MeKanik, Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Mesin *Vol.19, No.1 Mei 2026*
e-ISSN: 3046-8272, p-ISSN: 1979-0708 **(Hal: 25-32)**
Alamat Redaksi : Politeknik Negeri Samarinda, Jurusan Teknik Mesin, Jl.Ciptomangunkusumo Kampus Gg.Lipan Samarinda Kalimantan Timur

RESPONS TERMAL KOMPARATIF DAN STABILITAS PENGUAPAN AIR SULING, KERUING OLEORESIN-AQUEOUS BLEND, DAN PENDINGIN RADIATOR KOMERSIAL DI BAWAH PEMANASAN LISTRIK TERKONTROL

Comparative Thermal Response And Evaporation Stability Of Distilled Water, Keruing Oleoresin-Aqueous Blend, And Commercial Radiator Cooling Under Controlled Electric Heating

Simon Petrus[1] , Merpatih[2] , Mimin Rihotimawati[3] , Kusuma Bayu Sedhudha[4]

[1,2,3] Dosen Jurusan Teknik Mesin, Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda,
[4]Mahasiswa, Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda,
Jl.Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kota Samarinda
e-mail: [1]simonpetrus@polnes.ac.id , [2]merpatih@polnes.ac.id , [2]miminr@polnes.ac.id, [3]kusuna_bs1@gmail.com

Info Artikel

Riwayat Artikel:
Diterima: 23/03/2026
Diterima dalam bentuk revisi: 26/04/2026
Diteima/publis: 25/05/2026

Kata Kunci
Oleoresin Keruing, Cairan Pendingin, Korosi, Radiator Aluminium, Elektrokimia, Potensiodinamik

Abstrak

Media pendingin untuk manajemen termal otomotif harus menyeimbangkan penyerapan panas, retensi volume, dan pemulihan termal pasca-pemanasan. Studi ini membandingkan respons termal dan stabilitas penguapan dari tiga cairan: air suling, campuran oleoresin air suling, dan pendingin radiator komersial. Setiap medium disediakan pada volume awal 250 mL dan dipanaskan pada pemanas listrik 600 W. Suhu dipantau menggunakan termokopel sementara perubahan massa dan volume diukur sebelum dan sesudah pemanasan. Dua durasi pemanasan, 300 dan 600 detik, digunakan untuk mengevaluasi suhu maksimum, waktu pemanasan, waktu pendinginan hingga 35 °C, dan persentase penguapan. Pendingin komersial menunjukkan kepadatan tertinggi (1,10 g cm-3) dan penguapan terendah, dengan kehilangan volume masing-masing 8% dan 10% setelah 300 dan 600 detik. Air suling menunjukkan kehilangan penguapan tertinggi, meningkat dari 15% menjadi 20% seiring dengan meningkatnya durasi pemanasan. Campuran oleoresin mengurangi penguapan relatif terhadap air suling, tetapi tidak mengungguli cairan pendingin komersial dalam retensi volume dan menunjukkan pemulihan termal yang relatif lambat. Temuan ini menunjukkan bahwa oleoresin keruing dapat memodifikasi perilaku termal air suling, tetapi optimalisasi lebih lanjut dari stabilitas formulasi, konsentrasi, dan pengujian loop aliran diperlukan sebelum campuran dapat direkomendasikan untuk aplikasi radiator.

Abstract

Cooling media for automotive thermal management must balance heat absorption, volume retention, and post-heating thermal recovery. The study compared the thermal response and evaporation stability of three liquids: distilled water, distilled water oleoresin mixtures, and commercial radiator coolers. Each medium is supplied at an initial volume of 250 mL and heated on a 600 W electric heater. Temperature is monitored using a thermocouple while changes in mass and volume are measured before and after heating. Two heating durations, 300 and 600 seconds, are used to evaluate the maximum temperature, heating time, cooling time up to 35°C, and evaporation percentage. Commercial refrigerants exhibit the highest density and the lowest evaporation, with volume losses of 8% and 10% respectively after 300 and 600 seconds. Distilled water showed

@MEKANIK 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

the highest evaporation loss, increasing from 15% to 20% as the duration of heating increased. Oleoresin mixtures reduce evaporation relative to distilled water, but do not outperform commercial coolants in volume retention and exhibit relatively slow thermal recovery. These findings suggest that keruing oleoresins can modify the thermal behavior of distilled water, but further optimization of formulation stability, concentration, and flow loop testing is required before the mixture can be recommended for radiator applications.

PENDAHULUAN

Manajemen termal merupakan persyaratan penting dalam pembakaran internal dan sistem tenaga industri karena suhu operasi yang berlebihan dapat mempercepat degradasi material, mengurangi efektivitas pelumasan, dan mempersingkat masa pakai komponen [1]. Dalam sistem berpendingin cairan, cairan pendingin bertindak sebagai media perpindahan panas sekaligus fluida pelindung yang bersirkulasi melalui jaket air, radiator, selang, dan reservoir [2]. Oleh karena itu, pemilihan cairan pendingin tidak hanya berkaitan dengan kemampuan membuang panas puncak, tetapi juga dengan stabilitas termal, kompatibilitas terhadap komponen logam, serta ketahanan terhadap penguapan atau kehilangan volume selama operasi.

Air suling memiliki kapasitas panas yang tinggi dan banyak digunakan sebagai fluida perpindahan panas dasar dalam evaluasi laboratorium. Namun, cairan berbasis air dapat mengalami penguapan dan umumnya memerlukan aditif untuk perlindungan terhadap pembekuan, pengendalian titik didih, penghambatan korosi, dan stabilitas jangka panjang [3]. Campuran etilena glikol/air tetap banyak digunakan dalam sistem termal karena memiliki ketercampuran yang baik dan praktis digunakan sebagai cairan pendingin, meskipun sifat termofisiknya seperti konduktivitas termal, panas spesifik, densitas, dan viskositas sangat dipengaruhi oleh komposisi serta temperatur [4]. Studi terbaru mengenai sifat termofisika larutan etilena glikol juga menekankan perlunya data densitas, viskositas, konduktivitas termal, dan panas spesifik yang tervalidasi untuk mendukung desain sistem termal yang andal [5].

Studi radiator otomotif semakin banyak mengeksplorasi cairan pendingin termodifikasi, termasuk nanofluid berbasis glikol dan cairan hibrida, untuk meningkatkan kinerja termal dalam kondisi operasi terkendali [6]. Meskipun cairan pendingin canggih tersebut dapat meningkatkan perpindahan panas, performa praktisnya sangat dipengaruhi oleh stabilitas formulasi, viskositas, kebutuhan daya pompa, dan rentang temperatur operasi [7]. Pertimbangan ini penting saat mengevaluasi aditif berbasis bio alternatif, karena suatu aditif dapat meningkatkan satu parameter kinerja, tetapi pada saat yang sama menurunkan parameter lain seperti ketercampuran, kestabilan aliran, atau kehilangan volume akibat penguapan [8].

Oleoresin keruing (Dipterocarpus grandiflorus) merupakan bahan resin alami yang mengandung konstituen kaya terpena. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa oleoresin keruing dapat bertindak sebagai inhibitor korosi tipe pelapis pada aluminium 1100 dalam larutan NaCl 3,5%, dengan efisiensi inhibisi yang meningkat seiring peningkatan konsentrasi oleoresin [9]. Namun demikian, peran langsungnya sebagai aditif cairan pendingin masih kurang dieksplorasi. Bahan yang efektif sebagai lapisan pelindung tidak secara otomatis dapat berfungsi sebagai aditif pendingin yang baik, karena respons termal, ketercampuran dalam air, penguapan, dan perilaku aliran juga harus dievaluasi [10].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengubah data proyek akhir skala bangku menjadi kerangka penelitian-manuskrip dengan membandingkan air suling, campuran oleoresin keruing–air, dan

@MEKANIK 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

cairan pendingin radiator komersial di bawah pemanasan listrik terkontrol. Tujuan spesifiknya adalah membandingkan suhu maksimum, waktu pemanasan, waktu pendinginan, densitas, dan kehilangan penguapan pada durasi pemanasan 300 dan 600 detik. Studi ini diposisikan sebagai eksperimen penyaringan termal awal, bukan sebagai simulasi aliran radiator yang lengkap.

TINJAUAN PUSTAKA

Media pendingin memiliki peran penting dalam menjaga temperatur kerja mesin agar tetap stabil. Pada sistem pendingin, fluida berfungsi menyerap panas dari komponen mesin, membawa panas tersebut menuju radiator, lalu melepaskannya ke lingkungan melalui mekanisme perpindahan panas paksa [11]. Kinerja media pendingin tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menyerap panas, tetapi juga oleh sifat termofisika seperti konduktivitas termal, panas spesifik, viskositas, densitas, kestabilan volume, serta kompatibilitasnya terhadap material sistem pendingin [2].

Aquadest sering digunakan sebagai fluida dasar karena memiliki kemurnian tinggi dan kemampuan menyerap panas yang baik. Namun, fluida berbasis air memiliki keterbatasan, terutama karena dapat mengalami penguapan ketika dipanaskan dalam durasi tertentu dan tidak memiliki perlindungan tambahan terhadap pembekuan maupun korosi [12]. Kehilangan volume akibat penguapan dapat menurunkan jumlah fluida kerja dalam sistem, sehingga berpotensi mengurangi efektivitas pendinginan.

Coolant radiator komersial umumnya dirancang dari campuran air, glikol, dan aditif tertentu untuk meningkatkan kestabilan termal, mengurangi penguapan, serta memberikan perlindungan terhadap korosi. Campuran etilena glikol–air banyak digunakan karena mampu memperluas rentang kerja termal fluida, meskipun perubahan komposisi dapat memengaruhi viskositas, densitas, panas spesifik, dan konduktivitas termalnya [13]. Oleh karena itu, data sifat termofisika yang tervalidasi menjadi penting dalam mengevaluasi performa cairan pendingin secara lebih akurat [5].

Selain coolant komersial, penggunaan aditif berbasis alam mulai menarik untuk dikaji. Salah satu bahan yang berpotensi adalah oleoresin keruing. Oleoresin keruing merupakan resin alami dari pohon keruing yang sebelumnya telah dilaporkan mampu menurunkan laju korosi aluminium 1100 ketika digunakan sebagai lapisan pelindung dalam larutan NaCl 3,5% [9]. Namun, potensi oleoresin keruing sebagai campuran media pendingin masih perlu diteliti lebih lanjut karena bahan yang efektif sebagai pelapis korosi belum tentu memiliki ketercampuran, kestabilan termal, dan karakter aliran yang sesuai ketika digunakan sebagai aditif fluida [6].

Penambahan oleoresin keruing ke dalam aquadest dapat mengubah karakteristik fluida, seperti suhu maksimum, waktu pemanasan, waktu pendinginan, massa jenis, dan tingkat penguapan. Akan tetapi, efektivitas campuran tersebut perlu dibandingkan dengan aquadest murni dan coolant komersial agar dapat diketahui apakah oleoresin keruing benar-benar memberikan peningkatan performa atau hanya menghasilkan perubahan karakteristik termal tertentu. Evaluasi ini penting karena studi radiator menunjukkan bahwa peningkatan perpindahan panas sering kali dipengaruhi oleh komposisi fluida, laju aliran, viskositas, dan kebutuhan daya pompa [14].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan respons termal aquadest, campuran aquadest dengan oleoresin keruing, dan coolant radiator komersial. Parameter yang diamati meliputi suhu maksimum, waktu pemanasan, waktu pendinginan, massa jenis, serta persentase penguapan pada durasi pemanasan tertentu. Dengan demikian, penelitian ini dapat menjadi studi awal untuk menilai potensi oleoresin keruing sebagai aditif alami pada media pendingin.

MATERIAL DAN METODE

Material

Tiga media pendingin dievaluasi: air suling, campuran oleoresin air suling, dan cairan pendingin radiator komersial. Campuran oleoresin mengikuti formulasi tesis air suling dengan oleoresin keruing, yang disiapkan pada volume uji awal 250 mL. Media eksperimental ditimbang untuk memperkirakan kepadatan sebelum pemanasan. Tabel 1 merangkum volume yang disiapkan, massa terukur, dan kepadatan yang dihitung dari setiap medium.

Tabel 1. Sifat fisik awal dari media pendingin yang diuji.

Media pendingin	Volume awal (mL)	Massa (g)	Kepadatan (g cm-3)
Air suling	250	242	0.97
Air suling + campuran oleoresin keruing	250	260	1.04
Pendingin radiator komersial	250	275	1.10

Pengaturan Dan Prosedur Eksperimental

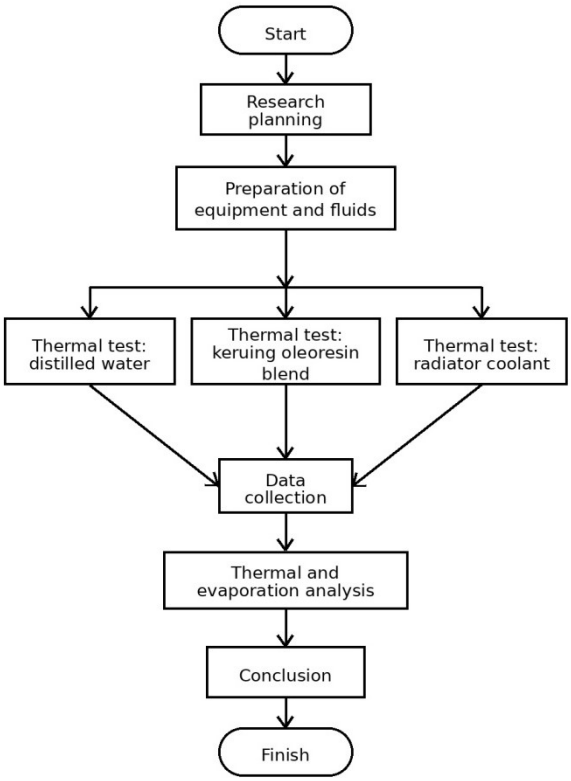
Uji termal dilakukan dengan menggunakan sistem akuisisi suhu berbasis termokopel , bejana pengukur kaca, timbangan timbangan, dan pemanas listrik. Setiap media diukur pada 250 mL, ditimbang, dan ditempatkan di bejana kaca. Sensor termokopel direndam dalam cairan, dan sistem akuisisi diatur ulang sebelum dipanaskan. Pengaturan pemanas listrik 600 W digunakan untuk paparan termal. Cairan dipanaskan sampai kondisi pemanasan yang ditetapkan tercapai, dan dua durasi, 300 dan 600 detik, diterapkan. Setelah dipanaskan, pemanas listrik dimatikan dan cairan dibiarkan mendingin secara alami hingga mencapai sekitar 35 °C. Output pengujian meliputi suhu maksimum, waktu pemanasan, waktu pendinginan, massa akhir, volume akhir, dan persentase penguapan.

Pengurangan Data

Kepadatan dihitung menggunakan Persamaan (1), di mana ρ adalah massa jenis, m adalah massa fluida, dan V adalah volume fluida. Penguapan dihitung ulang menggunakan Persamaan (2), di mana V0 adalah volume awal dan Vt adalah volume setelah pemanasan. Persamaan kehilangan penguapan dinyatakan sebagai kehilangan volume relatif terhadap volume awal untuk menghindari penguapan yang berlebihan.

$$\rho = m / V \quad (1)$$

$$\text{Kehilangan penguapan (\%)} = ((V0 - Vt) / V0) \times 100 \quad (2)$$



Gambar 1. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Termal Dibawah Pemanasan 300 Detik Dan 600 Detik

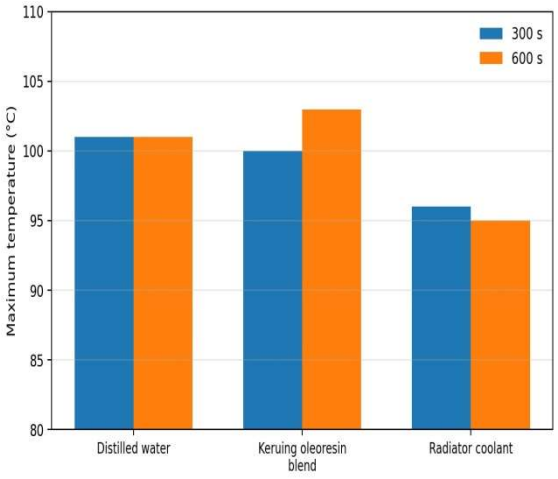
Respons termal yang diukur dirangkum dalam Tabel 2. Pada kondisi 300 s, air suling mencapai suhu maksimum tertinggi 101 °C, diikuti oleh campuran oleoresin keruing pada 100 °C dan cairan pendingin radiator pada 96 °C. Pada kondisi 600 detik, campuran oleoresin keruing mencapai 103 °C, air suling tetap pada 101

@MEKANIK 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

°C, dan cairan pendingin radiator mencapai 95 °C. Hasil ini menunjukkan bahwa media yang diuji tidak menunjukkan satu tren linier dengan peningkatan durasi pemanasan, menunjukkan bahwa perilaku mendidih, komposisi fluida, dan konfigurasi pemanasan statis memengaruhi suhu puncak yang diukur.

Tabel 2. Respons termal dari media pendingin yang diuji.

Sampel	Durasi pemanasan	Waktu pemanasan	Waktu pendinginan hingga 35 °C (dtk)	Tmax (°C)
Air suling	300 detik	1405	1603	101
Campuran oleoresin Keruing	300 detik	1401	2170	100
Penyejuk radiator	300 detik	1015	2717	96
Air suling	600 detik	1754	1832	101
Campuran oleoresin Keruing	600 detik	1744	1660	103
Penyejuk radiator	600 detik	1103	2152	95

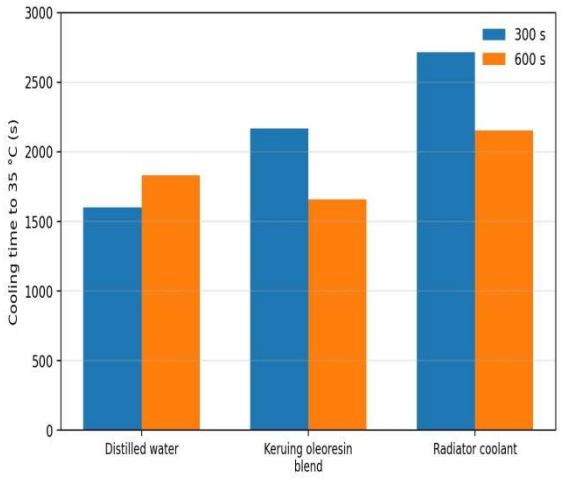


Gambar 2. Suhu maksimum setiap media pendingin di bawah kondisi pemanasan 300 detik dan 600 detik

Cairan pendingin radiator menghasilkan suhu puncak terendah dalam kedua kondisi pemanasan tabulasi. Perilaku ini dapat dikaitkan dengan keberadaan aditif pendingin yang diformulasikan dan kepadatan cairan pendingin yang lebih tinggi, meskipun percobaan saat ini tidak secara langsung mengukur panas spesifik, viskositas, konduktivitas termal, atau perilaku mendidih. Oleh karena itu, hasilnya tidak boleh ditafsirkan sebagai pengukuran koefisien perpindahan panas yang lengkap. Ini lebih akurat digambarkan sebagai respons penyaringan termal statis di bawah pemanasan listrik.

Perilaku Waktu Pendinginan

Waktu pendinginan mencerminkan berapa lama waktu yang dibutuhkan fluida untuk melepaskan energi panas yang tersimpan ke lingkungan sekitar setelah input panas dihilangkan. Dalam kondisi 300 detik, air suling mendingin paling cepat hingga 35 °C, sedangkan cairan pendingin radiator membutuhkan waktu paling lama. Di bawah kondisi 600-an, campuran oleoresin keruing menunjukkan waktu pendinginan terpendek, diikuti oleh air suling dan cairan pendingin radiator. Tren yang tidak identik antara kedua durasi menyoroti perlunya pengujian berulang dan analisis ketidakpastian sebelum menarik kesimpulan mekanistik yang pasti.



Gambar 3. Waktu pendinginan hingga 35 °C setelah pemanasan 300 detik dan 600 detik.

Kinerja Penguapan Dan Retensi Volume

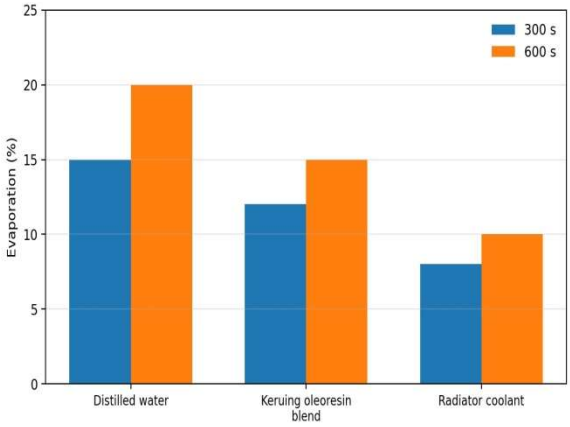
Perilaku penguapan adalah parameter praktis utama untuk penggunaan cairan pendingin karena kehilangan volume yang berlebihan dapat mengurangi persediaan cairan efektif dan meningkatkan risiko panas berlebih selama servis. Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa cairan pendingin radiator komersial memiliki kehilangan penguapan terendah pada kedua durasi pengujian, dengan kerugian 8% setelah 300 detik dan kerugian 10% setelah

@MEKANIK 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

600 detik. Air suling memiliki kehilangan penguapan tertinggi, meningkat dari 15% menjadi 20%. Campuran oleoresin memberikan hasil menengah, dengan kerugian penguapan 12% dan 15%, menunjukkan bahwa oleoresin juga mengurangi kehilangan volume relatif terhadap air suling tetapi tidak sesuai dengan stabilitas pendingin komersial.

Tabel 3. Kehilangan penguapan dan retensi volume media pendingin.

Sedang	Durasi pemanasan	Volume awal (mL)	Volume akhir (mL)	Kehilangan penguapan (%)	Retensi volume (%)
Air suling	300 detik	250	212	15	85
Campuran oleoresin Keruing	300 detik	250	220	12	88
Penyejuk radiator	300 detik	250	230	8	92
Air suling	600 detik	250	200	20	80
Campuran oleoresin Keruing	600 detik	250	212	15	85
Penyejuk radiator	600 detik	250	225	10	90



Gambar 4. Persentase penguapan setiap media pendingin setelah pemanasan 300 detik dan 600 detik.

Interpretasi Terintegrasi Untuk Pemilihan Cairan Pendingin

Media pendingin terbaik tergantung pada kriteria kinerja yang digunakan. Air suling mendingin dengan cepat dalam kondisi 300-an tetapi menunjukkan kehilangan penguapan terbesar, yang tidak menguntungkan untuk operasi termal jangka panjang. Campuran oleoresin keruing mengurangi penguapan dibandingkan dengan air suling dan dapat menawarkan manfaat terkait korosi tambahan berdasarkan studi penghambatan oleoresin sebelumnya [5]. Namun, campuran tidak secara konsisten mengungguli cairan pendingin komersial dalam pengujian termal statis dan memerlukan pengoptimalan formulasi untuk meningkatkan kesalahan, stabilitas, dan perilaku pascapemanasan. Cairan pendingin radiator komersial menunjukkan kinerja retensi volume terkuat dan suhu maksimum terendah dalam uji 300 detik dan 600 detik yang ditabulasi, menjadikannya media paling seimbang di antara tiga cairan yang diuji.

Dari perspektif jurnal Q1, kontribusi ilmiah dari penelitian ini bukanlah klaim bahwa oleoresin sudah lebih unggul dari pendingin komersial. Kontribusi yang lebih kuat dan lebih aman adalah bahwa oleore keruing juga secara terukur mengubah respons penguapan termal air suling dan mengurangi penguapan relatif terhadap air suling saja. Ini memposisikan oleoresin keruing sebagai aditif kandidat yang membutuhkan formulasi lebih lanjut dan validasi aliran radiator, bukan sebagai pengganti langsung untuk cairan pendingin yang direkayasa.

KESIMPULAN

Studi ini membandingkan respons termal dan perilaku penguapan air suling, campuran oleoresin-air keruing, dan pendingin radiator komersial menggunakan metode pemanasan listrik terkontrol. Pendingin radiator komersial menunjukkan retensi volume terbaik, dengan kehilangan penguapan 8% setelah 300 detik dan 10% setelah 600 detik, sedangkan air suling menunjukkan kerugian tertinggi sebesar 15% dan 20%. Campuran oleoresin keruing memberikan kinerja penguapan menengah, mengurangi kehilangan volume relatif terhadap air suling tetapi tidak mengungguli cairan pendingin komersial. Dari segi suhu maksimum, cairan pendingin radiator menghasilkan suhu puncak terendah dalam uji pemanasan tabulasi, sedangkan campuran oleoresin menunjukkan perilaku variabel antara 300 detik dan 600 detik. Secara keseluruhan, cairan pendingin radiator komersial tetap menjadi media paling stabil di antara yang diuji, sedangkan

@MEKANIK 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

oleoresin keruing lebih baik ditafsirkan sebagai aditif alami yang menjanjikan yang memerlukan formulasi lebih lanjut, karakterisasi termofisika, dan validasi aliran radiator sebelum rekomendasi praktis.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Di Battista, M. Di Bartolomeo, and R. Cipollone, "The performance of engine coolant control strategies on real driving emissions," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 289, p. 129753, Mar. 2026, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2026.129753.

[2] M. Gülüm, A. Çakmak, and S. Osman, "Nanofluids for automotive radiators: Thermophysical properties, opportunities, challenges, and research trends: A review," *Propuls. Power Res.*, vol. 14, no. 3, pp. 484–526, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.jppr.2025.08.002.

[3] W. N. Mutuku, "Ethylene glycol (EG)-based nanofluids as a coolant for automotive radiator," *Asia Pacific J. Comput. Eng.*, vol. 3, no. 1, p. 1, Dec. 2016, doi: 10.1186/s40540-016-0017-3.

[4] T. Sun and A. S. Teja, "Density, Viscosity, and Thermal Conductivity of Aqueous Ethylene, Diethylene, and Triethylene Glycol Mixtures between 290 K and 450 K," *J. Chem. Eng. Data*, vol. 48, no. 1, pp. 198–202, Jan. 2003, doi: 10.1021/je025610o.

[5] M. Ignatowicz and B. Palm, "Experimental investigation of thermophysical properties of ethylene glycol based secondary fluids," *Int. J. Refrig.*, vol. 155, pp. 137–153, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.ijrefrig.2023.08.008.

[6] T. Tetik and Y. Karagoz, "Enhancing radiator cooling capacity: A comparative study of nanofluids and water/EG mixtures," *Heliyon*, vol. 10, no. 19, p. e38352, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e38352.

[7] S. C. Balchandani, A. Dey, B. Mandal, A. Kumar, and S. Dharaskar, "Elucidating the important thermo physical characterization properties of amine activated hybrid novel solvents for designing post-combustion CO2 capture unit," *J. Mol. Liq.*, vol. 355, p. 118919, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.molliq.2022.118919.

[8] S. P. Adhikari, A. Gupta, P. Chhetri, and S. Subedia, "Experimental Study on the Heat Transfer Performance of Al 2 O 3 - Ethylene Glycol/Water-Based Nanofluid as Coolant in Vehicle Radiator," *J. Fluid Flow, Heat Mass Transf.*, vol. 12, 2025, doi: 10.11159/jffhmt.2025.019.

[9] Suwarto, Merpatih, S. Petrus, Wajilan, A. Wahyudianto, and A. Fernandes, "KERUING (DIPTEROCARPUS GRANDIFLORUS) OLEORESIN AS ALUMINUM 1100 CORROSION INHIBITOR IN 3,5 % NaCl SOLUTION," *Metalurgija*, vol. 62, no. 3–4, pp. 409–411, 2023.

[10] X. Li, C. Zou, and A. Qi, "Experimental study on the thermo-physical properties of car engine coolant (water/ethylene glycol mixture type) based SiC nanofluids," *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, vol. 77, pp. 159–164, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.08.009.

[11] R. Prasanna Shankara *et al.*, "An insight into the performance of radiator system using ethylene glycol-water based graphene oxide nanofluids," *Alexandria Eng. J.*, vol. 61, no. 7, pp. 5155–5167, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.10.037.

[12] E. Yilmaz *et al.*, "Comparative study of subcooled flow boiling heat transfer and bubble dynamics over a bottomed-heated horizontal aluminum surface using distilled water, ethylene glycol solution, and long-life coolant," *Exp. Heat Transf.*, pp. 1–21, Jan. 2026, doi:

@MEKANIK 2026. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

10.1080/08916152.2026.2615768.

[13] L. Fang, Z. Ao, C. Zhao, S. Feng, D. Han, and J. Gong, "The solid-liquid equilibrium behavior of 2,7-dihydroxynaphthalene in eleven organic solvents: Thermodynamic analysis and molecular simulation understanding," *J. Chem. Thermodyn.*, vol. 170, p. 106781, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.jct.2022.106781.

[14] D. G. Subhedar, B. M. Ramani, and A. Gupta, "Experimental investigation of heat transfer potential of Al2O3/Water-Mono Ethylene Glycol nanofluids as a car radiator coolant," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 11, pp. 26–34, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.csite.2017.11.009.