

ISBN(13) 978-979-19544-9-5

**Pekan Fisika I Jurusan Fisika FMIPA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**



PROSIDING **Seminar Nasional Fisika**

Aula Pascasarjana UNSRI, 4 Juli 2012

*Energi, Lingkungan, dan Teknologi Masa Depan:
Tantangan dan Peluang Ilmu Fisika*

**Fisika Teori, Fisika Komputasi, Fisika Material,
Fisika Instrumentasi & Pengukuran, Geofisika, Biofisika,
Fisika Energi & Lingkungan, Fisika Nuklir & Medis
Pendidikan Fisika**

Editor: Assaidah, Erni, dan Supardi

**Jurusan Fisika FMIPA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA 2012**



MPT. MITRA INTIMARGA
SUPPLIER FOR LABORATORIES & RESEARCH INSTITUTES

SIMETRI
Perencanaan & Penerbitan

KATA PENGANTAR

Prosiding Seminar Nasional Fisika

Aula Pascasarjana UNSRI, 4 Juli 2012

*Energi, Lingkungan, dan Teknologi Masa Depan:
Tantangan dan Peluang Ilmu Fisika*

Editor:
Assaidah
Erni
Supardi

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2012**

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Pemintalan Elektrik (<i>Electrospinning</i>) sebagai Salah Satu Cara untuk Membuat Nanoserat (Khairurrijal, Ade Yeti Nuryantini, Muhammad Miftahul Munir, dan Mikrajuddin Abdullah)	1
Sensor Berbasis Mikrokantilever: Sensitivitas dan Mekanisme Kinerja (Ratno Nuryadi)	7
Penggunaan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pembelajaran Fisika (Sardianto Markos Siahaan)	13
Aplikasi Metode <i>Common Reflection Surface</i> (CRS) <i>Stack</i> pada Data Seismik Real 2D (Dian Kumala Sari, Azhar K. Affandi, dan Erni)	21
Desain Konseptual Reaktor Cepat Berpendingin Gas Berukuran Kecil, Berumur Panjang dan Berbahan Bakar Uranium Alam (Menik Ariani, Zaki Su'ud, Abdul Waris, Khairurrijal, dan Fiber Monado)	27
Desain Konsep Reaktor Pltn Jenis Gfr 333 Mwt Berbasis Bahan Bakar Uranium Alam (Fiber Monado, Zaki Su'ud, Abdul Waris, Khairul Basar, dan Menik Ariani)	33
Estimasi Debit Aliran Permukaan DAS Musi (Sumatera Selatan) Berbasis Satelit (Sinta Berliana Sipayung dan Nani Cholianawati)	38
Identifikasi Mineral Magnetik Pada Permukaan Guano Dari Goa Kelelawar Sumatera Barat (Hamdi, Muhammad Irvan, Erni dan Christopher M. Wursters)	43
Investigasi Nilai Bias Data Global Positioning Satellite Radio Occultation terhadap Data Radiosonde di Wilayah Ekuator (Tiin Sinatra dan Noersomadi)	48
Luminositas Bintang Berotasi pada Keadaan Kritis (Iwan Setiawan)	53
Model Perhitungan Nilai Kapasitansi Individu Sel <i>Aspergillus Niger</i> Berbasis Hasil Percobaan (Musaddiq Musbach, Iman Santoso, Wamid Antaboga dan Maulana)	57
Orbit Relativistik Partikel di Bawah Pengaruh Gaya Sentral Tipe Yukawa (Suhadi, Supardi)	62
Pabrikasi Film PVDF dengan <i>Roll Hot Press</i> dan Karakterisasinya (Ambran Hartono, Mitra Djamal, Suparno, Ramli, dan Edi Sanjaya)	67
Pemodelan Dinamika Arus dan Gelombang Laut di Sepanjang Pantai Selatan Kepulauan Indonesia dan Aplikasinya di Bidang Perikanan (Iskhaq Iskandar dan Pradanto Poerwono)	71

Pengaruh Konsentrasi Polimer MIP (<i>Molecularly Imprinted Polymer</i>) Atrazin terhadap Jumlah Ikatan yang Terbentuk (Idha Royani, Widayani, Mikrajuddin Abdullah, dan Khairurrijal)	78
Pengaruh Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO ₂) yang Disintesis Menggunakan Metoda <i>Simple Heating</i> terhadap Kandungan Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) di dalam Air Rawa (Fitri Suryani Arsyad, Tuty Emilia Agustina, Novi Yulianti, Firmansyah, Devi Anggraeni, Retno Susanti, dan Mikrajuddin Abdullah)	83
Pengukuran Keluaran Pesawat Sinar-X untuk Estimasi Dosis Radiasi Pasien pada Pemeriksaan <i>Thorax, Abdomen dan Skull</i> (Dian Milvita, Vivi Edriani, Heru Prasetyo, Nunung Nuraini, Helfi Yulianti, Dyah Dwi Kusumawati dan Suyati)	88
Prediksi Laju Evaporasi/Presipitasi Global Berdasarkan Model Kiehl-Trenberth (Nyoman Yasa dan Arsali)	95
Prinsip Kerja Rem <i>Disc Brake</i> dan Perawatannya (Subhan Diki Setyo Bakti, dan Melya D. Sebayang)	99
Sifat Magnetik Lapisan Tipis Material Sensor <i>Giant Magnetoresistance</i> Berstruktur <i>Spin Valve</i> (Ramli, Yenni Darvina, Yulkifli, Widyaningrum Indrasari, Ambran Hartono, Edi Sanjaya, Rahadi Wirawan, Khairurrijal dan Mitra Djamal)	105
Sistem Monitoring Pengukuran Ketinggian Air Sungai dengan Sensor Ultrasonic SRF04 dan Layanan Pesan Singkat (SMS) (Gunawan Abdillah dan Jazi Eko Istiyanto)	110
Studi Awal Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Daya Keluaran Turbin Angin Tipe Horizontal Berdiameter 1,6 Meter sebagai Sumber Penyedia Listrik pada Proyek Rumah DC di FMIPA UNJ (Puji S, Satwiko S, dan Hadi N)	115
Uji Kelayakan Model Kiehl -Trenberth terhadap Data Suhu Permukaan Global 1980 - 2000 (Beni Saputra dan Arsali)	122
Mixing Height Determination Using Neutral Network (Octavianus C. Satya, Iain Reid and Robert Vincent)	127
Efektivitas Pembelajaran Aktif dengan Teknik Kuis Tim pada Mata Pelajaran Fisika di SMKN 1 Bukittinggi (Usmeldi)	131
Implementasi Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Stad Berbantuan Simulasi <i>Phet</i> pada Matakuliah Fisika Dasar II (Desy Hanisa Putri)	137
Pembelajaran Konsep Pemantulan Cahaya dengan Menggunakan Model Pembelajaran Berbasis Masalah terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa (Lukman Hakim)	141
Penerapan Kelompok Kooperatif Berbantuan Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Penalaran Sains dan Penguasaan Konsep Mahasiswa (M. Sutarno dan Desy Hanisa Puteri)	147

78	Penerapan <i>Lesson Study (LS)</i> pada Mata Kuliah Gelombang Melalui Tutor Sebaya dan Latihan Soal di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unsri (Sudirman)	153
	Penerapan Model <i>Blended E-Learning</i> pada Matakuliah Pendahuluan Fisika Zat Padat (Ida Sriyanti)	158
83	Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Metode Eskperimen untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa (Dedy Hamdani, Zilvi Endrayani dan Connie)	164
88	Pengaruh Metode Inkuiri Terbimbing Berbasis Laboratorium IPA terhadap Peningkatan Hasil Belajar Siswa SMAN 5 Kota Bengkulu (Andik Purwanto dan Indra Sakti Lubis)	169
95	Upaya Meningkatkan Kemampuan Guru Fisika Melalui Penerapan <i>Contextual Teaching and Learning (CTL)</i> di SMA Negeri 2 Muara Enim (Giyono)	173
99	Pengembangan Materi Ajar Termodinamika dengan Model <i>Educational Reconstruction</i> di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya (Leni Marlina)	181
105	Pengembangan Model Pembelajaran <i>Problem Solving</i> Fisika Melalui Pembelajaran Topik Optika pada Mahasiswa Pendidikan Fisika (Eko Swistoro Warimun)	188
110	Pengembangan Model Perkuliahan Multimedia Interaktif Fisika Modern (Teori Relativitas Khusus) di LPTK (Hamdi Akhsan dan Ketang Wiyono)	193
115	Strategi Efektif Pembelajaran Fisika: Ajarkan Konsep (Muhamad Yusup)	200
122	Pengaruh Pendekatan Sains-Teknologi-Masyarakat terhadap Prestasi dan Minat Belajar Sains Siswa (Giyono)	205
127	Peran Guru untuk Memanfaatkan Media Pembelajaran dalam Proses Pembelajaran di Sekolah (Suwarti)	214
131		
137		
141		
147		

DESAIN KONSEP REAKTOR PLTN JENIS GFR 333 MWT BERBASIS BAHAN BAKAR URANIUM ALAM

Fiber Monado^{1,*}, Zaki Su'ud², Abdul Waris², Khairul Basar², Menik Ariani¹

¹Mahasiswa S3 Prodi Fisika ITB, Dosen Fisika Unsri

²Dosen Prodi Fisika ITB

* Email: fiber_ms@yahoo.co.id

Abstrak

Telah dikerjakan perhitungan neutronik pada disain konsep reaktor PLTN jenis GFR 333 MWt berbasis bahan bakar uranium alam. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan PIJ dan CITATION pada kode SRAC. Basis bahan bakar yang digunakan adalah Uranium Alam, dengan pendingin Helium, dan SS316 sebagai cladding serta reflektornya B4C. Teras yang digunakan berupa silinder R-Z dengan jejari radial 100 cm dan tinggi aksial 270 cm serta tebal reflektor 100 cm. Dari hasil perhitungan diperoleh faktor multiplikasi efektif $k_{\text{eff}} = 1.001$ pada tahun kedua burnup dan terus meningkat hingga 1.012 pada burnup tahun kesepuluh, jadi reaktor tetap dalam keadaan kritis selama sepuluh tahun tanpa pengisian ulang bahan bakar.

Kata kunci: GFR, uranium alam.

PENDAHULUAN

Dalam ringkasan eksekutif Indonesia *Energy Outlook 2009* (IEO, KESDM 2009) ada tiga skenario pengembangan energi yang meliputi: 1. Skenario dasar yaitu skenario prakiraan energi yang merupakan kelanjutan perkembangan historis., 2. Skenario Iklim 1 yaitu skenario prakiraan energi dengan intervensi kebijakan konservasi energi dan pengembangan energi terbarukan yang mempertimbangkan pengurangan emisi gas-gas rumah kaca (GRK)., 3. Skenario Iklim 2 yaitu skenario prakiraan energi yang mempertimbangkan kebijakan mitigasi perubahan iklim sesuai komitmen pemerintah untuk menurunkan emisi GRK. Implementasi skenario iklim 2 berupa upaya-upaya konservasi energi dan pengembangan energi terbarukan dengan penggunaan teknologi dan energi yang rendah emisi, antara lain berupa teknologi batubara bersih (*clean coal technology*) dan pembangkit listrik tenaga nuklir.

Indonesia akan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang diharapkan mulai beroperasi tahun 2016. Rencana ini sesuai dengan amanat UU Nomor 17 tahun 2007 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJN), yang salah satu paragrafnya menyebutkan bahwa pada 2016 Indonesia harus sudah mengoperasikan PLTN.

Perkembangan terakhir menunjukkan bahwa pada 2030 Indonesia menargetkan sekitar 31 GWe berasal dari sumber energi baru dan terbarukan. Jumlah daya listrik sebesar itu akan sulit dipenuhi oleh sumber energi terbarukan seperti energi surya, panas bumi, *biofuel*, angin, dan lain-lain tanpa melibatkan energi nuklir.

Makalah ini akan menguraikan hasil penelitian berupa disain konsep rancangan reaktor Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) jenis reaktor cepat berpendingin gas (*Gas-Cooled Fast Reactor*, GFR) sangat kecil yang berbasis bahan bakar uranium alam.

STUDI PUSTAKA

Reaktor daya nuklir dirancang untuk menghasilkan panas yang kemudian digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Reaktor nuklir menghasilkan banyak energi termal melalui reaksi fisi berantai. Reaksi fisi ini tidak melepaskan CO₂, selain itu juga menggunakan lebih sedikit bahan bakar bila dibandingkan dengan reaksi pembakaran bahan bakar fosil konvensional. Sebuah reaktor nuklir dapat memproduksi sekaligus mengontrol proses pelepasan energi yang dihasilkan dari reaksi fisi berantai yang berlangsung didalam teras reaktor. Pada reaktor daya, energi panas yang dilepaskan selama reaksi fisi ini digunakan untuk menghasilkan uap. Uap ini kemudian dipergunakan untuk menggerakkan turbin generator sebagai pembangkit energi listrik.

Sampai sekarang reaktor daya nuklir yang beroperasi sudah memasuki generasi III+ (tahun 2000 – sekarang), yang dimulai dari generasi I ditahun limapuluhan (1950 – 1970), Generasi II(1970 – 2030), dan generari IV baru akan mulai dioperasikan secara komersial pada tahun 2030.

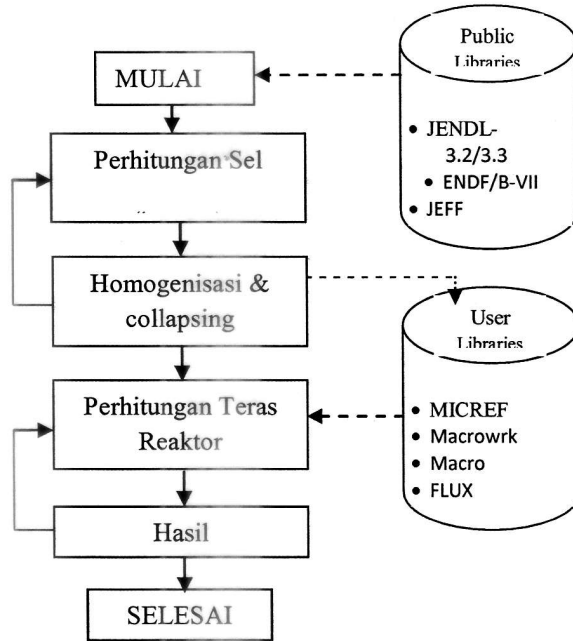
Reaktor cepat berpendingin gas (*Gas Cooled Fast Reactor*, GFR) merupakan salah satu kandidat reaktor daya nuklir generasi IV yang diproyeksikan akan digunakan mulai tahun 2030[GIF, 2009]. GFR mengkombinasikan kehandalan dari sistem spektrum cepat dan sistem temperatur tinggi. Spektrum cepat mampu menggunakan sumber uranium yang lebih berkelanjutan dan meminimalkan limbah melalui pembakaran dan siklus berulang bahan bakar. Temperatur tinggi menghasilkan efisiensi siklus-termal-tinggi dan penggunaan untuk industri dari panas yang dihasilkan, misalnya untuk memproduksi hidrogen.

METODOLOGI PENELITIAN

Parameter-parameter pokok disain reaktor yang digunakan disajikan dalam Tabel 1.
Tabel 1. Parameter pokok disain reaktor yang digunakan

Parameter	Spesifikasi
Daya Reaktor	333 MWt
Temperatur <i>Coolant inlet/outlet</i>	490°C/850°C
Core structure temperature (normal)	500-1200°C
Average power density	50-100 MWt/m ³
Bahan Bakar	Uranium Alam-Nitrid
Bahan Pendingin/ <i>Cladding/Reflektor</i>	Helium/SS316/B4C
Fraksi Volum, <i>Fuel/Coolant/Cladding</i>	65/25/10%
Periode <i>Refueling</i>	10 Tahun
Geometri Teras	Cylinder R-Z
Jejari radial/Tinggi aksial	100cm/270cm
Lebar Reflektor	100cm
Karakteristik Teras	<i>Small-long life core</i>

Pada penelitian ini digunakan software SRAC versi 2002(JAERI, 2002) untuk mengerjakan perhitungan neutronik. Blok diagram kode SRAC yang dipakai ditunjukkan pada Gambar 1.

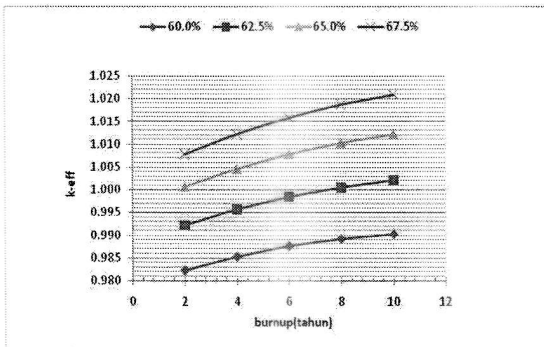


Gambar 1. Diagram blok kode SRAC

HASIL YANG DIPEROLEH

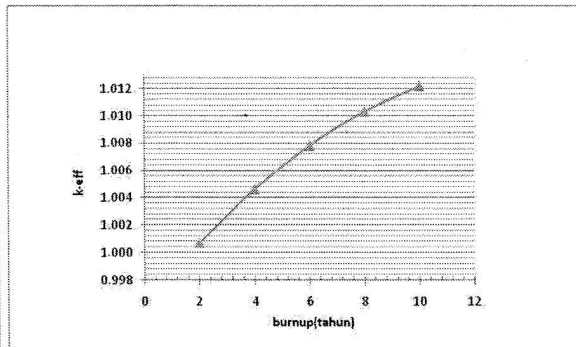
Pada bagian ini diuraikan hasil dan pembahasan dari disain konsep reaktor yang telah dibuat dengan berbagai parameter survei yang diberikan.

Gambar 2 adalah grafik perubahan faktor multiplikasi efektif (k_{eff}), dengan variasi fraksi volume bahan bakar. Survei dilakukan mulai fraksi bahan bakar 60% hingga 67.5%. Kekritisitas reaktor yang optimum diambil pada fraksi bahan bakar (*fuel*) 65%, bahan pembungkus (*cladding*) 10% dan bahan pendingin (*coolant*) 25%, hal ini didukung dengan hasil perhitungan yang mendapatkan nilai k_{eff} sekitar satu.



Gambar. 2

Gambar 2. Faktor multiplikasi efektif untuk variasi fraksi volume bahan bakar.

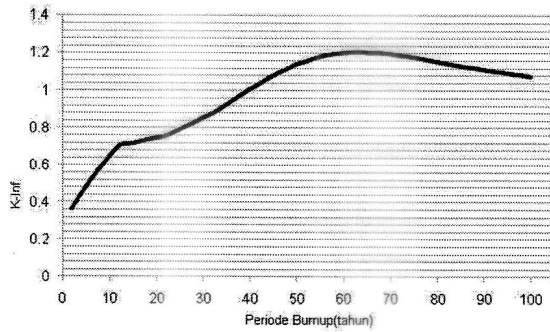


Gambar. 3

Gambar 3. Faktor multiplikasi efektif untuk fraksi bahan bakar 65%, pendingin 25% dan *cladding* 10%

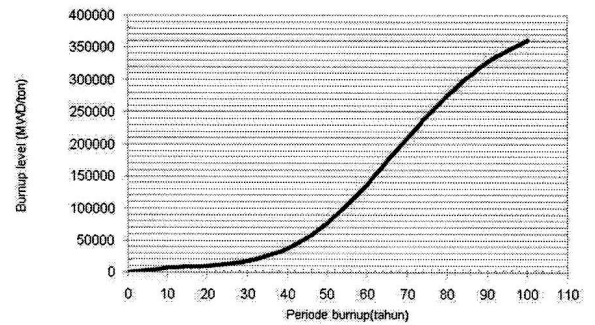
Bila ditelaah lebih mendalam lagi (lihat Gambar 3) faktor multiplikasi efektif untuk satu siklus periode burnup, diperoleh $k_{eff} = 1.001$ pada tahun kedua burnup dan terus meningkat hingga 1.012 pada burnup tahun kesepuluh. Sehingga dapat dikatakan bahwa reaktor masih dapat beroperasi selama sepuluh tahun tanpa pengisian ulang bahan bakar.

Perubahan faktor multiplikasi infinitif k_{inf} selama periode burnup diperlihatkan pada Gambar 4. Dari sini nampak bahwa setelah periode burnup tahun keempat puluh diperoleh faktor multiplikasi infinitif yang bernilai lebih dari satu. Nilai k_{inf} ini tetap bertahan demikian hingga tahun keseratus periode burnup, sehingga dapat dinyatakan bahwa reaktor yang didisain dapat terjadi reaksi fisi berantai hingga akhir masa operasi.



Gambar. 4

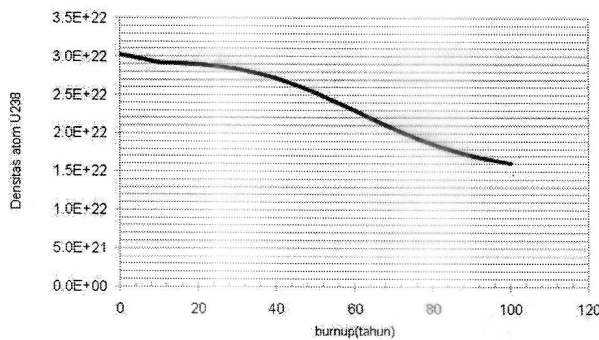
Gambar 4. Perubahan faktor multiplikasi infinitif selama periode burnup



Gambar. 5

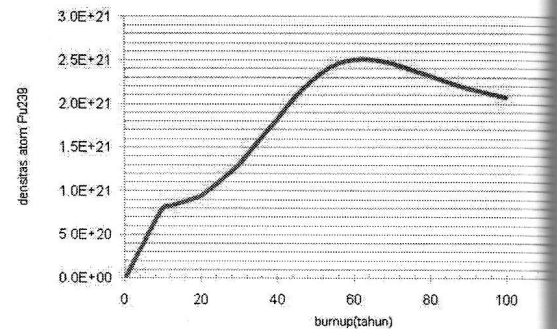
Gambar 5. Histori perubahan level burnup

Histori perubahan level burnup ditunjukkan pada Gambar 5. Dari grafik tersebut nampak bahwa level burnup berubah secara perlahan mulai dari awal operasi sampai tahun keempat puluh periode burnup. Tetapi setelah itu meningkat secara signifikan hingga tahun keseratus periode burnup. Hal ini seiring dengan akumulasi peningkatan plutonium, Pu239.



Gambar. 6

Gambar 6. Perubahan densitas atomik U238



Gambar 7.

Gambar 7. Perubahan densitas atomik Pu239

Gambar 6 dan 7 adalah grafik perubahan densitas atomik U238 dan Pu239 selama periode burnup. Bahan fertile U238 berkurang densitasnya seiring dengan berlangsungnya proses burnup. Sedangkan Pu239 yang belum ada di awal operasi reaktor, bertambah secara signifikan hingga tahun ke enam puluh dua periode burnup dan menurun kembali setelah itu hingga diakhir periode burnup.

PENUTUP

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dibuat desain konsep reaktor PLTN jenis reaktor cepat berpendingin gas helium berdaya 333 MWt berbasis bahan bakar uranium alam berumur panjang tanpa pengisian ulang bahan bakar selama sepuluh tahun dengan periode burnup seratus tahun. Dalam satu siklus untuk fraksi volume bahan bakar 65%, diperoleh faktor multiplikasi efektif $k_{\text{eff}} = 1.001$ pada tahun kedua burnup dan terus meningkat hingga 1.012 pada burnup tahun kesepuluh.

DAFTAR PUSTAKA

1. GIF. (2008): Introduction to Generation IV Nuclear Energy Systems and the International Forum
2. GIF. (2009): GIF R&D Outlook for Generation IV Nuclear Energy Systems.
3. IAEA (2010): *International Status and Prospects of Nuclear Power*. GOV/INF/2010/12-GC(54)/INF/5. <http://www.iaea.org>
4. Su'ud Z(2008): *Safety performance comparison of MOX, nitride, and metallic fuel base 25-100 Mwe Pb-Bi cooled long life fast reactors without on-site refuelling*. Progress in Nuclear Energy, Vol. 50. p 157-162
5. ____, (2009): *Indonesia Energy Outlook 2009*. Pusat Data dan Informasi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
6. Wei TYC & Weaver KD (2004): *Initial Requirements for Gas-Cooled Fast Reactor (GFR) System Design, Performance, and Safety Analysis Models*. Gen IV Nuclear Energy System, INEEL/EXT-04-02242 (rev 0)
7. Dumaz P, et al(2007): *Gas-cooled fast reactors – Status of CEA preliminary design studies*. Nuclear Engineering and Design Vol.237 p. 1618–1627.
8. Malo JY, et al(2006): *Gas-cooled fast reactors – DHR system, preliminary design and thermal-hydraulic studies*. Nuclear Engineering and Technology Vol.38 No.
9. Okumura, K(2002): *SRAC: The Comprehensive Neutronics Calculation Code System*, JAERI, Japan
10. Feriska, HI(2011): *Studi Desain Reaktor Cepat Berpendingin Gas dengan Bahan Bakar Uranium Alam Menggunakan Strategi Shuffling Arah Radial*. Program Studi Fisika ITB