

PENGARUH TAMPANG LINTANG DATA NUKLIR TERBARU DALAM PERHITUNGAN DESAIN NEUTRONIK TERAS RGTT200K

Suwoto dan Zuhair

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir - BATAN
Kawasan PUSPIPTEK Gd. 80, Serpong, Tangerang Selatan, 15313
e-mail: suwoto@batan.go.id

ABSTRAK

PENGARUH TAMPANG LINTANG DATA NUKLIR TERBARU DALAM PERHITUNGAN DESAIN NEUTRONIK TERAS RGTT200K. Pustaka File Data Nuklir Terevaluasi (ENDF, *Evaluated Nuclear Data Files*) merupakan database file data nuklir yang berisi data tampang lintang neutron yang perlu diolah terlebih dahulu sehingga dapat digunakan sebagai pustaka dalam perhitungan neutronik fisika reaktor, baik reaktor air ringan maupun reaktor temperatur tinggi. Teras Reaktor Gas Temperatur Tinggi berdaya 200MWt yang mampu kogenerasi (RGTT200K) diambil sebagai obyek penelitian dalam perhitungan fisika neutronik menggunakan program Monte Carlo MCNP5 v1.2 dengan menggunakan tampang lintang data nuklir energi kontinu (ACE-file) digenerasi dengan program NJOY99v364 pada temperatur 1200K yang diperoleh dari pustaka file data nuklir terbaru ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1. Analisis pengaruh tampang lintang data nuklir terbaru dilakukan pada nuklida yang digunakan dalam perhitungan fisika neutronik teras RGTT200K untuk masing-masing pustaka file data nuklir yaitu Helium-3, Helium-4, Boron-10, Boron-11, Carbon-12, Oksigen-16, Silikon-28, Silikon-29, Silikon-30, Uranium-235 dan Uranium-238. Hasil perhitungan nilai multiplikasi efektif (k_{eff}) pada teras RGTT200K menunjukkan bahwa perbedaan tampang lintang data nuklir yang ada pada file pustaka data nuklir ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1 memberikan efek dalam penurunan maupun kenaikan nilai faktor multiplikasi efektif, namun tidak lebih dari 1%.

Kata Kunci: Data nuklir, ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1, CENDL-3.1, RGTT200K

ABSTRACT

EFFECT ON NEWEST NUCLEAR DATA CROSS-SECTIONS FOR DESIGN NEUTRONIC CALCULATION OF RGTT200K CORE. *Evaluated Nuclear Data File (ENDF) library is a database of nuclear data is necessary processed first so that it can be used as a library in neutronic reactor physics calculation code, both light-water reactors and high temperature reactors. High Temperature Gas Reactor core is a 200MWt cogeneration capable (RGTT200K) is taken as the object of research using Monte Carlo MCNP5 v1.2 code by utilizing 1200K continuous energy nuclear data libraries (ACE-file) generated using NJOY99v364 code taken from newest nuclear data library such as ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 and CENDL-3.1 files. Analysis of effect on nuclear data cross-sections for each nuclides are performed in neutronic calculation of RGTT200K core using newest nuclear data libraries that are Helium-3, Helium-4, Boron-10, Boron-11, Carbon-12, Oxygen-16, Silicon-28, Silicon-29, Silicon-30, Uranium-235 and Uranium-238. The results of calculation of the effective multiplication factor (k_{eff}) on RGTT200K core show that differences exist in differences of nuclear data cross-sections library on ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 and-3.1 CENDL give effect to decrease or increase the value of effective multiplication factor, but not more than 1 %.*

Keywords: Nuclear Data, ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1, CENDL-3.1, RGTT200K

PENDAHULUAN

File data nuklir terevaluasi (ENDF, *Evaluated Nuclear Data File*), khususnya interaksi neutron dengan material telah dan terus dikembangkan oleh beberapa negara dewasa ini seperti ENDF/B-VII^[1] oleh Brookhaven National Laboratory Amerika Serikat, JENDL-4^[2] oleh negara

Jepang, JEFF-3.1^[3] oleh gabungan negara-negara di Eropa, CENDL-3.1^[4] oleh negara Cina, RUSFOND-2010 oleh negara Rusia dan lainnya. Pustaka file data nuklir tersebut merupakan hasil evaluasi terbaru yang tersedia saat ini.

File data nuklir terevaluasi (ENDF) ini mempunyai jangkauan energi neutron yang sangat lebar mulai dari 10^{-5} eV hingga 20 MeV. Sehingga keberadaan file ENDF ini sangat penting peranannya dalam memprediksi karakteristik neutron pada energi tertentu yang berinteraksi dengan material tertentu dalam suatu reaktor nuklir. File ENDF ini menyediakan semua material/isotop yang diperlukan dalam perhitungan neutronik teras reaktor nuklir baik LWR (*Light Water Reactor*) maupun HTGR (*High Temperature Gas-cooled Reactor*) yang beroperasi pada temperatur tinggi.

Untuk keperluan perhitungan neutronik teras reaktor RGTT200K dapat digunakan pustaka file data nuklir terbaru yang tersedia seperti ENDF/B-VII diluncurkan sejak tahun 2006, JENDL-4 diluncurkan sejak tahun 2010, JEFF-3.1 diluncurkan sejak tahun 2006 dan CENDL-3.1 *publish* sejak tahun 2009. Pengembangan pustaka file data nuklir tersebut dapat membantu desain teras RGTT200K yang dipersiapkan untuk membantu pemenuhan energi listrik di Indonesia ke depan. RGTT200K yang sedang dikembangkan di Indonesia ini berdaya termal 200MW yang mampu kogenerasi sehingga dikenal dengan nama RGTT200K^[6]. Di samping menghasilkan listrik, reaktor RGTT200K ini didesain menghasilkan sumber panas temperatur tinggi untuk produksi hidrogen, pencairan batubara, EOR (*Enhanced Oil Recovery*) dan juga mampu memproduksi air bersih (desalinasi). Keunggulan RGTT200K berbahan bakar *pebble* yang berisikan partikel berlapis TRISO dibandingkan dengan reaktor konvensional diantaranya adalah integritas bahan bakarnya lebih unggul karena menggunakan bahan bakar partikel berlapis TRISO dan memiliki keselamatan melekat (*inherent safe*) yang tinggi. Oleh karena itu dalam penelitian ini teras reaktor RGTT200K yang beroperasi pada temperatur tinggi ini akan dijadikan sebagai bahan/model perhitungan neutronik menggunakan sumber pustaka data nuklir energi kontinu pada temperatur 1200K. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang pengolahan data nuklir temperatur tinggi untuk pustaka neutron energi kontinu ACE-files^[7] yang diaplikasikan pada perhitungan neutronik teras reaktor RGTT200K.

Dalam makalah ini akan dibahas pengaruh penggunaan pustaka data nuklir terbaru dalam perhitungan desain neutronik teras RGTT200K. Teras RGTT200K berbahan bakar *pebble* yang berisikan kernel partikel berlapis TRISO UO_2 dengan pengkayaan 10%. Material utama yang digunakan dalam teras reaktor RGTT200K adalah Helium, Boron, Carbon, Oksigen, Silikon dan Uranium. Perhitungan neutronik teras RGTT200K dilakukan menggunakan program Monte Carlo MCNP5v1.2^[8] pada temperatur operasi (1200K) dengan memanfaatkan file data nuklir energi kontinu (ACE-file) yang dibuat menggunakan program NJOY99v364 dari file data nuklir yang tersedia yaitu ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan masing-masing tampang lintang data nuklir dari nuklida/material yang digunakan dalam perhitungan neutronik teras RGTT200K yang diambil dari sumber pustaka data nuklir terbaru yaitu ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1.

PUSTAKA DATA NUKLIR YANG DIGUNAKAN

Pustaka/File data nuklir terevaluasi (ENDF) yang digunakan dalam analisis ini adalah ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1. Daftar material/nuklida yang digunakan dalam perhitungan neutronik teras RGTT200K disajikan dalam Tabel 1. Data ACE-file tersebut diolah dari file pustaka data nuklir masing-masing menggunakan program pengolah data nuklir NJOY99v.364^[9].

Tabel 1. Material/isotop yang digunakan dalam perhitungan neutronik teras RGTT200K beserta ID Material masing-masing isotop pada ENDF dan pada pustaka energi kontinu ACE-file MCNP temperatur 1200K.

ISOTOP	ENDF/B-VII	JENDL-4	JEFF-3.1	CENDL-3.1
	MAT ID di ENDF / ZAID ID di ACE file			
² He ₃	225/2003.12c	225/2003.12c	225/2003.12c	225/2003.12c
² He ₄	228/2004.12c	228/2004.12c	228/2004.12c	228/2004.12c
⁵ B ₁₀	525/5010.12c	525/5010.12c	525/5010.12c	525/5010.12c
⁵ B ₁₁	528/5011.12c	528/5011.12c	528/5011.12c	528/5011.12c
⁶ C ₁₂	600/6000.12c	600/6000.12c	600/6000.12c	625/6012.12c
⁸ O ₁₆	825/8016.12c	825/8016.12c	825/8016.12c	825/8016.12c
¹⁴ Si ₂₈	1425/14028.12c	1425/14028.12c	1425/14028.12c	1425/14028.12c
¹⁴ Si ₂₉	1428/14029.12c	1428/14029.12c	1428/14029.12c	1428/14029.12c
¹⁴ Si ₃₀	1431/14030.12c	1431/14030.12c	1431/14030.12c	1431/14030.12c
⁹² U ₂₃₅	9228/92235.12c	9228/92235.12c	9228/92235.12c	9228/92235.12c
⁹² U ₂₃₈	9237/92238.12c	9237/92238.12c	9237/92238.12c	9237/92238.12c

DESKRIPSI TERAS RGTT200K

Dimensi dan ukuran kernel partikel bahan bakar berlapis TRISO dan teras RGTT200K secara lengkap disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi teknis bahan bakar partikel berlapis TRISO dan dimensi teras RGTT200K

PARTIKEL BERLAPIS (Coated Particles)^[10]	
▪ Kernel Bahan Bakar	UO ₂
▪ Diameter kernel, cm	0,05
▪ Enrichment, % (U-235)	10,0
▪ Densitas kernel, g/cm ³	10,4
PELAPISAN (Coating layer)^[11]	
▪ Material lapisan <i>coating</i> (dimulai dari kernel))	C/IPyC/SiC/OPyC
▪ Ketebalan lapisan <i>coating</i> , cm	0,0095/0,0040/0,0035/0,004
▪ Densitas lapisan <i>coating</i> , g/cm ³	1,05/1,90/1,38/1,90
PEBBLE-BED	
▪ Diameter bola <i>pebble</i> , cm	6,00
▪ Diameter daerah aktif bahan bakar, cm	5,00
▪ Tebal matriks grafit <i>outer shell</i> , cm	0,50
▪ Densitas matrik grafit <i>outer shell</i> , g/cm ³	1,75

▪ Jumlah <i>pebble</i> per m ³ ,	
TERAS RGTT200K	
▪ Radius teras aktif, cm	150
▪ Tinggi teras aktif, cm	943
▪ Jumlah <i>pebble</i> /m ³	5,394
▪ Jumlah <i>pebble</i> dalam teras aktif	359.548
▪ Impuritas Boron dalam kernel, ppm	4
▪ Impuritas Boron dalam material struktur, ppm	2
▪ Fraksi <i>packing pebble</i> dalam teras, %	61

MODEL PERHITUNGAN NEUTRONIK TERAS RGTT200K

Perhitungan neutronik teras RGTT200K dimulai dari pemodelan sel kernel partikel berlapis TRISO secara heterogen 6 zona menggunakan kisi kubik sederhana (SC, *Simple Cubic*) dalam bahan bakar *pebble-bed* menggunakan fraksi *packing* 5%. Sedangkan pemodelan sel bahan bakar *pebble-bed* dalam teras reaktor RGTT200K menggunakan kisi BCC (*Body Centered Cubic*) dengan fraksi *packing* 61%.

Perhitungan parameter neutronik faktor multiplikasi efektif (k_{eff}) teras RGTT200K dilakukan menggunakan program Monte Carlo MCNP5v1.2 dengan file data nuklir energi kontinu dari pustaka data nuklir yang berbeda yaitu ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1. Seluruh perhitungan dilakukan pada temperatur operasi (1200K). Seluruh perhitungan dilakukan dengan opsi tipikal KCODE dan KSRC pada temperatur 300K dan setiap siklus KCODE terdiri atas 1000 neutron dimana jumlah eksaknya bervariasi dari siklus ke siklus, dimulai dari titik sumber fisi yang ditentukan dalam siklus sebelumnya.

HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Efek penggunaan pustaka tampang lintang data nuklir dari beberapa sumber pustaka data ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1) pada perhitungan neutronik teras RGTT200K berbahan bakar *pebble-bed* berisikan kernel partikel berlapis TRISO UO₂ dengan pengkayaan U-235 kernel 10% disajikan dalam Tabel 3 di bawah.

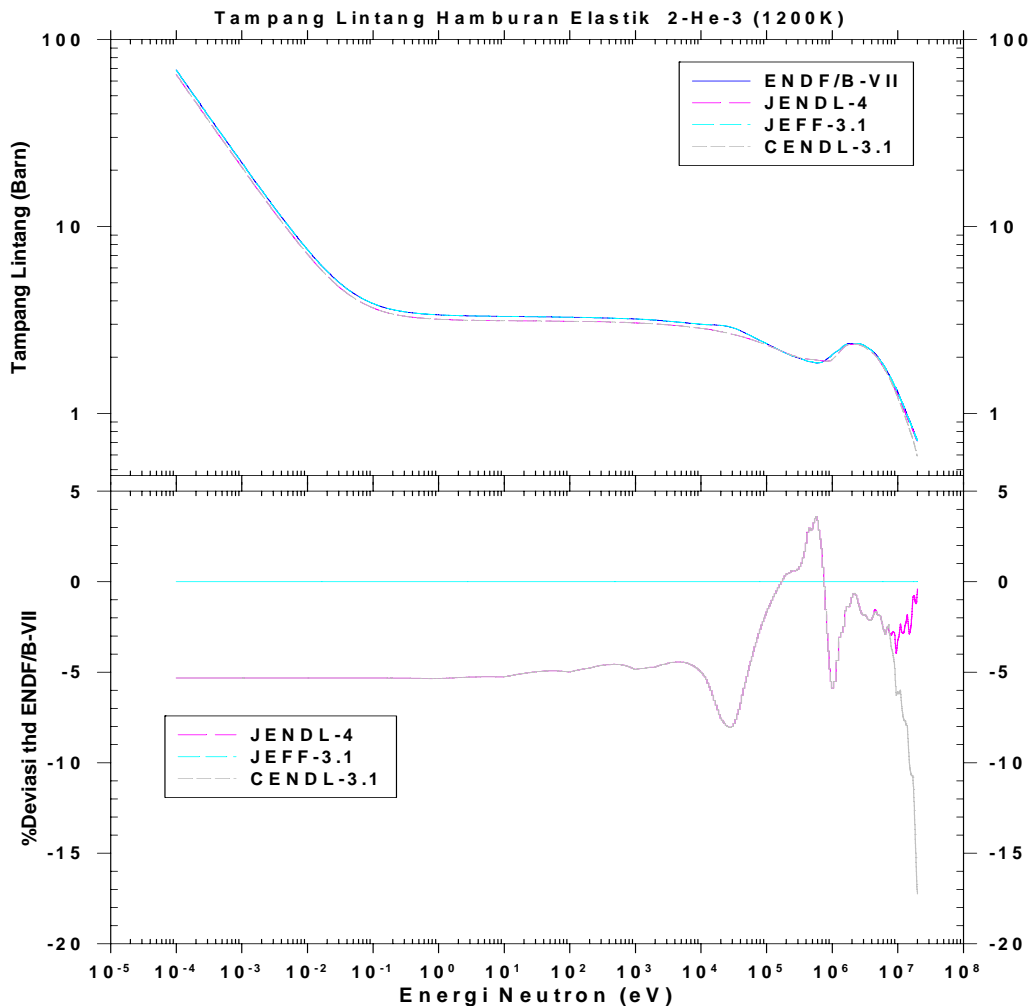
Tabel 3. Hasil perhitungan neutronik teras RGTT200K dengan MCNP5 v1.2 menggunakan ACE-file 1200K.

Parameter	ENDF/B-VII	JENDL-4	JEFF-3.1	CENDL-3.1
k_{eff}	1,36154±0,00382	1,34549±0,00333	1,36294±0,00374	1,35818±0,00396
% deviasi thd ENDF/B-VII	0	0,011788	0,00103	0,002468
$k_{eff}^{[a]}$	1,36154±0,00382	1,35134±0,00315	1,36532± 0,00381	1,35525± 0,00404
$k_{eff}^{[b]}$	1,36154±0,00382	1,35208±0,00358	1,35486± 0,00366	1,35730± 0,00333
$k_{eff}^{[c]}$	1,36154±0,00382	1,34556±0,00357	1,36186± 0,00307	1,36123± 0,00333

Keterangan: (File ENDF/B-VII sebagai standard)

- ^[a]Data U-235 dan U-238 menggunakan ACE-file ENDF/B-VII
- ^[b]Data U-238 menggunakan ACE-file ENDF/B-VII
- ^[c]Data U-235 menggunakan ACE-file ENDF/B-VII

Perbedaan hasil perhitungan neutronik teras RGTT200K tersebut disebabkan oleh perbedaan tampang lintang dari masing-masing material yang terkandung dalam pustaka data nuklir energi kontinu (ACE-file) yang digunakan yaitu ENDF/B-VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1. Material yang digunakan dalam perhitungan neutronik fisika reaktor teras RGTT200K adalah sebagai berikut: Helium-3, Helium-4, Carbon-12, Oksigen-16, Silikon-28, Silikon-29, Silikon-30, Uranium-235 dan Uranium-238.



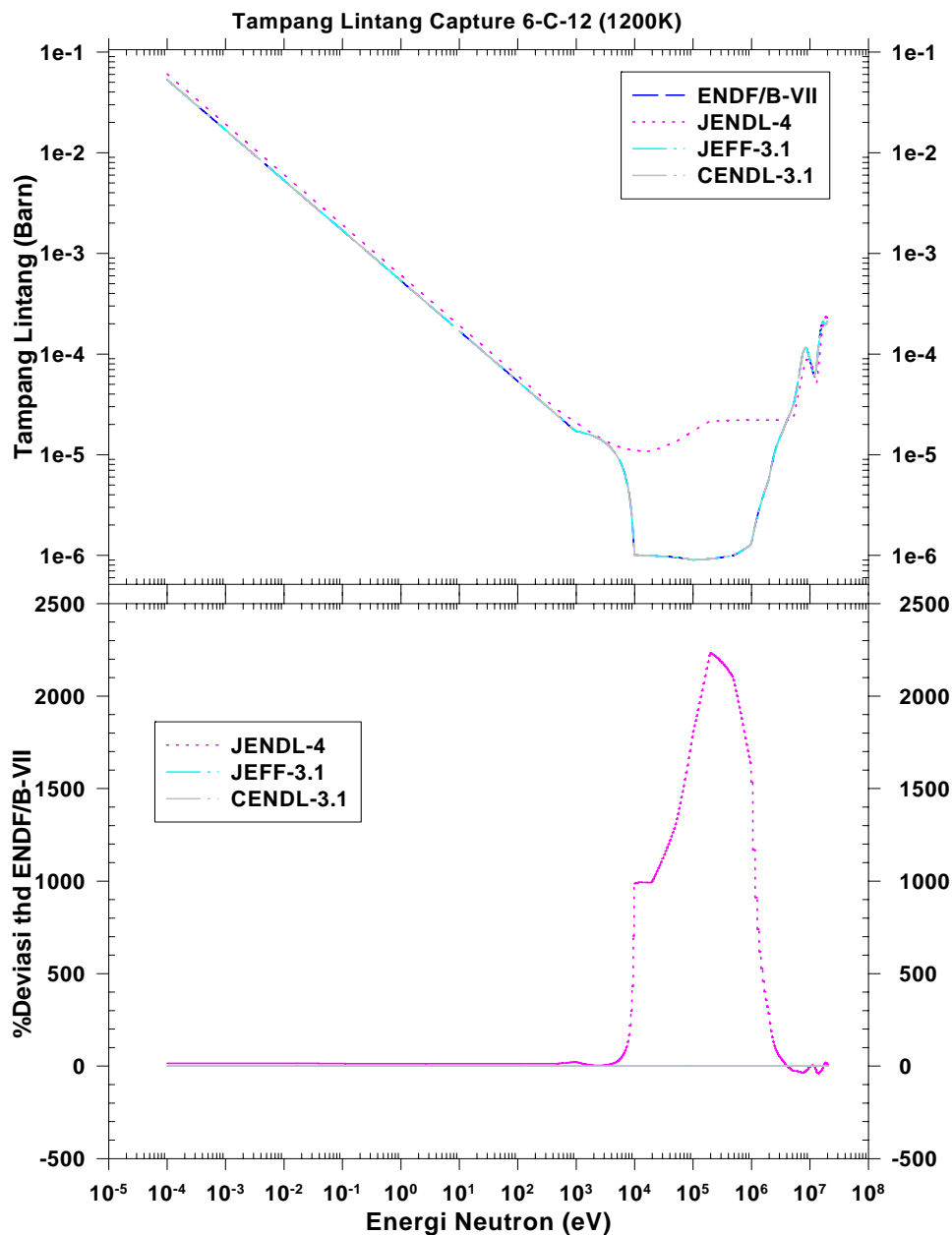
Gambar 1. Tampang lintang hamburan elastik He-3 dan perbedaannya terhadap ENDF/B-VII

▪ Helium

Helium dalam reaktor RGTT200K digunakan sebagai bahan pendingin reaktor yang digunakan sebagai media pemindah panas yang ditimbulkan oleh reaksi nuklir di teras reaktor. Isotop helium yang digunakan dalam perhitungan adalah Helium-3 dan Helium-4. Keberadaan di alam untuk isotop Helium-4 adalah 99,9998657% dan sisanya adalah Helium-3.

Deviasi tampang lintang hamburan elastik Helium-3 tidak relatif besar yang relatif besar dijumpai pada file JENDL-4 dan CENDL-3.1 yaitu lebih rendah rata-rata sekitar 5% dibanding file

data lainnya (ENDF/B-VII dan JEF-3.1) seperti tampak pada Gambar 1, pada hampir seluruh jangkauan energi neutron yaitu $1,0E-4$ eV hingga 10 keV. Bahkan pada energi sekitar 20 MeV tampang lintang elastik Helium-3 pada CENDL-3.1 terdapat perbedaan sekitar 15% lebih rendah. Sedangkan untuk Helium-4 tidak ada perbedaan yang signifikan. Karena Helium-3 konsentrasinya sangat kecil jauh di bawah 1% (dibanding Helium-4) maka tidak berpengaruh signifikan pada hasil perhitungan nilai multiplikasi efektif teras RGTT200K.



Gambar 2. Tampang lintang *capture* Carbon-12 dan perbedaannya terhadap ENDF/B-VII

▪ **Boron**

Boron yang digunakan dalam semua pustaka file data nuklir adalah Boron-10 dan Boron-11. Keberadaan di alam untuk isotop Boron-10 adalah 19,82% dan Boron-11 adalah 80,18%. Material boron ini digunakan sebagai pengotor dalam material. Walaupun konsentrasi pengotor ini relatif sangat kecil (sekitar 4 ppm dalam kernel dan 2 ppm di material struktur), maka pengaruhnya dalam perhitungan multiplikasi efektif juga relatif kecil. Perbedaan tampang lintang total untuk kedua Boron tersebut pada energi termal rata-rata di bawah 4% (JENDL-4) terhadap ENDF/B-VII menyumbang penurunan 0,2% nilai multiplikasi efektif teras RGTT200K.

▪ **Karbon**

Karbon merupakan material yang paling banyak digunakan dalam struktur reaktor RGTT200K, mulai dari pelapis kernel partikel berlapis TRISO, bahan bakar *pebble* hingga reflektor dan struktur teras lainnya. Isotop karbon yang digunakan adalah Carbon-alam, kecuali file data nuklir CENDL-3.1 menggunakan Carbon-12. Keberadaan di alam untuk isotop Carbon-12 adalah 98,8922% dan sisanya adalah isotop Carbon-13 sebesar 1,1078%.

Perbedaan signifikan terlihat pada Gambar 2 yang terjadi pada tampang lintang *capture* Carbon pada JENDL-4 pada energi 3 keV hingga 3 MeV dengan puncak perbedaan pada energi 200 keV sekitar 2300% lebih tinggi dari file data lainnya, dan terjadi deviasi pada daerah energi termal hingga 4 eV sekitar 14,4% lebih tinggi. Perbedaan tampang lintang Carbon-12 pada JENDL-4 ini berkontribusi langsung pada penurunan nilai multiplikasi efektif sekitar 1,4%.

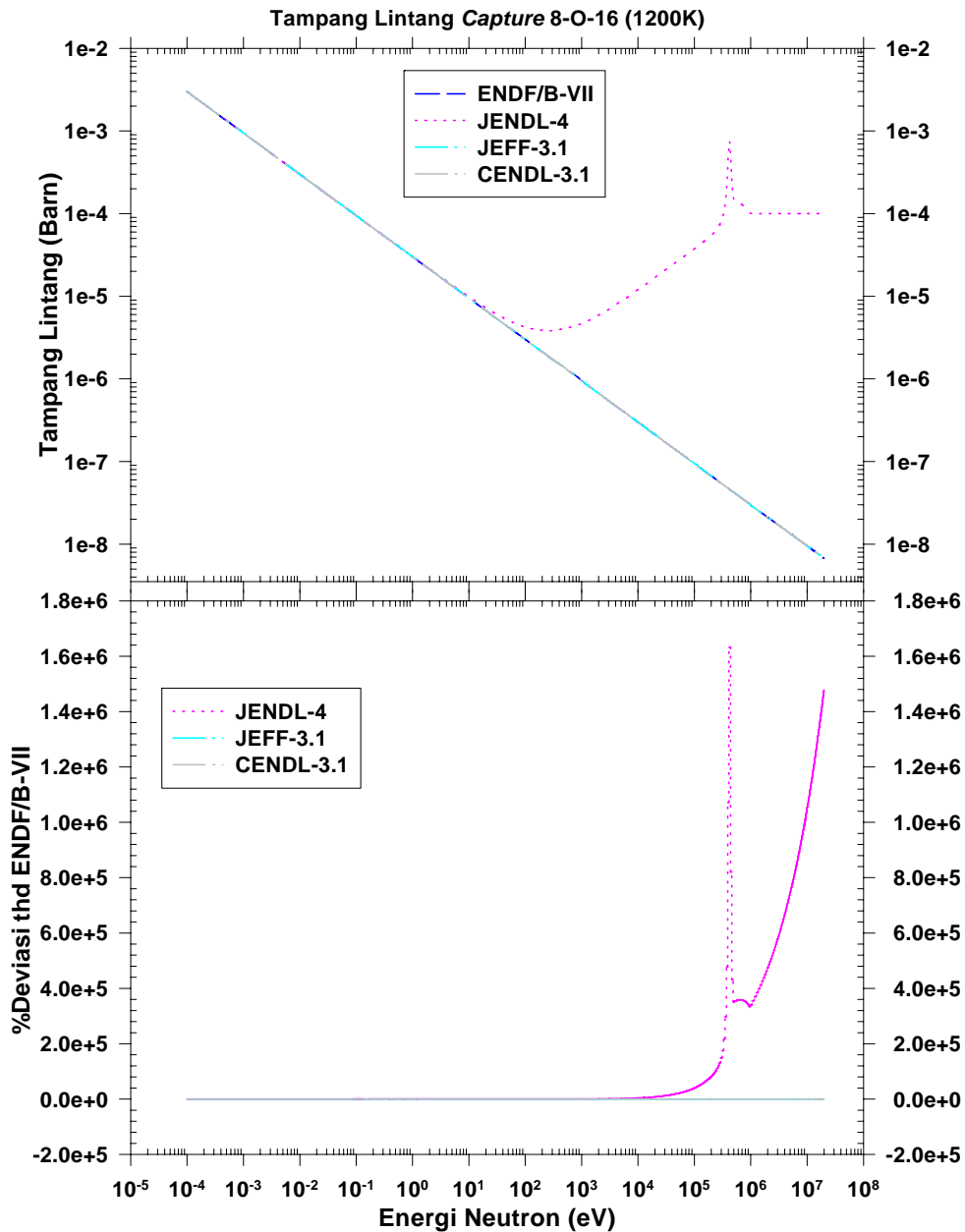
▪ **Oksigen**

Material oksigen digunakan sebagai senyawa dalam kernel UO_2 . Isotop oksigen yang digunakan adalah Oksigen-16. Keberadaan di alam isotop Oksigen-16 adalah 99,7628%. Perbedaan signifikan teramati pada tampang lintang *capture* Oksigen-16 untuk file JENDL-4 terhadap file data nuklir lainnya.

Deviasi tampang lintang mulai teramati pada JENDL-4 pada energi 100eV hingga 20MeV, dengan perbedaan maksimum terjadi pada 500keV sebesar 1,60E+6 % lebih tinggi terhadap file ENDF/B-VII, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1, seperti tampak pada Gambar 3. Walaupun perbedaannya sangat besar namun di daerah energi neutron cepat, sehingga pengaruhnya kecil terhadap nilai perhitungan neutronik teras RGTT200K. Adanya perbedaan tampang lintang Oksigen-16 ini kontribusi terhadap nilai multiplikasi efektif teras RGTT200K yang dihasilkan JENDL-4 adalah penurunan nilai sebesar 0,89%.

▪ **Silikon**

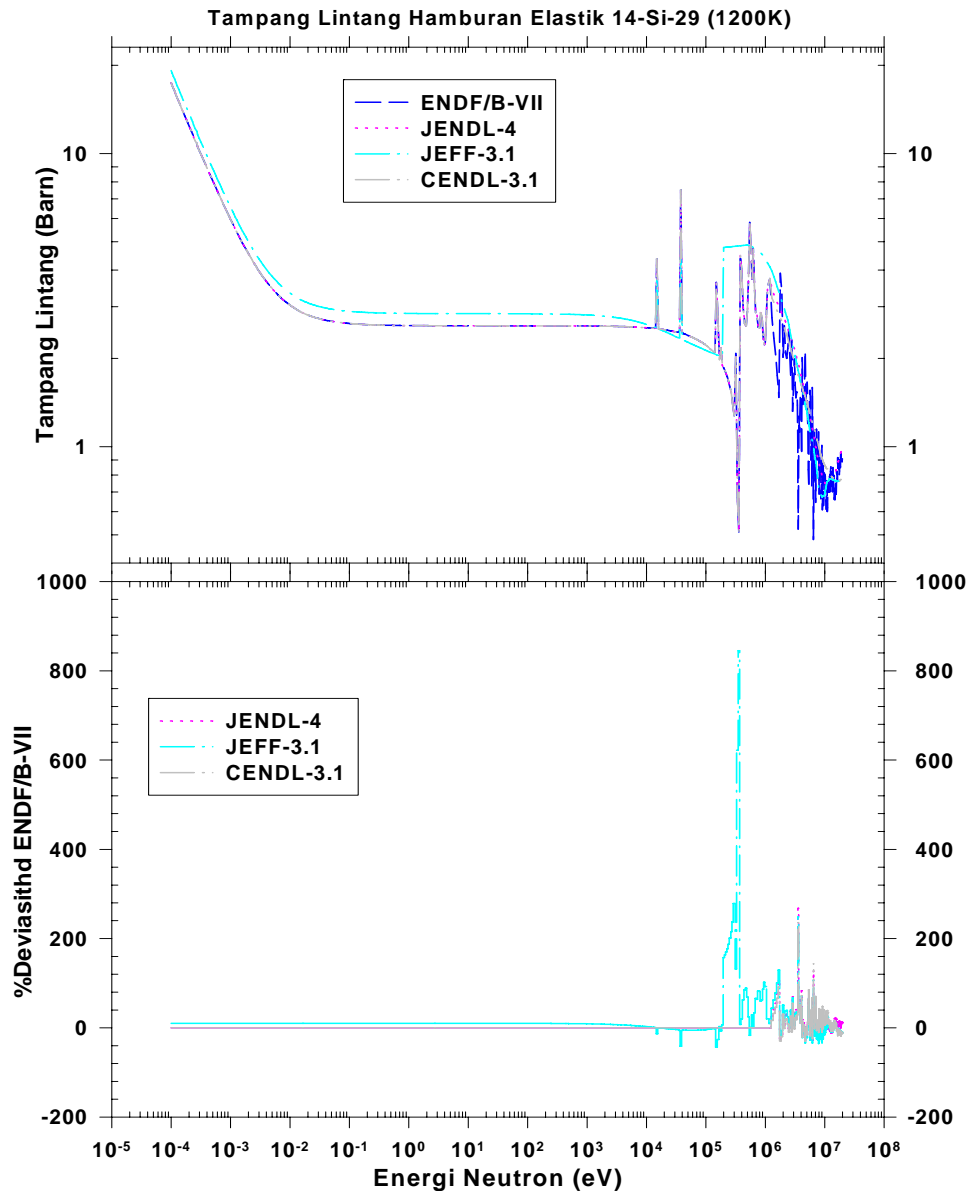
Material silikon digunakan sebagai pelapis pada kernel TRISO yang dimaksudkan sebagai penahan lepasnya produk fisi bila gagal ditahan/ditampung oleh penyangga karbon dan pelapis pirokarbon. Isotop silikon yang digunakan pada perhitungan neutronik teras RGTT200K adalah Silikon-28, Silikon-29 dan Silikon-30. Keberadaan di alam masing-masing isotop tersebut adalah 92,22968%, 4,68316% dan 3,08716%.



Gambar 3. Tampang lintang *capture* Oksigen dan perbedaannya terhadap file ENDF/B-VII.

Tidak ada perbedaan signifikan pada tampang lintang Silikon-28 dan Silikon-30 (tampang lintang total, hamburan elastik maupun *capture*) untuk daerah energi termal hingga energi 1 MeV pada file data nuklir yang digunakan. Pada Gambar 4 tampak perbedaan teramati pada tampang lintang hamburan elastik Silikon-29 JEFF-3.1 pada daerah energi termal mulai dari energi 10^{-4} eV hingga 10 keV dengan perbedaan sekitar 20% dan pada energi neutron 360 keV terlihat deviasi yang

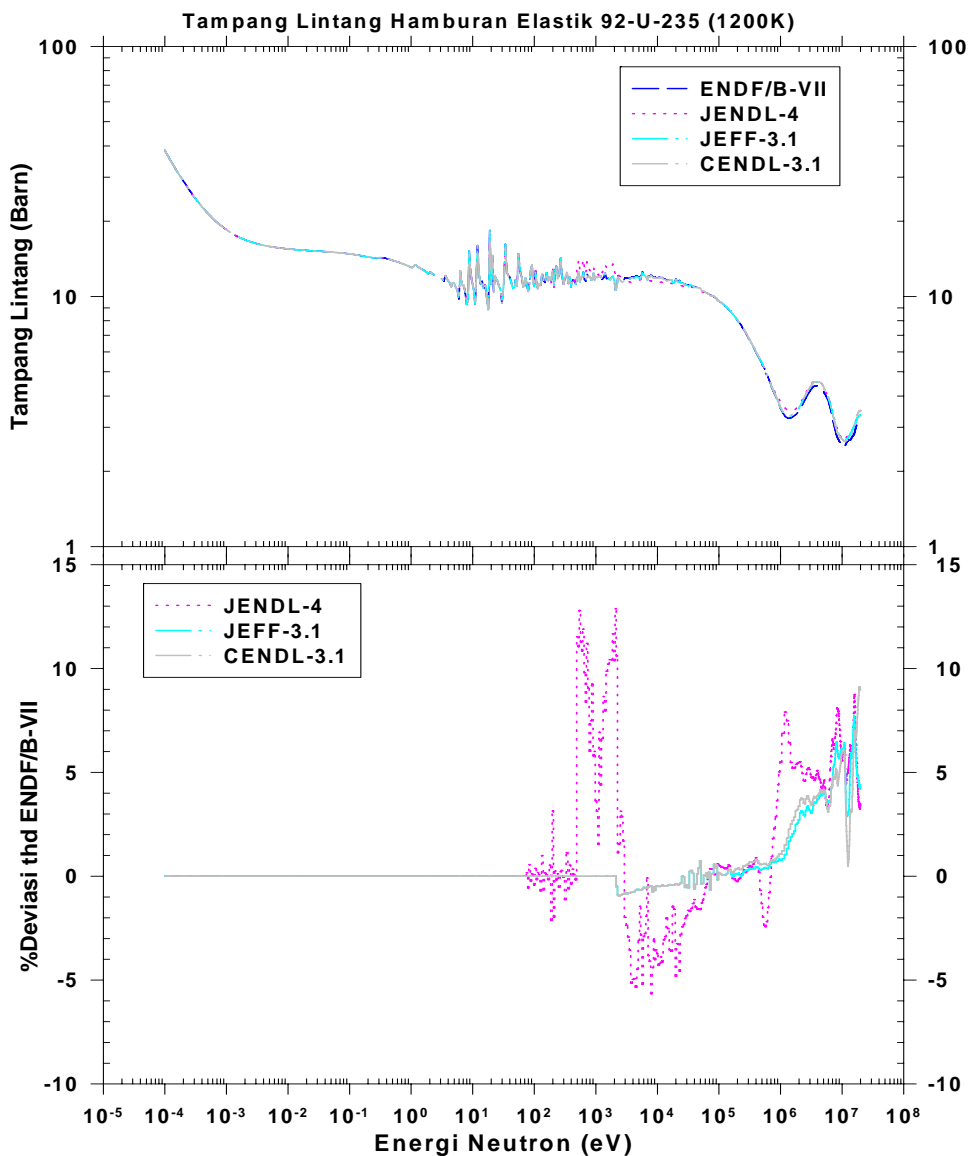
cukup besar sekitar 845%. Walaupun demikian, kontribusi kenaikan nilai multiplikasi efektif yang ditimbulkan oleh deviasi tampang lintang Silikon-29 ini cukup relatif kecil yaitu sekitar 0,26%.



Gambar 4. Tampang lintang elastik Silikon-29 dan perbedaanya terhadap file ENDF/B-VII.

▪ Uranium

Uranium merupakan inti bahan bakar kernel partikel berlapis TRISO dalam bentuk senyawa uranium dioksida (UO_2). Uranium yang digunakan dalam perhitungan neutronik teras RGTT200K merupakan gabungan dari Uranium-235 dan Uranium-238.

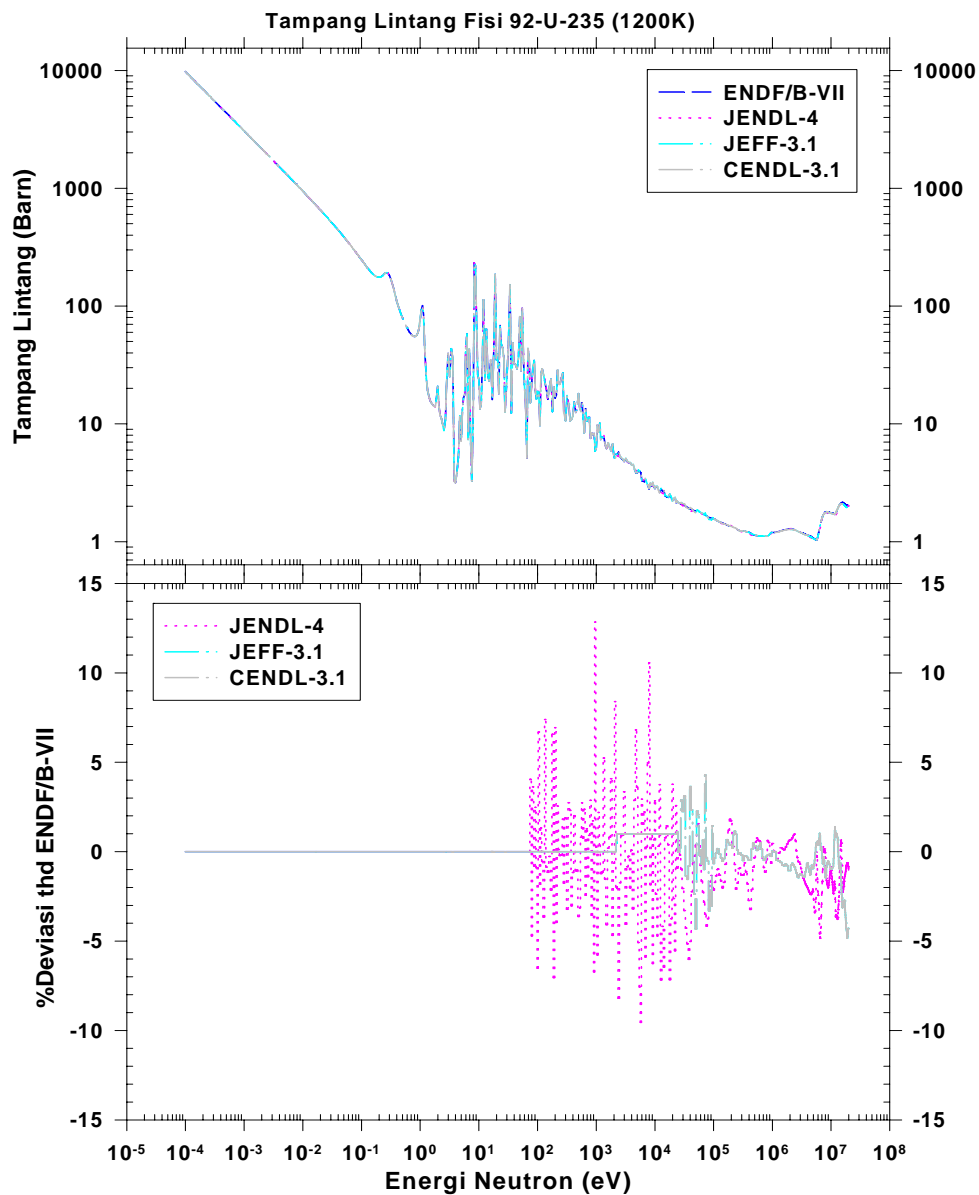


Gambar 5. Tampang lintang hamburan elastik U-235 dari file data nuklir yang digunakan dan perbedaannya terhadap ENDF/B-VII.

Keberadaan uranium di alam masing-masing adalah 0,7200% dan 99,2745%. Uranium-235 yang diperkaya 10% (U-235) digunakan dalam penelitian ini. Perbedaanampang lintang pada isotop Uranium-235 dan Uranium-238 ini sangat besar pengaruhnya terhadap nilai perhitungan neutronik teras RGTT200K yang dilakukan.

Tampak perbedaan yang sangat jelas padaampang lintang elastik Uranium-235 pada energi di atas 100eV, yang mana file data nuklir JENDL-4 menampilkan perbedaanampang lintang sekitar 12,75% lebih tinggi pada energi 630eV dan 12,87% pada energi 2100 eV, seperti yang terlihat pada

Gambar 5. Perbedaan ini terjadi di luar daerah energi termalisasi neutron hingga 4eV, sehingga pengaruhnya relatif kecil terhadap nilai perhitungan multiplikasi efektif teras RGTT200K.

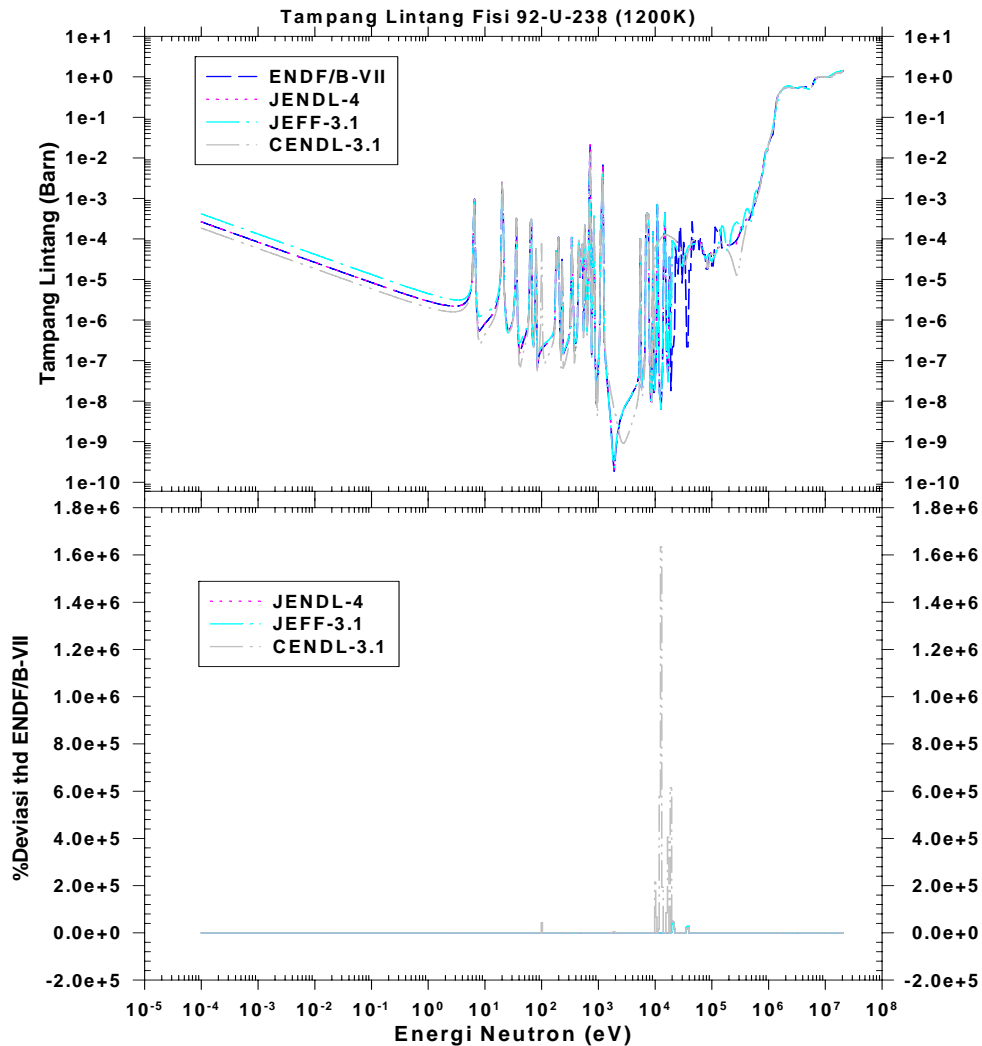


Gambar 6. Tampang lintang fisi U-235 dari file data nuklir yang digunakan dan perbedaannya terhadap ENDF/B-VII.

Perbedaanampang lintang fisi Uranium-235 terhadap ENDF/B-VII dari file data nuklir JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1 ditunjukkan pada Gambar 6. Pada energi rendah hingga termalisasi neutron ($1e-4$ hingga $4eV$), tidak tampak perbedaanampang lintang fisi Uranium-235 antara file data nuklir ENDF/B- VII, JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1. Deviasitampang lintang fisi Uranium-235 terhadap ENDF/B-VII mulai tampak pada energi di atas $72 eV$ untuk file data nuklir JENDL-4 dan CENDL-3.1. Terlihat perbedaanampang lintang fisi Uranium-235 terhadap

ENDF/B-VII pada daerah energi 960eV untuk file JENDL-4 lebih tinggi sekitar 12,6% dan lebih rendah sekitar 8,1% pada energi 2,4 keV. Perbedaan ini tidak berpengaruh terhadap perhitungan nilai multiplikasi teras reaktor RGTT200K, karena perbedaan terjadi di luar daerah energi termalisasi neutron.

Deviasi yang terjadi padaampang lintang Uranium-235 memberikan kontribusi kenaikan nilai multiplikasi efektif sebesar 0,07% untuk JEFF-3.1 serta penurunan 0,22% untuk CENDL-3.1 dan 0,005% untuk JENDL-4.



Gambar 7. Tampang lintang fisi U-238 dari file data nuklir yang digunakan dan perbedaannya terhadap ENDF/B-VII.

Tidak ada perbedaan antara tampang lintang elastik pada Uranium-238 file data nuklir JENDL-4, JEFF-3.1 dan CENDL-3.1 terhadap ENDF/B-VII pada daerah energi termal hingga 4eV. Sedangkan untuk tampang lintang fisi Uranium-238 terjadi perbedaan yang sangat signifikan teramati diantara file data nuklir yang satu dengan yang lainnya. Pada daerah energi neutron termal

(0,0253eV) hingga 4eV, perbedaanampang lintang fisi Uranium-238 pada JEFF-3.1 memiliki perbedaan 58% lebih tinggi dan CENDL-3.1 memiliki perbedaan 30% lebih rendah terhadap ENDF/B-VII. Hal ini dapat menyebabkan nilai multiplikasi efektif teras RGTT200K (k_{eff}) lebih tinggi bila menggunakan file data nuklir JEFF-3.1. Perbedaanampang lintang fisi Uranium-238 lainnya tampak pada JENDL-4 sebesar 4,85E4% lebih tinggi pada energi 20keV dan pada CENDL-3.1 sebesar 6,63E5% lebih tinggi pada energi 10,5keV.

Deviasiampang lintang Uranium-238 memberikan kontribusi kenaikan nilai multiplikasi efektif teras RGTT200K sebesar 0,59% untuk JEF-3.1, dan 0,06% untuk CENDL-3.1 serta penurunan 0,48% untuk JENDL-4.

KESIMPULAN

Keseluruhan hasil perhitungan faktor multiplikasi efektif teras RGTT200K sangat dipengaruhi oleh pustaka data nuklir yang digunakan. Dari perbedaanampang lintang data nuklir yang teramati,ampang lintang Boron (Boron-10 dan Boron-11), Carbon-12, Oksigen-16 pada JENDL-4 masing-masing memberikan sumbangan penurunan 0,2%, 1,4% dan 0,89% dalam nilai multiplikasi efektif. Sedangkan perbedaanampang lintang hamburan elastik Silikon-29 pada JEFF-3.1 memberikan kontribusi kenaikan nilai multiplikasi efektif sebesar 0,26%.

Perbedaanampang lintang Uranium-235 dan Uranium-238 pada JENDL-4 dan CENDL-3.1 memberikan kontribusi penurunan faktor mutiplikasi efektif masing-masing tidak lebih besar dari 0,22% dan 0,48%. Sedangkan untuk file data nuklir JEFF-31 memberikan kontribusi kenaikan faktor mutiplikasi efektif masing-masing sebesar 0,59%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. M. Dhandhang Purwadi yang memberikan inspirasi dan motivasi untuk melakukan riset ini. Dukungan dan saran yang amat berarti dari rekan-rekan Bidang Pengembangan Reaktor-PTRKN, sangat kami hargai

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. M.B. CHADWICK, ET.AL: "ENDF/B-VII: Next Generation Evaluated Nuclear Data Library for Nuclear Science and Technology", Nuclear Data Sheets, 102, 2931 (2006).
- [2]. K. SHIBATA, ET.AL: "JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering," [Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 48, 1 \(2011\).](#)
- [3]. OECD/NEA Data Bank, "The JEFF-3.1 Nuclear Data Library", [JEFF Report 22, OECD/NEA Data Bank \(2009\).](#)
- [4]. ZHIGANG, Ge, ET.AL: "The Updated Version of Chinese Evaluated Nuclear Data Library (CENDL-3.1)", Proc. International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Jeju Island, Korea, April 26-30, 2010.
- [5]. MICHAEL J. DRISCOLL AND PAVEL HEIZLER, "Reactor Physics Challenges in Gen-IV Reactor Design", Nuclear Engineering and Technology, Vol. 27 No. 1, February 2005.

- [6]. M. DHANDHANG PURWADI, “Desain Konseptual Sistem Reaktor Daya Maju Kogenerasi Berbasis RGTT”, Prosiding Seminar Nasional ke-16 tentang Teknologi Keselamatan PLTN dan Fasilitas Nuklir, Surabaya, 28 Juli 2010.
- [7]. SUWOTO, ZUHAIR, MAMAN MULYAMAN, “Pengolahan Data Nuklir Temperatur Tinggi Untuk Pustaka Energi Neutron Kontinu Program MCNP/MCNPX”, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta, 19 Juli 2011, ISSN 0216-3128.
- [8]. X-5 MONTE CARLO TEAM, “MCNP—A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5,” Los Alamos National Laboratory report LA-UR-03-1987 (April 2003).
- [9]. MAC FARLANE, R.E., MUIR, D.M., “NJOY-99.0: Code System for Producing Pointwise and Multigroup Neutron and Photon Cross Sections from ENDF/B Data”, Los Alamos National Laboratory, PSR-480, 2000.
- [10]. WILLIAM K. TERRY ET.AL., “Evaluation of The Initial Critical Configuration of The HTR-10 Pebble-Bed Reactor”, HTR10-GCR-RESR-001.
- [11]. HANS D. GOUGAR, ABDERRAFI M. OUGOUAG, WILLIAM K. TERRY, “Advanced Core Design and Fuel Management for Pebble-Bed Reactors”, INEEL/EXT-04-02245, October 2004.

DISKUSI/TANYA JAWAB:

1. PERTANYAAN: (Hermansyah, Mahasiswa UPI)

- Apa yang dimaksud dengan tampang lintang data nuklir?. Mohon beri penjelasan mengenai grafik tampang lintang data nuklir?

JAWABAN: (Suwoto, PTRKN-BATAN)

- Tampang lintang data nuklir merupakan besaran fisis yang menyatakan kebolehjadian terjadinya reaksi dengan inti suatu atom. Satuan besaran tampang lintang data nuklir dinyatakan dalam satuan barn ($1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$). Tampang lintang data nuklir berbeda-beda antara nuklida yang satu dengan yang lain dan biasanya sebagai fungsi dari energi neutron yang mengenainya. Dalam pustaka file data nuklir terevaluasi (ENDF, Evaluated Nuclear data File), seluruh nuklida sudah dipetakan dalam berbagai parameter data nuklir untuk jangkauan energi neutron $1 \times 10^{-5} \text{ eV}$ hingga $20 \times 10^{+6} \text{ eV}$ bahkan untuk unsur/nuklida tertentu bisa lebih besar lagi. Tampang lintang data nuklir sangat penting peranannya dalam perhitungan neutronik fisika reaktor, yaitu sebagai data pustaka tampang lintang baik energi kontinu (ACE file) maupun yang diskrit dalam bentuk multi-kelompok energi (WIMS/D 69/172 multi kelompok energi).