

“ANALISIS LITERATUR MENGENAI PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI DALAM PENGEMBANGAN FLUIDA NANO”

MHD JOHAN ALAMSYAH *¹

DIMAS ADITYA SUSENO ²

M FAUZAN ZAKI ³

FAHREZI FEBIANDRA ⁴

WAN AIDIL RAHMAN ARIF ⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Al-Azhar Medan

*e-mail : jalamsyah@gmail.com , dimasadityasusenoseno@gmail.com, mhdfauzanzaki66@gmail.com,
fahrezi0802@gmail.com, rahmanwanaidil@gmail.com

Abstrak

Salah satu pendekatan inovatif yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi energi dan kelestarian lingkungan adalah penggunaan limbah industri sebagai bahan dasar nanofluida[1]. Suspensi nanopartikel dalam cairan dasar dikenal sebagai nanofluida, dan mereka memiliki stabilitas yang sangat baik, konduktivitas termal yang tinggi, dan kapasitas untuk meningkatkan efisiensi sistem termal[2]. Dengan penekanan pada jenis limbah yang dimanfaatkan, teknik sintesis, sifat material, dan kemungkinan penggunaan di banyak domain, artikel ini mencoba mengkaji literatur yang berkaitan dengan pembuatan nanofluida berbasis limbah industri. Metodologi tinjauan literatur, yang mencakup pemeriksaan menyeluruh terhadap penelitian terbaru terkait, digunakan untuk melakukan penelitian ini.

Nanofluida berbasis limbah industri terutama digunakan sebagai pelumas dalam proses manufaktur, sistem pendingin, dan untuk meningkatkan efisiensi kolektor surya. Biaya produksi yang tinggi, kurangnya standar industri, dan perlunya penelitian tambahan untuk menjamin stabilitas jangka panjang merupakan beberapa kendala yang masih dihadapi dalam penerapan teknologi ini. Penciptaan nanofluida berdasarkan limbah industri menghadirkan prospek yang signifikan untuk pengurangan limbah, efisiensi energi, dan kelestarian lingkungan, menurut kesimpulan artikel tersebut. Disarankan untuk melakukan penelitian di masa depan yang bertujuan untuk menciptakan teknik sintesis yang lebih hemat biaya dan efisien.

Kata Kunci: fluida nano, limbah industri, material berkelanjutan, efisiensi termal, literatur review.

Abstract

One of the promising innovative approaches to improve energy efficiency and environmental sustainability is the use of industrial waste as a base material for nanofluids[1]. Suspensions of nanoparticles in a base fluid are known as nanofluids, and they have excellent stability, high thermal conductivity, and the capacity to improve the efficiency of thermal systems[2]. With an emphasis on the types of waste utilized, synthesis techniques, material properties, and potential applications in multiple domains, this article attempts to review the literature related to the preparation of industrial waste-based nanofluids. A literature review methodology, which includes a thorough examination of recent related studies, is used to conduct this study.

Industrial waste-based nanofluids are mainly used as lubricants in manufacturing processes, cooling systems, and to improve the efficiency of solar collectors. High production costs, lack of industrial standards, and the need for additional research to ensure long-term stability are some of the obstacles that still face in the application of this technology. The creation of industrial waste-based nanofluids presents significant prospects for waste reduction, energy efficiency, and environmental sustainability, according to the conclusion of the article. Future research aimed at creating more cost-effective and efficient synthesis techniques is recommended.

Keywords: nanofluids, industrial waste, sustainable materials, thermal efficiency, literature review.

PENDAHULUAN

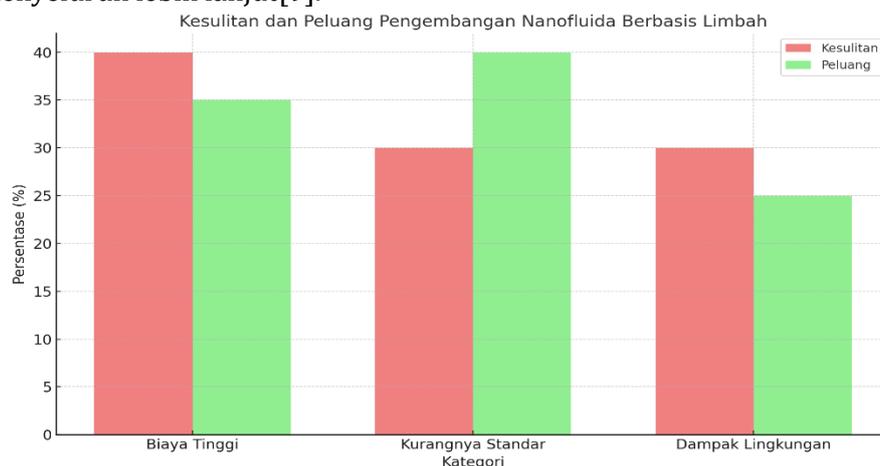
Salah satu permasalahan lingkungan yang paling penting pada abad kedua puluh satu adalah penanganan limbah industri. Lingkungan di seluruh dunia berada di bawah tekanan yang luar biasa akibat meningkatnya jumlah sampah, terutama dari sektor manufaktur, energi, dan pertanian. Pencemaran udara, air, dan tanah diakibatkan oleh pengelolaan limbah industri yang tidak tepat, termasuk abu terbang, terak baja, dan residu biomassa. Oleh karena itu, untuk

mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan dan mendorong pertumbuhan berkelanjutan, pengelolaan limbah berkelanjutan sangat diperlukan[4][5].

Pemanfaatan limbah industri sebagai bahan baku pembuatan nanofluida merupakan salah satu strategi baru yang mulai menarik minat. Telah dibuktikan bahwa nanofluida yang didefinisikan sebagai suspensi nanopartikel dalam fluida dasar memiliki sifat luar biasa yang menjadikannya pilihan yang layak untuk berbagai kegunaan, seperti pelumas industri, pendinginan, dan energi terbarukan[6]. Selain mengurangi beban limbah, pemanfaatan limbah industri sebagai sumber material nano memungkinkan kami memproduksi material fungsional ramah lingkungan yang memberikan nilai bagi industri[7].

Nanofluida yang berasal dari limbah industri menawarkan dua manfaat utama dalam hal ini. Pertama, mengubah sampah menjadi bahan nano akan mengurangi dampak buruk sampah terhadap lingkungan. Misalnya, abu terbang yang mengandung silika dan alumina dapat diolah untuk menghasilkan nanopartikel dengan kualitas mekanik dan termal yang luar biasa. Kedua, pemanfaatan nanofluida dalam berbagai aplikasi teknis dapat memperpanjang umur peralatan industri, menurunkan konsumsi sumber daya, dan meningkatkan efisiensi energi[8].

Namun, sebelum nanofluida berbasis limbah industri dapat digunakan secara luas, sejumlah kendala harus diatasi, meskipun potensi teknologinya sangat besar. Biaya produksi yang tinggi, kebutuhan akan proses sintesis yang lebih efektif, dan kurangnya standar untuk menjamin stabilitas dan kualitas produk adalah beberapa dari kesulitan tersebut. Untuk menilai dampak jangka panjang penggunaan zat ini terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, diperlukan juga penelitian menyeluruh lebih lanjut[9].

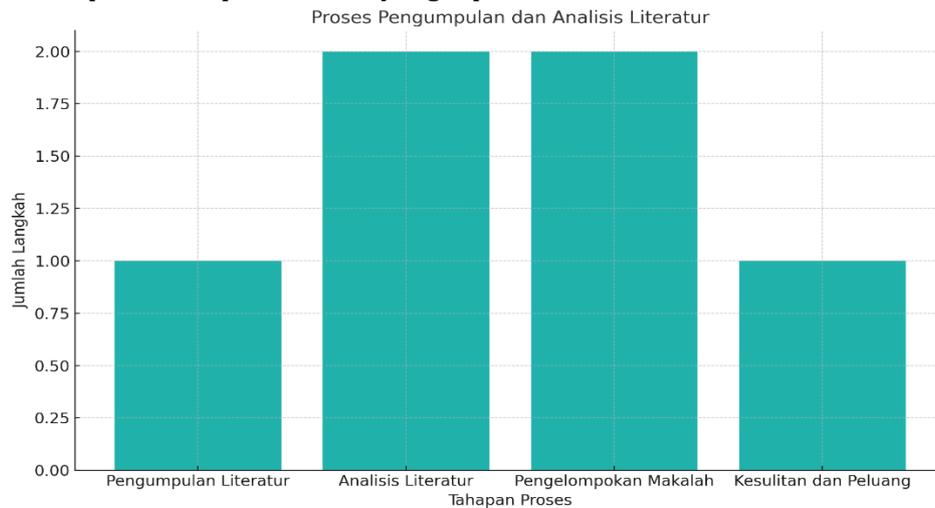


Tujuan artikel ini adalah untuk menyajikan analisis menyeluruh dari penelitian tentang penggunaan limbah industri dalam pembuatan nanofluida. Jenis limbah yang berpotensi berguna, metode sintesis yang tersedia, sifat nanofluida yang dihasilkan, serta aplikasi dan kesulitan terkait semuanya akan dibahas dalam artikel ini. Oleh karena itu, artikel ini diharapkan dapat merangsang lebih banyak penelitian di bidang ini dan menawarkan perspektif segar.

METODE

Penelitian ini mengkaji sejumlah sumber ilmiah terkait pemanfaatan limbah industri dalam pembuatan nanofluida menggunakan metodologi tinjauan literatur. Mengumpulkan literatur dari database ilmiah terkemuka seperti Scopus, Web of Science, dan Google Scholar adalah langkah awal dalam proses penelitian. Pencarian dilakukan dengan menggunakan "nanofluids", "limbah industri", dan "bahan berkelanjutan" sebagai kata kunci utamanya[10]. Makalah relevan yang

membahas nanofluida berbasis limbah industri, diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir, dan merupakan hasil penelitian peer-review yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi tertentu.



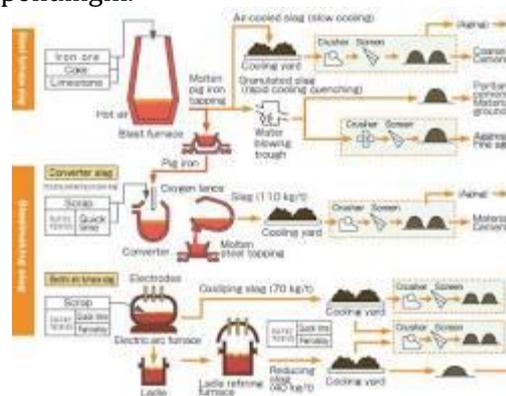
Setelah tahap pengumpulan, analisis menyeluruh terhadap literatur yang dipilih dilakukan untuk menentukan tren penelitian, jenis limbah, teknik sintesis, dan sifat nanofluida akhir. Untuk mengidentifikasi pola atau kesenjangan dalam penelitian, makalah dengan tema yang sebanding dikelompokkan dan hasilnya dibandingkan. Untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang subjek yang dibahas, data yang dikumpulkan dari literatur diperiksa secara kualitatif[11].

Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang kemungkinan pembuatan nanofluida berbasis limbah industri di masa depan, juga dilakukan kajian terhadap kesulitan dan kemungkinan yang dicatat dalam penelitian sebelumnya. Metode tinjauan pustaka ini dipilih karena cocok untuk penelitian yang bersifat eksploratif dan deskriptif karena memungkinkan penulis memperoleh pemahaman yang menyeluruh dan mendalam tanpa harus melakukan pengujian sebenarnya.

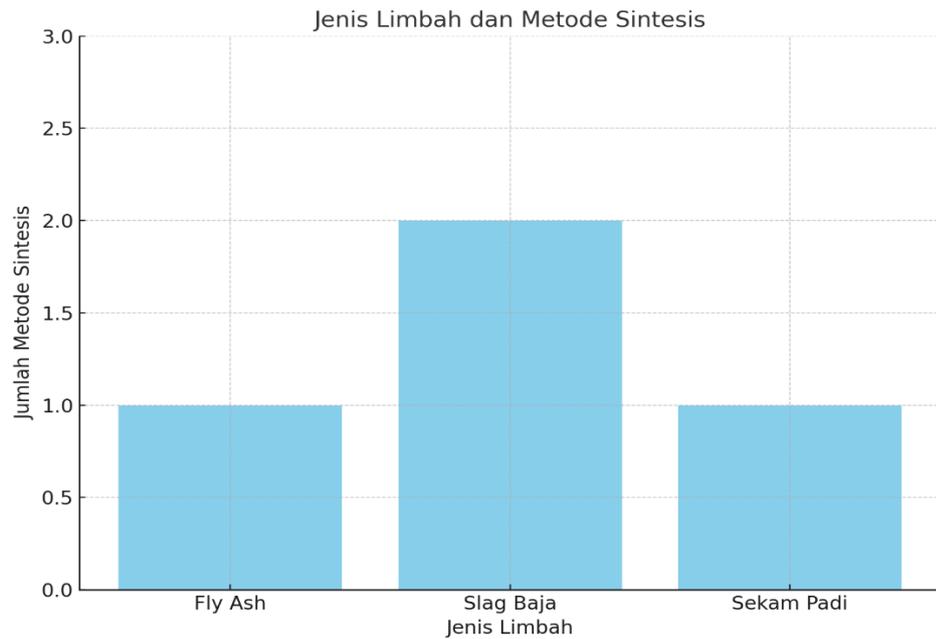
HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan tinjauan literatur menunjukkan bahwa ada sejumlah keuntungan dan kerugian menggunakan limbah industri sebagai bahan dasar nanofluida yang harus dipertimbangkan. Beberapa kesimpulan utama yang diambil dari literatur yang ditinjau adalah sebagai berikut:

1. Jenis Limbah yang Digunakan:
 - a) Fly ash (abu terbang) merupakan produk sampingan dari pembangkit listrik yang menggunakan batu bara. Silika, alumina, dan oksida logam lainnya yang ditemukan dalam abu terbang dapat digiling menjadi nanopartikel melalui teknik top-down seperti penggilingan mekanis[12].
 - b) Oksida besi dan logam berat lainnya banyak terdapat dalam slag baja, produk sampingan dari peleburan logam yang dapat dimanfaatkan untuk membuat nanopartikel cairan pendingin.

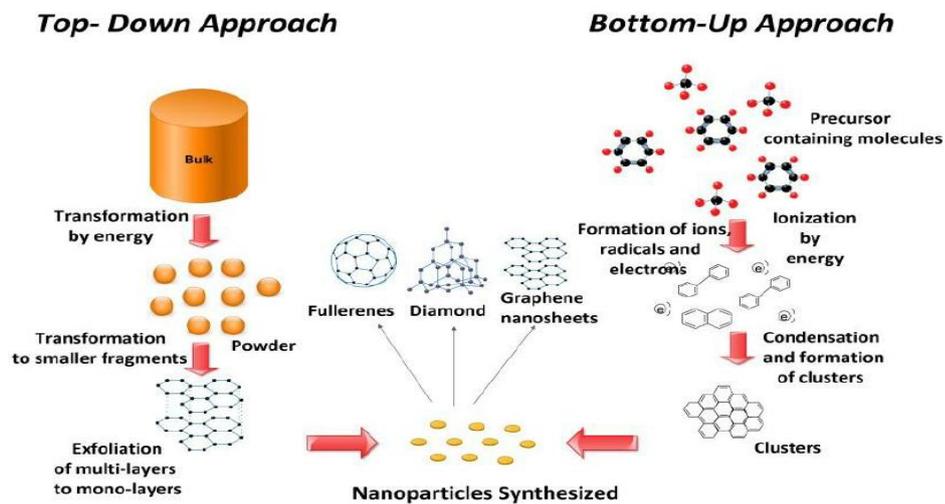


c) Sekam Padi: Limbah pertanian ini memiliki kandungan silika yang tinggi, sehingga menjadikannya bahan dasar yang layak untuk sintesis nanopartikel bottom-up[13].



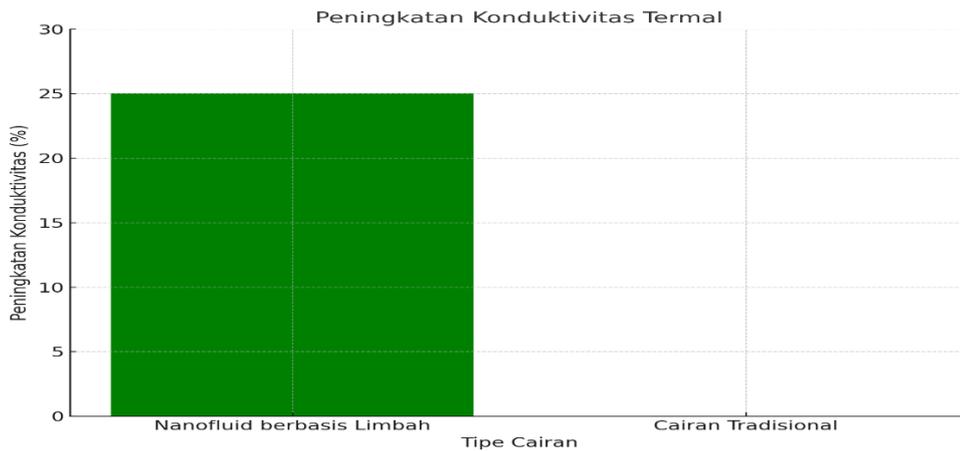
2. Metode Sintesis:

- a) Top-Down digunakan Untuk membuat nanopartikel dengan ukuran tertentu, metode seperti penggilingan mekanis digunakan. slag baja dan limbah padat lainnya dapat ditangani dengan teknik ini.
- b) Bottom-Up digunakan Untuk membuat nanopartikel dari larutan kimia, teknik presipitasi kimia digunakan. Untuk limbah dengan komposisi seragam, seperti fly ash, pendekatan ini lebih hemat biaya.



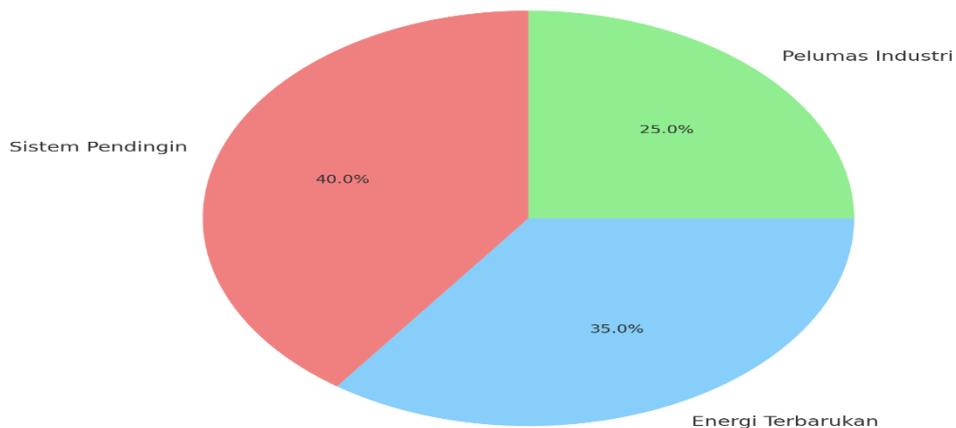
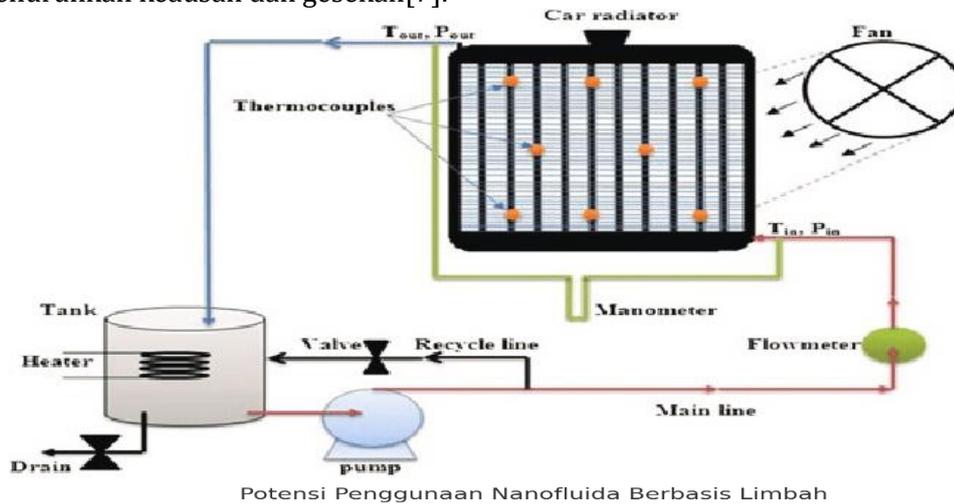
3. Fitur Nanofluida:

Jika dibandingkan dengan cairan tradisional, nanofluida berbasis limbah industri menunjukkan peningkatan konduktivitas termal sebesar 20–30%. Stabilitas penyimpanan nanofluida dalam jangka panjang dapat ditingkatkan dengan memasukkan surfaktan, seperti asam oleat[14].



4. Kemungkinan Penggunaan:

- a) Sistem Pendingin: Penukar panas dan radiator dapat ditingkatkan efisiensi termalnya dengan menggunakan nanofluida berbasis limbah.
- b) Energi Terbarukan: Dengan menggunakan nanofluida sebagai media perpindahan panas, efisiensi kolektor surya dapat ditingkatkan.
- c) Pelumas Industri: Nanofluida dapat memperpanjang umur mesin industri dengan menurunkan keausan dan gesekan[7].



Penciptaan nanofluida dari limbah industri menawarkan peluang besar untuk mengurangi dampak lingkungan dan menambah nilai material yang sebelumnya dianggap sebagai limbah.

Kapasitas teknologi ini untuk mengubah bahan limbah yang mengandung komponen berharga, seperti silika dan alumina, menjadi nanopartikel yang bermanfaat merupakan salah satu manfaat utamanya[15][1].

Meskipun demikian, ada sejumlah kesulitan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, jika dibandingkan dengan cairan tradisional, biaya produksi nanofluida yang berasal dari limbah industri masih terbilang tinggi. Hal ini terutama karena peningkatan stabilitas fluida memerlukan penggunaan teknologi sintesis yang canggih dan bahan tambahan seperti surfaktan.

Kedua, potensi hambatan terhadap penggunaan teknologi ini secara luas adalah tidak adanya standar industri untuk karakterisasi nanofluida berbasis limbah. Untuk menciptakan teknik standar untuk mengukur faktor-faktor penting termasuk stabilitas fluida, ukuran partikel, dan dispersi, diperlukan penelitian lebih lanjut.

Ketiga, meskipun potensi penerapannya luas, penelitian yang dilakukan belum cukup untuk menilai dampak jangka panjang penggunaan nanofluida berbasis limbah terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, untuk menjamin keberlanjutan teknologi ini, diperlukan strategi komprehensif yang mencakup analisis siklus hidup.

Dengan demikian, pengembangan nanofluida berbasis limbah industri menawarkan peluang besar untuk mendukung kelestarian lingkungan dan efisiensi energi. Penelitian di masa depan sebaiknya fokus pada pengembangan metode sintesis yang lebih efisien, studi lebih lanjut mengenai dampak lingkungan, dan upaya pengurangan biaya produksi agar teknologi ini dapat diadopsi secara luas.

KESIMPULAN

Terdapat potensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi dan mendorong kelestarian lingkungan dengan menggunakan limbah industri sebagai bahan baku pembuatan nanofluida. Bahan limbah seperti fly ash, slag baja, dan sekam padi mempunyai potensi besar untuk menghasilkan nanopartikel yang dapat dimanfaatkan dalam sistem pendingin, pelumas industri, dan sumber energi terbarukan, menurut temuan analisis literatur. Memanfaatkan metode sintesis seperti top-down dan bottom-up memungkinkan terciptanya nanofluida dengan kualitas yang tepat untuk segala jenis limbah.

Meskipun teknologi ini menjanjikan, masih ada sejumlah kendala yang harus diatasi. Hambatan yang memerlukan perhatian lebih lanjut meliputi tingginya biaya produksi, kurangnya standar industri untuk karakterisasi nanofluida, dan ambiguitas mengenai dampak jangka panjang terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang lebih menyeluruh untuk memberikan teknik sintesis yang terstandarisasi dan lebih efektif yang dapat meningkatkan penerimaan teknologi ini.

Secara keseluruhan, penciptaan nanofluida berdasarkan limbah industri merupakan langkah tepat menuju efisiensi energi dan kelestarian lingkungan. Agar teknologi ini dapat digunakan secara luas dan memberikan manfaat terbaik bagi industri dan lingkungan, penelitian di masa depan harus berkonsentrasi pada inisiatif untuk menurunkan biaya produksi, menciptakan metode sintesis yang lebih ekonomis, dan menilai dampaknya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- P. Persiapan *et al.*, "Muchlas Hidayatulloh I Made Arsana Abstrak Abstract".
啓造朝長, "濟無No Title No Title No Title," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 2016, pp. 1–2, 1967.
- D. N. Sari, D. Amelia, M. D. Ramadhon, and ..., "Pemanfaatan Metode Fenton Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Sawit," *Proc. ...*, pp. 145–148, 2021, [Online]. Available: <https://journal.ubb.ac.id/index.php/snppm/article/view/2725%0Ahttps://journal.ubb.ac.id/index.php/snppm/article/download/2725/1597>
- L. Samylingam *et al.*, "Green Engineering with Nanofluids: Elevating Energy Efficiency and Sustainability," *J. Adv. Res. Micro Nano Eng.*, vol. 16, no. 1, pp. 19–34, 2024, doi: 10.37934/armne.16.1.1934.

- N. Syitoh and N. Hendrasarie, "Menggunakan Kombinasi Filtrasi Media Biochar Dan Constructed Wetlands," *Univ. Pembang. Nas. Veteran Jawa Timur*, vol. 3, 2022.
- D. G. C. Alfian, N. B. Pandapotan, M. Syaokani, D. J. Silitonga, D. S. Sa'adiyah, and T. P. Syawitri, "Experimental Investigation of The Heat Transfer Characteristics of Hybrid Nanofluid Al_2O_3CuO -Distilled Water with The Variation of Concentration Ratios," *J. Tekno Insentif*, vol. 17, no. 1, pp. 11–21, 2023, doi: 10.36787/jti.v17i1.940.
- R. Saravanan *et al.*, "Eco-friendly MoS_2 /waste coconut oil nanofluid for machining of magnesium implants," *Rev. Adv. Mater. Sci.*, vol. 62, no. 1, pp. 1–33, 2023, doi: 10.1515/rams-2022-0296.
- F. E. Nahumury, "Rekayasa Nanofluida Berbasis TiO_2 sebagai Media Pendingin Pada Sistem Penukar Kalor," *Univ. Indones.*, 2009.
- K. Kiswanto, L. N. Rahayu, and W. Wintah, "Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan," *J. Litbang Kota Pekalongan*, vol. 17, pp. 72–82, 2019, doi: 10.54911/litbang.v17i0.109.
- E. A. Cahyono, Sutomo, and A. Harsono, "Literatur Review: Panduan Penulisan dan Penyusunan," *J. Keperawatan*, p. 12, 2019.
- Romi Satria Wahono, "Literature Review: Pengantar dan Metode," [Http://Romisatriawahono.Net/](http://Romisatriawahono.Net/), pp. 1–7, 2016, [Online]. Available: <http://romisatriawahono.net/2016/05/07/literature-review-pengantar-dan-metode/>
- D. A. Chaidir, H. Kristianto, and A. Andreas, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Synthesis of Nanosilica Originated from Fly Ash using Sol-Gel Method with Methanol as Solvent," pp. 1–7, 2016.
- A. Hidayati *et al.*, "Review : Sintesis Nanopartikel Silika (Si-NPs)," *J. Rekayasa Energi*, vol. 1, no. 3, pp. 1–10, 2022, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/361789461>
- Fadhli Aulia Syukri and Budhi M. Suyitno, "Analisis Pengaruh Nanofluida Titanium Dioksida (TiO_2) Terhadap Kinerja Fluida Dasar Pada Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Panas Pipa Ganda," *Kalpika*, vol. 19, no. 1, 2023, doi: 10.61488/kalpika.v19i1.35.
- J. Yang, X. Yang, J. Wang, H. H. Chin, and B. Sundén, "Review on Thermal Performance of Nanofluids With and Without Magnetic Fields in Heat Exchange Devices," *Front. Energy Res.*, vol. 10, no. April, pp. 1–25, 2022, doi: 10.3389/fenrg.2022.822776.