

PENGUJIAN KEBOCORAN WATER HEATING TANK PADA UNTAI FASSIP-02

**Giarno, Mukhsinun Hadi Kusuma, Mulya Juarsa, Anhar Riza Antariksawan,
Joko Prasetio Witoko, Dedy Haryanto**

Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir - Badan Tenaga Nuklir Nasional
Gedung 80 Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, Banten
Telp. (021)7560912, Fax. (021)7560913
e-mail: giarno@batan.go.id

Abstrak

Teknologi keselamatan di beberapa desain Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) generasi III⁺ dan IV menggunakan sistem pendingin pasif untuk mengambil panas peluruhan yang dihasilkan oleh reaktor, khususnya pada kondisi kecelakaan. Penelitian dan pengembangan tentang fenomena sistem pendinginan secara pasif telah dilakukan di Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dengan membuat untai uji Fasilitas Simulasi Sistem Pasif-01 (FASSIP-01). Untai uji tersebut telah dikembangkan dengan mendisain sebuah untai baru yang dinamakan untai uji Fasilitas Simulasi Sistem Pasif-02 (FASSIP-02). Fasilitas uji yang dikembangkan terdiri dari komponen utama yaitu water heating tank (WHT), water cooling tank (WCT) dan sistem pemipaan. Untuk mempelajari fenomena sistem pasif, akan melakukan eksperimen sirkulasi alam menggunakan untai FASSIP-02. Tujuan penelitian adalah untuk melakukan uji kebocoran pada WHT agar tidak terjadi kebocoran ketika melakukan eksperimen sirkulasi alam menggunakan fasilitas uji untai FASSIP-02. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan memprediksi lokasi yang mungkin akan terjadi kebocoran lalu akan dilakukan pengujian tekanan hidrostatik. Pengujian dilakukan secara bertahap yaitu dengan memberi tekanan hidrostatik mulai 1 bar hingga 5 bar, dengan setiap interval 1 bar didiamkan selama 5 menit untuk investigasi terjadi kebocoran pada WHT. Pengujian tekanan hidrostatik dihentikan apabila ditemukan kebocoran untuk dilakukan terlebih dahulu perbaikan, lalu dilanjutkan pengujian hingga tekanan WHT mencapai 5 bar. Pada tekanan hidrostatik mencapai 5 bar dan sudah tidak ada kebocoran, pengujian didiamkan selama 5x24 jam atau 120 jam dan dari pengamatan diperoleh hasil yaitu WHT dinyatakan sudah aman dan siap dioperasikan untuk melakukan eksperimen sirkulasi alam.

Kata kunci: water heating tank, kebocoran, uji hidrostatik, FASSIP-02.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia dalam pemenuhannya didominasi oleh sumber energi konvensional dan perlu dikurangi karena ketersediaannya yang semakin menipis. Agar tidak terjadi kelangkaan sumber energi tersebut untuk generasi masa depan, maka perlu dipikirkan terobosan sebuah sumber energi baru dan terbarukan. Salah satu energi baru dan terbarukan tersebut adalah energi nuklir [1].

Pemanfaatan teknologi tenaga nuklir pada pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) perlu ditingkatkan keselamatannya, karena adanya kejadian kecelakaan yang diakibatkan oleh pemanfaatan PLTN di dunia. Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan tersebut adalah gagalnya pengambilan panas sisa yang dihasilkan oleh bahan bakar reaktor karena tidak berfungsinya sistem pendingin ketika terjadi *station blackout* (SBO) [2]. Reaktor generasi III sebagian besar hanya memanfaatkan sistem pendingin aktif untuk mengambil panas yang dihasilkan ketika reaktor beroperasi normal ataupun pada saat terjadi kecelakaan. Mengacu pada upaya peningkatan keselamatan saat ini telah dikembangkan sistem pendingin pasif pada generasi III⁺ dan IV [3].

Aplikasi penggunaan sistem pasif untuk pengambilan panas sisa yang dihasilkan ketika terjadi kecelakaan di reaktor telah dilakukan penelitian oleh banyak peneliti.

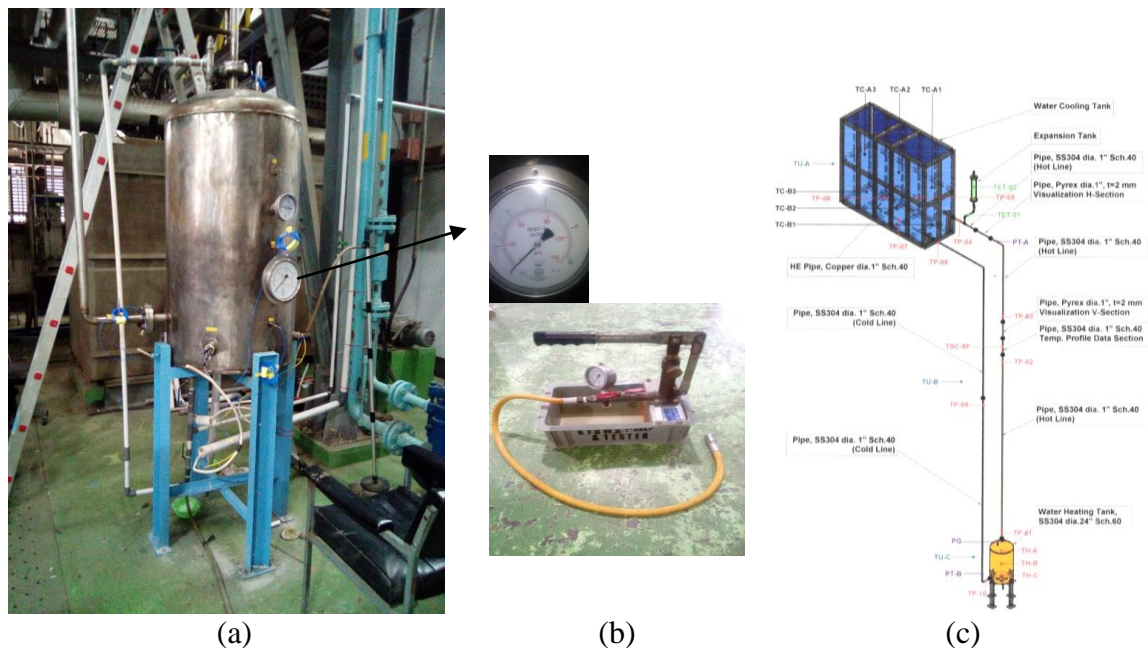
Penelitian fenomena sirkulasi alamiah yang dilakukan Rabiee et.al menunjukkan perubahan fluks panas menyebabkan ketidakstabilan yang fluktuasi terhadap laju aliran massa air [4]. Simulasi sistem perpindahan panas sisa ke lingkungan secara pasif pasca kecelakaan pada di *spent fuel storage pool* reaktor nuklir telah dilakukan dengan program RELAP5 oleh M.H. Kusuma et.al dengan menggunakan pemodelan alat uji *heat pipe* [5]. Untuk memperdalam studi tentang sistem pendingin pasif di sistem reaktor, saat ini di laboratorium Termohidrolika PTKRN-BATAN telah memiliki untai Fasilitas Simulasi Sistem Pasif-01 (FASSIP-01) dengan perancangan *heat sink system* menggunakan *software Cycle-Tempo* dalam penentuan *coefficient of performance* fluida kerja sistem *refrigerasi* [6]. Untai FASSIP-01 terdiri dari untai rektangular dan untai *heat sink system*, hasil analisis laju aliran massa di *cooler tank* telah dilakukan oleh Giarno at.al [7], sedangkan fenomena laju aliran fluida sirkulasi alamiah yang terjadi di untai rektangular untai FASSIP-01 telah dipelajari oleh Mulya Juarsa at.al [8]. Pemodelan RELAP5 Mod3 untuk mempelajari fenomena beda ketinggian antara *sumber air panas* dan sumber air dingin untai FASSIP-01 telah dilakukan oleh Andy Sofrani Ekariansyah [9].

Dalam rangka pengembangan studi sistem pendingin pasif, maka saat ini telah dibuat konstruksi untai uji Fasilitas Simulasi Sistem Pasif-02 (FASSIP-02). Untai FASSIP-02 terdiri dari *water heating tank* (WHT), *water cooling tank* (WCT) dan sistem pemipaan. WHT adalah bagian utama untai FASSIP-02 karena merupakan simulasi dari sebuah reaktor nuklir dan WCT sebagai kolam air pendingin. Eksperimen sirkulasi alam menggunakan untai FASSIP-02 dengan cara memanaskan air dalam WHT yang berasal dari 4 buah elemen pemanas (*heater*) yang masing-masing berkapasitas 5 kW [10]. Kenaikan temperatur dalam WHT akan menyebabkan naiknya tekanan, sehingga kemungkinan terjadinya kebocoran dapat terjadi. Agar tidak terjadi kebocoran ketika proses pemanasan air dalam WHT, maka akan dilakukan pengujian kebocoran pada WHT menggunakan alat uji tekanan hidrostatik (*hydrostatic tester*).

Tujuan penelitian adalah untuk melakukan uji kebocoran pada WHT agar tidak terjadi kebocoran ketika melakukan eksperimen sirkulasi alam menggunakan fasilitas uji untai FASSIP-02. Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang diakibatkan oleh gaya yang ada pada zat cair terhadap luas bidang tekan (dasar WHT) pada kedalaman tertentu (ketinggian pemipaan dari WHT ke WCT) [11].

METODOLOGI

Metodologi penelitian atau pendekatan pemecahan masalah yang dilakukan adalah memprediksi lokasi yang mungkin terjadi bocor pada WHT ketika proses pemanasan air karena adanya kenaikan temperatur yang menyebabkan naiknya tekanan. Untuk menguji ketahanan kemudian melakukan uji tekanan hidrostatik pada WHT yang berisi air dengan langkah kerja yaitu dengan menutup pipa inlet dan outlet WHT dengan *blind packing* diantara 2 buah flens. Menyiapkan dan menghubungkan slang alat uji hidrostatik ke pipa diameter 3/8" pada WHT. Mengisi air ke dalam WHT sampai penuh dan menutup katup inlet dan outlet. Menaikkan tekanan pada alat uji hidrostatik mulai 1 bar dan tunggu selama 5 menit untuk melakukan pengamatan apakah ada yang bocor. Apabila tidak ada kebocoran pada WHT, kemudian menaikkan tekanan alat uji hidrostatik menjadi 2 bar. Apabila ditemukan kebocoran pada WHT, menghentikan pengujian hidrostatik dan melakukan perbaikan kebocoran. Setelah selesai melakukan perbaikan kebocoran, melakukan pengujian kembali mulai tekanan 1 bar dengan langkah seperti langkah awal pengujian hingga tekanan hidrostatik mencapai 5 bar. Ketika tekanan WHT telah mencapai 5 bar dan tidak ada kebocoran, selanjutnya diamankan selama 5 x 24 jam dan setiap hari diamati.



Gambar 1. (a) Photo WHT, (b) Alat uji hidrostatik dan *pressure gauge*, (c) Skema untai FASSIP-02

Gambar 1(a) menunjukkan WHT dengan dilengkapi 4 buah *heater* dan 2 buah alat ukur *gauge* serta 3 buah pipa termokopel. Gambar 1(b) menunjukkan alat ukur hidrostatik yang akan dihubungkan dengan slang ke dinding WHT dan untuk pembacaan tekanan dapat diamati pada *pressure gauge* yang terpasang pada dinding WHT. Gambar 1(c) menunjukkan skema untai FASSIP-02 dengan ketinggian sistem pemipaan 11 m antara WHT dan WCT.

Data awal yang diperlukan adalah prediksi lokasi yang mungkin akan terjadi kebocoran yaitu hasil pengelasan pada dinding dasar dan penutup, hasil pengelasan pipa tempat pemasangan alat ukur tekanan dan temperatur serta drad ulir pemasangan *heater*.

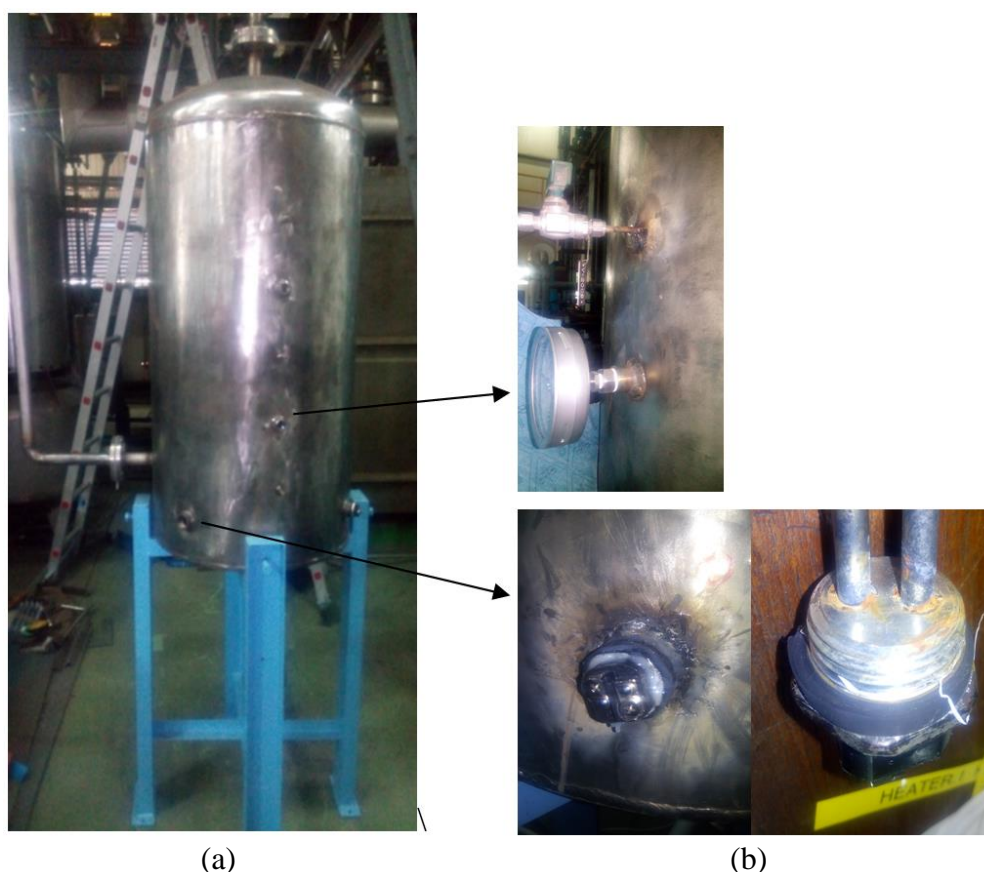
Batasan tekanan pada alat uji hidrostatik akan dihitung dengan persamaan tekanan [11] (White, 1986) yaitu:

$$p = \rho \cdot g \cdot h. \tag{1}$$

dengan: p = tekanan (N/m^2 atau Pa), ρ = massa jenis air (1000 kg/m^3), g = percepatan gravitasi (10 m/s^2), h = ketinggian antara WHT dan WCT (11 m).

Berdasarkan persamaan (1) diperoleh tekanan hidrostatik pada WHT sebesar 110000 N/m^2 atau 1,1 bar dan ditambah 1 atm menjadi tekanan absolut sebesar 2,1 bar. Selanjutnya pada pengujian kebocoran WHT menggunakan alat uji hidrostatik agar lebih aman, maka akan dilakukan sampai tekanan 5 bar pada WHT.

Pada Gambar 2 menunjukkan lokasi yang mungkin akan terjadi kebocoran, untuk mempermudah dalam pengamatan kebocoran.



Gambar 2. (a) Photo WHT, (b) lokasi yang mungkin terjadi kebocoran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tekanan hidrostatik diawali dengan menaikkan tekanan alat uji hidrostatik dari 0 menjadi 1 bar, kemudian melakukan pengamatan pada lokasi yang diprediksi terjadi kebocoran selama 5 menit. Berdasarkan dari hasil pengamatan tidak ditemukan kebocoran. Alat uji hidrostatik kemudian dinaikkan menjadi 2 bar, dari hasil pengamatan ditemukan kebocoran pada drad ulir sambungan *heater* no.1, seperti pada Gambar 2(a), tekanan dipertahankan selama 5 menit, karena tidak ada lokasi lain yang bocor, tindakan selanjutnya adalah menurunkan tekanan alat uji hidrostatik hingga 0 dan mengosongkan air tangki untuk melakukan perbaikan kebocoran.

Melakukan pengujian tekanan hidrostatik pasca perbaikan dengan menaikkan tekanan hingga 3 bar dan ditunggu selama 5 menit untuk mengamati kebocoran. Berdasarkan hasil pengamatan telah ditemukan kebocoran pada hasil pengelasan *heater* no.3. Menghentikan pengujian tekanan hidrostatik, untuk melakukan perbaikan terlebih dahulu.

Selesai perbaikan pada pengelasan, melanjutkan pengujian tekanan hidrostatik kembali dengan tekanan hingga mencapai 4 bar dan diamkan selama 5 menit untuk mengamati apakah terjadi kebocoran. Dari hasil pengamatan telah ditemukan kebocoran pada hasil pengelasan pipa 3/8" (tempat termokopel). Kemudian menghentikan pengujian tekanan hidrostatik, untuk melakukan perbaikan terlebih dahulu.

Tindakan perbaikan dilakukan dengan pengelasan ulang sampai pengelasannya sempurna, selanjutnya menguji ulang tekanan hidrostatik hingga tekanan mencapai 5 bar. Selama 5 menit didiamkan, lalu melakukan pengamatan dan diperoleh kebocoran pada

hasil pengelasan dinding dasar, seperti langkah sebelumnya yaitu menghentikan pengujian dan melakukan perbaikan dengan melakukan pengelasan pada bagian yang bocor.

Pengujian tekanan hidrostatik dilakukan kembali setelah selesai perbaikan dengan menaikkan tekanan WHT hingga 5 bar dan mendinginkan selama 5 menit untuk mengamati apakah masih terdapat kebocoran dan hasil pengamatan sudah tidak ada lagi kebocoran, selanjutnya mendinginkan tekanan hidrostatik pada tekanan 5 bar selama 5 x 24 jam dan setiap hari melakukan pengamatan.

Hasil pengamatan terhadap WHT setiap hari selama 120 jam diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian kebocoran selama 5 x 24 jam

No.	Pengujian hari ke	Tekanan (bar)	Keterangan
1.	1	5,0	Tidak ada penurunan tekanan
2.	2	5,0	Tidak ada penurunan tekanan
3.	3	4,8	Turun 0,2 bar
4.	4	4,6	Turun 0,4 bar
5.	5	4,4	Turun 0,6 bar

Dari Tabel 2 menunjukkan penurunan tekanan pada hari ketiga yaitu dari 5 bar menjadi 4,8 bar, kemudian dilakukan pengamatan terjadinya penurunan tekanan yang berarti terdapat kebocoran. Hasil pengamatan ditemukan kebocoran pada sambungan slang alat uji hidrostatik ke pipa 3/8" WHT, sedangkan pada hari keempat terjadi penurunan tekanan menjadi 4,6 bar dan hari kelima terjadi penurunan tekanan menjadi 4,4 bar. Setelah diamati pada WHT hanya satu lokasi yang bocor sebagai penyebab turunnya tekanan, maka WHT dianggap sudah dinyatakan baik karena pada penyambungan slang alat uji hidrostatik ke tangki WHT bersifat sementara.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba kebocoran menggunakan alat hidrostatik tahap pertama masih ditemukan kebocoran di beberapa tempat pada WHT, kemudian setelah diperbaiki dan dilakukan pengujian tahap kedua selama 120 jam, telah diperoleh hasil baik yaitu tidak ada kebocoran pada WHT, dengan demikian WHT sudah dapat digunakan untuk eksperimen sirkulasi alam menggunakan untai FASSIP-02.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Kepala PTKRN-BATAN dan Kepala BPFKR, atas disediakan fasilitas bengkel dan fasilitas lainnya di laboratorium Termohidrolika dan program INSINAS Kementerian Ristekdikti dengan Nomor Kontrak: 02/INS-2/PPK/E/E4/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Jose Reyes (2005). *Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants Phenomena, models, and methodology for system reliability assessments*. Dr. Jose Reyes (USA).
- [2]. IAEA-TECDOC-1264 (2009). *Natural Circulation in Water Cooled Nuclear Power Plants*. IAEA, November, Vienna, Austria.

- [3]. Santini, Lorenzo, Papini, Davide, & Ricotti, Marco E. (2009). *Experimental Characterization of a Passive Emergency Heat Removal System for a GenIII*. Science and Technology of Nuclear Installations.
- [4]. Rabiee, Ataollah, Mirzaee, Mohammad Mehdi, Nematollahi, Mohammad Reza, & Atf, Alireza (2016). *Experimental and numerical investigation of natural circulation stability of the SHUNCL thermal-hydraulic loop*. Progress in Nuclear Energy, 93, 386-396.
- [5]. Mukhsinun Hadi Kusuma, Nandy Putra, Surip Widodo & Anhar Riza Antariksawan (2016). *Simulation of Heat Flux Effect in Straight Heat Pipe as Passive Residual Heat Removal System in Light Water Reactor Using RELAP5 Mod 3.2*. Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.
- [6]. Giarno, Mulya Juarsa, Joko Prasetio W. (2015). *Perancangan sistem heat-sink untai FASSIP-01 menggunakan software Cycle-Tempo*. Prosiding SENTEN.
- [7]. Giarno, Joko Prasetio W., Agus Nurrahman (2017). *Analisis Laju Aliran Air di Cooler pada Heat Sink System Untai FASSIP*. SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir.
- [8]. Juarsa, Mulya, Giarno, K., G.B.Heru K., Dedy Haryanto, & Joko P.W. (2016). *Passive System Simulation Facility (FASSIP) loop for Natural Circulation Study*. Prosiding SENTEN.
- [9]. Andi Sofrany Ekariansyah, Hendro Tjahjono, Mulya Juarsa & Surip Widodo (2016). *Analysis Of The Effect Of Elevation Difference Between Heater And Cooler Position in the FASSIP-01 Test Loop Using Relap5*. SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir.
- [10]. Mulya Juarsa, Nandy Putra, Anhar Riza Antariksawan & Mukhsinun Hadi Kusuma (2017). *Pengembangan sistem pendingin pasif untuk manajemen kecelakaan reaktor nuklir menggunakan heat pipe*. Laporan akhir tahun program Insinas Riset Pratama Kemitraan.
- [11]. Frank M. White (1986). *Mekanika Fluida*. Edisi kedua, jilid 1, Erlangga, Jakarta.