



PEREKAYASAAN SISTEM PENCITRAAN MATERIAL DIDALAM REAKTOR PETROKIMIA DENGAN TEKNIK SERAPAN SINAR GAMMA

Ronny Djokorayono, Indarzah, Usep SG

PRPN BATAN, Kawasan PUSPIPEK, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

PEREKAYASAAN SISTEM PENCITRAN MATERIAL DIDALAM REAKTOR PETROKIMIA DENGAN TEKNIK SERPAN SINAR GAMMA. Formasi material yang terdapat didalam reaktor petrokimia yang tersusun dari gas ethylene, gas hidrogen dan gas diluent setelah diproses pada tekanan 32 bar dan temperatur antara 60°C sampai 100°C membentuk senyawa hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang terbentuk berupa slurry dengan densitas antara 600 gr/dm³ sampai 1200 gr/dm³, bila hasil prosesnya tidak terkendali maka senyawa hidrokarbon yang terbentuk akan menggumpal, serta menyebabkan operasi reaktor terhenti karena tersumbat oleh material yang menggumpal. Agar material tidak sampai menggumpal diperlukan sistem deteksi pencitraan yang menggambarkan kondisi material didalam reaktor. Metoda teknik nuklir dapat menggambarkan kondisi material didalam reaktor hanya dengan menempelkan beberapa detektor gamma diluar dinding reaktor serta menempatkan sebuah sumber gamma jenis ¹³⁷Cs ditengah reaktor proses. Telah dirancang prototip sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma yang tersusun dari sumber radiasi gamma ¹³⁷Cs yang ditempatkan ditengah reaktor proses. Pancaran radiasi gamma yang keluar dari sumber gamma dideteksi oleh detektor yang berada disekeliling luar bejana proses, yang berjumlah 12 unit detektor gamma. Intensitas radiasi gamma yang diterima akan sebanding dengan fluktuasinya material yang terdapat didalam reaktor proses. Hasil pengukuran dari ke duabelas detector, oleh komputer akan diolah untuk memberikan informasi dinamis keadaan material didalam reaktor proses dan profil tampilan monitor hasil pengukuran berbentuk topografi dua dimensi.

Kata kunci : Pencitraan material, reaktor petrokimia

ABSTRACT.

Formation material contained in petrochemical reactor composed of ethylene gas, hydrogen gas and diluent gas once it is processed at a pressure of 32 bar and a temperature of between 60 ° C to 100 ° C will produce hydrocarbons. The hydrocarbons die in the form of slurry with a density of between 600 gr/dm³ to 1200 gr/dm³, In the uncontrolled process the hydrocarbons will clot and causing reactor operation stopped because clogged by the clot material. In order the material not to clot, it required imaging detection system that describes the condition of the material in the reactor. Nuclear aplication method to describe the condition of the material in the reactor is simply by gluing several gamma detector outside the walls of the reactor and placing a ¹³⁷Cs gamma sources amid type reactor process. It has been designed a prototype imaging system with the material in the petrochemical reactor gamma ray absorption technique composed of ¹³⁷Cs gamma radiation source which is placed in the middle of the reactor, while the gamma radiation that comes out of the gamma source detected by a detector located outside the vessel surrounding the process. There are 12 gamma detectors and the gamma radiation intensity received is proportional to the fluctuation of the material contained within the reactor process. The results of measurements of the twelve detectors are processed by computer to be its dynamic state



information material in the reactor process, while the profile monitor display measurement results in the form of two-dimensional topography.

Keywords: Imaging material, petrochemical reactor

1. PENDAHULUAN

Pada awalnya Industri Petrokimia yang mengolah bahan baku nafta dari minyak mentah menjadi Polyethylene dan kemudian menjadi biji plastik, menggunakan metoda pengukuran temperatur yang dikombinasi dengan tekanan untuk mendeteksi adanya penggumpalan material didalam reaktor, yang hasilnya kurang akurat. Akibat alat deteksi penggumpalan tidak akurat menyebabkan penggumpalan material berukuran besar hampir mendekati diameter reaktor sehingga terjadi gagal proses. Serta berimbas terhadap kesinambungan proses, yang akhirnya menimbulkan kerugian yang besar karena proses pabrik harus terhenti.

Teknik serapan radiasi gamma memberi jalan keluar untuk mendeteksi penggumpalan material didalam reaktor dan dapat diterapkan secara akurat untuk mendeteksi penggumpalan material serta dalam pemasangannya tidak tergantung terhadap tekanan dan temperatur didalam reaktor. Proses instalasinya tidak mengganggu proses, karena detektor ditempatkan diluar reaktor, sementara instalasi pemancar radiasi gamma disisipkan ditengah reaktor menggunakan kolimator yang dikendalikan secara mekanik dari dinding luar reaktor..

Intensitas radiasi gamma yang diterima oleh detektor diluar sekeliling reaktor tergantung dari densitas serta tebalnya material proses yang terdapat antara dinding reaktor dan pusat reaktor, makin tinggi grade densitas serta makin tebal material maka makin kecil intensitas yang diterima detektor. Masing masing detektor mempunyai koordinat tertentu, karena terpasang 12 detektor diluar dinding reaktor, maka posisi detektor dengan detektor yang lain berbeda 30° , intensitas yang diterima oleh masing masing detektor digambarkan pada layar komputer berupa topografi dua dimensi.

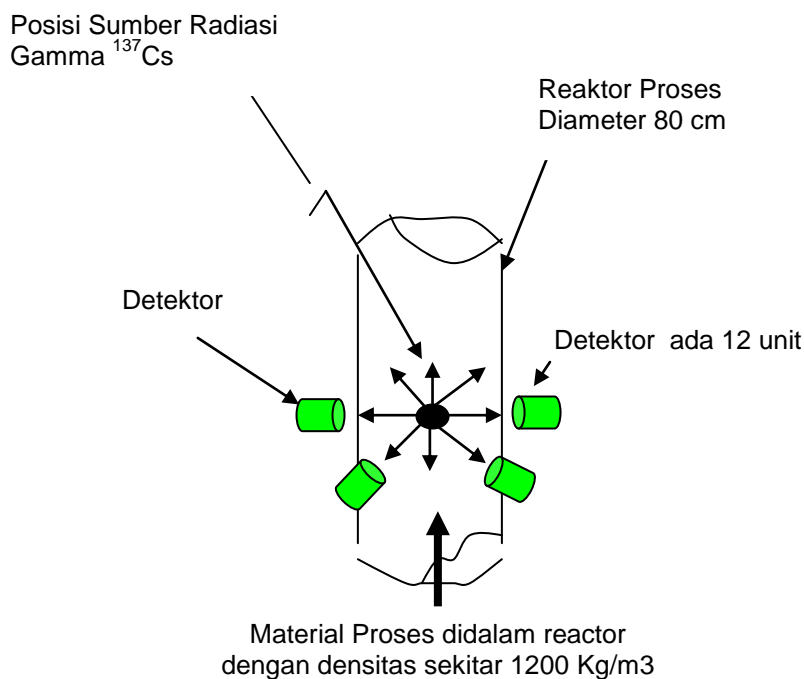
Sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma tersusun dari sumber radiasi gamma ^{137}Cs yang ditempatkan ditengah reaktor proses, dua belas sistem deteksi yang dilengkapi transmitter signal ditempatkan diluar dinding reaktor, data logger dan komputer topografi yang ditempatkan jauh dari sistem deteksi, serta perangkat lunak.



2. TEORI

Prinsip dasar prototip sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma dilakukan dengan mengukur intensitas radiasi gamma yang diserap material didalam reaktor proses, yang dijelaskan pada Gambar 1. Berikut : Sumber radiasi ditempatkan pada posisi tengah reaktor, sedangkan detektor yang berjumlah dua belas buah ditempatkan pada dinding luar reaktor, intensitas radiasi yang diterima detektor berubah ubah sesuai dengan tebalnya serapan material proses.

Radiasi gamma yang keluar dari sumber ^{137}Cs mempunyai intensitas N_0 akan diabsorpsi oleh material proses setebal X_2 yang terdapat diantara sumber ^{137}Cs dan dinding reaktor proses, kemudian diabsorpsi lagi oleh tebal dinding proses setebal X_1 yang akhirnya intensitas tersisa diterima oleh detektor .



Gambar 1. Prototip sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma

Intensitas radiasi yang diterima detektor akan memenuhi persamaan (1)

$$N = N_0 e^{-\mu\rho x} \quad (1)$$



dengan

- N_o = Intensitas radiasi Sumber ^{137}Cs sebelum diabsorpsi material proses
- μ = koefisien absorpsi massa
- ρ = densitas material yang dilalui berkas radiasi gamma
- x = tebal lapisan yang dilalui berkas radiasi gamma

Untuk kasus prototip sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma, dimana intensitas radiasi gamma yang diterima detektor, akan memenuhi persamaan 2) sebagai berikut :

$$N = N_o e^{-(\mu_1\rho_1x_1+\mu_2\rho_2x_2)} \quad (2)$$

dengan

- μ_1 = koefisien absorpsi massa dinding reaktor proses setebal x_1
- μ_2 = koefisien absorpsi massa material proses setebal x_2 dari posisi sumber gamma ke dinding.
- x_1 = tebal dinding reaktor proses
- x_2 = tebal lapisan material proses didalam reaktor
- ρ_1 = densitas dinding reaktor
- ρ_2 = densitas material proses didalam reaktor

arena tebal dan material dinding reaktor tetap sehingga μ_1, ρ_1, x_1 dianggap konstan, dengan demikian intensitas radiasi yang diterima oleh detektor dapat dinyatakan dengan persamaan (3), (4) berikut

$$N = N_o e^{-(K_1+\mu_2\rho_2x_2)} \quad (3)$$

$$N = N_o A e^{-(\mu_2\rho_2x_2)} \quad (4)$$

Intensitas yang dihasilkan oleh detektor akan memenuhi persamaan (5)

$$N = N_o A e^{-\mu_2\rho_2x_2} \quad (5)$$

Perubahan intensitas keluaran detektor akibat perubahan densitas material proses akan memenuhi persamaan (6)

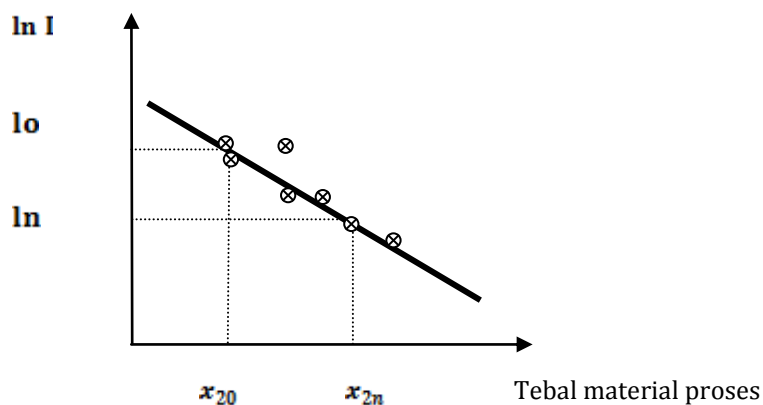
$$\ln I = \ln (N_o A) - (\mu_2\rho_2x_2) \quad (6)$$

Bila $N_o A, \mu_2, \rho_2$ dianggap konstan maka perubahan arus keluaran detektor akibat perubahan tebal material proses menjadi :

$$d(\ln I) = -d(x_2) \quad (7)$$



grafik pengukuran dapat dilihat pada gambar 2. berikut

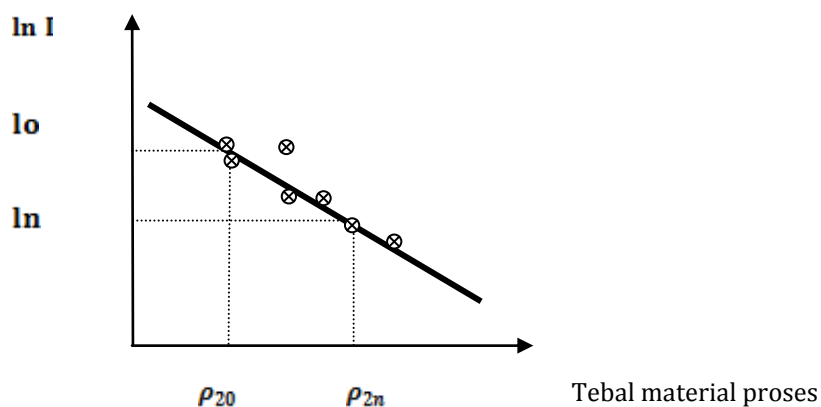


Gambar 2. Intensitas Keluaran detektor vs tebal material proses

Bila N_0A, μ_2, ρ_2 dianggap konstan maka perubahan arus keluaran detektor akibat perubahan densitas material proses menjadi :

$$d(\ln I) = -d(\rho_2) \quad (7)$$

grafik pengukuran dapat dilihat pada gambar 3. berikut



Gambar 3. Intensitas Keluaran detektor vs densitas material proses

3. METODE

Cara dalam melakukan percobaan untuk membuat prototip sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma diantaranya

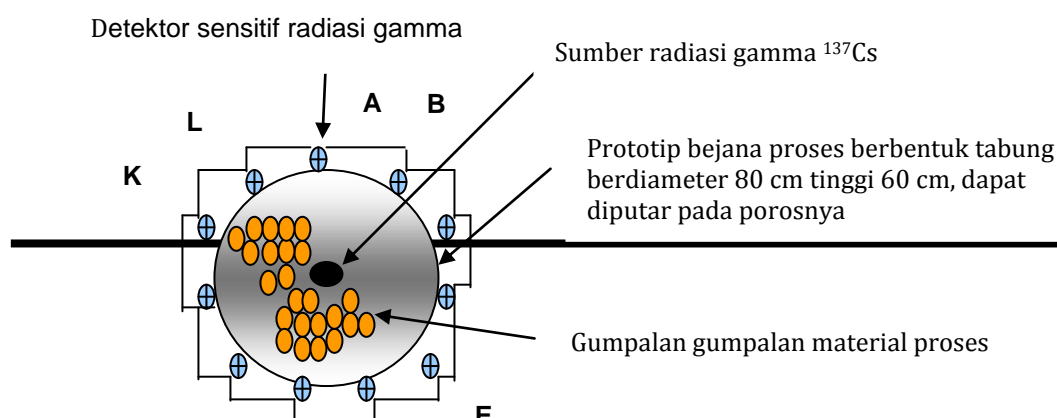


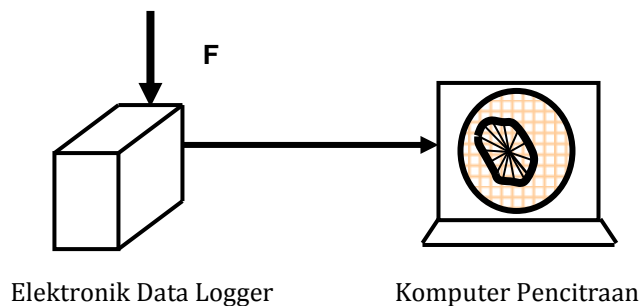
adalah dengan menyiapkan sebuah prototipe reaktor berupa bejana proses berdiameter 80 cm, tinggi 60 cm, bejana tersebut dapat diputar dengan kecepatan tertentu, ditengah bejana ditempatkan sebuah sumber radioaktif ^{137}Cs beraktifitas 100 mCi, diluar bejana ditempatkan 12 detektor sensitif gamma dengan posisi antara satu detektor dengan detektor yang lain berdeda 30° , signal transmitter keluaran masing masing detektor dihubungkan ke masukan elektronik data logger, keluaran elektronik data logger dihubungkan ke komputer pencitraan melalui komunikasi serial RS-232 atau USB, data hasil pengukuran tiap tiap detektor oleh komputer pencitraan dimasukan ke dua belas slot memori 16 bit, data yang telah tersimpan didalam memori diolah oleh komputer pencitraan dan ditampilkan ke layar monitor dengan tampilan topografi dua dimensi.

Sampel ditempatkan disekeliling bejana proses, dipilih sampel yang mudah dibentuk, dalam percobaan ini menggunakan sampel batubara dengan densitas sekitar 1200 gr/dm^3 , sampel dibentuk sesuai keinginan, dapat bebentuk bola benjol atau bintang, dari hasil pengolahan sistem pencitraan pada tampilan komputer juga harus mengikuti bentuk sample yang terdapat didalam bejana, dan bila bejana diputar, tampilan komputer juga harus dapat mengikuti pola sample yang terdapat didalam bejana, hanya saja karena detektornya tidak rapat melingkar disekeliling bejana proses maka bentuk tampilannya kurang presisi seperti sampel yang nyata di bejana proses, tetapi pada aplikasinya di industri petrokimia sudah cukup untuk mencitrakan kondisi material yang terdapat didalam reaktor untuk memberi informasi kepada operator, bahwa proses penggumpalan dapat digambarkan dilayar monitor komputer, sehingga operator dapat memberi keputusan, apa perlu diinjeksi anti gumpal atau belum.

4. BLOK SISTEM PENCITRAAN MATERIAL DIDALAM REAKTOR PETROKIMIA

Blok sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma secara garis besarnya tersusun dari bejana proses, dua belas buah sistem deteksi radiasi gamma, elektronik data logger dan hardware software komputer pencitraan. Blok sistemnya dapat dilihat pada tampak atas gambar 4. berikut.





Gambar 4. Blok sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia

Prinsip kerjanya, pemancar gamma ^{137}Cs yang terdapat ditengah bejana memancarkan radiasi gamma kearah dinding bejana, radiasinya sebagian terserap oleh material proses yang terdapat disekeliling pemancar gamma sampai dinding bejana, intensitas sisanya diterima oleh dua belas detektor gamma (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) yang terdapat diluar dinding bejana, masing masing detektor gamma mengeluarkan signal analog dan diumpankan ke elektronik data logger, oleh elektronik data logger signal analog tersebut dikonversi menjadi signal digital dengan kecepatan konversi masing masing signal sebesar 30 μsec , kemudian ditransmisikan ke komputer pencitraan melalui komunikasi serial RS-232 dengan kecepatan 9600 bps, oleh komputer pencitraan dimasukan ke dalam dua belas lokasi memory data (16 bit), data dikonfirmasi dengan posisi detektor (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,KL), kemudian diolah melalui perhitungan koordinat dan ditampilkan ke monitor komputer pencitraan dalam bentuk tampilan topografi dua dimensi.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran paparan radiasi gamma saat Source ^{137}Cs 100 mCi ditempatkan ditengah bejana proses, pengukuran dilakukan pada masing masing detektor gamma (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K), hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 berikut :



Tabel 1. Pengukuran paparan radiasi gamma saat Source ^{137}Cs 100 mCi ditempatkan ditengah bejana proses,

Posisi Detektor	Paparan Radiasi background	Paparan radiasi diterima detektor	Keluaran signal analog detektor
A	0,090 $\mu\text{Sv/h}$	103 $\mu\text{Sv/h}$	5,38 Volt
B	0,090 $\mu\text{Sv/h}$	105 $\mu\text{Sv/h}$	5,40 Volt
C	0,080 $\mu\text{Sv/h}$	125 $\mu\text{Sv/h}$	5,88 Volt
D	0,090 $\mu\text{Sv/h}$	115 $\mu\text{Sv/h}$	5,68 Volt
E	0,087 $\mu\text{Sv/h}$	116 $\mu\text{Sv/h}$	5,72 Volt
F	0,090 $\mu\text{Sv/h}$	115 $\mu\text{Sv/h}$	5,68 Volt
G	0,090 $\mu\text{Sv/h}$	110 $\mu\text{Sv/h}$	5,53 Volt
H	0,080 $\mu\text{Sv/h}$	107 $\mu\text{Sv/h}$	5,50 Volt
I	0,080 $\mu\text{Sv/h}$	106 $\mu\text{Sv/h}$	5,46 Volt
J	0,080 $\mu\text{Sv/h}$	106 $\mu\text{Sv/h}$	5,46 Volt
K	0,080 $\mu\text{Sv/h}$	105 $\mu\text{Sv/h}$	5,41 Volt
L	0,090 $\mu\text{Sv/h}$	104 $\mu\text{Sv/h}$	5,39 Volt

Pengukuran paparan radiasi gamma saat Source ^{137}Cs 100 mCi ditempatkan ditengah bejana proses, dan ditempatkan sampel batubara secara penuh, pengukuran dilakukan pada masing masing detektor gamma (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K), hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Pengukuran paparan radiasi gamma saat Source ^{137}Cs 100 mCi ditempatkan ditengah bejana proses dan berisi penuh sample batubara

Posisi Detektor	Paparan radiasi yang diterima detektor	Keluaran signal analog detektor
A	32 $\mu\text{Sv/h}$	1,92 Volt
B	33 $\mu\text{Sv/h}$	1,96 Volt
C	45 $\mu\text{Sv/h}$	2,43 Volt
D	41 $\mu\text{Sv/h}$	2,18 Volt
E	42 $\mu\text{Sv/h}$	2,21 Volt
F	42 $\mu\text{Sv/h}$	2,20 Volt
G	40 $\mu\text{Sv/h}$	2,14 Volt
H	39 $\mu\text{Sv/h}$	2,12 Volt
I	38 $\mu\text{Sv/h}$	2,09 Volt
J	38 $\mu\text{Sv/h}$	2,08 Volt
K	36 $\mu\text{Sv/h}$	2,02 Volt
L	35 $\mu\text{Sv/h}$	1,98 Volt



Dari tabel 1 dan tabel 2 didapat bahwa background intensitas paparan lingkungan disekitar sistem deteksi rata rata 0,09 $\mu\text{Sv/h}$ dan intensitas paparan pada saat sumber gamma ^{137}Cs 100 mCi ditempatkan ditengah bejana proses tanpa penghalang material proses, rata rata intensitas paparan detektor 107 $\mu\text{Sv/h}$, hal tersebut masih terlampau besar, sehingga personil yang akan bekerja untuk kalibrasi hanya mempunyai waktu yang pendek sekitar 2 jam perhari (persyaratan pekerja radiasi 25 $\mu\text{Sv/h}$) , agar personil dapat bekerja lebih dari 8 jam perhari, maka intensitas radiasi yang diterima detektor harus diolah menjadi sekitar 25 $\mu\text{Sv/h}$ atau sekitar 15 $\mu\text{Sv/h}$ yaitu dengan mensheild sumber gamma ^{137}Cs 100 mCi menggunakan lapisan Pb setebal 26 mm (3 x HVL).

6. KESIMPULAN

Dalam hal aspek keselamatan pekerja radiasi dan untuk menyempurnakan perkhayasaan sistem pencitraan material didalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma diperlukan pengurangan paparan radiasi yang diterima detektor dari 107 $\mu\text{Sv/h}$ menjadi 15 $\mu\text{Sv/h}$ yaitu dengan mensheild sumber gamma ^{137}Cs 100 mCi menggunakan lapisan Pb setebal 26 mm (3 x HVL).

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] IAEA (*International Atomic Energy Agency*) 1965, Radioisotope Instruments in Industry and Geophysic, Viena.
- [2] Rony Djokorayono, Sistem monitoring material clogging pada reaktor low linear density polyethylene dengan radiasi gamma (Journal Perangkat Nuklir volume 01, Nomor 01, Mei 2007), Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, PUSPIPTEK-SERPONG.

TANYA JAWAB

Pertanyaan:



1. Biasanya reaktor kimia di petrokimia selalu dilengkapi dengan pengaduk.
Bagaimana cara menenpatkan sumber ditengah reaktor? (BAMBANG GALUNG SUSANTO)
2. Sumber dipasang ditengah reaktor yang tidak menggunakan pengaduk? (DEMON HANDOYO)
3. Apakah diperlukan penggunaan kolimator radial (bukan aksial) pada detektor untuk mengantisipasi hamburan? (KRISTEDJO KURNIANTO)

Jawaban:

1. Perhitungan yang digunakan untuk menentukan jumlah detektor yang digunakan
2. Makin rapat makin baik, tetapi optimalnya untuk reaktor 12 m adalah 12 buah
3. Sebaiknya menggunakan kolimator