

SIMULASI PERACUNAN XENON DAN SAMARIUM MENGUNAKAN GUI

Durotul Intokiyah dan M Nurul Subkhi

*Program Studi Fisika, Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Komputasi, Fakultas Sains dan
Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. A.H. Nasution No.105, Cipadung, Cibiru, Kota Bandung, Jawa Barat 40614
E-mail: dintokiyah@gmail.com
hp: 083820319281, Fax: -*

ABSTRAK

Reaktor nuklir didesain sebagai alternatif untuk menghasilkan energi yang besar dengan memikirkan keselamatan lingkungan. Reaktor yang beroperasi dalam jangka waktu tertentu, akan terjadi penyusutan bahan bakar sehingga reaksi fisi dan neutron yang dihasilkan juga berkurang. Agar menunjang kelancaran pengoperasian reaktor perlu dilakukan analisis mengenai populasi Xe-135 dan Sm-149 saat reaktor *startup* dan *shutdown*. Analisis dilakukan dengan simulasi populasi Xe-135 dan Sm-149 dengan perhitungan numerik menggunakan *software* GUI. *Toolbox* GUI ini dapat digunakan dengan mudah dan otomatis yang menghasilkan nilai output berupa grafik populasi antara Xe-135 dan Sm-149 terhadap waktu. Data yang dihasilkan populasi Xe-135 saat *startup* menunjukkan proses produksi energi yang naik secara perlahan karena adanya proses reaksi fisi secara berantai yang kontinu ataupun hasil dari peluruhan radioaktif sebelumnya. Saat *shutdown*, Xe-135 tidak lagi dihasilkan dari reaksi fisi atau hilang karena serapan hanya peluruhan berasal dari I-135 yang berada di teras. Selama *startup* konsentrasi Sm-149 akan tetap konstan sedangkan ketika *shutdown* konsentrasinya akan bertambah karena peluruhan akumulasi Pm-149.

Kata Kunci: Reaksi fisi; Startup; Shutdown; Xe-135; Sm-149; GUI;

ABSTRACT

Nuclear reactors are designed as an alternative to produce large energy by thinking about the safety of their environment. Reactors that operate within a certain period of time, fuel shrinkage will occur so that the resulting fission and neutron reactions are reduced. In order to support the smooth operation of the reactor it is necessary to analyze the population of Xe-135 and Sm-149 during reactor startup and shutdown. Analysis was carried out by population simulation Xe-135 and Sm-149 with numerical calculations using GUI software. This GUI *toolbox* can be used easily and automatically which produces an output value in the form of a population graph between Xe-135 and Sm-149 with respect to time. Data generated by population Xe-135 at startup shows a process of energy production that is slowly increasing due to the continuous chain fission reaction process or the result of previous radioactive decay. At shutdown, Xe-135 is no longer produced from fission reactions or is lost due to only decay absorption from I-135 which is on the terrace. During startup the Sm-149 concentration will remain constant while when the shutdown the concentration will increase due to the decay of accumulated Pm-149.

Keywords: fission reaction; Startup; Shutdown; Xe-135; Sm-149; GUI *toolbox*

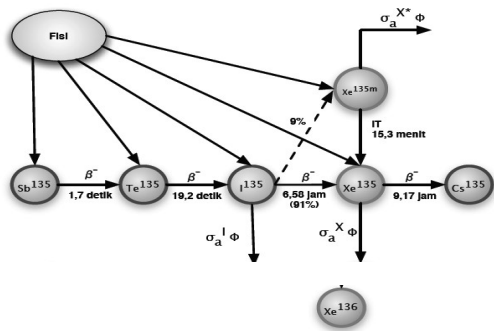
1. Pendahuluan

Reaktor nuklir didesain bukan hanya untuk menghasilkan energi yang besar tetapi juga memikirkan keselamatan lingkungannya. Setelah reaktor beroperasi dalam jangka waktu tertentu, akan terjadi pengurangan atau penyusutan bahan bakar yang menyebabkan reaksi fisi berkurang dan neutron yang dihasilkan juga berkurang. Saat terjadi pemadaman reaktor perlu dilakukan analisis mengenai bagaimana laju produksi dan laju hilangnya racun produk fisi.

Reaktor nuklir mempunyai prinsip menghasilkan energi yang relatif besar dan pembelahan inti baru dari neutron-neutron baru. Hal ini diawali dari adanya neutron yang membelah inti neutron berat mejadi dua bagian, dari hal ini akan dihasilkan reaksi berantai.

Reaksi pembelahan atau reaksi fisi diperkirakan melepas energy sebesar 200 MeV. Reaksi fisi akan menghasilkan produk fisi dan produk peluruhan yang akan menyerap neutron.

Pada penelitian ini difokuskan pada Xe-135 dan Sm-149. Xe-135 dan Sm-149 mempunyai dampak besar terhadap operasi reaktor nuklir. Produksi Xe-135 bisa dihasilkan secara langsung dari reaksi fisi atau dari rantai peluruhan Te-135. Xe-135 terbentuk dari produk peluruhan β^- . Te-135 merupakan produk fisi yang dapat juga berasal dari peluruhan β^- Sb-135 yang juga produk fisi. Selama Operasi reaktor, lebih dari 90% Xe-135 dihasilkan dari peluruhan I-135 [1].



Dalam proses start up atau kondisi dimana reaktor baru dinyalakan, utuk menghitung produksi I-135 dan Xe-135 adalah dengan persamaan

$$I(t) = \frac{\gamma_I \Sigma_f \phi_0}{\lambda_I} (1 - e^{-\lambda_I t}) \quad (1)$$

$$X(t) = \frac{(\gamma_I + \gamma_X) \Sigma_f \phi_0}{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_0} (1 - e^{-(\lambda_X + \sigma_a^X \phi_0)t}) + \frac{\gamma_I \Sigma_f \phi_0}{\lambda_X - \lambda_I + \sigma_a^X \phi_0} (e^{-(\lambda_X + \sigma_a^X \phi_0)t} - e^{-\lambda_I t}) \quad (2)$$

Sedangkan utuk menghitung konsentrasi setimbang dari I-135 dan Xe-135 kondisi saat $t = \infty$ adalah dengan

$$I(t) \rightarrow I_\infty = \frac{\gamma_I \Sigma_f \phi_0}{\lambda_I} \quad (3)$$

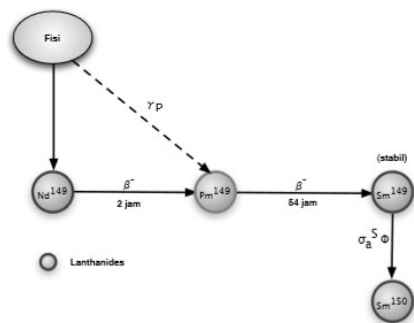
$$X(t) \rightarrow X_\infty = \frac{(\gamma_I + \gamma_X) \Sigma_f \phi_0}{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_0} \quad (4)$$

Dalam proses startup kondisi dimana reaktor padam, utuk menghitung produksi I-135 dan Xe-135 adalah dengan

$$I(r, t) = I_\infty(r) e^{-\lambda_I t} \quad (5)$$

$$X(t) = X_\infty(r) e^{-\lambda_I t} + \frac{\lambda_I I_\infty(r)}{\lambda_X - \lambda_I} (e^{-(\lambda_X t)} - e^{-(\lambda_I t)}) \quad (6)$$

Sm-149 dihasilkan dari peluruhan Nd-149. Nd-149 merupakan fragmen fisi dengan waktu paruh yang lebih cepat dibandingkan dengan Pm-149. Dapat diasumsikan Pm-149 dihasilkan secara langsung dari reaksi fisi dengan yield sebesar γ_p .



Laju perubahan konsentrasi Pm-149

$$\frac{dP}{dt} = \gamma p \sum_f \phi - \lambda p P \quad (7)$$

Karena Sm-149 isotop stabil maka Sm-149 hanya hilang karena tangkapan radiatif neutron saja. Sehingga persamaannya menjadi

$$\frac{dS}{dt} = \lambda p P - \sigma_a^S \phi \quad (8)$$

Konsentrasi setimbang untuk kedua isotop racun tersebut dapat dinyatakan dengan

$$P_\infty = \frac{\gamma p \sum_f \phi}{\lambda p} \quad (9)$$

$$S_\infty = \frac{\gamma p \sum_f \phi}{\sigma_a^S \phi} \quad (10)$$

Setelah reaktor padam produksi Sm-149 menjadi

$$S(t) = S_\infty + P_\infty(1 - e^{-\lambda p t_s}) \quad (11)$$

Simulasi dilakukan dengan menggunakan GUI. Graphical User Interface (GUI) atau antarmuka pengguna grafis (APG) adalah antarmuka pada sistem operasi atau komputer yang menggunakan menu grafis agar

mempermudah para penggunanya untuk berinteraksi dengan komputer atau sistem operasi. Maksud dari Menu grafis terdapat tampilan yang lebih ditekankan untuk membuat sistem operasi yang *user-friendly* agar para pengguna lebih nyaman menggunakan komputer.

Pada simulasi ini digunakan GUI dalam bentuk *toolbox* sehingga pengguna dapat menggunakan *toolbox* hanya dengan menginput nilainya. GUI software yang digunakan berupa MATLAB.

2. Metode Perhitungan

Penelitian dilakukan dengan membuat *toolbox* terlebih dahulu. Desain *toolbox* dibuat program dan memasukkan persamaan untuk simulasi laju produksi Xe-135 saat reaktor start up dan shutdown yaitu persamaan (1), (2), (3), (4), (5) dan (6). Sedangkan untuk simulasi laju produksi peracunan Sm-149 menggunakan persamaan (7), (8), (9), (10) dan (11). Program yang telah dibuat di run. Setelah berhasil, parameter diinput. Berikut parameter yang digunakan:

Table 1

λ_I	0.1035/jam
λ_X	0.0753/jam
λ_p	0.0128/jam
σ_a^x	300000 barn
\sum_f	0.000763
γ_I	6.386
γ_X	0.228
γ_p	1.13
σ_a^x	58000 barn

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan *toolbox* GUI untuk simulasi reaktor dengan kasus peracunan Xe-135 dan Sm-149 diharapkan dapat memudahkan pembelajaran kasus ini. Dari *toolbox* yang telah dibuat terlihat dari keunggulan GUI yaitu membuat sistem

operasi yang *user-friendly* dan menghasilkan gambar dengan resolusi yang cukup tinggi.

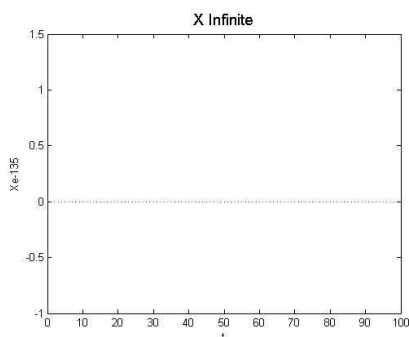


Gambar 1. Toolbox simulasi Peracunan Xe-135

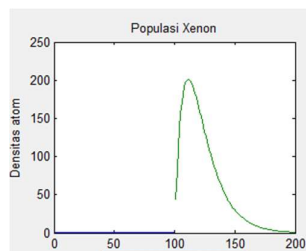


Gambar 2. Toolbox Simulasi Peracunan Sm-149

Saat kondisi reaktor belum dinyalakan tidak ada reaksi fisi yang terjadi sehingga didapatkan gambar 3.



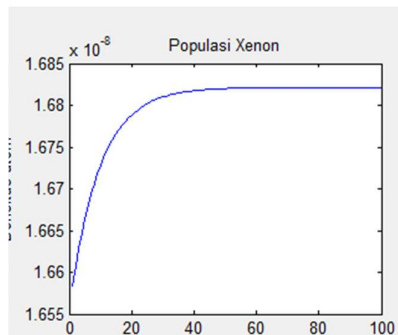
Gambar 2 Xe-135 keadaan setimbang



Gambar 4. Populasi Xe-135 saat reaktor startup dan shutdown

Pada gambar 4 Garis biru menunjukkan jumlah populasi Xe-135 saat reaktor startup dan hijau saat reaktor shutdown.

Saat reaktor startup populasi Xe-135 nampak konstan di titik 0 tapi jika difokuskan pada bagian startup grafik yang terbentuk adalah gambar 5. Hal ini disebabkan karena populasi Xe-135 saat startup sangat kecil. Karena produksi Xe-135 baru mengandalkan proses peluruhan. Setelah memenuhi waktu paruhnya baru lah produksi Xe-135 ditunjang juga dengan adanya peluruhan dari radioaktif sebelumnya.

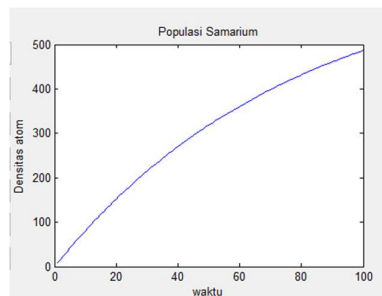


Gambar 3. Xe-135 startup

Ketika reaktor padam, fluks neutron berkurang sampai nol dan Xe-135 tidak lagi dihasilkan dari reaksi fisi atau hilang karena serapan. Mekanisme produksi yang tersisa hanyalah peluruhan I-135 yang berada di teras pada saat reaktor padam. Satu-satunya mekanisme hilangnya Xe-135 adalah peluruhan [2].

Munculnya lonjakan saat pemadaman reaktor pada populasi Xe-135 menimbulkan reaktivitas yang sangat negatif dimana besarnya berbanding lurus dengan populasi xenon. Hal ini menyebabkan masalah ketika akan merestart reaktor setelah dimatikan karena membutuhkan reaktivitas positif

yang cukup besar dan pada beberapa saat akan menyebabkan peningkatan reaktivitas yang bisa menyebabkan tidak terkendalinya daya pada sistem reaktor nuklir [3].



Gambar 4 Populasi Sm-149 saat pemadaman reaktor

Sm-149 merupakan isotop stabil, sehingga tidak dapat hilang karena peluruhan. Setelah reaktor padam, perilaku dari Sm-149 dengan Xe-135 akan berbeda. Selama operasi reaktor konsentrasi Sm-149 akan tetap konstan karena Sm-149 bukan radioaktif. Sedangkan ketika reaktor padam, konsentrasinya akan bertambah karena peluruhan akumulasi Pm-149. Penambahannya tergantung pada tingkat daya sebelum reaktor padam. Setelah padam, jika reaktor dioperasikan kembali Sm-149 akan terbakar dan konsentrasinya kembali ke nilai setimbang.

4. Simpulan

Graphical User Interface (GUI) atau antarmuka pengguna grafis (APG) merupakan suatu media virtual dengan membuat penggunaannya dapat memberikan perintah berulang-ulang tanpa menyetik ulang perintah tersebut. Kelebihan dari GUI membuat sistem operasi yang *user-friendly* dan menghasilkan gambar dengan resolusi yang cukup tinggi. Pada simulasi ini digunakan GUI dalam bentuk *toolbox*.

Saat reaktor start up Xe-135 grafiknya membentuk grafik eksponensial negatif yang menunjukkan prosesnya tidak langsung memproduksi energi yang sangat besar sekaligus melainkan naik secara perlahan yang menunjukkan energinya semakin membesar karena adanya proses fisi secara berantai yang

kontinu ataupun hasil dari peluruhan radioaktif sebelumnya.

Munculnya lonjakan saat pemadaman reaktor pada populasi xenon menimbulkan reaktivitas yang sangat negatif dimana besarnya berbanding lurus dengan populasi xenon.

Selama operasi reaktor konsentrasi Sm-149 akan tetap konstan karena Sm-149 bukan radioaktif. Sedangkan ketika reaktor padam, konsentrasinya akan bertambah karena peluruhan akumulasi Pm-149 dan akan terbakar ketika reaktor dioperasikan kembali dan konsentrasinya kembali ke nilai setimbang.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu. Juga pihak UIN Sunan Gunung Djati Bandung dan Jurusan Fisika sebagai fasilitator.

6. Referensi

- [1] L. J. H. James J. Duderstadt, Nuclear Reactor Analysis, Canada: John Wiley & Sos, Inc, 1976.
- [2] Rouf. (11 April 2014). Nuclear Thinker. URL nuclearthinker.wordpress.com/2014/04/11/efek-xenon-pada-reaktor-Termal/.
- [3] Agung, Alexander. Analisis Reaktor Nuklir, Yogyakarta: UGM, 2017.
- [4] Pengertian GUI. URL <https://rizky285.wordpress.com/2016/11/16/pengertian-gui-graphical-user-interface/>
- [5] Belajar Komputer Mu. URL <http://www.belajar-komputer-mu.com/2012/08/pengertian-dan-sejarah-singkat-gui.html>
- [6] A.Myers, Brad. 2003. Graphical User Interface Programming. Pittsburgh: Carnegie Mellon University
- [7] Nuclear power. URL <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/reactor-physics/reactor-operation/samarium-149/>
- [8] Nuclear power. URL <https://www.nuclear-power.net/nuclear-power/reactor-physics/reactor-operation/xenon-135/>