

## PEMETAAN LAJU DOSIS RADIASI MENGGUNAKAN TLD-100 DI PABRIK SEMEN

Alwis Abbas dan Aprileni  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

### Abstrak

Telah dilakukan pemetaan laju dosis radiasi di pabrik semen dengan sumber radiasi buatan (Sinar-X) dan alam. Pemetaan laju dosis radiasi masing-masing dilakukan di tiga tempat, yaitu pada radiasi buatan (Sinar-X) pemetaan dilakukan di ruangan CCR, On stream 1 dan On stream 2 sedangkan pada sumber radiasi alam pemetaan dilakukan di daerah storage, cement mill dan silo cement. Pemetaan dilakukan dengan cara memasang TLD-100 pada masing-masing ruangan dari 2 hingga 5 titik pemasangan, radiasi buatan (Sinar-X) pada ruangan CCR dilakukan pemasangan selama 17 hari dan pada ruangan On Stream dilakukan pemasangan selama 19 hari sedangkan pada radiasi alam dilakukan pemasangan selama satu bulan. Laju dosis radiasi buatan (Sinar-X) terbesar pada masing-masing ruangan terletak pada ruangan CCR di belakang pesawat Sinar-X sebesar 0,167 mSv/17 hari dan ruangan on stream 1 di samping pesawat Sinar-X sebesar 0,101 mSv/19 hari. Laju dosis radiasi alam terbesar pada masing-masing daerah terletak pada storage pasir besi sebesar 0,117 mSv/bulan, daerah cement mill 3 sebesar 0,141 mSv/bulan dan silo cement 2 sebesar 0,109 mSv/bulan. Menurut Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) tingkat radiasi buatan (Sinar-X) maupun alam masih dikategorikan daerah pengawasan dengan tingkat radiasi sangat rendah.

Kata kunci: dosis radiasi, radiasi alam, sinar-X,

### Abstract

The research about mapping of radiation dose in cement factory using X-Ray and nature radiation has been done. It is done in three places. First, it is done in CCR room, on stream 1 and on stream 2 where as the source of nature radiation. It is done in storage area, cement mill and cement silo. Mapping is done by assembling TLD-100 to each room 2 to 5 assembling points where artificial radiation (X-ray) in CCR room is assembled during 17 days and on stream room is assembled during 19 days where as on nature radiation is assembled during one month. The largest artificial dosage radiation (X-ray) to each room situated to CCR room at the back of X-ray plane approximately 0,167 mSv/17 days and on stream 1 beside X-ray plane approximately 0,101 mSv/19 days. The largest nature radiation dosage to each area situated to iron sand storage approximately 0,117 mSv/month, cement mill 3 area is 0,141 mSv/month and cement silo 2 is 0,109 mSv/month. According to Nuclear Controlling Committee (BAPETEN) the level of artificial radiation (X-ray) and nature radiation is still categorized as controlling area with very low level radiation.

Keywords: radiation doses, X-Rays, nature radiation.

### 1. Pendahuluan

Radiasi seringkali merupakan kata yang menakutkan bagi setiap orang. Bagi mereka perkataan "radiasi" sering diasosiasikan dengan hal-hal yang mengerikan seperti leukimia, kanker, kemandulan, penyakit keturunan dan bahkan kematian. Tetapi kita tidak bisa menghindari dari radiasi, karena disadari atau tidak alam dan ekosistem serta manusia di dalamnya akan selalu terkena radiasi setiap saatnya. Kulit bumi, batuan dan air juga mengandung radiasi.

Manusia menerima radiasi sebagian besar berasal dari radiasi alam, hanya sebagian kecil yang berasal dari buatan manusia. UNSCEAR (1982) menyatakan sekitar 70 % radiasi berasal dari alam dan sekitar 30 % radiasi berasal dari buatan. Dari radiasi alam yang 70 % ini sekitar 80 % berasal dari radon dan luruhannya.

Pabrik semen selain menghasilkan *sement portland*, juga menghasilkan limbah gas dan debu yang dapat mencemari lingkungan. Semen merupakan salah satu komponen utama ( $\pm 50\%$ ) dari material bangunan yang digunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Bahan baku yang dipakai

di pabrik semen adalah batu kapur, tanah liat, batu silika, pasir besi dan gypsum sedangkan bahan bakar yang digunakan berupa batu bara dan minyak bakar.

Penggalian bahan-bahan tambang di dalam perut bumi dapat meningkatkan penyinaran radiasi baik secara eksternal maupun internal kepada pekerja dan masyarakat di sekitar daerah kerja, hal ini karena radionuklida-radionuklida alam yang ada pada tambang itu ikut tergali. Sumber radiasi alam yang berasal dari bumi terdiri dari unsur-unsur radioaktif yang disebut radionuklida primordial, radionuklida itu umumnya berasal dari U-238, Th-232, beserta hasil-hasil luruhannya.

Radiasi yang dipancarkan oleh radionuklida tidak dapat dilihat, akan tetapi sangat berbahaya karena radioaktivitasnya dapat menimbulkan kerusakan pada jaringan tubuh manusia di lingkungan sekitarnya. Agar para pekerja berupaya untuk mengontrol dan menjamin keamanan serta keselamatan dari bahaya radiasi, maka perlu dilakukan pemetaan laju dosis radiasi menggunakan dosimeter thermoluminesensi jenis 100 di sekitar pabrik semen.

Pemetaan laju dosis radiasi menggunakan dosimeter thermoluminesensi-100 (TLD-100) pernah dilakukan di RS. Fatmawati Jakarta yaitu pada ruangan radiodiagnostik dan hasil penelitian menunjukkan bahwa TLD-100 mampu mendeteksi variasi tingkat radiasi sangat rendah hingga tinggi di dalam suatu ruangan. Oleh karena itu, kegiatan pemetaan laju dosis radiasi dapat juga dilakukan di industri-industri seperti industri semen, sehingga para pekerja dapat mengetahui besar radiasi yang dilepaskan pabrik dan diterima para pekerja selama berada pada lingkungan pabrik semen tersebut. Makalah ini memaparkan tentang besarnya dosis radiasi yang diterima oleh pabrik, sumber-sumber radiasi yang berasal dari pabrik semen dan tindakan-tindakan yang dapat mengurangi dosis radiasi apabila hasil pengukuran dosis radiasinya melewati nilai batas dosis yang direkomendasikan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

## 2. Metode

### 2.1 Bahan dan Peralatan

1. Dosimeter thermoluminesensi TLD-100  $^7\text{LiF}$  Harshaw berbentuk chip sebanyak 60 buah.
2. Mangkok plastik dan isolasi plastik untuk membungkus dan menempelkan TLD.
3. Alat baca TLD (TLD Reader) Model 2000 A dan B buatan Harshaw.
4. Gas Nitrogen ( $\text{N}_2$ ) kering.
5. Pesawat Irradiasi B-Arnon 6527 dengan sumber radiasi Sr-90.

### 2.2 Seleksi TLD

Semua chip TLD-100 dibersihkan dari respons radiasi latar (*annealing process*) agar semua elektron dalam bahan TLD berada dalam keadaan dasar dan TLD tidak menyimpan respons radiasi sama sekali. Pembersihan respons ini dilakukan dengan cara pemanasan TLD di dalam oven pemanas pada suhu  $400\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1 jam, dilanjutkan  $200\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Selanjutnya TLD didinginkan pada suhu kamar. Meskipun TLD yang sudah dibersihkan ini memiliki bentuk yang sama dan dibuat dari bahan yang sama oleh pabrik yang sama pula, kepekaan TLD terhadap radiasi belum tentu sama. Oleh sebab itu, diperlukan proses seleksi lebih lanjut untuk mengelompokkan TLD -TLD tersebut ke dalam beberapa kelompok yang kepekaannya terhadap radiasi dalam satu kelompok tersebut relatif sama.

Untuk keperluan pengelompokan berdasarkan kepekaan tadi, semua chip TLD-100 disinari radiasi gamma dari sumber Sr-90 dengan nilai penyinaran sebesar 10 mSv. Hasil bacaan intensitas thermoluminesensi (TL) pada TLD karena penyerapan energi radiasi tadi selanjutnya dibaca dengan Alat baca TLD (TLD Reader) Model 2000 A dan B buatan Harshaw. Hasil bacaan respons ini selanjutnya dapat dipakai untuk mengetahui kepekaan (S) masing-masing TLD terhadap radiasi gamma. Dalam hal ini, kepekaan TLD terhadap radiasi didefinisikan sebagai perbandingan antara intensitas TL dan dosis radiasi yang diterima ( $S=TL/dosis$ ). Karena alat baca memberikan data hasil pembacaan intensitas TL dengan satuan muatan listrik nano Coulomb (nC) dan dosis yang diberikan dalam orde mili Sievert (mSv), maka satuan dari S adalah nC/mSv. Seleksi TLD dilakukan didasarkan pada hasil perhitungan kepekaan untuk masing-masing TLD. Dipilih dan dikelompokkan TLD-TLD yang simpangannya tidak lebih dari 5 %.

### 2.3 Pemetaan Laju Dosis

Pemetaan laju dosis radiasi dilakukan dengan cara menempelkan TLD-100 pada posisi titik yang dipetakan dengan menggunakan isolasi plastik pada sumber radiasi buatan (Sinar-X) sedangkan pada radiasi alam TLD-100 ditempelkan didekat tutup mangkok kemudian digantung dengan jarak  $\pm 2$  m dari langit-langit ruangan selama 30 hari. Pemetaan radiasi ini di beberapa titik dimaksudkan untuk mengetahui tingkat radiasi buatan (Sinar-X) dan alam pada pabrik semen. Seluruh TLD-100 yang telah

selesai pemasangannya menjalani proses selanjutnya berupa pembacaan intensitas TL dari penyinaran radiasi yang diterima selama masa pengukuran. Pembacaan intensitas TL dengan TLD-Reader dilakukan dengan kondisi pembacaan sebagai berikut :

1. Temperature rendah ( $t_1$ ) pada posisi 100 °C.
2. Temperature tinggi ( $t_2$ ) pada posisi 250 °C.
3. Waktu pembacaan 30 detik.
4. Alat dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi (HV) 140 kV.
5. Selama proses pembacaan ke dalam alat dialirkan gas nitrogen ( $N_2$ ) kering dengan laju 20 ml/s.

Pembacaan intensitas TL dilakukan sebanyak dua kali untuk setiap chip. Bacaan pertama merupakan bacaan intensitas total, sedangkan bacaan kedua merupakan bacaan intensitas TL latar. Intensitas TL bersih merupakan hasil pengurangan intensitas TL latar terhadap intensitas TL total. Dosis radiasi akumulasi (D) dari beberapa kali penyinaran diskrit yang diterima TLD selama proses pemantauan dapat dihitung melalui perkalian antara intensitas TL bersih dan faktor kalibrasi (FK) TLD terhadap sinar-X. ( $D = TL \times FK$ ). Faktor kalibrasi TLD dapat didefinisikan sebagai sepekerpekaan ( $FK = 1 / S$ ) dengan satuan untuk FK yaitu mSv/nC.

Dalam penelitian ini digunakan dua kelompok TLD yang kepekaannya sedikit berbeda untuk masing-masing kelompok. Karena perbedaan kepekaan ini, maka untuk keperluan evaluasi dosis radiasi digunakan dua macam nilai FK, bergantung pada hasil pengelompokan. Kedua nilai FK tersebut masing-masing adalah 0,487 dan 0,416 mSv/nC.

### 3. Hasil dan Diskusi

Hasil pemetaan laju dosis radiasi buatan (Sinar-X) dapat ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan bahwa laju dosis radiasi untuk setiap posisi TLD bervariasi dari 1,064 mSv/tahun hingga 3,508 mSv/tahun. Dari data tampak terlihat bahwa dosis terbesar terletak di belakang pesawat Sinar-X pada ruangan CCR, hal ini mengindikasikan bahwa dosis radiasi hamburan cukup besar dan harus mendapatkan perhatian khusus bagi para pekerja. Sangat tidak dianjurkan seseorang berada di titik tersebut jika tidak sangat diperlukan.

Tabel 1. Data hasil pemetaan tingkat radiasi buatan (Sinar-X) di pabrik semen.

No	Lokasi	Posisi TLD	Dosis Akumulasi	
			MSv/ bulan	mSv/tahun
1.	Ruangan CCR	Di samping Sinar-X	0,085*	1,785
		Di belakang Sinar-X	0,167*	3,508
2.	Ruangan On Stream 1	Di depan Sinar-X	0,065**	1,235
		Di samping Sinar-X	0,101**	1,919
3.	Ruangan On Stream 2	Di depan Sinar-X	0,056**	1,064
		Di samping Sinar-X	0,075**	1,425

Ket : \* pemetaan 17 hari

\*\* pemetaan 19 hari

Meskipun dosis radiasi yang diterima pekerja sangat kecil, tetapi konsep ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) tetap harus dipertahankan. Dengan informasi tingkat radiasi ini, setiap pekerja mampu mengatur waktu keberadaannya di sekitar sumber radiasi, menghindari sumber radiasi jika tidak perlu dan mencari posisi yang aman dari sumber radiasi dalam menjalankan tugasnya. Hal yang sangat penting agar setiap pekerja memahami proteksi radiasi adalah adanya informasi yang jelas mengenai tingkat radiasi pada titik-titik tertentu. Oleh sebab itu, adanya pemetaan tingkat radiasi di tempat kerja akan sangat banyak membantu setiap pekerja radiasi dalam upaya membatasi penerimaan dosis radiasi selama menjalankan tugas di sumber radiasi.

Hasil pemetaan laju dosis radiasi alam dapat ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan bahwa laju dosis radiasi untuk setiap posisi TLD bervariasi dari 0,768 mSv/tahun hingga 1,404 mSv/tahun. Dari data tampak terlihat bahwa dosis terbesar terletak pada daerah storage pasir besi. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar radionuklida alam pada storage pasir besi lebih tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. Oleh sebab itu perlu dikaji lebih lanjut mengenai pengukuran kadar radionuklida alam, misalnya pengukuran konsentrasi Ra-226, Th-228 dan K-40.

Tabel 2. Data hasil pemetaan tingkat radiasi alam pabrik semen

No	Lokasi	Posisi TLD	Dosis Akumulasi	
			MSv/ bulan	mSv/tahun
1	Storage	Di depan gypsum	0,065	0,780
		Di belakang gypsum	0,104	1,248
		Batu kapur	0,069	0,828
		Batu silica	0,104	1,248
		Pasir Besi	0,117	1,404
2	Cement Mill	Cement mill 1	0,067	0,804
		Cement mill 2	0,094	1,128
		Cement mill 3	0,141	1,692
3	Silo Cement	Silo cement 1	0,064	0,768
		Silo cement 2	0,109	1,308
		Silo cement 3	0,089	1,068
		Silo cement 4	0,095	1,140

Pada radiasi alam nilai batas dosis yang diterima pekerja tidak diperhitungkan. Hal ini disebabkan karena radiasi alam merupakan radiasi yang sudah ada sejak alam ini terbentuk, sehingga setiap manusia selalu menerima radiasi baik di lingkungan kerja maupun di rumah.

Meskipun sumber radiasi alam tidak mempunyai nilai batas dosis, tetapi konsep ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) tetap harus dipertahankan. Dengan adanya tingkat radiasi ini, setiap pekerja mampu mengatur waktu keberadaannya di sekitar sumber radiasi, menghindari sumber radiasi jika tidak perlu, mencari posisi yang aman dari sumber radiasi dan sebaiknya para pekerja menggunakan masker dalam menjalankan tugasnya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemetaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dosis akumulasi pada radiasi buatan (Sinar-X) berkisar antara 1,064 mSv/ tahun hingga 3,508 mSv/tahun. Jika dibandingkan dengan nilai batas dosis yang diizinkan, hasil pemetaan yang diperoleh masih dibawah nilai batas dosis yang telah ditetapkan.
2. Dosis akumulasi tertinggi pada radiasi buatan (Sinar-X) terletak di bagian belakang pesawat Sinar-X pada ruangan CCR (*Central Control Room*) sebesar 3,508 mSv/tahun. Namun demikian, sangat tidak dianjurkan seseorang berada di titik tersebut jika tidak sangat diperlukan.
3. Dosis akumulasi pada radiasi alam berkisar antara 0,768 mSv/tahun hingga 1,692 mSv/tahun. Daerah ini merupakan daerah pengawasan dengan tingkat radiasi sangat rendah.
4. Dosis akumulasi tertinggi pada radiasi alam terletak pada storage pasir besi sebesar 1,692 mSv/tahun. Untuk itu perlu dikaji lebih lanjut mengenai pengukuran kadar radionuklida alam seperti Ra-226, Th-228 dan K-40.
5. Meskipun tergolong radiasi buatan (Sinar-X) sangat rendah sebaiknya para pekerja tetap menerapkan konsep ALARA yaitu melakukan pengaturan waktu ketika berada di sumber radiasi, mengatur jarak dengan sumber radiasi atau menghindari titik-titik dengan tingkat radiasi tinggi sewaktu pesawat Sinar-X dioperasikan.

#### Daftar Pustaka

- Akhadi, M., 2000, *Dasar-Dasar Proteksi Radiasi*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Alatas, Z., 2004, *Pengkajian Kasus Sindroma Radiasi Akut*, Buletin Alara 6:2, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir, BATAN, Jakarta.
- UNSCEAR, 1982, *Technology Modified Exposure to Natural Radiation*, United Nation Scientific Committe on The Effects of Atomic Radiations, Vienna.
- Yulianti, H., dkk., 2001, *Pemetaan Laju Dosis Radiasi di Fasilitas Radiodiagnostik RS. Fatmawati Jakarta*, 6 hlm, <http://www.tempo.co.id/medika/online/tmp.online.old/art-2html>.