

## PEREKAYASAAN SISTEM PENCITRAAN MATERIAL DI DALAM REAKTOR PETROKIMIA DENGAN TEKNIK SERAPAN SINAR GAMMA

Rony Djokorayono, Indarzah MP, Usep SG.  
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) – BATAN  
Email : Ronyd@batan.go.id

### ABSTRAK

*PEREKAYASAAN SISTEM PENCITRAAN MATERIAL DI DALAM REAKTOR PETROKIMIA DENGAN TEKNIK SERAPAN SINAR GAMMA, Formasi material yang terdapat di dalam reaktor petrokimia terdiri 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/dm<sup>3</sup> sampai 1200 gr/dm<sup>3</sup>, 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 di dalam reaktor. Metoda teknik nuklir dapat menggambarkan kondisi material di dalam reaktor hanya dengan menempelkan beberapa detektor gamma di luar dinding reaktor serta menempatkan sebuah sumber gamma di tengah reaktor. Telah dirancang prototip sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma yang tersusun dari sumber radiasi gamma <sup>137</sup>Cs yang ditempatkan di tengah reaktor. Pancaran radiasi gamma 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 fluktuasi material yang terdapat di dalam reaktor. Hasil pengukuran dari ke duabelas detektor, oleh komputer akan diolah untuk memberikan informasi dinamis keadaan material di dalam reaktor dengan profil tampilan monitor hasil pengukuran berbentuk topografi dua dimensi.*

*Kata kunci : Pencitraan, 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/dm<sup>3</sup> to 1200 gr/dm<sup>3</sup>, 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 application 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 <sup>137</sup>Cs 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 <sup>137</sup>Cs 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 in the petrochemical reactor*

## 1. PENDAHULUAN

Pada awalnya Industri Petrokimia 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 di dalam 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 karena proses pabrik harus terhenti.

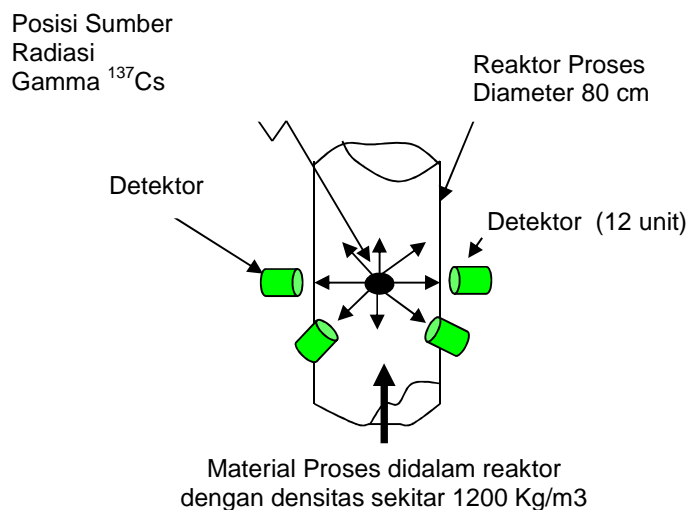
Teknik serapan radiasi gamma memberi jalan keluar untuk mendeteksi penggumpalan material di dalam reaktor dan dapat diterapkan secara akurat untuk mendeteksi penggumpalan material serta dalam pemasangannya tidak tergantung terhadap tekanan dan temperatur di dalam reaktor. Instalasinya tidak mengganggu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

Intensitas radiasi gamma yang diterima oleh detektor di luar 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 di luar dinding reaktor, maka posisi detektor dengan detektor yang lain berbeda  $30^\circ$ , intensitas yang diterima oleh masing-masing detektor digambarkan pada layar komputer berupa topografi dua dimensi.

Sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma disusun dari sumber radiasi gamma  $^{137}\text{Cs}$  yang ditempatkan di tengah reaktor sesuai referensi<sup>[2]</sup>, dua belas sistem deteksi yang dilengkapi *transmitter sinyal* ditempatkan di luar dinding reaktor, data logger dan komputer topografi yang ditempatkan jauh dari sistem deteksi, serta perangkat lunak.

### 1.1. TEORI

Prinsip dasar prototip sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma dilakukan dengan mengukur intensitas radiasi gamma yang diserap material di dalam reaktor proses, yang dijelaskan pada gambar 1. berikut :



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

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

Intensitas radiasi yang diterima detektor akan memenuhi referensi [1],[2] dengan persamaan 1).

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

dimana

$N_0$  = Intensitas radiasi Sumber  $^{137}\text{Cs}$  sebelum diabsorpsi material proses

$\mu$  = koefisien absorpsi massa

$\rho$  = densitas material yang dilalui berkas radiasi gamma

$x$  = tebal lapisan yang dilalui berkas radiasi gamma

Untuk kasus sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma referensi [3], dimana intensitas radiasi gamma yang diterima detektor, akan memenuhi persamaan 2) sebagai berikut :

$$N = N_0 e^{-(\mu_1 \rho_1 x_1 + \mu_2 \rho_2 x_2)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana

$\mu_1$  = koefisien absorpsi massa dinding reaktor proses setebal  $X_1$

$\mu_2$  = 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 di dalam reaktor

$\rho_1$  = densitas dinding reaktor

$\rho_2$  = densitas material proses di dalam reaktor

karena tebal dan material dinding reaktor tetap sehingga  $\mu_1$ ,  $X_1$ ,  $\rho_1$ , dianggap konstan, dengan demikian intensitas radiasi yang diterima oleh detektor dapat dinyatakan dengan persamaan (3), (4) berikut

$$N = N_0 e^{-(K_1 + (\mu_2 \rho_2 X_2))} \dots\dots\dots (3)$$

$$N = N_0 A e^{-\mu_2 \rho_2 X_2} \dots\dots\dots (4)$$

Intensitas yang dihasilkan oleh detektor akan memenuhi persamaan 5 )

$$N = N_0 A e^{-\mu_2 \rho_2 X_2} \dots\dots\dots (5)$$

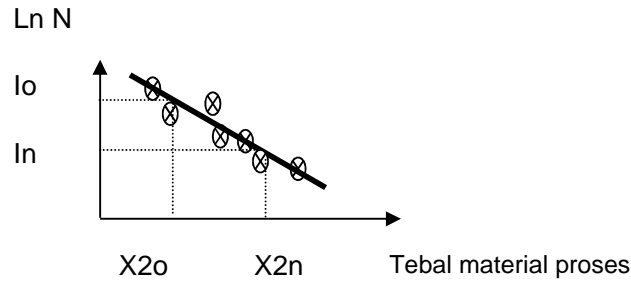
Perubahan intensitas keluaran detektor akibat perubahan densitas material proses akan memenuhi persamaan 6 )

$$\ln N = \ln ( N_0 A ) - (\mu_2 \rho_2 X_2) \dots\dots\dots (6)$$

Bila  $N_0 A$ ,  $\mu_2$ ,  $\rho_2$  dianggap konstan maka perubahan arus keluaran detektor akibat perubahan tebal material proses menjadi :

$$d ( \ln N ) = - d ( X_2 ) \dots\dots\dots (7)$$

grafik pengukuran dapat dilihat pada gambar 2.

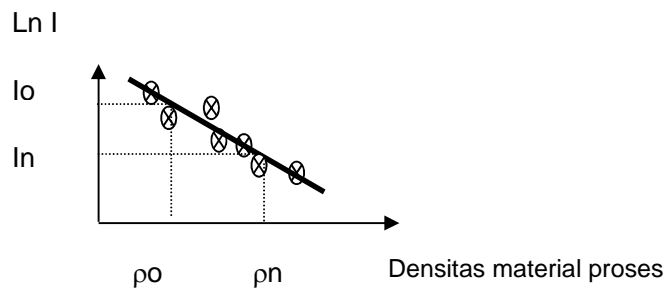


Gambar 2. Intensitas Keluaran detektor vs tebal material proses

Bila  $N_0A$ ,  $\mu_2$ ,  $X_2$  dianggap konstan maka perubahan arus keluaran detektor akibat perubahan densitas material proses menjadi :

$$d(\ln N) = -d(\rho_2) \dots\dots\dots(7)$$

grafik pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Intensitas Keluaran detektor vs densitas material proses

## 2. METODOLOGI

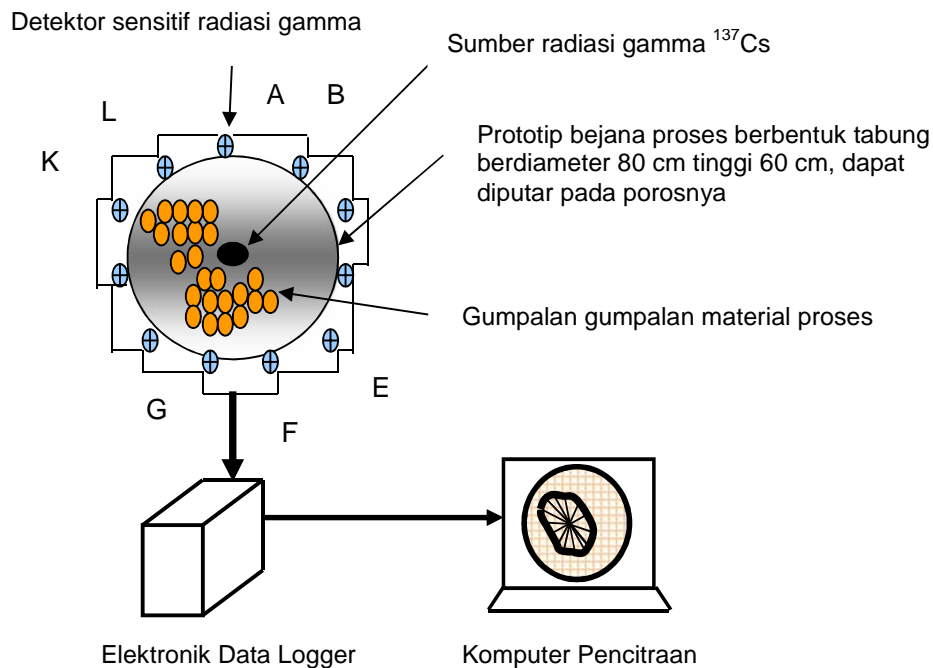
Cara dalam melakukan percobaan untuk membuat prototip sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma diantaranya dengan menyiapkan sebuah prototipe reaktor berupa bejana proses berdiameter 80 cm, tinggi 60 cm, bejana tersebut dapat diputar dengan kecepatan tertentu. Sedangkan di tengah bejana ditempatkan sebuah sumber radioaktif  $^{137}\text{Cs}$  beraktifitas 100 mCi, di luar bejana ditempatkan 12 detektor sensitif gamma dengan posisi antara satu detektor dengan detektor yang lain berdeda  $30^\circ$ . Keluaran sinyal dari masing-masing detektor dihubungkan ke masukan elektronik data logger dan keluaran elektronik data logger dihubungkan ke komputer pencitraan melalui komunikasi serial RS-232 atau USB. Data hasil pengukuran tiap detektor oleh komputer pencitraan dimasukan ke dua belas slot memori 16 bit, dimana data yang telah tersimpan di dalam memori diolah oleh komputer pencitraan dan ditampilkan ke layar monitor dengan tampilan topografi dua dimensi.

Sampel ditempatkan disekeliling bejana proses. Pada percobaan ini dipilih sampel yang mudah dibentuk, seperti batubara dengan densitas sekitar  $1200 \text{ gr/dm}^3$ . Kemasan sampel dibentuk sesuai keinginan, dapat berbentuk bola benjol atau bintang, dari hasil pengolahan sistem pencitraan pada tampilan komputer juga harus mengikuti bentuk sampel yang terdapat di dalam bejana, dan bila bejana diputar, tampilan komputer juga harus dapat mengikuti pola sampel yang terdapat di dalam 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 di dalam 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.

## 2.1. BLOK SISTEM PENCITRAAN MATERIAL DI DALAM REAKTOR PETROKIMIA

Blok sistem pencitraan material di dalam 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.



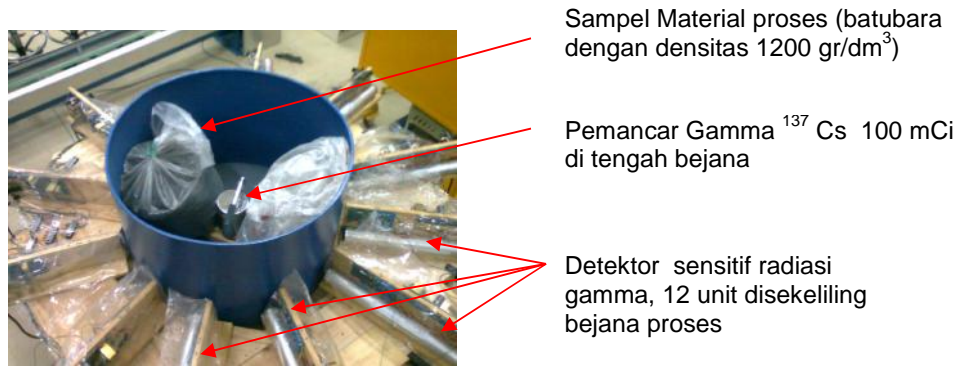
Gambar 4. Blok sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia

Prinsip kerjanya, pemancar gamma  $^{137}\text{Cs}$  yang terdapat di tengah bejana memancarkan radiasi gamma kearah dinding bejana. Sedangkan radiasinya sebagian terserap oleh material proses yang terdapat disekeliling pemancar gamma sampai dinding bejana. Intensitas radiasi setelah diabsorpsi oleh material kemudian diterima oleh dua belas detektor gamma (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L) yang terdapat di luar dinding bejana. Dari hasil pengukuran, masing-masing detektor gamma mengeluarkan sinyal analog kemudian sinyal analog diumpankan ke elektronik data logger, kemudian oleh elektronik data logger sinyal-sinyal analog tersebut dikonversi menjadi data digital dengan kecepatan konversi masing masing sinyal sebesar 30  $\mu\text{sec}$ . Setelah terkumpul data digital ditransmisikan ke komputer pencitraan melalui komunikasi serial RS-232 dengan kecepatan 9600 bps dan data digital oleh komputer pencitraan dimasukan ke dalam dua belas lokasi memory data (16 bit), kemudian data dipetakan sesuai dengan masing-masing posisi detektor (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L), kemudian diolah melalui perhitungan koordinat dan ditampilkan ke monitor komputer pencitraan dalam bentuk tampilan topografi dua dimensi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan perancangan sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma yaitu terealisasinya rancang bangun dan perancangan dua belas unit subsistem deteksi, satu unit elektronik data logger, satu unit komputer pencitraan dan *software* beberapa tampilan topografi hasil deteksi dengan berbagai bentuk sampel.

Hasil kegiatannya dapat di gambarkan dengan penjelasan sebagai berikut :



Gambar 5. Blok sistem deteksi, perangkat pencitraan yang dilengkapi dengan sampel batubara



Gambar 6. Blok sistem elektronik data logger dan tampilan topografi di komputer pencitraan



Gambar 7. Bejana proses berisi sampel 1 dan bentuk tampilan topografinya di komputer pencitraan

BENTUK SAMPEL 2  
DI BEJANA PROSES



HASIL TAMPILAN TOPOGRAFI SAMPEL 2  
DI KOMPUTER PENCITRAAN

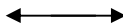


Gambar 8. Bejana proses berisi sampel 2 dan bentuk tampilan topografinya di komputer pencitraan

BENTUK SAMPEL 3  
DI BEJANA PROSES



HASIL TAMPILAN TOPOGRAFI SAMPEL 3  
DI KOMPUTER PENCITRAAN

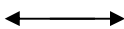


Gambar 9. Bejana proses berisi sampel 3 dan bentuk tampilan topografinya di komputer pencitraan

BENTUK SAMPEL 4  
DI BEJANA PROSES



HASIL TAMPILAN TOPOGRAFI SAMPEL 4  
DI KOMPUTER PENCITRAAN



Gambar 10. Bejana proses berisi sampel 4 dan bentuk tampilan topografinya di komputer pencitraan

JIKA TIDAK TERDAPAT PEMANCAR GAMMA  $^{137}\text{Cs}$  DI TENGAH BEJANA PROSES MAKA TAMPILAN TOPOGRAFI DI KOMPUTER PENCITRAAN SEPERTI PADA GAMBAR



Gambar 11. Bejana proses berisi sample, tanpa pemancar gamma dan bentuk tampilan topografinya di komputer pencitraan

JIKA TIDAK TERDAPAT SAMPLE DI TENGAH BEJANA PROSES MAKA TAMPILAN TOPOGRAFI DI KOMPUTER PENCITRAAN SEPERTI PADA GAMBAR



Gambar 12. Bejana proses tidak berisi sample, pemancar gamma open dan bentuk tampilan topografinya di komputer pencitraan

Pengukuran paparan radiasi gamma saat sumber radiasi  $^{137}\text{Cs}$  100 mCi berkontainer Pb ditempatkan di tengah bejana proses, bejana proses tidak berisi material, 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

Tabel 1. Pengukuran paparan radiasi gamma di posisi detektor, saat Source  $^{137}\text{Cs}$  100 mCi berkontainer Pb diletakan pada bejana proses, dimana bejana kosong tanpa material proses.

Posisi Detektor	Paparan Radiasi background	Paparan radiasi yang diterima detektor Saat Source di tengah bejana proses	Keluaran sinyal analog detektor
A	0,09 $\mu\text{Sv/h}$	10,3 $\mu\text{Sv/h}$	5,38 Volt
B	0,09 $\mu\text{Sv/h}$	10,5 $\mu\text{Sv/h}$	5,40 Volt
C	0,08 $\mu\text{Sv/h}$	12,5 $\mu\text{Sv/h}$	5,88 Volt
D	0,09 $\mu\text{Sv/h}$	11,5 $\mu\text{Sv/h}$	5,68 Volt
E	0,087 $\mu\text{Sv/h}$	11,6 $\mu\text{Sv/h}$	5,72 Volt
F	0,09 $\mu\text{Sv/h}$	11,5 $\mu\text{Sv/h}$	5,68 Volt
G	0,09 $\mu\text{Sv/h}$	11,0 $\mu\text{Sv/h}$	5,53 Volt
H	0,08 $\mu\text{Sv/h}$	10,7 $\mu\text{Sv/h}$	5,50 Volt
I	0,08 $\mu\text{Sv/h}$	10,6 $\mu\text{Sv/h}$	5,46 Volt
J	0,08 $\mu\text{Sv/h}$	10,6 $\mu\text{Sv/h}$	5,46 Volt
K	0,08 $\mu\text{Sv/h}$	10,5 $\mu\text{Sv/h}$	5,41 Volt
L	0,09 $\mu\text{Sv/h}$	10,4 $\mu\text{Sv/h}$	5,39 Volt

Pengukuran paparan radiasi gamma saat sumber radiasi  $^{137}\text{Cs}$  100 mCi berkontainer Pb ditempatkan di tengah 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  $^{137}\text{Cs}$  100 mCi Berkontainer Pb ditempatkan di tengah bejana proses dan bejana proses berisi penuh sampel batubara

Posisi Detektor	Paparan radiasi yang diterima detektor Saat Source di tengah bejana proses	Keluaran sinyal analog detektor
A	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	1,92 Volt
B	1,3 $\mu\text{Sv/h}$	1,96 Volt
C	1,5 $\mu\text{Sv/h}$	2,43 Volt
D	1,3 $\mu\text{Sv/h}$	2,18 Volt
E	1,4 $\mu\text{Sv/h}$	2,21 Volt
F	1,4 $\mu\text{Sv/h}$	2,20 Volt
G	1,3 $\mu\text{Sv/h}$	2,14 Volt
H	1,3 $\mu\text{Sv/h}$	2,12 Volt
I	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	2,09 Volt
J	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	2,08 Volt
K	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	2,02 Volt
L	1,2 $\mu\text{Sv/h}$	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  $^{137}\text{Cs}$  100 mCi ditempatkan di tengah bejana proses tanpa penghalang material proses, rata-rata intensitas paparan detektor 10,7  $\mu\text{Sv/h}$ , sedangkan bila terisi penuh material proses dimana digunakan sampel batubara maka paparan rata rata pada detektor sekitar 1,3  $\mu\text{Sv/h}$  dengan output tegangan rata rata 2,04 Volt.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan sistem pencitraan material di dalam reaktor petrokimia dengan teknik serapan sinar gamma dapat membedakan antara tidak ada material di dalam reaktor dengan material penuh berisi *sample* batubara, sebesar 9,0  $\mu\text{Sv/h}$  atau 3,20 Volt dc, sedangkan bila bejana proses hanya berisi material sebagian (tidak penuh) maka intensitas yang diterima oleh detektor berkisar antara 1,20  $\mu\text{Sv/h}$  (1,92 Volt) sampai 10,7  $\mu\text{Sv/h}$  (5,88 Volt) atau mengikuti secara proporsional tergantung dari ketebalan material proses. Hasil tampilan proses pencitraan dapat menggambarkan kondisi kerapatan atau ketebalan material di dalam bejana proses yang digambarkan dengan tampilan topografi dua dimensi pada komputer pencitraan. Sedangkan kerapatan titik pengukuran antar detektor mempunyai ketelitian radius 30 derajat.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] IAEA (International Atomic Energy Agency), *Radioisotope Instruments in Industry and Geophysic*, Viena, 1965.
- [2] DJOKORAYONO RONY, *Sistem monitoring material clogging pada reaktor low linear density polyethylene dengan radiasi gamma*, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Batan Puspiptek Serpong, Journal Perangkat Nuklir volume 01, Nomor 01, Mei 2007.
- [3] B.D.SOWERY, *On-line Nuclear Techniques in the Coal industry*, Division of Mineral and Process Engineering, Commonwealth Scientific and Industrial research organization, NSW 2234, Australia, 27 February 1991.