

SKRIPSI

STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN *COOLANT-WATER* TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



ABDURRAHMAN WAHID

03051281722034

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

SKRIPSI

STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN COOLANT-WATER TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Oleh
ABDURRAHMAN WAHID
03051281722034

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN COOLANT-WATER TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

ABDURRAHMAN WAHID

03051281722034



**Inderalaya, Januari 2022
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi**

**Dr. H. Ismail Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 197209021997021001**

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : ABDURRAHMAN WAHID
NIM : 03051281722034
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : STUDI PENGARUH VARIASI
PERBANDINGAN *COOLANT-WATER*
TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR
DIBUAT TANGGAL : MARET 2021
SELESAI TANGGAL : JANUARI 2022



Inderalaya, Januari 2022
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi

A large, handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dr. H. Ismail Thamrin', is placed over the text above it.

Dr. H. Ismail Thamrin, S.T., M.T
NIP. 197209021997021001

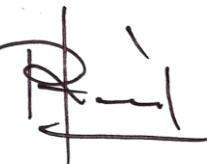
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "**STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN COOLANT-WATER TERHADAP EFEKTIVITAS RADIATOR**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 06 Januari 2022

Inderalaya, 06 Januari 2022
Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi.

Ketua :

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D
NIP. 195606041986021001

()

Sekretaris :

1. Astuti, S.T, M.T
NIP. 197210081998022001

()

Anggota :

1. Aneka Firdaus, S.T, M.T
NIP. 197502261999031001

()



Inderalaya, Januari 2022
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi



Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T
NIP. 197209021997021001

KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim,
Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Pertama dan utama saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT. karena atas berkat limpahan rahmat, karunia serta hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan proposal penelitian skripsi ini dengan baik. Proposal Skripsi ini berjudul "**Studi Pengaruh Variasi Perbandingan Coolant-Water Terhadap Efektivitas Radiator**". Shalawat dan salam juga tidak lupa sayahaturkan pada panutan kita, pemimpin kita Nabi Besar Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan Proposal Skripsi ini, banyak sekali rintangan dan hambatan yang saya alami sehingga hal ini membuat saya memerlukan bantuan beberapa pihak, baik dari segi moral ataupun materi. Oleh karena itu, dalam kesempatan yang baik ini saya ingin mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak terkait, antara lain:

1. Ibu dan Ayah selaku kedua orang tua saya beserta seluruh keluarga besar yang telah berusaha dengan keras dan selalu memberikan dukungan dalam segala hal yang saya lakukan.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
4. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Ellyanie, S.T, M.T, selaku Pembimbing Akademik.

6. Seluruh Dosen Teknik Mesin yang telah mengajarkan ilmu yang sangat bermanfaat selama proses perkuliahan.
7. Staf Administrasi dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
8. Semua pihak yang ikut terlibat dan membantu setiap proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua orang.

Inderalaya, 05 Januari 2022



Abdurrahman Wahid

HALAMAN PERNYATAAN INTERGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

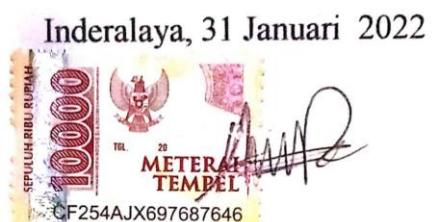
Nama : Abdurrahman Wahid

Nim : 03051281722034

Judul : Studi Pengaruh Variasi Perbandingan *Coolant-Water* terhadap Efektivitas Radiator

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian, saya buat pernyataan ini dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Abdurrahman Wahid

Nim. 03051281722034

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdurrahman Wahid

Nim : 03051281722034

Judul : Studi Pengaruh Variasi Perbandingan *Coolant-Water* terhadap
Efektivitas Radiator

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Januari 2022



Abdurrahman Wahid

Nim. 03051281722034

RINGKASAN

**STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN *COOLANT-WATER*
TERHADAP EFEKTIFITAS RADIATOR**

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi, Januari 2022

Abdurrahman Wahid; Dibimbing oleh Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T.

**STUDI PENGARUH VARIASI PERBANDINGAN *COOLANT-WATER*
TERHADAP EFEKTIFITAS RADIATOR**

XXV + 103 halaman, 11 Tabel, 25 gambar

RINGKASAN

Industri dibidang otomotif mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat Hal ini dikarenakan kebutuhan kendaraan yang semakin tinggi yang mana mendorong agar melakukan pengembangan teknologi pada mesin kendaraan yang lebih efisien. Umumnya mesin yang digunakan pada kendaraan ialah mesin pembakaran dalam atau motor bakar torak. Pada motor ini, proses pembakaran di dalam mesin terjadi berulang-ulang, maka diperlukan sistem pendinginan yang mampu melepaskan panas yang dihasilkan saat mesin bekerja, hal ini bertujuan untuk mengurangi panas yang berlebihan pada mesin sehingga diperlukan sistem pendinginan yang efektif untuk memindahkan panas yang tersimpan. Radiator merupakan alat heat exchanger yang terdapat pada kendaraan yang digunakan untuk mendinginkan fluida pendingin (coolant) yang berfungsi sebagai penyerap panas yang berasal dari mesin untuk dikeluarkan agar mesin tidak mengalami over heating atau panas yang berlebihan. Efektivitas sebuah radiator akan berdampak juga terhadap sistem pendinginan yang terdapat pada mesin oleh karena itu pendinginan mesin harus sanggup membantu mengurangi dan melepaskan panas yang terdapat pada mesin secara terus

menerus agar kerja mesin dapat beroperasi dengan optimal. Radiator umumnya menggunakan fluida air atau yang sering disebut dengan (water cooling system) mampu menyerap panas yang diakibatkan benda yang mengalami kenaikan panas yang terus menerus sehingga media air sebagai fluida pendingin sangatlah efisien dalam menyerap panas pada jalur yang dilewatinya pada sistem pendingin mesin. Berdasarkan uraian tersebut, saya mencoba untuk meneliti dan mengkaji efektivitas dari radiator dengan menggunakan variasi perbandingan campuran *coolant-water* dengan laju aliran coolant berbeda. Sehingga, didapat informasi tentang perpindahan kalor dengan beberapa keadaan yang dihasilkan oleh radiator. Pada penelitian yang dilakukan ini dengan menggunakan 2 variasi laju aliran coolant yaitu laju aliran 4 lpm ($0,000067 \text{ m}^3/\text{s}$) dan laju aliran 6 lpm ($0,0001005 \text{ m}^3/\text{s}$), dan menggunakan 3 variasi perbandingan campuran coolant-water yaitu coolant dengan 100% air, coolant dengan campuran 75% air + 25% Pertamina Coolant dan coolant dengan campuran 50% Air + 50% Pertamina Coolant. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di dapatkan hasil bahwa Kesetimbangan energi yang diperoleh pada pengujian radiator memiliki tingkat penyimpangan atau deviasi antara – 3,08 % hingga 3,01%. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengujian radiator secara eksperimental yang digunakan sudah baik. Efektivitas radiator terbesar terjadi pada laju aliran coolant 6 lpm dengan campuran *coolant* 50% air + 50% Pertamina *Coolant* dengan nilai efektivitas $\epsilon = 38,2\%$ dan efektivitas radiator terkecil terjadi pada laju aliran *coolant* 4 lpm dengan fluida pendingin 100% air dengan nilai efektivitas $\epsilon = 31,3\%$.

Kata Kunci : Perpindahan Panas, Alat Penukar Kalor Kompak, Radiator, Fluida Pendingin, Efektivitas.

SUMMARY

STUDY OF THE EFFECT OF COOLANT-WATER COMPARISON
VARIATIONS ON RADIATOR EFFECTIVENESS
Scientific Writing in thesis, January 2022

Abdurrahman Wahid ; Supervised of Dr. H. Ismail Thamrin, S.T, M.T.

STUDY OF THE EFFECT OF COOLANT-WATER COMPARISON
VARIATIONS ON RADIATOR EFFECTIVENESS

XXV + 103 pages, 11 tables, 25 images

SUMMARY

The automotive industry has an important role in people's lives. This is due to the increasing demand for vehicles which encourages the development of technology in more efficient vehicle engines. Generally, the engine used in vehicles is an internal combustion engine or piston combustion engine. In this motor, the combustion process in the engine occurs repeatedly, so a cooling system is needed that is able to release the heat generated when the engine is working, this aims to reduce excessive heat in the engine so that an effective cooling system is needed to transfer the stored heat. Radiator is a heat exchanger device found in vehicles that is used to cool the cooling fluid (coolant) which functions as a heat absorber from the engine to be removed so that the engine does not experience overheating or excessive heat. The effectiveness of a radiator will also have an impact on the cooling system contained in the engine, therefore engine cooling must be able to help reduce and release the heat contained in the engine continuously so that the engine can operate optimally. Radiators generally use water fluid or what is often referred to as a water cooling system that is able to absorb heat caused by objects that

experience a continuous increase in heat so that the water medium as the cooling fluid is very efficient in absorbing heat in the path it passes in the engine cooling system. Based on this description, I tried to research and assess the effectiveness of the radiator by using variations of the coolant-water ratio with different coolant flow rates. Thus, information is obtained about heat transfer with several conditions generated by the radiator. In this study, using 2 variations of the coolant flow rate, namely the flow rate of 4 lpm (0.000067 m³/s) and the flow rate of 6 lpm (0.0001005 m³/s), and using 3 variations of the coolant-water mixture ratio, namely coolant with 100% water, coolant with a mixture of 75% water + 25% Pertamina Coolant and coolant with a mixture of 50% Water + 50% Pertamina Coolant. Based on the research conducted, it is found that the energy balance obtained in the radiator test has a deviation level or deviation between - 3.08% to 3.01%. This shows that the experimental radiator testing method used is good. The greatest radiator effectiveness occurs at a coolant flow rate of 6 lpm with a coolant mixture of 50% water + 50% Pertamina Coolant with an effectiveness value of = 38.2% and the smallest radiator effectiveness occurs at a coolant flow rate of 4 lpm with a cooling fluid of 100% water with an effectiveness value. = 31.3%.

Keyword: Heat Transfer, Compact Heat Exchanger, Radiator, Coolant, Effectiveness.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xxvii
DAFTAR GAMBAR.....	xxix
DAFTAR TABEL	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Pendingin pada Kendaraan Bermotor	5
2.1.1 Jenis-Jenis Sistem Pendinginan pada Kendaraan Bermotor..	7
2.1.2 Komponen-Komponen Sistem Pendinginan Air	8
2.2 Perpindahan Panas	12
2.3 Alat Penukar Kalor Kompak	13
2.4 Fluida Pendingin	14
2.4.1 <i>Ethilena Glikol</i>	15
2.4.2 <i>Prophilena Glikol</i>	16
2.5 Radiator.....	18
2.5.1 Luas Perpindahan Kalor pada Radiator	18
2.6 Analisa Perpindahan Kalor	21
2.7 Penelitian-penelitian Terdahulu.....	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Metode Penelitian	35
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	35
3.4 Alat dan Bahan	37
3.4.1 Alat	37

3.4.2	Bahan.....	41
3.5	Skema Alat Uji Penelitian	42
3.6	Prosedur Pengujian.....	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Data Hasil Penelitian	45
4.2	Pengolahan Data.....	46
4.2.1	Menghitung Laju Perpindahan Kalor	49
4.2.2	Perhitungan Efektifitas Kalor	50
4.2.3	Perhitungan Perpindahan Kalor Menyeluruh	51
4.3	Pembahasan.....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR RUJUKAN		i
LAMPIRAN		i

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem pendingin udara	7
Gambar 2.2 Radiator	9
Gambar 2.3 Pompa air	9
Gambar 2.4 Thermostat.....	10
Gambar 2.5 Pepindahaan panas konduksi.....	12
Gambar 2.6 Pertamina Coolant Xtreme Cool	15
Gambar 2.7 Properties Pertamina Coolant.....	15
Gambar 2.8 Diagram temperature vs luas daerah kontak untuk analisis aliran-berlawanan laluan tunggal	26
Gambar 2.9 Grafik laluan-tunggal aliran-menyalang dengan kedua fluida tidak bercampur.....	29
Gambar 2.10 Grafik laluan-tunggal aliran-menyalang dengan satu fluida bercampur dan yang lain tidak	30
Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.2 Radiator	37
Gambar 3.3 Kipas Angin	38
Gambar 3.4 Pompa.....	39
Gambar 3.5 Flowmeter	39
Gambar 3.6 Anemometer.....	40
Gambar 3.7 Heater	40
Gambar 3.8 Katub.....	41
Gambar 3.9 Skema Unit Uji Radiator dalam 3D	42
Gambar 3.10 Skema Alat	42
Gambar 3.11 Gambar Alat.....	43
Gambar 4.1 Grafik hubungan laju perpindahan kalor (q_h) terhadap konsentrasi coolant.	56
Gambar 4.2 Grafik hubungan laju perpindahan kalor (q_c) terhadap konsentrasi coolant.	57

Gambar 4.3 Grafik hubungan efektifitas (ε) terhadap konsentrasi coolant.....	58
Gambar 4.4 Grafik energy balance pengujian	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properties ethilena glikol.....	16
Tabel 2.2 Properties prophilena glikol.	17
Tabel 3.1 Dimensi Radiator.....	37
Tabel 4.1 Data Pengujian Pada Laju Aliran 4 lpm (0,000067m ³ /s).....	45
Tabel 4.2 Data Pengujian Pada Laju Aliran 6 lpm (0,0001005m ³ /s).....	45
Tabel 4.3 Properti air.....	46
Tabel 4.4 Properti udara.	47
Tabel 4.5 Data Pada Laju Aliran 4 lpm (0,000067m ³ /s).....	48
Tabel 4.6 Data Pada Laju Aliran 6 lpm (0,0001005m ³ /s).....	48
Tabel 4.7 Hasil perhitungan pada debit air 4 lpm.....	54
Tabel 4.8 Hasil perhitungan pada debit air 6 lpm.....	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa saat ini perkembangan di industri otomotif sangat pesat. Hal ini dikarenakan kebutuhan kendaraan yang semakin tinggi yang mana mendorong agar melakukan pengembangan teknologi pada mesin kendaraan yang lebih efisien. Mesin yang digunakan pada kendaraan mobil atau motor yaitu mesin pembakaran dalam. Motor pembakaran dalam atau motor bakar torak adalah pesawat kalori yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanis (Whitby, 1963).

Proses pembakaran di dalam mesin terjadi berulang-ulang, maka diperlukan sistem pendinginan yang mampu melepaskan panas yang dihasilkan saat mesin bekerja, hal ini bertujuan untuk mengurangi panas yang berlebihan pada mesin sehingga diperlukan sistem pendinginan yang efektif untuk memindahkan panas yang tersimpan (Hesselgreaves, 2001). Radiator merupakan alat heat exchanger yang terdapat pada kendaraan yang digunakan untuk mendinginkan air pendingin (coolant) yang berfungsi sebagai penyerap panas yang berasal dari mesin untuk dikeluarkan agar mesin tidak mengalami over heating atau panas yang berlebihan. Efektifitas sebuah radiator akan berdampak juga terhadap sistem pendinginan yang terdapat pada mesin oleh karena itu pendinginan mesin harus sanggup membantu mengurangi dan melepaskan panas yang terdapat pada mesin secara terus menerus agar kerja mesin dapat beroperasi dengan optimal (Darma Setiawan and Made Arsana, 2018).

Pada radiator umumnya menggunakan fluida air atau yang sering disebut dengan (water cooling system) mampu menyerap panas yang diakibatkan benda yang mengalami kenaikan panas yang terus menerus

sehingga media air sebagai fluida pendingin sangatlah efisien dalam menyerap panas pada jalur yang dilewatinya pada sistem pendingin mesin, akan tetapi tak selamanya air mampu menyerap panas yang dikeluarkan oleh mesin dikarenakan apabila air telah mencapai suhu yang tinggi maka pada keadaan tersebut air sudah tidak dapat menyerap panas dengan efektif lagi sehingga dibutuhkan zat tambahan untuk menaikkan kalor jenis dari coolant (Darma Setiawan and Made Arsana, 2018).

Oleh karena itu sayamencoba meneliti lebih lanjut bagaimana pengaruh variasi perbandingan *coolant* dan air terhadap efektivitas dari radiator.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini ialah selama proses pendinginan pada radiator, suhu fluida kerja atau cairan pendingin (*coolant*) akan semakin bertambah hal ini dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan kalor, oleh karena itu sayamencoba meneliti lebih lanjut mengenai pengaruh variasi perbandingan *coolant* dan air terhadap efektifitas dari radiator.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Radiator yang digunakan adalah radiator mobil.
2. Laju aliran udara dari kipas konstan.
3. Dalam penelitian ini dilakukan dengan 2 variasi laju aliran cairan pendingin (*coolant*) yaitu 4 lpm dan 6 lpm..

4. Cairan pendingin (*coolant*) yang digunakan adalah Pertamina Coolant (PC).
5. Pengujian menggunakan 3 jenis pendingin (*coolant*) yaitu air, air dengan campuran 25% PC dan air dengan campuran 50% PC.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian di atas tentunya memiliki beberapa tujuan, adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung efektifitas radiator dengan menggunakan *coolant* yang bervariasi.
2. Membandingkan laju perpindahan kalor sisi air dan udara dengan *coolant* yang bervariasi.
3. Membandingkan koefisien perpindahan kalor sisi udara dan air dengan *coolant* yang bervariasi.
4. Menentukan cairan pendingin (*coolant*) terbaik yang dapat menghasilkan laju perpindahan kalor terbesar.

1.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian terdapat beberapa manfaat yang dapat diambil oleh peneliti sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui campuran cairan pendingin (*coolant*) yang tepat agar dapat dijadikan referensi dimasa yang akan datang.
2. Dapat mengetahui konfigurasi terbaik dari komposisi campuran dan laju aliran *coolant*.

DAFTAR RUJUKAN

- Buchori, L. (2004) *Perpindahan Panas*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia Fak.Teknik Universitas Diponegoro.
- Çengel, Y. A. and Ghajar, A. J. (2015) *Heat and Mass Transfer : Fundamental & Application, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Darma Setiawan, T. and Made Arsana, I. (2018) ‘Pengaruh Kondisi Temperatur Dan Laju Aliran Massa Terhadap Kapasitas Radiator (Assy St-100) Mobil Suzuki Carry’, *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 7(1), pp. 55–60.
- Haryadi (2010) *Teknik Pendingin dan Penukar Kalor*. Bandung: Bandung: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
- Haryadi and Mahmudi, A. (2007) *Buku Ajar Perpindahan Panas*. Bandung: Bandung: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.
- Hesselgreaves, J. E. (2001) *Compact Heat Exchangers*. New York: Elsevier Science & Technology Books.
- Hidayat, N., Setiawan, M. Y. and Arif, A. (2020) ‘Studi Eksperimental Kemampuan Pelepasan Panas pada Radiator Straight Fin Jenis Flat Tube dengan Variasi Cooling Liquid’, *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 20(3), pp. 23–30. doi: 10.24036/invotek.v20i3.627.
- Kaviany, M. and Kanury, A. (2002) *Principles of Heat Transfer, Applied Mechanics Reviews*. doi: 10.1115/1.1497490.
- Lestari, K. R. (2020) *Sistem Pendinginan dan Pompa*. Jakarta: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Nasional.
- Maksum, H. and Sugiarto, T. (2017) ‘Pengaruh Variasi Cairan Pendingin (Coolant) Terhadap Efektivitas Radiator Pada Engine Diesel’, *Jurnal Teknik Otomotif PNP*.
- Nugroho, A. (2009) ‘Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada Putaran Konstan’, *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 4(2), pp. 65–75.
- Prakoso, S. H. (2018) ‘Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Ducting dan Sudut Pemasangan Terhadap Performa Radiator Sapuangan Speed VI’.
- Prasetyadi, J. (2018) *Bagian-Bagian Radiator dan Fungsinya / teknik-otomotif.com*. Available at: <https://www.teknik-otomotif.com/2018/01/bagian-bagian-radiator-dan-fungsinya.html> (Accessed: 13 July 2021).
- PT Sumber Bumi Pratama (2011) *Pertamina Coolant*. Available at:

<https://sumberbumipratama.co.id/pertamina-coolant/> (Accessed: 18 July 2021).

Samlawi, A. K. (2018) *Teori Dasar Motor Bakar*. Banjarmasin: Teknik Mesin Univ. Lambung Mangkurat.

Shah, R. K. and Sekuli, D. P. (2003) *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1002/9780470172605.ch10.

Sudrajat, G. (2018) *Studi Eksperimental Laju Aliran Coolant Campuran Air dengan Ethilena Glikol Terhadap Laju Perpindahan Panas pada Alat Penukar Kalor Jenis Radiator*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Suzuki Indonesia (2019a) *Fungsi Thermostat : Cara Kerja dan Perawatannya*. Available at: <https://www.suzuki.co.id/tips-trik/fungsi-thermostat-cara-kerja-dan-perawatannya> (Accessed: 13 July 2021).

Suzuki Indonesia (2019b) *Mengenal Fungsi Water Pump Mobil dan Ciri Kerusakannya*. Available at: <https://www.suzuki.co.id/tips-trik/mengenal-fungsi-water-pump-mobil-dan-ciri-kerusakannya> (Accessed: 13 July 2021).

Thulukkanam, K. (2013) *Heat Exchanger Design Handbook*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.

Whitby, J. D. (1963) ‘Internal combustion’, *Canadian Anaesthetists’ Society Journal*, 10(1), pp. 83–85. doi: 10.1007/BF03020166.

Yuliyanti, F. and Prasetyo, I. (2019) ‘Identifikasi Sistem Pendingin Pada Mesin Diesel Mitsubishi 100 PS’, *Teknik Mesin, Politeknik Muhammadiyah Pekalongan*, 4(1), pp. 19–24.