



NOZEL

Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



ANALISIS PENGARUH NANOFLUIDA TiO₂-(AIR-PROPILEN GLIKOL) PADA SISTEM PENDINGIN TERHADAP KINERJA SISTEM PENDINGIN DAN DAYA LISTRIK YANG DIHASILKAN OLEH MICROPOWER GENERATION

M. Ferry Teguh Santoso¹, Herman Saputro¹

¹Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Sebelas
Maret Surakarta

Corresponding author: feriteguh1@gmail.com

An The use of Micro Power Generation (MPG) or small-scale power plants based on micro combustion using the Thermoelectric Generator (TEG) converter type. This study aims to determine the performance of the TiO₂ nanofluid cooling system with the basic fluid of water-propylene glycol mixture on the performance of the cooling system in this case, namely temperature and viscosity, as well as the electric power generated by MPG. The research method used is the experimental method. The variables used are variations in the concentration ratio of the mixture of water with propylene glycol which is used as the base fluid for TiO₂ nanofluids in the cooling system. The variation of the ratio used for the mixture of propylene glycol and water is 25%: 75% with a total volume of 2.4L of cooling fluid and 96 grams of nanoparticles. Tests were carried out by combustion in a double meso vortex combustor with propane gas fuel and air. Then the flame is stabilized with a mass flow meter. The temperature of the hot side and cold side of the TEG is measured using a thermocouple to produce a temperature difference (ΔT) between the two sides. While the resulting output in the form of voltage (Volt) and current (Ampere) is measured with a multimeter and then accumulated in the form of Power (Watt). The results of the study were taken on average produced by nanofluid variations with 25% propylene glycol and 75% water base fluid of 7.08 watts. The average hot side is 148.35°C, the average cold side is 36.20°C with the highest voltage of 9.24V, and an electric current of 0.77 A. This shows that there is an effect of TiO₂-(water-propylene glycol) nanofluid in the cooling system on the performance of the cooling system and the electric power generated by the micropower generation.

Keywords: vortex combustion, thermoelectric generator, micropower generation, Propylene glycol, TiO₂ nanofluid, flow rate.

A. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik meningkat bersama dengan perkembangan teknologi yang berkembang pesat sehingga mendorong inovasi berbagai perangkat elektronik dan sistem pembangkit daya yang kompak namun efisien untuk menjadi alternatif sumber energi. Micro combustion, atau pembakaran dalam skala mikro, muncul sebagai solusi potensial untuk memenuhi kebutuhan ini karena memiliki densitas energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan baterai konvensional (Börnhorst & Deutschmann, 2021).

Penelitian ini menggunakan jenis konverter *Thermoelectric Generator* (TEG). TEG merupakan sebuah alat untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan perbedaan temperatur (Royale & Simic, 2015). Saat digunakan TEG sangat rentan terhadap *overheat* (panas berlebih). Penurunan rata-rata 0.02 volt setiap menit terjadi akibat penurunan rata-rata beda temperatur sisi panas dan dingin setiap menit sebesar 0.65°C (Arkundato et al., 2020). Oleh karena itu diperlukan optimalisasi kinerja sistem pendingin agar dapat mendinginkan air secara *real time* sehingga air tidak mudah panas akibat proses pembakaran.

Penggunaan nanofluida dapat menjadi opsi untuk mengoptimalkan sistem pendingin. Nanofluida merupakan campuran antara fluida dasar dan nanopartikel. Pemilihan fluida dasar perlu memperhatikan konduktivitas termal karena akan mempengaruhi kinerja nanofluida pada sistem pendingin agar dapat menghasilkan energi listrik dari TEG optimal. jika suhu tinggi maka fluida akan menjadi lebih encer dan pada suhu yang rendah fluida akan menjadi kental. Beberapa faktor yang berpengaruh pada kecepatan perpindahan panas dengan partikel nanofluid seperti volume partikel, bahan partikel, fluida dasar, ukuran partikel, bentuk partikel, pengaruh suhu,

dan metode penelitian yang diikuti (Sai Nikhil et al., 2017).

Fluida dasar yang sering digunakan yaitu air, minyak, dan propilen glikol. Pada penelitian ini peneliti memilih fluida dasar yaitu campuran air dan propilen glikol. Air merupakan cairan pendingin yang umum digunakan dalam penukar panas karena konduktivitas termal yang cukup dibandingkan dengan yang lain, dan tersedia dalam jumlah besar. Penambahan propilen glikol pada air dapat memberikan dampak yang positif pada fluida pendingin seperti penurunan titik beku, meningkatkan titik didih (Shojaeizadeh et al., 2014). Oleh karena itu, campuran propilen glikol dan air dipilih sebagai cairan transfer.

Nanopartikel yang akan digunakan oleh peneliti yaitu TiO₂, karena merupakan salah satu partikel logam yang memiliki konduktivitas termal yang tinggi bila dibandingkan dengan logam jenis ferro lainnya (Fadhli Aulia Syukri & Budhi M. Suyitno, 2023). TiO₂ juga dipilih karena aman bagi manusia dan binatang, nanopartikel TiO₂ mudah ditemukan di marketplace, dan selain itu metal oksida seperti nanopartikel TiO₂ mempunyai kestabilan yang tinggi.

Laju aliran pada sistem pendingin pada micropower generator sangat penting untuk menjaga efektivitas pendinginan. Laju alir fluida yang tinggi akan memungkinkan lebih banyak panas diserap atau dibuang lebih cepat. Sebaliknya, dengan laju alir fluida yang rendah akan menyebabkan perpindahan berlangsung lebih lambat. Penelitian yang dilakukan (Shahi et al., 2021) menyatakan bahwa penyesuaian laju alir optimal menjaga suhu oprasional CPU, dan efisiensi energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa sistem pendingin nanofluida TiO₂ dengan fluida dasar campuran air-propilen glikol serta pengaruh laju alir fluida terhadap kinerja sistem pendingin dalam hal ini yaitu suhu

dan, daya listrik yang dihasilkan MPG. Metode pendinginan yang menggunakan nanofluida TiO_2 dengan fluida dasar campuran air-propilen glikol belum banyak dipelajari sebelumnya. Oleh karena itu perlu adanya kajian yang lebih mendalam tentang penggunaan nanofluida TiO_2 sebagai media pendingin.

B. METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan menguji suatu variabel terhadap variabel lainnya. Variabel yang akan diuji adalah variasi perbandingan konsentrasi campuran air dengan propilen glikol yang dijadikan sebagai liquid dasar nanofluida TiO_2 pada sistem pendingin dan variasi *flow rate* terhadap daya listrik yang dihasilkan *Micro Power Generation (MPG)*.

Terdapat beberapa tahapan kegiatan yang perlu disiapkan dalam penelitian ini yaitu persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan tahap analisis data yang diperoleh dari pengambilan data tersebut. Tahap pengambilan data dilakukan oleh peneliti dengan cara dilakukan dengan mengamati kestabilan nyala api, mengukur suhu pembakaran, suhu sisi dingin yang telah didinginkan oleh sistem pendingin berbasis nanofluida serta tegangan dan arus yang diperoleh dari proses konversi energi menggunakan *Thermoelectric Generator (TEG)*.

MPG ini menggunakan kompresor dan gas propana sebagai bahan bakar sehingga fluida dapat mengalir menuju ke pengaturan aliran massa (*mass flow meter*). Pembakaran ini dilakukan secara berkesinambungan dengan proses pendinginan. Sistem pendingin ini menggunakan pompa air yang berfungsi memompa nanofluida TiO_2 menuju water block yang nantinya akan dibuang panasnya dengan menuju wadah penampungan cairan pendingin. Kecepatan

laju alir fluida dapat di atur menggunakan menggunakan valve yang terpasang pada selang turbin. Pada wadah penampungan, cairan akan didinginkan menggunakan bantuan cooling fan agar saat dipompa kembali, cairan dalam keadaan dingin.

Proses penerimaan panas terjadi pada hot side melalui dinding *combustor* yang dibantu emitter agar panas menyebar secara merata dan pendinginan pada cold side dari sirkulasi nanofluida TiO_2 di dalam *water block*. Suhu yang dihasilkan pada sisi panas dan sisi dingin pada TEG serta suhu nanofluida pada *reservoir* akan dibaca dengan menggunakan *thermocouple*. Perbedaan panas pada sisi panas dan sisi dingin ini akan dikonversi oleh TEG menjadi listrik yang diukur menggunakan multimeter.

Populasi pada penelitian ini adalah semua sistem yang ada pada micro power generator.

Sampel pada penelitian ini adalah sistem pendingin yang telah di tambahkan nanofluida titanium dioksida TiO_2 -(air-propilen glikol) terhadap kinerja sistem pendingin dan daya listrik yang dihasilkan oleh *micropower generation*.

Peneliti menggunakan *purposive sampling*, karena ada pertimbangan yang harus diperhatikan dalam pengambilan sampel. Pertimbangan stabilitas api sangat penting untuk mengukur perfoma sistem pendingin.

Metode pengumpulan data menggunakan metode pengamatan dan metode pengukuran. Sumber data dalam penelitian adalah data primer yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui proses pengamatan dan pengukuran pada saat pengujian berlangsung.

Instrumen penelitian ini meliputi bahan dan alat penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: gas propana (C_3H_8), kompresor, nanopartikel TiO_2 , propilen glikol, double

meso vortex combustor dan *thermoelectric generator*.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Waktu (Menit)	Hot Side (°C)	Cold Side (°C)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
0	31,50	31,50	0,00	0,00	0,00
1	72,47	32,73	2,88	0,32	0,93
2	102,37	33,23	4,87	0,47	2,31
3	117,90	33,97	5,77	0,55	3,18
4	131,47	34,53	7,06	0,63	4,47
5	140,60	34,70	7,76	0,68	5,25
6	151,40	35,47	8,30	0,71	5,86
7	159,07	35,97	8,63	0,74	6,39
8	163,57	36,47	8,83	0,75	6,60
9	165,57	36,57	8,93	0,75	6,70
10	167,80	36,87	8,98	0,75	6,74
11	168,40	37,03	9,00	0,75	6,78
12	169,03	37,17	9,08	0,76	6,90
13	170,37	37,60	9,08	0,76	6,90
14	170,97	37,37	9,10	0,76	6,91
15	171,00	37,47	9,13	0,76	6,94
16	171,27	37,47	9,15	0,76	6,98
17	171,17	37,60	9,10	0,76	6,94
18	172,00	38,10	9,11	0,76	6,90
19	173,23	39,27	9,23	0,76	7,04
20	174,27	39,20	9,24	0,77	7,08

Tabel 1
Hasil penelitian

Hasil penelitian menunjukkan, pembakaran pada menit pertama sisi *hotside* memperoleh suhu 72,47°C dan sisi *coldside* memperoleh suhu 32,73°C dengan perbedaan suhu (ΔT) sebesar 39,73°C. Selisih perbedaan temperatur (ΔT) ini menghasilkan output sebesar 2,88Volt, 0,32Ampere, dan daya sebesar 0,93Watt. Pada menit ke-2 s.d. menit ke-8 menunjukkan peningkatan yang signifikan, di mana pada akhir periode ini (menit ke-8) temperatur sisi panas mencapai 163,57°C dengan ΔT sebesar 127,10°C. Kondisi ini menghasilkan tegangan listrik sebesar 8,83Volt, kuat arus 0,75Ampere, dan daya sebesar 6,60Watt.

Memasuki menit ke-9 s.d. menit ke-18, kinerja sistem cenderung mencapai kondisi puncak yang stabil, dengan daya yang berfluktuasi antara 6,70-Watt dan 6,98 Watt. Puncak daya dalam periode ini tercatat pada menit ke-16, di mana temperatur *hotside* sebesar 171,27°C. dan *coldside* 37,47°C menghasilkan ΔT 133,80 °C, dengan output daya sebesar 6,98Watt. Pada menit ke-19 s.d. menit ke-20, output sistem kembali mengalami kenaikan hingga mencapai puncaknya di akhir pengujian. Pada menit terakhir (menit ke-20), tercatat ΔT sebesar 135,07°C yang menghasilkan tegangan 9,24Volt, kuat arus 0,77Ampere, dan daya tertinggi sebesar 7,08Watt.

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan propilen glikol meningkatkan pengaruh terhadap *hot side*, hal ini sesuai dengan sifat konduktivitas termal dan kapasitas panas yang dimiliki propilen glikol (Ignatowicz & Palm, 2024). Penelitian yang dilakukan oleh (Shojaeizadeh et al., 2014) membuktikan bahwa konsentrasi pada propilen glikol berpengaruh pada kemampuan perpindahan panas yang dimiliki.

D. PENUTUP

Simpulan

Penambahan nanofluida TiO² dengan fluida dasar propilen glikol dan air 25:75%

mampu meningkatkan kinerja pada sistem pendinginan. Hasil *hot side*

Hasil penelitian diambil rata-rata yang dihasilkan oleh variasi nanofluida dengan fluida dasar propilen glikol 25% dan air 75% laju aliran 0,24L/menit sebesar 7,08watt. Rata-rata *hot side* sebesar 148,35°C, rata-rata *cold side* sebesar 36,20°C dengan tegangan tertinggi 9,24V, dan arus listrik 0,77A. Hal ini menunjukkan terdapat pengaruh nanofluida TiO₂-(air-propilen glikol) pada sistem pendingin terhadap kinerja sistem pendingin dan daya listrik yang dihasilkan oleh micropower generation.

Saran

Membandingkan nanofluida dan fluida dasar dengan yang lain untuk mengetahui mana yang lebih unggul.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkundato, A., Misto, Jatisukmanto, G., Maulina, W., & Ardian Syah, K. (2020). Thermoelectric Generator Module as An Alternative Source of Electrical Energy in Rural Areas. *REKAYASA-Jurnal Penerapan Teknologi Dan Pembelajaran*, 18(1), 24–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15294/rekayasa.v8i1.23691>
- Börnhorst, M., & Deutschmann, O. (2021). Advances and challenges of ammonia delivery by urea-water sprays in SCR systems. *Progress in Energy and Combustion Science*, 87(August). <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2021.100949>
- Fadhli Aulia Syukri, & Budhi M. Suyitno. (2023). Analisis Pengaruh Nanofluida Titanium Dioksida (TiO₂) Terhadap Kinerja Fluida Dasar Pada Perpindahan Panas Pada Alat Penukar Panas Pipa Ganda. *Kalpika*, 19(1). <https://doi.org/10.61488/kalpika.v19i1.35>
- Ignatowicz, M., & Palm, B. (2024). Experimental investigation of thermophysical properties of propylene glycol based secondary fluids for ground source heat pumps and indirect refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 163(November 2023), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2024.04.009>
- Royale, A., & Simic, M. (2015). Research in vehicles with thermal energy recovery systems. *Procedia - Procedia Computer Science*, 60, 1443–1452. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.0>

8.221

- Sai Nikhil, Y., Dinesh Goud, P., Girish Hemanth Babu, B., & Govindha Rasu, N. (2017). Experimental investigation of radiator performance using tio2 nanofluid. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(6), 607–614.
- Shahi, P., Saini, S., Bansode, P., & Agonafer, D. (2021). A Comparative Study of Energy Savings in a Liquid-Cooled Server by Dynamic Control of Coolant Flow Rate at Server Level. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 11(4), 616–624. <https://doi.org/10.1109/TCPMT.2021.3067045>
- Shojaeizadeh, E., Veysi, F., Yousefi, T., & Davodi, F. (2014). An experimental investigation on the efficiency of a Flat-plate solar collector with binary working fluid: A case study of propylene glycol (PG)-water. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 53, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusc.2013.12.011>