

ASPEK KESELAMATAN RADIASI DALAM MONITORING AUS DAN KOROSI DENGAN TEKNIK TLA (*THIN LAYER ACTIVATION*)

Mochamad Rochili
PSJMN - BATAN

Abstrak

ASPEK KESELAMATAN RADIASI DALAM MONITORING AUS DAN KOROSI DENGAN TEKNIK TLA (*THIN LAYER ACTIVATION*), secara perhitungan matematis laju dosis terukur sebesar 0,76 $\mu\text{SV}/\text{jam}$ per meter pada bahan baja(Fe) yang dimonitor aus dan korosinyadengan teknik TLA menunjukkan kondisi yang aman bagi pekerja dan lingkungan. Laju dosis tersebut jauh lebih kecil dari Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan dalam SK Dirjen BATAN No. 031160/DJ/1989, Tentang ketentuan umum proteksi radiasi parameter-parameter yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah besarnya energi partikel proton yang dipercepat kuat arus dan waktu irradiasi bahan.

Abstract

RADIATION SAFETY ASPECT IN WEAR AND CORROSION MONITORING BY MEAN OF THIN LAYER ACTIVATION TECHNIQUE. Theoretically radiation dose of 0.76 $\mu\text{SV}/\text{jam}$ m of steel under wear and corrosion investigation is safe for operator and environment that established by the regulation of the head of National Atomic Energy of Indonesia No. 031160/DJ/1989 The parameters that used for calculation are energy of accelerated photon particles, current and irradiation time.

1. PENDAHULUAN

Proteksi radiasi atau sering juga dikenal dengan sebutan keselamatan radiasi bertujuan memberikan perlindungan kepada seseorang ataupun masyarakat dan lingkungan terhadap kemungkinan memperoleh dampak yang merugikan dari pemanfaatan radiasi pengion TLA yang akan ditumbuh kembangkan di Indonesia. TLA adalah salah satu teknik untuk monitoring aus dan korosi pada bahan konstruksi secara *online* dalam industri kimia, perminyakan dan lain-lain.

2. PROSES PERCEPATAN DAN SISTEM KESELAMATAN SIKLOTRON

Komponen pemercepat adalah dua elektroda yang berbeda fase 180° dalam beda tagangan bolak-balik. Bentuk fisik dari elektroda berupa papan tembaga berbentuk juring yang bersudut 90° dan berongga. Dari arah kedua sisi miringnya ion negatif yang dihasilkan oleh suatu sumber ion akan dipercepat berulang-ulang karena adanya medan listrik bolak-

balik diantara dua elektroda. Lintasan gerak ion akan berupa lingkaran karena medan magnet tegak lurus pada bidang elektroda. Radius lingkaran makin lama makin besar karena kecepatannya bertambah ketika dipercepat dari elektroda satu ke elektroda yang lainnya. Energi ion akhir merupakan akumulasi dari energi saat dipercepat elektroda yang mencapai maksimumkurang lebih pada radius terbesar dari elektroda.

Kemungkinan pelebaran berkas partikel pada *beam line* dijaga oleh lensa kuadrapole dan penyesatan arahnya oleh *steering magnet*. Guna memungkinkan beberapa posisi target dapat diradiasi dalam waktu yang berlainan maka *switching magnet* dipasang untuk dapat mengarahkan berkas ke tujuh posisi.

Pengendalian dan pemantauan dilakukan dari konsul pengendali yang terpisah dengan dinding beton tebal 1.9 meter dari siklotron. Selain itu untuk keselamatan personel dan peralatan maka hubungan antara parameter satu dengan lainnya dikaitkan dalam sistim interlock. Dengan sistim ini maka bahaya

terhadap personel atau peralatan karena kesalahan prosedur operasi atau pemasangan parameter siklotron misalnya tegangan elektroda yang melampaui batas akan dapat dihindari. Pada proses percepatan maupun iradiasi akan timbul radiasi sekeliling. Ada dua macam pemantau radiasi yang ada disekitar pesawat saiklotron yaitu beam line monitor yang akan mendeteksi paparan radiasi gamma yang ditimbulkan akibat iradiasi target. Dengan adanya monitor-monitor tersebut daerah radiasi tinggi selain dari itu operator dapat mengambil langkah-langkah pengamanan bila terjadi sesuatu yang membahayakan.

3. ANALISIS KESELAMATAN RADIASI

Oleh karena radiasi sinar gamma dapat menimbulkan kerusakan pada sel tubuh, maka petugas yang melakukan monitoring aus dan korosi dengan teknik TLA harus mengerti tentang dasar-dasar proteksi radiasi agar supaya standar keselamatan radiasi dapat dipenuhi.

Ketentuan umum proteksi radiasi dalam SK Dirjen BATAN No. 03/ 160/ DJ /1989 telah diatur tentang pembatasan penyinaran dengan cara pembagian daerah kerja, klasifikasi pekerja radiasi, dan pemeriksaan dan pengujian perlengkapan proteksi radiasi.

a). Pembagian Daerah Kerja

1. Daerah Pengawasan.

Yaitu daerah yang memungkinkan seorang menerima dosis radiasi kurang dari 15 mSV (1500 m Rem) dalam satu tahun dan bebas kontaminasi.

2. Daerah Pengendalian.

Yaitu daerah yang memungkinkan seseorang menerima dosis radiasi 15 m SV atau lebih dalam setahun.

b). Metoda Perhitungan Dosis

Salah satu besaran penting yang langsung berhubungan dengan dosis radiasi adalah aktivitas sumber. Besaran ini menyatakan kekuatan sumber radiasi dalam bentuk zat radioaktif yang sebenarnya adalah merupakan jumlah peluruhan yang terjadi di dalam inti persatuan waktu.

Satuan internasional (SI unit) untuk radioaktivitas adalah Baquerel dengan symbol Bq. 1 Bq = 1 dps artinya satu atom radioaktif ditransformasikan dengan satuan detik. Sebelum SI digunakan satuan Ci dipakai sebagai satuan aktivitas sumber dimana :

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq (37 G Bq)}$$

Persyaratan utama dalam proteksi radiasi apabila seseorang nakan bekerja di dalam medan radiasi terlebih dahulu harus mengetahui besarnya laju dosis yang akan terjadi agar bekerja dengan aman.

c). Menentukan Aktivitas Sumber setelah Iradiasi.

Besarnya aktivitas sumber setelah diiradiasi dapat dihitung berdasarkan tabel 1. menyajikan rekomendasi material-material iradiasi dan pengukuran aktivitas. Aktivitas sumber dapat dihitung dari persamaan :

$$Y = \frac{A}{I} \cdot \frac{\lambda}{(1 - e^{-\lambda t})} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : y = thick target yield

I = kuat arus iradiasi (μA)

T = lamanya waktu iradiasi (jam)

λ = konstanta peluruhan (hari)

A = aktivitas material yang diiradiasi.

Perhitungan laju dosis dapat dilakukan dengan rumus pendekatan :

$$H = \frac{ME}{6d^2} \mu\text{SV} / \text{jam} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

H = laju dosis ($\mu\text{SV}/\text{jam}$)

M = aktivitas sumber (MBq)

E = energi sumber (Mev)

d = jarak (m)

Sebagai ilustrasi dalam pemakaian persamaan (1) dan (2) sebagai berikut lihat pada tabel 1.

Bila digunakan bahan Fe sebagai TLA diiradiasi dengan proton (siklotron) berenergi 11 Mev dengan kuat arus $5\mu\text{A}$ selama 1 jam dari tabel 1 diperoleh besaran $Y = 444\text{ k Bq} / \mu\text{Ah}$ dan waktu paruhnya untuk Co 56 adalah 78,5 hari dan keluaran energinya 0,65 – 1,4 Mev.

Tabel 1. Rekomendasi material-material iradiasi dan pengukuran aktivitas

Element	Accelerated Particle	Radionuclide measured	Yield Energy (MeV)	Yield Y(kBq/ μAh)	Radioactive Impurities	Time delay after irradiation	Measured spectrum part. MeV	Possible control duration
Cr	p	52Mn (5.7 d)	11.0	40737	54 Mn	3 d	1.0-1.6	20 months
		54Mn (312.3 d)	45.0	240.5	51 Cr.52Mn	40 d	0.84	1 year
Mn	p	54Mn (312.3 d)	22.5	629	51 Cr. 55Fe	3 d	0.84	1 year
Fe	p	56Co (78.5 d)	11	444	57 Co	7 d	0.65-1.4	7-8 months
		58Co+56Co	45	1110+59	57 Co.55Fe	7 d	0.7-0.9	7-8 months
Co	p	58Co (70.8 d)	22.7	4070	-	7 d	0.81	7-8 months
Cu	p	65Zn (244.1 d)	11.0	251.6	-	7 d	1-1.2	1 year
Zr	p	92mNb (10.1d)	22.4	3885	87.88Y.89Zr	7 d	0.8-1.1	1 month
Nb	p	92mNb (10.1d)	20.5	469.9	89Zr.93mMo	7 d	0.8-1.1	1 month
		95m Tc (61 d)	45.0	111	92mNb.96Tc	1.5 months	0.5-1.0	6-7 months
		95m Tc (61 d)	22.4	518	96Tc.97Tc	1 months	0.5-1.0	6-7 months

$$444 = \frac{A \cdot 0.693 / 78.5 \times 24}{5(1 - e^{-0.63 / 78.5 \times 24 \times 1})}$$

$$444 = \frac{3.68 \cdot 10^{-4} \cdot A}{5 - 5e^{-3.67 \cdot 10^{-4}}}$$

$$444 = \frac{3.68 \cdot 10^{-4} \cdot A}{5 - 4.998}$$

$$444 = \frac{3.68 \cdot 10^{-4} \cdot A}{18 \cdot 10^{-4}}$$

$$A = 2220\text{ k Bq} = 2,22\text{ MBq}$$

Bila harga-harga tersebut kita substitusikan ke persamaan (2) maka laju dosisnya pada jarak 1 meter adalah ;

$$H = \frac{2.22 \cdot (0.65 + 1.4)}{6 \times 1^2} \mu\text{SV} / \text{jam}$$

$$H = 0,76 \mu\text{SV}/\text{jam}$$

d). Cara Mengurangi Terimaan Dosis Radiasi

Apabila setelah menerapkan prinsip umum proteksi radiasi maka untuk lebih mengendalikan penerimaan dosis perlu diterapkan empat cara sebagai berikut :

1. Membatasi aktiviats sumber pada tingkat sekecil mungkin atau menggunakan berkas radiasi dengan intensitas serendah mungkin sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Pembatasan jangka waktu kerja agar Nilai Batas yang diizinkan tidak dilampaui.
3. Bekerja dalam jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi.
4. Menggunakan perisai radiasi diantara sumber radiasi dengan tempat kerja.

e). Nilai Batas Dosis Radiasi

Nilai Batas Dosis Radiasi (NBD) yang ditetapkan dalam SL Dirjen BATAN No. 03/160/DJ/1989 tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi adalah penerimaan dosis yang tidak

boleh dilampai dalam setahun tidak tergantung pada laju dosis, baik untuk dosis eksterna maupun interna. Dalam hal ini tidak termasuk penyinaran medis dari alam. Pekerja radiasi tidak boleh berumur kurang 18 tahun dan pekerja wanita dalam masa menyusui tidak diizinkan bertugas di daerah radiasi dengan resiko kontaminasi tinggi.

1. Nilai batas untuk penyinaran seluruh tubuh 50 mSv (5000 mRem) pertahun.

2. Nilai batas dosis untuk wanita dalam dalam usia subur 13 m Sv (1300 m Rem) dalam jangka waktu 13 minggu dalam abdomen dan wanita hamil 10 mSv (1000 m Rem) pada janin, terhitung sejak dinyatakan mengandung hingga saat bayi lahir.

3. Nilai batas dosis untuk penyinaran lokal adalah 500 mSv (50.000 mRem) dalam satu tahun telah ditetapkan pada nilai batas untuk :

a. Lensa mata 150 mSv. (15.000 mRem) setahun.

b. Kulit 500 mSv (50.000 mRem) dalam setahun. Dalam hal kontaminasi radioaktif pada kulit diambil dosis rata-rata pada permukaan seluas 100 cm².

c. Tangan, lengan, kaki dan tungkai 500 mSv (50.000 mRem) setahun.

4. Pembatasan dosis untuk penyinaran khusus direncanakan. Hanya boleh dilakukan pekerja radiasi katagori A dan telah mendapat izin dari penguasa instalasi Atom setempat dengan mempertimbangkan bahwa sudah tidak ada cara lain usia dan kesehatan.

a). Dua kali NBD

b). Lima kali NBD

Penyinaran khusus tersebut tidak boleh diberikan kepada pekerja radiasi apabila :

- Selama 12 bulan sebelumnya pernah menerima dosis lebih besar daripada NBD seluruh tubuh (dan usia subur).
- Pernah menerima penyinaran akibat keadaan darurat atau kecelakaan sehingga jumlah dosis melebihi 5 x NBD untuk seluruh tubuh.
- Wanita usia subur dan menolak

5. Pembatasan dosis untuk anggota masyarakat umum untuk seluruh tubuh 5 mSv (500 mRem) dalam setahun (NBD pekerja radiasi). Demikian halnya untuk penyinaran lokal yaitu 50 mSv dalam setahun.

6. Penyinaran anggota masyarakat secara keseluruhan.

7. Setiap penguasa instansi atom harus menjamin kontribusi penyinaran yang berasal dari instansinya kepada anggota masyarakat serendah mungkin dan harus dikaji ulang dan dilaporkan pada instansi yang berwenang khususnya harus diperkirakan dosis genetic.

8. Nilai batas dosis dalam satu tahun untuk magang dan siswa yang harus menggunakan sumber radiasi.

- Yang berusia diatas 18 tahun sama dengan nilai batas dosis untuk pekerja radiasi.
- Yang berusia antara 16 dan 18 tahun adalah 0,3 dari NBD untuk pekerja radiasi
- Yang berusia dibawah 16 tahun adalah 0,1 dari NBD untuk pekerja radiasi dan tidak menerima dosis sebesar 0,001 dari NBD pekerja radiasi.

f). Peralatan Proteksi Radiasi

Untuk lebih meyakinkan bahwa tingkat radiasi dan banyaknya dosis yang diterima dimana kita bekerja maka untuk dapat mengetahuinya pekerjaan di laboratorium maupun di lapangan diberikan perlengkapan alat pantau radiasi antara lain :

- 1). Survei mater
- 2). Film badge/ TLD
- 3). Pelindung PB.

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan contoh perhitungan dosis yang ditimbulkan sebesar 0,76 μ Sv/jam dan bila bekerja dilokasi selama 10 jam per minggu maka dosis yang diperoleh dalam satu tahun sebesar :

$0,76 \mu\text{Sv/jam} \times 10 \text{ jam} \times 48 = 364,8 \mu\text{Sv}$
 $= 0,3648 \text{ mSv}$. Sedangkan Nilai Batas Dosis yang diizinkan bagi pekerja radiasi

adalah $50 \text{ mSv} - 0,364 \text{ mSv} = 49,6352 \text{ mSv}$.

Maka sesuai ketentuan keselamatan teknologi Nuklir kondisi ini sangat aman bagi pekerja radiasi maupun lingkungan.

5. KESIMPULAN

1. Paparan radiasi yang ditimbulkan dalam monitoring aus dan korosi dengan teknik TLA sangat kecil $< 1\%$ dari NBD yang diizinkan per tahun.
2. Paparan radiasi selama iradiasi di siklotron sangat aman karena peralatan tersebut telah dilengkapi dengan sistim interlock dan sistim pantau radiasi yang memadai aman bagi pekerja dan lingkungannya.
3. Lokasi kerja dimana tempat pengamanan dilakukan termasuk daerah pengawasan radiasi sangat rendah dimana dosis yang terjadi adalah $1 < D < 5 \text{ mSv}$.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. SILAKHUDIN. "Instrumentasi dan Penggunaan Siklotron CS 30 BATAN", Buletin BATAN Tahun X No. 2 April 1989.
2. SUWARNO WIRYOSIMIN. Mengenal Azas Proteksi Radiasi", Penerbit ITB Bandung.
3. SADAN TENAGA ATOM NASIONAL-PUSDIKLAT, "Proteksi Radiasi Diklat Keahlian Dasar XIII", 1997.
4. IAEA-TECDOC-924, "The Thin Layer Activation Method and Its Application in Industry".