

Analisis *Heat Transfer* Pada Radiator Engine L10-Hr15de Menggunakan Nanofluida Berbasis CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Eko Prastyo Handayani^{1*}, Djoko Wahyu Karmiadji¹

¹*Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia*

**Email Corresponding Author: ekoprastyo685@gmail.com*

ABSTRAK

Proses pendinginan mesin mobil merupakan sebagian dari tantangan di industri otomotif. Sebagai terobosan konsep baru maka radiator menggunakan nanofluida Al_2O_3 yang di aplikasikan pada engine L10-HR15DE. Dengan bantuan *software* program CFD (*Computational Fluid Dynamic*) dapat dibuat simulasi sebuah radiator yang menggunakan nanofluida Al_2O_3 sebagai media pengganti *coolant*. Selain dengan bantuan simulasi dilakukan juga pengujian di lapangan menghasilkan nilai rata-rata T_m 94,5 °C dan T_k 92,6 °C pada radiator dengan media air murni (H_2O) sedangkan radiator yang menggunakan media alumina (nanofluida Al_2O_3) mempunyai nilai rata – rata T_m 94,1 °C dan T_k 85,3 °C.

Kata kunci: radiator, nanofluida, *computational fluid dynamic*

ABSTRACT

Cooling process of engine is a part the challenges in automotive Industry. As a new concept, the radiator uses nanofluids Al_2O_3 and applied on engine L10-HR15DE. Used the software Computational Fluid Dynamic program for create simulation on radiator wich use nanofluids Al_2O_3 as alternative previous fluids (H_2O). After doing the simulation with software on radiator uses nanofluids, next step is testing and applied on the engine. Average value resulting from testing on the engine L10-HR15DE is T_m 94.5 °C and T_k 92.6 °C of the radiator with uses pure water (H_2O) and the radiator using nanofluids Al_2O_3 resulted average values T_m 94,1 °C and T_k 85,3 °C.

Keywords: radiator, nanofluids, *computational fluid dynamic*

PENDAHULUAN

Dalam meningkatkan beban termal serta pendinginan yang lebih cepat adalah perkembangan baru dalam teknologi industri otomotif. Maka untuk mendapatkan kinerja pendingin yang baik diperlukan sistem pendingin yang lebih canggih. Peneliti yang pertama dalam penggunaan fluida cair dengan nano partikel CuO dan Al_2O_3 pada ukuran nanometer yang disebut nanofluida[1].

Konduktivitas termal pendingin dan perpindahan panas pada sistem pendingin tradisional sangat rendah. Maka diperlukan untuk industri untuk mengembangkan energi panas yang efisien dalam mentransfer cairan dengan konduktivitas termal yang tinggi daripada cairan yang tersedia. Untuk bersaing dengan meningkatnya persaingan teknologi secara global sistem pendingin model baru bisa mengurangi keseluruhan ukuran penukar panas atau radiator dan memungkinkan untuk meningkatkan menurunkan temperatur antara fluida masuk dan fluida keluar setelah melalui proses yang terjadi dalam radiator [2].

Penggunaan nanofluida pada sistem pendingin ini adalah konsep baru. Nanofluida adalah partikel nano tersuspensi yang dikembangkan untuk

mengatasi lebih banyak pendinginan dalam suatu sistem radiator. Nanofluida mempunyai beberapa macam sifat yaitu padat dan cair komposit mengandung partikel padat berukuran nanometer (<100 nm) tersuspensi dalam cairan transfer panas seperti air, etilen glikol, propilen glikol.

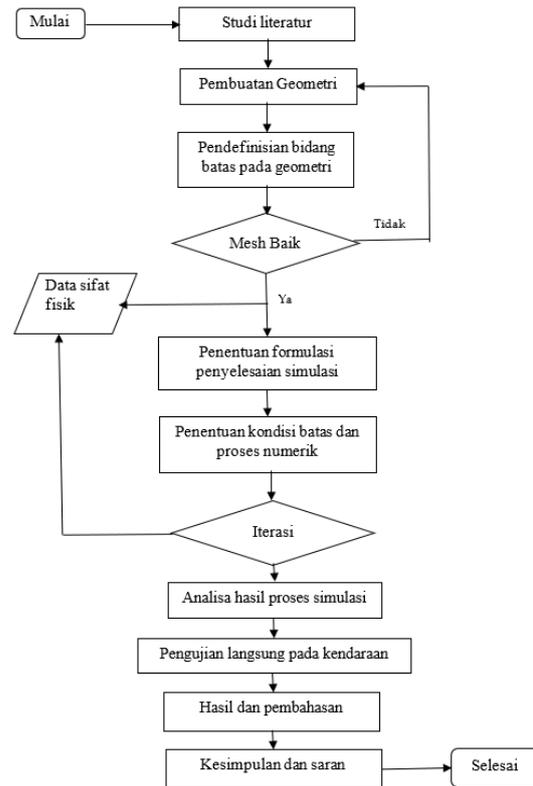
Dari hasil eksperimen ini akan dilakukan simulasi proses termohidrolis yang terjadi antara sumber panas dengan fluida pendingin. Dimana masalah-masalah aliran fluida pada simulasi ini yang dapat di kerjakan dengan bantuan *software* CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yaitu aliran inkompresibel/kompresibel, tunak/tak tunak, aliran laminar/turbulen, aliran fluida Newtonian/non Newtonian, perpindahan panas konveksi baik secara alamiah ataupun konveksi paksa, gabungan konduksi/konveksi serta radiasi. Dengan melihat beberapa keanekaragaman aliran fluida yang mampu diselesaikan dengan CFD (*Computational Fluid Dynamic*) maka sangat beralasan bahwa perangkat lunak ini dapat di aplikasikan pada eksperimen penggunaan nanofluida pada radiator mobil penumpang [3]. Pada hasil penelitian sebelumnya diperoleh hasil dimana semakin besar konsentrasi volume dari partikel nano maka akan mengakibatkan rasio peningkatan koefisien perpindahan kalor konveksi

paksa semakin besar [4], menurut Ilyas, S.U., Pendyala, R. & Marneni, N melakukan penelitian dalam penggunaan nanofluida menemukan beberapa permasalahan yang terjadi yaitu mengenai aglomerasi dimana saat konduktivitas tinggi tetapi aglomerasi terjadi sangat cepat atau sebaliknya [5], kemudian penelitian yang berkaitan dengan penggunaan nanofluida yang di jelaskan pada tinjauan pustaka. Pada penelitian yang menggunakan nanofluida Al_2O_3 ini dilakukan pada temperatur di bawah $80^\circ C$ pada sebuah radiator menggunakan nanofluida Al_2O_3 sebagai media dasarnya dengan kandungan 1% terhadap air murni [6].

Dalam penelitian ini akan dilakukan penggunaan nanofluida Al_2O_3 yang di aplikasikan pada radiator *engine* dengan bantuan simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*) serta pengujian langsung di lapangan. Hal ini dilakukan dengan harapan untuk meningkatkan efisiensi kerja pada sebuah radiator untuk teknologi di masa yang akan datang, sehingga dapat mengetahui hasil perpindahan kalor yang terjadi dengan bantuan *software* CFD (*Computational Fluid Dynamic*) dalam menjalankan simulasi perpindahan panasnya, serta dapat menggunakan dua cairan fluida pendingin yang di aplikasikan pada radiator *engine* L10-HR15DE yaitu air murni (H_2O) dan nanofluida Al_3O_2 yang bertujuan untuk mengetahui nilai penurunan temperatur yang terjadi pada sistem pendinginannya dari masing-masing fluida tersebut dan juga dapat mengembangkan pengetahuan di bidang Teknik Mesin melalui riset dalam penggunaan nanofluida Al_3O_2 sebuah radiator *engine* untuk memperoleh nilai efisiensi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan media nanofluida Al_2O_3 yang di aplikasikan pada radiator *engine* tipe L10-HR15DE. Untuk mencari nilai penurunan temperatur terhadap radiator dilakukan melalui dua tahap yakni tahap pertama dengan pendekatan numerik dan tahap kedua dilakukan dengan pengujian secara langsung di lapangan. Dalam melakukan pendekatan secara numerik dilakukan menggunakan perhitungan secara matematis serta dengan bantuan *software* CFD (*Computational Fluid Dynamics*).



Gambar 1. Alur Penelitian

Tabel 1 Spesifikasi radiator pada engine L10-HR15DE [7]

No	Bagian	Dimensi (mm)
1	Tinggi Radiator	380
2	Lebar Radiator	590
3	Tebal Radiator	15
4	Jumlah tube	71
5	Jumlah sirip radiator	235
6	Tebal Tube	1,5
7	Lebar Tube	15

Pada Tabel 1 merupakan data fisik aktual dari radiator engine L10-HR15DE yang akan digunakan untuk penelitian dalam penggunaan nanofuida sebagai cairan pendinginnya. Pada bagian tertentu yang tidak dapat dilakukan pada pengujian langsung di lapangan dapat di lihat dari hasil simulasi menggunakan bantuan *software Computational Fluid Dynamic*.

Tabel 2 data kapasitas fluida pendingin pada radiator [8]

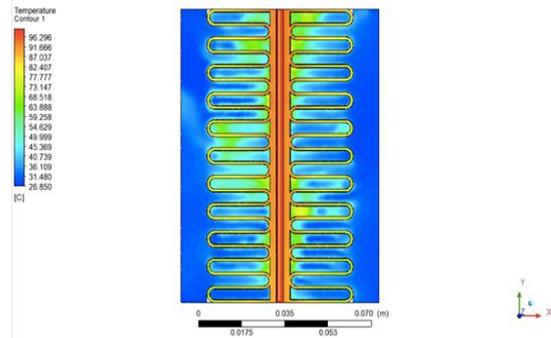
Engine coolant capacity (with reservoir tank at max level)	-	6,6 liter
Reservoir tank engine coolant	-	0,6 liter
Cap relief pressure	standart	78,2 – 97,8 Kpa
Cap relief pressure	limit	59 Kpa
Leakage testing pressure	-	97,8 Kpa
Thermostat valve opening temperature	standart	80,5 – 83,5 °C
Thermostat maximum valve lift	standart	8 mm / 95 °C
Thermostat valve closing temperature	standart	77 °C

Mengacu pada Tabel 2 merupakan data spesifikasi yang di peroleh dari pabrikan radiator untuk engine tipe L10-HR15DE. Setelah terkumpul semua bahan dan data-data yang diperlukan dalam sebuah penelitian maka sudah dapat dilanjutkan untuk persiapan proses yang dimulai dari analisa perhitungan perpindahan panas pada radiator dengan cara numerik dan juga dituangkan dalam simulasi menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

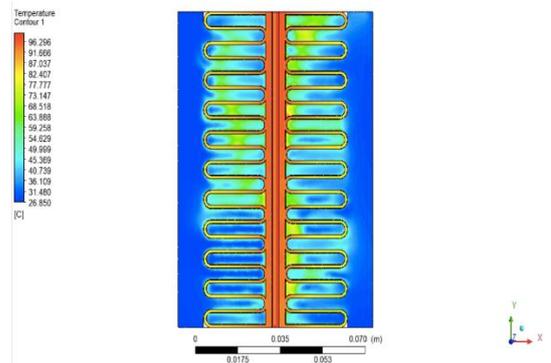
Hasil Analisa Menggunakan Simulasi Software Ansys

Dari plot kontur ini, dapat terlihat fluida yang panas (berwarna merah) mengalir di dalam dinding radiator. Sedangkan fluida dingin (berwarna biru) mengalir di luar radiator. Transisi suhu yang kontras ini terjadi karena konduktivitas material yang tinggi pada part dinding ini.



Gambar 2 Nanofuida dengan kadar 1% terhadap Air

Pada Gambar 2 nanofuida dengan kadar 1% terhadap Air menunjukkan fenomena yang terjadi perpindahan panas dari hasil simulasi dalam kondisi ini merupakan perpindahan panas yang gradual terlihat di sekitar dinding radiator mengindikasikan perubahan temperatur yang dingin (26-30°C) menjadi sekitar (50-70°C). Begitu pula pada bagian dinding memiliki warna transisi antara bagian luar yang hijau dengan bagian dalam yang merah menjadi warna orange (suhu 70-100°C).

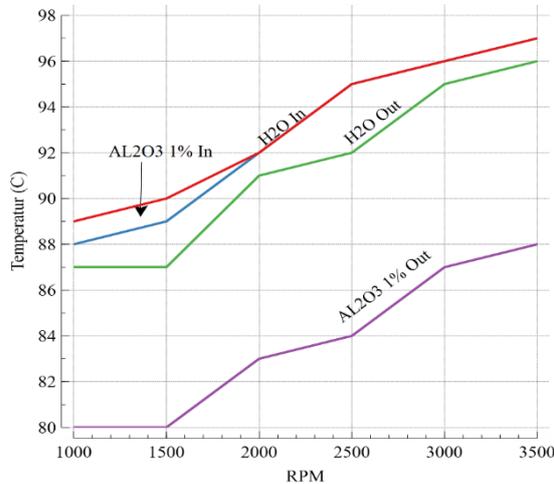


Gambar 3 Air murni (H₂O)

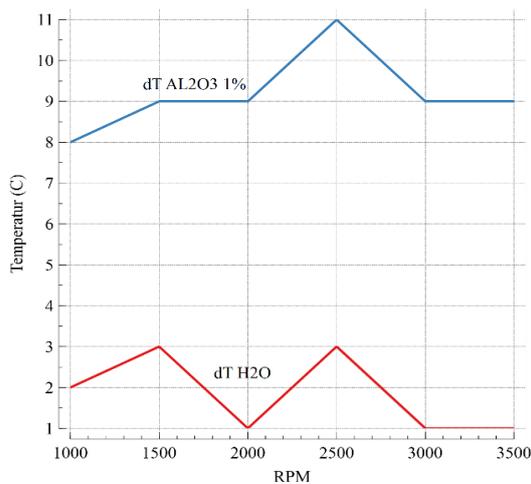
Pada Gambar 3. air murni (H₂O) telah terjadi perubahan warna biru menjadi hijau secara gradual terlihat di sekitar dinding radiator mengindikasikan perubahan temperatur yang dingin (20-34°C) menjadi sekitar (55-75°C). Begitu pula pada bagian dinding memiliki warna transisi antara bagian luar yang hijau dengan bagian dalam yang merah menjadi warna orange (suhu 80-100°C).

Secara berturut-turut berwarna hijau, biru, kuning dan oranye merepresentasikan distribusi suhu pada kadar air pada daerah sepanjang aliran fluida tengah. Terlihat bahwa fluida nanofuida dengan kadar 1% terhadap air cenderung lebih cepat dingin, terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Hal diatas kemungkinan diakibatkan karena seiring meningkatnya kadar air pada Al_2O_3 , maka konduktivitas termalnya semakin rendah, sehingga penurunan suhu yang terjadi juga semakin lambat.



Gambar 4. Grafik temperatur fluida pendingin dari hasil simulasi



Gambar 5. Grafik delta T dari hasil simulasi

Pada Gambar 4. dan 5. telah dilakukan simulasi dari penggunaan cairan fluida air murni (H_2O) dan cairan fluida alumina (Al_2O_3) dengan kadar 1% terhadap air dapat terlihat bahwa adanya perbedaan dalam menurunkan temperatur fluida pendingin. Ketika menggunakan cairan fluida alumina (Al_2O_3) dengan kadar 1% terhadap air menghasilkan nilai temperatur keluar antara $80^{\circ}C$ sampai dengan $88^{\circ}C$ maka dimana lebih rendah jika dibandingkan dengan menggunakan air murni dengan kisaran temperatur keluar di antara $87^{\circ}C$ sampai dengan $96^{\circ}C$

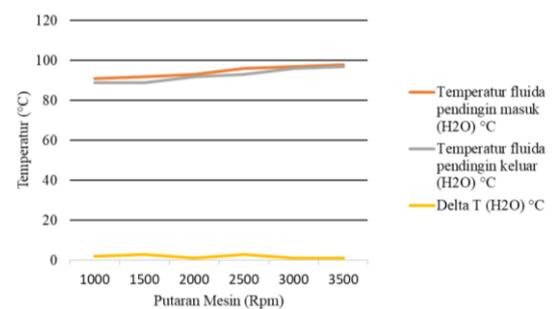
Hasil Pengujian Pada Kendaraan

Tabel 3 Perbandingan temperatur fluida pendingin antara H_2O dengan Al_2O_3 dengan kandungan Air 1 %

Putaran mesin (Rpm)	Temperatur fluida pendingin masuk (°C)		Temperatur fluida pendingin keluar (°C)		Delta T (°C)	
	H2O	Al2O3	H2O	Al2O3	H2O	Al2O3
1000	91	90	89	82	2	8
1500	92	91	89	82	3	9
2000	93	93	92	85	1	8
2500	96	96	93	86	3	10
3000	97	97	96	88	1	9
3500	98	98	97	89	1	9

Pada saat pengujian berlangsung dilakukan secara bertahap yang dimulai dari 1000 rpm s/d 3500 rpm. Maka di peroleh nilai perbandingan antara radiator yang menggunakan fluida pendingin air murni (H_2O) dan nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1%. Temperatur fluida pendingin masuk (T_m) pada H_2O mempunyai nilai paling rendah $91^{\circ}C$ dan paling tinggi $98^{\circ}C$ sehingga mempunyai rata rata Temperatur fluida pendingin masuk (T_m) sebesar $94,5^{\circ}C$. Untuk Temperatur fluida pendingin keluar (T_k) pada H_2O mempunyai nilai paling rendah $89^{\circ}C$ dan paling tinggi $97^{\circ}C$ sehingga mempunyai rata rata Temperatur fluida pendingin keluar (T_k) sebesar $92,6^{\circ}C$.

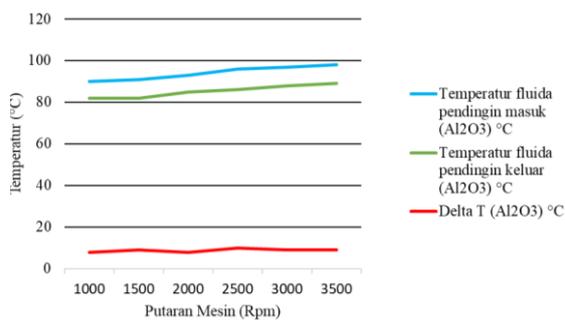
Radiator yang menggunakan media nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1%. Menghasilkan temperatur fluida pendingin masuk (T_m) mempunyai nilai paling rendah $90^{\circ}C$ dan paling tinggi $98^{\circ}C$ sehingga mempunyai rata rata Temperatur fluida pendingin masuk (T_m) sebesar $94,1^{\circ}C$. Untuk Temperatur fluida pendingin keluar (T_k) mempunyai nilai paling rendah $82^{\circ}C$ dan paling tinggi $89^{\circ}C$ sehingga mempunyai rata rata Temperatur fluida pendingin keluar (T_k) sebesar $85,3^{\circ}C$



Gambar 6. Data temperatur fluida pendingin yang menggunakan air murni (H_2O)

Pengujian langsung pada kendaraan menghasilkan Gambar 4. yang menggunakan fluida pendingin air murni (H_2O). Pengujian ini dilakukan pada putaran mesin tertentu dimulai dari 1000 rpm untuk media air murni (H_2O) memperoleh hasil T_m sebesar $91^\circ C$ dan T_k $89^\circ C$. Untuk proses kedua dilakukan pada rpm 1500 untuk media air murni (H_2O) memperoleh hasil T_m sebesar $91^\circ C$ dan T_k $89^\circ C$. Untuk proses ketiga dilakukan pada rpm 2000 untuk media air murni (H_2O) memperoleh hasil T_m sebesar $93^\circ C$ dan T_k $92^\circ C$.

Untuk proses keempat dilakukan pada rpm 2500 untuk media air murni (H_2O) memperoleh hasil T_m sebesar $96^\circ C$ dan T_k $93^\circ C$ sedangkan nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $96^\circ C$ dan T_k $86^\circ C$. Untuk proses kelima dilakukan pada rpm 3000 untuk media air murni (H_2O) memperoleh hasil T_m sebesar $97^\circ C$ dan T_k $96^\circ C$ sedangkan nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $97^\circ C$ dan T_k $88^\circ C$. Untuk proses keenam dilakukan pada rpm 3500 untuk media air murni (H_2O) memperoleh hasil T_m sebesar $98^\circ C$ dan T_k $97^\circ C$ sedangkan nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $97^\circ C$ dan T_k $89^\circ C$.



Gambar 7. data temperatur fluida pendingin yang menggunakan nanofluida (Al_2O_3) dengan kandungan 1 % terhadap air

Pengujian langsung pada kendaraan menghasilkan Gambar 7. yang menggunakan fluida pendingin nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1%. Pengujian ini dilakukan pada putaran mesin tertentu dimulai dari rpm 1000 untuk media nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $90^\circ C$ dan T_k $82^\circ C$. Untuk proses kedua dilakukan pada rpm 1500 untuk media nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $91^\circ C$ dan T_k $82^\circ C$. Untuk proses ketiga dilakukan pada rpm 2000 untuk media nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $93^\circ C$ dan T_k $85^\circ C$.

Untuk proses keempat dilakukan pada rpm 2500 untuk nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $96^\circ C$ dan T_k $86^\circ C$. Untuk proses kelima dilakukan pada rpm 3000 untuk nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $97^\circ C$ dan T_k $88^\circ C$. Untuk proses ke enam dilakukan pada rpm 3500 untuk nanofluida Al_2O_3 dengan kadar air 1% memperoleh hasil T_m sebesar $97^\circ C$ dan T_k $89^\circ C$.

Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Nanofluida

Keuntungan yang diperoleh dari hasil praktek pada sebuah kendaraan untuk sistem pendingin radiator yang menggunakan media pendingin nanofluida menghasilkan nilai rata-rata delta T lebih tinggi yaitu $8,8^\circ C$ (Al_2O_3 dengan kadar air 1%) jika dibandingkan dengan menggunakan air murni hanya di peroleh delta T rata-rata $1,8^\circ C$ (H_2O). Sehingga dengan menggunakan nanofluida lebih cepat menurunkan temperatur *coolant* yang nanti akan masuk lagi ke dalam *cylinder block engine* selama proses pendinginan berlangsung.

KESIMPULAN

Penelitian pada sistem pendingin mobil yang menggunakan radiator dengan media nanofluida Al_2O_3 merupakan riset yang berkelanjutan. Penggunaan material nanofluida Al_2O_3 merupakan konsep yang dapat mengurangi berat jenis jika dibandingkan dengan air murni (H_2O). Pada saat pengujian di lapangan dilakukan pada putaran mesin 1000 rpm s/d 3500 rpm menghasilkan nilai rata-rata T_m $94,5^\circ C$ dan T_k $92,6^\circ C$ dengan media air murni (H_2O) sedangkan radiator yang menggunakan media alumina (nanofluida Al_2O_3) mempunyai nilai rata – rata T_m $94,1^\circ C$ dan T_k $85,3^\circ C$.

Analisa menggunakan simulasi menunjukkan plot kontur fluida yang panas (berwarna merah) mengalir di dalam dinding radiator. Sedangkan fluida dingin (berwarna biru) mengalir di luar radiator. Perubahan warna biru menjadi hijau secara gradual terlihat di sekitar dinding radiator mengindikasikan perubahan temperatur yang dingin ($26-30^\circ C$) menjadi sekitar ($50-70^\circ C$). Begitu pula pada bagian dinding memiliki warna transisi antara bagian luar yang hijau dengan bagian dalam yang merah menjadi warna orange (suhu $70-100^\circ C$).

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Lee S, Choi SU.-S. 1996. *Application of Metallic Nanoparticle Suspension in advanced Cooling Systems*, ASME Publications PVP-Vol. 342/MD-Vol. 72, pp. 227-234
- [2]. Putra Nandy, W. Roetzel, Sarit K.Das, *Natural Convection of Nano- Fluids*, *Journal Heat and Mass Transfer*, Vol.39, Numbers 8-9, , pp. 775-784 (2003)
- [3]. *CFD simulation of heat transfer enhancement of Al₂O₃/water and Al₂O₃/ethylene glycol nanofluids in a car radiator* V. Delavari, S.H. Hashem abadi / *Applied Thermal Engineering* 73 (2014) 380-390
- [4]. JURNAL TEKNOLOGI, Edisi No. 2, Tahun XIX, , 116-125 ISSN 0215-1685 Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi Fluida Air Bersuspensi Nano Partikel(Al₂O₃) pada *Fintube Heat Exchanger*, Juni 2005
- [5]. Ilyas, S. U., Pendyala, R. & Marneni, N. 2016. *Stability and agglomeration of alumina nanoparticles in ethanol-water mixtures*. *Procedia Engineering*, 148, 290-297
- [6]. Anwar Ilmar Ramadhan, Ery Diniardi, Erwin Dermawan. Numerical Study of Effect Parameter Fluid Flow Nanofluid Al₂O₃-Water on Heat Transfer in Corrugated Tube Fin. *University of Muhammadiyah Jakarta* (2016)
- [7]. Nissan *Service Manual*, L10-HR15DE,HR16DE,MR18DE, 2007
- [8]. Estman, J. A., Choi, S.U.S., Li, S., Yu, W. and Thomson, L.J. *Anomalously increased effective thermal conductivities of ethylene glycol based nanofluids containing copper nanoparticles*. *J.Appl. Phys Letter*, Vol. 78, No.6, p.718-720. (2001)