

Karakterisasi laju aliran air menggunakan elektromagnetik flowmeter dengan perbedaan variasi temperatur

Reihan Deandra Ratmaza Boni^{a,1}, Chaesario Ramdan Widiyanto^a, Rio Sandi^a, Roy Waluyo^{a,2*}, Dwi Yuliaji^a, Putut Hery Setiawan^b, Nur Rochman Budiyan^c, Ryan Oktaviandi^c, Mulya Juarsa^{a,b}

^aEngineering Development for Energy Conversion and Conservation (EDfEC) Research Group, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Jl.K.H.Soleh Iskandar KM.2, Kedung Badak, Kota Bogor 16162, Jawa Barat

^bReactor Thermal-Fluids System Development (RTFSyDev.) Research Group, Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir, BRIN. Gedung 80 KST. B.J. Habibie, Setu, Tangerang Selatan 15314, Banten

^cDepartemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Jl. Grafika No.2, Senolowo, Sinduadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

email

deandrareihan@gmail.com

roy.waluyo@uika-bogor.ac.id (corresponding author)

ABSTRACT

Measuring instruments must be traceable by providing the same measurement results to national or foreign standards for all measuring instruments to produce identical and validated measurement results. Flowmeters need to be calibrated to validate and correct deviations in flowmeter accuracy measurement. So, a flowmeter calibrator device was designed as an experimental facility regarding characterization using an electromagnetic flowmeter. This study aimed to obtain flow discharge characteristics based on differences in water temperature variations using an electromagnetic flowmeter through a flowmeter calibrator. This research method was carried out experimentally with two tests, namely the manual measuring method, changes in valve opening in open loop conditions using a measuring cup with a capacity of 2 liters as a water reservoir. Then, the second test uses a closed circuit at temperatures of 35°C, 40°C, 45°C, and 50°C to obtain flow discharge nilate. The results show a close loop for temperature changes from 35°C to 50°C. The electromagnetic flowmeter measurement resulted in the flow rate being 13.55 LPM, 13.98 LPM, 14.97 LPM, and 14.82 LPM at 50°C, respectively. Then, for the pressure transmitter measurement, the flow rate is 15.82 LPM, 16.18 LPM, 20.13 LPM, and 20.64 LPM, respectively, from 35°C to 50°C.

Keywords: Flowmeter, flow rate, calibrator, electromagnetic, temperature, pressure

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Kecelakaan di Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Fukushima Daichi yang disebabkan oleh kondisi station blackout akibat bencana alam telah memberikan pelajaran penting mengenai perlunya meningkatkan sistem keselamatan. Para peneliti menemukan bahwa penerapan sistem keselamatan pasif dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi situasi seperti ini. Sistem keselamatan pasif adalah suatu sistem yang mengandalkan fenomena alam untuk memenuhi satu atau lebih dari tiga tujuan, yaitu

memadamkan reaktor dengan aman, menyalurkan panas peluruhan setelah reaktor dimatikan, dan menjaga agar zat radioaktif tidak terlepas ke lingkungan. [1]

Perlengkapan instrumentasi khususnya alat ukur sangat penting dalam bisnis industri dan sektor internasional lainnya. Walaupun alat-alat tersebut memiliki ciri dan fungsi yang sama, namun tidak dapat dikatakan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan berbagai alat ukur yang sebanding akan sama. Keakuratan data pengukuran semua perangkat pengukur akan menurun seiring

waktu. Namun, keberadaan listrik atau lingkungan yang berbahaya untuk alat pengukur juga dapat mengakibatkan penurunan akurasi. Jenis alat pengukur dan lingkungan yang digunakan keduanya mempengaruhi perubahan ini. [2]

Alat ukur harus dapat ditelusuri ke standar nasional atau asing agar semua alat ukur menghasilkan pengukuran yang identik. Kalibrasi peralatan adalah satu-satunya metode untuk menunjukkan bahwa peralatan tersebut dapat ditelusuri ke standar lokal, nasional, atau internasional. Misalnya, flowmeter yang sudah lama digunakan akan melihat perubahan temuan pengukuran akibat faktor waktu dan lingkungan. Untuk memvalidasi dan mengoreksi pergeseran dan penyimpangan dalam pengukuran akurasi flowmeter, flowmeter ini telah dikalibrasi. Kalibrasi flowmeter diselesaikan melalui prosedur verifikasi yang membandingkannya dengan flowmeter lapangan dan flowmeter standar yang biasanya digunakan untuk standar

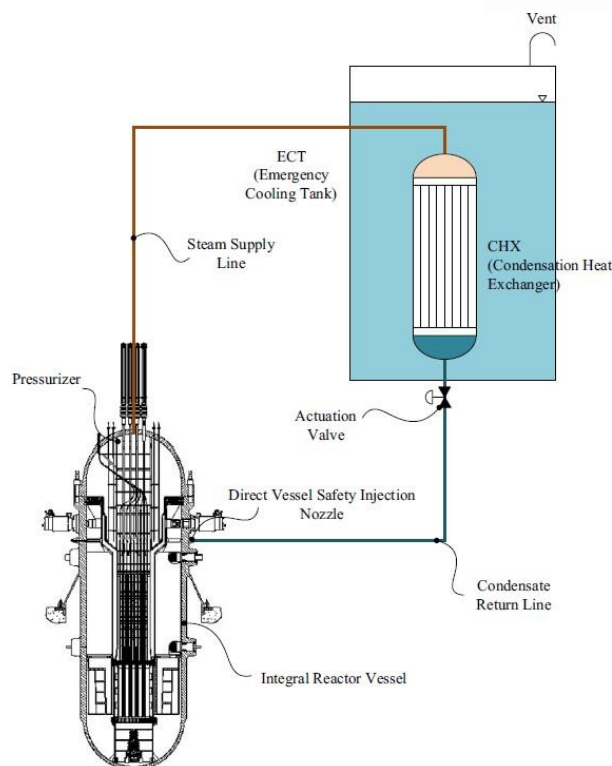
nasional yang didasarkan pada metrologi Indonesia. [2]

Penelitian dilakukan untuk mendukung eksperimen dalam rangka menginvestigasi fenomena sirkulasi alami, maka dirancang alat kalibrator flowmeter. Sehingga, tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah untuk memperoleh karakteristik debit aliran berdasarkan variasi temperatur air menggunakan elektromagnetik flowmeter.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Sistem Pendingin Pasif

Sistem pendingin pasif adalah jenis sistem pendingin yang tidak memerlukan atau hanya memerlukan sedikit upaya dari sumber eksternal agar dapat berfungsi. Redundansi berkaitan dengan kehandalan, di mana setiap sistem pendingin harus memiliki cadangan sehingga jika salah satu sistem tidak berfungsi, masih ada sistem lain yang dapat beroperasi. [3]



Gambar 1. Sistem pendingin PRHRS pada reaktor SMART

Dengan menerapkan sistem pendingin pasif, reaktor dapat mencapai pendinginan yang efektif tanpa memerlukan perangkat aktif, seperti pompa atau sistem listrik. Selain itu, penggunaan sistem pendingin pasif juga dapat mengurangi ketergantungan pada pasokan energi eksternal

dan meningkatkan keselamatan keseluruhan sistem reaktor. [4]

2. Sistem Sirkulasi Alami

Sirkulasi alami terjadi karena perbedaan densitas dalam fluida kerja. Ketika fluida memiliki suhu yang lebih tinggi, densitasnya akan lebih rendah dibandingkan dengan fluida yang memiliki suhu lebih rendah. Hal ini mengakibatkan fluida dengan densitas rendah naik ke atas, didorong oleh gaya apung (buoyancy force). Untuk menganalisis dan memahami aliran sirkulasi alami serta perpindahan panas yang terjadi, digunakan beberapa referensi yang relevan. [5]

Dengan memahami prinsip dasar dan menggunakan persamaan analitik yang telah diturunkan dari referensi-referensi tersebut, peneliti dapat melakukan studi yang lebih mendalam mengenai aliran sirkulasi alami dan perpindahan panas. Ini memungkinkan mereka untuk mengoptimalkan desain sistem, memprediksi kinerja termal, dan memastikan kehandalan sistem pendingin pasif yang memanfaatkan sirkulasi alami dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam reaktor nuklir dan sistem lain yang melibatkan perpindahan panas secara alami. [5]

3. Flowmeter

Flowmeter merupakan alat untuk mengukur laju aliran atau jumlah fluida yang mengalir dalam suatu pipa. Banyak flowmeter digunakan untuk mengukur karakter aliran dari bentuk laju aliran, daya dan volume. Sebagai alat ukur maka flowmeter punya variable sangat penting yaitu tingkat ketelitian dari flowmeter yang digunakan. [2]

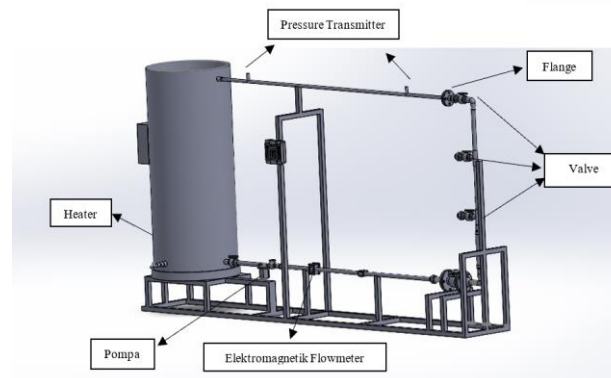
Flowmeter elektromagnetik adalah jenis flowmeter yang prinsip kerjanya didasarkan pada hukum Faraday dalam elektromagnetisme. Prinsip ini menyatakan bahwa ketika suatu fluida yang konduktif secara elektrik mengalir melalui pipa yang dilengkapi dengan transduser, fluida tersebut bertindak sebagai konduktor yang bergerak melintasi medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan magnetik dan transduser. Akibatnya, terjadi induksi tegangan listrik. Dalam flowmeter elektromagnetik, pipa dilengkapi dengan sepasang elektroda atau kumparan magnetik yang membangkitkan medan magnet.

Medan magnet yang dihasilkan tegak lurus dengan arah aliran air, dengan pengukuran yang diberikan, untuk gaya perpindahan listrik dimana sesuai dengan hukum induksi Faraday ($E_{flow} \sim B \cdot V \cdot D$) adalah sebanding dengan kecepatan aliran fluida di dalam pipa. [6]

METODOLOGI PENELITIAN

1. Kalibrator

Kalibrator merupakan alat yang digunakan sebagai eksperimen mengenai karakteristik beberapa macam flowmeter. Alat ini dibuat dengan konsep rectangular loop atau bentuk segi empat dengan panjang dan lebar menggunakan pipa *stainless steel* 201 dengan diameter 1 inci.

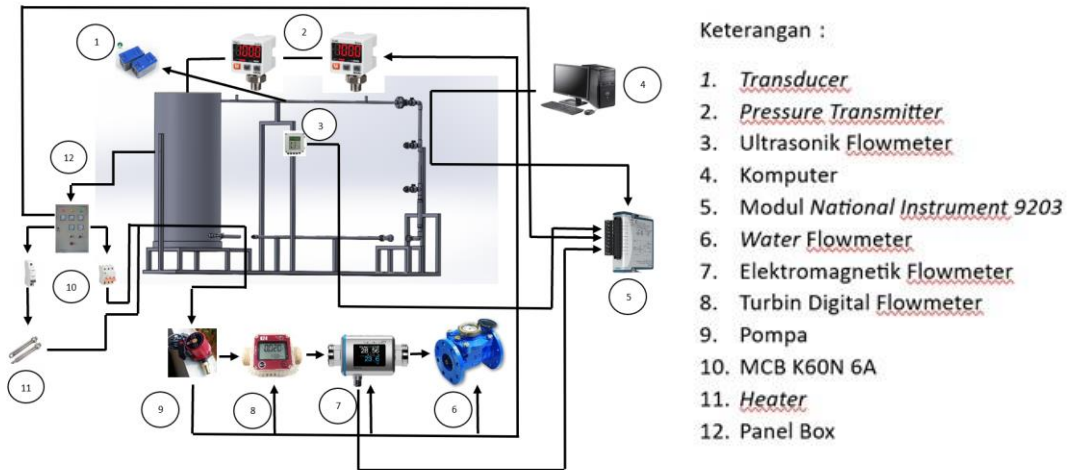


Gambar 2. Kalibrator Aliran

2. Set Up Eksperimen

Setup eksperimen terdiri atas kalibrator dihidupkan melalui panel listrik. Kemudian operasikan kalibrator melalui LabView. Untuk melakukan eksperimen diperlukan penentuan suhu pada tangki pemanas dan jangka waktu yang diperlukan saat eksperimen.

Fluida dipanaskan melalui tangki pemanas dan akan bergerak menuju turbin digital flowmeter kemudian melewati elektromagnetik flowmeter dan *Water* flowmeter dengan bantuan pompa yang frekuensinya dapat divariasikan. Oleh sebab itu terjadinya sirkulasi paksa atau menggunakan pompa untuk terjadinya sirkulasi.



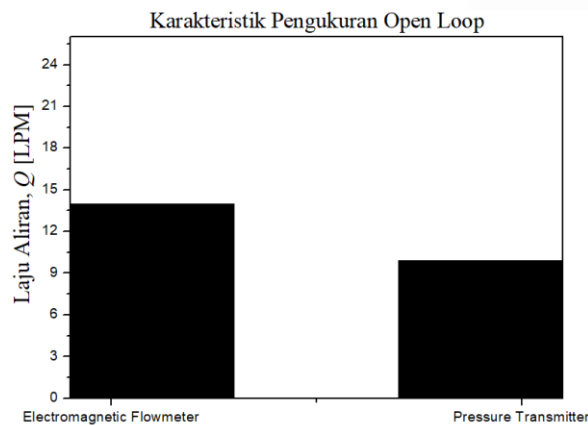
Gambar 3. Setup Eksperimen

kemudian fluida akan bergerak keatas menuju pipa loop melewati *pressure transmitter*. Laju aliran yang mengalir melewati turbin flowmeter, elektromagnetik flowmeter, dan *waterflowmeter* akan dilihat deviasi dan ditentukan deviasi flow antara beberapa jenis flowmeter tersebut.

Pengujian dilakukan untuk memperoleh data laju aliran berdasarkan metode ukur manual, perubahan buka katup pada kondisi open loop menggunakan gelas ukur dengan kapasitas 2 liter sebagai penampung air. Pengukuran dilakukan dengan mengalirkan fluida kerja air menggunakan pompa yang melalui flowmeter dan *pressure transmitter*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Open Loop



Gambar 4. Hasil pengukuran terhadap gelas ukur 2 liter

Berdasarkan **Gambar 4** adalah hasil dari pengukuran pada elektromagnetik flowmeter dan *pressure transmitter* terhadap gelas ukur 2 liter dengan nilai rata-rata 13.97 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 9.91 LPM pada *pressure transmitter*.

Hasil dari tabel diatas merupakan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan gelas ukur yang berkapasitas 2 liter sebagai penampung air. Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan pada pengukuran laju aliran

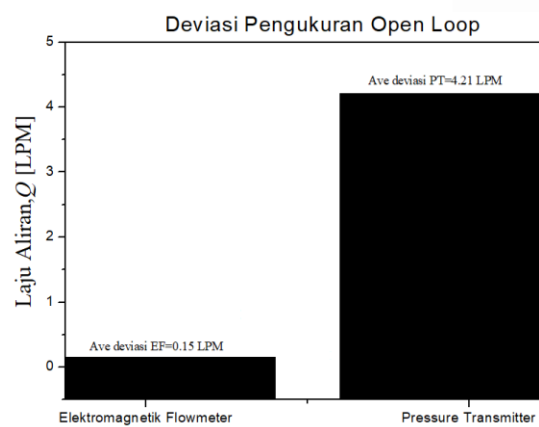
menggunakan dua jenis alat ukur, yaitu elektromagnetik flowmeter dan *pressure transmitter*. Dari pengujian ini diperoleh data mengenai laju aliran yang diukur oleh dua alat ukur tersebut.

Gambar 5 terlihat bahwa hasil deviasi dari dua jenis alat ukur, yaitu elektromagnetik flowmeter dan *pressure transmitter* telah diuji menggunakan gelas ukur 2 liter. Hasil deviasi pada pengujian ini menunjukkan bahwa rata-rata yang dihasilkan oleh elektromagnetik flowmeter adalah 0.15 LPM. Sedangkan rata-rata yang

dihasilkan pressure transmitter adalah 4.21 LPM.

Tabel 1. Data hasil pengukuran terhadap gelas ukur 2 liter

FM Electromagnetic (L/m)	DPT Flowrate (L/m) with correction factor
14.12	11.96
14.39	12.55
13.85	6.246
13.9	11.14
13.78	11.34
13.83	6.246
Rata-rata	
13.97	9.91

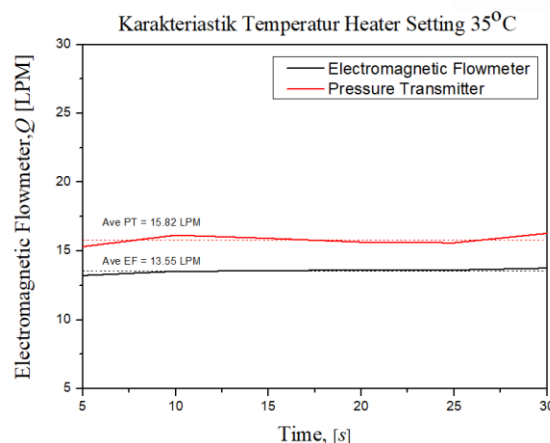


Gambar 5. Diagram deviasi menggunakan gelas ukur 2 liter

2. Hasil Pengujian Close Loop

Pengujian pada kalibrator dilakukan dengan close loop selama 5 menit sebanyak 6 kali

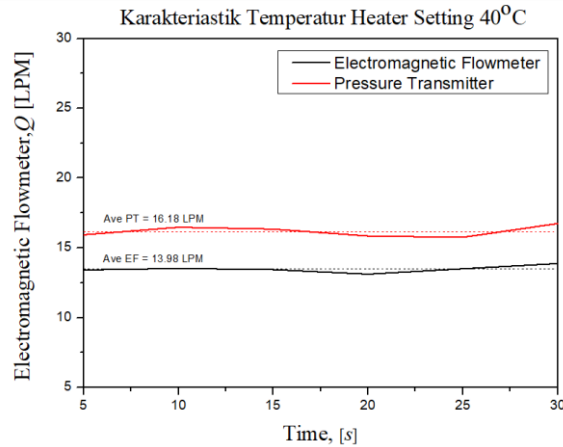
percobaan dengan temperatur air yang berbeda menggunakan heater. Pengukuran temperatur air selama eksperimen ini terdiri dari 4 bagian, yaitu temperatur 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C.



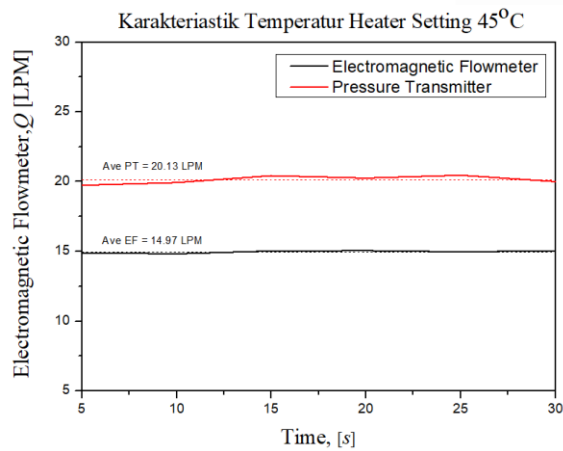
Gambar 6. Grafik Temperatur 35°C

Berdasarkan **Gambar 6** karakteristik laju aliran dengan pengukuran temperatur 35°C mendapatkan nilai rata-rata 13.55 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata

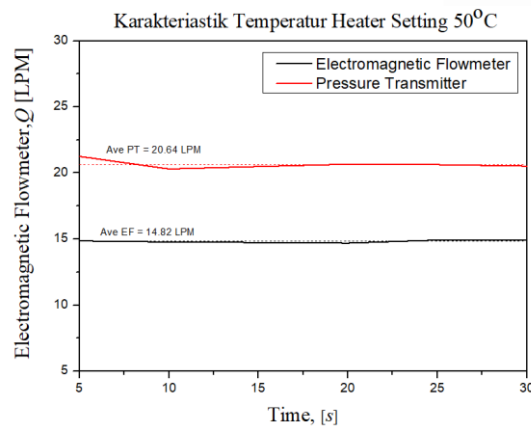
15.82 LPM pada pressure transmitter yang dilakukan selama 5 menit sebanyak 6 kali percobaan.



Gambar 7. Grafik Temperatur 40°C



Gambar 8. Grafik Temperatur 45°C



Gambar 9. Grafik Temperatur 50°C

Berdasarkan **Gambar 6** karakteristik laju aliran dengan pengukuran temperatur 40°C mendapatkan nilai rata-rata 13.98 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 16.18 LPM pada pressure transmitter yang dilakukan selama 5 menit sebanyak 6 kali percobaan. Berdasarkan **Gambar 7** karakteristik laju aliran dengan pengukuran temperatur 45°C mendapatkan nilai rata-rata 14.97 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 20.13 LPM pada pressure transmitter yang

dilakukan selama 5 menit sebanyak 6 kali percobaan. Berdasarkan **Gambar 8** karakteristik laju aliran dengan pengukuran temperatur 50°C mendapatkan nilai rata-rata 14.82 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 20.64 LPM pada pressure transmitter yang dilakukan selama 5 menit sebanyak 6 kali percobaan.

3. Pembahasan Hasil Pengujian Open Loop

Berdasarkan hasil dari pengukuran metode ukur manual, perubahan buka katup pada kondisi open loop menggunakan gelas ukur dengan kapasitas 2 liter sebagai penampung air pada elektromagnetik flowmeter dan pressure transmitter maka didapatkan nilai rata-rata 13.97 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 9.91 LPM pada pressure transmitter.

4. Pembahasan Hasil Pengujian Close Loop

Berdasarkan hasil pengukuran close loop selama 5 menit sebanyak 6 kali percobaan dengan temperatur yang berbeda, yaitu temperatur 35°C, 40°C, 45°C, dan 50°C. Pada temperatur 35°C karakteristik laju aliran mendapatkan nilai rata-rata 13.55 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 15.82 LPM pada pressure transmitter. Lalu pada temperatur 40°C karakteristik laju aliran mendapatkan nilai rata-rata 13.98 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 16.18 LPM pada pressure transmitter. Lalu pada temperatur 45°C karakteristik laju aliran mendapatkan nilai rata-rata 14.97 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 20.13 LPM pada pressure transmitter. Lalu pada temperatur 50°C karakteristik laju aliran mendapatkan nilai rata-rata 14.82 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 20.64 LPM pada pressure transmitter.

KESIMPULAN

Hasil karakteristik pengujian yang telah dilakukan pada kalibrator dengan pengukuran open loop menggunakan gelas ukur 2 liter dapat diketahui nilai rata-rata debit laju aliran yaitu 13.97 LPM pada elektromagnetik flowmeter dan 9.91 pada pressure transmitter.

Hasil karakteristik pengujian close loop berdasarkan variasi temperatur air menunjukkan bahwa pembacaan laju aliran pada variasi temperatur mempengaruhi besarnya debit aliran yang dihasilkan, karena ketika temperatur air meningkat maka viskositas air menurun sehingga debit air akan mengalir lebih mudah dan memiliki debit yang lebih tinggi. Begitupun sebaliknya jika temperatur air menurun maka viskositas air meningkat sehingga debit air akan mengalir lebih lambat dan memiliki debit air yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Riset untuk Riset Inovasi untuk Indonesia Maju (RIIM) batch 1 tahun

2022-2025 dengan nomor kontrak B-811/II.7.5/FR/6/2022 dan B-2103/III.2/HK.04.03/7/2022. Terima kasih kepada Kepala Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir, Organisasi Riset Tenaga Nuklir (BATAN), dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BATAN). Terima kasih juga kepada seluruh anggota Kelompok Riset Sistem Termal-Fluida Reaktor Nuklir (RTFSyDev). Terima kasih disampaikan kepada para mahasiswa peneliti di Kelompok Penelitian EdfEC.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Maulana, M. Juarsa, K. Susanto dan J. P. Witoko, "KARAKTERISASI FLOWMETER UNTUK LAJU ALIRAN RENDAH PADA SIRKULASI ALAMI DI UNTAI FASSIP-01," *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016*, pp. 1-7, 2016.
- [2] W. Febbiyana, S. Kurniawan, M. Isnen dan S. Anugrah, "Pembuatan Alat Test dan Kalibrasi Flowmeter Solar pada Pabrik Pemanggangan Anoda PT INALUM," *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 43-49, 2019.
- [3] R. F. Setya Budi dan W. L. Widodo, "PEMODELAN INVERTER MENGGUNAKAN SPACE VECTOR PULSE WIDTH MODULATION PADA SISTEM POMPA PENDINGIN REAKTOR PWR KELAS 1000 MWE," *PROSIDING PERTEMUAN DAN PRESENTASI ILMIAH PENELITIAN DASAR ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI NUKLIR Pusat Sains dan Teknologi Akselerator*, pp. 1-8, 2017.
- [4] E. Putra A. R, G. A. Enggar P, G. H. K. A. Shevaladze A.A dan M. Juarsa, "Karakteristik Perubahan Temperatur Bagian Pendingin Selama Sirkulasi Alam untuk Kondisi Tunak pada Untai Uji FASSIP-02," : *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, vol. 5, pp. 114-122, 2021.
- [5] D. Haryanto, *STUDI EKSPERIMENTAL SIRKULASI ALAM DAN KESETIMBANGAN ENERGI TERMAL SELAMA KOMISIONING UNTAI FASSIP-03 NT BERDASARKAN VARIASI DAYA PEMANAS*, Yogyakarta: Politeknik Teknik Nuklir Indonesia., 2022, 2022.

- [6] S. D. Br Pelawi dan S. Manan, "SISTEM MONITORING VOLUME AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DAN MONITORING OUTPUT VOLUME AIR MENGGUNAKAN FLOW METER BERBASIS ARDUINO," *GEMA TEKNOLOGI*, vol. 16, pp. 6-9, 2016.