisi (*tube*) agar pendinginan air lebih efisien.
7. Tutup radiator, berfungsi untuk menutup radiator serta mengatur dan menaikkan tekanan dalam sistem pendingin.
8. Kran pembuang (*drain cock*), berfungsi untuk membuang air yang ada didalam radiator.

2.4. Tinjauan Tentang Analisa.

Dalam judul tugas sarjana ini, penulis telah menegaskan ingin menganalisa sebuah radiator yang akan digunakan pada sebuah mobil ISUZU PANTHER GRAND TOURING 2500 cc, maka untuk itu kita harus meninjau dulu lebih dalam tentang radiator.

Adapun hal-hal yang perlu kita ketahui tentang radiator ini yaitu:

1. Panas yang diserap oleh air.
2. Bahan utama radiator.
3. Saluran radiator.

1. *Panas yang diserap oleh air.*

Panas yang diserap oleh air (media pendingin) dari ruang bakar gas pembakaran haruslah dibuang ke udara secepat mungkin. Untuk itu air harus disirkulasikan melalui radiator, yang biasanya terletak didepan mesin. Sirkulasi pendinginan dapat diefektifkan dengan menggunakan pompa yang disusun sedemikian rupa sehingga pengembangan air dan konsekuensinya yang terus meningkat menyebabkan air tersebut bersirkulasi.

Jumlah panas yang diserap oleh lapisan air akan mengalami peningkatan seiring dengan kecepatan dan beban mesin. Dalam radiator panas haruslah dipindahkan pertama kali dari logam inti ke udara, dan dalam kasus laju transfer ini akan direduksi oleh yang disebut pembentukan film. Hal yang sama seperti bantalan yang dilumasi dengan molekul pelumas akan kontak dengan logam tersebut, sehingga dalam inti radiator lapisan film dan udara berbentuk pada sisi lembaran logam dan juga molekul yang tidak bergerak serta panas akan dapat melewati lapisan konduksi.

Lapisan perpindahan panas yang dibuang oleh permukaan radiasi akan tergantung kepada:

1. Laju sirkulasi air
2. Kecepatan udara yang melewati permukaan radiasi
3. Kedalaman inti radiator
4. Perbandingan permukaan radiasi langsung dan tidak langsung

Pada sirkulasi air pembuangan panasnya harus sebanding dengan faktor yang ditentukan oleh panas yang disupply, tetapi dengan peningkatan kecepatan dari sirkulasi laju perbandingan panas akan terus meningkat.

2. Bahan utama radiator.

Bahan radiator adalah terbuat dari tembaga dan kuningan, dimana material ini digunakan atas perkiraan konduktifitas thermalnya yang sangat tinggi serta resistansinya terhadap korosi dan juga kekasarannya yang mempermudah untuk bersirkulasi pada inti radiator. Bahan kuningan ini diperkirakan jauh lebih ulet daripada tembaga sehingga kita memilihnya sebagai bahan yang akan digunakan untuk pipa atau tabung, sementara tembaga digunakan sebagai bahan untuk sirip atau fin dalam inti radiator. Selain tembaga dan kuningan masih ada logam lain yang mempunyai sifat konduktifitas thermal yang sangat bagus yaitu perak, namun dari segi ekonomisnya material ini sangat tidak mungkin untuk digunakan, karena merupakan pemborosan yang sangat sia-sia dan percuma.

Tabel dibawah ini mencantumkan berbagai material yang digunakan radiator dan coolant. Perhatikan daya konduksi panas dan 50/50 (anti-freeze/air), terlihat air adalah konduktor panas yang lebih baik. Pada data lain terlihat bagaimana air dapat '*membawa*' dan '*membuang*' panas lebih banyak daripada coolant lainnya.

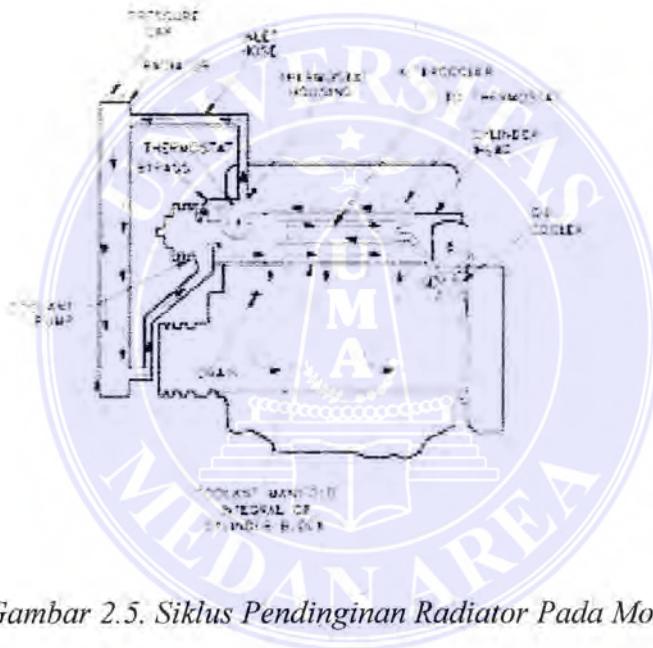
Tabel 2.1 Properti Panas Material Sistem Pendingi

Material	Kepekaan (g/cm)	Daya konduksi (w/m, c)	Konveksi Panas (w/m, c)	Kapasitas Panas (kal/g, c)	Panas untuk penguapan (kal/g)
COOLANT					
Air		0.60		1.000	539
50/50					373
E.Glocol		0.25		0.573	226
RADIATOR					
Aluminium		155		0.225	
Besi tuang					
Tembaga		84		0.093	
Kuningan					
Keramik		1-10			
Udara	0.0013	0.026		0.24	

3 Saluran Radiator

Dalam sistem pendinginan yang terkontrol, air akan dilewatkan melalui radiator yang dikembalikan langsung melalui pompa kedalam mesin untuk mendinginkan ruang bakar. Dan lebih jelasnya dapat kita tunjukan skema dari instalasi siklusnya pada gambar

berikut:



Gambar 2.5. Siklus Pendinginan Radiator Pada Motor Bakar

Jadi dinding pendinginan memiliki luas yang sama, kontak dengan udara panas pada sisi dalam dan udara atmosfer pada sisi luar, maka terlihat kecenderungan antara suhu atmosfer dengan suhu rata-rata didalam tabung. Akan tetapi jauh lebih tinggi untuk memudahkan pendinginan dalam mesin terlaksana secara merata untuk semua bagian blok silinder tersebut. Oleh karena itu bila katup didalam outlet pada radiator yang tertutup oleh thermostats, maka tekanan akan dibangun oleh pompa dan katup tersebut, sehingga selang untuk by pass akan terbuka secara otomatis dan kemudian akan diteruskan melalui radiator, pompa, begitu juga sebaliknya prosesnya berulang-ulang selama berlangsungnya proses pendinginan tersebut.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

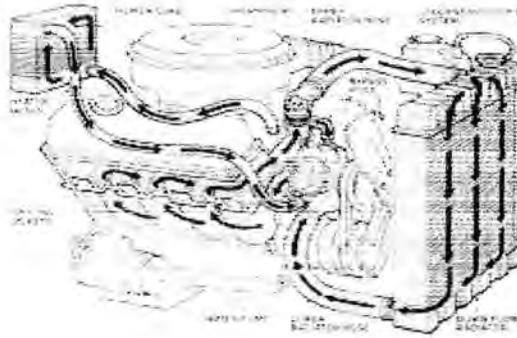
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Rengukan hanya untuk keperluan pribadi, penulisan, dan pembelajaran

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)26/12/23



Gambar 2.6. Sirkulasi Tertutup Pada Alat Pemukar Kalor Yaitu Radiator

a. Dasar-Dasar Perhitungan

Sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan adalah dukungan dari pada persamaan-persamaan yang dibutuhkan dan dilengkapi dengan topik analisa. Adapun topik dan persamaan-persamaan tersebut adalah sebagai berikut:

b. Proses-Proses Perpindahan Panas

Proses-proses perpindahan panas dapat dikenal dengan tiga macam yaitu:

1. Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari suatu sistem yang suhunya lebih tinggi kesuatu sistem yang suhunya lebih rendah melalui suatu media yaitu: padat, cair dan gas atau sistem yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Sebagai dasar dari perpindahan panas secara konduksi yang menurut ahli matematika fisika bangsa perancis

dimana hubungan antara laju aliran panas dengan cara konduksi suhu bahan dapat diperoleh dari persamaan yaitu (Holman J.P. 1995, Lit.3):

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial X} \quad (2.1)$$

persamaan hukum fourier tentang konduksi kalor

dimana : q = Laju perpindahan kalor (Watt)

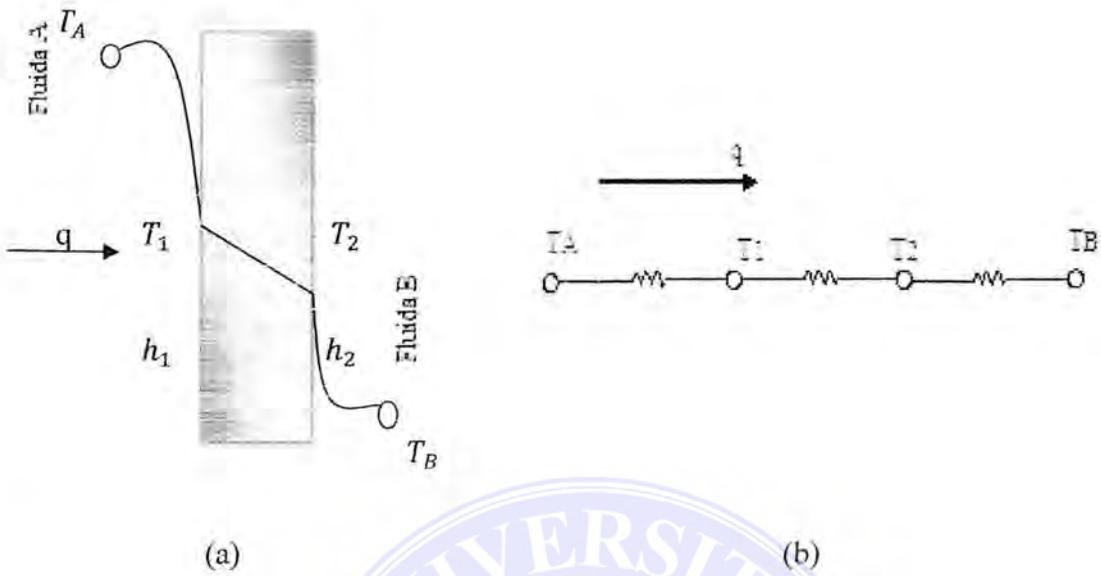
k = Konduktifitas thermal bahan (W/m.K)

A = Luas penampang aliran panas konduksi yang diukur tegak lurus terhadap arah aliran (m^2).

$\frac{\partial T}{\partial X}$ = Gradien suhu kearah perpindahan kalor, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak X dalam arah aliran konduksi (K/m)

Pada perpindahan panas konduksi selain ada mempunyai satu dinding konduksi tetapi, ada juga yang mempunyai dua atau lebih dinding dengan beda konduktivitas, maka sistem demikian disebut dinding komposit. Lapisan dalam dinding bersinggungan dengan fluida yang mempunyai temperatur tertentu (T_i), dimana setiap lapisan dinding mempunyai konduktansi serta luas penampang masing-masing. Sedangkan fluida yang lain mempunyai temperatur (T_o). Untuk lebih jelasnya dapat kita tunjukan dalam gambar

berikut dibawah ini :



Gambar 2.7. Perpindahan Kalor Menyeluruh Melalui Dinding Datar.

Dari gambar diatas aliran panas yang terjadi akan melalui dinding, karena aliran panas melalui lapisan dinding dengan luas A dan laju perpindahan panas q , maka dapat diperoleh (J.P Holman. Lit3).

$$q = h_1 A (T_A - T_1) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_2 A (T_2 - T_B) \quad (2.2)$$

Kemudian persamaan diatas dapat dituliskan dengan rangkaian thermal dalam bentuk tahanan thermal yaitu sebagai berikut : (Frank Kreit. Lit.1)

$$q = \frac{T_1 - T_1}{R_1} = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2} = \frac{T_3 - T_4}{R_3} = \frac{T_4 - T_0}{R_0} \quad (2.3)$$

Dengan menentukan T_i dan T_o maka (Pers.2.3) menjadi:

$$T_1 - T_1 = q \cdot R_1$$

$$T_1 - T_2 = q \cdot R_2$$

$$T_2 - T_3 = q \cdot R_3$$

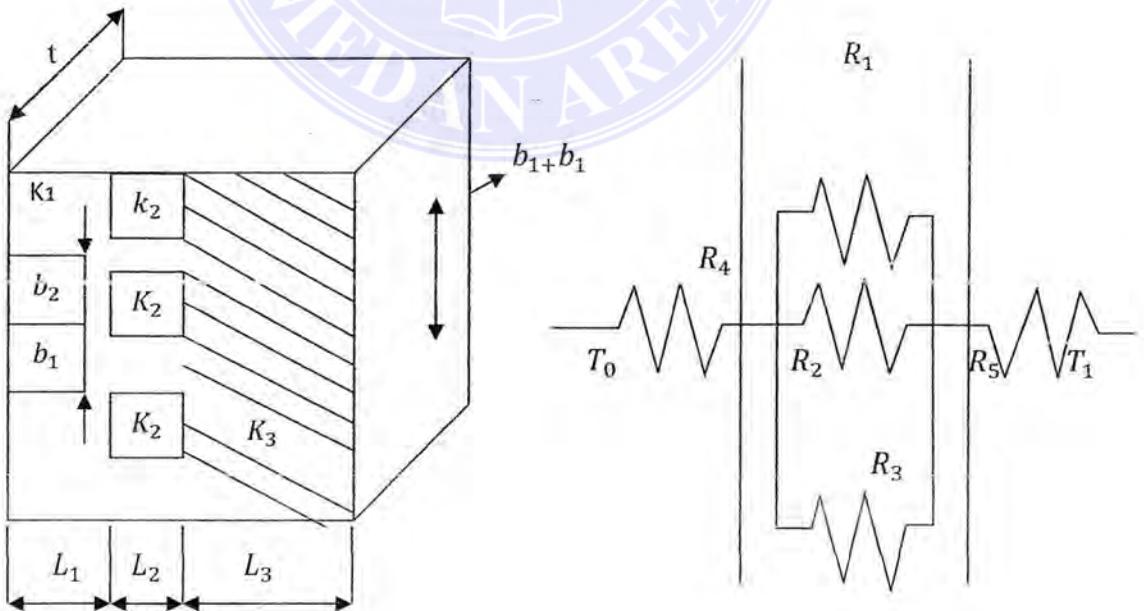
$$T_3 - T_4 = q \cdot R_4$$

$$T_4 - T_0 = q \cdot R_0 \tag{2.4}$$

$$T_1 - T_0 = q (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_0)$$

Pada rangkaian thermal jenis seri-paralel mempunyai konduktivitas masing-masing lapisan konveksi yang sama baik untuk T_o maupun T_i seperti pada gambar berikut :

(Frank Kreit. Lit.1)



Persamaan untuk tahanan thermal rangkaian seri-paralel adalah sebagai berikut :

$$k_2 = \frac{k_2 b_1}{L_2} + \frac{k_1 b_2}{L_2} = \frac{1}{R_2}$$

1

$$U = (b_1 + b_2) (R_1 + R_2 + R_3)$$

1

$$= \frac{L_1}{k_1} + \frac{b_2 + b_1}{\frac{k_1 b_2}{L_2} + \frac{k_2 b_1}{L_2}} + \frac{L_2}{k_3} \quad (2.5)$$

2. Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi dari suatu sistem yang mempunyai temperatur lebih tinggi ke fluida yang mempunyai temperatur lebih rendah. Persamaan yang digunakan untuk menghitung laju perpindahan panas secara konveksi adalah sebagai berikut : (Holman, J.P. 1995 Lit.3) :

$$q = hA (T_w - T_w) \quad (2.6)$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas secara konveksi (Watt)

A = Luas penampang perpindahan panas konveksi (m^2)

ΔT = Beda temperatur penampang dengan fluida pada suatu daerah tertentu ($^{\circ}F$ atau K)

Untuk mendapatkan nilai koefisien konveksi digunakan persamaan yang didapat dari buku "*fundamental of heat transfer*". Perpindahan panas konveksi pada sistem

pemindah panas terdapat dua jenis konveksi yaitu :

1. Lapisan konveksi luar pipa (External Flow)
2. Lapisan konveksi dalam (Internal Flow)

1. Lapisan Konveksi Luar Pipa (External Flow)

Pada kasus konveksi luar pipa (External Flow) persamaan-persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Bilangan Reynolds (Re)

Bilangan reynolds (Re) adalah digunakan untuk penunjuk garis aliran dalam pipa atau tabung yang diperoleh sebagai berikut: (Frank Kreit. Lit.1)

- $Re \leq 2300$ adalah Aliran Laminar
- $Re \geq 4000$ adalah aliran Turbulen

Maka :

$$Re = \frac{\rho v D_H}{\mu} = \frac{v D_H}{\gamma} \quad (2.7)$$

Dimana :

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

v = Kecepatan rata-rata (m/s)

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/12/23

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

Access From (repository.uma.ac.id)26/12/23

ν = Viskositas kinematik (m^2/s)

μ = Viskositas Absolute (Ns/m^2)

2. Bilangan Nusselt (Nu)

Bilangan Nusselt (Nu) dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut yaitu (Malev.V.L. Lit.4)

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^{1/3} \quad (2.8)$$

Dimana ;

Nu = Bilangan Nusselt

Re = Bilangan Reynolds

Pr = Bilangan Planalt

Harga bilangan Planalt (Pr), m serta C dapat dilihat dalam tabel berikut dengan mengacu kepada harga bilangan Reynolds (Re) yaitu :

Tabel 2.2. Tabel Harga Bilangan Planalt, m serta C

Re	C	m
0,4 - 4	0,891	0,330
4 - 40	0,821	0,385
40 - 4000	0,615	0,466
4000 - 40000	0,174	0,618
40000 - 400000	0,0239	0,805

Dengan didapatnya harga bilangan Nusselt (Nu) maka konveksi (hc) dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

$$hc = \frac{k}{D_H} Nu \quad (2.9)$$

dimana : hc = Koefisien konveksi ($W/m^2.K$)

k = Konduktifitas bahan ($W/m.K$)

D_H = Diameter hidrolik pipa atau tabung (m)

2. Lapisan Konveksi Dalam Pipa Internal (Flow)

Sedangkan untuk lapisan konveksi dalam pipa (Internal Flow) digunakan persamaan berikut :

3 angka Reynolds (Re)

Angka Reynolds (Re) ≥ 4000 adalah aliran Turbulen

Angka Reynolds (Re) ≤ 2300 adalah aliran Laminar

Angka Reynolds (Re) ini dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

(Sularso. Lit.5).

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2.10)$$

$$\text{Atau } Re = \frac{4m}{\pi D \mu} \quad (2.11)$$

Dimana :

ρ = Kerapatan (kg/m^3)

V_m = Kecepatan aliran fluida (m/s)

D = Diameter tabung atau pipa (m)

m = Laju aliran massa (kg/s)

μ = Viskositas absolute (Ns/m^2)

Re = Angka Reynolds untuk lapisan dalam pipa (Internal Flow)

3. Angka Nusselt (Nu)

Dengan mendapat angka Reynold (Re) maka persamaan angka Nusselt (Nu) dapat ditentukan sebagai berikut : (Frank Kreit. Lit.1)

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{4/3} \cdot Pr^n \quad (2.12)$$

Dimana :

$n = 0,4$ untuk persamaan ($T_o > T_i$)

$n = 0,3$ untuk persamaan ($T_o < T_i$)

Harga n ini berlaku dengan syarat jika :

$$0,7 \leq Pr \leq 160 \text{ atau } Re \geq 10000 \text{ atau } \frac{L}{D} \geq 10$$

Setelah angka Nusselt (Nu) dapat diperoleh maka koefisien perpindahan panas konveksi

(h) dalam pipa (Internal Flow) dapat dicari dengan :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/12/23

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

(2.13)

4. Radiasi

Radiasi thermal merupakan radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda karena adanya perbedaan suhu. Radiasi thermal dapat merambat dengan kecepatan cahaya (c) sama dengan hasil perkalian antara panjang gelombang (λ) dengan frekuensi (V) radiasi yakni dengan rumus sebagai berikut : (Frank Kreit. Lit.1)

$$c = \lambda \times V \quad (2.14)$$

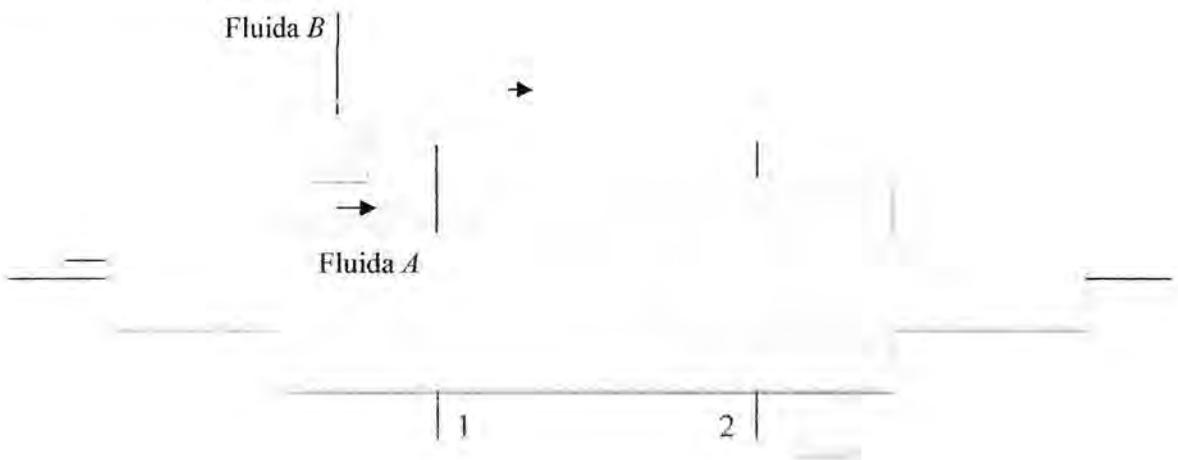
dimana :

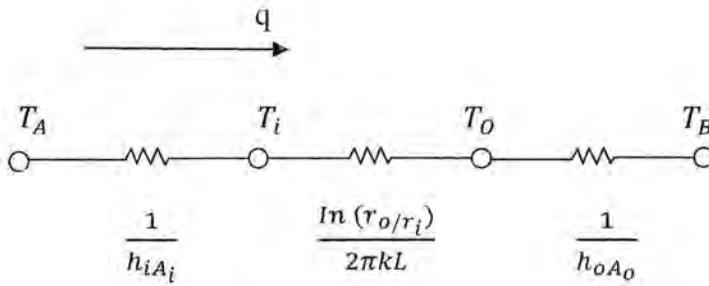
c = Kecepatan cahaya

λ = Panjang gelombang

2.5. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

Dalam perhitungan koefisien perpindahan panas secara konveksi yang akan digunakan dalam perpindahan panas menyeluruh pada pipa radiator, maka terlebih dahulu kita uraikan mengenai proses perpindahan panas antara dua jenis fluida yang melalui radiator seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut ini. (Holman J.P. 1995, Lit.1)





(b)

Gambar 2.9. Analogi Tahanan Untuk Silinder Bolong Dengan Kondisi Batas Konveksi

Gambar diatas diterangkan bahwa salah satu fluida mengalir didalam pipa yaitu air sebagai media pendingin, sedangkan fluida yang satu lagi bekerja diluar pipa yaitu udara sebagai media pendingin. Jadi koefisien perpindahan panas menyeluruh bisa terjadi berdasarkan atas luar dalam pipa yaitu luas dalam dan luas luar pipa tersebut, maka dengan demikian :

Untuk koefisien perpindahan panas secara menyeluruh oleh luas dalam pipa (U_i) dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (J.P Holman. Lit.3)

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{A_i \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi kL} + \left(\frac{A_1}{A_0}\right) \times \frac{1}{h_0}} \tag{2.15}$$

Untuk koefisien perpindahan panas secara menyeluruh oleh luas luar pipa (U_o) dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut : (J.P Holman. Lit.3)

$$U_o = \frac{1}{\left(\frac{A_1}{A_0}\right) \times \frac{1}{h_1} + \frac{A_i \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_0}} \tag{2.16}$$

Dimana :

U_i = Koefisien perpindahan panas menyeluruh didalam pipa ($W/m^2.K$)

U_o = Koefisien perpindahan panas menyeluruh diluar pipa ($W/m^2.K$)

H_i = Koefisien perpindahan panas konveksi didalam pipa ($W/m^2.K$)

H_o = Koefisien perpindahan panas konveksi diluar pipa ($W/m^2.K$)

A_i = Luas penampang didalam pipa (m^2)

A_o = Luas penampang diluar pipa (m^2)

r_i = Jari-jari dalam pipa (m)

r_o = Jari-jari luar pipa (m)

k = Konduktivitas thermal dari pipa ($W/m.K$)

L = Panjang pipa (m)

2.5.1 Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*)

Penurunan Tekanan (*Pressure Drop*) pada radiator biasanya karena gesekan aliran pada permukaan dalam dari pipa tersebut. Oleh karena itu maka penurunan tekanan pada perencanaan radiator ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta P = \frac{G^2}{2g_c} v \cdot f \frac{L}{r_h} \quad (2.17)$$

Dimana :

ΔP = Penukar tekanan (N/m^2)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

G = Kecepatan massa fluida yang mengalir (Kg/s)

Document Accepted 26/12/23

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

Access From (repository.uma.ac.id)26/12/23

g_c = Percepatan gravitasi (kgm/Ns)

ν = Viskositas (m^2/s)

r_h = Jari-jari hidrolik (Jri-jari dalam) pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

2.6 Analisa Thermodinamika Dalam Siklus

Untuk menganalisa thermodinamika secara tepat yang terjadi pada siklus motor bakar adalah sangat sulit karena disebabkan adanya reaksi kimia yang terjadi didalamnya dan adanya pertukaran panas antara fluida kerja dengan ruang bakar.

C_v = *Specific Heat constant volume*

γ = *Specific Heat ratio*

P = *Pressure*

V = *Volume*

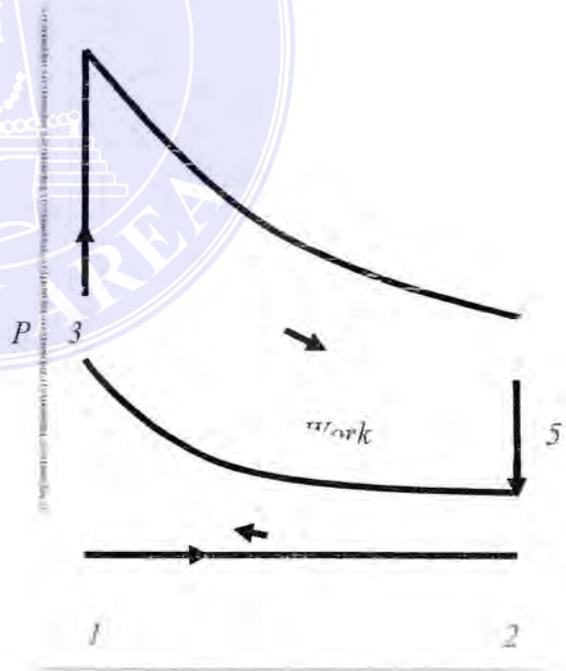
F = *fuel/air ratio*

Q = *Fuel heating value*

cps = *cycles per second*

P = *Power*

$V_2/V_3 = r =$ *Compression ratio*



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/12/23

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

Access From (Repository.uma.ac.id)26/12/23

Compression Stroke :

$$T_3/T_2 = r^{\gamma-1}$$

$$P_3/P_2 = r^{\gamma}$$

Combustion :

$$T_4 = T_3 + fQ/cv$$

$$P_4 = P_3 (T_4/T_3)$$

Power Stroke :

$$T_5/T_4 = r^{1-\gamma}$$

$$P_5/P_4 = r^{-\gamma}$$

Work per cycle :

$$W = c_v [(T_4 - T_3) - (T_5 - T_2)]$$

Engine Power :

$$P = W \text{ cps}$$

www.cahoon.com, "Internal Combustion Engine" OTTO CYCLE, Page 4

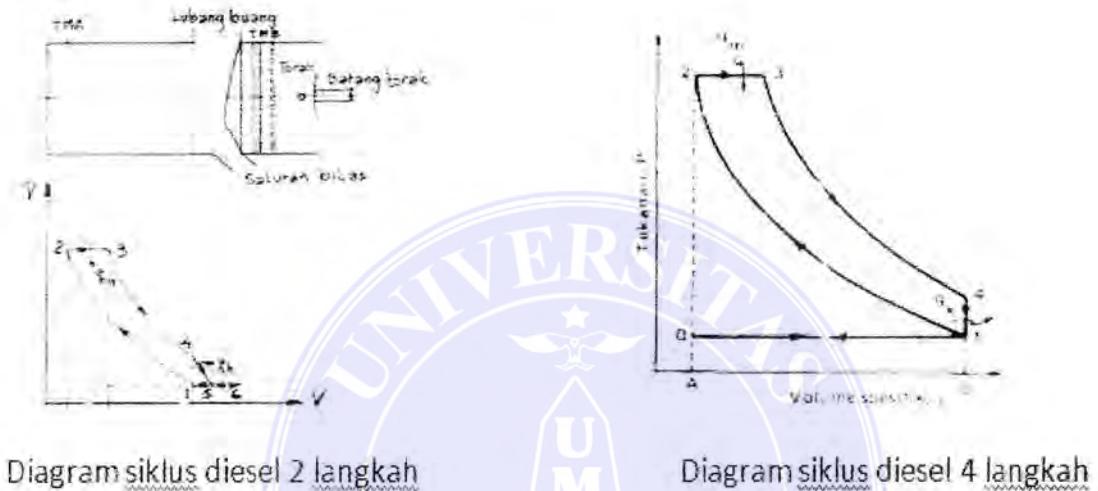
Ada beberapa hal yang menyebabkan terjadinya penyimpangan siklus pada motor bakar, diantaranya yaitu :

1. Fluida kerja bukan merupakan gas ideal, karena fluida kerjanya disini adalah bahan bakar udara.
2. Terjadinya pembakaran tidak sekaligus kemedua pendingin.

Sehingga dalam termodinamika ini dilakukan secara teoritis yang mendekati keadaan yang sebenarnya yaitu dengan mengansumsikan fluida kerja sebagai gas ideal, sehingga dengan demikian siklus yang digunakan adalah siklus udara standart. Siklus yang ada pada motor bakar dapat dikenal dengan tiga macam yaitu :

- ⊕ Siklus volume konstan (*Otto Cycle*) yaitu : siklus motor bensin.
- ⊕ Siklus tekanan konstan (*Otto Cycle*) yaitu : siklus motor solar.
- ⊕ Siklus tekanan terbatas (*Dual Cycle*) yaitu : siklus gabungan antara motor bensin dan motor solar.

Pada awal penulisan tugas ini kita telah ditetapkan untuk menganalisa radiator yang akan digunakan sebuah ISUZU PANTHER GRAND TOURING 2500cc. Dan oleh karena itu, kita telah mengenal bahan bakar yang digunakan yaitu solar, maka dengan demikian siklusnya juga dapat kita kenal yaitu siklus diesel. Bagaimana proses-proses yang terjadi pada siklus diesel dapat kita gambarkan sebagai berikut yaitu :



Gambar 2.10. Diagram P-V Siklus Diesel.

Keterangan :

Proses 0-1 Langkah Isap yaitu :

Proses pemasukan bahan bakar dan udara kedalam ruang bakar, yakni pada proses tekanan konstan. Kondisi titik 0 adalah merupakan keadaan udara luar yaitu tekanan udara standart atau dengan tekanan atmosfer 1 Atm dengan suhu 27°C.

Proses 1-2 langkah kompresi yaitu:

Campuran bahan bakar dan udara dikompresikan ke dalam ruang bakar/silinder secara adibatic. Kondisi titik 1 adalah merupakan awal kompresi yakni pada tekanan konstan dengan kondisi udara masih standart pada tekanan atmosfer 1 Atm tapi tempratur berubah akibat pencampuran udara dengan bahan bakar tersebut juga termasuk akibat dari pada faktor gesekan yang terjadi pada saluran masuk dan dingin silinder. Hal ini terjadi sekitar antara $t=(100 \div 150)^{\circ}\text{F}$, sehingga dengan demikian tempratur awal (T)dapat kita temukan.

$$T_1 = T_0 + t \quad (2.18)$$

Proses 2-3 proses pembakaran yaitu:

Campuran bahan bakar dengan udara terbakar dalam ruang bakar atau yang disebut dengan proses pemasukan kalor (energi) yakni pada volume konstan. Kondisi titik 2 adalah langkah kompresi. Karena telah terjadi proses pembakaran maka tempratur pada kondisi ini (T_2) jelas berubah besar. (Berlin.H.H. Lit.6)

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k=1} \quad (2.19)$$

$$\left(\frac{V_1}{V_2} \right) = r \quad (2.20)$$

Proses 3-4 Langkah kerja (Ekspansi) yaitu:

Yaitu berlangsung pada proses isentropic, pada kondisi titik 3 terjadi perubahan tempratur akibat pembakaran yang sempurna sehingga dapat menimbulkan/menghasilkan energi (Q_{in}).yaitu; (Berlin.H.H. Lit.6)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$Q_{in} = C_p (T_3 - T_2) \quad (2.21)$$

Document Accepted 26/12/23

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

Pada proses pembakaran ini energi yang dihasilkan dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{in} = f_c \cdot LHV \quad (2.22)$$

Dengan didapatnya harga Q_{in} ini maka temperatur (T_3) dapat dicari dengan:

$$T_3 = \left(\frac{Q_{in}}{C_v} \right) = T_2 \quad (2.23)$$

Proses 4-1 Proses pembuangan yaitu:

Hal ini dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan, akibat dari pada proses pengeluaran kalor ini, maka kondisi pada titik 4 yaitu temperatur (T_4) menjadi berkurang atau menurun dari (T_1).

$$T_4 = \left(\frac{T_3}{T_2} \right) = T_1 \quad (2.24)$$

Proses 1-0 langkah buang yaitu:

Pembuangan gas sisa pembakaran pada tekanan konstan, karena pembuangan gas sisa pembakaran ini temperatur akan menurun kembali ketemperatur (T_1) dan membutuhkan energi untuk menurunkannya, dimana energi yang dibutuhkan ini disebut energi keluar (Q_{out}). Yaitu sebesar : ; (Berlin.H.H. Lit.6)

$$Q_{out} = C_p(T_4 - T_1) \quad (2.25)$$

Panas atau energi yang diserap oleh air pendingin (Q_w) dapat dicari dengan:

$$Q_w = \eta_w \times N \times Q_{in} \quad (2.26)$$

Dimana: η_w adalah efisiensi yang diserap oleh pendingin yaitu $(30 \div 34)\%$.

Temperatur (T_i) yang masuk ke radiator dari ruang bakar dapat ditentukan dengan :

$$Q_w = \dot{m} c_p (T_i - T_0) \quad (2.27)$$

Sehingga:

$$T_i = \frac{Q_w}{\dot{m} c_p} + T_0 \quad (2.28)$$

Temperatur (T_o) yang keluar dari radiator dari ruang bakar dapat ditentukan dengan :

$$Q_w = \dot{m} \times C_p (T_i - T_w) \quad (2.29)$$

Sehingga :

$$T_w = T_i - \frac{Q_w}{\dot{m} \times C_p} \quad (2.30)$$

Dimana:

T_0 = Temperatur pendingin keluar radiator = T_{w1} temperatur pendingin masuk sistem (ruang bakar)

T_i = Temperatur pendingin masuk radiator = T_{w0} temperatur pendingin keluar sistem (ruang bakar)

W_w = Debit air pendingin

C_{pw} = Panas jenis air = 1 kcal/jam

UNIVERSITAS MEDAN AREA udara = 0,963 kg/s

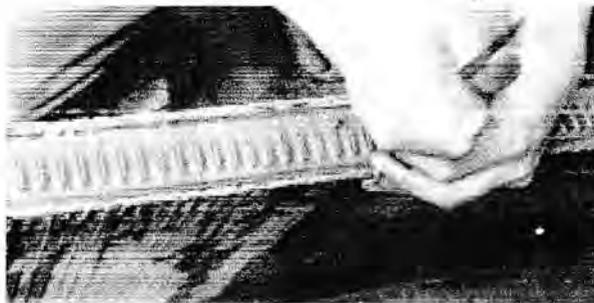
$Q_w =$ Kerugian panas akibat pendingin

$\eta_w =$ Efisiensi yang diserap oleh pendingin

$Q_{in} =$ Energi masuk sistem (ruang bakar) atau panas hasil pembakaran

2.7. Inti Penukar Kalor

Perencanaan inti penukar kalor atau radiator adalah perencanaan konstruksi pipa (Tabung) dan sirip (Fin) yang berperan dalam perpindahan kalor yang mendinginkan media pendingin air yang sedang panas. Untuk konstruksi inti pada radiator ini materialnya harus dipilih dari material yang mempunyai konduktivitas termal yang tinggi terhadap perpindahan panas, khususnya terhadap pendingin seperti tembaga dan kuningan. Selain atas perkiraan konduktivitas termal yang tinggi terhadap perpindahan panas material ini juga dikenal dengan kekasarannya yang mempermudah laju sirkulasi serta resistansinya terhadap korosi. Maka dengan demikian untuk konstruksi pipa pilih bahan kuningan dan untuk konstruksi sirip dipilih tembaga. Konstruksi selengkapnya seperti ditunjukkan dalam gambar berikut:



Gambar 2.11. pipa dan Sirip pada inti Radiator

2.7.1. Pipa Radiator

Pada yang digunakan pada radiator umumnya berpenampang segi empat atau perisma segi empat. Tabung segi empat ini merupakan silinder bolong yang dengan ketebalan 1,5 mm dengan dimensi sebagai berikut:



Gambar 2.12. Pipa (Tube) Radiator

Maka dengan demikian dapat dicari yaitu: (Berlin.H.H. Lit.6)

2.7.2. Untuk ukuran luar pipa

Luas penampang luar pipa (A_0)

$$A_0 = (H \times S) \quad (2.31)$$

Keliling luar pipa (P_0)

$$P_0 = \{(2 \times H) + (2 \times S)\} \quad (2.32)$$

Luas selimut luar pipa (A_{0S})

$$A_{0S} = (P_0 \times L) \quad (2.33)$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Luas total permukaan pipa (A_{0tot})

Document Accepted 26/12/23

© 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

$A_{0tot} = \{(2 \times A_0) + A_{0S}\}$ Access From (Repository.uma.ac.id)26/12/23 (2.34)

2.7.3. Untuk ukuran dalam pipa

Luas penampang luar pipa (A_1)

$$A_1 = (h \times s) \quad (2.35)$$

Keliling luar pipa (P_1)

$$P_1 = \{(2 \times h) + (2 \times s)\} \quad (2.36)$$

Luas selimut luar pipa (A_{IS})

$$A_{IS} = (p_0 \times L) \quad (2.37)$$

Luas total permukaan pipa (A_{Itot})

$$A_{Itot} = \{(2 \times A_1) + A_{IS}\} \quad (2.38)$$

Sehingga dengan demikian dapat diketahui bahwa:

Luas konveksi pipa (A_{CT})

$$A_{CT} = \frac{A_{otot} + A_{Itot}}{2} \quad (2.39)$$

2.7.4. Sirip Radiator

Sirip merupakan lembaran plat yang berbentuk persegi panjang dengan ketebalan 0,5 mm. Untuk membantu proses pendinginan pada inti radiator maka sirip ini dibentuk sedemikian rupa seperti ditunjukkan gambar berikut yaitu:



Gambar 2.13. Sirip (Fin) Radiator

Dari gambar di atas diketahui bahwa: (Berlin.H.H. Lit.6)

Jumlah lipatan (N)

$$N = \frac{H}{2R} \quad (2.40)$$

Panjang sirip (L_f)

$$L_f = \frac{h}{2r} \times [(1 - 2r) + \pi r] \quad (2.41)$$

Keliling sirip (P_f)

$$P_f = (2 L_f + 2 w) \quad (2.42)$$

2.7.5. Untuk Sirip

Bagian sirip yang dikoreksi pada proses perpindahan panas adalah seperti ditunjukkan dalam gambar diatas dengan dimensi sebagai berikut:

Panjang yangdikoreksi (L_{FC})

$$L_{FC} = P + \frac{1}{2} \quad (2.44)$$

Keliling sirip (P_{FC})

$$P_{FC} = 2(p + t) \quad (2.45)$$

Luas profil melintang sirip (A_C)

$$A_C = (w \times t) \quad (2.46)$$

Luas permukaan sirip (A_F)

$$A_F = (P_{FC} + L_{FC}) \quad (2.47)$$

Luas konveksi sirip (A_{FC})

$$A_{FC} = [H - (Nxt)] \times [2\pi 2R] \quad (2.48)$$

2.7.6. Untuk Pipa

Pada penampang pipa yang tidak berbentuk lingkaran atau silinder, maka untuk korelasi perpindahan panas yang digunakan adalah diameter hidrolis (D_H) yaitu:

$$D_H = \frac{4A}{P} \quad (2.49)$$

Diameter hidrolis dalam pipa (D_{HI})

$$D_H = \frac{4A_1}{P_1} \quad (2.50)$$

Diameter hidrolis luar pipa (D_{HO})

$$D_{HO} = \frac{4A_0}{P_0} \quad (2.51)$$

Diameter hidrolis sirip (D_{HF})

$$D_{HF} = \frac{4A_{FC}}{P_{FC}} \quad (2.52)$$

2.7.7. Jumlah Pipa Radiator (N_1)

Koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dapat diperoleh dari persamaan berikut yaitu:

$$Q_w = U \times A \times \Delta T \quad (2.53)$$

Dari jumlah kalor perpindahan panas tiap beda tempratur rata-rata (Q) didapat jumlah tube (pipa) radiator, diperoleh dari persamaan berikut yaitu:

$$Q_w = U \times A \times F_c \times \Delta T_{in} \quad (2.54)$$

$$Q_w = U \times N_1 \times \pi \times D \times L \times F_c \quad (2.55)$$

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 26/12/23

Access From (Repository.uma.ac.id)26/12/23

Dimana:

F_c = Faktor korelasi, diperoleh dari persamaan yaitu:

$$F_c = \frac{Ac}{A} \quad (2.56)$$

2.8 Koreksi Inti Penukar Kalor

Ada beberapa yang sering memicu kebocoran pada radiator. Yaitu : korosi (karat), benturan (baik karena tabrakan maupun karena terkena kibasan kipas radiator). Akibat penyebab – penyebab ini, mungkin saja terbentuk rongga atau celah di plat – plat (fiber) radiator tempat air merembes keluar. Karena radiator bocor, sistem pendingin tidak bekerja dengan baik. Akibatnya temperatur mesin pun tidak terkontrol dan terjadilah overheating ketika mesin terus dipaksa bekerja tanpa pendingin. Karena panas yang melebihi toleransi, mesin mungkin berbunyi tidak normal, kurang bertenaga, boros bahan bakar.

Bahkan mogok saat dikendarai di tengah jalan. Sebelum mengalami masalah-masalah seperti itu, antisipasilah terjadinya kebocoran pada radiator. Pencegahaan dapat dilakukan dengan merawat sistem pendingin. Untuk ini, ada beberapa tips yang akan disarankan kan:

1. Lakukan pemeriksaan air radiator secara rutin pada tangki cadangan. Jika permukaan air ditangki cadangan berada dibawah garis MIN, segera tambahkan. Jika sudah tampak kotor dan tampak keruh, kuras dan ganti dengan air radiator yang baru.

2. Gunakan cairan khusus radiator saat mengisi radiator (*coolant*). Selain membantu proses pendinginan, diantara cairan tersebut juga terdapat zat yang dapat mengurangi korosi pada radiator dan mesin. Korosi dan kotoran pada air pendingin sangat tidak baik karena dapat menggagu proses pendinginan. Disarankan untuk menggunakan air coolant yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA
berjenis *Ethylene glycol* berkualitas tinggi.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/12/23

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

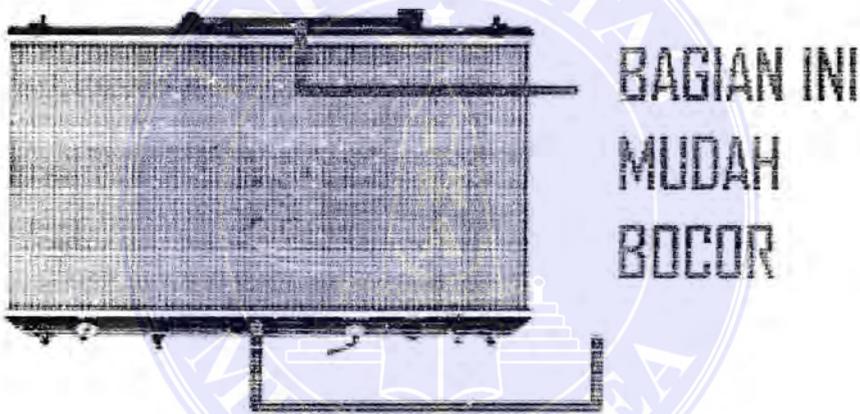
Access From (Repository.uma.ac.id)26/12/23

3. Bersihkan kisi-kisi radiator dengan menyemprotkan air pada sirip radiator.
4. Periksa kemungkinan terjadi kebocoran baik pada selang-selang maupun radiator.

Kebocoran selang dapat dipantau secara manual dengan melihat ada tidaknya tetesan. Tapi, untuk mengecek kebocoran pada radiator, harus menggunakan alat khusus (*sst atau special servic tools*). Radiator motor akan diperiksa dengan alat ini jika datang kebengkel-bengkel.

5. Kondisi radiator dan kinirja sistem pendingin akan lebih terjaga jika rutin melakukan servis berkala.

Untuk media penukar kalor yang dikoreksi adalah sebagai berikut tergambar:



Gambar 2.14. Konstruksi Penukar Kalor Yang Dikoreksi

2.9. Perhitungan Lajur Aliran

Dalam analisis *Performance Heat Exchanger* atau penukar kalor ini diperlihatkan beberapa perhitungan diantaranya:

2.9.1 Laju Aliran Massa Udara

Untuk menghitung laju aliran massa udara (\dot{m}) dapat diperoleh dari persamaan berikut

yaitu: (Berlin H H, Lit 6)
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 26/12/23

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

(2.57)

Sehingga:

$$\dot{m} = \frac{q}{c_p \Delta T} \quad (2.58)$$

Dimana:

$q = Q_w =$ Laju perpindahan kalor (J/s)

$\Delta T =$ Selisih temperatur ($^{\circ}\text{C}$) yaitu selisih temperatur pendingin masuk dengan temperatur udara standart (*armosfer*).

2.9.2. Kecepatan Rata-Rata (V_r)

Untuk menghitung kecepatan rata-rata persamaannya ditentukan sebagai berikut yaitu:

(Berlin.H.H. Lit.6)

$$\dot{m} = \rho \times A_{Itot} \times V_r \quad (2.59)$$

Maka:

$$V_r = \frac{\dot{m}}{\rho \times A_{Itot}} \quad (2.60)$$

Dimana:

$$\rho = 985,7 \text{ kg/m}^3$$

$$A_{Itot} = \text{Luas Konveksi pipa (m}^2\text{)}$$

2.9.3. Debit Udara (Q)

Debit fluida atau kapasitas aliran udara (Q) dapat dihitung melalui persamaan berikut yaitu: (Berlin.H.H. Lit.6)

$$Q = A_{tot} \times V_r \quad (2.61)$$

Untuk mendapatkan bilangan Reynolds maksimum (Re_{Dmax}) didapat dari berikut yaitu:

$$Nu_D = C \cdot (Re_{Dmax})^m \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_\infty}{Pr_s}\right)^{1/4}$$

$$\frac{h \cdot D}{k} = C \cdot (Re_{Dmax})^m \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_\infty}{Pr_s}\right)^{1/4} \quad (2.62)$$

Maka:

$$Re_{Dmax}^m = \frac{h \cdot D}{k \cdot C \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_\infty}{Pr_s}\right)^{1/4}} \quad (2.63)$$

6. Berat alirab fluida (W) didapat dari persamaan berikut yaitu:

$$q = W \times C (T_1 - T_0) \quad (2.64)$$

maka:

$$W = \frac{q}{C \cdot (T_1 - T_0)} \quad (2.65)$$

7. Kecepatan massa fluida yang mengalir (G) didapat dari persamaan berikut yaitu:

$$G = \frac{W}{A_i} \quad (2.66)$$

8. Penurunan tekanan (ΔP) dapat diperoleh dari persamaan berikut yaitu:

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

$$\Delta P = \frac{G^2}{2 \times g_c} \times V \times f \times \frac{L}{r_h} \quad (2.67)$$

Document Accepted 26/12/23

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
Access From (Repository.uma.ac.id)26/12/23

2.9.4. Efektivitas Radiator (ϵ)

Nilai kalor yang tidak dibuang tidak sama dengan nilai kalor yang diterima oleh udara. Akibat perbedaan nilai kalor, maka dapat dilihat keefektifitasan dari kedua harga kalor yang berbeda, yaitu (Frank Kreith. Lit.1).

$$\epsilon = \frac{C_h \cdot (t_{hin} - t_{hout})}{C_{min} \cdot (t_{hin} - t_{cin})} \quad (2.68)$$

Dimana:

C_h = Kapasitas fluida panas rata-rata

C_{min} = Kapasitas fluida minimum

2.10. Faktor Pengotoran.

Faktor pengotoran harus didapatkan dari percobaan, yaitu dengan menentukan U_a untuk kondisi bersih dan kondisi kotor pada penukar kalor. Faktor pengotoran, oleh karena itu, didefinisikan sebagai: (Frank Kreith. Lit.2)

$$R_d = \frac{1}{U_a} - \frac{1}{U} \quad (2.69)$$

Maka

$$U_d = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + R_o + R_k + \frac{R_i A_o}{A_i} + \frac{A_o}{h_i A_i}}$$

Dimana : U_d = koefisien perpindahan panas keseluruhan (Btu/h ft²F)

h_o = konduktansi permukaan rata-rata fluida sebelah luar pipa (Btu/h ft²F)

h_i = konduksi permukaan rata-rata fluida sebelah dalam pipa (Btu/h ft²F)

R_o = tahanan pengotoran pada sebelah luar pipa (Btu/h ft²F)

R_i = tahanan pengotoran pada sebelah dalam pipa (Btu/h ft²F)

R_k = tahanan pipa h ft² permukaan luar pipa (F/Btu)

A_o/A_i = perbandingan permukaan luar pipa terhadap permukaan dalam pipa.

Nilai faktor pengotoran yang disarankan untuk berbagai fluida diberikan dalam daftar

11-1,

Daftar 11-1. Daftar Faktor Pengotoran Normal.

<i>Jenis Fluida</i>	<i>Faktor pengotoran: (h F.ft²./Btu)</i>
Air laut,dibawah 125°F	0,0005
Di atas 125 °F	0,001
Air umpan ketel yang diolah	0,001
Minyak bakar	0,005
Minyak celup (<i>quenching oil</i>)	0,004
Uap alkohol	0,0005
Uap, tak mengandung minyak	0,0005
Udara industri	0,002
Udara industri Zat cair pendingin (<i>refrigerating</i>)	0,001

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

Pengujian analisa ini dilakukan untuk mengetahui performansi Radiator sebagai pendingin mesin. Dalam penulisan tugas sarjana ini, dibutuhkan suatu konsep, bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan data-data yang diperlukan, oleh karena itu penulis melakukan study lapangan (survey), untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui konsep berikut :

3.1.Tempat Dan Waktu

1. Analisa ini dilakukan tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program study Teknik Mesin sampai dinyatakan selesai, diperkirakan paling lama lima bulan.
2. Pembuatan analisa serta kegiatan menganalisa dilakukan dirumah, rental, perpustakaan.
3. Dalam pembuatan analisa ini juga dilakukan survey dan pengamatan di PT.ISUZU ASTRA MOTOR INDONESIA. Dengan melakukan survey lapangan ini penulis mendapatkan data, informasi dan masukan mengenai Radiator.

3.2.Spesifikasi Motor Dan Radiator

➤ Motor Bakar Yang Diuji :

Motor yang diuji atau dianalisa adalah sebagai berikut :

Merk : Isuzu Panther Grand Touring 2500cc,
Mesin Diesel.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

4JA1-L Diesel Injection with Turbocharger

Bahan Bakar	: Solar
Kapasitas silinder	: 2.499cc
Diameter x Langkah	: 93x92 mm
Torsi Maksimum	: 19.5 Kg-m/1.800 Rpm
Daya maksimum	: 80 PS/ 3.500 Rpm
Rasio kompresi	: 18 : 1
Pemakaian bahan bakar spesifik	: 0,09149 Kg/Ps.jam
Nilai pembakaran rendah (LHV)	: 11000 Kcal/kg

Ukuran-ukuran utama Radiator

1. Pipa (Tabung)

Ukuran Luar Pipa

1. Panjang (l) : 427 mm
2. Tinggi (h) : 21 mm
3. Lebar (s) : 5,1 mm
4. Diameter (D) : 6,55 mm

Ukuran Dalam Pipa

1. Panjang (l) : 427 mm
2. Tinggi (h) : 18 mm
3. Lebar (s) : 3,1 mm
4. Diameter (D) : 3,56 mm

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

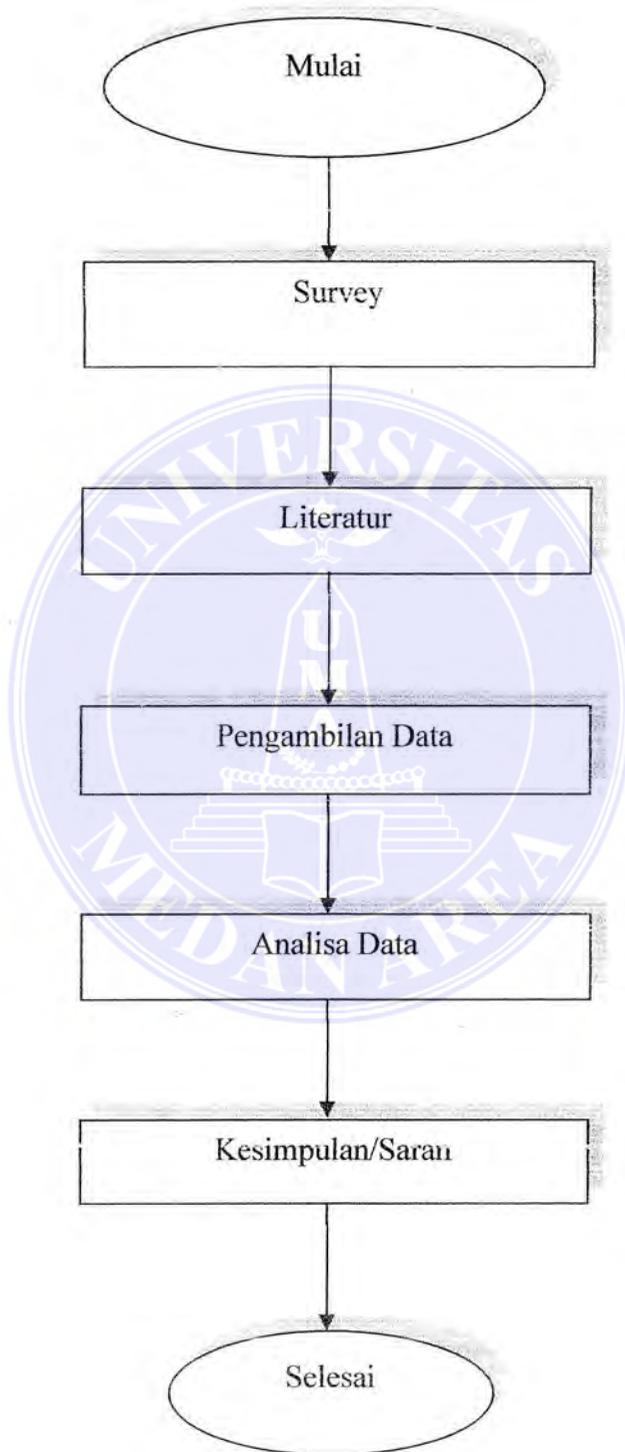
2. Sirip (Fin)

1. Tebal sirip : 0,5 mm
2. Lebar sirip : 42 mm
3. Radius lengkungan (R) : 1,5 mm
4. Jarak vertical lipatan : 2 R
5. Jarak horizontal lipatan : 10 mm
6. Tinggi konstruksi : 350 mm
7. Panjang sirip : 5 mm



3.3. Diagram Alir Pelaksanaan Analisa

Pelaksanaan analisa seperti terlihat pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.1. Air Pelaksana Analisa

3.4 Jadwal Kegiatan Analisa

Analisa ini direncannakan selesai mulai dari persiapan hingga selesai dalam waktu lima bulan. gar tugas akhir ini dapat dilakukan dengan baik maka dibuatlah/ disusun suatu jadwal pelaksanaan dibawah ini :

Tabel .3.1. Jadwal Kegiatan

Kegiatan	Waktu																			
	Januari				Maret				April				Agustus				November			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul			■	■																
Study pustaka					■	■	■	■												
Penyusunan proposal							■	■	■	■										
Seminar Proposal							■	■	■	■										
Survey lapangan									■	■	■	■								
Asistensi TA												■	■	■	■	■	■	■	■	■
Seminar Hasil																			■	■
Persiapan TA																			■	■
Sidang																			■	■
Penyempurnaan TA																			■	■

BAB VI

KESIMPULAN

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, Radiator digunakan untuk membuang panas dari air pendingin yang sudah panas, yang telah mengalir melalui system pendingin pada suatu jenis kendaraan yaitu ISUZU PANTHER GRAND TOURING 2500 cc untuk meningkatkan unjuk kerjanya saat bekerja.

Dari hasil analisa dan perhitungan secara teoritis dan juga menggunakan program Microsoft Excel, maka didapat kesimpulan secara singkat bahwa penggunaan Radiator pada sebuah kendaraan yang bekerja terhitung sangat optimal didalam pemakaian bahan bakar dan tahan terhadap kondisi yang keberadaanya memiliki suhu yang tinggi. Dan didapat beberapa kesimpulan yaitu :

- 1). Jumlah kalor yang dibuang radiator ke udara sebesar 1527386281 Watt
- 2). Laju aliran massa udara pada radiator adalah sebesar 0,314 kg/s
- 3). Besar kecepatan rata-rata aliran udara terhadap efektivitas radiator pada kendaraan sebesar $1,942 \times 10^{-5} \text{ m/s} = 0,00001942 \text{ m/s}$.
- 4). Nilai efektivitas radiator tersebut diperoleh sebesar 65,25 %.