



# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI ENERGI NUKLIR 2015

## TEKNOLOGI NUKLIR UNTUK KEMANDIRIAN DAN KEBERLANJUTAN PEMBANGUNAN NASIONAL

Denpasar - Bali, 15 - 16 Oktober 2015



PUSAT TEKNOLOGI DAN KESELAMATAN REAKTOR NUKLIR (PTKRN)  
PUSAT KAJIAN SISTEM ENERGI NUKLIR (PKSEN)  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

ISSN : 2355 – 7524

**PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL  
TEKNOLOGI ENERGI NUKLIR 2015**

Bali, 15-16 Oktober 2015



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir

Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir

**2015**

**DEWAN EDITOR / PENILAI  
KARYA TULIS ILMIAH :**

**KETUA :**

Dr. Ir. P. Made Udiyani, M.Si (BATAN)

**WAKIL KETUA :**

Ir. Djati Hoesen Salimy, M.Eng (BATAN)

**SEKRETARIS I :**

Drs. Ign. Djoko Irianto, M.Eng (BATAN)

**SEKRETARIS II :**

Dra. Heni Susiati, M.Si (BATAN)

**ANGGOTA :**

Dr. Ir. Hendro Tjahjono (BATAN)

Prof. Drs. Surian Pinem, M.Si (BATAN)

Dr. Jupiter Sitoms Pane, M.Sc (BATAN)

Drs. Tukiran (BATAN)

Dr. Camelia Panatarani, S.Si, M.Eng (UNPAD)

Dr. Sidik Permana, M.Eng (ITB)

Dr. Sihana (UGM)

Prof. Dr. June Mellawati, S.Si (BATAN)

Ir. Sriyana, MT (BATAN)

Drs. Sahala Mamli Lumban Raja (BATAN)

Ir. Erlan Dewita, M.Eng (BATAN)

Dr. Wayan Nata Septiadi, ST, MT (UNUD)

Dr. Ir. Ketut Gede Sugita, MT (UNUD)

Prof. Dr. I Wayan Budiarsa Suyasa, MS (UNUD)

Dr. I Wayan Gede Suharta (UNUD)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya sehingga Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015 dapat diselesaikan. Prosiding ini memuat makalah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir, dengan tema Kontribusi Teknologi Energi Nuklir bagi Kemandirian dan Keberlanjutan Pembangunan Nasional, yang diselenggarakan pada hari Kamis – Jumat, 15 – 16 Oktober 2015 di Gedung Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar, Bali. Seminar tersebut terselenggara atas kerjasama Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN-BATAN) dengan Pusat Kajian Sistem Energi Nuklir (PKSEN-BATAN) didukung oleh Fakultas Teknik dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana.

Penerbitan Prosiding ini dimaksudkan untuk menyebarluaskan hasil penelitian dan pengembangan iptek energi nuklir. Diharapkan dengan terbitnya prosiding ini dapat menggalang kesinambungan komunikasi di antara para peneliti, akademisi, dan pemerhati terkait dengan iptek energi nuklir di Indonesia, dalam rangka mengantisipasi pesatnya perkembangan iptek energi nuklir di dunia.

Panitia menerima sebanyak 83 makalah teknis dari berbagai instansi. Setelah melalui seleksi dan evaluasi oleh Dewan Editor, Panitia memutuskan 77 makalah dapat diterima untuk dipresentasikan dalam Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015. Hasil seleksi ulang dan evaluasi oleh Dewan Editor terhadap makalah yang dipresentasikan, memutuskan sebanyak 74 makalah dapat diterbitkan dalam Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015. Ke 74 makalah tersebut terdiri dari : 67 makalah dari BATAN, masing-masing 2 makalah dari BAPETEN dan Universitas Udayana, dan masing-masing 1 makalah dari Universitas Sriwijaya, ATK Kemenperin Yogyakarta, dan STKIP Sumedang.

Kami menyadari bahwa prosiding ini tentu saja tidak luput dari kekurangan, untuk itu segala saran dan kritik kami harapkan demi perbaikan prosiding pada terbitan tahun yang akan datang. Akhirnya kami berharap semoga prosiding ini bermanfaat bagi yang memerlukan.

Jakarta, Maret 2016

Dewan Editor



**KEPUTUSAN**

**KEPALA BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL**

**NOMOR: 77/KA/III/2015**

**TENTANG**

**PERUBAHAN LAMPIRAN KEPUTUSAN KEPALA BATAN NOMOR 41/KA/II/2015  
TENTANG PENYELENGGARAAN SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI  
ENERGI NUKLIR 2015 DAN PEMBENTUKAN PANITIA**

**KEPALA BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL,**

- Menimbang :**
- a. bahwa dengan Keputusan Kepala BATAN Nomor 41/KA/II/2015 telah ditetapkan Penyelenggaraan Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015 dan Pembentukan Panitia;
  - b. bahwa untuk kepentingan dinas, maka perlu mengubah Lampiran Keputusan sebagaimana dimaksud pada huruf a;

- Mengingat :**
1. Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013 tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional;
  2. Keputusan Presiden Nomor 72/M Tahun 2012;
  3. Peraturan Kepala BATAN Nomor 14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Tenaga Nuklir Nasional sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Kepala BATAN Nomor 16 Tahun 2014;

**MEMUTUSKAN:**

**Menetapkan :** KEPUTUSAN KEPALA BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
TENTANG PERUBAHAN LAMPIRAN KEPUTUSAN KEPALA  
BATAN NOMOR 41/KA/II/2015 TENTANG  
PENYELENGGARAAN SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI  
ENERGI NUKLIR 2015 DAN PEMBENTUKAN PANITIA.



- 2 -

- KESATU : Mengubah Lampiran Keputusan Kepala BATAN Nomor 41/KA/II/2015 tentang Penyelenggaraan Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015 dan Pembentukan Panitia menjadi sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.
- KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 25 Maret 2015  
KEPALA BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL,

-ttt-

DJAROT SULISTIO WISNUBROTO

Salinan sesuai dengan aslinya,

KEPALA BIRO SUMBER DAYA MANUSIA DAN ORGANISASI,



*Hadi Susilo*  
HADI SUSILO a



LAMPIRAN

KEPUTUSAN KEPALA BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL

NOMOR : 77/KA/III/2015

TANGGAL : 25 MARET 2015

SUSUNAN PANITIA PENYELENGGARA SEMINAR NASIONAL  
TEKNOLOGI ENERGI NUKLIR 2015

- 
- I. Pelindung : Prof. Dr. Djarot Sulistio Wisnubroto - BATAN
- II. Pengarah : 1. Dr. Taswanda Taryo, M.Sc.Eng - BATAN  
2. Prof. Dr. dr. Ketut Suastika, SpPD KEMD - UNUD
- III. Penanggung Jawab : 1. Dr. Geni Rina Sunaryo, M.Sc - BATAN  
2. Ir. Yarianto Sugeng Budi Susilo, M.Si - BATAN  
3. Drs. A. A. Raka Dalem, M.Sc (Hons) - UNUD  
4. Prof. Ir. I Wayan Redana, M.A.Sc, Ph.D - UNUD
- IV. Penyelenggara :
- Ketua Umum : Syaiful Bakhri, ST - BATAN
- Ketua Pelaksana : Mulya Juarsa, M.Sc - BATAN
- Wakil Ketua I : Drs. Sahala Maruli Lumban Raja - BATAN
- Wakil Ketua II : Dr. Ir. Sudi Ariyanto, M.Eng - BATAN
- Sekretaris I : Topan Setiadipura, S.Si, M.Si - BATAN
- Sekretaris II : Rr. Arum Puni Rijanti S., ST, MT - BATAN
- Bendahara I : Marini Landina, SE - BATAN
- Bendahara II : Waris Juniarsih - BATAN
- Seksi-seksi :
- a. Acara dan Persidangan:
1. Dr. Julwan Hendry Purba - BATAN
2. Made Widyarta, ST, M.Sc, Ph.D - UNUD
3. Gusti Ngurah Sutapa, S.Si, M.Si - UNUD



- 2 -

4. Dr. Suparman - BATAN
  5. Sofia Loren Butar-Butar, ST - BATAN
  6. Yuliasuti, M.Si - BATAN
  7. Syamsul Ali Ikhsan - BATAN
- b. Humas, Perizinan dan Informasi (*Website*):
1. Anik Purwaningsih, S.Si - BATAN
  2. Drs. I Made Satriya Wibawa, M.Si - UNUD
  3. Ainul Guhri, Ph.D - UNUD
  4. Yeni Supriyati - BATAN
  5. Mudjiono, S.Si - BATAN
- c. Prosiding dan Distribusi *Reviewer*:
1. Dr. R. Mohammad Subekti - BATAN
  2. Dr. Ni Made Suwatini, MS - UNUD
  3. I Dewa Gede Ary Subagia, Ph.D - UNUD
  4. Ir. Suwoto - BATAN
  5. Wiku Lulus Widodo, M.Eng - BATAN
- d. Perlengkapan dan Dokumentasi:
1. Ir. Sriyono - BATAN
  2. Sunarto - BATAN
  3. Kusnaedi Manguto Puasora - BATAN
  4. I Ketut Putra, S.Si, M.Si - UNUD
  5. I Ketut Astawa, ST, MT - UNUD
- e. Konsumsi :
1. Restu Maerani, ST - BATAN
  2. Meity Purwantini - BATAN
  3. Dra. Ni Nyoman Ratini, M.Si - UNUD
  4. Putu Lokantara, ST, MT - UNUD
  5. Detty Setiawati S - BATAN
- f. Umum dan Transportasi:
1. Nurul Huda, S.Si - BATAN
  2. Imam Hamzah - BATAN
  3. I Wayan Supardi, S.Si, M.Si - UNUD





- 3 -

4. Ir. Made Suarda, M.Eng - UNUD  
5. Dian Koliiana Kamal - BATAN  
g. Protokoler : 1. Helmi Setiawan, S.Sos - BATAN  
2. Rahayu Kusumastuti, MT - BATAN  
h. Eksebisi : 1. Drs. Heru Santosa - BATAN  
2. Sungkono - BATAN

V. Dewan Editor :

a. Sesi Bahasa Indonesia:

- Ketua : Dr. Ir. P. Made Udiyani, M.Si - BATAN  
Wakil Ketua : Ir. Djati Hoesen Salimy, M.Eng - BATAN  
Sekretaris I : Drs. Ign. Djoko Irianto, M.Eng - BATAN  
Sekretaris II : Dra. Heni Susiati, M.Si - BATAN  
Anggota : 1. Dr. Ir. Hendro Tjahjono - BATAN  
2. Prof. Drs. Surian Pinem, M.Si - BATAN  
3. Dr. Jupiter Sitorus Pane, M.Sc - BATAN  
4. Drs. Tukiran - BATAN  
5. Dr. Camelia Panatarani, S.Si, M.Eng - UNPAD  
6. Dr. Sidik Permana, M.Eng - ITB  
7. Dr. Sihana - UGM  
8. Prof. Dr. June Mellawati, S.Si - BATAN  
9. Ir. Sriyana, MT - BATAN  
10. Drs. Sahala Maruli Lumban Raja - BATAN  
11. Ir. Erlan Dewita, M.Eng - BATAN  
12. Dr. Wayan Nata Septiadi, ST, MT - UNUD  
13. Dr. Ir. Ketut Gede Sugita, MT - UNUD  
14. Prof. Dr. I Wayan Budiarsa Suyasa, MS - UNUD  
15. Dr. I Wayan Gede Suharta - UNUD

b. Sesi Bahasa Inggris:

- Ketua : Dr. Geni Rina Sunaryo, M.Sc - BATAN  
Sekretaris : Dr. Julwan Hendry Purba - BATAN  
Anggota : 1. Ir. Tagor Malem Sembiring - BATAN  
2. Dr. Deendarlianto, ST, M.Eng - UGM



- 4 -

3. Ir. I Nyoman Budiarsa, MT, Ph.D - UNUD
4. Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, Ph.D - UNUD
5. Prof. Dr. Ing. Nandy Putra - UI
6. Prof. Dr. Eng. Zaki Su'ud - ITB
7. Dr. rer.nat. Ayi Bachtiar, S.Si - UNPAD
8. Prof. T. M. Indra Mahlia - Malaysia
9. Prof. Emeretus. Dr. Eng. Kaichiro Mishima - Japan
10. Prof. Dr. Eng. Toru Obara - Japan
11. Hwang Haito, Ph.D - China
12. Dr. Gerd Brinkmann - Germany
13. Dr. Marius Fox - South Africa
14. Dr. Ir. Heri Suyanto - UNUD
15. Dr. Ni Nyoman Rupiasih, S.Si, M.Si - UNUD
16. Dr. Alexander Agung - UGM

---

KEPALA BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL,

-ttt-

DJAROT SULISTIO WISNUBROTO

Salinan sesuai dengan aslinya,

KEPALA BIRO SUMBER DAYA MANUSIA DAN ORGANISASI,



HADI SUSILO

## DAFTAR ISI

<b>Judul</b>	
<b>Editor Penilai / Karya Tulis</b>	<b>i</b>
<b>Kata Pengantar</b>	<b>ii</b>
<b>Salinan Lampiran SK. Kepala BATAN Tentang Pelaksanaan Seminar Nasional Teknologi Energi Nuklir 2015</b>	<b>iii</b>
<b>Daftar Isi</b>	<b>v</b>

### **KELOMPOK-A : Aspek Manajemen, Ekonomi, Kebijakan, dan Infrastruktur**

<b>1. Outlook dan Kebijakan Perizinan Pemanfaatan Tenaga Nuklir Bidang Industri di Indonesia</b>	<b>1</b>
<i>Bambang Riyono, Dwi Susanti</i>	
<b>2. Kajian Aspek Organisasi Pembangunan Reaktor Daya Eksperimen</b>	<b>8</b>
<i>Sriyana, Imam Bastori, Suparman, Yarianto SBS</i>	
<b>3. Profil dan Tren Permintaan Energi di Indonesia</b>	<b>16</b>
<i>Edwaren Liun</i>	
<b>4. Metoda Pemingkatan dalam Pemilihan Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir</b>	<b>25</b>
<i>Bansyah Kironi, Sudi Ariyanto</i>	
<b>5. Manajemen Kontrak untuk Konstruksi RDE di Indonesia</b>	<b>32</b>
<i>Rr. Arum Puni Rijanti, Sahala Maruli Lumbanraja</i>	
<b>6. Analisis sensitivitas biaya investasi PLTN dalam Perencanaan Kelistrikan Kalimantan Barat</b>	<b>40</b>
<i>Rizki Firmansyah Setya Budi, Wiku Lulus Widodo</i>	

### **KELOMPOK-B : Aspek Pengembangan Tapak, Lingkungan dan Pengelolaan Limbah**

<b>7. Evaluasi laju dosis pada storage cask bahan bakar bekas reaktor PWR berdaya 1000 MWe dengan MCNP dan QAD-CGGP</b>	<b>51</b>
<i>Anis Rohanda, Amir Hamzah</i>	
<b>8. Proteksi radiasi pada batako ringan aerasi citicon dengan metode surveymeter</b>	<b>59</b>
<i>Ni Nyoman Ratini, I Gusti Sutapa, Wahyulianti</i>	
<b>9. Survei calon stasiun gempa Legok dan Parung menggunakan sinyal short period (sp) untuk pemantauan gempa di tapak RDE Serpong</b>	<b>69</b>
<i>Hadi Suntoko, Ajat Sudrajat, Kurnia A.</i>	
<b>10. Implementasi PLTN lepas pantai di Indonesia</b>	<b>79</b>
<i>Sahala Maruli Lumbanraja, Citra Candranurani, Rr. Arum Puni Rijanti</i>	
<b>11. Pemetaan tata guna lahan dalam rangka persiapan pembangunan rde di kawasan Puspipetek</b>	<b>90</b>
<i>Heni Susiati, Habib Subagio</i>	
<b>12. Kondisi demografi di area calon tapak reaktor daya eksperimental (RDE) di serpong, Banten</b>	<b>101</b>
<i>June Melawati, Siti Alimah, Hadi Suntoko</i>	
<b>13. Analisis limbah aktinida reaktor berbasis thorium dan uranium</b>	<b>110</b>
<i>Siti Alimah, Djati H. Salimy</i>	
<b>14. Analisis sifat sensing sensor kelembaban resistif menggunakan polivinil alcohol</b>	<b>119</b>

*Nurlaila, Yuliastuti*

15. **Seismotectonic Considerations On Bangka Island Npp Siting** 130  
*Yarianto SB Susilo, Kurnia Anzhar, Sarwiyana Sastratenaya, Antonio R Godoy, Leonello Serva*
16. **Geology and Radionuclide Ratio Mapping for Radioactive Mineral Exploration in Mamuju, West Sulawesi** 140  
*I G. Sukadana, F.D. Indrastomo and H. Syaeful*

**KELOMPOK-C : Aspek Teknologi Material dan Bahan Bakar Nuklir**

17. **Penentuan burn up mutlak pelat elmen bakar U3Si2-Al tingkat muat uranium** 149  
*Aslina Br. Ginting, Yanlinastuti, Noviarthy, Sungkono, Dian A, Boybul, Arif N, Rosika K.*
18. **Pembuatan material cast austenitic stainless steels (cass) untuk komponen light Water reactor (LWR)** 160  
*Gunawan Refiandi*
19. **Pengembangan sistem kontrol dan akuisisi data difraktometer neutron serbuk DN3** 169  
*Fahrurrozi A, Bharoto, Rifai M, Hari M.*
20. **Analisis kelayakan pabrik elemen bahan bakar berdasarkan aspek kebutuhan uranium diperkaya** 177  
*Wiku Lulus Widodo, Rizki Firmansyah Setya Budi*
21. **Pengaruh serbuk U-Mo hasil proses mekanik dan hydride – dehydride –grinding mill terhadap pelat elemen bakar** 185  
*Supardjo, Agoeng Kadarjono*
22. **Pengaruh kadar unsur nb pada paduan U-Zr-Nb terhadap sifat mekanik, mikrostruktur dan pembentukan fasa** 194  
*Masrukan, M. Husna Al Hasa, Jan Setiawan, Slamet P.*
23. **Pengaruh komposisi bahan bakar u-7%mo dan matriks al-si terhadap tebal kelongsong** 202  
*Agoeng Kadarjono, Supardjo*
24. **Penumbuhan lapisan tipis keramik pada baja feritik dengan teknik deposisi laser Terpulsa (PLD)188** 208  
*Mardiyanto, Agusutrisno, Edi Suharyadi, Abu Khalid Rival*
25. **Bahan bakar berbasis thorium dalam reaktor HTGR tipe pebble dan tingkat kesiapan teknologi** 215  
*Erlan Dewinta, Meniek Rahmawati*
26. **The Use of Morinda Citrifolia as a Green Corrosion Inhibitor for Low Carbon Steel In Nacl Solution** 226  
*R.Kusumastuti, R.I.Pramana,Sriyono, Geni R.Sunaryo, Johny W.Soedarsono*
27. **Effect of reflector on neutronic performance of the high density U9MoAl fuel mtr type research reactor** 234  
*Tukiran Surbakti and Lily Suparlina*
28. **Li<sub>4</sub>Ti<sub>5</sub>O<sub>12</sub> Synthesis as a battery anode materials with solid state reaction method** 243  
*Yustinus Purwamargapratala dan Jadigia Ginting*
29. **Transmission electron microscopy specimen preparations of isothermally oxidized fecral alloy by using focused ion beam system** 248  
*Mohammad Dani, Arbi Dimiyati, Pudji Untoro, Joachim Mayer, Teguh Yulius Surya Panca Putra and Parikin*
30. **Study on pzt piezoelectric sensor material development with addition of sio2 by using solid state reaction** 257

- Syahfandi Ahda and Mardiyanto*
31. **Thermal stress analysis in pwr type npp pressurizer** 263  
*Abdul Hafid, Elfrida Saragi, Mike Susmikanti*
32. **Analysis weld defect of ss 304 on tube with x-rays radiograph method** 270  
*Zaenal Abidin, Nasyeh Taufiq, Djoko Marjanto*

**KELOMPOK-D : Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir**

33. **Studi awal desain konseptual reaktor cepat tipe GFR dengan uranium metal sebagai input bahan bakar** 275  
*Ninis Monita, Meniek Ariani, Fiber Monado*
34. **Kajian aspek termohidrolika pada bulk sheilding reaktor Kartini** 282  
*Helen Rafliis*
35. **Pengaruh fraksi packing terhadap distribusi temperatur bahan bakar triso di dalam teras HTGR** 291  
*Hery Adrial, Sudarmono*
36. **Pengaruh nikel terhadap perubahan temperatur transisi baja feritik sebagai material bejana tekan PLTN** 300  
*Mudi Haryanto, Sri Nitiswati*
37. **Pemrograman plc untuk control rod drive mechanism berbasis elektromagnet pada reaktor tipe PWR** 306  
*Sudamo, Kussigit Santosa*
38. **Justifikasi persyaratan desain sistem instrumentasi dan kendali RDE 10 mw dengan simulator PCTTRAN HTR** 315  
*Khairul Handono, Agus Cahyono, Kristedjo Kurnianto*
39. **Evaluation on the utilization of kartini research reactor for education and training programs** 323  
*Syarip, Puradwi Ismu Wahyono, Tegas Sutondo*
40. **Fuel density effect on xenon reactivity of mtr type research reactor core design** 328  
*Lily Suparlina, Anis Rohanda, Jati Susilo*
41. **Neutron energy-spectrum analysis in the irradiation facilities of the conceptual rri-50 reactor** 336  
*A. Hamzah*
42. **Optimization of core configuration for the innovative research reactor** 342  
*Iman Kuntoro, Tukiran Surbakti, Surian Pinem, TM Sembiring*
43. **The prediction of center measured distribution residual stress in welding using fuzzy neural network** 349  
*M. Susmikanti, A. Hafid, R. Himawan*
44. **Modification and validation of gamset computer code for gamma heating analysis of innovative research reactor core** 357  
*Pudjijanto MS and Setiyanto*
45. **Performance analysis on rgtt200k cogeneration system for changes in the reactor coolant mass flow rate** 365  
*Ign. Djoko Irianto, Sri Sudadiyo, Sukmanto Dibyo*
46. **The pressure drop effect on cyclone separation performance in helium purification system of RGTT200K** 374  
*Sriyono, Sumijanto, Nurul Huda, Rahayu Kusumastuti*
47. **Graphite oxidation rate estimation during air ingress accident in RGTT200K** 383  
*Sumijanto, Jupiter Sitorus Pane, Elfrida Saragi*

48. **Analysis on the calculation of power and thermal neutron flux distribution for RGTT200K reactor** 389  
*Suwoto and Zuhair*
49. **Supply chain of cement industries to support the nuclear power plant construction in Indonesia** 397  
*Dharu Dewi, Nurlaila, Sriyana, Moch. Djoko Birmano, Sahala Lumbanradja*
50. **Preliminary design of plate fin recuperator with counter flow for RGTT200K** 406  
*Piping Supriatna, Ignatius Djoko Irianto, Sri Sudadiyo*
51. **Analysis of temperature profile of the PBMR 400 MWt during anticipated transient without scram accidents** 413  
*Elfrida Saragi, Jupiter Sitorus, Sumijanto*
52. **Analysis on the axial turbine blade using fluent for high temperature helium-cooled reactor (RGTT200K)** 425  
*Sri Sudadiyo, Ign. Djoko Irianto, Piping Supriatna*
53. **Permeability characteristics of subsurface material in experimental power reactor site, Puspipetek-Serpong** 435  
*Heri Syaeful, Dhatu Kamajati, Adi Gunawan M., Nunik Madyaningarum*
54. **Preliminary studies on developing psa framework for htgrs: relevant events to be considered** 446  
*Julwan Hendry Purba*
55. **Path analysis of BATAN's safety culture characteristics** 453  
*Johnny Situmorang, Imam Kuntoro, Sigit Santoso*
56. **Comparative study on the safety culture and security culture assessment at the nuclear facility** 461  
*S. Santoso, Khairul*

**KELOMPOK-E: Komputasi dan Instrumentasi Nuklir**

57. **Post-processor untuk data output termohidraulika VSOP'94** 471  
*Anik Purwaningsih, Surip Widodo*
58. **Perancangan program perhitungan laju aliran massa air berdasarkan perubahan system ture menggunakan Lab View** 481  
*G. Bambang Heru K, Mulya Juarsa, Ainur Rosidi*
59. **Perancangan viystem heat-sink untai fassip-01 menggunakan software Cycle Tempo** 489  
*Giarno, Mulya Juarsa, Joko Prasetyo Witoko*
60. **Analisis tegangan mekanik dan translational displacement pada struktur experiment kanal** 496  
*Dedy Haryanto, Kussigit Santosa*
61. **Optimasi laju konversi molekuler co pada system pemurnian helium pendingin RGTT200K** 504  
*Sumijanto, Nurul Huda, Sriyono*
62. **Metode mcsa berbasis labview untuk pemantauan kondisi motor pompa untai uji beta** 510  
*Restu Maerani, Tulis Jojok Suryono, Edy Sumarno*
63. **Analisis ketidakpastian untuk fatigue crack growth pipa primer PLTN** 519  
*Entin Hartini, Roziq Himawan*
64. **Validasi kecepatan putaran pompa sentrifugal secara visual menggunakan high speed camera (HSC)** 527

*Ainur Rosidi, Joko Prasetyo W, Bambang Heru*

- 65. Evaluasi ketidakpastian hasil pengukuran flowmeter menggunakan sistem akuisisi Data 534**

*Khairina Natsir, G. Bambang Heru K, Nursinta Adi Wahanani, Mulya Juarsa*

**KELOMPOK-F : Kogenerasi dan Teknologi Nuklir Non Energy**

- 66. Konsep desain foto reaktor berbasis irradiator uv-led untuk pra-vulkanisasi latek karet alam 543**

*Cahaya Widiyati, Herry Poernomo*

- 67. Nuklir sebagai basis keenergian markas komando utama armada angkatan laut sorong 556**

*I Wayan Ngarayana, Sigit Santosa*

- 68. Pola biodistribusi nanomaterial 99mTc-m41s-nh2 melalui penandaan langsung menggunakan tikus putih stok sprague dawley untuk aplikasi radiosinovotomi 566**

*Isti Daruwati, Sarah Nuraini, Iswahyudi, Mia Lestari A, Maria Christina P, Aang Hanafiah Wa*

- 69. Teknik pengawetan bawang merah (*Allium ascalonicum* L) dengan radiasi gamma Co-60 574**

*Gusti Ngurah Sutapa, Ni Luh Putu Trisnawati, Titik Purwati*

- 70. Penentuan uptake candida albicans terhadap 99mTc-DTPA-ketokonazol sebagai kit diagnostik penyakit infeksi fungi 582**

*Maula Eka Sriyani, Desty Eltiana Ibrahim, Rizky Juwita S, Aang Hanafiah Wa*

- 71. Sintesis dan karakterisasi kompleks 4f-skandium 591**

*Yanuar Setiadi, Duyeh Setiawan, Isti Daruwati, Iwan Hastiawan, Asri Nurul Bashiroh*

- 72. Penilaian teknologi pembuatan zirkonia dari pasir zirkon secara proses basah dan kering 601**

*Herry Poernomo, Endang Susiantini*

- 73. Produksi bahan bakar alternatif amonia dengan energi nuklir sebagai sumber energi 615**

*Djati H Salimy, Siti Alimah*

- 74. Evaluasi karakteristik fisikokimia 625**

*Eva Maria Widyasari, Ritta Solihaty*

**Daftar Indeks Penulis Makalah**

## STUDI AWAL DESAIN KONSEPTUAL REAKTOR CEPAT TIPE GFR DENGAN URANIUM METAL SEBAGAI INPUT BAHAN BAKAR

Ninis Monita, Menik Ariani, Fiber Monado

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya, Jl. Prabumulih-Inderalaya KM 32, Palembang 3066  
Email: fiber.monado@gmail.com

### ABSTRAK

**STUDI AWAL DESAIN KONSEPTUAL REAKTOR CEPAT TIPE GFR DENGAN URANIUM METAL SEBAGAI INPUT BAHAN BAKAR.** Penelitian ini membahas mengenai hasil perhitungan neutronik dengan strategi *burnup Modified CANDLE* pada desain konseptual reaktor PLTN jenis GFR 500 MWt berbasis bahan bakar uranium metal (U-10%wtZr) tanpa pengayaan, dengan pendingin helium, dan *cladding* berupa *Stainless Steel 316*. Perhitungan persamaan difusi multigrup dan persamaan *burnup* bahan bakar selama 100 tahun menggunakan kode sistem PIJ dan CITATION pada SRAC. Penentuan desain yang memenuhi kriteria terkait efisiensi bahan bakar dilakukan dengan mengoptimasi ukuran teras reaktor. Berdasarkan hasil perhitungan, ukuran teras reaktor yang dianggap paling baik berada pada tinggi teras aktif 200 cm dan jejari teras aktif 105 cm dengan fraksi volume 65 % *fuel*, 10 % *cladding*, 25 % *coolant*, dan diameter pin *pitch* 1.4 cm. Reaktor ini dapat terus beroperasi selama 1 siklus pengisian bahan bakar (per 10 tahun) tanpa pengisian ulang bahan bakar pada waktu tersebut.

Kata kunci: gfr, uranium metal, *modified candle*, *burnup*, *srac*

### ABSTRACT

**CONCEPTUAL DESIGN INITIAL STUDY OF FAST REACTOR GFR TYPE WITH METALLIC URANIUM AS FUEL CYCLE INPUT.** This study discusses the result of neutronic calculation with *modified CANDLE burn-up strategy* at the conceptual design PLTN reactor type of GFR 500 MWt with metallic fuel (U-10%wtZr) without enrichment, the cooling is helium, and *cladding material is Stainless Steel 316*. The calculation of multi group diffusion equation and fuel burnup equation during 100 years by using PIJ and CITATION system code on SRAC. Determination design that meets the fuel efficiency related criteria is done by optimizing the core size. Based on calculations, the core size are considered the most well on the active core high is 200 cm and the active core radial is 105 cm with a volume fraction of 65 % *fuel*, 10 % *cladding*, 25 % *coolant*, and diameter of pin pitch is 1.4 cm. This reactor can continue to operate in one cycle 10 years input without refueling at the time.

Keyword: *gfr*, *metallic uranium*, *modified candle*, *burn-up*, *srac*

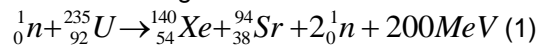
### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam namun kebutuhan akan pasokan listrik menjadi salah satu kendala bagi masyarakat Indonesia yang manatidak seluruhnya mendapatkan pasokan listrik. Hal ini menjadi perhatian khusus bagi pemerintah Indonesia yang lama kelamaan sumber energi khususnya bahan bakar fosil untuk pasokan listrik akan semakin berkurang. PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir) menjadi salah satu sumber energi listrik alternatif yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya biaya operasi murah, aman, dan tidak mencemari lingkungan. Menurut Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) keseluruhan reaktor PLTN berlisensi di dunia telah menyuplai 17 % daya listrik dunia. Makalah ini membahas mengenai analisis neutronik dengan tipe reaktor cepat berpendingin gas helium (*Gas-cooled Fast Reactor*, GFR) yang berbasis uranium metal (U-10%wtZr) sebagai input bahan bakar. Hal ini pula menerapkan strategi *Modified CANDLE (Constant Axial shape of Neutron flux, nuclide densities and power shape During Life of Energy production)* pada susunan bahan bakar di dalam teras reaktor saat pembakaran (*burnup*) berlangsung selama 100 tahun [1]. Reaktor ini tidak memerlukan proses pengayaan uranium, tetapi langsung memasok uranium alam dan mampu membakar limbah nuklir untuk menambah pasokan energinya.



**TEORI**

Reaktor nuklir sebagai tempat terjadinya reaksi fisi berantai pada material fisil yang akan menghasilkan banyak energi termal. Pada PLTN (Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir), energi termal akan menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin generator yang kemudian akan membangkitkan listrik. Berikut contoh reaksi fisi [2]:



GFR (*Gas-cooled Fast Reactor*) merupakan salah satu kandidat reaktor daya nuklir Generasi IV yang sedang dalam tahap riset dan pengembangan, diperkirakan baru akan dikomersialkan pada tahun 2030 mendatang. GFR menggunakan sumber uranium alam yang lebih berkelanjutan dan dapat meminimalisir hasil limbah melalui siklus berulang saat pembakaran berlangsung. Temperatur tinggi yang dihasilkan reaktor ini selain memproduksi listrik, dapat pula memproduksi hidrogen.

Analisis neutronik dalam desain reaktor nuklir menggunakan persamaan difusi multigrup dengan mengasumsikan bahwa neutron memiliki grup-grup energi. Hal ini berkaitan untuk mendeskripsikan karakter dan distribusi neutron pada teras reaktor. Persamaan difusi multigrup menerapkan keseimbangan jumlah neutron yang masuk dan yang keluar dari teras reaktor. Persamaan keseimbangan jumlah neutron dapat dituliskan pada Persamaan (2) yakni [2]:

$$\frac{1}{v_g} \frac{\partial \phi_g}{\partial t} = \nabla \cdot D_g \nabla \phi_g - \sum_{ag} + S_g - \sum_{sg} \phi_g + \sum_{g'} \sum_{sg'} \phi_{g'} \quad (2)$$

Selama proses pengoperasian reaktor, komposisi bahan bakar akan semakin berkurang dan berubah menjadi isotop-isotop baru (produk fisi). Hal ini dinyatakan oleh persamaan *burnup* yang ditunjukkan pada Persamaan (3) [2]:

$$\frac{dN_A}{dt} = -\lambda_A N_A - \left[ \sum_g \sigma_{Ag}^A \phi_g \right] N_A + \lambda_B N_B + \left[ \sum_g \sigma_{Ag}^C \phi_g \right] N_C \quad (3)$$

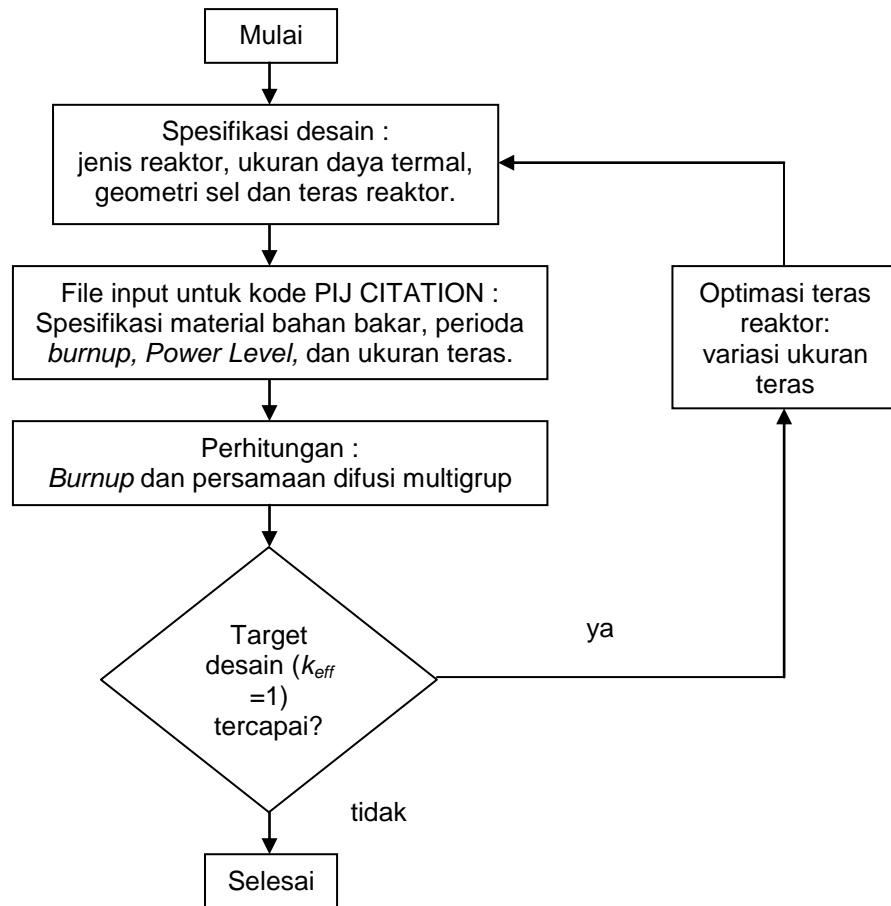
**METODOLOGI**

Parameter-parameter pokok desain reaktor yang digunakan telah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pokok Desain Reaktor

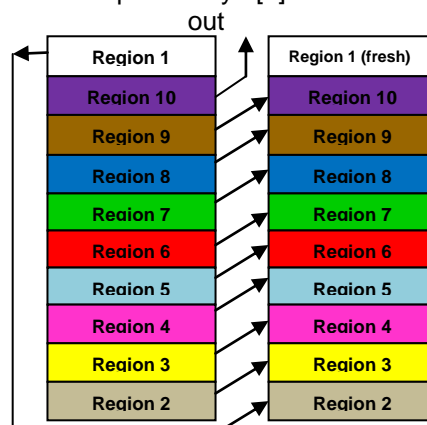
Parameter	Spesifikasi Reaktor Tipe GFR
Daya termal	500 MWt
Jumlah <i>region</i>	10
Bahan bakar ( <i>fuel</i> )	uranium metal (U-10wt%Zr)
Material <i>cladding</i>	<i>Stainless Steel</i> 316 (SS316)
Pendingin ( <i>coolant</i> )	Helium (He)
Fraksi volume <i>fuel</i> : <i>cladding</i> : <i>coolant</i>	65 % : 10 % : 25 %
Geometri teras	Silinder-2D
Tinggi teras aktif	300 cm
Diameter teras aktif	200 cm
Tebal reflektor arah aksial	50 cm
Tebal reflektor arah radial	50 cm
Diameter pin <i>pitch</i>	1.4 cm
Periode <i>refueling</i>	10 tahun
Periode <i>burnup</i>	100 tahun

Pada penelitian ini menggunakan *software* SRAC (*Standard Reactor Analysis Code*) dengan pustaka JENDL 3.2 yang berbasis data penampang lintang mikroskopik [3], komputer PC berbasis Linux, dan kompilator bahasa pemrograman Fortran 77. Metode yang digunakan ialah studi literatur dan metode numerik untuk melakukan analisis neutronik. Langkah kerja pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah kerja penelitian

Pembagian komposisi bahan bakar diatur dengan strategi *Modified CANDLE* (Gambar 2) [4]. Teras dibagi menjadi beberapa bagian dengan volume yang sama. Pada kondisi awal, uranium alam diletakkan pada *region1*, setelah 1 siklus pengisian bahan bakar (per 10 tahun) maka bahan bakar dari *region1* ini dipindahkan ke *region2*, bahan bakar di *region2* dipindahkan ke *region3*, dan seterusnya hingga bahan bakar sisa reaksi fisi nuklir pada *region10* dikeluarkan dari teras. Hal ini terus berlangsung hanya dengan memasukkan uranium alam pada *region1* disetiap siklusnya [1].



Gambar 2. Skema *Modified CANDLE Burnup*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini diuraikan hasil dan pembahasan dari desain konseptual reaktor cepat berpendingin helium yang menerapkan strategi *Modified CANDLE*. Pada tingkat perhitungan sel, bahan bakar dibakar selama 100 tahun dengan interval pengambilan data setiap 2 tahun. Survey parameter neutronik yang dihasilkan dari perhitungan ini diantaranya *level*

*burnup*, faktor multiplikasi tak hingga ( $k_{inf}$ ), distribusi densitas atom, dan data penampang lintang makroskopik dari beberapa nuklida yang akan digunakan pada tingkat perhitungan teras reaktor. Pada Tabel 2 dan Tabel 3 berisi harga faktor multiplikasi efektif ( $k_{eff}$ ) dari hasil optimasi ukuran teras baik jejari dan tinggi teras reaktor dengan fraksi volume bahan bakar 65 %. Hasil yang didapat bahwa ukuran teras yang dianggap paling baik berada pada ukuran tinggi teras aktif 200 cm dan jejari teras aktif 105 cm yang diperoleh berdasarkan nilai  $k_{eff}$  tertinggi. Hal ini dimaksudkan apabila harga fraksi volume bahan bakar diturunkan dari harga awal (65 %), diperkirakan dengan ukuran tinggi teras aktif yang sama masih tetap dalam kondisi kritis ( $k > 1$ ).

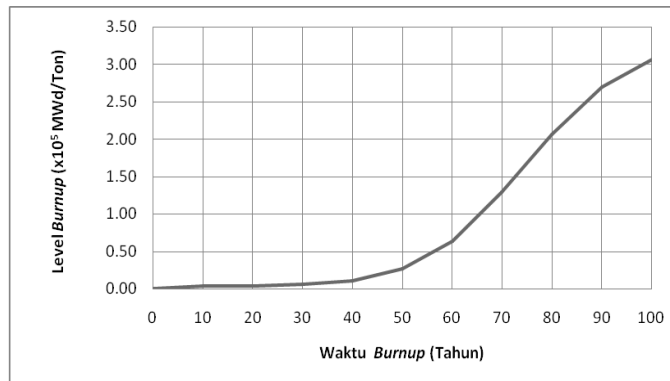
Tabel 2. Nilai Faktor Multiplikasi Efektif ( $k_{eff}$ ) Untuk Beberapa Variasi Tinggi Teras Aktif Dengan Jejari Teras Aktif 100 cm

Tinggi (cm)	Faktor Multiplikasi Efektif ( $k_{eff}$ )				
	CITATION 1	CITATION 2	CITATION 3	CITATION 4	CITATION 5
330 cm	0.9727	0.9965	1.0144	1.0279	1.0381
320 cm	0.9780	1.0001	1.0168	1.0294	1.0390
310 cm	0.9832	1.0037	1.0192	1.0309	1.0399
300 cm	0.9815	1.0034	1.0197	1.0321	1.0362
290 cm	0.9933	1.0105	1.0237	1.0337	1.0415
280 cm	0.9984	1.0140	1.0259	1.0352	1.0423
270 cm	1.0033	1.0173	1.0282	1.0365	1.0430
260 cm	1.0080	1.0205	1.0303	1.0378	1.0436
250 cm	1.0124	1.0235	1.0321	1.0388	1.0440
240 cm	1.0167	1.0263	1.0338	1.0397	1.0443
230 cm	1.0205	1.0287	1.0352	1.0403	1.0443
220 cm	1.0237	1.0306	1.0362	1.0405	1.0439
210 cm	1.0260	1.0317	1.0364	1.0400	1.0429
<b>200 cm</b>	<b>1.0269</b>	<b>1.0316</b>	<b>1.0354</b>	<b>1.0385</b>	<b>1.0408</b>
190 cm	1.0262	1.0301	1.0332	1.0356	1.0375
180 cm	1.0233	1.0265	1.0290	1.0309	1.0323
170 cm	1.0176	1.0201	1.0220	1.0235	1.0244
160 cm	1.0087	1.0107	1.0121	1.0130	1.0133
150 cm	0.9959	0.9973	0.9981	0.9983	0.9977

Tabel 3. Nilai Faktor Multiplikasi Efektif ( $k_{eff}$ ) Untuk Beberapa Variasi Jejari Teras Aktif Dengan Tinggi Aktif 200 cm

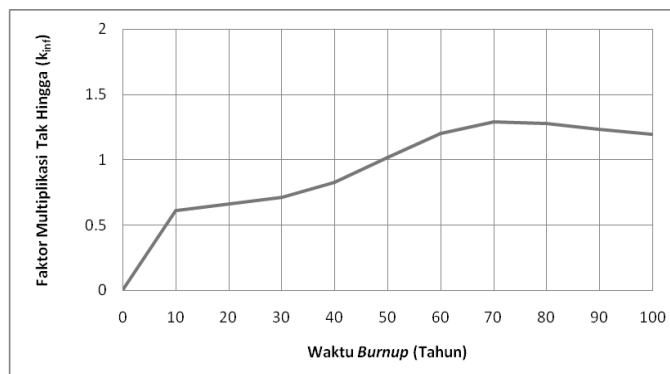
Jejari (cm)	Faktor Multiplikasi Efektif ( $k_{eff}$ )				
	CITATION 1	CITATION 2	CITATION 3	CITATION 4	CITATION 5
85 cm	0.9849	0.9855	0.9858	0.9859	0.9857
90 cm	1.0080	1.0095	1.0107	1.0116	1.0121
95 cm	1.0209	1.0239	1.0263	1.0281	1.0295
100 cm	1.0269	1.0316	1.0354	1.0385	1.0408
<b>105 cm</b>	<b>1.0284</b>	<b>1.0350</b>	<b>1.0404</b>	<b>1.0447</b>	<b>1.0482</b>
110 cm	1.0269	1.0354	1.0424	1.0480	1.0526
115 cm	1.0230	1.0333	1.0418	1.0488	1.0545
120 cm	1.0181	1.0300	1.0399	1.0481	1.0550
125 cm	1.0118	1.0253	1.0365	1.0459	1.0538
130 cm	1.0045	1.0195	1.0320	1.0425	1.0513
135 cm	0.9964	1.0127	1.0264	1.0379	1.0477

Gambar 3 menunjukkan perubahan level burnup sepanjang sejarah burnup bahan bakar. Grafik naik secara perlahan lalu mengalami perubahan secara signifikan hingga mencapai harga tertinggi sebesar  $3.06 \times 10^5$  MWd/Ton dalam satu sel bahan bakar. Hasil dari perhitungan *burnup* ini menunjukkan besarnya daya yang dihasilkan dalam satu hari per satu ton bahan bakar.



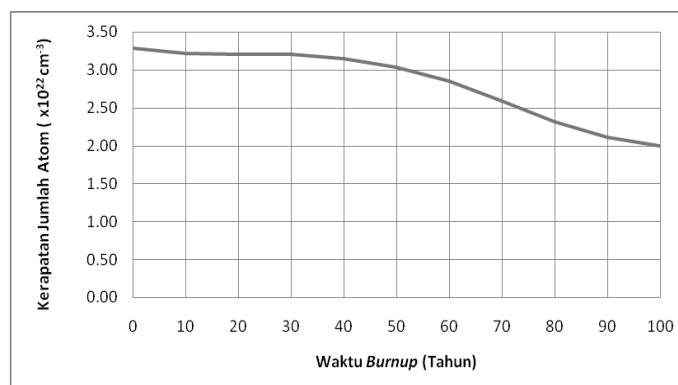
Gambar 3. Perubahan *level burnup* sepanjang sejarah *burnup*

Gambar 4 menunjukkan perubahan nilai faktor multiplikasi tak hingga, *k-infinite* ( $k_{inf}$ ) yang merupakan konstanta untuk mengetahui tingkat populasi neutron di dalam teras reaktor tanpa memperhitungkan faktor kebocoran ke luar teras. Grafik  $k_{inf}$  mengalami kenaikan nilai cukup tinggi untuk 10 tahun pertama. Hal ini berkaitan dengan skema *burnup* pada Gambar 2, dimana uranium alam terletak pada *region1* (0-10 tahun) berdekatan dengan *region10* (90-100 tahun) yang telah berisi material fisil cukup banyak, salah satunya yaitu plutonium-239 yang dapat dijadikan input bahan bakar sebagai pemicu reaksi fisi uranium-238 sebagai bahan fertil.

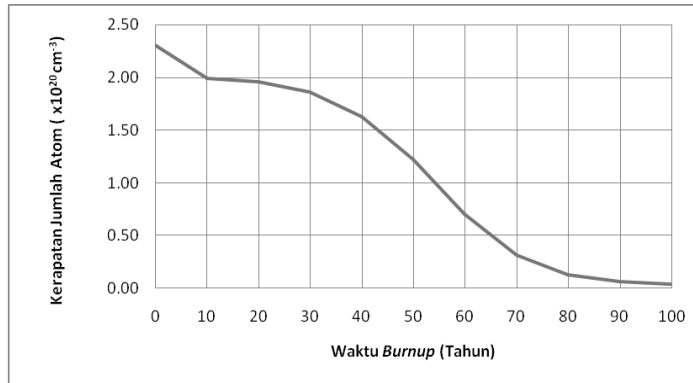


Gambar 4. Nilai faktor multiplikasi tak hingga ( $k_{inf}$ )

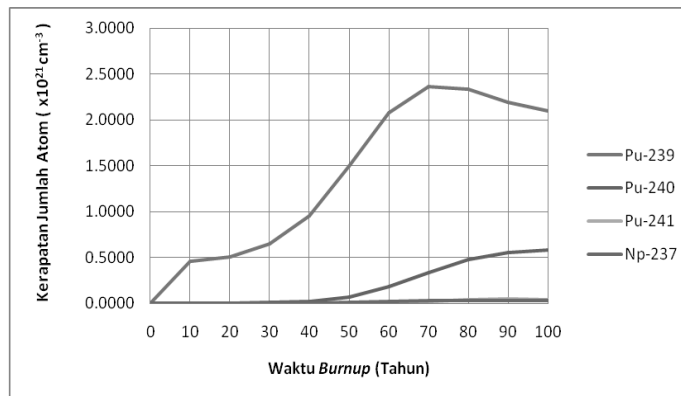
Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan perubahan kerapatan atom uranium-235 dan uranium-238 dari tahun ke tahun yang ditandai dengan penurunan jumlah atom tersebut. Produk fisi dari hasil *burnup* uranium-238 dan uranium-235 yang memiliki kerapatan atom tertinggi ialah plutonium-239, yang disajikan pada Gambar 7. Kerapatan atom plutonium-239 sepanjang *burnup* 100 tahun akan terus meningkat hingga tahun ke-74 yang mana langsung berkorelasi dengan proses pengurangan uranium-238 dan uranium-235 pada teras reaktor.



Gambar 5. Kerapatan atom uranium-235 selama *burnup*

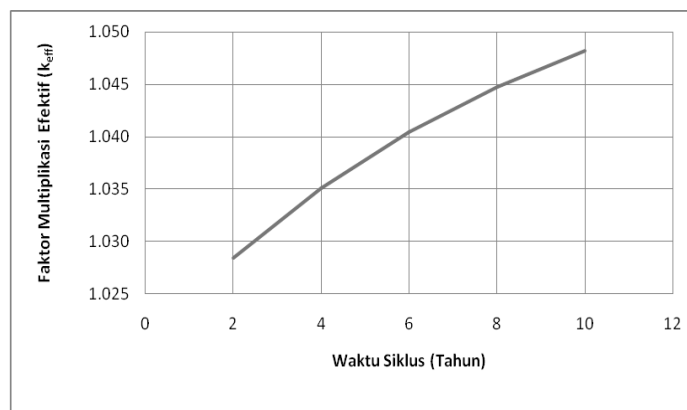


Gambar 6. Kerapatan atom uranium-238 selama burnup



Gambar 7. Kerapatan atom berbagai produk fisi sepanjang burnup

Pada perhitungan teras reaktor dilakukan dengan menyelesaikan persamaan difusi multigrup yang langsung terkopel dengan persamaan burnup. Parameter yang dihasilkan yaitu faktor multiplikasi efektif,  $k$ -effective ( $k_{eff}$ ) yang merupakan konstanta untuk mengetahui tingkat populasi neutron di dalam teras reaktor dengan memperhitungkan faktor kebocoran ke luar teras reaktor. Perubahan faktor multiplikasi efektif dengan fraksi volume bahan bakar sebesar 65 % masih berkisar satu ( $k > 1$ ) telah disajikan pada Gambar 8. Bila ditelaah lebih mendalam, faktor multiplikasi efektif untuk tahun kedua burnup ialah 1.028 dan terus meningkat hingga tahun ke-10 mencapai 1.048, sehingga dapat dikatakan bahwa reaktor dalam kondisi kritis ( $k > 1$ ) dan dapat beroperasi selama 10 tahun tanpa pengisian ulang bahan bakar.



Gambar 8. Nilai faktor multiplikasi efektif ( $k_{eff}$ )

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan fraksi volume 65 % fuel, tinggi teras aktif 200 cm, dan jejari teras aktif 105 cm, reaktor tipe GFR dengan daya termal 500 MWt dapat terus beroperasi selama satu siklus pengisian bahan bakar (per 10 tahun) tanpa pengisian ulang bahan bakar yang ditandai dengan harga  $k_{eff} > 1$ . Hal ini

dapat dijadikan referensi untuk diteliti lebih lanjut dengan mengoptimasi ukuran fraksi volume bahan bakar yang berbeda.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium Fisika Komputasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Su'ud, Zaid dan H. Sekimoto, *Modified Candle Burnup Scheme and Its Application For Long Life Pb-Bi Cooled Fast Reactor With Natural Uranium As Fuel Cycle Input*, Proc. of the Intern. Conf. on Advances in Nuclear Science and Engineering 2007, Bandung (2007).
2. Duderstadt, James J dan Louis J Hamilton, *Nuclear Reactor Analysis*, New York: John Wiley & Sons (1975).
3. Okumura, K., Kugo, T., Kaneko, K., dan Tsuchihashi, K, *SRAC 2006: A Comprehensive Neutronic Calculation Code System*, JAEA-Data/Code 2007-004, Reactor Physics Grup, Nuclear Science and Engineering Directorate: Japan Atomic Energy Agency (2007).
4. Monado, F., Su'ud, Z., Waris, A., Basar, K., Ariani, M., Sekimoto, H, *Application of Modified CANDLE Burnup to Very Small Long Life Gas-cooled Fast Reactor*. Advanced Materials Research, Vol. 772 (2013) pp 501-506.