



Simulasi peracunan Xenon dengan perubahan level daya pada reaktor nuklir berbasis Javascript

Marisa Variastuti^{1*}, Nurul Subkhi²

¹Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

²Laboratorium Fisika Nuklir, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung

*e-mail: marisavrstty@gmail.com

Abstrak

Salah satu jenis reaktor berdasarkan fungsinya yaitu reaktor daya. Reaktor ini memiliki fungsi untuk pembangkit listrik tenaga nuklir. Salah satu material yang penting dalam pengoperasian reaktor nuklir yaitu ^{135}Xe . Selama reaktor beroperasi ^{135}Xe ini hampir 90% dihasilkan dari peluruhan ^{135}I . Populasi ^{135}Xe perlu diperhatikan karena ^{135}Xe sendiri dapat membahayakan walaupun ia tidak beracun namun memiliki sifat oksidator yang kuat sehingga senyawanya beracun. Apabila pada suatu reaktor nuklir yang sedang beroperasi terjadi pengurangan tingkat daya secara tiba-tiba maka populasi dari ^{135}Xe perlu diperhatikan. Untuk mengetahui populasi dari ^{135}Xe ketika terjadi perubahan tingkat daya pada reaktor yang sedang beroperasi dibuatlah simulasi dengan bahasa pemrograman javascript karena dapat diakses dengan mudah oleh pengguna. Parameter yang digunakan serta perubahan daya dapat diinput sendiri oleh pengguna. Hasil dari simulasi berupa tabel dan grafik dari perubahan daya, populasi ^{135}I serta populasi ^{135}Xe . Ketika terjadi penurunan daya populasi ^{135}Xe akan melonjak sehingga memicu terjadinya reaktivitas negatif.

Kata kunci: ^{135}I , ^{135}Xe , Daya, Javascript, Nuklir, Reaktor

1. Pendahuluan

Atom memiliki energi potensial yang sangat besar sehingga untuk mengubah energi dari atom tersebut menjadi listrik yaitu dengan reaktor nuklir. Reaktor Nuklir memiliki banyak manfaat salah satunya yaitu sebagai pembangkit listrik. Pada reaktor nuklir akan terjadi reaksi fisi, ketika neutron generator menembakan neutron dan mengenai inti atom yang mengakibatkan atom tidak stabil kemudian atom tersebut akan melakukan pembelahan diri menjadi atom yang lebih ringan dan menghasilkan energi panas, tiga neutron bebas dan memancarkan radiasi (α, β, γ) reaksi ini dapat disebut sebagai reaksi fisi. Tiga neutron bebas dari hasil reaksi fisi tersebut akan mengenai atom – atom lain yang ada disekitarnya sehingga terjadilah reaksi fisi berantai. Maka disinilah control rod berfungsi yang mana control rod akan menangkap neutron bebas yang dihasilkan dari reaksi fisi sehingga semakin banyak control rod menangkap neutron maka semakin sedikit reaksi fisi yang terjadi pada reaktor. Adapun coolant yang berfungsi sebagai cairan pendingin setelah itu coolant akan mendidih sehingga uapnya akan

menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator sehingga generator akan menghasilkan listrik. Uap yang dihasilkan dari turbin akan masuk ke kondensor yang mana uap akan mengembun menjadi air dan digunakan kembali sebagai cairan pendingin. Energi yang dihasilkan dari reaksi fisi yaitu 200 MeV sehingga perlu diperhitungkan dalam pengoperasian reaktor.

Reaktor Nuklir menghasilkan energi yang sangat besar sehingga perlu diperhatikan dalam pengoperasiannya. Kecelakaan yang berdampak sangat besar dapat terjadi apabila terdapat kesalahan dalam pengoperasian reaktor nuklir seperti kecelakaan pada PLTN Chernobyl. Kecelakaan ini terjadi pada 26 April 1986 yang mana sedang dilakukan perawatan rutin. Terjadi kegagalan dalam pemrograman ulang komputer pada operator sehingga daya mengalami penurunan drastis lalu dilakukan pemadaman reaktor tanpa perhitungan sehingga produksi ^{135}Xe meningkat dan terjadi ledakan. Dari kecelakaan tersebut maka diperlukan perhitungan ketika terjadi perubahan daya pada reaktor nuklir. Untuk memudahkan

melakukan perhitungan maka dibuat simulasi dengan bahasa pemrograman.

Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu bahasa pemrograman Javascript. Javascript termasuk kedalam bahasa pemrograman tingkat tinggi atau sering disebut dengan high level language yang artinya bahasanya mendekati bahasa manusia sehingga memudahkan pengguna untuk mengerti bahasa pemrograman javascript. Javascript juga memiliki kelebihan karena pengguna tidak perlu membeli lisensi, serial number dan software karena dapat diakses dengan mudah di web browser. Untuk pembuatan kode program javascript tidak memerlukan alat pengembangan yang mahal hanya dengan memiliki editor text seperti notepad sudah bisa untuk membuat kode javascript.

Maka pada penelitian kali ini dibuat simulasi peracunan ¹³⁵Xe pada reaktor nuklir dengan bahasa pemrograman javascript dengan tujuan dapat dengan mudah diakses oleh pengguna.

2. Metode

Simulasi peracunan ¹³⁵Xe pada reaktor nuklir ini dibuat dalam bahasa pemrograman javascript. Dalam pembuatan kode bahasa pemrograman javascript untuk simulasi ini digunakan software untuk text editor yaitu sublime text editor dan tampilan dapat diakses di web browser seperti google chrome. Pada tahap pertama dilakukan inialisasi parameter - parameter yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter untuk Simulasi

σ_a^{xe}	2700000 barns
Σ_f	0,000763 m ⁻¹
γ_I	4,884
γ_{Xe}	1,363
λ_I	0,1035 /jam
λ_{Xe}	0,0753 /jam
ϕ_0	5000 n/m ² jam
ϕ_1	2500 n/m ² jam
t	100jam

Perhitungan untuk populasi ¹³⁵Xe dan Iodine dengan hasil integrasi dari persamaan perubahan konsentrasi iodine terhadap waktu pada Persamaan (1) dan perubahan konsentrasi ¹³⁵Xe terhadap waktu pada Persamaan (2). ¹³⁵Xe dapat dihasilkan dari reaksi fisi serta peluruhan β dari ¹³⁵I.

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \gamma_I \Sigma_f \phi(r,t) - \lambda_I I(r,t) \tag{1}$$

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \gamma_X \Sigma_f \phi(r,t) + \lambda_I I(r,t) - \lambda_X X(r,t) - \sigma_a^X \phi(r,t) X(r,t) \tag{2}$$

dengan konsentrasi setimbang dari ¹³⁵I

$$I_\infty = \frac{\gamma_I \Sigma_f \phi_1}{\lambda_I} \tag{3}$$

untuk konsentrasi setimbang dari ¹³⁵Xe

$$\tag{4}$$

$$X_\infty = \frac{(\gamma_I + \gamma_X) \Sigma_f \phi_1}{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_1}$$

Sehingga diperoleh persamaan untuk populasi ¹³⁵I ketika terjadi perubahan level daya

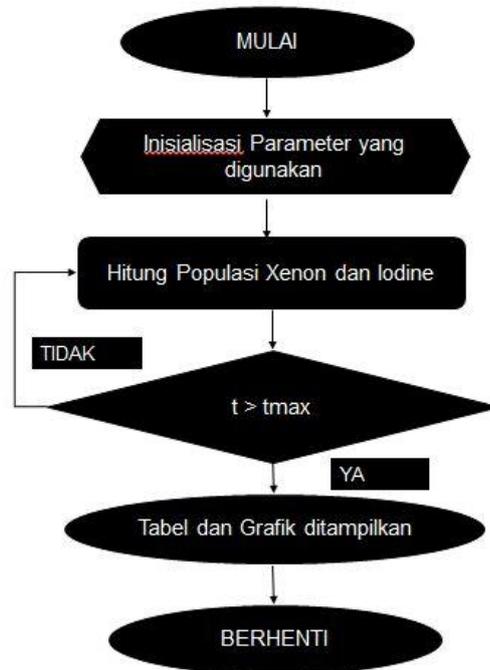
$$I(t) = \frac{\gamma_I \Sigma_f \phi_1}{\lambda_I} \left[1 - \left(\frac{\phi_1 - \phi_0}{\phi_1} \right) \exp - \lambda_I t \right] \tag{5}$$

Populasi ¹³⁵Xe ketika terjadi perubahan level daya dapat diperhitungkan dengan persamaan

$$X(t) = \frac{(\gamma_I + \gamma_X) \Sigma_f \phi_1}{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_1} \left\{ 1 - \left(\frac{\phi_1 - \phi_0}{\phi_1} \right) \left[\frac{\lambda_X}{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_0} \exp [- (\lambda_X + \sigma_a^X \phi_1) t] + \left(\frac{\gamma_I}{\gamma_I + \gamma_X} \right) \left(\frac{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_1}{\lambda_X + \sigma_a^X \phi_1 - \lambda_I} \right) \exp (-\lambda_I t) - \exp (-(\lambda_X + \sigma_a^X \phi_1) t) \right] \right\} \tag{6}$$

Setelah dilakukan perhitungan populasi ¹³⁵Xe dan ¹³⁵I dengan persamaan (5) dan (6) untuk nilai parameter pada Tabel 1. Serta dilakukan pengulangan perhitungan

hingga waktu yang ditentukan. Perintah digunakan for dengan waktu yang diinput oleh pengguna. Setelah itu grafik akan ditampilkan pada tampilan Browser.



Bagan 1. Diagram Alir Pembuatan Simulasi

3. Hasil dan Pembahasan

Pada simulasi ini dilakukan perhitungan peracunan produk fisi yaitu

^{135}Xe ketika terjadi perubahan level daya pada reaktor nuklir. Tampilan dari simulasi pada browser dapat dilihat pada Gambar



Gambar 1. Tampilan Simulasi pada Browser

Nilai untuk parameter yang digunakan dapat diinput sendiri oleh pengguna dan dengan dibuatnya simulasi ini menggunakan bahasa pemrograman javascript dapat memudahkan pengguna untuk mengakses simulasi karena dapat diakses pada browser seperti mozilla firefox, internet explorer dan lain sebagainya.

Ketika reaktor nuklir sedang beroperasi dan terjadi penurunan daya pada reaktor nuklir maka ^{135}I yang dihasilkan dapat diamati pada Gambar 2.

Pada gambar 2. Diberikan grafik dari populasi ^{135}I yang mana dapat diketahui ketika terjadi penurunan level daya maka populasi iodine pun berkurang dikarenakan

^{135}I tidak lagi diproduksi. Sedangkan, Gambar 3.
 untuk populasi ^{135}Xe dapat diamati pada



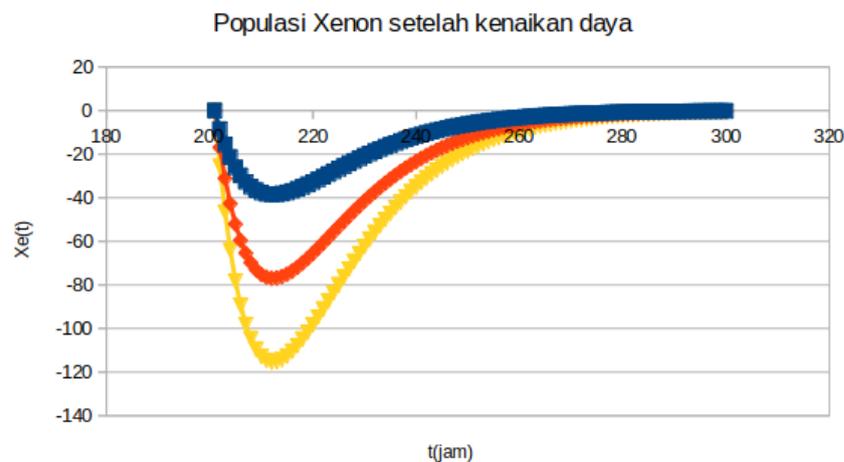
Gambar 2. Populasi Iodine-135



Gambar 3. Populasi Xenon-135

Pada Gambar 3 diberikan grafik populasi ^{135}Xe ketika terjadi perubahan level daya yang mana jika perhatikan ketika penurunan daya populasi ^{135}Xe justru meningkat secara signifikan. Hal ini terjadi karena ^{135}Xe memiliki nilai penyerapan yang sangat tinggi sehingga ^{135}Xe menyerap banyak neutron. Hal ini juga menyebabkan terjadinya reaktivitas negatif yang mana untuk menjalankan reaktor dibutuhkan reaktivitas positif. Sehingga dibutuhkan waktu untuk mengimbangi daya. Apabila reaktor dinaikan dayanya ketika populasi ^{135}Xe masih tinggi akan terjadi

lonjakan daya yang dapat mengakibatkan ledakan. ^{135}Xe sendiri sebenarnya tidak beracun namun, senyawanya memiliki sifat oksidator yang kuat sehingga senyawanya dapat dikatakan beracun. Laju perubahan reaktivitas sebanding dengan populasi racun yang larut, respon reaktivitas juga akan kecil. Ketika tingkat daya pada reaktor berkurang dan populasi ^{135}Xe meningkat diperlukan pengendalian tingkat panjang yaitu dengan mengurangi konsentrasi cairan asam yang mampu menghalangi reaksi fisi untuk mengimbangi transien ^{135}Xe .



Gambar 4. Grafik Populasi Xenon setelah kenaikan daya

Gambar 4 menunjukkan muatan Xenon setelah terjadi kenaikan daya. Dari grafik tersebut dapat diamati bahwa transien Xenon akan mengurangi beban xenon hingga mencapai nilai minimum dan diikuti oleh peningkatan dengan nilai keseimbangan baru.

4. Simpulan

Konsentrasi ^{135}Xe akan meningkat ketika terjadi penurunan level daya pada reaktor nuklir yang mana hal ini memicu terjadinya reaktivitas negatif. Untuk mengimbangi daya diperlukan waktu hingga ^{135}Xe bersih. Pengendalian tingkat panjang perlu dilakukan untuk mengimbangi daya yaitu dengan kontrol konsentrasi cairan asam yang mana chemical-shim perlu dimasukkan ke dalam coolant dengan cepat agar dapat mengimbangi permbakaran ^{135}Xe karena mampu menghalangi reaksi fisi. Apabila dipaksakan mengimbangi dengan menaikkan daya akan terjadi lonjakan daya yang dapat menyebabkan ledakan yang mengeluarkan sejumlah radioaktif.

Daftar Pustaka

Agung, A. (2017). *Analisis Reaktor Nuklir*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
 Basuki, A., & Ramadijanti, N. (2005). *Metode Numerik dan Algoritma Komputasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Chaplin, R. (2015). Introduction to Nuclear Reactors. Retrieved from [http://www.nuceng.ca/candu/pdf/1-Intro to Nuclear Reactors.pdf](http://www.nuceng.ca/candu/pdf/1-Intro%20to%20Nuclear%20Reactors.pdf)
 Chart.js. (n.d.). Retrieved from <https://www.chartjs.org/docs/latest/>
 Duderstadt, J. J., & Hamilton, J. L. (1976). *Nuclear Reactor Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
 Intokiyah, D., & Subkhi, M. N. (2018). Simulasi Peracunan Xenon dan Samarium menggunakan Matlab. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (SINAFI) 2018*, 4 No.1, 344–348.
 Power, N., & Control, P. (2015). *Chapter 3: Elementary Physics of Reactor Control Module B: Reactor Kinetics Module Objectives*: Retrieved from http://www.nuceng.ca/ep6p3/class/Module3D_XenonJun21.pdf
 Ramtal, D., & Dobre, A. (2011). *Physics for JavaScript Games, Animation, and Simulations*.
 Tutorialspoint. (2015). *JavaScript*. Retrieved from www.tutorialspoint.com
 World Nuclear Association. (2019). *Chernobyl Accident 1986*. Retrieved from <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx>