

LAPORAN KHUSUS

**PROTEKSI DAN PENGENDALIAN BAHAYA SINAR  
RADIOAKTIF DI PABRIK *HOT STRIP MILL* (HSM)  
PT. KRAKATAU STEEL  
CILEGON**



Oleh :  
**Pebri Tri Mahanani**  
**NIM. R0006008**

**PROGRAM DIPLOMA III HIPERKES DAN KESELAMATAN KERJA  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2009**

**PENGESAHAN**

Laporan Khusus dengan judul :

**Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif  
di *Pabrik Hot Strip Mill (HSM)*  
PT Krakatau Steel  
Cilegon**

dengan peneliti :

**Pebri Tri Mahanani  
NIM. R0006008**

telah diuji dan disahkan pada:

Senin, 8 Juni 2009

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Hardjanto, dr, MS, Sp. OK**

**Isna Qodrijati, dr, M. Kes  
NIP. 19670130 199603 2 001**

**An. Ketua Program  
D.III Hiperkes dan Keselamatan Kerja FK UNS  
Sekretaris,**

**Sumardiyono, SKM, M. Kes  
NIP. 19650706 198803 1 002**

## LEMBAR PENGESAHAN

Laporan khusus dengan judul:

**Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif di Pabrik *Hot Strip Mill*  
(HSM) PT Krakatau Steel Cilegon**

Oleh:  
Pebri Tri Mahanani  
R0006008

Telah disetujui dan disahkan tanggal:

Cilegon, April 2009

Training Koordinator

Pembimbing Utama

**Kornelis**  
Engineer PP.KK

**Ari Hadi Mulyadi**  
Engineer Radiasi

Mengetahui,

Dinas Keselamatan Kerja

Dinas Administrasi Pusdiklat

**Puthut Bratarahaja**  
Superintendent

**Asmariah**  
Superintendent

## ABSTRAK

Pebri Tri Mahanani, 2009. **PROTEKSI DAN PENGENDALIAN BAHAYA SINAR RADIOAKTIF DI PABRIK *HOT STRIP MILL* (HSM) PT KRAKATAU STEEL CILEGON, PROGRAM DIII HIPERKES DAN KESELAMATAN KERJA UNS.**

PT Krakatau Steel merupakan pabrik baja yang di dalam memanfaatkan sinar radioaktif yang memiliki faktor bahaya yang sangat besar. Oleh karena itu perusahaan memerlukan *Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif* untuk mencegah terjadinya kecelakaan radioaktif dan paparan sinar radioaktif yang melebihi dosis yang diperkenankan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif di Pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel Cilegon dan kesesuaiannya dengan Norma K3 serta peraturan perundangan yang terkait.

Dasar pemikiran ini adalah bahwa pemanfaatan sinar radioaktif di bidang industri memiliki faktor bahaya yang sangat besar meskipun potensi bahaya yang ditimbulkan relative kecil. Oleh karena itu perlu adanya proteksi dan pengendalian bahaya radioaktif. Penelitian ini bersifat deskriptif yaitu dengan menggambarkan proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif di Pabrik *Hot Strip Mill* PT Krakatau Steel Cilegon. Data yang digunakan berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi langsung dilapangan dan wawancara dengan pihak-pihak yang berwenang. Data sekunder diperoleh dari data-data yang ada dokumen perusahaan yang berkaitan dengan proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel sudah memenuhi norma K3, sehingga pemakaian sinar radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel di area *furnace*, *finishing mill* dan *Hot Skin Pass Mill* (HSPM) dapat dianggap aman karena hasil pengukuran tingkat paparan radioaktif di medan radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) masih berada dalam rentang paparan radiasi yang aman yaitu dibawah NBD yang diperkenankan sebesar 2,5 mRem/jam. Karyawan yang bekerja di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) memiliki risiko kecil terhadap paparan sinar radioaktif, dengan hasil monitoring perorangan menggunakan *film badge* 0 mRem/bulan serta hasil pemeriksaan kesehatan khusus juga menunjukkan tidak adanya gangguan kesehatan akibat sinar radiasi.

Kata kunci : **Proteksi, Pengendalian Bahaya, Sinar Radioaktif**

Daftar Pustaka: 8, 1997-2008

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan PKL (Praktek Kerja Lapangan) dan penyusunan laporan penelitian yang berjudul “Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif di Pabrik *Hot Strip Mill* PT. Krakatau Steel Cilegon”.

Penulisan laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan studi di Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Di samping itu praktek kerja lapangan ini dilaksanakan untuk menambah wawasan guna mengenal, mengetahui dan memahami mekanisme serta problematika yang ada mengenai penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup di perusahaan.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik bersifat material maupun spiritual. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. dr. H. A.A. Subiyanto, MS, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak dr. Putu Suryasa, MS. PKK, Sp.Ok, selaku Ketua Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

3. Bapak dr. Hardjanto, MS, Sp.Ok, selaku pembimbing I dalam penyusunan laporan ini.
4. Ibu dr. Isna Qodrijati, M.Kes, selaku pembimbing II dalam penyusunan laporan ini.
5. Bapak Joko Winarno, selaku Manager Divisi K3LH PT. Krakatau Steel yang telah memberikan izin untuk pelaksanaan praktek kerja lapangan.
6. Bapak Puthut Brataraharja, selaku Superintendent Dinas Keselamatan Kerja PT. Krakatau Steel sekaligus pembimbing dalam penyusunan laporan ini.
7. Bapak Ari Hadi Mulyadi, selaku ahli K3 Radiasi sekaligus pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan laporan ini.
8. Bapak Nugroho, Bapak Ichsan, Bapak Suwanto, Bapak Hairul, Bapak Amrul, Bapak Hartono selaku Engeener di dinas Keselamatan Kerja yang memberikan bantuan selama pelaksanaan PKL di lapangan.
9. Bapak Kornelis, selaku Koordinator PKL Divisi K3LH PT. Krakatau Steel.
10. Bapak Sunardi, Bapak Nandang, Bapak Bachrudin, Bapak Ade Rizal, Bu Esti dan Bapak Ali yang selalu memberikan nasehat dan masukan-masukannya dalam pembuatan laporan ini, terima kasih atas semuanya.
11. Bapak Malik yang selalu setia mengantar ke Pabrik-Pabrik PT. Krakatau Steel.
12. Bapak, ibu, kakak, adik, keponakan dan segenap keluarga atas do'a dan dukungannya baik material maupun spiritual.

13. Teman-teman Angkatan 2006, teman-teman kos Kepler terima kasih atas kerjasamanya.
14. Teman-teman magang di Divisi K3LH PT Krakatau Steel; Dina, Atika, Yuyun, Yuliana, Ariza, Agnes, Rahma, Wina, Rif'ad terima kasih atas kerjasamanya.
15. Semua pihak yang telah membantu penulisan dalam penyusunan laporan penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini, sehingga dapat berguna dan bermanfaat.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, khususnya mahasiswa Program D3 Hiperkes dan Keselamatan Kerja untuk menambah wawasan yang berkaitan dengan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup di perusahaan.

*Amin.*

Surakarta, April 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PERUSAHAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Perumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
A. Tinjauan Pustaka .....	4
B. Kerangka Pemikiran.....	23
BAB III METODE PENELITIAN .....	24
A. Jenis Penelitian.....	24
B. Obyek dan Lokasi Penelitian .....	24



C. Teknik Pengumpulan Data.....	24
D. Instrument Penelitian .....	25
E. Pelaksanaan Penelitian .....	27
F. Analisis Data .....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A. Hasil Penelitian .....	28
B. Pembahasan.....	41
BAB V PENUTUP .....	52
A. Kesimpulan .....	52
B. Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA .....	54
LAMPIRAN	

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Hasil Pemantauan Paparan Radiasi di Divisi Hot Strip Mill .....	40
--	----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Film badge</i> .....	17
Gambar 2. <i>Dosi meter</i> .....	18
Gambar 3. <i>Survey meter FH 40 G-X</i> .....	19
Gambar 4. <i>Survey meter Victoran 492</i> .....	20
Gambar 5. Kerangka Pemikiran.....	23
Gambar 6. <i>Surveymeter FH 40 G-X</i> .....	26
Gambar 7. <i>Teleprobe FH 40 TG</i> .....	26
Gambar 8. Produksi Pabrik <i>Hot Strip Mill</i> .....	28
Gambar 9. Prinsip Kerja Sinar radioaktif.....	36

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Program Kerja PPR Periode 2009

Lampiran 2. Gambar Lokasi Pengukuran Paparan Radiasi di Area HSM

Lampiran 3. Peraturan Perundangan Radiasi

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Memasuki era globalisasi yang memicu perkembangan industri yang begitu pesat, dapat memancing persaingan bisnis yang semakin ketat. Hal ini menimbulkan pengaruh yang begitu besar pula terhadap perkembangan ilmu teknologi, khususnya di bidang industri. Pemanfaatan ilmu teknologi yang tinggi bertujuan untuk mencapai produktivitas kerja yang tinggi, baik kualitas atau kuantitas hasil produksi maupun keefektifan waktu kerja yang dibutuhkan dalam proses produksi. Salah satu ilmu teknologi tinggi yang digunakan adalah penggunaan tenaga nuklir atau sinar radioaktif dalam industri yang dapat menimbulkan faktor bahaya dan potensi bahaya relatif besar.

Pemanfaatan tenaga nuklir secara positif dapat meningkatkan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat serta turut mencerdaskan kehidupan bangsa dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Tenaga nuklir di samping mempunyai manfaat yang cukup besar dalam berbagai aplikasi di bidang industri, pertanian, kesehatan, hidrologi, energi, pendidikan dan penelitian, juga mempunyai potensi bahaya radiasi yang cukup besar, sehingga pemanfaatan itu harus berwawasan keselamatan kerja yaitu dengan membuat peraturan yang ketat dan dilaksanakan dengan seksama serta dilakukan pengawasan agar potensi bahaya tidak menjadi kenyataan (Heru Subaris dan Haryono, 2008).

Mengingat potensi bahaya yang sangat besar dalam pemanfaatan tenaga nuklir dan belajar dari peristiwa kecelakaan nuklir di dunia, kesalahan operator ternyata tidak berdiri sendiri tetapi melibatkan semua tingkat manajemen, maka dalam setiap langkah kegiatan, faktor keselamatan harus diutamakan. Oleh karena itu, budaya keselamatan merupakan suatu hal yang penting sehingga harus menjadi sasaran yang ingin diwujudkan dalam pemanfaatan tenaga nuklir yaitu sikap mental yang menimbulkan rasa tanggung jawab dan komitmen seluruh jajaran perusahaan atau instansi dari pejabat tinggi sampai dengan pekerja paling rendah (Heru Subaris dan Haryono, 2008).

PT Krakatau Steel menggunakan tenaga nuklir berupa sinar radioaktif pengion, yang digunakan dalam proses produksi, dengan klasifikasi pemanfaatan untuk *gauging* bidang industri. Setiap zat radioaktif memiliki faktor bahaya dan potensi bahaya yang lebih besar dibanding zat non-radioaktif. Oleh karena itu harus dilakukan tindakan proteksi dan pengendalian terhadap bahaya radioaktif sesuai dengan norma K3 dan peraturan perundangan yang berlaku untuk mencegah hal-hal yang tidak diinginkan.

Berkaitan dengan hal tersebut, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai keselamatan kerja radiasi dengan judul: “Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif di Pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel Cilegon”.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang telah disampaikan diatas, maka penulis mengambil permasalahan “Apakah Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif di Pabrik *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel Cilegon, Sesuai dengan Norma K3 dan Peraturan Perundangan yang Berlaku?”

## **C. Tujuan Penelitian**

Dalam penelitian ini penulis ingin mengetahui apakah proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif di PT Krakatau Steel sesuai dengan norma K3 dan peraturan perundangan yang berlaku.

## **D. Manfaat Penelitian**

### 1. Perusahaan

Sebagai evaluasi penerapan sistem proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif, serta memberikan saran dan masukan sebagai bahan pertimbangan untuk meningkatkan sistem proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif.

### 2. Penulis

Sebagai pembuktian teori yang sudah dipelajari sebelumnya serta dapat menambah wawasan, pengetahuan dan pengalaman mengenai bahaya radioaktif, proteksi dan pengendalian bahaya sinar radioaktif.

### 3. Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja

Menambah perbendaharaan buku di perpustakaan Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja tentang Proteksi dan Pengendalian Bahaya Sinar Radioaktif dan dapat digunakan sebagai pembanding bagi peneliti lain.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Definisi**

Radiasi adalah emisi energi yang dilepas dari bahan atau alat sumber radiasi (Subaris dan Haryono, 2008). Sedangkan zat radioaktif adalah setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktifitas jenis lebih besar daripada 70 KBq/Kg ( $2nCL/g$ ) (UU No.10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran). Tenaga yang berasal dari sumber radiasi pengion termasuk tenaga nuklir yaitu tenaga dalam bentuk apapun yang dibebaskan dalam proses transformasi inti (Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), 2003).

Pemantauan sumber radioaktif dilakukan oleh Petugas Proteksi Radiasi (PPR) yaitu petugas yang ditunjuk oleh pengusaha instalasi dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) yang dinyatakan mampu melaksanakan pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan proteksi radiasi. Sedangkan seseorang yang berhubungan dengan penggunaan sumber radiasi adalah Pekerja Radiasi yaitu setiap orang yang bekerja di instalasi nuklir atau instalasi radiasi pengion yang diperkirakan menerima dosis radiasi tahunan melebihi dosis untuk masyarakat umum (BAPETEN, 2003).



## 2. Sumber Radiasi

### a. Radiasi alami

Radiasi alami dapat berasal dari sinar kosmik dari luar angkasa, sinar matahari (ultraviolet, infra red), radiasi yang berasal dari bahan radioaktif dari kerak atau permukaan bumi, pancaran alfa dari gas radon yang berasal dari tanah dan air serta pancaran gamma dari anak luruh radon (Heru Subaris dan Haryono, 2008).

### b. Radiasi Buatan

Radiasi buatan adalah radiasi yang timbul karena atau berhubungan dengan kegiatan manusia. Radiasi buatan meliputi (Heru Subaris dan Haryono, 2008):

- 1) Radiasi yang digunakan untuk terapi dan diagnosa penyakit di Rumah sakit (radiasi sinar gamma dan sinar beta).
- 2) Radiasi yang digunakan untuk foto rontgen, sinar rontgen (sinar X).
- 3) Radiasi yang digunakan untuk telekomunikasi seperti telepon seluler, radar, radio, televisi, pemancar dan komputer.
- 4) Radiasi yang digunakan untuk penerangan (lampu halogen dan sinar laser).
- 5) Radiasi yang dihasilkan dari jaringan listrik tegangan tinggi (SUTET).
- 6) Radiasi yang dihasilkan dari penggunaan perakitan elektrik rumah tangga seperti macrowave, pengering rambut, dan setrika listrik.

### 3. Jenis Radiasi

Jenis radiasi ada 2 antara lain (Heru Subaris dan Haryono, 2008):

a. Radiasi Pengion:

Radiasi pengion yaitu gelombang elektromagnetik dan partikel yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilalui (UU No.10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran).

Radiasi pengion meliputi:

- 1) Partikel  $\alpha$ , Neutron, Proton.
- 2) Foton (gelombang elektromagnetik tertentu misalnya sinar X dan sinar gamma).
- 3) Radiasi alam (natural radiation) yang berasal dari kerak bumi, seperti uranium, thorium dan carbon 14.

b. Radiasi Non Pengion

Radiasi non pengion adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang lebih besar dari 100 nanometer dengan energi sangat rendah, sehingga tidak dapat mengionisasi media yang dilaluinya (Heru Subaris dan Haryono, 2008).

Radiasi non pengion meliputi (Heru Subaris dan Haryono, 2008):

- 1) Radiasi medan listrik dan medan magnet listrik seperti alat rumah tangga elektronik, pemanas di pengecoran, pengecoran logam, jaringan tenaga listrik (SUTET dan SUTT) dan monitor.
- 2) Gelombang radio seperti pemancar UHF, pemancar HF, menara VHF, menara antenna TV, stasiun utama, stasiun satelit bumi telekomunikasi

gelombang mikro, oven, gelombang mikro, telepon seluler, mesin pengelas PVC.

- 3) Radiasi optik meliputi Ultra Violet dan Infra Merah misalnya alat pengering, matahari, lampu halogen, industri kaca, sinar matahari, laser pengelasan.

#### 4. Sinar Radiasi

Sinar radiasi dibagi menjadi 6 antara lain (John Ridley, 2003):

- a. Sinar  $\alpha$  (alfa) yaitu partikel yang radiasinya dapat dihentikan oleh udara sejauh beberapa sentimeter, selembar kertas, atau lapisan terluar kulit. Jika terserap ke dalam tubuh, partikel-partikel  $\alpha$  dapat menyebabkan radiasi setempat yang hebat dan kerusakan yang besar sekali terhadap jaringan yang terserang.
- b. Sinar  $\beta$  (beta) yaitu sinar yang memiliki daya penetrasi yang lebih besar ketimbang partikel  $\alpha$  namun ionisasi yang ditimbulkannya tidak terlalu kuat.
- c. Sinar gamma yaitu radiasi elektromagnetik dengan daya penetrasi yang besar. Radiasi ini disebabkan oleh peluruhan radioaktif dan memancarkan radiasi sepanjang waktu.
- d. Sinar X yaitu radiasi elektromagnetik dengan daya penetrasinya tergantung pada energinya. Radiasi ini umumnya tercipta dalam mesin sinar X, radiasi akan berhenti ketika mesin tersebut dimatikan.
- e. Neutron, sinar ini dipancarkan selama proses fisi nuklir dan memiliki daya penetrasi sangat besar. Neutron dapat menyebabkan ionisasi yang kuat.

- f. *Bremsstrahlung* yaitu radiasi elektromagnetik yang dihasilkan oleh perlambatan partikel  $\beta$ . Radiasi ini memiliki daya potensi yang lumayan kuat.

#### 5. Efek Radiasi bagi Kesehatan Manusia

Efek radiasi bagi kesehatan manusia dibagi menjadi 4 antara lain (Kunto Wiharto, 1997):

- a. Efek genetik atau pewarisan adalah efek radiasi yang dirasakan oleh keturunan dari orang yang menerima radiasi tersebut.
- b. Efek *somatik* yaitu jika akibat radiasi dapat langsung dirasakan oleh orang yang menerima radiasi tersebut.
- c. Efek *stokastik*

Efek *stokastik* adalah efek yang keboleh jadian timbulnya merupakan fungsi dosis radiasi dan diperkirakan tidak mengenal dosis ambang.

Ciri-ciri efek *stokastik*:

- 1) Tidak mengenal dosis ambang
- 2) Timbul setelah melalui masa tenang yang lama.
- 3) Keparahannya tidak tergantung pada dosis radiasi.
- 4) Tidak ada penyembuhan spontan.

Yang termasuk efek stokastik antara lain; kanker, leukimia (efek *somatik*) dan penyakit keturunan (efek genetik).

- d. Efek *non stokastik* atau *Deterministik*

Efek *non stokastik* adalah efek yang kualitas keparahannya bervariasi menurut dosis dan hanya timbul bila dosis ambang dilampaui.

Ciri-ciri efek *non stokastik*:

- 1) Mempunyai dosis ambang.
- 2) Umumnya timbul beberapa saat setelah radiasi.
- 3) Adanya penyembuhan spontan (bergantung keparahan).
- 4) Keparahannya tergantung dosis radiasi.

Efek non stokastik ini meliputi beberapa efek somatik seperti luka bakar, sterilisasi (kemandulan), katarak, kelainan kongenital (setelah iradiasi dalam rahim).

#### 6. Azas Proteksi Radiasi

Pemanfaatan tenaga nuklir dalam bentuk pemakaian zat radioaktif (ZRA) dan sumber radiasi lainnya tidak terlepas dari risiko bahaya radiasi, baik secara interna maupun secara eksterna. Dalam hal ini diperlukan perhatian dan dilaksanakannya Azas Proteksi Radiasi yang mencakup tiga hal sebagai berikut (BAPETEN, 2003):

- a. *Justifikasi*, yaitu setiap pemanfaatan tenaga nuklir tersebut hanya dapat dibenarkan apabila manfaatnya memang ada lebih besar dari risiko yang ditimbulkan
- b. *Limitasi*, yaitu dosis radiasi yang diterima oleh Pekerja Radiasi atau masyarakat tidak boleh melebihi suatu nilai dosis yang ditentukan berdasarkan ketentuan yang berlaku, yang biasa disebut sebagai Nilai Batas Dosis (NBD).

- c. *Optimasi*, yaitu penerimaan dosis radiasi harus diusahakan serendah mungkin dengan memperhatikan berbagai faktor yang relevan atau terkait, seperti faktor ekonomi dan sosial.

## 7. Potensi Bahaya Radiasi

Potensi bahaya radiasi dibagi menjadi 2 antara lain (BAPETEN, 2003):

- a. Potensi bahaya radiasi eksterna

Teknik pemanfaatan radiasi yang memiliki potensi bahaya eksterna adalah radiografi (industri dan medik), teknik analisis, teknik *gauging* dan teknik iradiasi. Kondisi yang dihadapi adalah sumber radiasi selalu berada diluar tubuh jadi metode penanggulangannya adalah sebagai berikut:

- 1) Mengatur waktu, dalam arti semakin singkat waktu keberadaan di dekat sumber akan semakin aman. Maka gunakan waktu sependek mungkin berada di medan radiasi, karena dosis yang diterima berbanding lurus dengan lamanya penyinaran.
- 2) Mengatur jarak, dengan menambah jarak antara sumber radiasi dengan seseorang akan memperkecil bahaya. Radiasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak. Dalam keadaan darurat mengambil jarak yang lebih jauh secepatnya merupakan tindakan yang baik. Dosis yang diterima berbanding terbalik dengan kuadrat jarak.
- 3) Memasang *shielding* atau penahan radiasi

Dengan memasang *shielding* atau penahan radiasi antara sumber radiasi dengan operator, maka dosis radiasi yang diterima dapat diturunkan ke tingkat dosis radiasi yang aman. Tebal penahan radiasi yang diperlukan

untuk mengurangi medan radiasi hingga mencapai tingkat yang aman telah dihitung untuk berbagai tingkat energi atau tergantung dari jenis radiasi tertentu. Sebagai contoh untuk menahan radiasi sinar-X atau gamma digunakan timbal (Pb) sedangkan untuk sinar beta digunakan bahan ringan, dan untuk radiasi neutron digunakan bahan yang mengandung hydrogen seperti air atau tembok beton.

b. Potensi bahaya radiasi interna

Pemanfaatan dengan sumber radioaktif yang bersifat terbuka seperti teknik kedokteran nuklir, analisis in-vitro, dan lain-lain. Memiliki potensi bahaya interna dalam arti zat radioaktif dapat masuk ke dalam tubuh pekerja. Dengan demikian metode penanggulangannya serupa dengan bahan-bahan beracun dan berbahaya atau lebih dikenal sebagai B-3. Upaya utama adalah mencegah masuknya zat kontaminan ke dalam tubuh, baik melalui hidung, mulut atau luka terbuka di kulit. Jadi diperlukan prosedur dan fasilitas kerja yang disesuaikan dengan keperluan tersebut, termasuk peralatan dan perlengkapan lain yang dinilai perlu.

Oleh karena itu proteksi radiasi interna adalah mencegah dan mengupayakan terjadinya kontaminasi pada permukaan tubuh pekerjaan atau masuknya zat radioaktif ke dalam tubuh sekecil mungkin. Apabila seseorang terkontaminasi interna maka orang tersebut akan terus menerus memperoleh radiasi dari zat radioaktif yang berada dalam tubuhnya, sampai zat radioaktif tersebut berkurang aktivitasnya karena proses peluruhan dan dikeluarkannya zat radioaktif dari dalam tubuh melalui proses metabolisme tubuh. Laju

peluruhan zat radioaktif tergantung pada waktu paro zat radioaktif tersebut, yang dapat bervariasi antara sebagian kecil dari satu detik sampai beberapa ribu tahun. Laju ekskresi dari tubuh tergantung pada beberapa variabel misalnya sifat kimia dari bahan radioaktif, dari beberapa hari atau dapat lebih lama, mungkin sampai beberapa tahun. Jadi apabila bahan radioaktif masuk ke dalam tubuh, mungkin zat radioaktif tersebut, hanya akan menyinari tubuh untuk beberapa hari saja atau untuk waktu yang lebih lama, yang untuk beberapa jenis bahan radioaktif dapat sampai beberapa tahun (Hendaryah Sutanto, 1997).

Bahaya radiasi interna sangat besar, untuk melindungi tubuh dari bahaya radiasi interna diusahakan dengan cara menghalangi masuknya zat radioaktif ke dalam tubuh manusia. Hal ini dapat dicapai dengan cara sebagai berikut (BAPETEN, 2003):

- 1) Gunakan zat radioaktif dalam jumlah sekecil mungkin, berwaktu paro relatif singkat, dan toksisitas rendah.
- 2) Menjaga kebersihan tempat kerja sehingga kontaminan tidak tersebar di tempat kerja.
- 3) Tidak makan, minum atau merokok di tempat kerja untuk mencegah masuknya kontaminan ke dalam tubuh pekerja.
- 4) Tersedianya sistem ventilasi udara ruang kerja yang baik atau memadai, sehingga kadar kontaminan di udara tempat kerja selalu dapat ditekan dibawah nilai ambang yang diizinkan menurut peraturan. Mencegah kemungkinan tersebarnya zat radioaktif yang dapat menimbulkan kontaminasi pada anggota badan, sarana dan tempat kerja serta



lingkungan. Dalam hal ini harus diatur suatu sistem tekanan negatif, yaitu tekanan udara di tempat kerja dengan tingkat kontaminan tinggi harus lebih kecil dari tempat kerja dengan tingkat kontaminan rendah. Dengan demikian apabila terjadi kecelakaan, maka tidak akan terjadi penyebaran kontaminan kearah luar.

- 5) Tersedianya peralatan deteksi kontaminasi, baik di permukaan tempat kerja maupun di tubuh pekerja, dan bila perlu setiap pekerja harus memakai pakaian kerja khusus. Demikian pula daerah kerja dibedakan dari yang aktif dengan non-aktif, yang perlu dilengkapi fasilitas dekontaminasi.

#### 8. Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dalam Industri

Pemanfaatan sumber radiasi pengion terutama dalam industri di Indonesia, terdiri dari beberapa teknik antara lain (BAPETEN, 2003):

##### a. Teknik radiografi

Teknik radiografi yaitu memanfaatkan sifat radiasi yang dapat menembus bahan atau tubuh manusia. Dalam hal ini ada dua ruang lingkup pemanfaatan, yaitu:

- 1) Radiografi industri, dimana suatu obyek diamati dengan menggunakan sinar-X atau gamma melalui media film atau alat peraga lainnya seperti monitor TV, baik untuk tujuan jasa maupun kualitas suatu produk atau keperluan lain seperti pengecekan bagasi di lapangan terbang atau kontener barang di pelabuhan untuk keperluan sekuriti (BAPETEN, 2003). Teknik radiografi juga digunakan dalam teknik pemeriksaan atau uji tidak merusak misalnya untuk memeriksa sambungan las-lasan, pemeriksaan

bagasi dan bungkusan. Tergantung pada jenis dan ketebalan bahan yang diperiksa, radiasi yang digunakan dapat radiasi sinar-X atau sinar gamma. Selain radiasi sinar-X dan gamma, partikel beta juga dapat digunakan dalam teknik radiografi ini, yaitu untuk bahan yang mempunyai nomor atom kecil. Neutron termal juga dapat digunakan dalam teknik radiografi. Yang direkam adalah neutron termal yang dihamburkan atau penyerapan neutron oleh bahan yang mempunyai daya penyerapan neutron yang tinggi (Hendaryah Sutanto, 1997).

2) Radiografi untuk keperluan medik, dimana obyeknya adalah tubuh manusia dan dapat untuk keperluan diagnostik ataupun terapi terhadap tumor.

b. Teknik analisis

Pada umumnya teknik analisa menggunakan sinar-X energi rendah yang berasal dari pesawat sinar-X atau zat radioaktif yang memancarkan sinar-X berenergi rendah seperti Fe-57 atau Cd-109. Kegunaannya adalah untuk analisis kandungan unsur dalam suatu contoh (*sample*), baik secara kualitatif ataupun kuantitatif, seperti yang banyak dilakukan di pabrik semen.

c. Teknik *gauging*

Teknik ini dilakukan dengan menggunakan sinar gamma yang berasal dari zat radioaktif Co-60 atau Cs-137, berbagai besaran pengukuran dapat dilakukan secara "*on line*" dalam proses di suatu pabrik. Sebagai contoh dapat dikemukakan alat pengukur ketinggian atau laju aliran cairan di kilang pengolahan minyak, pabrik bahan kimia, dan sebagainya telah banyak

digunakan karena sangat praktis dan ekonomis. Kenyataan menunjukkan bahwa pemanfaatan dari jenis ini merupakan yang terbanyak di Indonesia yang sangat beragam baik jenis industrinya maupun lokasinya yang tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Contoh pemanfaatan lainnya adalah pengukuran ketinggian cairan di pabrik minuman ringan, pengukuran densitas tembakau di pabrik rokok dan lain-lain, yang menggunakan zat radioaktif pemancar sinar beta.

d. Teknik *logging*

Teknik *logging* menggunakan dua macam sumber yaitu pemancar radiasi neutron (umumnya dipakai sumber Am-Be) dan pemancar radiasi sinar gamma (umumnya sumber Co-60 dan Cs-137). Kegiatan yang banyak menggunakan teknik ini adalah bidang eksplorasi minyak bumi, dimana pengeboran sumur diduga mengandung minyak selalu diikuti dengan kegiatan "*logging*" untuk mengetahui perbandingan lapisan minyak dengan air di suatu kedalaman tertentu di dalam bumi. Teknik ini juga dapat digunakan untuk pemeriksaan tingkat kepadatan tanah suatu lokasi yang akan dijadikan sebagai pondasi suatu konstruksi, misalnya landasan terbang, gedung bertingkat, dan sebagainya.

e. Teknik iradiasi

Teknik iradiasi menggunakan sumber pemancar sinar gamma Co-60 dengan aktivitas sangat tinggi (hingga orde ratusan kilocurie atau penta becquerel, yaitu  $10^{15}$  Bq). Pemanfaatannya adalah untuk pengawetan makanan, sterilisasi, vulkanisasi, *cross-linking*/ polymerisasi, dan sebagainya.

f. Teknik penggunaan sumber terbuka

Syarat yang digunakan dalam penggunaan teknik terbuka ini adalah adanya detektor yang sensitif untuk mendeteksi senyawa bertanda yang dipakai dan senyawa bertanda tersebut harus:

- 1) Mempunyai sifat yang sama dengan bahan yang diteliti.
- 2) Harus dapat dideteksi dalam konsentrasi rendah.

Dalam pelaksanaannya (penyuntikan, pendeteksian atau pengambilan cuplikan) tidak boleh menyebabkan gangguan pada sistem, dan sisa konsentrasi bahan tracer tidak boleh merusak sistem. Zat radioaktif dipilih sedemikian rupa berdasarkan waktu paro, aktivitas jenis, tipe dan energi radiasi yang dipancarkan serta bentuk kimia dan fisika. Dalam industri, teknik ini digunakan, misalnya dalam pemeriksaan kebocoran, ventilasi, pengadukan, penentuan kecepatan aliran dan lain-lain. Zat radioaktif yang digunakan misalnya H-3, C-14, P-32, S-32, Am-241, Kr-85, Hg-203 dan lainnya. Aktifitas yang digunakan tergantung kebutuhan (Hendaryah Sutanto, 1997).

### 9. Alat Ukur Radiasi

Alat ukur dibagi menjadi 2 antara lain (Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), 1997):

#### 1. Alat ukur pasif

Alat ukur pasif adalah alat ukur yang pembicaraan hasil pengukurannya tidak dapat dibaca langsung melainkan harus melalui proses terlebih dahulu. Alat ukur pasif tersebut antara lain:

a. *Film badge*



Gambar 1. *Film badge*

Suatu alat yang lazim digunakan sebagai personal monitoring yang terdiri dari sebuah paket yang berisi dua lempeng film dental (untuk sinar-X atau gamma) atau tiga lempeng film dental (untuk sinar-X, gamma dan neutron) yang dibungkus dalam suatu kertas kedap sinar dan dikenakan dan suatu wadah plastik atau logam yang sesuai. Kedua film yang digunakan masing-masing terdiri dari emulsi yang sensitif dan yang satu lagi emulsinya kurang sensitif.

Proses yang terjadi pada pemonitor perorangan yang dipergunakan film ini sama dengan proses yang terjadi pada waktu melakukan radioografi pada bidang medis.

Pemakaian *film badge* disarankan dilakukan maksimum 3 bulan setelah itu harus dikirim kepada instansi pengolah *film badge* untuk mengetahui berapa besar dosis radiasi yang diterima selama bekerja (BAPETEN, 2003).

b. *TLD badge (Thermo Luminescence Dosimeter)*

Beberapa kristal termasuk  $\text{CaF}_2$  yang mengandung  $M_n$  sebagai pencemar (impuritas) dan LIF, memancarkan cahaya apabila kristal-kristal tersebut

dipanaskan setelah dikenai radiasi kristal-kristal tersebut. Dinamakan kristal *termoluminesens* (kristal dental panas). Penyerapan energi radiasi oleh kristal mengakibatkan timbulnya atom-atom dalam kristal sehingga menghasilkan elektron-elektron dan lubang-lubang bebas dalam kristal pendar panas. Elektron-elektron ini dilengkapi oleh pencemar dalam kisi-kisi kristalin sehingga ditangkap oleh pencemar dalam kristal tersebut.

Kristal-kristal yang dipanaskan melepaskan energi yang ditimbulkan sebagai cahaya. Pengukuran keluaran cahaya bersamaan dengan meningkatnya suhu. Suhu dimana keluaran cahaya maksimum terjadi terjadi merupakan suatu ukuran energi pengikat elektron pada lubang di dalam tangkapan tersebut. Jumlah cahaya yang diukur sebanding dengan jumlah elektron yang ditangkap atau dengan kata lain sebanding dengan energi yang diserap dari radiasi pengion. Jadi intensitas cahaya yang dipancarkan pada saat pemanasan kristal pendar panas secara langsung sebanding dengan dosis radiasi yang diserap oleh kristal tersebut.

## 2. Alat ukur aktif

Alat ukur aktif yang dapat menunjukkan secara langsung hasil pengukuran radiasi yang diterima. Alat ukur aktif terdiri dari:

### a. Dosimeter saku



Gambar 2. Dosimeter saku

Dosimeter saku adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengukur dosis radiasi yang berdasarkan atas prinsip respon dari instrumen sebanding dengan energi radiasi yang diserap oleh instrumen tersebut, biasanya menggunakan sekian mRem atau mSev.

Alat ini terdiri dari bilik ionisasi dinding udara yang dilengkapi dengan suatu alat yang bekerja berdasarkan prinsip elektroskop dimana satu bagian lengannya tetap dan satu bagian yang lainnya dapat bergerak bebas pada skala yang telah disiapkan pada dosimeter tersebut.

*b. Survei meter*

Suatu alat deteksi radioaktif yang bersifat *portable* dan alat pengukur yang digunakan untuk mengecek personal atau pekerja, peralatan dan fasilitas yang berhubungan dengan radioaktif, kontaminasi atau mengecek bahaya internal atau penyebaran (*ambient*) ionisasi radioaktif ke lingkungan.

Survey meter terdiri dari beberapa tipe antara lain:

1) *Surveymeter FH 40 G-X*

Berfungsi untuk mengukur besar pemaparan sinar radioaktif ditempat kerja yang menggunakan sinar radioaktif dengan satuan ukuran nSv.



Gambar 3. *Survey meter FH 40 G-X*

2) *Survey meter, Victoran 492*

Berfungsi untuk mengukur paparan sinar radioaktif dengan satuan mRem.



Gambar 4. *Survey meter, Victoran 492*

#### 10. Tugas dan Kewajiban

Secara lengkap tugas dan kewajiban pengusaha instalasi, petugas proteksi radiasi dan pekerja yang tercantum dalam Keputusan Kepala BAPETEN No 01/Ka-BAPETEN/V-99 adalah sebagai berikut (BAPETEN, 2003):

a. Tanggung jawab Pengusaha Instalasi Nuklir (PIN)

Dalam melaksanakan tanggung jawabnya di bidang keselamatan radiasi Pengusaha Instalasi harus melaksanakan tindakan di bawah ini:

- 1) Membentuk Organisasi Proteksi radiasi dan menunjuk Petugas Proteksi Radiasi dan bila perlu Petugas Proteksi Radiasi pengganti.
- 2) Hanya mengizinkan seseorang bekerja dengan sumber radiasi setelah memperhatikan segi kesehatan, pendidikan dan pengalaman kerja dengan sumber radiasi.
- 3) Memberitahukan kepada semua pekerja radiasi tentang adanya potensi radiasi yang terkandung dalam tugas mereka dan memberikan latihan proteksi radiasi.



- 4) Menyediakan aturan keselamatan radiasi yang berlaku dalam lingkungannya sendiri, termasuk aturan tentang penanggulangan keadaan darurat.
- 5) Menyelenggarakan pemeriksaan kesehatan bagi magang dan pekerja radiasi dan pelayanan kesehatan bagi pekerja radiasi.
- 6) Menyediakan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk bekerja dengan sumber radiasi.
- 7) Memberitahukan Badan Pengawas Tenaga Nuklir dan Instansi lain yang terkait bila terjadi bahaya radiasi atau keadaan darurat lainnya.

b. Tanggung jawab dan kewajiban Petugas Proteksi Radiasi (PPR)

Petugas Proteksi Radiasi berkewajiban membantu Pengusaha Instalasi dalam melaksanakan tanggung jawabnya di bidang proteksi radiasi. Sebagai pengemban tugas tersebut Petugas Proteksi Radiasi diberi wewenang untuk mengambil tindakan-tindakan seperti berikut:

- 1) Memberikan instruksi teknis dan administratif secara lisan atau tertulis kepada pekerja radiasi tentang keselamatan kerja radiasi yang baik, instruksi ini harus mudah dimengerti, dan dapat dilaksanakan yang berlaku serta menjamin agar pelaksanaan pengelolaan limbah radioaktif sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- 2) Mencegah dilakukannya perubahan terhadap segala sesuatu sehingga dapat menimbulkan kecelakaan radiasi.
- 3) Mencegah zat radioaktif jatuh ke tangan orang yang tidak berhak.

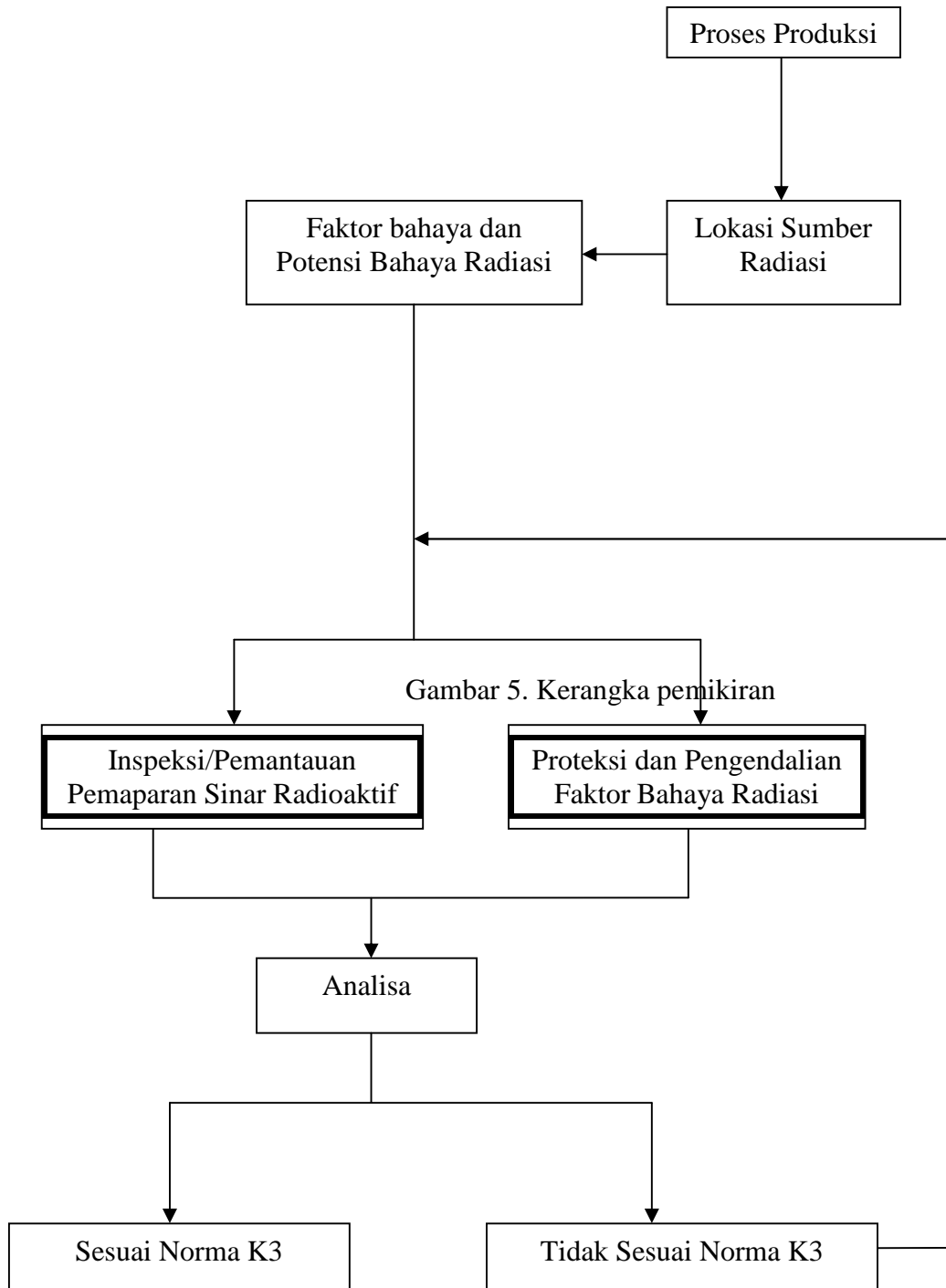
- 4) Mencegah kehadiran orang yang tidak berkepentingan ke dalam daerah pengendalian.
- 5) Menyelenggarakan dokumentasi yang berhubungan dengan proteksi radiasi.
- 6) Menyarankan pemeriksaan kesehatan terhadap pekerja radiasi apabila diperlukan dan melaksanakan pemantauan radiasi serta tindakan proteksi radiasi.
- 7) Memberikan penjelasan dan menyediakan perlengkapan proteksi radiasi yang memadai kepada para pengunjung atau tamu apabila diperlukan.

c. Tanggung jawab dan kewajiban pekerja radiasi

Seorang pekerja radiasi ikut bertanggung jawab terhadap keselamatan radiasi di daerah kerjanya, dengan demikian ia mempunyai kewajiban sebagai berikut:

- 1) Mengetahui, memahami dan melaksanakan semua ketentuan keselamatan kerja radiasi.
- 2) Memanfaatkan sebaik-baiknya peralatan keselamatan radiasi yang tersedia, bertindak hati-hati, serta bekerja secara aman untuk melindungi baik dirinya sendiri maupun pekerja lain.
- 3) Melaporkan setiap kejadian kecelakaan bagaimanapun kecilnya kepada Petugas Proteksi Radiasi.
- 4) Melaporkan setiap gangguan kesehatan yang dirasakan, yang diduga akibat penyinaran lebih atau masuknya zat radioaktif ke dalam tubuh.

## B. Kerangka Pemikiran



Gambar 5. Kerangka pemikiran

## **BAB III**

### **METODE PENGUMPULAN DATA**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang diambil adalah penelitian deskriptif yaitu penelitian yang hasilnya berupa penggambaran keadaan objek penelitian tanpa memberikan kesimpulan yang berlaku umum (Muhammad Arief T.Q, 2003)

#### **B. Objek dan Lokasi Penelitian**

Kegiatan Praktek Kerja Lapangan dilaksanakan di PT. Krakatau Steel yaitu pada Dinas Keselamatan Kerja, Dinas Hiperkes, Dinas Laboratorium dan Dinas Pengendalian Lingkungan di bawah Divisi K3LH PT Krakatau Steel.

#### **C. Teknik Pengumpulan Data**

##### **1. Data Primer**

###### **a. Observasi**

Kegiatan observasi dilakukan dengan mengadakan pengamatan langsung di lapangan.

###### **b. Wawancara**

Untuk melengkapi data yang diperoleh dari observasi, maka penulis melakukan wawancara langsung dengan *safety plant*, *plant inspector*, tenaga kerja yang bersangkutan serta pembimbing Praktek Kerja Lapangan

maupun orang-orang yang berkepentingan di bidang K3 dan juga orang-orang yang berkompeten di bidang proses produksi.

## 2. Data Sekunder

Selain dengan cara di atas, sumber data diperoleh dengan membaca kebijakan-kebijakan tentang K3 yang ada di PT. Krakatau Steel maupun dari referensi-referensi lain.

### **D. Instrument Penelitian**

Alat yang digunakan untuk mengukur pemaparan sinar radioaktif di tempat kerja adalah *Survey Meter FH 40 G-X*.

#### 1. Bagian alat:

- a. *Internal probe* : terdapat di dalam alat survey meter berfungsi menangkap sinar radioaktif.
- b. *Eksternal probe* : terdapat diluar alat survey meter dengan tipe Teleprobe FH 40 TG, kemampuan pengukuran 0,01 Sv-10 Sv.
- c. *Display*
- d. Tombol:
  - 1) *On/Off*
  - 2) *Menu*
  - 3) *Lampu*
  - 4) *Alarm/speaker*

e. Gambar alat



Gambar 6. *Surveymeter FH 40 G-X*



Gambar 7. *Teleprobe FH 40 TG*

2. Cara Pengukuran:

- a. Menyiapkan alat.
- b. Pasang *Teleprobe* pada *surveymeter*, jika ingin melakukan pengukuran dengan jarak tertentu di tempat yang terdapat paparan sinar radioaktif.
- c. Arahkan *Teleprobe* pada daerah yang akan diukur.
- d. Tekan tombol ON, tunggu sebentar untuk mengetahui hasil pengukuran.
- e. Jika hasil pada *display* berubah-ubah ambil rata-rata hasil pengukuran.

### **E. Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan kegiatan Praktek Kerja Lapangan dilaksanakan dari tanggal 2 Maret 2009 sampai tanggal 2 Mei 2009 dengan kegiatan sebagai berikut : (Jadwal : Lampiran)

### **F. Analisis Data**

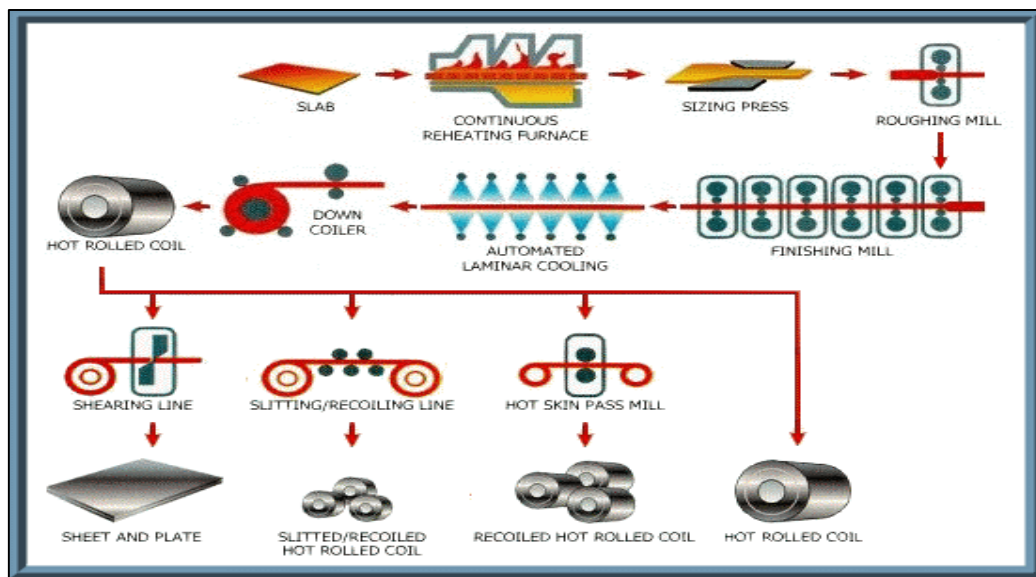
Analisis data yang digunakan yaitu dengan menyusun data secara teratur sebagai bahan penelitian, kemudian bahan penelitian tersebut dianalisis dengan cara membandingkannya dengan Norma K3 dan Peraturan Perundangan yang terkait.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Proses Produksi di Unit *Hot Strip Mill* (HSM)



Gambar 8. Produksi Pabrik Pengerolan Baja Lembaran Panas  
(Sumber : Data Sekunder)

Pabrik Baja Lembaran Panas memproduksi baja lembaran yang berasal dari slab baja dengan proses panas. Proses Produksi berlangsung 6 tahapan, yaitu :

##### a. *Furnance*

*Reheating Furnace* atau dapur digunakan untuk memanaskan ulang slab-slab baja yang berasal dari Pabrik Slab Baja yang akan direduksi tebal maupun lebarnya. Temperatur pemanasan antara 1200 C – 1300 C.



b. *Sizing Press*

Setelah slab memiliki temperatur yang merata, slab dikeluarkan dari furnace dengan bantuan ekstraktor dan diletakan pada *Hot Rolled Table*, Kemudian disemprotkan air untuk menghilangkan *scale*. Kemudian slab masuk ke bagian *sizing press* untuk direduksi lebarnya, karena yang dibutuhkan hanyalah slab-slab yang mempunyai ukuran tertentu sehingga diperoleh lembaran dan coil dengan lebar tertentu. Cara kerja untuk bagian *sizing press* adalah memukul-mukul slab dari samping kanan-kiri sehingga lebarnya berkurang.

c. *Roughing Mill*

Slab yang telah direduksi lebarnya sesuai dengan kebutuhan, kemudian akan masuk ke bagian *roughing mill* yaitu tempat slab dirol pertama kali. Pengeloran berlangsung bolak-balik dengan jumlah 3 sampai 9 kali pengeloran.

d. *Finishing Mill*

Slab yang telah di rol pada *roughing mill* kemudian disebut sebagai *transfer bar*. *Rolled table* membawa *transfer bar* ini menuju *finishing mill* untuk dirol sampai ketebalan yang diinginkan konsumen. Selama proses pengerolan, rol harus dalam keadaan dingin, tetapi air yang disemprotkan tidak boleh terbawa masuk ke celah-celah antara *work roll* atas dan bawah karena akan merusak kualitas permukaan pelat.

e. *Down Coiler*

*Down coiler* berfungsi menggulung *transfer bar* yang melewati *finishing bar* menjadi *coil*. Pada *stand* ini *coil-coil* tersebut dinilai kualitasnya, sebagai

tindakan akhir dari serangkaian proses produksi di Pabrik Baja Lembaran Panas.

f. *Shearing Line*

Unit ini merupakan unit terpisah yang terdiri dari dua unit yang memiliki tugas berbeda. *Shearing Line I* memotong lembaran baja menjadi pelat dengan tebal 4-25 mm, panjang 2048-12000 mm. Sedangkan *Shearing Line II* merapikan kembali gulungan yang rusak dan tidak rapi, membelah coil menjadi beberapa bagian dan memotong lembaran menjadi sheet tebal 2-8 mm, panjang 1000-6000 mm.

g. *Hot Skin Pass Mill (HSPM)*

Pada unit ini *hot rolled coil* diolah lagi menjadi lembaran baja panas dengan bentuk permukaan pelat yang bermacam-macam dan dengan ketebalan tertentu seperti yang diinginkan konsumen, hasil akhirnya disebut *recoiled hot rolled coil*.

## 2. Bagian yang Menggunakan Sinar Radioaktif

Proses produksi di *Hot Strip Mill (HSM)* terdiri dari beberapa proses, diantaranya ada beberapa bagian proses yang menggunakan sinar radioaktif untuk memperlancar proses tersebut, antara lain:

- a. *Area Furnace II*
- b. *Area Finishing Mill*
- c. *Area Hot Skin Pass Mill (HSPM)*

### 3. Fungsi Radioaktif

Sinar radioaktif yang digunakan memiliki fungsi yang bermacam-macam, di unit *Hot Strip Mill* (HSM) sinar radioaktif digunakan sebagai berikut:

- a. Area *Furnace II*, sinar radioaktif digunakan untuk mengatur posisi slab di dalam *furnace*.
- b. Area *Finishing Mill*, sinar radioaktif digunakan untuk mengukur ketebalan *plate*.
- c. Area *Hot Skin Pass Mill* (HSPM), sinar radioaktif digunakan untuk mengukur ketebalan *plate*.

### 4. Jenis Radioaktif yang digunakan

Sumber radioaktif dibagi menjadi beberapa macam, pada masing-masing bagian proses produksi menggunakan sinar radioaktif yang berbeda-beda antara lain:

#### a. *Furnace* dan *Finishing Mill*

Pada bagian *furnace* dan *finishing mill* menggunakan sumber radioaktif jenis Cesium 137. Di bagian *furnace* terdiri dari 2 unit sumber radioaktif dengan aktivitas 250 mCi dan di bagian *finishing mill* terdiri dari 2 unit sumber radioaktif yang ditempatkan di *C-frame* dengan aktivitas 50 mCi.

#### 1) Sifat-sifat Cesium 137:

- a) Memiliki nomor atom 55.
- b) Berwarna perak keemasan.
- c) Waktu paro 30 tahun atau lebih tepatnya 30,23 tahun.

d) Lebih sering digunakan sebagai radioisotop, yang memancarkan sinar gamma dan diterapkan dalam bidang industri seperti:

1. *Moisture-density gauges*

2. *Levelling gauges*

3. *Thickness gauges*

4. *Well logging* (di industri perminyakan untuk memeriksa sumur minyak)

5. Untuk alat spektrofotometri

6. Digunakan untuk *flow meter* atau alat sensor lain.

2) Bahaya Cs-137:

a) Bersifat reaktif dengan air sehingga menjadi bahan yang mudah meledak. Bahan yang tercampur dengan Cesium akan bersifat beracun tingkat sedang, yang secara kimiawi mirip dengan potasium. Dalam jumlah besar dapat mengakibatkan *hiperiritability* (iritasi yang sangat kuat) dan kejang.

b) Cesium memancarkan sinar beta dan gamma, dapat larut dalam air dan racun yang dapat menyebabkan kanker setelah 10, 20 atau 30 tahun setelah *ingestion* (tertelan), terhirup atau jalan lain masuk ke dalam tubuh.

c) Penanganan yang tidak baik terhadap Cesium 137 dapat menimbulkan kontaminasi radiasi dan melukai personil.

- d) Bila Cesium 137 tercampur ke dalam besi scrap dan kemudian dilebur dalam proses pembuatan baja maka akan menghasilkan baja yang terkontaminasi.
- e) Bahaya eksterna yaitu bahaya yang disebabkan partikel gamma yang dipancarkan oleh Cesium 137.

b. *Hot Strip Pass Mill* (HSPM)

Pada bagian *Hot Strip Pass Mill* (HSPM) menggunakan radioaktif jenis Americium 241 yang terdiri dari 1 unit sumber radioaktif dengan aktivitas 1000 mCi.

1) Sifat-sifat Americium 241:

- a) Memiliki nomor atom 95.
- b) Sering digunakan secara komersil untuk *ionisasi chamber smoke detector* dan alat ukur industri.
- c) Mempunyai warna seperti perak dan lebih mengkilap daripada plutonium atau neptonium.
- d) Emisi alpha dari Americium 241 tiga kali lebih besar daripada radium.
- e) Americium 241 juga memancarkan partikel alpha dan gamma dengan energi rendah (600 keV (kilo elektron Volt) menghasilkan dosis radiasi pada jarak 1 m, sekitar 0,0011 mSv/tahun).
- f) Memiliki waktu paro 432 tahun.
- g) Americium 241 adalah energi radiasi yang digunakan dalam alat ukur ketebalan atau *C-frame* dengan memanfaatkan partikel gamma yang dipancarkan.

h) Americium 241 banyak digunakan baik dibidang medis maupun industri, emisi sinar gamma dari Americium 241 dapat digunakan untuk analisa tidak langsung, pemeriksaan bahan secara radioagrafi dan untuk peralatan *quality control* dalam proses *manufacture*, misalnya sebagai alat pengukur ketebalan bahan atau material.

2) Bahaya Am-241:

a) Bahaya eksterna

Partikel sinar gamma yang dipancarkan oleh zat radioaktif Americium 241 mempunyai daya tembus yang sangat kuat dan dapat merusak sel tubuh.

b) Bahaya interna

Partikel alpha walaupun mempunyai sifat daya tembus yang kecil (dapat ditahan dengan selembar kertas) tetapi bahaya perusak terhadap sel tubuh bila terjadi paparan interna (tertelan atau masuk ke dalam tubuh) maka akibatnya 30 kali lebih dahsyat dibandingkan dengan daya rusak partikel gamma.

Radiasi alpha mempunyai kemampuan mengionisasi sangat tinggi. Jika sel kita terkena radiasi tersebut. Didalam sel terdapat banyak kromosom yang mengandung banyak DNA, DNA itu menyerupai tangga dengan ikatan Hydrogen menghubungkan antara gula-Nitrogen Adenin(A), Timin(T) dan Guanin(G) menyusun suatu kode tertentu sebuah sel. Efek radiasi kemungkinan akan memutuskan atau mengionisasi hubungan gula-basa diatas. Yang jelas akan terjadi kerusakan *Single Strand Break, break of Hydrogen bond atau Double*

*Strand Break*. Lebih mudahnya akan timbul efek somatik atau efek genetik pada orang yang terkena. Efek somatik langsung kelihatan misalnya seperti luka bakar, sedangkan efek genetik adalah efek (kelainan) yang dijumpai pada keturunannya. Paparan dalam jumlah yang besar dapat menimbulkan penyakit dan dapat menimbulkan kanker dalam jangka waktu yang panjang. Americium-241 yang masuk ke dalam tubuh mengendap di tulang dan hati.

## 5. Cara kerja penggunaan sinar radioaktif

### a. *Area Furnace II*

Sumber radioakti yang digunakan adalah pesawat gamma-ray (Cs137) terdiri dari:

- 1) Level monitoring sistem LB 323
- 2) *Scintillation detector* tipe LB 6665-KL 40x35 dengan *cooling jacket*.
- 3) Sumber radioaktif Cs 250 mCi dengan *load shielding* tipe LB 7442.

Cara kerja:

Sebelum pengoperasian sistem, sumber radioaktif dengan penutup dan pelindung sudah terpasang ditempatnya. Setelah itu buka penutup dari sumber sehingga dapat mencapai *detector* dan dapat diterima di *level gauge* LB 323 untuk penentuan posisi, ukuran dan batasan tertinggi dinyatakan dengan dimensi sumber radioaktif dan pengukuran ruangan. Sinar radioaktif yang diterima oleh *detector* disalurkan ke instrument yang secara otomatis dapat mengukur ukuran, posisi dan batasan tertinggi.

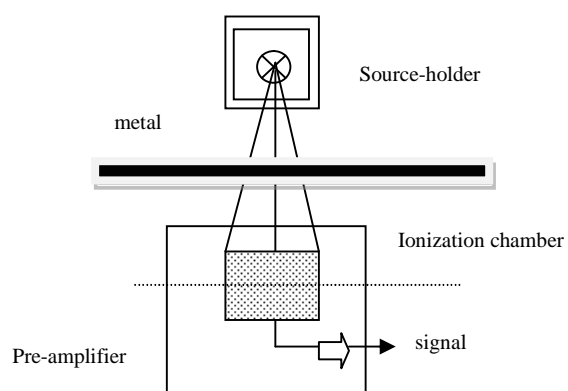
b. Area Finishing Mill

Sumber radioaktif berupa isotop Cs-137 yang digunakan pada *thickness gauge* Divisi HSM PT. Krakatau Steel disimpan dalam *source holder* dengan jendela (*shutter*) yang dapat dibuka dan ditutup dengan bantuan *Pneumatic system* (menggunakan angin). *Source holder* diletakkan di dalam *C-frame* bagian atas (sebagai *source*), sedangkan *detector* yang berupa *ionization chamber* bersama dengan *pre-amplifier*, *high voltage supply* diletakkan di bawah *C-frame*.

Pada saat pengukuran ketebalan lembaran baja (*steel strip*), radiasi yang telah diattenuisikan oleh ketebalan *strip* akan dideteksi oleh *ionization chamber* dan akan menghasilkan arus listrik yang sangat kecil.

Arus listrik ini akan dikonversikan ke tegangan listrik dan di perkuat oleh *pre-amplifier*. Selanjutnya tegangan yang dikeluarkan dari *pre-amplifier* ini akan dikonversikan untuk menentukan tebal strip yang diukur.

Prinsip kerja pengukuran:



Gambar 9. Prinsip Kerja Sinar Radioaktif



Pada saat pengoperasian, *C-frame* dapat digerakkan maju ke depan atau kebelakang dengan bantuan motor penggerak. Posisi parkir *C-frame* berada pada 3 tempat, yaitu *parking position*, *stand-by position* dan *centre position*. Bila *C-frame* berada di *parking position*, secara otomatis *shutter* akan tertutup, kecuali ada intervensi lain dari petugas *maintanance*.

Jika *C-frame* berada di *stand-by position*, *thickness gauge* akan melakukan pengaturan posisi secara otomatis (*automatic zero adjustment*) dan selanjutnya *shutter* tertutup secara otomatis kecuali ada intervensi dari petugas *maintanance*. Pengukuran tebal *strip* pada saat operasi akan dilaksanakan pada *center position*, sehingga secara otomatis akan terbuka.

c. *Area Hot Strip Past Mill (HSPM)*

Sumber radioaktif berupa isotop Am-241 yang digunakan pada *thickness gauge* Divisi HSM PT. Krakatau Steel disimpan dalam *source holder* dengan jendela (*shutter*) yang dapat dibuka dan ditutup dengan bantuan *Pneumatic system* (menggunakan angin). *Source holder* diletakkan di dalam *C-frame* bagian atas (sebagai *source*), sedangkan *detector* yang berupa *ionization chamber* bersama dengan *pre-amplifier*, *high voltage supply* diletakkan di bawah *C-frame*.

Pada saat pengukuran ketebalan lembaran baja (*steel strip*), radiasi yang telah diattenuisikan oleh ketebalan *strip* akan dideteksi oleh *ionozation chamber* dan akan menghasilkan arus listrik yang sangat kecil.

Arus listrik ini akan dikonversikan ke tegangan listrik dan di perkuat oleh *pre-amplifier*. Selanjutnya tegangan yang dikeluarkan dari *pre-amplifier* ini akan dikonversikan untuk menentukan tebal strip yang diukur.

Pada saat pengoperasian, *C-frame* dapat digerakkan maju ke depan atau kebelakang dengan bantuan motor penggerak. Posisi parkir *C-frame* berada pada 3 tempat, yaitu *parking position*, *stand-by position* dan *centre position*.

Bila *C-frame* berada di *parking position*, secara otomatis *shutter* akan tertutup, kecuali ada intervensi lain dari petugas *maintanance*.

Jika *C-frame* berada di *stand-by position*, *tickness gauge* akan melakukan pengaturan posisi secara otomatis (*automatic zero adjustment*) dan selanjutnya *shutter* tertutup secara otomatis kecuali ada intervensi dari petugas *maintanance*. Pengukuran tebal *strip* pada saat operasi akan dilaksanakan pada *center position*, sehingga secara otomatis akan terbuka.

#### 6. Pengendalian Bahaya Radioaktif di Hot Strip Mill (HSM)

Seperti diketahui sumber radiasi mempunyai dampak negatif bagi kesehatan manusia sehingga perlu diadakan pengendalian antara lain sebagai berikut:

##### a. Sistem proteksi pada peralatan

Sumber radioaktif diletakkan pada *emiter house*, yaitu kotak yang kokoh dan terlindungi. Untuk menutup saluran radiasi dipakai penutup yang dapat menutup sendiri. Cara mengerakkannya dengan tuas yang terletak disamping. Penutup ini benar-benar dapat membuka dan menutup secara sempurna. Sumber radioaktif diikat di daerah yang terlindungi dan suatu gerakan yang

tidak dikehendaki dan dilindungi dengan baik. Sumber radioaktif yang berada di finishing mill diletakkan di *C-frame* sehingga lebih aman.

- b. Sistem proteksi pada operator atau lingkungan
  - 1) Dipasang lampu pengaman atau peringatan diatas lokasi pemasangan Cesium 137.
  - 2) Dipasang tanda-tanda atau poster radiasi pada lokasi penempatan sumber radioaktif sesuai dengan petunjuk keselamatan radioaktif.
  - 3) Selain pekerja radiasi tidak diperbolehkan mengoperasikan peralatan tersebut.
  - 4) Pengetahuan yang cukup dari para operator.
- c. Pemantauan paparan sinar radioaktif
  - 1) Pemantauan rutin
  - 2) Pemantauan insidental
  - 3) Pemantauan tingkat dosis paparan yang diterima pekerja
- d. Untuk hal-hal khusus seperti tindakan darurat atau *maintanance* juga harus tersedia *apron* dan *gloves* yang dilapisi Pb, demikian juga dengan lembaran Pb yang diperlukan untuk menutupi benda yang terkena kontaminasi radioaktif.

#### 7. Tenaga kerja yang berisiko

Pemanfaatan sinar radioaktif di PT Krakatau Steel segalanya dioperasikan di *control room* sehingga tenaga kerja tidak terpapar langsung sinar radioaktif. Tenaga kerja yang memiliki risiko paling tinggi hanyalah tenaga kerja yang berinteraksi langsung dengan sumber radioaktif yaitu tenaga kerja di bagian perawatan dan teknisi *instrument*. Risiko paling tinggi terjadi pada saat dilakukan

perawatan dan perbaikan sedangkan di saat lain pekerjaan yang biasa dilakukan tidak berhubungan langsung dengan radioaktif memiliki tingkat risiko lebih kecil dan aman untuk melakukan pekerjaan selama 8 jam kerja setiap hari karena pengendalian terhadap bahaya radioaktif sudah dilakukan dengan baik.

#### 8. Hasil Pemantauan

Jenis Sumber Radiasi : Cs 137 dan Am 241

Tanggal: 18 Maret 2009

Waktu : 10.00-selesai

Alat : *Surveymeter (Thermo eberline, type: FH 40GL)*

Tabel 1. Hasil pengukuran paparan radioaktif di DIVISI *Hot Strip Mill* (HSM)

NO.	LOKASI	PAPARAN RADIASI			
		Std.Safety	Jarak	Hasil	Kondisi
1	AREA HOT SKIN PASS MILL				
	Titik A	25000 nSv/h	100 cm	67 nSv/h	Buka
	Titik B	25000 nSv/h	300 cm	38 nSv/h	Buka
2	AREA FINISHING MILL				
	Titik C	25000 nSv/h	100 cm	108 nSv/h	Buka
	Titik D	25000 nSv/h	200 cm	1200 nSv/h	Buka
3	AREA FURNACE II				
	Titik E	25000 nSv/h	15 cm	175 nSv/h	Buka
	Titik F	25000 nSv/h	15 cm	205 nSv/h	Buka
	Titik G	25000 nSv/h	15 cm	200 nSv/h	Buka
	Titik H	25000 nSv/h	15 cm	203 nSv/h	Buka

Catatan: 1 mSv = 100 mRem

mSv : mili Sievert

10.000 nSv (nano Sievert) = 1 mRem

## 9. Evaluasi Dosis Radiasi

Evaluasi dosis radiasi terhadap pekerja radiasi dilakukan dengan menggunakan *film badge*. Alat ini dijepitkan pada pakaian pekerja yang berhubungan dengan sumber radioaktif, baik di dada maupun dipinggang. Di dalam *film badge* terdapat beberapa logam yang berfungsi menyaring (filtrasi) sinar radioaktif yang terpancar di medan radiasi sebelum di terima oleh negatif *film badge*. Setiap sebulan sekali *film badge* harus dievaluasi hasilnya oleh BATAN untuk mengetahui dosis yang diterima tenaga kerja selama 1 bulan. Jika *film badge* tidak dibaca lebih dari 3 bulan setelah digunakan maka akan melampaui masa kadaluarsa dan tidak dapat dibaca hasilnya.

### **B. Pembahasan**

Diperoleh dari hasil pengamatan di divisi *Hot Strip Mill* (HSM), dalam urutan proses produksi terdapat beberapa area produksi yang menggunakan sumber radioaktif untuk memperlancar jalannya proses produksi. Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa sumber radioaktif memiliki sifat-sifat tertentu dan bahaya atau efek negatif bagi kesehatan tubuh manusia. Oleh karena itu PT. Krakatau Steel menjalankan manajemen keselamatan radioaktif yang meliputi tindakan-tindakan proteksi dan pengendalian bahaya radioaktif, antara lain sebagai berikut:

#### 1. Perizinan:

Demi keselamatan, keamanan, ketentraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat serta perlindungan terhadap lingkungan hidup, pemanfaatan tenaga nuklir dilakukan secara tepat dan hati-hati serta ditujukan untuk maksud damai

dan keuntungan bagi kesejahteraan dan kemakmuran rakyat harus lebih besar dari risiko yang ditimbulkan. Untuk itu setiap kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir harus diatur dan diawasi dengan sangat ketat mengingat potensi bahaya yang ditimbulkannya baik untuk pekerja radiasi, masyarakat maupun lingkungan hidup (BAPETEN, 2003).

Dalam Undang-Undang No. 10 tahun 1997 tentang ketenaganukliran, ditetapkan antara lain; pasal 4 ayat (1) menyebutkan bahwa Pemerintah membentuk Badan Pengawas yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Presiden, yang bertugas melaksanakan pengawasan terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir, selanjutnya di dalam ayat (2) menyebutkan bahwa untuk melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud pada ayat (1), Badan Pengawas menyelenggarakan peraturan, perizinan dan inspeksi. PT Krakatau Steel telah mengajukan perizinan yang telah disetujui untuk memanfaatkan sumber radioaktif. Perizinan tersebut terdiri dari:

a. Perizinan pemanfaatan zat radioaktif

Sebelum menggunakan zat radioaktif maka suatu instansi atau semua pihak yang akan memanfaatkan zat radioaktif harus mengajukan perizinan pemanfaatan zat radioaktif. Dalam Undang-Undang No.10 tahun 1997, pasal 1 angka 4 menyebutkan definisi pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir, meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, eksport, impor, penggunaan, dekomisioning dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat.

Selanjutnya pasal 17 ayat (1) menetapkan bahwa setiap pemanfaatan tenaga nuklir wajib memiliki izin, kecuali dalam hal-hal tertentu yang diatur lebih lanjut dengan Peraturan Pemerintah. Dan Pasal 17 ayat (3) menetapkan syarat-syarat dan tata cara perizinan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan ayat (2) diatur lebih lanjut dengan Peraturan Pemerintah.

Tujuan utama sistem perizinan adalah:

- 1) Untuk mengetahui dimana saja kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir dilaksanakan di Indonesia, agar dengan demikian kegiatan tersebut dapat diawasi dan dipantau sehingga tidak timbul dampak negatif terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan kerja.
- 2) Untuk mengetahui apakah permohonan izin benar-benar mampu melaksanakan dengan aman dan selamat kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir yang direncanakannya.

Peraturan pemerintah Nomor 64 tahun 2000 tentang Perizinan Pemanfaatan Tenaga Nuklir adalah yang mengatur antara lain tentang persyaratan dan tata cara memperoleh izin, jangka waktu izin, kewajiban pemegang izin, inspeksi.

Ruang lingkup perizinan pemanfaatan tenaga kerja menurut pasal 17 ayat (1)

Undang-Undang Nomor 10 tahun 1997 meliputi:

- 1) Izin pemanfaatan tenaga nuklir untuk keperluan
- 2) Medis atau kesehatan (diagnostik, terapi, kedokteran nuklir)
- 3) Industri (radiografi, gauging, logging analisa, fluoroskopi bagasi)
- 4) Penelitian (fisika, kimia, biologi, pertanian, hidrologi dan lain-lain).

5) Izin pembangunan dan pengoperasian instalasi antara lain; irradiator, akselerator, radioterapi, produksi radioisotop, pengelolaan limbah radioaktif

b. Perizinan *import* zat radioaktif

Perizinan di buat pada saat pengusaha ingin menggunakan sumber radioaktif di *import* dari luar negeri, maka harus mengajukan perizinan ke BAPETEN terlebih dahulu.

c. Perizinan penyimpanan zat radioaktif

Pembangunan dan pengoperasian fasilitas pengumpulan, pengelompokan atau pengolahan dan penyimpanan limbah radioaktif yang dihasilkan dari penambangan bahan galian nuklir dan nonnuklit wajib memperoleh izin dari BAPETEN. Izin untuk pembangunan dan pengoperasian instalasi penyimpanan meliputi izin tapak, izin konstruksi, dan izin operasi.

Tempat penyimpanan sementara bahan bakar nuklir bekas harus memenuhi persyaratan sekurang-kurangnya yaitu lokasi bebas banjir, tahan gempa, didesain sehingga terhindar dari terjadinya kekritisasi, dilengkapi dengan peralatan proteksi radiasi, dilengkapi sistem pendingin, dilengkapi sistem pendingin, dilengkapi penahan radiasi, dilengkapi sistem proteksi fisik dan dilengkapi sistem pemantau radiasi. Tempat penyimpanan sumber radioaktif di PT Krakatau Steel yaitu di gudang penyimpanan yang telah dirancang khusus sesuai dengan persyaratan dan ketentuan yang berlaku.

d. Perizinan perlimbahan zat radioaktif

Pengelolaan limbah zat radioaktif diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 27 tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.



e. Perizinan pengangkutan zat radioaktif

Pengangkutan zat radioaktif diatur dalam Peraturan Pemerintah No.26 tahun 2002 tentang Pengangkutan Zat Radioaktif. Dalam peraturan ini yang dimaksud dengan pengangkutan zat radioaktif adalah pemindahan dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan lalulintas umum, dengan menggunakan sarana angkutan darat, air atau udara.

2. Pemantauan Area

Sumber radioaktif selalu memancarkan sinarnya yang memiliki dampak negatif bagi tubuh manusia sehingga perlu dilakukan pemantauan atau inspeksi sesuai Undang-Undang No.10 tahun 1997 pasal 20 ayat (2) bahwa inspeksi sebagaimana dimaksud ayat (1) dilaksanakan oleh inspektur yang diangkat dan diberhentikan oleh Badan Pengawas. Pemantauan area divisi *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel meliputi:

a. Pemantauan rutin

Pemantauan yang diadakan setiap sebulan sekali, pemantauan ini meliputi:

1) Pemantauan paparan radiasi di medan radioaktif

Pemantauan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat paparan radioaktif di medan radiasi di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) menggunakan surveymeter yang dikalibrasi setiap setahun sekali.

Dari pemantauan rutin ini diperoleh hasil pengukuran paparan radiasi di Divisi HSM yang meliputi 3 area antara lain:

a) *Area Hot Skin Pass Mill (HSPM)*

Pengukuran dilakukan pada dua titik pengukuran yaitu titik A dan B. Pada pengukuran di titik A dengan jarak pengukuran 100 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 67 nSv/h sedangkan hasil pengukuran di titik B dengan jarak pengukuran 300 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 38 nSv/h. Berarti tingkat paparan radiasi di area *Hot Skin Pass Mill (HSPM)* masih di bawah Nilai Batas Dosis (NBD) yang diperkenankan yaitu kurang dari 25000 nSv/h dan dapat dinyatakan aman.

b) *Area Finishing Mill*

Pengukuran dilakukan pada dua titik pengukuran yaitu titik C dan D. Pada pengukuran di titik C dengan jarak pengukuran 100 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 108 nSv/h sedangkan hasil pengukuran di titik D dengan jarak pengukuran 200 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 1200 nSv/h. Berarti tingkat paparan radiasi di area *Hot Skin Pass Mill (HSPM)* masih di bawah Nilai Batas Dosis (NBD) yang diperkenankan yaitu kurang dari 25000 nSv/h dan dapat dinyatakan aman.

c) *Area Furnace II*

Pengukuran dilakukan pada dua titik pengukuran yaitu titik E, F, G dan H. Pada pengukuran di titik E dengan jarak pengukuran 15 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 175 nSv/h, pengukuran di titik F dengan jarak pengukuran 15 cm dari sumber

radioaktif, tingkat paparan radioaktif 205 nSv/h, pengukuran di titik G dengan jarak pengukuran 15 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 200 nSv/h dan hasil pengukuran di titik H dengan jarak pengukuran 15 cm dari sumber radioaktif, tingkat paparan radioaktif 203 nSv/h. Berarti tingkat paparan radiasi di area Hot Skin Pass Mill (HSPM) masih di bawah Nilai Batas Dosis (NBD) yang diperkenankan yaitu kurang dari 25000 nSv/h dan dapat dinyatakan aman.

Untuk lebih jelasnya lihat gambar pada lampiran.

2) Pemantauan keberadaan sumber radioaktif

Pemantauan ini dilakukan dengan tujuan untuk memantau keberadaan sumber radioaktif apakah masih ada di tempatnya atau tidak. Karena sangat berbahaya jika sumber radioaktif berada di tangan orang yang tidak berhak memilikinya.

3) Pemantauan kelengkapan penunjang keselamatan radioaktif

Pemantauan ini dilakukan untuk mengetahui atau memantau keberadaan dan keadaan kelengkapan penunjang keselamatan radiasi yang meliputi tanda-tanda bahaya radioaktif, lampu peringatan adanya radioaktif dan pemakaian *film badge* bagi pekerja radiasi untuk mengevaluasi dosis radiasi yang diterima tenaga kerja.

Kelengkapan penunjang keselamatan radiasi yang berupa tanda-tanda bahaya sinar radioaktif dan lampu peringatan bahaya radiasi merupakan perwujudan dari Undang-undang No.1 tahun 1970 pasal 14 ayat 2 yaitu

“memasang dalam tempat kerja yang dipimpin, semua gambar keselamatan kerja yang diwajibkan dan semua bahan pembinaan lainnya, pada tempat-tempat yang mudah dilihat dan terbaca menurut petunjuk pengawas atau ahli keselamatan kerja”.

b. Pemantauan *insidental*

Pemantauan *insidental* adalah pemantauan yang dilakukan pada saat tertentu yaitu pada saat perawatan atau perbaikan instalasi radioaktif. Pemantauan insidental ini dilakukan menggunakan *surveymeter victoren* karena dimungkinkan tingkat paparan radiasinya lebih besar serta penggunaannya yang lebih praktis.

3. Pemeriksaan Kesehatan Pekerja Radiasi

Pemeriksaan kesehatan dilakukan untuk mengetahui adanya penyakit yang timbul akibat kerja, PT Krakatau Steel melakukan pemeriksaan kesehatan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, pasal 9 bahwa “Pemegang izin wajib melakukan pemeriksaan kesehatan pekerja sebagaimana dimaksud dalam pasal 8 ayat 3 huruf a, pada saat; sebelum bekerja, selama bekerja dan akan memutuskan hubungan kerja. Pemeriksaan kesehatan yang telah dilakukan di PT Krakatau Steel bagi pekerja radiasi adalah sebagai berikut:

a. Pemeriksaan kesehatan sebelum bekerja

Pemeriksaan kesehatan awal sebelum bekerja, dilaksanakan untuk menilai kesehatan pekerja dan kesesuaiannya untuk melaksanakan pekerjaan yang ditugaskan padanya, dan juga untuk mengidentifikasi pekerja mana yang

memiliki kondisi yang mungkin memerlukan tindakan keselamatan selama bekerja.

b. Pemeriksaan selama bekerja

Pemeriksaan kesehatan selama bekerja secara berkala dimaksudkan untuk memastikan bahwa tidak ada kondisi klinik yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja yang timbul pada saat bekerja dengan radiasi. Sifat pemeriksaan berkala ini juga didasarkan pada tipe pekerjaan yang dilaksanakan, umur dan status kesehatan serta perilaku kesehatan pekerja. Rentang waktu pelaksanaan pemeriksaan kesehatan seperti ini umumnya sama frekuensinya dengan program pemantauan kesehatan lainnya. Selain itu, frekuensi pemeriksaan kesehatan didasarkan pada kondisi kesehatan dan tipe pekerjaan. Jika karakter pekerjaan menimbulkan potensi kerusakan kulit karena radiasi, terutama di tangan, maka daerah kulit diperiksa secara berkala. Pemeriksaan kesehatan berkala dilakukan berdasarkan Peraturan Perundangan RI No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, pasal 11 ayat 1 bahwa “ Pemeriksaan kesehatan untuk pekerja sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 huruf b wajib dilakukan secara berkala paling sedikit sekali dalam 1 tahun”.

c. Pemeriksaan kesehatan pada saat akan memutuskan hubungan kerja

Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi kesehatan terakhir pekerja, yang dapat digunakan sebagai bukti yuridis atau rujukan kesehatan untuk melaksanakan pekerjaan yang terkait dengan radiasi selanjutnya.

d. Pemeriksaan kesehatan khusus

Pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui adanya penyakit yang timbul akibat sebab-sebab khusus misalnya sinar radioaktif. Pemeriksaan kesehatan khusus ini dilaksanakan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, pasal 11 ayat 3 bahwa “ Jika perlu, pemeriksaan khusus dapat dilakukan terhadap pekerjaan tertentu”. Pemeriksaan kesehatan khusus pekerja radiasi dilakukan pada tenaga kerja yang benar-benar berhubungan langsung dengan sumber radioaktif yaitu teknisi instrument yang melakukan perawatan dan perbaikan sumber radasi. Pemeriksaan dilakukan dengan memeriksa darah tepi khususnya morfologi leukosit, eritrosit dan trombosit. Hasil pemeriksaan kesehatan khusus yang selama ini dilakukan menunjukkan bahwa tenaga kerja tidak mengalami gangguan kesehatan atau penyakit akibat kerja dari paparan sinar radioaktif sehingga dapat dikatakan aman.

4. Kedaruratan Nuklir

Kecelakaan adalah kejadian yang tidak disangka dan diduga yang bisa memungkinkan timbulnya bahaya radiasi dan kontaminasi, baik bagi karyawan yang bekerja di tempat radiasi maupun orang di sekitarnya. Kecelakaan bisa menimbulkan bermacam-macam persoalan seperti terganggunya proses produksi, kerusakan peralatan dan banyaknya waktu yang hilang (*delay time*) untuk perbaikan peralatan tersebut.

Sebagai upaya yang dilakukan terus menerus manajemen mengupayakan beberapa peralatan *surveymeter* dan *film badge*, hal ini merupakan usaha-usaha

mengatasi dan pencegahan kecelakaan. Rencana kedaruratan nuklir dilaksanakan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, pasal 53 bahwa “ Pemegang Izin wajib melaksanakan inversi terhadap terjadinya Paparan Darurat yang berasal dari fasilitas atau instalasi yang menjadi tanggung jawabnya melalui tindakan protektif dan remedial sebagaimana dimaksud dalam pasal 49 ayat 2 berdasarkan Rencana Penanggulangan Keadaan Darurat”. Guna mengantisipasi kecelakaan radiasi maka PT Krakatau Steel membuat program kesiapsiagaan nuklir. Tujuan program kesiapsiagaan nuklir adalah:

- a. Memperkecil risiko atau mengurangi konsekuensi kecelakaan pada sumber radiasi (lokasi kecelakaan).
- b. Mencegah dampak terhadap kesehatan deterministik.
- c. Mengurangi dampak kesehatan *stokastik* sekecil mungkin (efek samping).

Pelaksanaan kesiapsiagaan nuklir, jika terjadi kecelakaan pada umumnya akan dilakukan hal sebagai berikut:

- a. Melokalisir dan mencegah tersebarnya kontaminasi.
- b. Memperkirakan kontaminasi dan merencanakan operasi pembersihan.
- c. Mengurangi kontaminasi dengan menggunakan metode yang sesuai.
- d. Memperkirakan sisa kontaminasi dan menanggulangi dengan dekontaminasi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta dalam pembahasan mengenai gambaran pemanfaatan sinar radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) PT Krakatau Steel, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan sinar radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) yaitu di area *furnace*, *finishing mill* dan *Hot Skin Pass Mill* (HSPM) dapat dianggap aman karena sudah memenuhi norma K3 dan peraturan perundangan yang terkait serta mengikuti aturan yang ditetapkan oleh BAPETEN dan pabrik pembuatnya.
2. Proteksi dan pengendalian bahaya radioaktif sudah memenuhi norma K3 yaitu meliputi:
  - a. Perizinan pemanfaatan radiasi
  - b. Pemantauan area
  - c. Pemeriksaan kesehatan karyawan
  - d. Pemantauan dosis radiasi yang diterima karyawan.
  - e. Pemasangan tanda bahaya baik berupa lampu signal serta poster radiasi.
3. Hasil pengukuran tingkat paparan radioaktif di medan radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) masih berada dalam rentang paparan radiasi yang aman yaitu dibawah NBD yang diperkenankan sebesar 2,5 mRem/jam.
4. Karyawan yang bekerja di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) memiliki risiko kecil terhadap paparan sinar radioaktif, dengan hasil monitoring perorangan menggunakan *film badge* 0 mRem/bulan serta hasil pemeriksaan kesehatan khusus juga menunjukkan tidak adanya gangguan kesehatan akibat sinar radia:

52

#### **B. Saran**

1. Mengadakan evaluasi hasil pemantauan penerapan keselamatan kerja radioaktif di Divisi *Hot Strip Mill* (HSM) oleh Dinas Keselamatan Kerja setiap 1 bulan sekali sehingga penerapan



keselamatan kerja radioaktif yang sudah baik dapat dipertahankan untuk menciptakan lingkungan kerja aman dan produktif.

2. Perlunya konsistensi dalam pengadaan training dan pelatihan yang lebih rutin, dengan pembuatan jadwal pelatihan radiasi 6 bulan sekali, sehingga tenaga kerja lebih memahami bahaya radioaktif dan mengetahui pentingnya keselamatan bagi tenaga kerja, terutama nilai kepatuhan terhadap *safety* program.
3. Mengadakan penyuluhan pemakaian alat *monitoring personal (film badge)* setiap 1 bulan sekali untuk meningkatkan kesadaran pekerja yang berhubungan langsung dengan sumber radiasi terhadap pemakaian alat *monitoring personal*.
4. Pemeriksaan kesehatan khusus seperti pemeriksaan darah tepi bagi pekerja radiasi setiap 3 bulan sekali untuk mencegah terjadinya penyakit akibat kerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN), 2003. *Penyuluhan Peraturan Perundangan Keselamatan Nuklir*. Jakarta: BAPETEN.
- - - - -, 2008. *Himpunan Peraturan Perundangan Ketenaganukliran*. Jakarta: BAPETEN.
- Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN), 1997. *Alat Ukur Radiasi*. Pelatihan Ulang Proteksi Radiasi. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Hendaryah Sutanto, 1997. *Proteksi Radiasi dan Penerapannya dalam Bidang Industri*. Pelatihan Ulang Proteksi Radiasi. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Heru Subaris dan Haryono, 2008. *Hygiene Lingkungan Kerja*. Yogyakarta: Mitra Cendikia.
- John Ridley, 2003. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Jakarta: Erlangga.
- Kunto Wiharto, 1997. *Efek Radiasi Bagi Manusia*. Pelatihan Ulang Proteksi Radiasi. Jakarta: Badan Tenaga Atom Nasional.
- Muhammad Arief T.Q, 2003. *Metodologi Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*. Klaten: Perhimpunan Pemandirian Masyarakat Indonesia.