

Karakteristik Pengukuran Laju Aliran Berdasarkan Penggunaan Beberapa Jenis Flowmeter Pada Uji Kalibrator Aliran

Chaesario Ramdan Widiyanto^{a,1}, Rio Sandi^a, Reihan D. R. Boni^a, Dwi Yuliajia^{ac}, Roy Waluyoa^{ac},
Sunandi Kharisma^b, Shendy Akbar Maryadi^a, Ryan Oktaviandi^c, Esa Putra Ariesta^c
Mulya Juarsa^{a,b,2}

^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

¹chaesarioamdan05@gmail.com

²mulya.juarsa@brin.go.id (corresponding author)

ABSTRACT

Research on cooling system simulation facilities is part of the development of passive safety systems because it is motivated by nuclear accidents that have previously occurred, in addition to understanding natural circulation phenomena that require the reliability of flow rate measuring systems. To obtain the reliability of the flow rate measuring system, the measuring instrument must be calibrated on the calibrator. This study aims to determine the characteristics of water flow rate as well as flow rate deviation and comparison value of Reynold's number in each flow rate measurement using 2 types of flowmeters, namely electromagnetic flowmeter and water flowmeter on flow calibrator. This research method was carried out experimentally with two tests, namely with a 2L measuring cup with a valve position open 90°, to obtain the standard value of the reference deviation of the flowmeter used. The second test was carried out on a closed tank with 3 valve position variations (30°, 60°, and 90°) to determine the deviation of flow readings from the turbine digital flowmeter, electromagnetic flowmeter and water flowmeter. The results showed that the deviation of flow readings on the flowmeter was greater when the valve position was fully open 90° due to the difference in response of flowmeter readings due to the resulting flow speed. It can be obtained that the accuracy of flowmeter electromagnetic readings is better than other types of flowmeters based on the deviation results of lower flow readings.

Keywords: Calibrator, flowmeter, flow rate, deviation, measure

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

PENDAHULUAN

PLTN di Indonesia sampai saat ini masih menimbulkan pro dan kontra, menurut penelitian yang dilakukan oleh Prof. A.M. Djulianti Suroyo dari Universitas Diponegoro Semarang mengenai persepsi masyarakat terhadap PLTN di Indonesia, masyarakat masih ragu-ragu sehingga PLTN di Indonesia belum diterima secara sepenuhnya. Penyebab hal tersebut adalah masyarakat khawatir akan bahaya potensi radiasi serta limbah yang dihasilkan oleh industri nuklir yang cukup berbahaya, disamping faktor non teknis lainnya seperti biaya dan investasi biaya yang cukup tinggi. Kekhawatiran masyarakat terhadap nuklir bukan tanpa alasan, mengingat bukti nyata pengeboman Hiroshima dan

Nagasaki, peristiwa Three Mile Island, dan Chernobyl masih melekat di ingatan mereka [1]. Pasca kecelakaan nuklir seperti yang telah disebutkan di atas ditambah lagi kecelakaan yang terjadi di Fukushima, pengembangan sistem keselamatan pasif menjadi tujuan utama dalam pengembangan reaktor berukuran kecil dan menengah. Sistem pendingin pasif membantu mendinginkan reaktor yang panas karena sisa peluruhan (*decay heat*) ketika sistem aktif mati. Oleh karena itu pengembangan dan penelitian mengenai sistem pendingin pasif menunjang kegiatan penelitian yang lain terkait sistem keselamatan dan pendingin pasif. Kegiatan penelitian juga dilakukan untuk memahami fenomena sirkulasi alami yang merupakan proses berputarnya fluida (cairan) secara kontinyu dan

tanpa adanya energi dari luar yang di dasari dengan gaya bouyancy dan gaya gravitasi [2]. Penelitian tersebut tentunya memperlihatkan dan untuk memahami fenomena sirkulasi alami (Natural Circulation) yang memerlukan kehandalan sistem pengukur laju aliran. Untuk mendapatkan kehandalan sistem pengukuran laju aliran diperlukan adanya kalibrasi alat ukur yang mempunyai tujuan memperoleh kebenaran nilai konvensional dan kebenaran nilai alat ukur dengan membandingkan nilai tersebut terhadap standar ukur yang mampu tertelusur secara nasional maupun internasional [3]. Kalibrasi laju aliran dilakukan pada uji kalibrator, yang bertujuan untuk memperoleh penelitian nya berfokus pada perbandingan karakteristik pengukuran aliran air berdasarkan penggunaan beberapa jenis flowmeter.

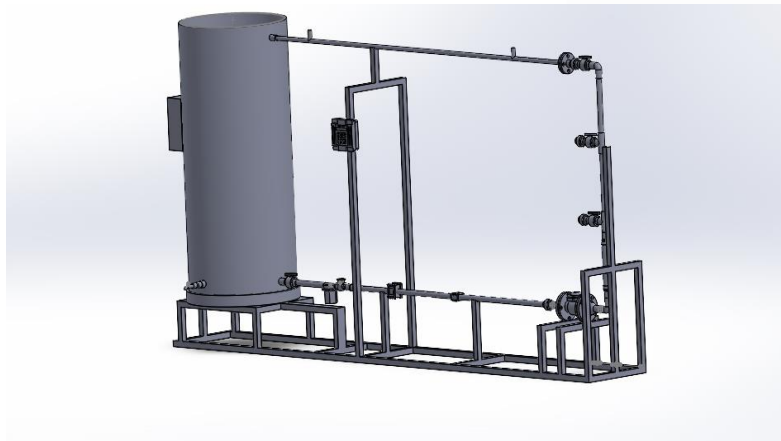
Penelitian mengenai sistem pendingin pasif melalui metode simulasi dan eksperimental, salah satunya adalah menyelidiki penggunaan heat pipe untuk menghilangkan pemanasan, hasilnya menunjukkan bahwa heat pipe memiliki

kapabilitas untuk menjadi sistem pendingin pasif [4]. Natural Circulation atau sirkulasi alami merupakan prinsip perpindahan kalor yang berbasis safe and secure untuk desain reaktor nuklir, atau jika secara prinsip sirkulasi alami adalah perpindahan aliran yang terjadi secara alami. Sirkulasi alami juga memiliki keterkaitan dengan gaya gravitasi dan gaya bouyancy yang menyebabkan fluida air bisa bergerak turun atau terangkat naik, selain hal tersebut perbedaan kerapatan dan temperatur juga mempengaruhi akan adanya sirkulasi alami [5-9].

METODE 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 inchi.



Gambar 1. Kalibrator

2. Setup 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 eskperimen.

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

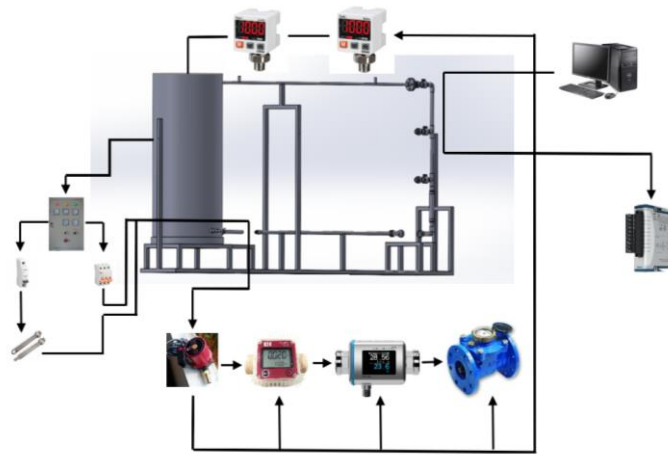
3. Flowmeter

Flowmeter merupakan alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran volumetrik cairan atau gas dari suatu cairan (fluida) yang mengalir dalam sebuah pipa atau secara terbuka. Dalam penelitian ini terdapat atau menggunakan 2 jenis

flowmeter yaitu, Elektromagnetik flowmeter dan water flowmeter.

Magnetic Flowmeter atau flowmeter elektromagnetik adalah jenis flowmeter yang prinsip kerjanya menggunakan prinsip hukum Faraday yaitu bila suatu fluida atau cairan konduktif elektrik melewati pipa transduser, maka fluida akan bekerja sebagai konduktor yang bergerak memotong laju magnet yang akan dibangkitkan melalui kumparan magnetik dan transduser, sehingga timbul tegangan listrik induksi. *Water flowmeter* [10] terdiri dari bodi katup yang

berbahan kuningan, rotor air dan sensor hall. Prinsip kerja sensor atau flowmeter ini adalah dengan memanfaatkan sensor hall effect. *Hall effect* ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada *hall effect* yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik.



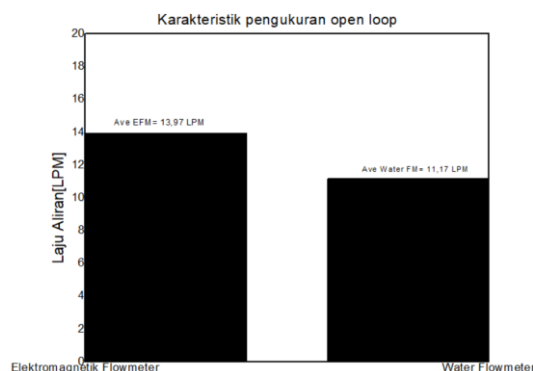
Gambar 2. Setup Eksperimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian open loop

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.



Gambar 3. Diagram pengukuran terhadap gelas ukur 2 liter

Berdasarkan Gambar 4. hasil dari pengukuran pada elektromagnetik flowmeter dan water flowmeter terhadap gelas ukur 2 liter dengan

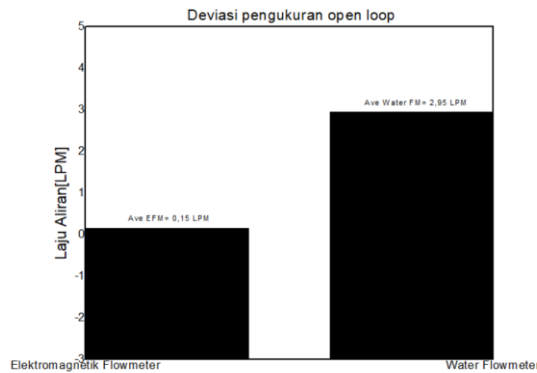
nilai rata-rata 13,97 pada elektromagnetik flowmeter dan nilai rata-rata 11,17 pada water flowmeter.

Tabel 1. Data hasil pengukuran terhadap gelas ukur 2 liter

FM Electromagnetic (L/m)	Water Flowmeter (L/m)
14.12	10.79
14.39	11.04
13.85	13.90
13.9	10.43
13.78	10.24
13.83	10.65
Rata-rata	
13.97	11.17

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

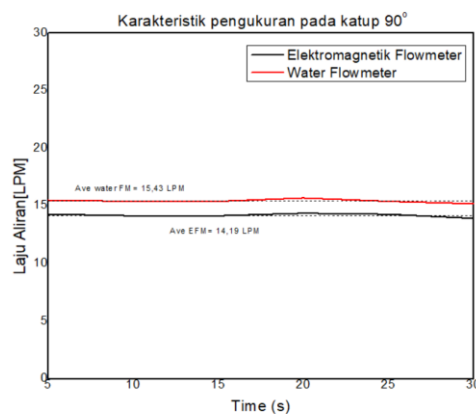
dua jenis alat ukur, yaitu elektromagnetik flowmeter dan water flowmeter. Dari pengujian ini diperoleh data mengenai laju aliran yang diukur oleh dua alat ukur tersebut.



Gambar 4. Diagram deviasi menggunakan gelas ukur 2 liter

Gambar 5. menunjukkan bahwa hasil deviasi dari dua jenis alat ukur, yaitu elektromagnetik flowmeter dan water flowmeter telah diuji menggunakan gelas ukur 2 liter. Hasil deviasi pada pengujian ini menunjukkan bahwa rata-rata

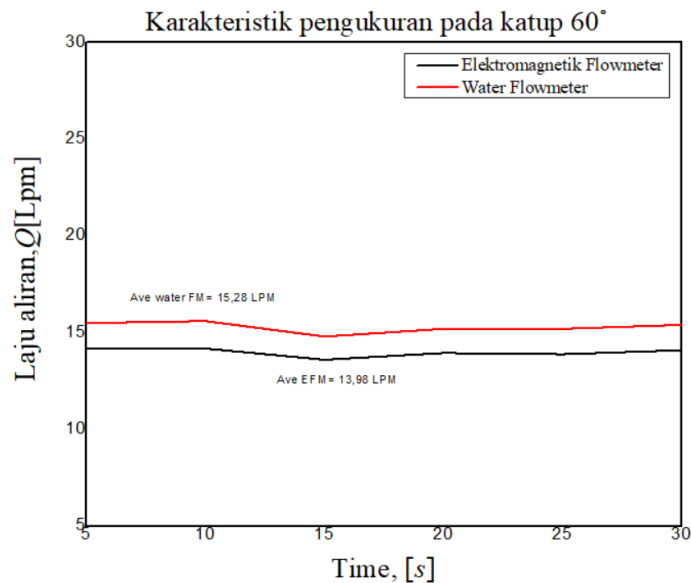
yang dihasilkan oleh elektromagnetik flowmeter adalah 0.15 LPM. Sedangkan rata-rata yang dihasilkan water flowmeter adalah 2.95 LPM.



Gambar 5. grafik pengukuran pembukaan katup 90°

Berdasarkan **Gambar 6.** diperoleh data hasil laju aliran dari pengukuran dengan bukaan katup 90° pada flowmeter yang menghasilkan nilai rata-

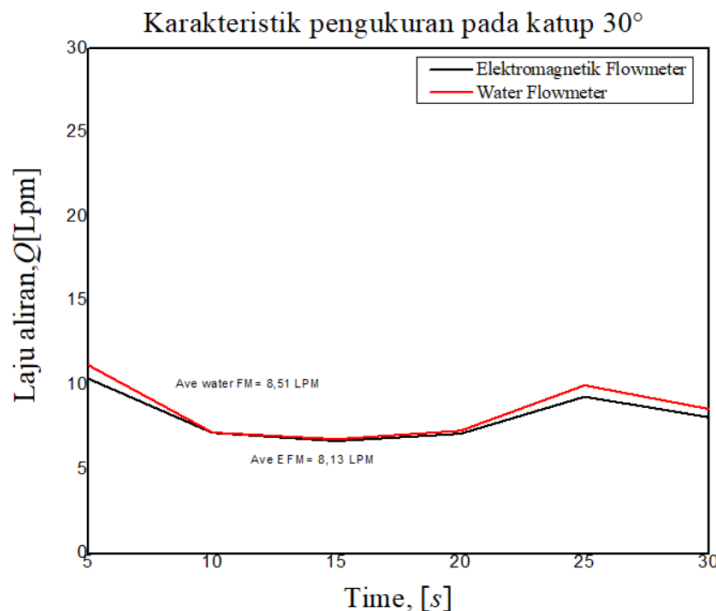
ratanya pada elektromagnetik flowmeter 14.19 LPM dan water flowmeter 15.43 LPM.



Gambar 6. grafik pengukuran pembukaan katup 60°

Berdasarkan **Gambar 7.** memperoleh data hasil laju aliran dari pengukuran dengan bukaan katup 60° pada flowmeter yang menghasilkan nilai

rata-ratanya pada elektromagnetik flowmeter 13.98 LPM dan pada water flowmeter 15.28 LPM.

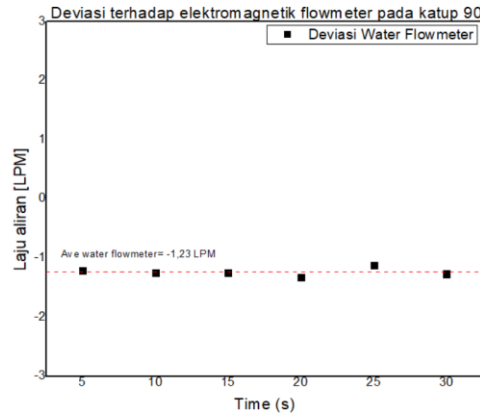


Gambar 7. grafik pengukuran pembukaan katup 30°

Berdasarkan **Gambar 8.** diperoleh data hasil laju aliran dari pengukuran dengan bukaan katup 30° pada flowmeter yang menghasilkan nilai rata-ratanya pada elektromagnetik flowmeter 8.13 LPM dan pada water flowmeter 8.51 LPM.

2. Hasil Pengujian Close Loop

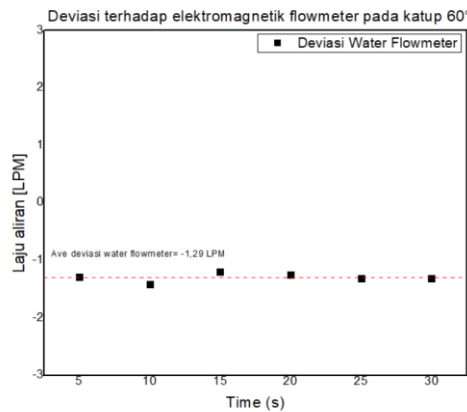
Pengukuran dilakukan untuk memperoleh data laju aliran terhadap flowmeter standar berdasarkan perubahan buka katup dalam kondisi close loop.



Gambar 8. Deviasi water flowmeter terhadap elektromagnetik flowmeter pada katup 90°

Gambar 9. menghasilkan nilai deviasi rata-rata, di mana water flowmeter memiliki deviasi rata-

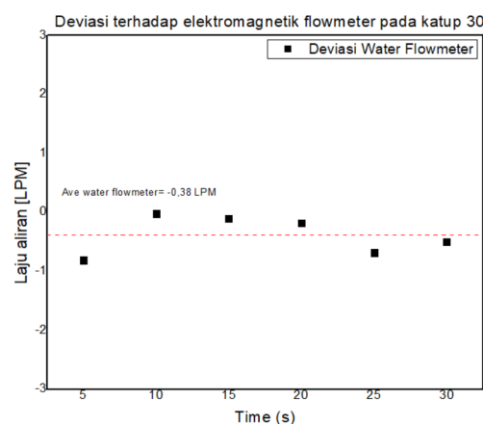
rata sebesar -1.23 LPM jika dibandingkan dengan elektromagnetik flowmeter.



Gambar 9. Deviasi water flowmeter terhadap elektromagnetik flowmeter pada katup 60°

Berdasarkan pada **Gambar 10.** diperlihatkan hasil perbedaan atau deviasi water flowmeter jika dibandingkan dengan elektromagnetik flowmeter pada bukaan katup sebesar 60°. Hasil pengamatan ini menghasilkan nilai deviasi rata-

rata, di mana water flowmeter memiliki deviasi rata-rata sebesar -1.29 liter per menit (LPM), jika dibandingkan dengan elektromagnetik flowmeter.



Gambar 10. Deviasi water flowmeter terhadap elektromagnetik flowmeter pada katup 30°

Berdasarkan pada **Gambar 11.** diperlihatkan hasil perbedaan atau deviasi water flowmeter jika dibandingkan dengan elektromagnetik

flowmeter pada bukaan katup sebesar 30°. Hasil pengamatan ini menghasilkan nilai deviasi rata-rata, di mana water flowmeter memiliki deviasi

rata-rata sebesar -0,38 LPM, jika dibandingkan dengan elektromagnetik flowmeter.

3. Pembahasan

Berdasarkan pengukuran open loop yang menggunakan gelas ukur 2liter sebagai penampung mendapatkan hasil rata-rata elektromagnetik flowmeter 13.97 LPM dan water flowmeter 11.17 LPM. Deviasi yang dihasilkan dari elektromagnetik flowmeter 0.15 LPM, water flowmeter 2.95 LPM.

Hasil pengukuran close loop pada pembukaan katup 90° menghasilkan nilai data laju aliran rata-rata elektromagnetik flowmeter 14.19 LPM, water flowmeter 15.43 LPM. Pada pembukaan bukaan katup 60° menghasilkan nilai rata-rata elektromagnetik flowmeter 13.98 LPM, water flowmeter 15.28 LPM, Sedangkan pembukaan katup 30° elektromagnetik flowmeter 8.13LPM, water flowmeter 8.51 LPM

KESIMPULAN

Hasil dari pengujian yang telah dilakukan pada kalibrator flowmeter dengan pengukuran open loop dapat diketahui bahwa elektromagnetik flowmeter yang memiliki deviasi paling kecil yaitu 0.15 LPM yang menggunakan gelas ukur 2liter sebagai penampung. Sedangkan untuk pengujian close loop dengan pembukaan katup yang berbeda pada flowmeter mendapatkan hasil bahwa semakin besar pembukaan pada katup maka semakin besar nilai laju aliran yang dihasilkan oleh flowmeter.

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] T. H. Nur, "DAMPAK LINGKUNGAN PUSAT LISTRIK TENAGA FOSIL DAN PROSPEK PLTN SEBAGAI SUMBER

ENERGI LISTRIK NASIONAL," *Pengelolaan Instansi Nuklir*, vol. 01, p. 12, I. April 2008.

- [2] L. T. Ni, "Uji Kalibrasi (Ketidakpastian Pengukuran) Neraca Analitik di Laboratorium Biologi FMIPA UNNES," *Indonesian Journal of Chemical Science*, p. 5, 2017.
- [3] D. B. P. Servinta and M. Saiful, "SISTEM MONITORING VOLUME AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DAN MONITORING OUTPUT VOLUME AIR MENGGUNAKAN FLOW METER BERBASIS ARDUINO," *GEMA TEKNOLOGI*, vol. 19, p. 4, 2016-2017.
- [4] H. P. Try, Giarno, H. Sumantri, H. K. G.B and J. Mulya, "ANALISIS DEVIASI ALAT UKUR LAJU ALIRAN PADA UNTAI FASSIP-01 DAN FASSIP-02," *Sigma Epsilon*, vol. 23, p. 10, 2019.
- [5] H. P. TRY, F. INTAN, P. ROSALDI, M. CUKUP and J. MULYA, "ESTIMASI PENGUKURAN LAJU ALIRAN SIRKULASI ALAM PADA SIMULASI SISTEM PENDINGIN PASIF REAKTOR NUKLIR PRE-FASSIP 02," *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol. 3, p. 6, 2019.
- [6] L. F. Ningsih, A. R. Sofyan, Giarno, D. Haryanto, J. P. Witoko and M. Juarsa, "ESTIMASI PERHITUNGAN KALOR DAN LAJU ALIRAN KALOR PADA UNTAI FASSIP-02," *Sigma Epsilon*, vol. 22, no. 1, pp. 26-34, Mei 2018.
- [7] N. Mahran, Giarno, P. Joko, H. Dedy and J. Mulya, "ANALISIS UNJUK KERJA PEMANAS DAN PENDINGIN DI UNTAI FASILITAS SIMULASI SISTEM PASIF," *Sigma Epsilon*, vol. 19, p. 10, 2015.
- [8] F. Windi, K. Sigit, I. Maizal and A. Seto, "Pembuatan Alat Test dan Kalibrasi Flowmeter Solar pada Pabrik Pemanggangan Anoda PT INALUM," *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, vol. 2, pp. 1-9, 2019.
- [9] Giarno1, G. B. Heru K., Ainur Rosidi, Dedy Haryanto, Adhika E. P. and , Mulya Juarsa, "Karakteristik energi internal

penukar kalor berdasarkan variasi suhu pemanas sirkulasi alam untai uji FASSIP-02," vol. 17, p. 4, 2022.

- [10] M. Saleh and E. Widodo, "Analisa Kinerja Aliran Fluida dalam Rangkaian Seri dan Paralel dengan Penambahan Tube Bundle pada Pompa Sentrifugal," vol. 3, p. 7, 2018.