

LEMBAR
HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU *PEER REVIEW*
KARYA ILMIAH : JURNAL ILMIAH

Judul Artikel Ilmiah : Analisa Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar PLTN Tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal dengan Menggunakan Program Komputer
 Nama Penulis : Arif Nurmawan, Suroso, HartoTanujaya
 Jumlah Penulis : 3 (tiga)
 Status Pengusul : Penulis Pendamping
 Identitas Buku Ilmiah : a. Nama Jurnal : POROS (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin)
 b. Nomor ISSN : 1410 - 6841, e-ISSN 2442 - 4501
 c. Vol. No. Bln. Th. : Volume 12, No. 1, Mei 2014
 d. Penerbit : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
 e. Jumlah halaman : 9 halaman
 f. Alamat Web Jurnal : <https://journal.untar.ac.id/index.php/poros/issue/archive>

Kategori Publikasi Buku Ilmiah (beri (√) pada kategori yang tepat)

Jurnal Ilmiah Internasional Bereputasi
 Jurnal Ilmiah Internasional
 Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi
 Jurnal Ilmiah Nasional Tidak Terakreditasi
 Jurnal Ilmiah Terindex di DOAJ/CABI/COPERNICUS/Lainnya

Hasil Penilaian *Peer Review*

| Komponen Yang Dinilai | Nilai Maksimal Jurnal Ilmiah (isi di kolom yang sesuai) | | | | | Nilai Akhir <i>peer</i> Yang Diperoleh |
|--|--|---------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| | Internasional Bereputasi | Internasional | Nasional Terakreditasi | Nasional Tidak Terakreditasi | Nasional Terindex DOAJ dll | |
| Kelengkapan dan kesesuaian unsur isi <i>prosiding</i> (10%) | | | | 92%x10% x 10 | | 0,92 |
| Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%) | | | | 93%x30% x 10 | | 2,79 |
| Kecukupan & kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%) | | | | 90%x30% x 10 | | 2,7 |
| Kelengkapan unsur & kualitas penerbit (30%) | | | | 92%x30% x 10 | | 2,76 |
| Nilai <i>peer</i> Maksimal (100%) | | | | 10 | | 9,17 |
| Kontribusi Pengusul; (nilai akhir <i>peer</i> x bobot penulis pendamping : dibagi 2 penulis = $9,17 \times 40\% : (2) = 1,834$) | | | | | | 1,834 |
| Komentar/Usulan <i>Peer Review</i> : (Terlampir hal. 2) | 1. Tentang kelengkapan dan kesesuaian unsur; 2. Tentang ruang lingkup dan kedalaman pembahasan; 3. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi; 4. Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit; 5. Indikasi Plagiasi; 6. Kesesuaian Bidang Ilmu: <i>Terlampir</i> | | | | | |

Jakarta, 18.12. 2019
 Penilai I



(Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan)
 NIDN/NIP : 0328087102 / 10398021
 Jabatan/Pangkat/Bidang Ilmu: Professor/IVC/Teknik Mesin
 Unit Kerja: Fakultas Teknik – Universitas Tarumanagara

| | |
|---------------------------------|---|
| <p>KOMENTAR PEER REVIEW</p> | <p>1. Tentang kelengkapan dan kesesuaian unsur:</p> <p>Artikel dengan judul Analisa Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar PLTN Tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal dengan Menggunakan Program Komputer, ditulis secara benar sesuai dengan standar penulisan artikel ilmiah yang memuat pendahuluan, metode/peralatan yang digunakan, pengambilan data dan data, analisa dan kesimpulan.</p> <p>2. Tentang ruang lingkup dan kedalaman pembahasan:</p> <p>Artikel tersebut membahas tentang kinerja perangkat bahan bakar PLTN dengan menggunakan computer, dibahas dengan spesifik dan mudah dipahami.</p> <p>3. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi;</p> <p>Metodologi terstruktur dan jelas, data dan referensi yang diambil up to date.</p> <p>4. Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit:</p> <p>Editorial board dan reviewer untuk Jurnal "POROS" jelas dan terstruktur. Penerbit Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNTAR dapat dilacak melalui daring dan tidak terakreditasi. Jurnal ber ISSN/ISBN.</p> <p>5. Indikasi Plagiasi:</p> <p>Artikel dengan judul Analisa Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar PLTN Tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal dengan Menggunakan Program Komputer yang diterbitkan oleh Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara dan dapat dibaca secara daring di https://journal.untar.ac.id/index.php/poros/article/view/677/542 , tidak ditemukan indikasi plagiasi dengan tingkat kesamaan menggunakan software Turnitin sebesar 14 %.</p> <p>6. Kesesuaian Bidang Ilmu:</p> <p>Artikel tersebut membahas tentang kinerja perangkat bahan bakar PLTN dan ada Linieritas keilmuan dengan pengusul.</p> |
|---------------------------------|---|

Jakarta, 18.12. 2019
Penilai I



(Prof. Dr. Ir. Agustinus Purna Irawan)
NIDN/NIP : 0328087102 / 10398021
Jabatan/Pangkat/Bidang Ilmu: Professor/IVC/Teknik Mesin
Unit Kerja: Fakultas Teknik – Universitas Tarumanagara

LEMBAR
HASIL PENILAIAN SEJAWAT SEBIDANG ATAU PEER REVIEW
KARYA ILMIAH : JURNAL ILMIAH

Judul Artikel Ilmiah : Analisa Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar PLTN Tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal dengan Menggunakan Program Komputer
 Nama Penulis : Arif Nurmawan, Suroso, Harto Tanujaya
 Jumlah Penulis : 3 (tiga)
 Status Pengusul : Penulis Pendamping
 Identitas Buku Ilmiah : a. Nama Jurnal : POROS (Jurnal Ilmiah Teknik Mesin)
 b. Nomor ISSN : 1410 - 6841, e-ISSN 2442 - 4501
 c. Vol. No. Bln. Th. : Volume 12, No. 1, Mei 2014
 d. Penerbit : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
 e. Jumlah halaman : 9 halaman
 f. Alamat Web Jurnal : <https://journal.untar.ac.id/index.php/poros/issue/archive>

Kategori Publikasi Buku Ilmiah (beri (√) pada kategori yang tepat)

Jurnal Ilmiah Internasional Bereputasi
 Jurnal Ilmiah Internasional
 Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi
 Jurnal Ilmiah Nasional Tidak Terakreditasi
 Jurnal Ilmiah Terindex di DOAJ/CABI/COPERNICUS/Lainnya

Hasil Penilaian Peer Review

| Komponen Yang Dinilai | Nilai Maksimal Jurnal Ilmiah (isi di kolom yang sesuai) | | | | | Nilai Akhir Yang Diperoleh |
|--|--|---------------|------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | Internasional Bereputasi | Internasional | Nasional Terakreditasi | Nasional Tidak Terakreditasi | Nasional Terindex DOAJ dll | |
| Kelengkapan dan kesesuaian unsur isi <i>prosiding</i> (10%) | | | | 1 | | 0,93 |
| Ruang lingkup dan kedalaman pembahasan (30%) | | | | 3 | | 2,79 |
| Kecukupan & kemutakhiran data/informasi dan metodologi (30%) | | | | 3 | | 2,79 |
| Kelengkapan unsur & kualitas penerbit (30%) | | | | 3 | | 2,85 |
| Total = 100% | | | | 10 | | 9,36 |
| Kontribusi Pengusul; (nilai akhir <i>peer</i> x bobot pendamping : dibagi 2 penulis pendamping) = 9,36 x 40% : (2) = 1,872 | | | | | | 1,872 |
| Komentar/Usulan Peer Review: | 1. Tentang kelengkapan dan kesesuaian unsur; 2. Tentang ruang lingkup dan kedalaman pembahasan; 3. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi; 4. Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit; 5. Indikasi Plagiasi; 6. Kesesuaian Bidang Ilmu: <i>Terlampir</i> | | | | | |

Jakarta, 14-11-2019
 Penilai II

(Dr. Ir. M. Sobron Yamin L., M.Sc.)
 NIDN/NIP : 0114056705 / 10311009
 Jabatan/Pangkat/Bidang Ilmu: Lektor Kepala/IV/Teknik Mesin
 Unit Kerja: Fakultas Teknik – Universitas Tarumanagara

KOMENTAR
PEER REVIEW

1. Tentang kelengkapan dan kesesuaian unsur:

Artikel **Analisa Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar PLTN Tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal dengan Menggunakan Program Komputer**, ditulis sesuai dengan kaidah penulisan artikel ilmiah yang meliputi pendahuluan, metode/alat, data dan analisa serta kesimpulan.

2. Tentang ruang lingkup dan kedalaman pembahasan:

Artikel tersebut membahas tentang kinerja perangkat bahan bakar PLTN dengan menggunakan computer, dibahas dengan kedalaman pembahasan yang spesifik.

3. Kecukupan dan kemutakhiran data/informasi dan metodologi;

Data yang diambil dan digunakan untuk analisa dan referensi tergolong baru dan mutakhir, dengan susunan metodologi yang baik.

4. Kelengkapan unsur dan kualitas penerbit:

Editor dan reviewer Jurnal "POROS" tersusun dan terorganisir, ber ISSN/ISBN dan dapat diakses online. Penerbit **Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNTAR** dapat dilacak melalui daring dan tidak terakreditasi.

5. Indikasi Plagiasi:

Artikel **Analisa Perbandingan Kinerja Perangkat Bahan Bakar PLTN Tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal dengan Menggunakan Program Komputer** diterbitkan oleh Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara dan dapat dibaca secara daring di

<https://journal.untar.ac.id/index.php/poros/article/view/677/542> , tidak ditemukan indikasi plagiasi.

6. Kesesuaian Bidang Ilmu:

Artikel tersebut membahas tentang kinerja perangkat bahan bakar PLTN dan ada kesesuaian dan linieritas keilmuan dengan pengusul.

Jakarta, 14-11-2019
Penilaian

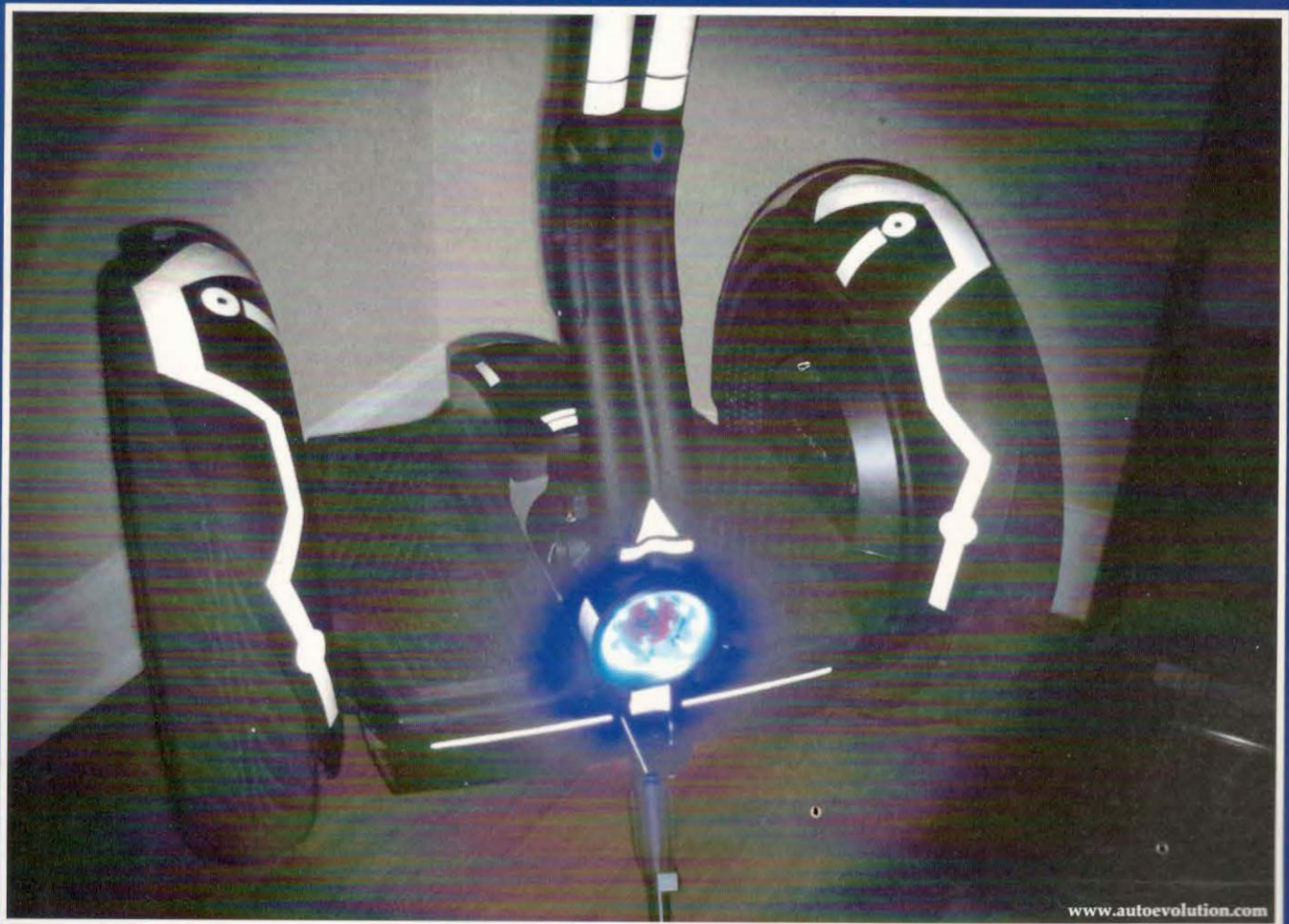

(Dr. Ir. M. Sobron Yamin L., M.Sc.)
NIDN/NIP : 0114056705 / 10311009
Jabatan/Pangkat/Bidang Ilmu: Lektor Kepala/IV/Teknik Mesin
Unit Kerja: Fakultas Teknik – Universitas Tarumanagara

Volume 12 Nomor 1, Mei 2014

ISSN 1410 - 6841

POROS

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin



www.autoevolution.com

POROS

Volume 12

Nomor 1

Halaman
1 - 102

Jakarta
Mei 2014

ISSN
1410 - 6841

DAFTAR ISI

Editorial

Daftar Isi

1. Analisis perbandingan kinerja perangkat bahan bakar PLTN tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 MWE tipikal dengan menggunakan *program computer*
Arif Nurmawan, Suroso, Harto Tanujaya 1 -
2. Perancangan sistem kontrol pada *segway*
Calvin, Agustinus Purna Irawan dan Didi Widya Utama 10 - 1
3. Dinamika kendaraan jalan lurus pada gerobak listrik pengangkut sampah kapasitas 2 m³
Edward Suhartono, Soeharsono dan R. Danardono A.S. 18 - 2
4. Perancangan *semi gantry crane* kapasitas 10 ton dengan bantuan *software*
Joseph Rama Wiratama dan Soeharsono 25 - 3
5. Perancangan *powertrain* pada *segway*
Suyanto Dharma, Agustinus Purna Irawan dan Danardono Agus Sumarsono 35 - 4
6. *Stress analysis* pada *horizontal axis wind turbine blade*
Achmad Rachmad Tullah, Made K. Dhiputra dan Soeharsono 41 - 4
7. Perancangan konstruksi pada *Segway*
Alvin Soesilo, Agustinus Purna Irawan dan Frans Jusuf Daywin 46 - 5
8. Analisis kekuatan dan stabilitas struktur sistem parkir otomatis berbantuan *software*
Eko Reinaldo, Agustinus Purna Irawan dan Frans Jusuf Daywin 52 - 5
9. Evaluasi besar butir terhadap sifat mekanis CuZn70/30 setelah mengalami deformasi melalui canai dingin
Riyan Sanjaya dan Eddy S. Siradj 58 - 6
10. Optimasi massa rangka kendaraan elektrik pengangkut sampah dengan simulasi metode elemen hingga
Roby, Didi Widya Utama dan Noor Eddy 66 - 7
11. Rancang bangun robot KRI 2012
Agus Halim, Noor Eddy dan Andreas Hadi 74 - 7
12. Perancangan *gantry crane* kapasitas 10 ton dengan bantuan *software*
Endi Sutanto dan Soeharsono 80 - 8
13. Perancangan sistem angkat *forklift* dengan kapasitas angkat 7 ton
Jimmy, Frans Yusuf Daywin dan Soeharsono 87 - 9
14. Evaluasi desain termal kondensor PLTN tipe PWR menggunakan program *shell and tube heat exchanger design*
Saut Mangihut Tua Naibaho, Steven Darmawan dan Suroso 95 - 10



Match Overview

14%

- 1 journal.untar.ac.id 7%
- 2 journal.tarumanagara.a... 4%
- 3 jurnal.batan.go.id 4%

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PERANGKAT BAHAN BAKAR PLTN TIPE PWR AP 1000 DAN PWR 1000 MWe TYPICAL DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER

Arif Nurmanawan¹⁾, Suroso²⁾ dan Harto Tanujaya¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Universitas Tarumanagara, Jakarta
²⁾ Pusat Teknologi Reaktor Kestabilan Nuklir - BATAN, Serpong
e-mail: nief_an1002@yahoo.co.id

Abstract. Investigation of fuel element thermal-hydraulic characteristics is important step related to design of fuel bundle reactor design. This paper analyzes of the PWR AP1000 and PWR 1000 MWe using RELAP5 thermal-hydraulic using RELAP5 code. Comparing PWR AP 1000 and PWR 1000 MWe typical because of their have about same power, but is 3400 MWh and 3410 MWh but some difference on fuel bundle size, the height of active core, and rod diameter. On the first bundle, there are 17x17 fuel rods that have a coolant flow rate the power factor. Modeling of fuel bundle is divided into 2 channel: passage or power factor of 1.194, range power factor of 1.261 to 1.394, power factor of 1.468 to 1.600 and bypass channel. Actually, the channels are divided into 2 zones there are stand-off channel of the bottom, an active length of the channel and the zone of upper plenum. The active length is about 10 axial nodes. The goal of this analysis is fuel bundle design optimization of PWR AP 1000 and PWR 1000 MWe typical and get thermal-mechanic comparison for steady-state condition. The results is result including cooling rate, axial temperature distribution of cladding and cooling component, heat flux and pressure drop. In steady condition the model was verified with the parameter of AP1000 and PWR 1000 thermal-hydraulic design in which shows a good agreement. Verification results show that the model is suitable and replacement parameter quantitatively within realistic limits. Further operating of the model will be done to get a better comparison results.

Keyword: RELAP5, heat flux, reactor, Nuclear, temperature

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan salah satu pembangkit listrik daya yang menggunakan satu atau beberapa reaktor nuklir sebagai sumber panasnya. Prinsip kerja PLTN menggunakan sap bertekanan tinggi untuk memutar turbin dan generator sehingga menghasilkan energi listrik. Sumber panas yang digunakan untuk menghasilkan panas pada PLTN adalah uranium.

PLTN yang masih beroperasi di dunia, 80% adalah PLTN tipe Reaktor Air Ringan (LWR) yang pertama kali digunakan oleh Amerika. Saat ini, PLTN tipe reaktor air ringan secara garis besar dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu Reaktor Air Dididih (Boiling Water Reactor, BWR) dan Reaktor Air Tekan (Pressurized Water Reactor, PWR). Perbedaan antara BWR dan PWR terletak pada konfigurasi bejana reaktornya dan faktor kondisi air yang digunakan pada reaktor. Reaktor Air Tekan (PWR) lebih banyak digunakan daripada Reaktor Air Dididih (BWR) karena desain reaktornya lebih sederhana dan mudah dalam pengawasan dan perawatan sistem.

Di dalam reaktor jenis PWR terdapat peralatan yang berfungsi untuk menyalurkan panas dari teras reaktor. Teras reaktor terdiri dari susunan bahan bakar, moderator, dan batang kendali. Pada makalah ini akan dilakukan analisis perbandingan kinerja perangkat bahan bakar PLTN tipe PWR AP1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal.

Dipilihnya PWR AP1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal sebagai obyek penelitian, karena keduanya mempunyai daya yang hampir sama 3400 MWh dan 3410 MWh tetapi memiliki jumlah perangkat bahan bakar, tinggi teras aktif dan diameter rod berbeda. Perhitungan dilakukan dari segi termal dengan menggunakan program RELAP5 untuk kondisi steady state. Paket program ini dapat digunakan untuk melakukan analisis termohidrolika teras reaktor PWR dan sangat penting sebagai pendukung teknik untuk optimasi dan keselamatan termohidrolika teras dan sistem reaktor.

POROS 12 NO 1

ORIGINALITY REPORT

14%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

journal.untar.ac.id

Internet Source

7%

2

journal.tarumanagara.ac.id

Internet Source

4%

3

jurnal.batan.go.id

Internet Source

4%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

POROS 12 NO 1

by Fakultas Teknik

Submission date: 06-Dec-2019 12:04PM (UTC+0700)

Submission ID: 1228353865

File name: POROS_Vol_12_Nomor_1_2014.pdf (1.61M)

Word count: 3050

Character count: 17057

DAFTAR ISI

Editorial

Daftar Isi

1. Analisis perbandingan kinerja perangkat bahan bakar PLTN tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 MWE tipikal dengan menggunakan program computer
Arif Nurmawan, Suroso, Harto Tanujaya 1 -
2. Perancangan sistem kontrol pada segway
Calvin, Agustinus Purna Irawan dan Didi Widya Utama 10 - 1
3. Dinamika kendaraan jalan lurus pada gerobak listrik pengangkut sampah kapasitas 2 m³
Edward Suhartono, Soeharsono dan R. Danardono A.S. 18 - 2
4. Perancangan semi gantry crane kapasitas 10 ton dengan bantuan software
Joseph Rama Wiratama dan Soeharsono 25 - 3
5. Perancangan powertrain pada segway
Suyanto Dharma, Agustinus Purna Irawan dan Danardono Agus Sumarsono 35 - 4
6. Stress analysis pada horizontal axis wind turbine blade
Achmad Rachmad Tullah, Made K. Dhiputra dan Soeharsono 41 - 4
7. Perancangan konstruksi pada Segway
Alvin Soesilo, Agustinus Purna Irawan dan Frans Jusuf Daywin 46 - 5
8. Analisis kekuatan dan stabilitas struktur sistem parkir otomatis berbantuan software
Eko Reinaldo, Agustinus Purna Irawan dan Frans Jusuf Daywin 52 - 5
9. Evaluasi besar butir terhadap sifat mekanis CuZn70/30 setelah mengalami deformasi melalui canai dingin
Riyan Sanjaya dan Eddy S. Siradj 58 - 6
10. Optimasi massa rangka kendaraan elektrik pengangkut sampah dengan simulasi metode elemen hingga
Roby, Didi Widya Utama dan Noor Eddy 66 - 7
11. Rancang bangun robot KRI 2012
Agus Halim, Noor Eddy dan Andreas Hadi 74 - 7
12. Perancangan gantry crane kapasitas 10 ton dengan bantuan software
Endi Sutanto dan Soeharsono 80 - 8
13. Perancangan sistem angkat forklift dengan kapasitas angkat 7 ton
Jimmy, Frans Yusuf Daywin dan Soeharsono 87 - 8
14. Evaluasi desain termal kondensor PLTN tipe PWR menggunakan program shell and tube heat exchanger design
Saut Mangihut Tua Naibaho, Steven Darmawan dan Suroso 95 - 10

ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PERANGKAT BAHAN BAKAR PLTN TIPE PWR AP 1000 DAN PWR 1000 MWe TIPIKAL DENGAN MENGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER

Arif Nurmawan¹⁾, Suroso²⁾ dan Harto Tanujaya¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, Jakarta

²⁾ Pusat Teknologi Reaktor Keselamatan Nuklir - BATAN, Serpong
e-mail: rief_an1002@yahoo.co.id

Abstract: Investigation of fuel element thermal-hydraulic characteristic is important step related to aspect of fuel bundle reactor design. This paper analyzes of the PWR AP1000 and PWR 1000 MWe Typical of fuel bundle thermal-hydraulic using RELAP5 code. Choosing PWR AP 1000 and PWR 1000 MWe Typical because both of them have almost same power that is 3400 MWth and 3410 MWth but have differences on fuel bundle sum, the high of active core, and rod diameter. On the fuel bundle, there are 17x17 fuel rods that have a radial factor the power varies. Modelling of fuel bundle are divided into 4 channel groups, i.e. power factor of 1.396, range power factor of 1.203 to 1.394, power factor of 1e then 1.198 down and bypass channel. Axially, the channels are divided into 3 zones there are stand-off assembly at the bottom, an active length of the channel and the zone of upper plenum. The active length divided into 10 axial nodes. The goal of this analysis is fuel bundle design validation of PWR AP 1000 and PWR 1000 MWe Typical and get thermal-hydraulic comparison for steady-state condition. The analysis result including cooling flow rate, axial temperature distribution of cladding and cooling temperature, heat flux and pressure drop. In steady condition, the model was verified with the parameter of AP-1000 and PWR 1000 thermal-hydraulic design in which shows a good agreement. Verification results show that the model is made still need refinement, however qualitatively within realistic limits. Further updating of the model will be done to get a better verification results.

Keyword: RELAPS, heat flux, reactor, Nuclear, temperature

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan salah satu pembangkit listrik daya thermal yang menggunakan satu atau beberapa reaktor nuklir sebagai sumber panasnya. Prinsip kerja PLTN menggunakan uap bertekanan tinggi untuk memutar turbin dan generator sehingga menghasilkan energi listrik. Sumber panas yang digunakan untuk menghasilkan panas pada PLTN adalah uranium.

PLTN yang masih beroperasi di dunia, 80% adalah PLTN tipe Reaktor Air Ringan (LWR) yang pertama kali digunakan oleh Amerika. Saat ini, PLTN tipe reaktor air ringan secara garis besar dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu Reaktor Air Didih (*Boiling Water Reactor*; BWR) dan Reaktor Air Tekan (*Pressurized Water Reactor*; PWR). Perbedaan antara BWR dan PWR terletak pada konstruksi bejana reaktornya dan faktor kondisi air yang digunakan pada reaktor. Reaktor Air Tekan (PWR) lebih banyak digunakan daripada Reaktor Air Didih (BWR) karena desain reaktornya lebih sederhana dan mudah dalam pengawasan dan perawatan sistem.

Di dalam reaktor jenis PWR terdapat peralatan yang berfungsi untuk membangkitkan panas yaitu teras reaktor. Teras reaktor terdiri dari susunan bahan bakar, moderator, dan batang kendali. Pada makalah ini akan dilakukan analisis perbandingan kinerja perangkat bahan bakar PLTN tipe PWR AP1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal.

Dipilihnya PWR AP1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal sebagai obyek penelitian, karena keduanya mempunyai daya yang hampir sama 3400 MWth dan 3410 MWth tetapi memiliki jumlah perangkat bahan bakar, tinggi teras aktif dan diameter rod berbeda. Perhitungan dilakukan dari segi termal dengan menggunakan program RELAP5 untuk kondisi steady state. Paket program ini dapat digunakan untuk melakukan analisis termohidrolika teras reaktor PWR dan sangat penting sebagai perangkat lunak untuk mengetahui karakteristik termohidrolika teras dan sistem reaktor.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir langkah-langkah penyelesaian masalah diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir langkah-langkah penelitian

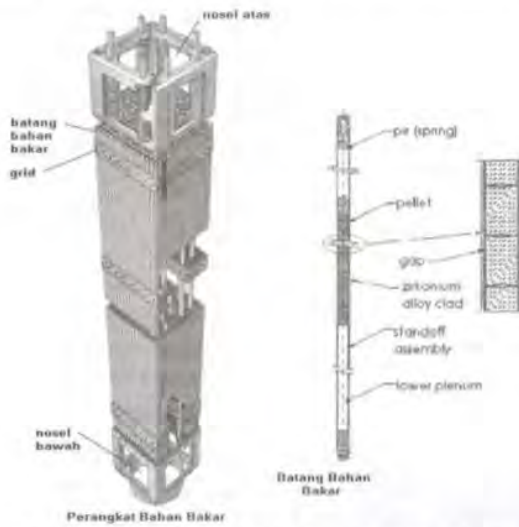
Seperti diberikan pada Gambar 1 langkah penelitian dimulai dari studi literatur dan dilanjutkan dengan pengumpulan data spesifikasi desain perangkat bahan bakar nuklir PWR AP1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal yang akan dijadikan sebagai data pembuatan *input* program, setelah itu eksekusi program. Program yang digunakan adalah paket program Relap³. Dalam pembuatan *input* program dimasukan beberapa parameter *request* untuk mendapatkan *distribusi temperatur aksial kelongsong, temperatur pendingin, heat flux dan fraksi void*. Apabila hasil eksekusi program tidak sesuai dengan hasil perhitungan teoritis, maka diulangi lagi pembuatan *input* program. Setelah hasil eksekusi program dan perhitungan teoritis sesuai, maka langkah selanjutnya adalah dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data sehingga mendapatkan suatu kesimpulan sesuai dengan yang diharapkan.

DESKRIPSI PERANGKAT BAHAN BAKAR

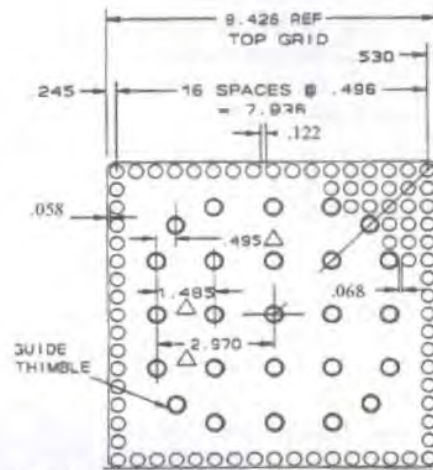
PWR AP-1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal memiliki susunan matriks *rod* bahan bakar yang sama yaitu 17x17 dan satu perangkat terdiri dari 264 *rod* bahan bakar tetapi keduanya mempunyai perbedaan ukuran diameter. PWR AP-1000 memiliki diameter 0,95 cm dan PWR 1000 MWe Tipikal berdiameter 0,914 cm.

Pada susunan perangkat bahan bakar terdapat *ceramic pellets* dengan perkayaan rendah uranium dioxide (UO₂). *Pellets* tersebut dimuatkan pad tabung Zirlo, yang mana batang ini ditutup dengan *seal-welded* di kedua ujungnya. Zirlo merupakan *advanced zirconium* berbasis *alloy*.

Gambar 2 dan 3 menunjukkan satu perangkat bahan bakar pada PWR AP1000 dan data spesifikasi desain teras PWR AP-1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal diberikan pada Tabel 1 [1].



Gambar 2. Perangkat dan batang bahan bakar



Gambar 3. Penampang perangkat bahan bakar

Tabel 1. Data spesifikasi desain teras PWR AP 1000 dan PWR 1000 Tipikal

| No. | Parameter | Keterangan | |
|-----|--|---------------------|----------------------|
| | | AP 1000 | PWR 1000 Tipikal |
| 1. | Tipe PLTN | AP 1000 | PWR 1000 Tipikal |
| 2. | Desainer/Vendor | Westinghouse | Westinghouse |
| 3. | Daya termal | 3400 | 3411 |
| 4. | Laju alir efektif (kg/jam) | $48,44 \times 10^6$ | $59,053 \times 10^6$ |
| 5. | Tekanan operasi (MPa) | 15,00 | 15,15,17 |
| 6. | Suhu inlet pendingin ($^{\circ}\text{C}$) | 279,44 | 292,00 |
| 7. | Suhu outlet pendingin ($^{\circ}\text{C}$) | 324,66 | 328,30 |
| 8. | Diameter teras (cm) | 304,04 | 337,06 |
| 9. | Tinggi teras aktif (cm) | 426,72 | 365,76 |
| 10. | Jumlah perangkat bahan bakar | 157 | 193 |
| 11. | Tipe perangkat bahan bakar | 17 x 17 | 17 x 17 |
| 12. | Ukuran perangkat bahan bakar (cm x cm) | 21,40 x 21,40 | 21,40 x 21,40 |
| 13. | Jumlah rod/perangkat | 264 | 264 |
| 14. | Jarak antar pusat rod | 1,26 | 1,26 |
| 15. | Diameter rod (cm) | 0,950 | 0,914 |
| 16. | Diameter pellet (cm) | 0,819 | 0,874 |
| 17. | Fluks panas rata-rata (kW/m^2) | 628,71 | 622,09 |
| 18. | Fluks panas maksimum (kW/m^2) | 1634,71 | 1555,21 |

PEMODELAN PERANGKAT BAHAN BAKAR

Dalam pemodelan satu perangkat bahan bakar, dapat dibagi menjadi beberapa kelompok kanal yang tiap kelompok memuat kanal volume pendingin dan struktur panas (pembangkit panas). Dalam hal ini setiap posisi batang bahan bakar memiliki faktor pembangkitan daya radial yang berbeda menyebar pada 17x17 batang bahan bakar. Oleh karena itu berdasarkan data dari faktor pembangkitan daya radial, pemodelan ini membagi menjadi 4 kanal berdasarkan pengelompokan dari faktor daya yaitu daya terbesar (kanal terpanas), daya menengah, daya rendah dan kanal

by-pass. Kanal I mewakili posisi kanal dengan faktor daya terbesar yaitu 1,396 (Posisi H9, I10), kanal II mewakili posisi kanal pada rentang faktor daya 1,203 sampai 1,394 (Posisi B15, G9), kanal III mewakili posisi lain yang lebih kecil dari 1,198 (posisi O16), kanal IV adalah lintasan aliran yang disimulasikan bilamana terjadi aliran *by-pass* (aliran pendingin yang tidak melalui bagian di mana terjadi transfer panas) [2].

Secara aksial, setiap kanal ditetapkan menjadi 10 node, di mana pembagian tersebut sudah cukup untuk merepresentasikan kurva pola distribusi daya aksial, sedangkan model pada *stand-off* dan plenum atas hanya dibagi menjadi 4 node. Jadi secara keseluruhan, model perangkat ini memiliki 2 *tmdpvol*, 1 *tmdjunc*, 13 volume, 1 single volume dan 2 model *branch*. Gambar 4 menunjukkan gambar nodalisasi pada model perangkat. Tabel 2 menyajikan data kompilasi untuk mendukung dalam penyusunan *input deck*, Tabel ini disusun kembali berdasarkan data referensi yang tersedia.

Tabel 2. Data kompilasi untuk penyusunan *input deck*

| Parameter | Kanal I | Kanal II | Kanal III | Kanal IV |
|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Panj. aktif bahan bakar (m) | 4,267200 | 4,2672 | 4,2672 | 0 |
| Panj. <i>Stand-off assembly</i> (m) | 0,143129 | 0,143129 | 0,143129 | 0,143129 |
| Panj. Plenum atas (m) | 0,164465 | 0,164465 | 0,164465 | 0,164465 |
| Panj./Node St. assembly (m) | 0,035782 | 0,035782 | 0,035782 | 0,035782 |
| Panj./Node kanal aktif (m) | 0,426720 | 0,426720 | 0,426720 | 0,426720 |
| Panj./Node plenum atas (m) | 0,041116 | 0,041116 | 0,041116 | 0,041116 |
| Volume-angle (°) | 90 | 90 | 90 | 90 |
| Diameter hidrolis (m) | 0,011179 | 0,011179 | 0,011179 | - |
| Luas aliran kanal (m ²) | 0,0001756 | 0,0540848 | 0,0093068 | 0,000000001 |
| Laju aliran pendingin (kg/s) | 1,16 | 44,66 | 30,74 | 0,00001 |
| Panj. Plenum atas (m) | 4,262700 | 4,2627 | 4,2627 | 0 |
| Kekerasan permukaan (m) | 1,5E-5 | 1,5E-5 | 1,5E-5 | 1,5E-5 |
| Temperatur <i>inlet</i> pendingin (K) | 552,4000 | 552,40 | 552,40 | 552,40 |
| Tekanan <i>inlet</i> pendingin (MPa) | 148,80+5 | 148,80+5 | 148,80+5 | 148,80+5 |
| Jumlah batang bahan bakar (-) | 4 | 154 | 106 | 0 |
| Faktor daya radial (-) | 1,3960 | 1,227 | 1,188 | 0 |

DESKRIPSI RELAP 5

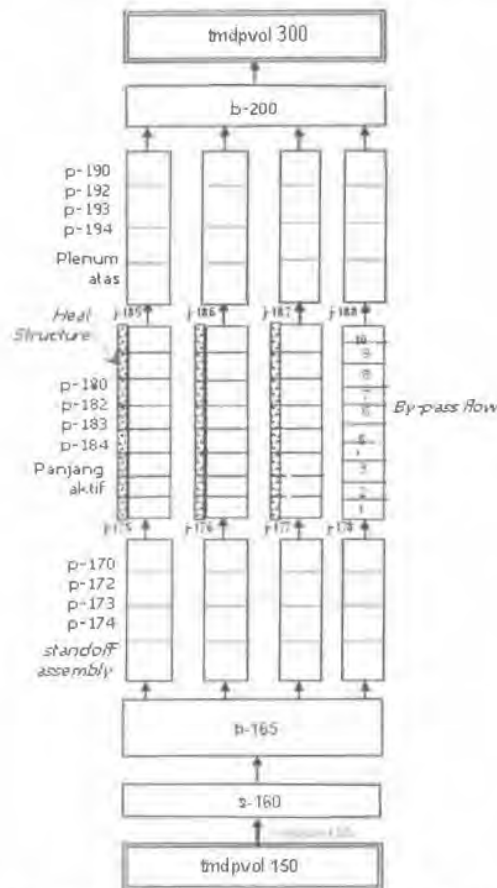
RELAP 5 adalah paket program komputer termohidrolis satu dimensi yang telah digunakan secara luas untuk melakukan simulasi *steady-state* maupun transien pada suatu sistem termal dan pendingin air ringan pada reaktor nuklir. Paket ini dikembangkan oleh U.S. Nuclear Regulatory Commission (US NRC). Versi Scdap dari Innovative Software System, Idaho Falls dilengkapi dengan paket analisis kecelakaan teras terparah [3].

Paket program ini menggunakan model *node* dan *junction* *multi-dimensional* untuk menghitung keseluruhan perilaku termohidrolis sistem pendingin. Model yang digunakan merupakan sistem hidrodinamika *nonequilibrium* dan *nonhomogenous* fluida dua-fasa termasuk untuk gas-gas tak terkondensasi, transfer panas secara konveksi, konduksi satu dimensi pada struktur sistem, kinetika reaktor, sistem kontrol dan logika *trip*. Paket program juga mengandung model komponen sistem pada reaktor pendingin air ringan (*Light Water Reactor*, LWR) seperti pompa, katup, turbin, separator dan sebagainya [4].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian penggunaan program komputer untuk menganalisa kinerja perangkat bahan bakar diberikan pada grafik yang dinyatakan pada Gambar 5 sampai dengan 10. Penelitian dilakukan terhadap perangkat bahan bakar PWR AP1000 MWe dan PWR 1000 MWe Tipikal. Hasil yang diperoleh antara lain distribusi laju aliran pendingin sepanjang kanal aktif, distribusi temperatur

keluar pendingin dan kelongsong sepanjang kanal serta distribusi tekanan aliran dan fluks panas sepanjang kanal.

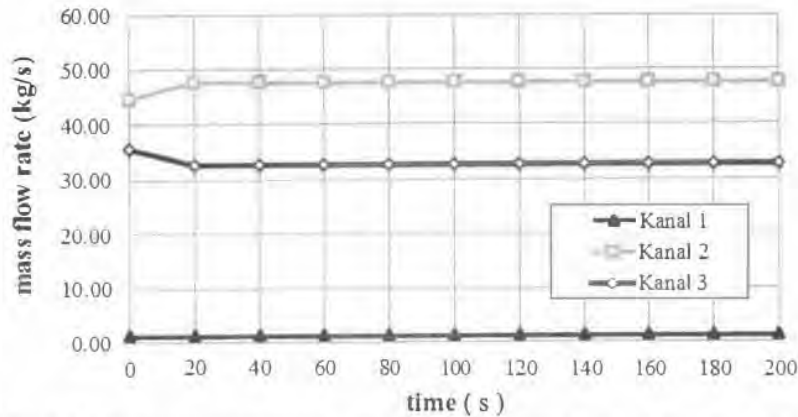


Gambar 4. Nodalisasi model perangkat bahan bakar

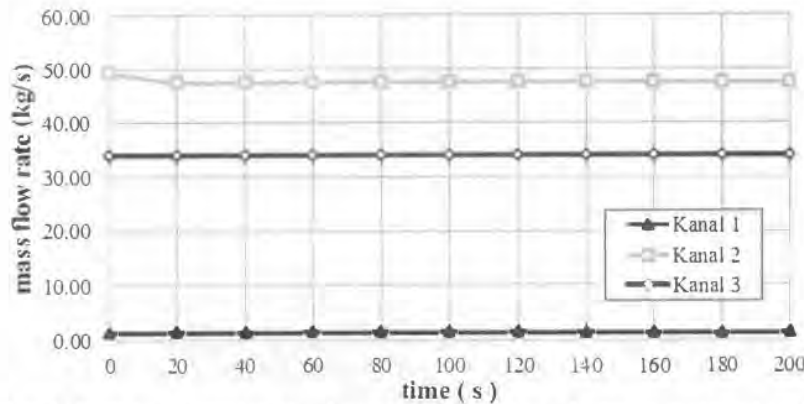
Pada dasarnya proses *running* program *RELAP5* adalah untuk mendapatkan kurva-kurva pencapaian *steady-state*. Dalam hal ini tidak membutuhkan waktu yang lama, kualifikasi *steady-state* yang stabil telah ditetapkan sampai 200 detik dimana perolehan kondisi *steady-state* sangat memadai [5].

Pencapaian kondisi stabil parameter laju pendingin PWR AP 1000 ditunjukkan pada Gambar 5. Besarnya laju aliran pendingin di tiap kanal ini dipengaruhi oleh luas aliran enthalpy pendingin yang mengalir. Laju aliran pada masing-masing kanal adalah 1.16 kg/s (kanal I), 47.58 kg/s (kanal II), 32.73 (kanal III dan 0.0 kg/s (Kanal IV). Kanal IV merupakan model untuk aliran *by-pass* yang dalam analisis ini luas alirannya di-inputkan sama dengan nol.

Pencapaian kondisi stabil parameter laju aliran pendingin PWR 1000 MWe Tipikal ditunjukkan pada Gambar 6 dengan laju aliran pendingin sebagai fungsi interval waktu antara 0 sampai dengan 200 detik. Grafik ini menunjukkan keadaan *steady-state* untuk tiap-tiap kanal. Terdapat sedikit penurunan grafik pada kanal II, namun hal itu masih menunjukkan bahwa hasil yang didapat relevan. Laju aliran pendingin masing-masing adalah 1.36 kg/s untuk kanal I, 47.56 kg/s untuk kanal II, 33.99 kg/s untuk kanal III dan 0.0 untuk kanal IV. Kanal IV merupakan kanal *by-pass*.



Gambar 5. Kurva pencapaian *steady-state* laju aliran pendingin sepanjang kanal aktif PWR AP 1000

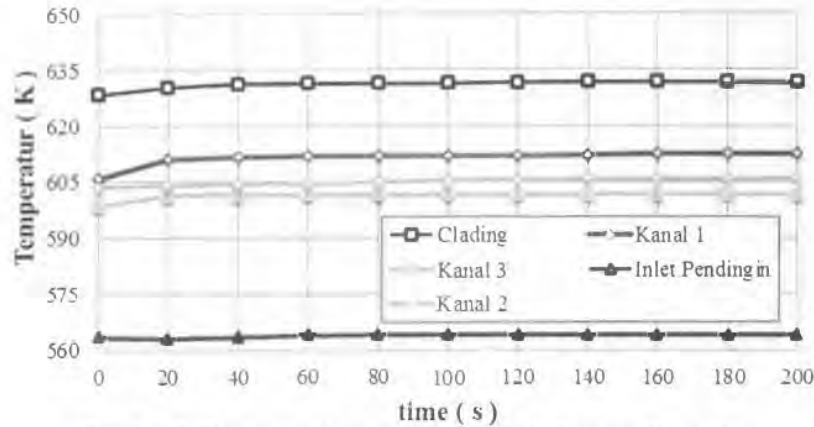


Gambar 6. Kurva pencapaian *steady-state* laju aliran pendingin sepanjang kanal aktif PWR 1000 MWe Tipikal

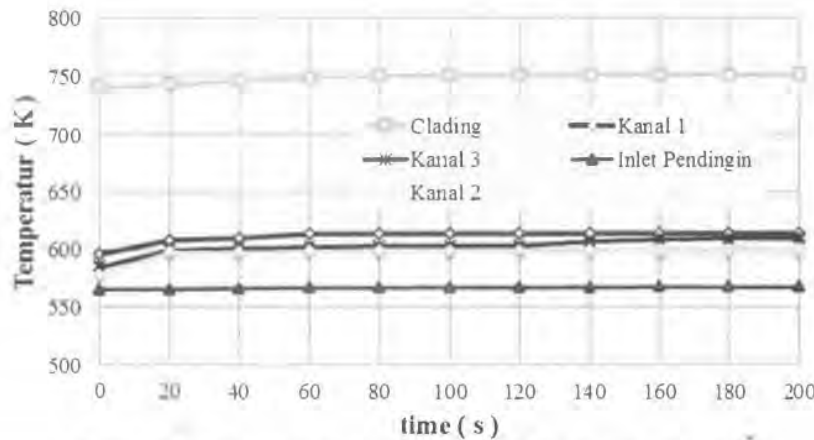
Dari hasil grafik laju aliran pendingin untuk masing-masing tipe perangkat bahan bakar, kedua grafik tersebut menunjukkan keadaan *steady-state*. Hal itu sangat relevan untuk pemodelan yang dilakukan. Karena untuk tiap-tiap perangkat perbedaannya tidak terlalu signifikan. Sehingga dapat disimpulkan untuk laju aliran pendinginan untuk perangkat bahan bakar tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal dapat diterima.

Parameter berikutnya adalah temperatur pendingin dan temperatur kelongsong untuk tiap-tiap perangkat bahan bakar tipe PWR AP 1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal. Untuk temperatur pendingin dan temperatur kelongsong PWR AP 1000 disampaikan pada Gambar 7 dimana temperatur masuk pendingin kanal-I ini adalah data *input* yang sekaligus merupakan temperatur masuk ke teras reaktor. Oleh karena itu kurva di temperatur ini (552.40) tidak berubah fungsi. Adapun temperatur keluar perangkat bahan bakar yang dihitung oleh RELAP5 bervariasi untuk masing-masing kanal. Hasilnya adalah 612.34 K (kanal I), 605.78 K (Kanal II) dan 601.52 (Kanal III). Temperatur ini masih di atas temperatur pendingin rerata keluar teras dari data desain (597.67 K). sedangkan untuk penelusuran temperatur kelongsong, dalam hal ini dipilih kanal terpanas (Kanal-I node no-5) dimana pada lokasi ini faktor daya radial dan aksial adalah maksimum. Kondisi *steady-state* diperoleh pada temperatur 631.56 K.

Parameter Temperatur pendingin dan temperatur kelongsong untuk PWR 1000 MWe Tipikal disampaikan pada Gambar 8 untuk temperatur masuk pendingin kanal-I tersebut merupakan data *input* masuk ke teras reaktor adalah 565.6 K. dan untuk temperatur keluar perangkat masing-masing 613.27 K (Kanal I), 582.54 K (Kanal II) dan 613.22 K (kanal III). Untuk temperatur kelongsong saat *steady-state* adalah 748.98K.



Gambar 7. Kurva *steady-state* temperatur keluar pendingin dan kelongsong sepanjang kanal PWR AP 1000

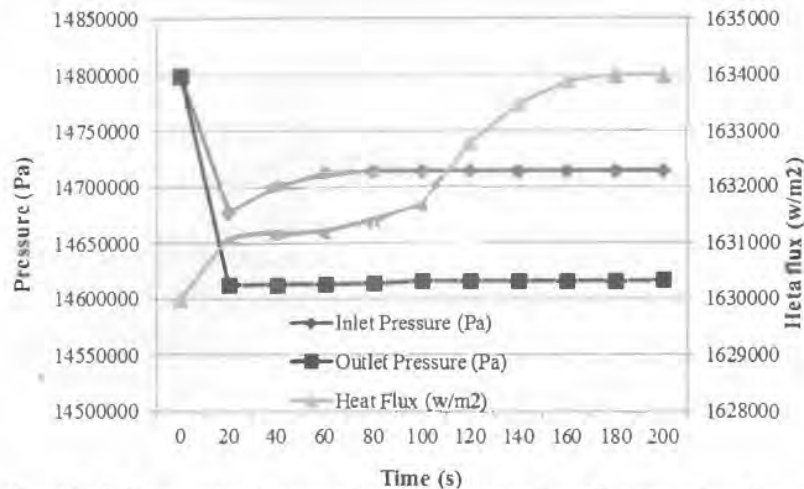


Gambar 8. Kurva *steady-state* temperatur keluar pendingin dan kelongsong sepanjang kanal PWR 1000 Mwe Tipikal

Dari kedua grafik temperatur keluar pendingin dan kelongsong ini masing-masing grafik cenderung menunjukkan kondisi *Steady-state*. Dan hal ini tentu menjelaskan bahwa kedua grafik tersebut dapat di terima dan relevan untuk pemodelan.

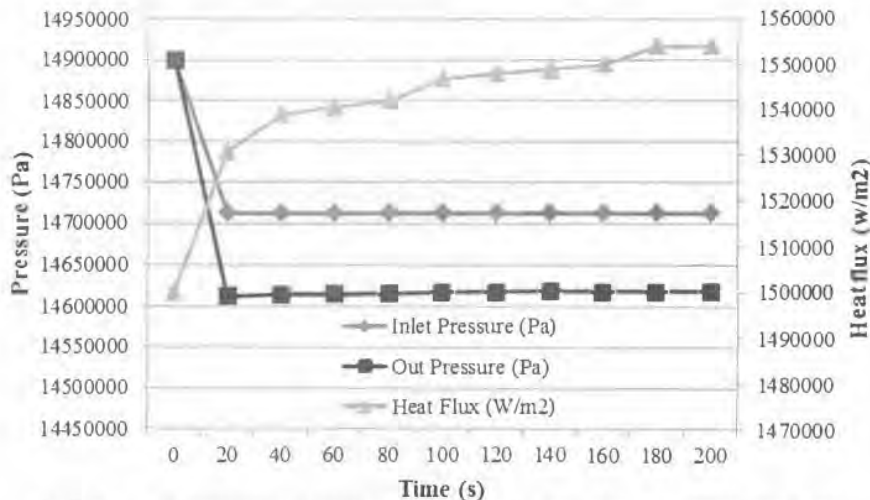
Pencapaian kondisi stabil parameter tekanan masuk, tekanan keluar dan *heat flux* di tunjukan pada Gambar 9 dan 10. Dimana pada gambar tersebut menampilkan kurva *heat flux* yang terjadi pada lokasi terpanas (kanal I node no-5) perangkat bahan bakar dari pemodelan. Untuk grafik tekanan masuk, tekanan keluar serta *heat flux* PWR AP1000 ditunjukan pada Gambar 9. *Heat flux* untuk AP 1000 adalah 1634000 (w/m^2). Pada rentang waktu 100 hingga 160 detik terjadi kenaikan grafik yang cukup signifikan, hal ini disebabkan adanya perubahan fasa dari cair menjadi

uap sehingga nilai *heat flux* meningkat cukup tinggi. Penurunan tekanan yang terjadi pada PWR AP 1000 adalah 98000 Pa.



Gambar 9. Kurva *steady-state* tekanan aliran dan *heat flux* sepanjang kanal PWR AP1000 MWe

Tekanan aliran masuk serta keluar dan *heat flux* untuk tipe perangkat bahan bakar PWR1000 MWe Tipikal di tunjukan pada Gambar 10. dimana untuk hasil tekanan masuk serta tekanan keluar aliran grafik menunjukan keadaan *steady-state*. Hal ini dapat diterima sebagai pemodelan. Untuk hasil *heat flux* terpanas perangkat bahan bakar PWR ini didapat hasil 1554000 (w/m^2). Sedangkan untuk hasil penurunan tekanan yang terjadi pada perangkat ini hasilnya adalah 94800 Pa.



Gambar 10. Kurva *steady-state* tekanan aliran dan *heat flux* sepanjang kanal PWR 1000 MWe Tipikal

Kedua grafik tekanan aliran dan *heat flux* menunjukan keadaan *steady-state*. Hal ini menunjukan bahwa kedua data tersebut baik dilakukan untuk dijadikan pemodelan karena perbedaan persentase tekanan untuk keduanya tidak terlalu signifikan.

KESIMPULAN

Hasil perhitungan termohidrolika perangkat bahan bakar PWR AP-1000 dan PWR 1000 Mwe Tipikal menggunakan paket program *RELAP5* yang meliputi distribusi *heat flux*, temperatur kelongsong, dan pendingin sepanjang kanal bahan bakar aktif berhasil dilakukan untuk validasi model perangkat pada *RELAP5* dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap data desain yang diacu. Dengan demikian telah diperoleh karakteristik termal teras PWR AP -1000 dan PWR 1000 MWe Tipikal hasil pemodelan yang dihitung dengan menggunakan paket program *RELAP5*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ralph, A. Nelson, et al Phenomogical Thermal-hydraulic model of Hot Rod bundel experiencing and optimization methodology for closure development, Reflood completion report, DOE, USA, 1996
- [2]. Kazimi, M.S and Todreas, N.E., Nuclear System I, Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1991.
- [3]. Anonim, RELAP5 Code Development Team, RELAP5/MOD3. Code Manual User Guide and Input Requirements, NUREG/CR-5535-V2. Idaho National Engineering Laboratory, Washington DC.1995.
- [4]. Patricia et.al" Sensitivity Analysis of the RELAP5 Nodalization to IPR-R1 TRIGA Research Reactor', International Conference on Mathematics and Computational Methods Applied to Nuclear Science and Engineering (M&C 2011) Rio de Janeiro, RJ, Brazil, May 8-12, 2011.
- [5]. Sukmanto, Dibyo. dkk., Validasi Pemodelan *Test-Section* Queen Menggunakan Relap5, Prosiding Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta FasilitasNuklir, PTRKN - ITS, Surabaya, 2010.