

## MODIFIKASI *PRE-HEATER* MENJADI *PRE-COOLER* PADA UNTAI UJI BETA

Joko Prasetio W, Dedy H, Mulya Juarsa, Edy Sumarno, Geni Rina Sunaryo, Deswandri

Center for Nuclear Reactor Technology and Safety (CNRTS)-BATAN

Gd. 80 Kawasan Puspiptek-Serpong, Tangerang Selatan, Banten

Email: [jokopn@batan.go.id](mailto:jokopn@batan.go.id)

### ABSTRAK

**MODIFIKASI *PRE-HEATER* MENJADI *PRE-COOLER* PADA UNTAI UJI BETA.** Fasilitas FASSIP-01 mempunyai komponen *pre-heater* dengan ukuran panjang 800 mm dengan diameter 10 inchi yang mempunyai kapasitas 50 kW dengan 10 batang pemanas preheater digunakan pada FASSIP-01 untuk memanaskan sistem aliran, dengan adanya perkembangan penelitian maka fasilitas BETA sudah tidak dioperasikan lagi, sedangkan dengan adanya fasilitas untaai FASSIP-01 baru untaai tersebut memerlukan sistem pendingin, dan untuk memanfaatkan *pre-heater* pada FASSIP-01 maka *pre-heater* dimodifikasi menjadi *pre-cooler* dengan sistem pendingin spiral yang dihubungkan dengan sistem *Heat Sink System* (HSS) pada untaai FASSIP-01. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik pendingin secara pasif. Maka pada tahun 2015 dibuat Untaai FASSIP-01 untuk mempelajari karakteristik pendingin secara pasif. Kegiatan yang dilakukan pada tahun 2016 adalah memodifikasi *pre-cooler* dari sistem kontak tak langsung menjadi kontak langsung dan mengoperasikan Untaai FASSIP-01 dengan tujuan untuk memperoleh data pengukuran temperatur, daya listrik, frekuensi dan laju alir fluida yang diperlukan untuk mendukung penelitian sistem keselamatan pasif. Modifikasi *pre-cooler* dari kontak tak langsung menjadi kontak langsung telah berhasil menurunkan temperatur yang semula 24°C menjadi dibawah 10°C sesuai dengan yang diinginkan.

**Kata kunci :** Modifikasi, *pre-heater*, *pre cooler*, sirkulasi alam, pendinginan.

### ABSTRACT

**MODIFY *PRE-HEATER* BEING *PRE-COOLER* ON BETA TEST STRANDS.** The BETA test strand facility has a *pre-heater* component with a length of 800 mm in diameter of 10 inches having a capacity of 50 kW with 10 preheater heating rods used on the BETA test strand to heat the flow system, with the development of the BETA facility no longer operated, While the new FASSIP-01 strand facility requires a cooling system, and to utilize the *pre-heater* on the BETA test strand the *pre-heater* is modified to a *pre-cooler* with a spiral cooling system connected to the *Heat Sink System* (HSS) system on the strand FASSIP-01. So it is necessary to do research to know the coolant characteristic passively. Then in 2015 made FASSIP-01 strand to study the characteristics of the coolant passively. The activities carried out in 2016 are to modify the *pre-cooler* of the indirect contact system into direct contact and operate the FASSIP-01 strand with the aim of obtaining data on the temperature, power, frequency and fluid flow rate required to support the passive safety system research. The modification of the *pre-cooler* from indirect contact into direct contact has succeeded in lowering the original temperature of 24°C to below 10°C as desired.

**Keywords:** Modification, *pre-heater*, *pre cooler*, natural circulation, cooling.

### PENDAHULUAN

Peningkatan keamanan dan keselamatan PLTN saat ini telah menggunakan konsep sistem keselamatan pasif. Sistem pasif merupakan sistem pembuangan kalor dengan mengasumsikan tidak tersedianya pompa serta gagal beroperasinya generator diesel [1]. Reaktor nuklir tipe air ringan generasi lanjut (*Advanced Light Water Reactor*, ALWR) telah mengaplikasikan desain dengan memanfaatkan fenomena aliran sirkulasi alami. Aliran sirkulasi alami adalah suatu fenomena akibat adanya gaya apung yang terjadi karena perbedaan densitas fluida. Sirkulasi alami suatu fenomena yang sangat penting dimana fenomena tersebut berkaitan langsung dengan keselamatan reaktor nuklir, ketika sistem aktif (pompa) mengalami kegagalan beroperasi [2,3].

Untai *termosiphon* merupakan untai tertutup untuk menggambarkan alat penukar kalor yang memiliki kemampuan memindahkan kalor dari suatu area sumber kalor yang bertemperatur panas ke area lebih dingin dengan jarak tertentu [4]. Selanjutnya untuk mendalami teknologi sistem pasif telah dibuat fasilitas eksperimen yaitu untai Fasilitas Simulasi Sistem Pasif (FASSIP-01)

Komponen *pre-heater* mempunyai ukuran panjang 800 mm dengan diameter 10 inci dengan posisi horizontal sedangkan *pre-heater* berfungsi untuk memanaskan sistem aliran pada FASSIP-01, *pre-heater* mempunyai batang pemanas sebanyak 10 batang pemanas masing-masing mempunyai daya sebesar 5 kW dengan total kapasitas daya sebesar 50 kW, sistem pengoperasian *pre-heater* dengan cara manual yaitu dengan menghidupkan main contact breaker (MCB) sebanyak 9 buah sedangkan yang satu batang pemanas dikendalikan dengan sistem otomatis ini untuk menjaga temperatur yang diinginkan dengan sistem *on-off*.

Sedangkan komponen *pre-cooler* mempunyai ukuran 800 mm dengan diameter 10 inci dengan posisi horizontal sedangkan *pre-cooler* berfungsi untuk mendinginkan sistem rektanguler pada FASSIP-01, *pre-cooler* didalamnya dipasang lilitan pipa tembaga dengan ukuran diameter 3/8 inci sepanjang 600 mm.

Kegiatan yang dilakukan pada Penelitian terdiri dari 2 kegiatan yaitu modifikasi sistem pendingin pada untai *Heat Sink System* (HSS) dan pengoperasian Untai FASSIP-01 untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk mendukung penelitian sistem keselamatan pasif. Sistem keselamatan pasif atau FASSIP-01 terdiri dari dua untai yaitu rektanguler untai dan untai HSS. Rektanguler untai merupakan untai primer dengan komponen utama *Cooler*, *Heater*, Tangki Ekspansi dan pemipaan dimana sirkulasi alami fluida terjadi akibat adanya perbedaan temperatur pada kedua sisi. Sedangkan HSS mempunyai dua untai yaitu untai sekunder yang terhubung dengan *cooler* pada untai rektanguler dan untai tersier yang merupakan untai pendinginan terhubung dengan *air conditioner* (AC) dengan kekuatan 1 PK [5]. Pada awalnya sistem pendingin pada HSS menggunakan pendingin dengan metode tube 2 inci yang dililitkan oleh tube tembaga *refrigerant*, dimana pipa tembaga spiral untai tersier dililitkan diluar pipa sekunder [6]

Namun penggunaan model lilitan tersebut ternyata tidak mendapatkan hasil pendinginan yang sesuai dengan yang diperlukan untuk penelitian. Sehingga perlu dilakukan modifikasi pada sistem pendinginan pada untai HSS karena temperatur hanya mencapai 24°C. sedangkan kebutuhan penelitian mencapai temperatur 10°C. Diperlukan modifikasi dengan metode pendinginan dari *refrigerant* langsung ke fluida kerja (air) [7]. Untuk memenuhi hal ini fungsi tangki *pre-heater* diubah menjadi *pre-cooler* yang dimaksudkan untuk mendinginkan air secara langsung dari tube tembaga *refrigerant*.

Kegiatan modifikasi meliputi pembongkaran *pre-heater* dan mengeluarkan beberapa *heater* nya, penyambungan pipa tembaga spiral dengan untai tersier, pemasangan tembaga ke dalam *pre-heater*. Dengan dimodifikasinya sistem pendingin dari kontak tak langsung menjadi kontak langsung pada HSS diharapkan sistem pendingin dapat berfungsi dengan efektif dan menghasilkan pendinginan sesuai dengan kebutuhan penelitian yang akan dilakukan.

Kegiatan selanjutnya adalah pengoperasian Untai FASSIP-01, dimana tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam pengoperasian tersebut meliputi komisioning statik, komisioning dinamik, eksperimen dengan skenario daya terkendali. Melalui tahapan-tahapan tersebut akan diperoleh data pengukuran temperatur, daya listrik, frekuensi dan laju alir fluida yang sangat diperlukan untuk mendukung penelitian tentang sistem keselamatan pasif.

## TATA KERJA

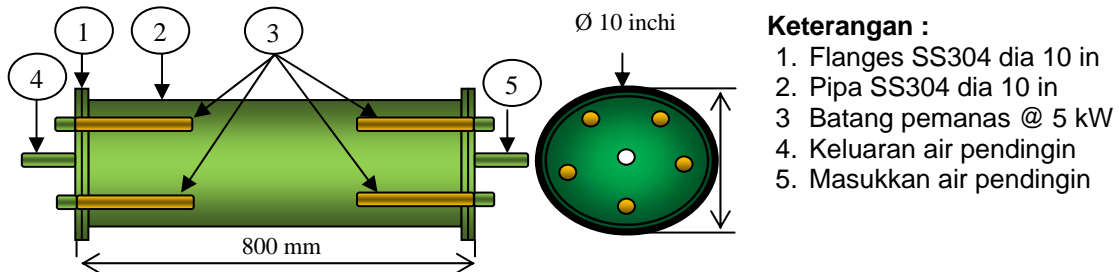
### Fabrikasi

Langkah pertama :

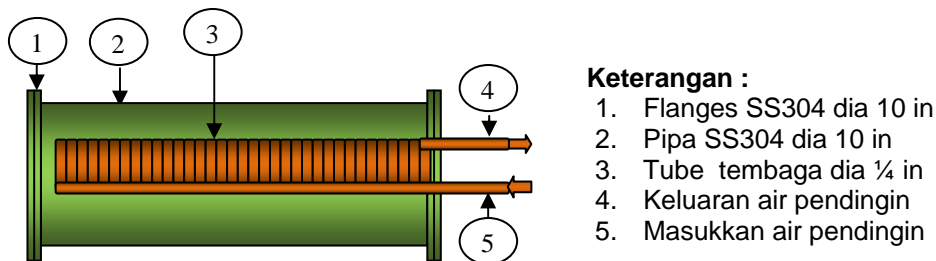
*Pre-heater* adalah komponen pemanas yang terbuat dari *stainless steel* 304 dengan diameter 10 inci, panjang 800 mm mempunyai batang pemanas sebanyak 10 batang dengan masing-masing batang pemanas mempunyai daya 5 kW dan kapasitas total daya 50 kW dengan sistem pengoperasian 9 batang pemanas secara manual memakai MCB dan satu batang pemanas memakai sistem otomatis dengan cara *on-off* dapat dilihat pada Gambar 1.

Langkah kedua :

*Pre-cooler* adalah komponen pendingin yang hasil dari dimodifikasinya *pre-heater* menjadi pendingin, yang didalamnya ada lilitan pipa tembaga dengan diameter 0,25 mm dililit sepanjang 600 mm dan disambungkan dengan untai HSS seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. *Pre-heater*



Gambar 2. *Pre-Cooler*

Langkah ketiga :

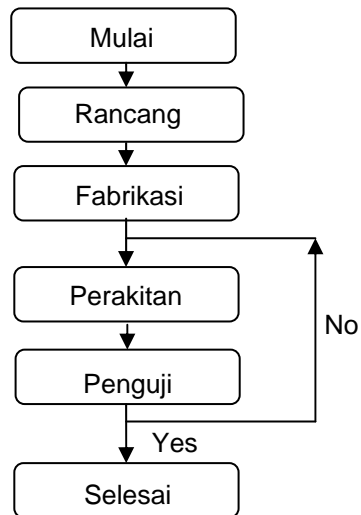
Langkah kerja yang dilakukan dalam rancangan kerangka penyokong dan pemipaan FASSIP-01 dan diagram alur dan pengujian dapat dilihat pada Gambar 1 adalah sebagai berikut :

1. Konsep rancangan  
Melakukan konsep perancangan dengan tujuan untuk menjadi rancangan final.
2. Fabrikasi  
Melakukan pekerjaan pemipaan dan pembuatan kerangka penyokong serta pembuatan tangki pendingin maupun tangki pemanas sesuai dengan rancangan final
3. Perakitan.  
Melakukan perakitan pemipaan pada kerangka penyokong pada sistem FASSIP-01  
Pengujian tangki ekspansi terkondisi.
4. Pengujian.

Melakukan pengujian hidrostatis dengan mengisi air pada sistem FASSIP-01 terhadap unjuk kerja kebocoran pemipaan dan tangki pendingin maupun tangki pemanas dengan memberi tekanan pada sistem FASSIP-01 dengan tekanan 2 bar selama 1 jam untuk melihat apakah terdapat kebocoran setiap sambungan pipa ataupun pada las-lasan. Alur kegiatan yang dilakukan untuk modifikasi *pre-cooler* penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

#### Tahapan kerja pengoperasian FASSIP-01

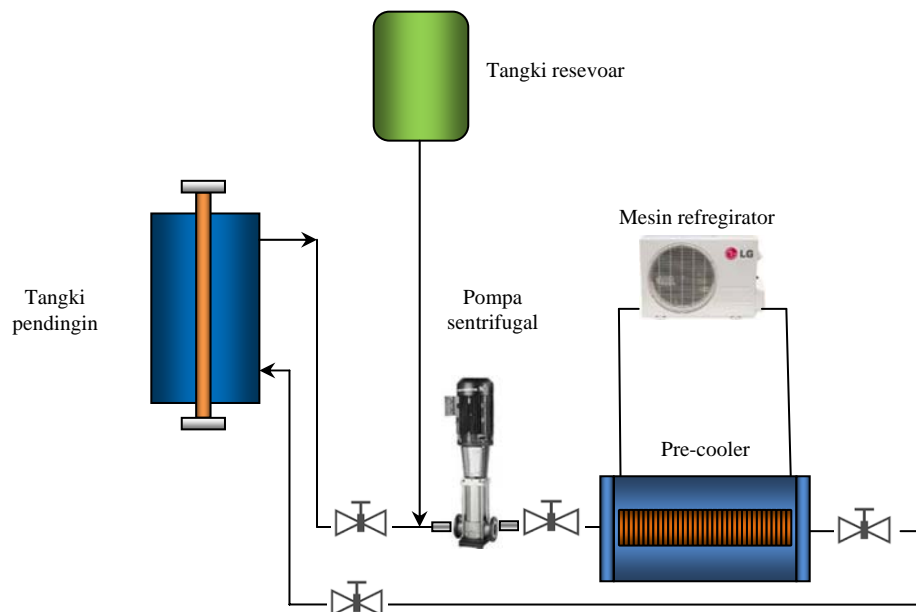
Untuk kegiatan ini diawali dengan pekerjaan perancangan setelah itu menyiapkan bahan untuk pekerjaan pabrikasi untuk semua pekerjaan pabrikasi selesai dilanjutkan dengan pekerjaan perakitan, peralatan tersebut harus melalui pengujian untuk melihat performa dari peralatan tersebut, apabila masih menemukan kebocoran dikembalikan ke pekerjaan -



**Gambar 2.** Diagram Alur Proses dan Pengujian

perakitan untuk dikerjakan pengecekan dan di uji kembali apabila sudah tidak ditemukan kebocoran dan alat tersebut dapat dioperasikan untuk penelitian.

Pengoperasian FASSIP-01 dibagi menjadi 2 bagian yaitu pertama sistem rektangular dan yang kedua sistem *heat sink*. Sistem rektangular akan beroperasi apabila di sistem tersebut ada pemanasan dan pendinginan dan aliran tersebut mengalir secara alamiah. Sedangkan untuk sistem *heat sink* air pendingin didinginkan oleh sistem AC yang masuk ke *pre-cooler* dan air *pre-cooler* masuk ke tangki pendingin untuk mendinginkan sistem rektangular begitu seterusnya dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Rangkaian *heat sink system* (HSS)

Prosedur Pengoperasian FASSIP-01 sebagai berikut :

1. Menyiapkan peralatan komputer untuk pengambilan data.
2. Menyiapkan panel listrik untuk menghidupkan *heater*.
3. Menyiapkan peralatan HSS.
4. Cek katup-katup pada HSS.
5. Cek sistem kelistrikan untuk *flowmeter* pada HSS.

Pengoperasian HSS sebagai berikut :

- Buka katup masukkan pompa.
- Buka katup keluaran *pre-cooler*
- Buka katup keluaran pompa
- Tutup sistem *by-pass*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan selesainya modifikasi *pre-heater* menjadi *pre-cooler* maka dilakukan uji coba pengoperasian sistem pendingin pada FASSIP-01, dan hasilnya berjalan dengan baik. Data yang didapat hasil uji coba mampu mendapatkan temperatur yang diinginkan yaitu 3 °C, Terlihat perbedaan temperatur antara pembacaan analog dan digital, bahwa temperatur digital lebih dingin dikarenakan posisi lilitan tembaga menempel pada sensor temperatur digital

Penyiapan bahan dan alat

Bahan :

1. Pipa tembaga 0,25 inchi
2. Isolasi *thermaflex*
3. Kawat tembaga

Peralatan :

1. Kunci pas, ring, L
2. DAS dan PC

Data teknis *pre-cooler*

Bahan	= stainless steel
Panjang	= 800 mm
Diameter	= 10 inchi
Volume	= 25,9 liter

Melakukan pekerjaan melilit pipa tembaga dengan diameter 0,25 mm untuk dijadikan evaporator dengan diameter lilitan 3 inchi dengan panjang lilitan 600 mm yang diletakan pada dudukan batang pemanas, pekerjaan selanjutnya mengerjakan penyambungan pipa evaporator dengan HSS dengan teknik pematrian dengan gas LPG, pekerjaan berikutnya melakukan pekerjaan mengisolasi *pre-cooler* dengan bahan *termaflex*, ini untuk mengkondisikan air dingin yang ada di *pre-cooler* dapat dipertahankan temperaturnya dapat dilihat pada Gambar 4



Lilitan evaporator dalam *Pre-cooler*



Pematrian pipa evaporator



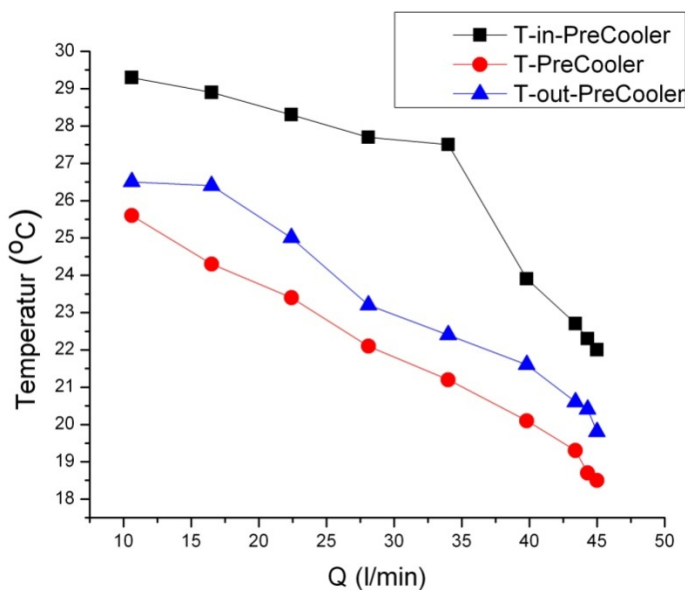
Penyambungan mesin refrigerator



Isolasi Pre-cooler dengan Thermaflex

**Gambar 4.** Kegiatan pekerjaan pembuatan pre-cooler

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan debit aliran terhadap temperatur air yang masuk ke *Pre-cooler* [ $T_{in-Pc}$ ] dan temperatur air yang keluar dari *Pre-cooler* [ $T_{out-Pc}$ ] serta temperatur di *Pre-cooler* [ $T_{pc}$ ]. Perubahan debit aliran dilakukan dengan merubah frekuensi pompa dan dari grafik terlihat semakin besar debit air ketiga temperatur di *Pre-cooler* semakin naik. Begitu juga terjadi pada temperatur yang masuk ke tangki *Cooler* [ $T_{in-C}$ ] dan Temperatur yang keluar dari tangki *Cooler* [ $T_{out-C}$ ]<sup>[5]</sup>



**Gambar 5.** Grafik hasil uji coba *pre-cooler*

## KESIMPULAN

Dalam memodifikasi pre-heater menjadi *pre-cooler* dari sistem kontak tak langsung menjadi kontak langsung, ternyata kontak langsung lebih efektif dibandingkan dengan sistem kontak tak langsung karena pipa pendingin bersentuhan langsung ke fluida kerja (air), dan hasilnya dapat mencapai temperatur dibawah 10°C yang semula hanya mencapai 24°C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada teman-teman di Universitas Ibnu Khaldun (UIK) yang telah membantu untuk modifikasi Sistem Pendingin dan Pengoperasian Untai FASSIP-01, penelitian ini dibiayai oleh DIPA PTKRN, BATAN tahun 2016.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

1. CHANG, S.H., KIM, S.H., CHOI, J.Y., "Design of Integrate Passive Safety System (IPSS) for Ultimate Passive Safety System of Nuclear Power Plants", Nuclear Engineering and Design, Vol.260, pp.104-120 (2013).
2. MULYA JUARSA, ARIEF GOERITNO, ASEP SUHERI, IWAN SUMIRAT, DEWANTO SAPTOADI, ANDIKA NURCAHYO, "Studi Eksperimental Laju Aliran Massa Air Berdasarkan Perubahan Sudut Kemiringan Untai Pada Kasus Sirkulasi Alamiah Menggunakan Untai Simulasi Sirkulasi Alamiah (USSA-FT01)", Material dan Energi Indonesia, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjajaran, Volume 01, No. 01, Bandung (2011).
3. WANG YAN, "Preliminary Study for The Passive Containment Cooling System Analysis of The Advanced PWR", Energy Procedia 39, pp.240-247 ( 2013 ).
4. IAEA-TECDOC-1474, "Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants",. IAEA, November, Vienna (2005).
5. A.G. ABDULLAH, Z. SU'UD," Analisis Kecelakaan Reaktor Akibat Kegagalan Pembuangan Panas Pada Reaktor Nuklir Generasi IV", Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, no.8, pp.106-114 (2012).
6. UMARYADI, "Modul Pengelasan, Pematiran, Pemotongan Dengan Panas Dan Pemanasan", Penerbit Yudistira, Bogor (2007)
7. DARYANTO, "Tehnik Pendinginan" kode buku YWA3399005, penerbit YRAMA WIDYA
8. AINUR ROSIDI, SAGINO, "Eksperimen Awal Aliran Sirkulasi Alamiah pada Simulasi Keselamatan Pasif", Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir, Volume 18, Nomor 2 (2014).
9. GIARNO, MULYA JUARSA, G.B.HERU K, JOKO PRASETIO W, "Perancangan sistem *heat-sink* untai FASSIP-01 menggunakan *software Cycle-Tempo*", Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir, BATAN-Bali (2015).
10. JP.HOLMAN, "Perpindahan Kalor", Erlangga, Edisi 6, Jakarta (1988).
11. Manual Software Origin Pro 8, Origin Lab Corporation, USA (2010)

**HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN**