

FASILITAS UJI PLTN TIPE AP-600

(Masdin, Sahala M. Lumbanraja)¹⁾

Abstrak

FASILITAS UJI PLTN TIPE AP-600. Ciri khas yang menarik dari PLTN Maju ini adalah penerapan sistem keselamatan pasif dan penyederhanaan di segala aspek termasuk konstruksi. PLTN Maju dibangun bila desain konsepnya telah berbentuk desain detil sehingga pembangunannya dilaksanakan tanpa membangun PLTN prototip lebih dahulu. Untuk itulah maka keperluan simulasi fisik dan teknis sistem pada fasilitas uji menjadi penting. *Westinghouse Electric Corporation (WEC)* telah mendirikan beberapa fasilitas uji baik dengan pengelolaan sendiri maupun bekerja sama dengan pihak luar seperti universitas dan lembaga penelitian lainnya. Hasil uji simulasi terhadap unjuk kerja sistem akan dievaluasi terus-menerus dan dibandingkan dengan hasil perhitungan independen oleh pihak WEC untuk melengkapi dokumen SSAR (*Standard Safety Analysis Report*). Selanjutnya diperiksa oleh badan berwenangan Amerika Serikat, yakni USNRC (*United State - Nuclear Regulatory Commission*), untuk memperoleh *Sertifikat Desain*. Pada makalah ini disajikan deskripsi beberapa fasilitas uji yang ada. Deskripsi ini akan memperlihatkan pada kita betapa seriusnya manajemen kerja yang dilaksanakan oleh WEC dalam mengembangkan PLTN tipe AP-600 sebagai PLTN masa depan. Secara independen, USNRC juga melakukan studi banding dengan menggunakan hasil simulasi pada untai termohidrolik LSTF (*Large Scale-Test-Facility*) milik JAERI-Jepang.

Abstract

THE TESTING FACILITIES OF AP-600 PLANT. Characteristics of Advanced PWR are the implementation of passive safety system and simplification in several aspects included construction. Advanced PWR would be constructed when the concept of design has been a detailed design. Therefore the construction of AP-600 could be executed without the construction of its prototype. Because of that, the physical and technical simulation of system in testing facilities will be important. *Westinghouse Electric Corporation (WEC)* has constructed several testing facilities that managed by in-house or cooperative group with universities and other utilities. To obtain *Design Certification* of AP-600, the detailed design of AP-600 has to be appraised by US Authority, USNRC (*United State Regulatory Commission*). This description will show us how seriously the management staff of WEC in developing of AP-600 as an Advanced PWR for the future. Independently, USNRC carry out comparative study by using simulation of LSTF (*Large Scale-Test-Facility*) of JAERI-Japan.

¹⁾ Pusat Pengkajian Teknologi Nuklir - BATAN

I. PENDAHULUAN

Sejak dicanangkan pengembangan PLTN Maju di Amerika Serikat, beberapa vendor telah mengusulkan beberapa konsep PLTN Maju. Ciri khas yang menarik dari PLTN Maju ini adalah penerapan sistem keselamatan pasif dan penyederhanaan desain di segala aspek desain dan konstruksi. PLTN Maju ini dibangun bila desain konsepnya telah berbentuk desain detail sehingga pembangunannya dapat dilaksanakan tanpa membangun prototipnya lebih dahulu.

Disamping itu, *Westinghouse Electric Corporation (WEC)* telah mendirikan beberapa fasilitas uji untuk mengembangkan AP-600, baik dengan pengelolaan sendiri maupun bekerja sama dengan pihak luar seperti universitas dan lembaga penelitian lainnya. Disamping itu, USNRC juga telah membuat kerja sama dengan pihak JAERI untuk melakukan uji simulasi dengan menggunakan untai termohidrolik LSTF (*Large Scale Test Facility*) yang berada di Jepang.

Saat ini masalah uji (*testing*) unjuk kerja dari suatu sistem merupakan suatu hal yang harus dilakukan pada proyek PLTN AP-600. Beberapa alasan yang mendasari keharusan pengujian adalah,

1. Untuk melihat bagaiman desain sistem AP-600 dapat beroperasi sebagaimana diinginkan.
2. Untuk mensyahkan dan melakukan koreksi terhadap pemakaian kode komputer yang digunakan untuk meramal perilaku proses sistem.
3. Untuk menghindari keharusan membangun pembangkit prototip.

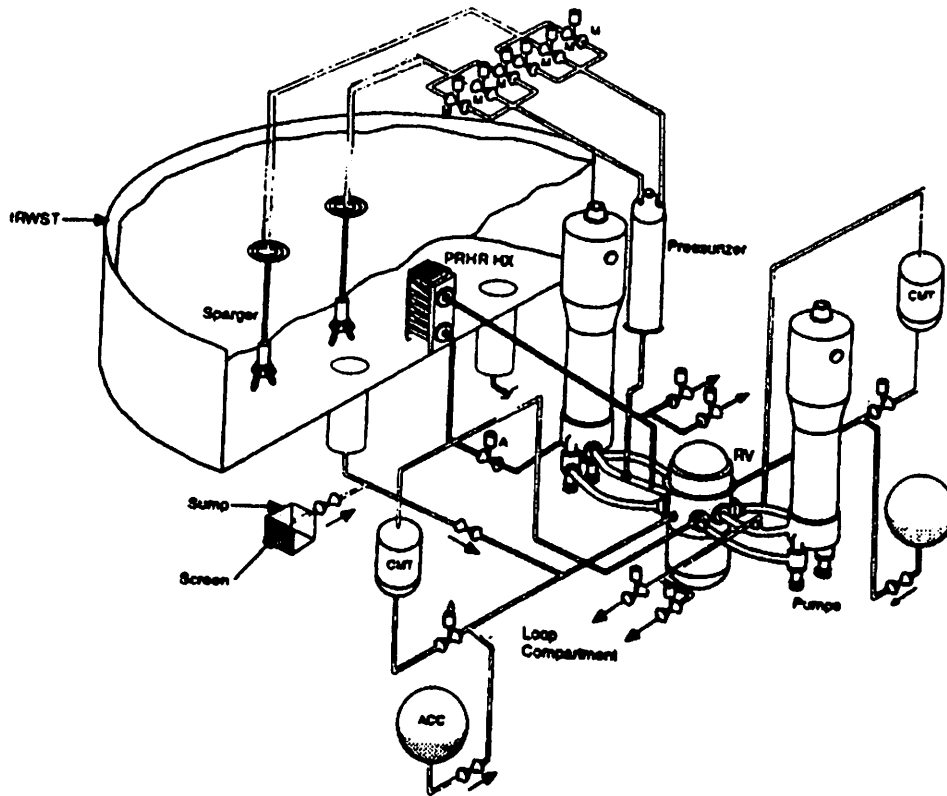
Tulisan ini dimaksudkan untuk menggambarkan secara komprehensif fasilitas uji sistem keselamatan pasif AP-600 dan beberapa komponen penting lainnya.

II. FASILITAS UJI - WESTINGHOUSE

Secara teoritis unjuk kerja sistem keselamatan pasif yang diterapkan pada AP-600 sudah dipahami dan bukan hal yang baru, dan teknologi ini sudah dapat disimulasikan pada PWR konvensional Westinghouse yang telah ada. Program analisis dan uji untuk beberapa ciri keselamatan pasif tetap dilakukan dan tetap disadari bahwa dengan adanya program uji ini akan mengurangi besar faktor ketidakpastian dari perkiraan desain yang diinginkan. Konfigurasi sistem keselamatan pasif AP-600 diperlihatkan pada Gambar 1.

Uji unjuk kerja sistem keselamatan AP-600 dibagi dalam 3 jenis, yakni :

1. Uji yang berhubungan dengan pendinginan teras pasif dan pemindahan panas peluruhan.
2. Uji yang berhubungan dengan pendingin pengungkung pasif.
3. Uji yang berhubungan dengan verifikasi desain komponen.



Gambar 1. Konfigurasi Sistem Keselamatan Pasif AP-600.

II.1. Uji Pendinginan Teras Pasif dan Pemindahan Panas Peluruhan

Uji Pendinginan Teras Pasif dan Pemindahan Panas Peluruhan dilakukan dalam 2(dua) pertimbangan, yakni uji efek terpisah (*separate effect test*) dan uji terintegrasi (*integral test*). Uji efek terpisah merupakan uji yang berhubungan dengan Pembuangan Pasif Panas Sisa dan uji faktor *Departure from Nucleate Boiling Ratio* (DNBR). Pelaksanaan uji efek terpisah telah dilakukan di beberapa tempat, yakni untuk uji pemakaian perangkat Tangki air *make-up* (CMT, *Core Make-up Tank*) dilakukan di Westinghouse Waltz Mills, Amerika Serikat dan uji pemakaian perangkat Sistem Depresurasi Otomatis (ADS, *Automatic Depressurization System*) dilakukan di Cassicia, Italia. Sedangkan uji terintegrasi merupakan simulasi pola laku pembangkit pada kondisi kecelakaan, baik dalam pendinginan jangka pendek maupun jangka panjang. Uji pendinginan jangka pendek dilakukan pada untai termohidrolik SPES-2 yang berada di Piacenza - Italia, sedangkan uji pendinginan jangka panjang dilakukan pada fasilitas eksperimen universitas negara bagian Oregon (OSU, *Oregon State University*) - Amerika Serikat.

II. 1. 1. Uji Efek Terpisah

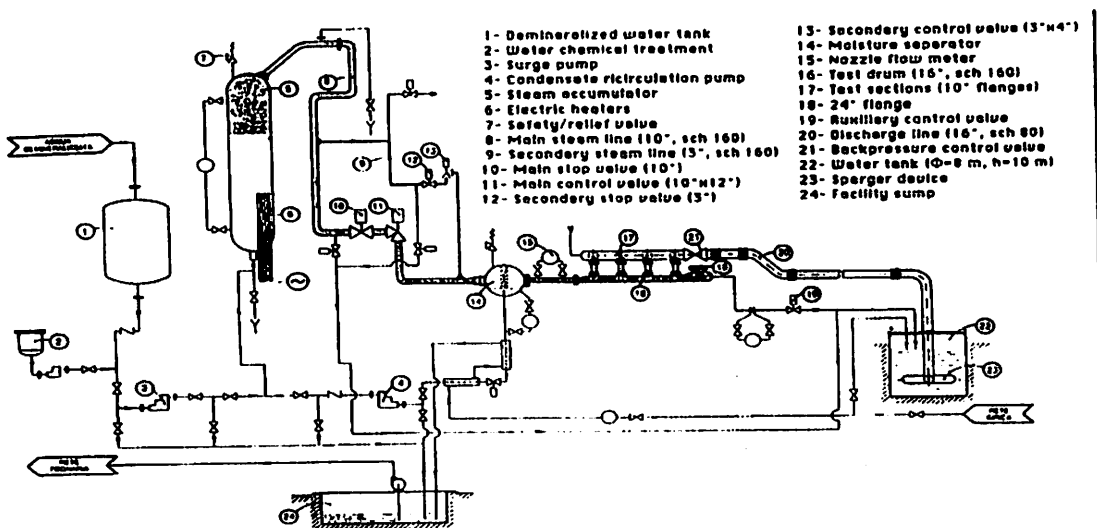
a. Uji CMT (Core Makeup Tank)

Fasilitas uji CMT berlokasi di Westinghouse Waltz Mill, Pennsylvania, Amerika Serikat. Fasilitas uji ini didisain untuk menyajikan informasi mengenai fenomena thermohidrolik CMT, yakni fenomena sirkulasi antara CMT dan pipa air primer masuk (*cold leg*) sistem pendingin reaktor. Skala diameter tangki CMT sebesar 1:8 dan skala ketinggian sebesar 1:2. Sedangkan skala fasilitas uji dengan perbedaan ketinggian antara tangki dan bejana reaktor yang disimulasikan adalah sebesar 1:1. Hasil simulasi ini akan memberikan gambaran tentang injeksi air yang ada dalam CMT akibat penurunan tekanan primer sistem pendingin reaktor.

b. Uji ADS (Automatic Depressurization System)

Uji ADS dilakukan di fasilitas uji VAPORE (*Valve and Pressurizer Operation Related Experiment*) milik ENEA (Energy Research Centre, Roma-Italia) yang berlokasi di Cassicia, Italia. Uji ADS ini dilaksanakan melalui kerjasama antara ENEA, SOPREN/ANSALDO dan Westinghouse dalam bentuk *Technical Cooperation Agreement* yang ditandatangani pada bulan Desember 1990. Fasilitas ini didesain pada awal tahun 1980-an dengan tujuan utama untuk melakukan kualifikasi komponen dalam sistem uap jenuh baik untuk aplikasi nuklir maupun konvensional. Untuk menyesuaikan kondisi operasi pada AP-600, fasilitas ini harus dilakukan modifikasi terlebih dahulu, sehingga pelaksanaan uji ini dilaksanakan dalam dua fase. Fase pertama (fase A) didesain untuk memperoleh data pola laku dinamika dari *sparger* yang ditempatkan dalam IRWST (*In-containment Refueling Water Storage Tank*). Fase kedua (fase B) didesain untuk menyajikan karakteristik mekanik katup-katup prototip yang digunakan pada ADS.

Secara keseluruhan hasil uji ADS ini akan memberikan gambaran ciri khas keselamatan AP-600 sebagai aktuasi pemercepat dalam memicu pengoperasian sistem injeksi gravitasi sebagai pendinginan jangka panjang. Konfigurasi uji ADS diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi Uji Sistem Depresurisasi Otomatik (ADS).

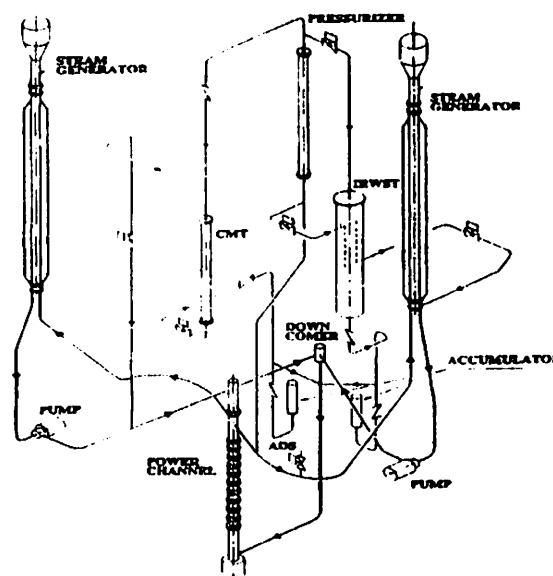
II. 1. 2. Uji Terintegrasi

Uji terintegrasi sangat mendasar dan diperlukan karena data yang diperoleh dari hasil uji terintegrasi ini akan digunakan untuk mengembangkan dan memverifikasi model perhitungan yang digunakan dalam analisis sistem keselamatan.

Hasil uji sistem keselamatan pasif dapat menentukan pola penggerak *gravitasi* (*gravity driving force*) akibat perbedaan temperatur, kerapatan dan tinggi permukaan air dari sub-sistem ke sub sistem yang lainnya. Saat ini terdapat dua uji sistem secara integral, yakni uji dengan *ketinggian-penuh* dan *tekanan-penuh* (SPES-2) dan uji dengan *tekanan-rendah* (OSU).

a. SPES-2

Fasilitas uji SPES-2 berlokasi dalam laboratorium SIET di Piacenza, Italia. Fasilitas ini dioperasikan oleh SIET yang berkerja untuk ENEL dan ENEA (*Italian commission for new technologies, energy and enviroment*). Pada awalnya (tahun 1985) fasilitas untai termohidrolik SPES dikonstruksi untuk model uji termohidrolik berskala 'ketinggian-penuh dan tekanan-penuh' pada *PWR Westinghouse - 3 loop*. Uji ini dilakukan untuk mengetahui pola laku transien operasional seperti station black-out, sirkulasi alami satu-fase dan dua-fase dan kondisi kecelakaan pipa pecah kecil (*small-break*). Pada tahun 1992 Westinghouse bekerja sama dengan ENEL, ENEA, SIET dan Ansaldo memodifikasi fasilitas SPES ini menjadi SPES-2 untuk menguji pola laku yang menyeluruh sistem keselamatan pasif AP-600. Konfigurasi dan parameter fisik SPES-2 termodifikasi dapat terlihat pada Gambar 3 dan Tabel 1.



Gambar 3. Konfigurasi Untai Termohidrolik SPES-2

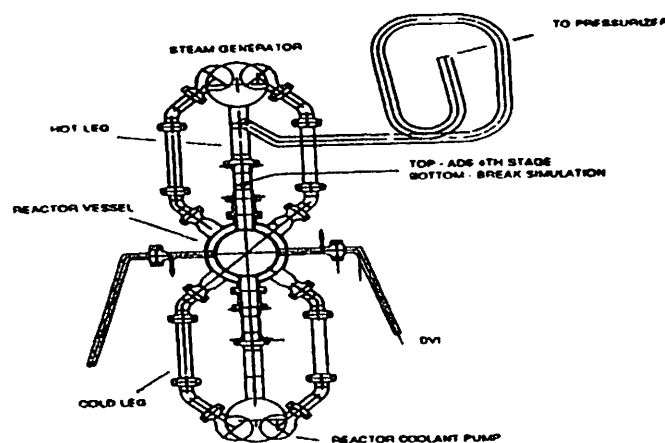
Tabel 1. Konfigurasi dan parameter fisik SPES-2

Parameter	Nilai
Faktor skala	1/395
Tekanan primer	15,5 MPa (maksimum 20,0)
Daya primer	4,9 MW (maksimum 9,0)
Tekanan sekunder	4,9 MPa (maksimum 20,0)
Jumlah batang pemanas	97
Jumlah loop	2
Laju aliran primer keluar (hot leg)	12,71 kg/dt
Laju aliran uap	1,4 kg/dt

b. Fasilitas Uji OSU

Osu merupakan kepanjangan dari *Oregon State University*. Fasilitas ini merupakan hasil kerjasama antara Universitas Oregon State, *Portland General Electric (PGE)* dan *Westinghouse Electric Corporation*. Program ini dicetuskan oleh Dr. Reyes dari OSU, yaitu dengan memperkenalkan disain uji pada tekanan-rendah.

Fasilitas uji OSU digunakan untuk melihat respon sistem keselamatan pasif pada saat transisi akibat dari pipa pecah (*LOCA, Loss Of Coolant Accident*) baik *small-break* maupun *large-break* menuju pendingin jangka panjang. Fenomena kecelakaan pipa pecah *small-break* disimulasikan terjadi pada beberapa lokasi berbeda seperti pada pipa aliran primer masuk (*cold leg*), pipa aliran primer keluar (*hot leg*), pipa aliran tangki air makeup (*CMT-cold leg*), pipa penyeimbang tekanan dan pipa injeksi langsung ke bejana reaktor. Konfigurasi uji sistem pendingin pasif jangka panjang OSU diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Uji Sistem Pendinginan Keselamatan Pasif Jangka Panjang OSU.

Dengan fasilitas ini, kasus kegagalan tunggal yang paling parah dapat disimulasi dan dapat memberikan analisis yang paling konservatif. Fasilitas ini secara menyeluruh bentuk geometrinya dimiripkan dengan bentuk sistem pendingin reaktor AP-600 sesungguhnya.

II.2. Uji Pendinginan Pengungkung Pasif.

Uji pendinginan pengungkung pasif dilaksanakan untuk mendukung kepastian disain dan perolehan sertifikasi konsep pendingin pengungkung pasif karena konsep pendingin pasif seperti ini merupakan hal yang paling baru dalam dunia PLTN. Secara pokok uji ini dibagi dalam 2 (dua) kategori, yakni uji efek terpisah dan uji terintegrasi.

Uji efek terpisah dilaksanakan untuk melihat distribusi air dan pembentukan *film*, kondensasi pada berbagai permukaan pengungkung dalam dan data perpindahan panas pada pengungkung baik pada kondisi basah maupun kondisi kering. Uji ini juga dilakukan untuk menggambarkan kestabilan *water film* dari pengaruh hembasan angin pada permukaan luar pengungkung.

Sedangkan untuk uji terintegrasi dilaksanakan untuk memperlihatkan fenomena perpindahan dan pembuangan panas sistem pendingin pengungkung pasif secara keseluruhan.

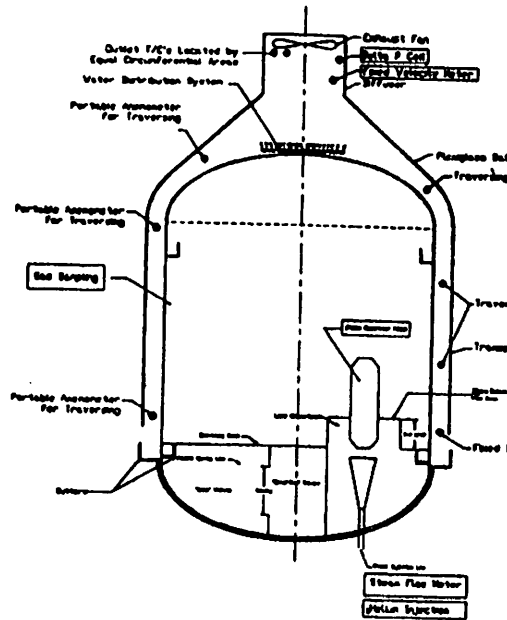
Fasilitas uji terintegrasi saat ini ada 2 buah, yakni fasilitas uji ukuran kecil dengan skala ketinggian 1:3 dan diameter 1:40; sedang fasilitas uji ukuran besar dengan skala linier 1:8. Kedua fasilitas uji ini berada di *Westinghouse Science and Technology Centre*, Churchill Boro - Pennsylvania, Amerika Serikat.

Fasilitas uji ukuran kecil mempunyai dimensi silindrik 3 ft dan tinggi 24 ft dan digunakan untuk memperoleh data perpindahan panas dan untuk menentukan kelayakan pendinginan pada dinding luar pengungkung dan fenomena yang diamati merupakan proses perpindahan panas pada permukaan dalam dan luar pengungkung. Masalah-masalah yang menjadi perhatian adalah :

1. Laju perpindahan panas kondensasi yang terjadi di dalam dan di luar permukaan pengungkung,
2. Efek-efek terhadap kecepatan udara, laju aliran film air, kelembaban udara, dan temperatur udara eveporasi film air pada *anulus* sekeliling pengungkung,
3. Laju perpindahan panas permukaan kering (tak basah) pada permukaan luar pengungkung, dan
4. Kemampuan memelihara penyelimutan aliran film air pada permukaan seluas-luasnya.

Fasilitas yang besar digunakan untuk menyajikan data yang akan digunakan untuk mengesahkan keluaran kode komputer WGOthic dan untuk menyelidiki efek gas non-condensate pada proses perpindahan panas di dalam pengungkung. Dengan fasilitas yang besar lebih memungkinkan mempelajari fenomena-fenomena di dalam pengungkung, seperti campuran gas non-kondensate, penyemprotan uap secara keras (100 psig) dan proses kondensasi udara terlihat lebih jelas. Pada keadaan dingin bejana dapat diisi dengan gas nitrogen atau udara pada tekanan 1 atm. Ukuran bejana yang digunakan adalah tinggi 6,1 m (20

ft) dan diameter 4,6 m (15 ft). Konfigurasi uji sistem pendinginan pengungkung pasif AP-600 diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi Uji Sistem Pendinginan Pengungkung Pasif AP-600

Secara keseluruhan program analisis dan uji ini adalah untuk mengevaluasi dan menentukan pola laku unjuk kerja sistem pendingin pasif pengungkung yang diinginkan. Kondisi uji pendingin pasif pengungkung ini dapat terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kondisi Uji Pendingin Pasif Pengungkung

No.	Parameter	Nilai Maksimum	Nilai Minimum
1.	Aliran pendingin udara	4,9m/dt	konveksi alami
2.	Aliran pendingin air	1,9 l/dt	tidak ada
3.	Aliran uap air	2,3 kg/dt	0,05 kg/dt
4.	Tekanan	552 KPa gage	69 KPa gage
5.	Non-kondensibilitas	20 Mole %	tidak ada
6.	Bilangan Reynold (anulus udara)	41	4
7.	Bilangan Grashof (eksternal)	1,1 E + 12	0,4 E + 12

Disamping itu untuk mempelajari aerodinamis bangunan fisik, uji hampasan angin terhadap geometri bangunan dilaksanakan pada fasilitas lorong angin *tunnel wind* yang terdapat di Universitas Ontario. Uji ini dilakukan untuk mensimulasikan untuk kerja aliran udara yang masuk ke bangunan perisai *shield building* dan gerakan aliran udara di sekeliling bangunan hingga keluar kembali. Hasil uji ini akan memberikan data yang akan digunakan untuk mengkaji kemampuan dan kekuatan dinding pemisah *baffle* antara udara masuk dan keluar di bawah kondisi angin yang parah.

II.3. Uji Verifikasi Desain Komponen.

Uji verifikasi desain komponen dipusatkan pada pengembangan dan verifikasi pemakaian pompa pendingin reaktor yang digunakan pada AP-600. Masalah pompa pendingin reaktor yang ditentukan adalah pertimbangan *journal-bearing* dan *high-inertia rotor*. Pada pompa AP-600, pemakaian *mechanical shaft seal* dan *external flywheels* telah dihilangkan. Dengan konsep *canned motor* akan memberikan waktu *coast-down* yang lebih panjang, sehingga perlu dilakukan uji *internal flywheel* untuk kepentingan tersebut. Uji ini akan memperlihatkan kemampuan inersia pompa dalam meningkatkan margin keselamatan DNB akibat hilangnya daya listrik pompa. Aspek lainnya adalah untuk melihat unjuk kerja integritas antara pompa dan pembangkit uap. Dengan diterapkan integritas ini akan menghilangkan pipa penghubung antara pompa dan pembangkit uap (*cross-over leg*).

Uji verifikasi lainnya adalah melakukan verifikasi kemampuan katup 'check' pada kondisi tekanan rendah. Kondisi ini melihat sejauhmana tekanan rendah masih dapat diperlakukan sebagai operasi pasif dengan membiarkan terjadinya aliran alami dibawah gaya gravitasi. Dan masih ada lagi ujian seperti *top-mounted nuclear instrumentation test* dan *reactor internal air flow test*.

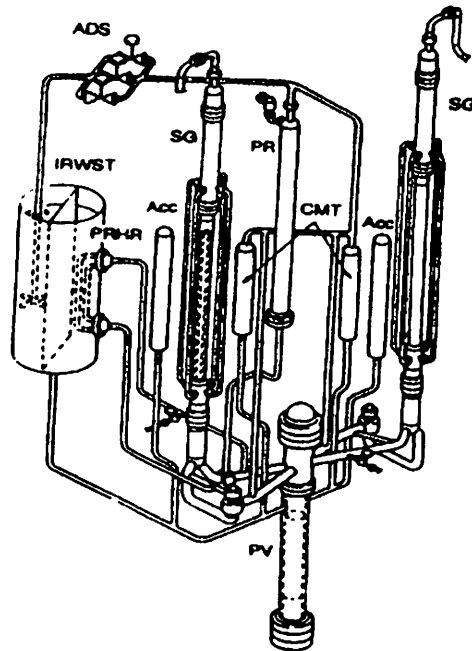
III. FASILITAS UJI - USNRC (*United State - Nuclear Regulatory Commission*).

Untuk melakukan kaji ulang dan evaluasi hasil uji yang disampaikan oleh Westinghouse. USNRC ikut pula melakukan uji eksperimen yang *independent*. Pelaksanaan uji dari pihak NRC telah dipesankan ke beberapa pihak konsultan dan badan penelitian. Salah satunya adalah uji untai termohidrolik independen pihak NRC yang bekerja sama dengan Jepang JAERI (*Japan Atomic Energy Reseach Institute*). Fasilitas uji yang dimiliki oleh JAERI ialah *Large Scale-Test-Facility* (LSTF), yang merupakan program eksperimen *Rig Of Safety Assessment* (ROSA).

LSTF adalah fasilitas uji skala besar dengan kondisi simulasi ketinggian-penuh (*full-height*), tekanan-penuh (*full-pressure*) dan skala volumetrik 1/48 untuk PWR Westinghouse 4 loop (3423 MWth). Fasilitas ini memiliki dua buah loop yang simetris yang masing-masing mempunyai tabung aktif U-terbalik dan sebuah pompa pendingin reaktor. Pipa aliran masuk horizontal dibuat dengan skala volumetrik 1/24 dengan perbandingan panjang dan akar kuadrat

diameter pipa, $L/D^{1/2}$, sesuai dengan simulasi transisi kondisi aliran dua fase. Kebutuhan daya listrik sebagai pemanas teras sebesar 10 MW dengan temperatur desain sebesar 1173 K.

Pemanfaatan LSTF untuk melakukan pengujian kesesuaian desain AP-600 telah mengalami modifikasi dan penambahan beberapa komponen baru, seperti CMT (*Core Makeup Tank*), IRWST (*In-containment Refueling Water Storage Tank*), PRHRS (*Passive Residual Heat Removal System*), *Surge Line Pressurizer* dan ADS (*Automatic Depressurization System*). Konfigurasi untai termohidrolik LSTF-JAERI diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Konfigurasi Untai Termohidrolik LSTF - JAERI, Jepang

Langkah perkembangan yang telah dilakukannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Langkah Perkembangan ROSA

Program	Tahun pelaksanaan	Tujuan
ROSA I	1970 - 1973	Pengujian dasar mengenai aliran <i>discharge</i> selama <i>blowdown</i>
ROSA II	1974 - 1977	Kecelakaan pipa pecah besar (<i>Large-Break LOCA</i>) PWR
ROSA III	1978 - 1983	Kecelakaan pipa pecah kecil dan besar (<i>Small-and Large-Break LOCA</i>) BWR
ROSA IV	1980 - 1992	Transien dan kecelakaan pipa pecah kecil (<i>Small-Break LOCA</i>) PWR
ROSA V	1992 -	Manajemen kecelakaan PWR untuk mencegah kerusakan teras yang parah (<i>severe core</i>)
ROSA-AP-600	Des. 1993 -	Pengujian kesesuaian desain AP-600 dan analisis pengujian

IV. TINJAUAN FASILITAS UJI

Tujuan dari semua fasilitas uji AP-600 adalah untuk memberikan gambaran kinerja sistem operasi dan keselamatan pembangkit secara keseluruhan. Kinerja fasilitas uji ini dapat terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kinerja Fasilitas Uji

Fasilitas Uji	Tujuan	Status
Fasilitas CMT	Untuk memberikan gambaran tentang injeksi yang ada dalam CMT akibat penurunan tekanan primer sistem pendingin reaktor	Beroperasi dengan baik.
Fasilitas ADS	Untuk memberikan gambaran ciri khas keselamatan AP-600 bahwa ADS berlaku sebagai aktuasi pemercepat dalam memicu pengoperasian sistem injeksi gravitasi	Beroperasi dengan baik.
Fasilitas SPES-2	Untuk mengetahui pola laku transien operasional, seperti <i>station black-out</i> , sirkulasi alami satu-fase dan dua-fase dan kondisi kecelakaan pipa pecah	Beroperasi dengan baik.
Fasilitas OSU	Untuk melihat respon sistem keselamatan pasif pada saat transien akibat pipa pecah (LOCA) baik <i>small-break</i> maupun <i>large-break</i> menuju pendinginan jangka panjang	Beroperasi dengan baik.
Fasilitas Uji Pendingin Pengungkung Pasif	Untuk melihat distribusi air dan pembentukan film, kondensasi pada berbagai permukaan pengungkung baik kondisi basah maupun kering. Untuk memperlihatkan fenomena perpindahan dan pembuangan panas sistem pendingin pengungkung pasif secara keseluruhan	Beroperasi dengan baik.
Fasilitas Uji Verifikasi Desain Komponen		
Verifikasi Pompa Pendingin Reaktor	Untuk memperlihatkan kemampuan inersia pompa dalam meningkatkan margin keselamatan DNB akibat hilangnya daya listrik pompa	Beroperasi dengan baik.
Verifikasi Katup Check	Untuk melihat sejauhmana tekanan rendah masih dapat diperlakukan sebagai operasi pasif dengan membiarkan terjadinya aliran alami di bawah gaya gravitasi	Beroperasi dengan baik.

Pelaksanaan dari fasilitas uji ini memperlihatkan bahwa pengembangan PLTN Maju tipe AP-600 telah dilakukan dengan sangat serius oleh pihak *Westinghouse Electric Corporation* (WEC).

Dilain pihak, USNRC yang bekerja sama dengan JAERI (*Japan Atomic Energy Research Institute*) melakukan simulasi *Large Scale-Test-Facility* (LSTF), yang disesuaikan dengan desain AP-600 yaitu melakukan modifikasi dan penambahan beberapa komponen baru, seperti CMT (*Core Makeup Tank*), IRWST (*In-containment Refueling Water Storage Tank*), PRHRS (*Passive Residual Heat Removal System*), *Surge Line Pressurizer* dan ADS

(*Automatic Depressurization System*). Hasil simulasi ini lebih lanjut dijadikan salah satu sumber *counter-check* bagi USNRC.

V. PENUTUP

Secara deskriptif dapat dilihat bahwa pengembangan PLTN Maju tipe AP-600 telah dilakukan dengan sangat serius oleh pihak WEC.

Pihak WEC telah melakukan beberapa uji simulasi, yakni uji CMT, uji ADS, uji pendinginan keselamatan pasif baik untuk jangka pendek dengan untai termohidrolik SPES-2 maupun untuk jangka panjang dengan untai termohidrolik OSU, uji pendinginan pengungkung pasif baik dengan fasilitas berukuran kecil maupun besar, uji aerodinamis bangunan reaktor dan uji verifikasi komponen untuk pompa pendingin reaktor dan katup *check* pada kondisi tekanan rendah. Hasil simulasi seluruh fasilitas uji ini telah berhasil dengan baik. Dan hasil simulasi ini kemudian dibandingkan dengan hasil program ROSA-AP600, yang berfungsi sebagai *counter-check* bagi USNRC. Hasil ini digunakan untuk mendukung pembuatan dokumen SSAR (*Standard Safety Analysis Report*), yang akan diajukan untuk mendapatkan Sertifikasi Desain PLTN dari USNRC.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dokumen SSAR-AP-600, Westinghouse Electric Corporation, Pittsburgh, USA, 1995.
2. Advanced PWR Passive Containment Cooling System Testing, M.D Kennedy and P.E Peters, Westinghouse Advanced Technology Business Are, Pittsburgh-PA, USA.
3. The Westinghouse AP-600 Passive Containment Cooling Test Analysis Program, Theo van de Venne, Eugene Piplica, Marcia Kennedy, and Joel Woodcock, International Conference on Design and Safety of Advanced Nuclear Plant, Tokyo-Japan, 1992.
4. Blowdown Tests on The Automatic Depressurization System of The AP-600 Reactor, A. Villani, C.A. Kropp, P. Incalcaterra, and G. Proto, International Conference on Design and Safety of Advanced Nuclear Plant, Tokyo-Japan, 1992.
5. Kunjungan Wisata ke fasilitas uji CMT di Westinghouse Waltz Mill, Pennsylvania, Amerika Serikat dan fasilitas uji Pendingin Pengungkung Pasif di Westinghouse Science and Technology Centre, Churchill Boro - Pittsburgh, Pennsylvania, Amerika Serikat, 14 November 1995.