



Perbandingan Mass Flow Rate Fluida Kerja Sirkulasi Alam pada Untai FASSIP-01 Mod.2

DWIKI TRESNA ABDULLAH^{1,*}, GIARNO², ADHIKA ENGGAR², DEDY HARYANTO², AINUR ROSIDY², G. B. HERU K², MULYA JUARSA²

¹Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Udayana, Indonesia.

²Grup Riset Pengembangan Sistem Termo-Fluida Reaktor, Pusat Riset dan Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir (PRTRKN) Organisasi Riset Tenaga Nuklir (BATAN) Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

*email : dwikiabdullah28@gmail.com

ABSTRAK

Untai FASSIP-01 merupakan salah satu fasilitas untuk melihat dan mengkaji laju aliran fenomena sirkulasi alam dalam skala besar. Fenomena Natural Circulation dapat terjadi pada untai FASSIP-01 sebelumnya, namun flow rate yang diperoleh tidak sesuai dengan yang diharapkan karena terdapat cacat pada desain yang mengakibatkan fluid losses. Modifikasi dilakukan untuk mendapatkan kecepatan aliran yang diinginkan atau sesuai dengan perhitungan sebelumnya. Modifikasi kedua ini akan menggantikan desain untai FASSIP-01, dimana pada modifikasi kedua ini untai FASSIP-01 akan didesain dengan penampang yang lebih sedikit. Modifikasi desain ini dilakukan untuk mengatasi kekurangan tersebut. Tujuan penelitian adalah menentukan laju aliran sirkulasi alami berdasarkan beberapa fluida kerja yang difokuskan pada laju aliran massa. Metode penelitian ini adalah dengan analisis dengan mengkaji data simulasi dari jurnal mengenai karakteristik fluida kerja tersebut, yaitu H₂O dan Glycerine. Selanjutnya dilakukan perhitungan dan didapatkan data Mass Flow Rate fluida yang bekerja lebih optimal untuk dioperasikan pada untai FASSIP-01. Hasil menunjukkan bahwa H₂O memiliki Mass Flow Rate yang lebih kecil dibandingkan dengan Glycerine yang menunjukkan bahwa H₂O memiliki potensi yang lebih baik untuk digunakan sebagai fluida kerja sirkulasi alam pada untai FASSIP-01.

Kata kunci: laju aliran massa, fluida kerja, untai FASSIP-01

ABSTRACT

The FASSIP-01 loop is one of the facilities to view and assess the flow rate of natural circulation phenomena on a large scale. Natural Circulation phenomena can occur in the previous FASSIP-01 loop, but the flow rate obtained is not as expected because there are defects in the design that result in fluid loss. Modifications are made to obtain the desired flow velocity or in accordance with the previous calculations. This second modification will replace the FASSIP-01 strand design, where in this second modification the FASSIP-01 loop will be designed with a smaller cross section. This design modification was made to overcome these shortcomings. The purpose of this research is to determine the natural circulation flow rate based on several working fluids that monitor the mass flow rate. This research method is to analyze journal simulation data regarding the characteristics of the working fluid, namely H₂O and Glycerin. Furthermore, calculations are carried out and the data obtained for the Mass Flow Rate of the fluid that works more optimally to be operated on the FASSIP-01 loop.

Perbandingan Mass Flow Rate Fluida Kerja Sirkulasi Alam pada Untai FASSIP-01 Mod.2

The results show that H₂O has a smaller Mass Flow Rate than Glycerine which indicates that H₂O has a better potential to be used as a natural circulation working fluid in the FASSIP-01 loop.

Keywords: *mass flow rate, working fluids, FASSIP-01 loop*

1. PENDAHULUAN

Sistem pengaman pasif telah diterapkan pada pembangkit listrik tenaga nuklir generasi terbaru karena memiliki banyak keunggulan terutama dari segi ekonomi, bentuknya yang sederhana, dan penyediaan tenaga listrik **(Krepper, 2010)**. Setelah kecelakaan nuklir di Fukushima Daiichi, dunia nuklir mulai mempertimbangkan untuk menggunakan sistem pendingin pasif sebagai sistem keselamatan tambahan ketika terjadi kecelakaan **(Kang, 2019)**. Penilaian keunggulan sistem keselamatan pasif adalah salah satu isu penting, karena keselamatan reaktor nuklir yang lebih canggih bergantung pada beberapa fitur pasif keamanannya **(Nayak, 2014)**. Sistem pengaman pasif dapat meningkatkan kemampuan sistem sirkulasi alami untuk membuang panas jika terjadi kecelakaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan desain dan penelitian secara terus menerus agar mekanisme pembuangan panas sirkulasi alami dapat bekerja secara optimal, sehingga sistem pengaman pasif dapat beroperasi ketika seluruh sistem reaktor mengalami pemadaman, seperti yang diharapkan **(Sun, 2018)**.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian tentang fenomena sirkulasi alam. Salah satunya adalah Kudariyawar et al., yang telah meneliti fenomena sirkulasi alam dalam satu fasa berdasarkan variasi beban panas pada bagian pemanas yang dilakukan baik secara eksperimen maupun simulasi menggunakan CFD **(Kudariyawar, 2016)**. Pemodelan CFD juga telah dilakukan oleh Wang et al. untuk menyelidiki fenomena dalam loop sirkulasi alami untuk mempelajari karakteristik aliran dan perpindahan suhu pada pipa lurus dan miring **(Wang, 2013)**. Beberapa peneliti di BATAN juga telah meneliti fenomena sirkulasi alam, seperti Hendro et al. Ini telah memprediksi karakteristik termal loop secara analitis, termasuk waktu respons terhadap kondisi tunak menggunakan program perhitungan MATLAB **(Rosidi, 2021)**.

Pengembangan loop FASSIP-01 adalah fasilitas uji FASSIP-02 (fasilitas skala besar). Juarsa telah melakukan perhitungan analitik dengan korelasi ganda untuk memperkirakan laju aliran dalam loop sirkulasi alami FASSIP-02 **(Juarsa, 2018)**. Untai FASSIP-01 adalah alat yang digunakan untuk meneliti fenomena alam dalam skala besar. Untai FASSIP-01 terdiri dari rangkaian pipa yang dipasang pada termokopel, siku, pemanas, pendingin, dan katup ekspansi. Untai FASSIP-01 telah dimodifikasi beberapa kali sebagai akibat dari kesalahan saat bereksperimen dengan fenomena sirkulasi alami **(Rosyidi, 2014)**. Modifikasi bisa berupa mengganti heater atau cooler, atau bahkan mengubah desain unta FASSIP-01. Sejauh ini, unta FASSIP-01 telah dimodifikasi dua kali.

Modifikasi ini telah menggantikan sebagian besar desain dan komponen unta FASSIP-01, seperti jenis pemanas dan pendingin yang digunakan. Tujuan dari modifikasi ini adalah untuk mendapatkan aliran yang optimal pada fenomena sirkulasi alam yang terjadi. Modifikasi ini dapat mempengaruhi proses laju aliran massa pada unta FASSIP-01 karena berkurangnya losses yang terjadi pada unta FASSIP-01 sebelumnya **(Noufal, 2016)**. Laporan kegiatan ini akan melakukan analisis untuk mengetahui pergerakan laju aliran massa beberapa fluida kerja pada unta FASSIP-01 dengan mengkaji data pada jurnal. Perubahan desain yang digunakan tentunya akan berdampak pada laju aliran. Jika laju aliran dapat optimal maka dapat mempengaruhi kerja *heater* dan *cooler* pada unta FASSIP-01. Pergerakan data ini dapat menjadi acuan untuk eksperimen yang akan dilakukan nantinya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Glycerine

Glycerol atau *propanotriol*, biasa dikenal dengan nama *glycerine* adalah alkohol cair tidak beracun, berasa manis, tidak berbau, tidak berwarna dan cair pada suhu 25°C. Beberapa sifat dari *glycerine* adalah viskositasnya tinggi, larut dalam air, cairan higroskopis, dan sifat termal yang stabil. Salah satu pengaplikasian *glycerine* adalah menjadi *Thermal Fluid* karena memiliki titik leleh yang tinggi yaitu 290°C dan merupakan cairan yang stabil. Alasan tersebut yang menjadikan *glycerine* cocok menjadi cairan termal pada aplikasi dengan suhu yang tinggi.

b. H₂O

H₂O atau biasa dikenal dengan air adalah zat pendingin yang sangat baik karena aman bagi lingkungan, tidak beracun, tidak mudah terbakar, tidak mudah meledak, tersedia hampir di mana saja, dan sangat murah. Selain itu, air memiliki panas laten penguapan yang sangat tinggi pada tekanan atmosfer standar.

c. Laju Aliran Massa

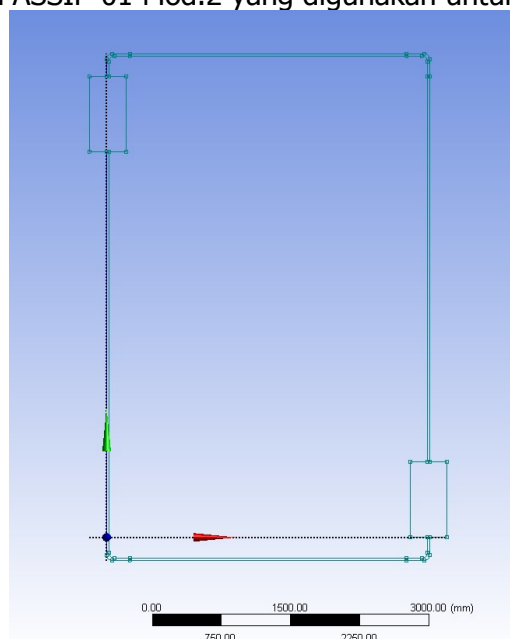
Laju aliran massa adalah massa suatu zat lewat per satuan waktu. Dalam satuan SI adalah kg/detik. Notasi standar untuk laju aliran massa adalah \dot{m} (m-dot).

$$\dot{m} = \rho AV \quad (1)$$

Dimana ρ adalah kerapatan (densitas) fluida (kg/m³), A adalah luas penampang (m²), dan V adalah kecepatan aliran fluida (m/s).

3. METODE PENELITIAN

Simulasi laju aliran pada untai FASSIP-01 Mod.2 dilakukan dengan menggunakan aplikasi ANSYS (Fluent). Simulasi dilakukan dengan menggunakan gambar 2 dimensi. Berikut merupakan dimensi untai FASSIP-01 Mod.2 yang digunakan untuk melakukan simulasi.



Gambar 1. Untai FASSIP-01 Mod.2 dalam bentuk 2D

Ada beberapa parameter yang diabaikan karena dianggap tidak relevan untuk di masukkan kedalam data pengaturan simulasi menggunakan gambar 2 dimensi. Berikut ini merupakan beberapa parameter yang digunakan untuk melakukan simulasi.

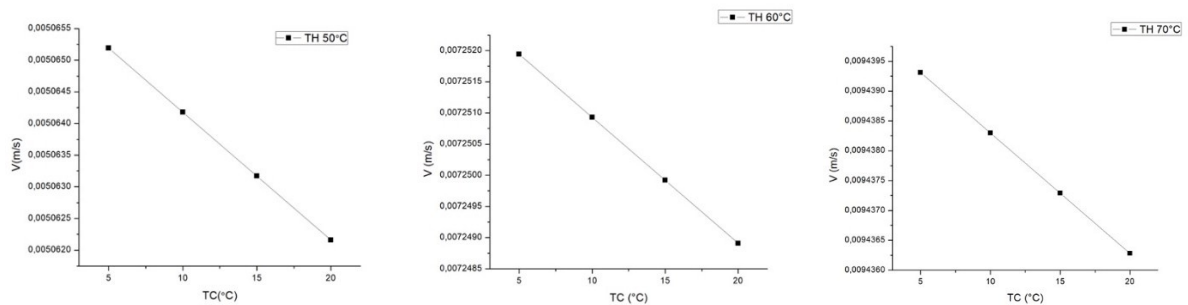
Tabel 1. Kondisi Pengaturan Parameter pada Aplikasi Simulasi

Parameter	Kondisi Pengaturan
General	
Flow Type	Density Base
Time	Steady
Gravity	On
Gravitational Acceleration	Y = -9.81 m/s
Models	
Energy	On
Materials	
Fluid - Water Liquid & Glycerine	Incompressible Ideal Gas
Solid - Steel	Constant
Cell Zone Conditions	
Surface Body	Water Liquid & Glycerine
Boundary Conditions	
Cooler (°C)	5, 10, 15, 20
Heater (°C)	50, 60, 70
Run Calculation	
Number of Iterations	5000
Reporting Interval	1
Profile Update Interval	1

Metode penelitian yang digunakan adalah studi kajian pustaka dari data simulasi fluida kerja dengan variasi temperatur cooler dan heater pada untai FASSIP-01 Mod.2. Setelah data didapatkan, dilakukan perhitungan untuk membandingkan laju aliran massa pada fluida kerja.

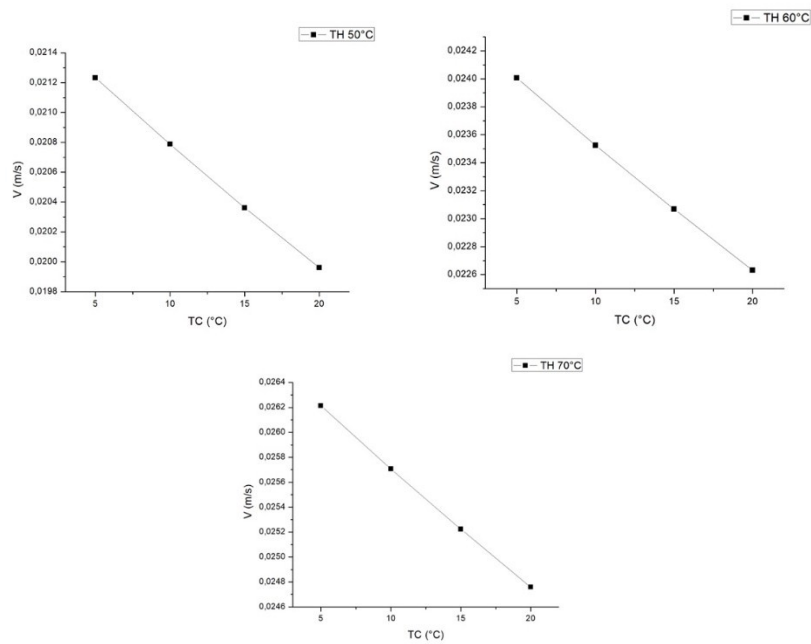
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan data simulasi fluida kerja yang ditentukan (*glycerine* dan H_2O) (**Abdullah, 2021**) berupa kecepatan aliran fluida pada variasi temperatur yang telah ditentukan, ditunjukkan pada Grafik 1 dan 2,



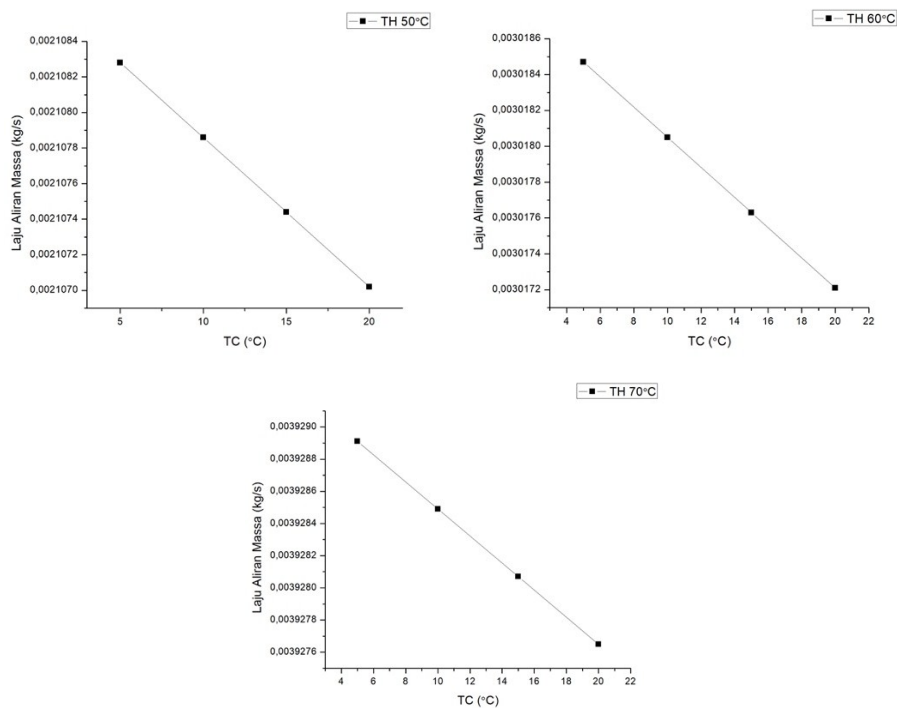
Gambar 2. Data simulasi kecepatan aliran fluida *Glycerine*

Perbandingan Mass Flow Rate Fluida Kerja Sirkulasi Alam pada Untai FASSIP-01 Mod.2

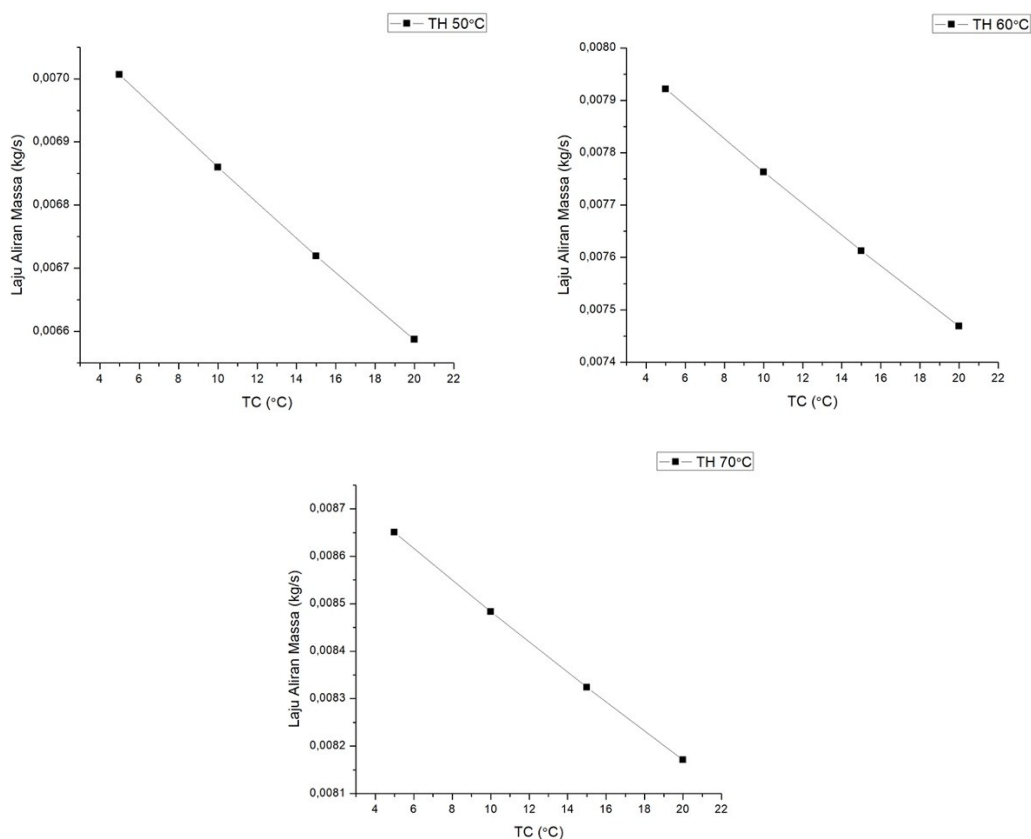


Gambar 3. Data simulasi kecepatan aliran fluida H_2O

dilakukan perhitungan untuk mencari laju aliran massa *glycerine* dan H_2O . Grafik 3 dan 4 merupakan hasil perhitungan laju aliran massa dari fluida kerja yang ditentukan.



Gambar 4. Data perhitungan laju aliran massa *Glycerine*



Gambar 5. Data perhitungan laju aliran massa H_2O

Data menunjukkan bahwa kedua fluida kerja mengalami penurunan kecepatan aliran fluida dan laju aliran massa seiring dengan naiknya variasi temperatur baik pada *heater* ataupun *cooler*. Namun jika dibandingkan kedua fluida kerja, H_2O memiliki kecepatan dan laju lebih cepat pada setiap variasi temperatur yang diberikan. Ini menunjukkan bahwa H_2O lebih ringan dibandingkan *glycerine*, sehingga H_2O memiliki potensi yang lebih baik karena energi yang dikeluarkan oleh sistem untuk melakukan sirkulasi akan lebih sedikit.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan data simulasi dengan variasi temperatur, didapatkan data berupa laju aliran massa fluida kerja. H_2O memiliki kecepatan dan laju lebih cepat pada setiap variasi temperatur yang diberikan. Ini menunjukkan bahwa H_2O lebih ringan dibandingkan *glycerine*, sehingga H_2O memiliki potensi yang lebih baik karena energi yang dikeluarkan oleh sistem untuk melakukan sirkulasi akan lebih sedikit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih atas dukungan Riset Inovatif Produktif (RISPRO) LPDP Mandatori PRN PLTN yang telah mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 3/E1/III/PRN/2021 untuk tahun anggaran 2021. Terima kasih kepada Kepala Pusat Riset dan Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir (PRTKRN) ORTN (BATAN) BRIN atas dukungannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Krepper ,E., Beyer ,M. (2010). Experimental and numerical investigations of natural circulation phenomena in passive safety systems for decay heat removal in large pools. *Nuclear Engineering and Design*, 240(10), 3170–7.
- Kang, S. H., Lee, S. W., Kang, H. G. (2019). Performance analysis of the passive safety features of iPOWER under Fukushima-like accident conditions. *Nuclear Engineering and Technology*, 51(3), 676–82.
- Nayak, A. K., Chandrakar, A., Vinod, G. (2014). A Review: Passive System Reliability Analysis – Accomplishments and Unresolved Issues. *Vol. 2, Frontiers in Energy Research*, p. 40.
- Sun, D. C., Xi, Z., Li, Y., Zan, Y. F., Xiong, W. Y., Li, P. Z., et al. (2018). Experimental investigation on natural circulation characteristics of emergency passive residual heat removal system in HPR1000. *Progress in Nuclear Energy*, 103, 1–7.
- Kudariyawa, J. Y., Srivastava, A. K., Vaidya, A. M., Maheshwari, N. K., Satyamurthy, P. (2016). Computational and experimental investigation of steady state and transient characteristics of molten salt natural circulation loop. *Applied Thermal Engineering*, 99, 560–71.
- Wang, J. Y., Chuang, T. J., Ferng, Y. M. (2013). CFD investigating flow and heat transfer characteristics in a natural circulation loop. *Annals of Nuclear Energy*, 58, 65–71.
- Rosidi, A., Haryanto, D., Heru, G. B. K., Prayogo, K., Juarsa, M., Sumirat, I., et al. (2021). Simulation on natural circulation flow characteristics for the FASSIP-03 NSC small loop based on the differences between the heater and cooler positions, 1–8.
- Juarsa, M., Antariksawan, A. R., Kusuma, M. H., Haryanto, D., Putra, N. (2018). Estimation of natural circulation flow based on temperature in the FASSIP-02 large-scale test loop facility. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105, 12091.
- Rosyidi, A., Sagino. (2014). Eksperimen Awal Aliran Sirkulasi Alamiah Pada Simulasi. *SIGMA EPSILON-Jurnal Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, 18(2), 2–7.
- Noufal, M., Giarno, G., Prasetio, J., Haryanto, D., Juarsa, M. (2016). Analisis Unjuk Kerja Pemanas Dan Pendingin Di Untai Fasilitas Simulasi Sistem Pasif. *SIGMA EPSILON-Jurnal Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, 19(2), 92–101.
- Abdullah, D. T., Giarno, Nata, W. S., Komaladewi, A. A. I. A. S., Juarsa, M. (2021). Fluid Differences Effect On Natural Circulation Flow Rate In FASSIP-01 Loop Mod.2.
- Jiwanda, A. (2019). (2019). Efek Perbedaan Fluida Kerja Terhadap Laju Aliran Sirkulasi Alam Pada Untai FASSIP-01 Mod.1.

Pertanyaan :

Bagaimana perbandingan hasil penelitian yang telah dilakukan, jika dibandingkan dengan versi sistem sebelumnya?

Jawaban :

Jika dibandingkan dengan versi sebelumnya, pada dasarnya pengujian yang dilakukan pada sistem ini yaitu dengan menggunakan aplikasi ANSYS yaitu belum ada sebelumnya.