

## Pengujian tekanan struktur perpipaan berbahan baja SS 201 pada untai rektangular FASSIP-04 Ver.01

Agung Akbar Haz<sup>a,1</sup>, Roy Waluyo<sup>a,2\*</sup>, Dwi Yuliaji<sup>a</sup>, Mulya Juarsa<sup>a,b</sup>, Putut Hery Setiawan<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Engineering 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

<sup>b</sup>Reactor 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

<sup>1</sup>[lagungakbar38@gmail.com](mailto:lagungakbar38@gmail.com)

<sup>2\*</sup>[roy.waluyo@uika-bogor.ac.id](mailto:roy.waluyo@uika-bogor.ac.id) (corresponding author)

### ABSTRACT

The rectangular loop is the main component of FASSIP 04 ver 01, which functions to flow fluid. The rectangular loop consists of piping components, a water heating tank, a water cooling tank, and an expansion tank. The FASSIP 04 ver 01 rectangular loop uses Stainless Steel 201 steel piping connected by shielded metal arc welding (SMAW). This research aimed to obtain the strength of the piping system and the pressure characteristics of loop piping based on pressure changes. Using pneumatic and hydrostatic testing, research methodology has been experimentally obtained from 3 pneumatic tests with pressure variation from 0.4 bar to 2.4 bars gradually for each 0.4 bar. The result shows no leakage from loop piping, even for maximum pressure until 2.4 bars.

**Keywords:** piping, structure, pressure, hydrostatic, pneumatic, testing, FASSIP-04 Ver.1

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

### PENDAHULUAN

Sumber energi merupakan kebutuhan bagi manusia untuk melakukan aktivitas sehari-hari. terutama produk minyak bumi dan sumber daya listrik. Konsumsi dan eksploitasi sumber daya alam meningkat seiring dengan ekspansi populasi dan kemajuan teknologi. Selain kerusakan lingkungan dan pencemaran, dampak negatifnya antara lain hilangnya ketersediaan sumber daya alam. Menurut sejumlah kalangan, Indonesia saat ini sedang mengalami krisis energi. meningkatnya kebutuhan minyak dalam negeri saat ini sebagian besar biaya dipenuhi dari impor. Jika kita mempertimbangkan letak geografis Indonesia, memiliki potensi yang luar biasa untuk pertumbuhan energi terbarukan. Hambatan terbesar untuk beralih ke energi terbarukan adalah ketergantungan yang terus tinggi pada bahan bakar fosil, serta meluasnya persepsi negatif terhadap teknologi ini. Sehingga saat ini sedang banyak sekali dilakukannya pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). PLTN merupakan salah satu

pembangkit listrik yang menggunakan energi alternatif [1].

Proses pembangkitan listrik di PLTN melibatkan reaksi nuklir untuk menghasilkan energi. Namun, pembangunan dan pengoperasian PLTN selalu menjadi kontroversi karena memunculkan perdebatan antara pendukung dan penentang, terutama terkait dengan resiko menjadi sorotan dalam penggunaan PLTN adalah pelepasan radioaktif ke lingkungan, PLTN menggunakan bahan bakar nuklir yang dapat menghasilkan limbah radioaktif. Ketika terjadi kebocoran atau insiden di PLTN, bahan radioaktif dapat dilepaskan ke lingkungan sekitar. Hal ini menyebabkan kekhawatiran tentang dampaknya terhadap kesehatan manusia. Limbah radioaktif yang dihasilkan oleh PLTN memiliki masa paruh yang sangat panjang, yang berarti akan tetap berbahaya selama ribuan tahun. Penanganan dan penyimpanan yang tepat dari bahan sisa radioaktif menjadi perhatian utama karena harus memastikan bahwa limbah tersebut tidak menyebabkan kontaminasi dan bahaya jangka panjang

Pengoperasian PLTN yang aman dengan resiko rendah, PLTN harus dirancang dengan ketat dan memperhatikan keselamatan sebagai prioritas. Desain yang kuat akan membantu mengurangi kemungkinan terjadinya kebocoran atau insiden yang membahayakan, PLTN harus dilengkapi dengan sistem keselamatan yang canggih untuk mendeteksi dan merespon insiden dengan cepat dan sistem ini harus di uji secara berkala untuk kinerjanya optimal, pelatihan dan kualifikasi personel yang bekerja di PLTN harus sangat diperhatikan faktor manusia berperan penting dalam mencegah insiden dan kecelakaan, dan pemerintah harus memberlakukan regulasi ketat untuk mengawasi pengoperasian PLTN dan memastikan bahwa standar keselamatan dipatuhi dengan ketat. Maka dari itu sistem keamanan dan keselamatan PLTN mulai banyak dikembangkan para peneliti Indonesia misalnya di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Peneliti di BRIN telah banyak melakukan penelitian dan pengembangan mengenai teknologi keselamatan PLTN. Seperti di Pusat Riset Teknologi Reaktor Nuklir (PRTRN), Organisasi Riset Tenaga Nuklir (ORTN) yang melakukan pengembangan sistem pendingin pasif untuk manajemen termal PLTN dengan fasilitas eksperimen seperti Untai Rektanguler FASSIP 04 versi 01 [2].

Penelitian dilakukan untuk mendukung eksperimen dalam rangka menginvestigasi

fenomena sirkulasi alami, maka dirancang untaian rektanguler FASSIP 04 ver 01. Sehingga, tujuan penelitian yang akan dilakukan difokuskan memperoleh karakteristik tekanan pada pipa untaian berdasarkan tekanan 0,4 bar hingga 2,4 bar secara bertahap menggunakan pengujian pneumatik dan hidrostatik.

## METODE PENELITIAN

Material yang digunakan untuk untaian rektanguler menggunakan *loop* jenis *Stainless Steel 201*. Berdasarkan tabel 1 menjelaskan Sifat mekanik *Stainless Steel 201*.

Berdasarkan Gambar 1 menjelaskan diagram alir penelitian.

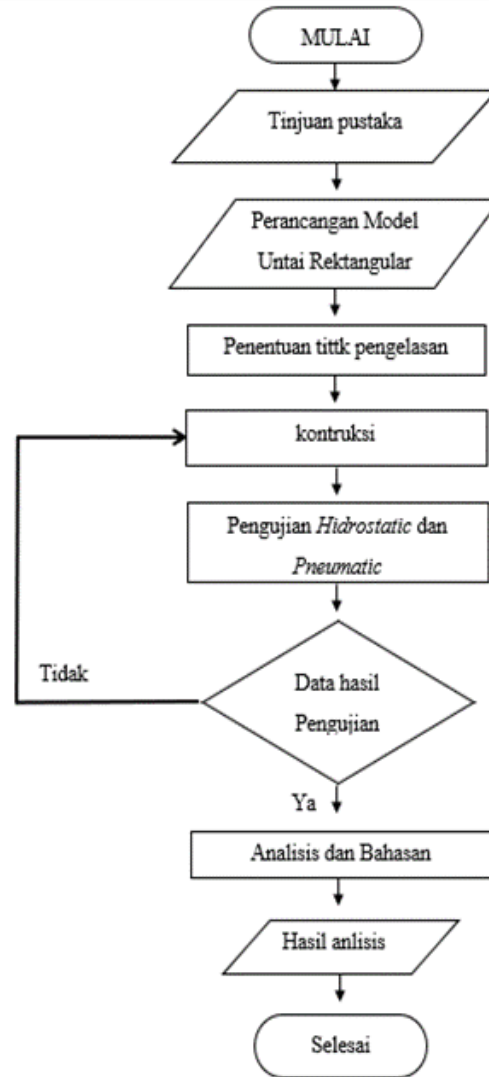
### 1. Test Hidrostatik

*Test hydrostatic* merupakan metode yang biasa digunakan untuk memastikan keamanan dan tidak ada kebocoran terhadap bejana tekan atau untaian rektanguler. Pengujian ini melibatkan pengisian air sampai berada pada tekanan yang lebih tinggi dari tekanan kerja yang akan beroperasi [3].

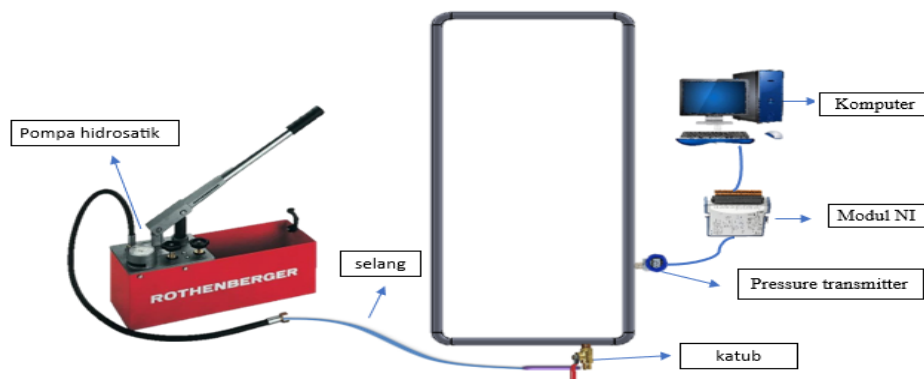
Berdasarkan Gambar 2 menjelaskan skema menggunakan pengujian hidrostatik.

Tabel 1. Sifat mekanik *Stainless Steel 201*

Properties	Metrik
<i>Tensile strength (transverse at room temperature)</i>	685 MPa
<i>Tensile strength (longitudinal at room temperature)</i>	696 MPa
<i>Yield strength (transverse at room temperature)</i>	292 MPa
<i>Yield strength (longitudinal at room temperature)</i>	301 MPa
<u><i>Compressive strength</i></u>	365 MPa
<i>Elastic modulus</i>	197 GPa
<i>Poisson's ratio</i>	0.27-0.30
<i>Elongation at break</i>	56%
<i>Hardness, Rockwell B</i>	85



Gambar 1. Diagram alir penelitian



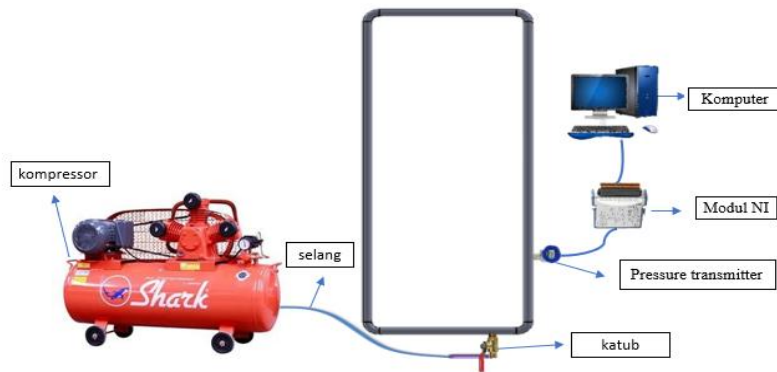
Gambar 2. Skema pengujian pneumatic.

## 2. Test Pneumatic

*Test pneumatic* adalah bagian dari kegiatan pengujian dengan cara memberikan udara betekanan dengan volume tertentu dengan waktu

yang ditentukan untuk mengetahui kekuatan *loop* uji dalam menerima tekanan yang sesuai atau lebih dari tekanan kerja yang diterima dalam *loop* tersebut [4].

Berdasarkan Gambar 3 menjelaskan skema menggunakan pengujian pneumatik.



Gambar 3. Skema pengujian pneumatic

Skema pengujian pneumatik dijelaskan dalam gambar diatas, untuk tahapan pengujiannya sebagai berikut :

- Mempersiapkan semua peralatan seperti kompresor, pressure transmitter, dan komputer.
- Memastikan semua peralatan dalam kondisi baik.
- Dilakukan pengisian udara diisikan kedalam untai rektangular secara bertahap sesuai tekanan yang akan diberikan selama 1 jam waktu penahannya.
- Selama proses penekanan untai rektangular sebelum dimulai pastikan setiap sambungan las tidak ada kebocoran agar data yang diambil bisa maksimal.
- Ketika pengujian sudah selesai maka buang udara sampai habis dan lepaskan tutup katup.

### 3. Bejana tekan

Bejana tekan (Pressure Vessel) merupakan wadah tertutup yang digunakan untuk berbagai macam keperluan diberbagai sektor industri dan bejana dirancang untuk mampu menampung cairan atau gas yang memiliki yang memiliki temperatur atau tekanan yang berbeda dari keadaan lingkungannya. Bejana tekan memiliki variasi bentuk yang beragam, termasuk bentuk horizontal, vertikal, dan spherikal. Setiap bentuk memiliki beban-beban yang harus diperhitungkan sesuai dengan karakteristiknya [5].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan tekanan hidrostatis dan pneumatik selama 3600 detik dan diberikan tekanan sebesar 0,4 bar hingga 2,4 bar dengan 3 kali pengujian disetiap bar nya. Tekanan dapat diatur sesuai dengan matriks pengujian yang di lakukan.

Berdasarkan Gambar 4 memperoleh karakteristik pengujian hidrostatis pertama dengan tekanan 0,4 bar selama waktu penahannya 3600 detik.

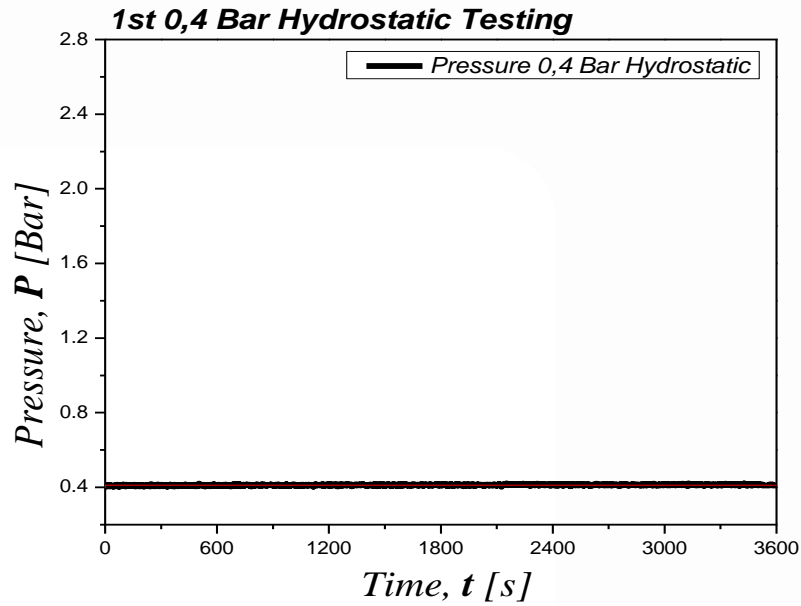
Gambar diatas merupakan salah satu data hasil pengujian pneumatik dengan tekanan awal 0,40 bar, menjadi 0,40 bar, untuk nilai rata rata nya adalah 0,40 bar, dengan hasil pengujiannya tidak terjadi kebocoran.

Berdasarkan Gambar 3 menjelaskan skema menggunakan pengujian hidrostatis.

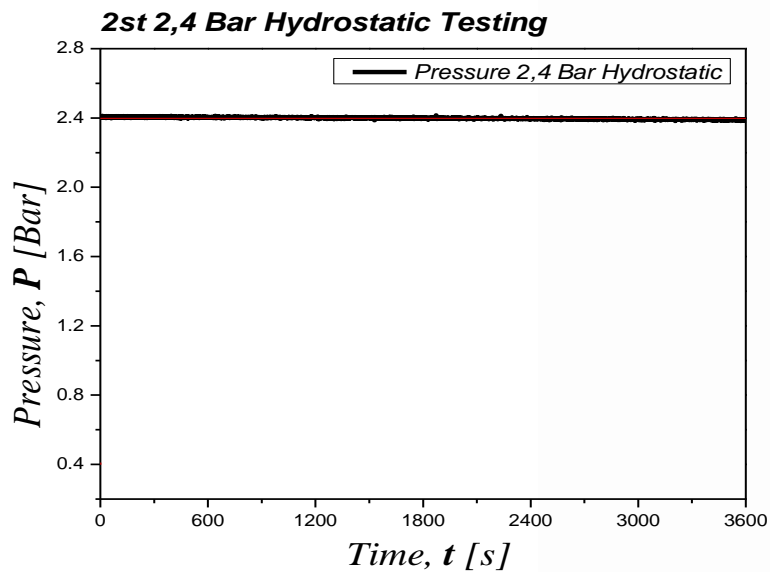
Gambar di atas merupakan salah satu data hasil pengujian hidrostatis dengan tekanan awal 2,43 bar, menjadi 2,41 bar, untuk nilai rata rata nya adalah 2,41 bar, dengan hasil pengujiannya tidak terjadi kebocoran.

Berdasarkan tabel 1 diperoleh hasil pengujian tekanan hidrostatis 1.

Berdasarkan Dari data hasil pengujian hidrostatis 1 yang pertama dengan penahanan waktu 1 jam menggunakan kompresor, tidak terjadi kebocoran terhadap untai rektangular



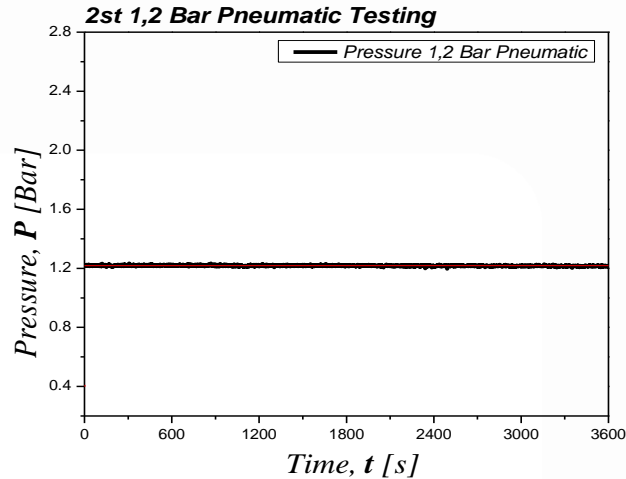
Gambar 4. Grafik pengujian hidrostatik 0,4 bar



Gambar 5. Grafik pengujian hidrostatik 2,4 bar

Tabel 2. Data hasil pengujian hidrostatik 1

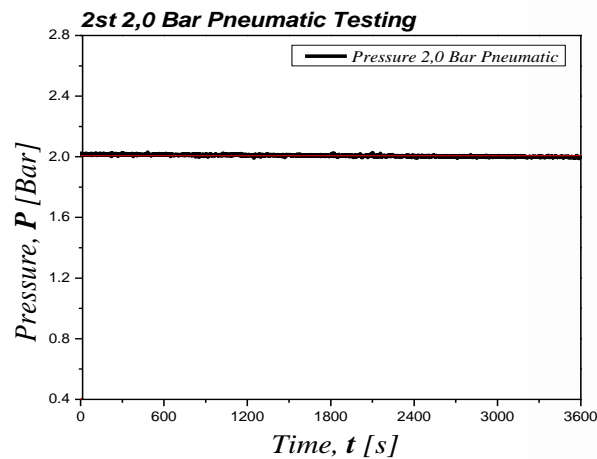
Tekanan [bar]	Waktu [s]	Tekanan awal [bar]	Tekanan akhir [bar]	Tekanan rata-rata [bar]	Pressure loss [bar]
0,4 bar	1 jam	0,40	0,40	0,40	0,00
0,8 bar	1 jam	0,81	0,82	0,81	-0,01
1,2 bar	1 jam	1,22	1,21	1,21	0,01
1,6 bar	1 jam	1,62	1,60	1,60	0,02
2,0 bar	1 jam	2,05	2,03	2,02	0,02
2,4 bar	1 jam	2,43	2,41	2,41	0,02



Gambar 6. Grafik pengujian pneumatik 1,2 bar

Gambar diatas merupakan salah satu data hasil pengujian pneumatik dengan tekanan awal 1,22 bar, menjadi 1,22 bar, untuk nilai rata rata nya

adalah 1,22 bar, dengan hasil pengujiannya tidak terjadi kebocoran.



Gambar 7. Grafik pengujian pneumatik 2,0 bar

Gambar di atas merupakan salah satu data hasil pengujian pneumatik dengan tekanan awal 1,22 bar, menjadi 1,22 bar, untuk nilai rata rata nya adalah 1,22 bar, dengan hasil pengujiannya tidak terjadi kebocoran.

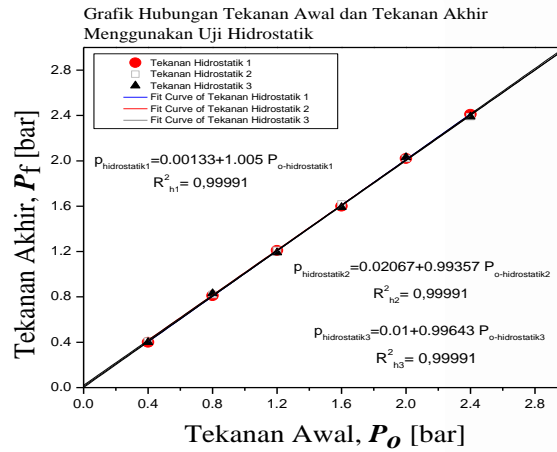
Berdasarkan tabel 1 diperoleh hasil pengujian tekanan hidrostatik 1

.Tabel 3. Data hasil pengujian hidrostatik 2

Tekanan [bar]	Waktu [s]	Tekanan awal [bar]	Tekanan akhir [bar]	Tekanan rata-rata [bar]	Pressure loss [bar]
0,4 bar	1 jam	0,41	0,40	0,41	0,00
0,8 bar	1 jam	0,80	0,80	0,80	0,00
1,2 bar	1 jam	1,22	1,22	1,22	0,00
1,6 bar	1 jam	1,61	1,60	1,60	0,01
2,0 bar	1 jam	2,02	2,00	2,00	0,02
2,4 bar	1 jam	2,42	2,40	2,40	0,02

Dari data hasil pengujian pneumatik 2 yang pertama dengan penahanan waktu 1 jam menggunakan kompresor.

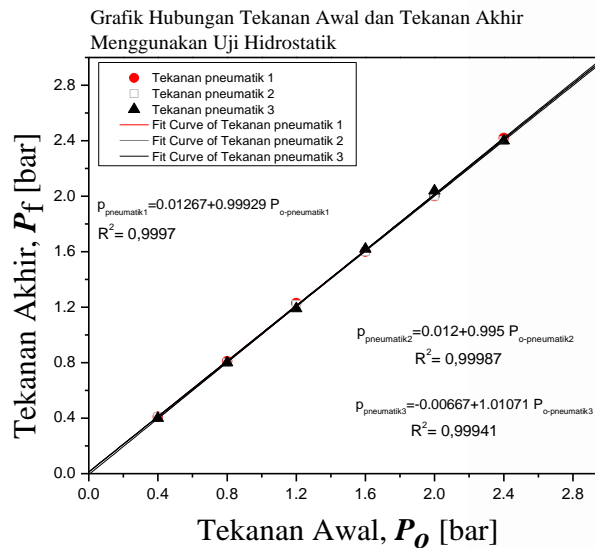
Pengujian menggunakan tekanan udara dilakukan selama 3600 detik sebanyak 3 kali di setiap bar-nya, berikut merupakan hasil perbandingan dari pengujian untai rektangular menggunakan tekanan udara dari kompresor :



Gambar 8. Grafik perbandingan hidrostatik

Grafik diatas menunjukkan perbandingan tiga kali pengujian hidrostatik pada untai rektangular dengan di beri tekanan hingga 2,4 bar, tidak terjadi kebocoran yang mengakibatkan

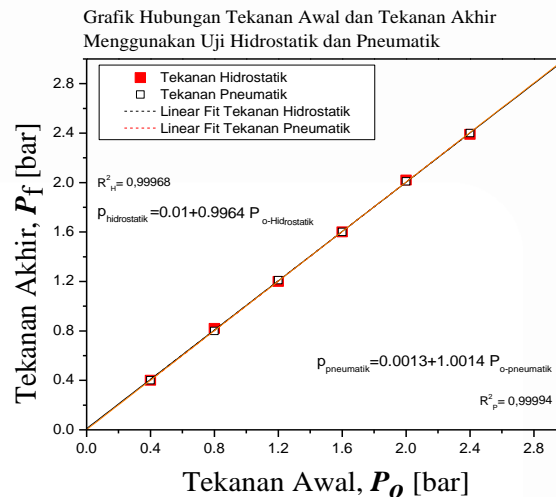
penurunan tekanan dan aman untuk digunakan pada rangkaian Untai Rektangular FASSIP-04 Ver.01 hingga tekanan 2,4 bar.



Gambar 9. Grafik perbandingan hidrostatik

Grafik di atas menunjukkan perbandingan tiga kali pengujian pneumatik pada untai rektangular dengan di beri tekanan hingga 2,4 bar, tidak terjadi kebocoran yang mengakibatkan

penurunan tekanan, sehingga untai rektangular aman untuk di gunakan pada rangkaian Untai Rektangular FASSIP-04 Ver.01 hingga tekanan 2,4 bar.



Gambar 10. Grafik perbandingan pneumatik dan hidrostatik

Grafik di atas menunjukkan perbandingan pengujian pneumatik dan hidrostatik pada untai rektanguler dengan diberi tekanan hingga 2,4 bar, tidak terjadi kebocoran yang mengakibatkan penurunan tekanan, sehingga untai rektanguler aman untuk digunakan pada rangkaian Untai Rektanguler FASSIP-04 Ver.01 hingga tekanan 2,4 bar.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian pneumatik dan hidrostatik, dapat disimpulkan bahwa Untai Rektanguler FASSIP-04 Ver.01 menunjukkan kualitas yang baik dan layak digunakan. Tidak terjadi kebocoran pada rangkaian tersebut bahkan pada tekanan maksimum 2,4 bar. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian tersebut dapat diandalkan dan memenuhi persyaratan keamanan. Pengujian pneumatik dan hidrostatik telah membuktikan bahwa Untai Rektanguler FASSIP-04 Ver.01 dapat berfungsi dengan baik dan mampu menahan tekanan yang diberikan.

## 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] A. Hermawan, E. Marzuki, D. Yuliaji and M. Juarsa, "ANALYSIS HEATING CAPABILITY IN HEATER SECTION BASED ON ALTERATION OF UNTAI USSA FTS-01," *BKSTM*, pp. 1-7, 9-11 Oktober 2019.
- [2] R. Arindya, "STUDI KESELAMATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA NUKLIR," pp. 17-23.
- [3] B. Siswanto, "ANALISA PENGUJIAN KETAHANAN BEJANA TEKAN DENGAN METODE HIDROSTATICTEST," *Jurnal Sustainable*, vol. Vol. 10, pp. 37-44, 2021.
- [4] I. Kholis and V. C. Putri Perdana, "Pneumatic Test Pipa Polyethylene pada Jaringan Distribusi Gas Bumi untuk Rumah Tangga," vol. Volume 8, pp. 37-47, 2018.
- [5] M. Noufal, I. . W. Kusuma and I. N. Suarnadwipa, "Analisa Perpindahan Panas Pada Heater Tank FASSIP - 01," *Jurnal METTEK*, vol. 3, pp. 1-10, 2017.
- [6] M. H. S. M. and F. S. , "PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH V DAN KUAT ARUS DENGAN LAS SHIELDED METAL ARC WELDING(SMAW) PADA BAJA A36 TERHADAP SIFAT MEKANIK," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, pp. 1-9, 2016.
- [7] S. J. Azra and A. F. Yaninda, "CAD Systems Dalam Menggambar Teknik," *Optimasi Sistem Industri*, pp. 1-3, 2017.
- [8] D. Haryanto, G. J. P. W, S. Hatmoko, K. Santosa, M. Juarsa, M. Kusuma, A. Antariksawan and N. Putra, "ANALISIS KEKUATAN MEKANIK WATER COOLING TANK PADA FASILITAS UJI



UNTAI PASSIF-02 MENGGUNAKAN CATIA," *poros*, vol. 16, no. 1, pp. 79-85, mei 2018.

- [9] V. Jain, . A. Nayak, P. Vijayan, D. Saha and R. Sinha, "Experimental investigation on the flow instability behavior of a multi-channel boiling natural circulation loop at low-pressures," *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 34, no. 6, pp. 776-787, 2010.
- [10] R. S. Lesmana, . M. J. and A. A. Waskita, "MODEL ANALISIS NUMERIK PADA SIRKULASI ALAM FASA-TUNGGAL DI UNTAI REKTANGULAR FASSIP-01 MOD.1 BERDASARKAN POSISI HEATER," *Sigma Epsilon*, ISSN 0853-9103, vol. Vol.23, pp. 70-78, November 2019.
- [11] A. F. Maulana, D. Yuliaji, M. Juarsa and P. H. Setiawan, "Analisa dan Pengujian Expansion Tank pada Untai Rektangular FASSIP-04 Ver.0," *Jurnal ilmiah Teknik Mesin*, vol. 8, pp. 60-65, 2022.
- [12] T. Pitanova, M. Juarsa and D. Yuliaji, "Rancangan Dan Kontruksi Water-Jacket Cooler Pada Alat Eksperimen USSA-FTS01," *Jurnal ALMIKANIK*, vol. 4, pp. 52 -57, April 2022.
- [13] R. D. Salindeho, J. Soukota and R. Poeng, "PEMODELAN PENGUJIAN TARIK UNTUK MENGANALISIS SIFAT MEKANIK MATERIAL," pp. 1-11.
- [14] D. Satrijo and S. A. Habsya, "PERANCANGAN DAN ANALISATEGANGAN PADA BEJANA TEKAN HORIZONTAL DENGAN METODE ELEMEN HINGGA," *teknik mesin*, vol. 14, pp. 32-40, juli 2012.
- [15] s. wardoyo, r. munarto and v. p. putra, "Rancang bangun data logger suhu menggunakan labview," *jurnal imiah elite elektro*, vol. 4, pp. 23-30, 2013.