

DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON PADA TANGKI REAKTOR TRIGA BANDUNG

Sudjatmi K.A., P.I. Yazid, Reinaldy Nazar, Fatchatul B.

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – BATAN
Jln. Tamansari 71 Bandung 40132

ABSTRAK

DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON PADA TANGKI REAKTOR TRIGA BANDUNG. Untuk menunjang penyusunan dokumen dekomisioning, sudah dihitung distribusi fluks neutron pada tangki reaktor TRIGA Bandung. Perhitungan distribusi fluks neutron dilakukan menggunakan program MCNP, sedangkan pemodelan reaktor TRIGA Bandung dibuat menggunakan Visual Editor. Fluks neutron pada dinding tangki dihitung di 52 titik, yaitu 13 titik pada arah utara, 13 titik pada arah selatan, 13 titik pada arah timur dan 13 titik pada arah barat. Fluks neutron pada dasar tangki di hitung di 17 titik, yaitu ditengah tengah dasar tangki reaktro, 8 titik pada arah utara-selatan dan 8 titik pada arah timur – barat. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa fluks neutron yang tertinggi pada dinding tangki adalah pada ketinggian sekitar 100 cm dari dasar tangki (orde $10^{11} - 10^{12}$ n/cm².s), sedangkan fluks neutron pada ketinggian diatas 500 cm sangat kecil yaitu mencapai orde $< 10^6$ n/cm².s. Fluks neutron pada dasar tangki berkisar pada orde $10^5 - 10^9$ n/cm².s.

Katakunci: TRIGA, MCNP, fluks neutron

ABSTRACT

NEUTRON FLUX DISTRIBUTION IN TRIGA BANDUNG REACTOR TANK. To support the preparation of decommissioning document, already calculated neutron flux distribution in Bandung TRIGA reactor tank . Neutron flux distribution calculation is done using the MCNP code , while the Bandung TRIGA reactor modeling is created using the Visual Editor. The neutron flux in the tank wall is calculated at 52 points, ie 13 points in the direction of north, 13 points on the south, 13 points on the east and 13 points on the west. The neutron flux at the bottom of the tank is calculated at 17 points, which is 1 point in the middle of the bottom of the reactor tank, 8 points on the north-south direction and 8 points on the east - west. The calculations show that the highest neutron flux in the wall of the tank is at a height of about 100 cm from the bottom of the tank (order $10^{11} - 10^{12}$ n/cm².s while the neutron flux at a height above 500 cm are very small, reaching order of $< 10^6$ n/cm².s. The neutron flux at the bottom of the tank ranges on the order of $10^5 - 10^9$ n/cm².s.

Keywords: TRIGA, MCNP, neutron flux

1. PENDAHULUAN

Dokumen program dekomisioning suatu reaktor nuklir harus sudah dipersiapkan pada saat pembangunan reaktor nuklir akan dibangun dan dalam periode tertentu dokumen program dekomisioning ini juga harus di mutakhirkan [1]. Untuk melengkapi data dokumen program dekomisioning, maka perlu dilakukan perhitungan radioaktivitas komponen-komponen reaktor,

termasuk di dalamnya adalah tangki reaktor. Untuk melakukan perhitungan radioaktivitas diperlukan data distribusi fluks neutron. Perhitungan distribusi fluks neutron dilakukan menggunakan program komputer MCNP.

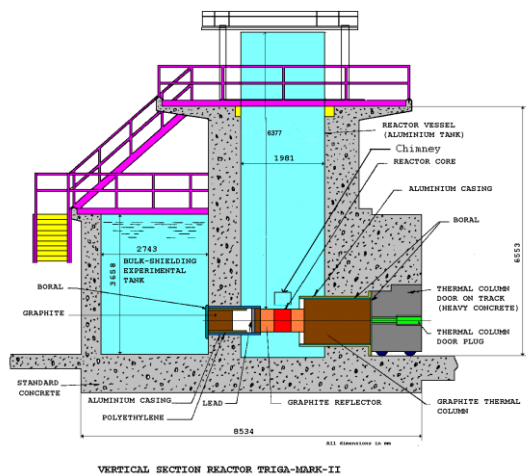
Program komputer Monte Carlo, MCNP adalah perangkat lunak yang sangat hebat dan serbaguna untuk perhitungan transportasi partikel seperti halnya neutron, foton dan elektron. Transportasi neutron merupakan hal penting bagi

seorang fisikawan reaktor. Program MCNP dapat digunakan untuk perhitungan faktor multiplikasi, laju reaksi, keadaan saturasi, fluks dan spektrum neutron, faktor daya puncak, distribusi laju reaksi, perisai dll. Keuntungan utamanya adalah kemampuannya untuk menangani geometri yang rumit. [2]

MCNP sudah banyak digunakan untuk perhitungan fluks neutron. Eid Mahmoud Eid Abdel Munem dalam tesisnya menggunakan kode simulasi Monte Carlo N – partikel (laboratorium nasional MCNP5, Los Alamos 2005) untuk menyimulasikan teras reaktor, *thermal column* dan juga geometri disekitarnya. Jumlah neutron dan foton dan diferensial fluks sepanjang kolom termal reaktor dihitung menggunakan kode MCNP [3]. Willem Adriaan Bekker pada studinya menunjukkan bagaimana program Monte Carlo N - Particle MCNP transportasi radiasi dapat digunakan sebagai alat Analisis Keselamatan Reaktor Riset. Studi ini menyimpulkan bahwa program MCNP dapat digunakan secara efektif untuk Analisis Keselamatan dan dimungkinkan untuk mengembangkan penggunaan kode ini di bidang lain yang berkaitan dengan reaktor riset [4]. Sebuah model reaktor TRIGA CENM dikembangkan dengan menggunakan program Monte Carlo MCNP5. Dalam persiapan untuk memperoleh kekritisan awal El Morabiti menghitung faktor perkalian setiap langkah pembebanan dengan menggunakan program MCNP [5].

2. REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG

Gambar penampang vertikal dan penampang horisontal reaktor TRIGA 2000 Bandung dapat dilihat pada Gambar 1. dan Gambar 2.

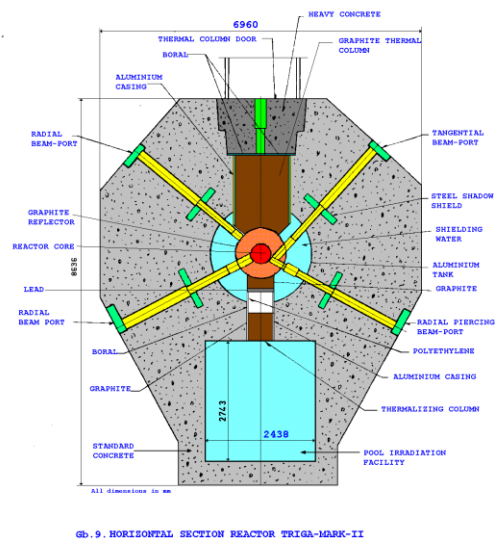


Gambar 1: Penampang vertikal reaktor TRIGA 2000 Bandung [6]

Reaktor TRIGA 2000 Bandung merupakan reaktor berjenis tangki (*tank type*), seluruhnya dipasang di atas tanah. Reaktor berdaya 2000 kW ini, mempunyai kisi teras berbentuk heksagonal dan jarak antar elemen bakar sama. Untuk mengendalikan reaktivitas, dipergunakan 5 buah batang kendali. Reaktor dengan seluruh fasilitas-fasilitasnya dikelilingi oleh struktur perisai beton. Irisan vertikal dan horisontal dari reaktor tersebut masing-masing ditunjukkan dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Tangki reaktor TRIGA 2000 merupakan tangki terbuka berbentuk silinder yang dibuat dari aluminium Al-6061 T6 yang telah dianodisasi, tebal 6 mm, diameter 198 cm dan tinggi 725 cm. Air setebal 630 cm di atas teras membentuk perisai dalam arah vertikal. Bagian bawah tangki diselubungi oleh 60 cm perisai beton ($\rho=2,3 \text{ g/cm}^3$) berbentuk segi delapan setinggi 367 cm. Di atasnya masih terletak perisai beton setebal 91 cm dan tinggi 288 cm.

Reaktor TRIGA menggunakan bahan bakar padat berbentuk batangan. Di dalam bahan bakar ini moderator ZrH dicampur secara homogen dengan uranium yang diperkaya. Hal yang menarik dari elemen bakar-moderator ini adalah koefisien reaktivitas temperatur negatifnya yang sangat besar, yang secara otomatis membatasi daya reaktor pada satu nilai tertentu, ketika terjadi ekskursi daya.

Kira-kira 1/3 dari seluruh volume teras terisi oleh air. Suatu cincin grafit setebal 28,4 cm mengelilingi teras dan berfungsi sebagai reflektor. Seluruh susunan ini kemudian didukung oleh struktur aluminium yang diikat pada dasar tangki [6].



Gd. 9. HORIZONTAL SECTION REAKTOR TRIGA-MARK-II

Gambar 2: Penampang horisontal reaktor TRIGA 2000 Bandung [6]

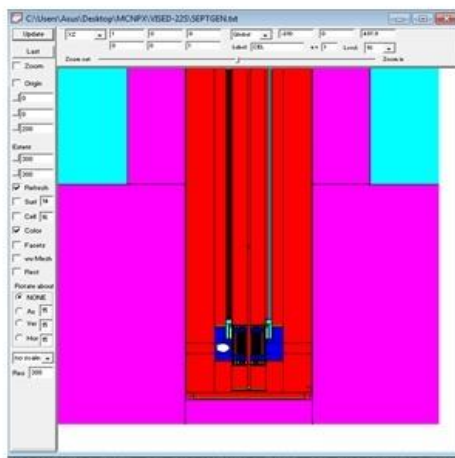
3. METODOLOGI

Pada perhitungan fluks neutron tangki reaktor, dilakukan dalam 2 tahap yaitu:

1. Pemodelan menggunakan Vised.
Pada pemodelan ini dipergunakan dimensi reaktor sedetail mungkin sehingga hasil diharapkan sesuai dengan ukuran reaktor yang sebenarnya
2. Perhitungan fluks neutron menggunakan MCNP. Dalam hal ini dihitung fluks neutron di 17 titik pada dasar tangki, yaitu ditengah tengah dasar tangki reaktor dan 8 titik pada arah utara-selatan dan 8 titik pada arah timur – barat. Pada dinding tangki, dilakukan perhitungan fluks neutron di 52 titik, yaitu di dinding sebelah utara 13 titik, sebelah selatan 13 titik, sebelah timur 13 titik dan disebelah barat 13 titik. Dianggap fluks neutron merata disetiap potongan yang diambil.

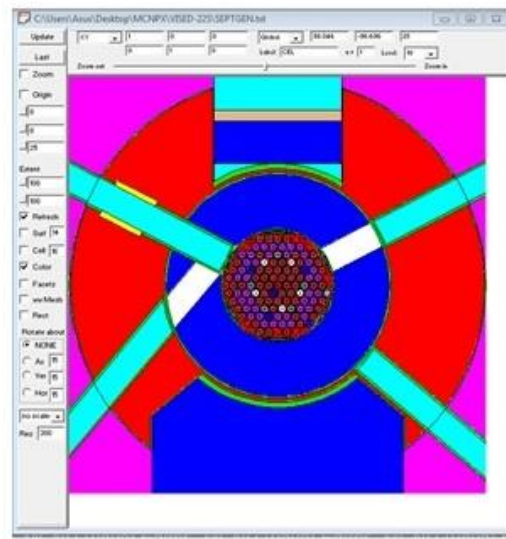
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan visual editor, dihasilkan gambar potongan vertikal dan horisontal reaktor TRIGA 2000, seperti yang tertera pada Gambar 3 dan Gambar 4.



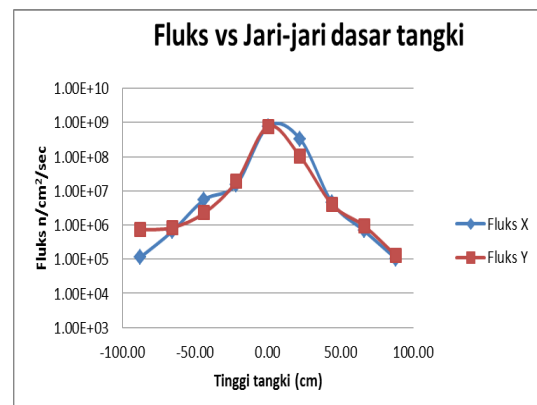
Gambar 3: Penampang vertikal reaktor TRIGA 2000 Bandung

Pada Gambar 3, yang merupakan potongan vertikal reaktor TRIGA 2000 Bandung, dapat dilihat bahwa teras reaktor dikelilingi oleh air di dalam tangki reaktor. Tangki reaktor. Sedangkan tangki reaktor dikelilingi oleh perisai beton. Pada perhitungan menggunakan MCNP, ketinggian tangki dibagi 13 dan perhitungan dilakukan masing masing 4 titik di tiap bagian tersebut. Jadi pada dinding tangki dilakukan perhitungan di 52 titik.



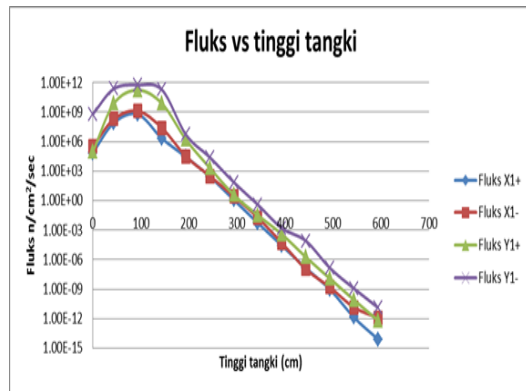
Gambar 4: Penampang horisontal reaktor TRIGA 2000 Bandung

Pada Gambar 4, yang merupakan gambar potongan horisontal reaktor TRIGA 2000 Bandung, dapat dilihat bahwa terdapat 121 lubang pada teras reaktor. 1 buah lubang di tengah teras reaktor merupakan fasilitas penelitian, sedangkan 120 lubang lainnya berisi 5 buah batang kendali dan sisanya berisi elemen bakar. Pada irisan horisontal ini dapat dilihat juga bahwa reaktor TRIGA 2000 dilengkapi dengan 4 buah *beamport*, *thermal coloum* dan *thermalizing coloum*. Pada perhitungan, dasar tangki dibagi atas 17 titik, yaitu ditengah tengah dasar tangki reaktor dan 8 titik pada arah utara-selatan dan 8 titik pada arah timur – barat.



Gambar 5: Fluks neutron pada dasar tangki reaktor TRIGA 2000 Bandung

Dari hasil perhitungan, seperti yang tertera pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa pada dasar tangki, fluks neutron tertinggi adalah di daerah tengah dasar tangki yaitu berkisar pada orde 10^9 n/cm².s dan berangsur angsur menurun pada arah X maupun Y ke orde 10^5 n/cm².s. Kuantitas fluks neutron pada arah X dan Y relatif sama



Gambar 6: Fluks neutron pada dasar tangki reaktor TRIGA 2000 Bandung

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa fluks neutron yang tertinggi pada dinding tangki reaktor TRIGA 2000 adalah pada ketinggian sekitar 100 cm dari dasar tangki. Hal ini disebabkan karena teras reaktor berada pada ketinggian 100 cm dari dasar tangki, dimana pada daerah ini neutron diproduksi oleh reaksi fisi yang terjadi pada elemen bakar. Fluks neutron pada dinding tangki di daerah pada arah Y (daerah *thermal coloum* dan *thermalizing coloum*) lebih tinggi dibandingkan dengan fluks neutron pada arah X, yaitu pada orde 10^{11} n/cm².s – 10^{12} n/cm².s, sedangkan fluks neutron pada daerah X yang tertinggi berkisar pada orde 10^9 n/cm².s. Kuantitas fluks neutron ini berangsur angsur turun dengan semakin bertambahnya jarak tangki dengan teras reaktor TRIGA 2000. Fluks neutron pada dinding tangki yang paling atas adalah berkisar pada orde 10^{-12} n/cm².s Bahkan pada pada ketinggian diatas 500 cm fluks neutron juga sudah sangat kecil yaitu mencapai orde $< 10^{-6}$ n/cm².s

5. KESIMPULAN.

Fluks neutron yang tertinggi pada dinding tangki adalah pada ketinggian sekitar 100 cm dari

dasar tangki (orde $10^{11} - 10^{12}$ n/cm².s), sedangkan fluks neutron pada ketinggian diatas 500 cm sudah sangat kecil yaitu mencapai orde $< 10^{-6}$ n/cm².s. Fluks neutron pada dasar tangki berkisar pada orde $10^5 - 10^9$ n/cm².s.

6. UCAPAN TERIMAKASIH)

Terimakasih disampaikan kepada PSTNT – BATAN, yang telah memfasilitasi penelitian ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR Nomor 4 Tahun 2009 tentang Dekomisioning Reaktor Nuklir.
2. LUKA SNOJ, MATJAZ RAVNIK., Calculation of Power Density with MCNP in TRIGA Reactor, International Conference Nuclear Energy for New Europe 2006, Portorož, Slovenia, September 18-21 (2006)
3. EID MAHMOUD EID ABDEL_MUNEM, Neutron Flux Measurements With Monte Carlo Verification at The Thermal Column of A TRIGA MARK II Reactor: Feasibility Study for A BNCT Facility, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, UNIVERSITI SAINS MALAYSIA (2008).
4. WILLEM ADRIAAN BEKKER, Ionising Radiation Dose Calculations for the Release of ¹³¹I During Accident Condition at the Safari-1 Material Test Reactor, A Research Report submitted to the Faculty of Science, University of the Witwatersrand, Johannesburg, in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science, School of Physics, Johannesburg, (2010)
5. EL MORABITI, Modeling of The TRIGA Research Reactor by Using MCNP Code, A., International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization 14-18 November 2011, Rabat, Marocco (2011)
6. ANONYMOUS, LAK TRIGA 2000 Bandung, Revisi3 (2006)