



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA SMELTER TIMAH**  
(Kajian Pengelolaan Limbah yang Mengandung Bahan Radioaktif Smelter Timah  
di Kota Pangkalpinang )

With a Summary in English  
**MANAGEMENT OF WASTE RADIOACTIVE IN TIN SMELTER**  
(Study of Management of Waste Containing Radioactive Substance from Tin  
Smelter in Pangkalpinang City)

TESIS

Muhamad Ansari  
NPM: 0706191801

JENJANG MAGISTER  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
JAKARTA, JULI 2009





UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA SMELTER TIMAH**  
(Kajian Pengelolaan Limbah yang Mengandung Bahan Radioaktif Smelter Timah  
di Kota Pangkalpinang)

Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar



MAGISTER DALAM  
ILMU LINGKUNGAN

Muhamad Ansari  
NPM: 0706191801

JENJANG MAGISTER  
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
JAKARTA, JULI 2009



## Halaman pengesahan Tesis

Judul Tesis: PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA SMELTER TIMAH  
(Kajian Pengelolaan Limbah yang Mengandung Bahan Radioaktif  
Smelter Timah di Kota Pangkalpinang)

**Tesis ini telah kami disetujui dan disahkan oleh Komisi Penguji Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Indonesia pada 17 Juli 2009 dan telah dinyatakan LULUS ujian komprehensif dengan yudisium SANGAT MEMUASKAN**

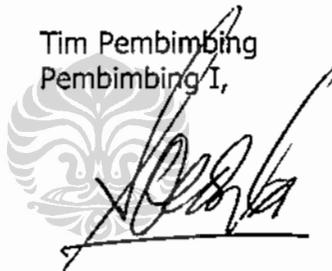
Jakarta, ... Juli 2009

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Ilmu Lingkungan



Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA

Tim Pembimbing  
Pembimbing I,



Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi.

Pembimbing II,



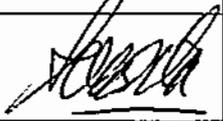
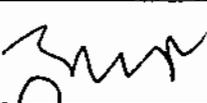
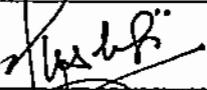
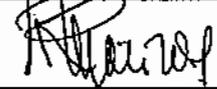
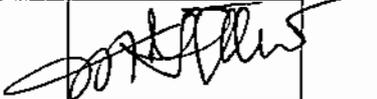
Dr. Ir. Soemarno Witoro Soelarno, MSi.



## Halaman Pengesahan oleh Komisi Penguji

Nama : Muhamad Ansari  
NPM/Angkatan: 0706191801/XXVI  
Kekhususan : Proteksi Lingkungan  
Judul : Pengelolaan Limbah Radioaktif pada Smelter Timah  
(Kajian Pengelolaan Limbah yang Mengandung Bahan Radioaktif  
Smelter Timah di Kota Pangkalpinang)

### Komisi Penguji Tesis

No.	Nama Lengkap & Gelar Akademik	Keterangan	Tanda Tangan
1.	Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA	Ketua Sidang	
2.	Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, M.Si	Sekretaris Sidang/ Pembimbing	
3.	Dr. Ir. Soemarno W. Soelarno, M.Si	Pembimbing	
4.	Prof. Dr. R.T.M. Sutamihardja, M.Ag, Chem	Penguji Ahli	
5.	Prof. Dr. Ir. Roekmijati W. Soemantojo, M.Si	Penguji Ahli	
6.	Dr. Ir. Moh. Hasroel Thayib, APU	Penguji Ahli	



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhamad Ansari

Tempat/Tanggal Lahir : Manokwari, 26 Desember 1974

Jenis Kelamin : Laki-laki

Alamat : Kampung Mentengan, RT/RW 003/003,  
Kelurahan Kemiri Muka, Beji, Depok, Jawa Barat

### Pendidikan

1990 – 1993 : SMA Negeri 1/413 Sorong

1993 - 2000 : Jurusan Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknologi Mineral  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"  
Yogyakarta

### Pekerjaan

2003 – sekarang : Pegawai Negeri Sipil  
Direktorat Jenderal Mineral, Batubara dan Panas Bumi  
Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral





## ABSTRAK

Paradigma baru dalam pengelolaan dan perkembangan industri pertimahan di Provinsi Bangka Belitung telah memunculkan perusahaan-perusahaan yang melaksanakan pemurnian bijih timah. Dalam proses pemurnian bijih timah hingga menjadi logam timah juga menghasilkan *slag* timah yang mengandung unsur radioaktif. *Slag* yang dihasilkan dikategorikan sebagai TENORM. Data pengukuran radioaktivitas yang dilakukan dalam penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *slag* yang dihasilkan mengandung unsur radioaktif melebihi batas yang telah ditentukan. Berdasarkan rekomendasi dari *Basic Safety Standard* yang dikeluarkan oleh *International Atomic Energy Agency (IAEA)*, batas tindakan penanganan TENORM apabila konsentrasinya  $\geq 1000 - 10.000$  Bq/kg atau mempunyai paparan radiasi gamma  $\geq 50 \mu\text{R}/\text{jam}$ . Jika konsentrasi unsur radioaktif dalam TENORM telah memenuhi batasan tersebut maka TENORM harus dikendalikan sebagaimana halnya limbah radioaktif. Dengan kondisi tersebut berdasarkan ketentuan peraturan perundangan, pengelolaan terhadap *slag* yang dihasilkan wajib memiliki izin pemanfaatan tenaga nuklir. Penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perusahaan *smelter* timah sehingga belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif dan membandingkan kinerja *smelter* timah dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif. Secara umum penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi dan membandingkan kinerja *smelter* dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif ramah lingkungan.

Kata kunci: (*slag*, TENORM, radioaktif, izin)



## ABSTRACT

The new paradigm in the management and development on tin industry in Bangka Belitung Province has made the emergence of companies whose business is in the management and purification of tin ore. On the other hand, the process of the processing and purification of tin ore into tin metal also produce byproduct such as among others monasite, ilmenite, and slag which contain radioactive elements. Category of produced *slag* is TENORM. Radioactivity measurement data from the previous research indicates that the slag produced contains radioactive elements exceeding the established limit. Based on the recommendations from basic Safety Standard issued by IAEA, the limit for management of TENORM is if the concentration is  $\geq 1000 - 10.000$  Bq/kg or it has gamma-radiation exposure  $\geq 50$   $\mu$ R/hour. If concentration of radioactive elements exceeding the established limit of TENORM, It must be controlled in the same manner as in controlling radioactive wastes. Given the condition, pursuant to laws and regulations the management of produced slag requires a licence for utilization of nuclear energy. This research identifies factors influencing the activities of tin smelter which makes the management of waste and compare the performance of tin smelter in managing the waste containing radioactive elements are not yet properly conducted. This research has the objective to analyze factors influencing and compare the performance of tin smelter, environmentally-friendly in managing the waste containing radioactive elements from tin smelters.



Keywords: (slag, TENORM, radioactive, licence)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kasih sayang-Nya, hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulisan tesis dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia.

Adapun judul penelitian ini adalah:

### **PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA SMELTER TIMAH**

#### **(Kajian Pengelolaan Limbah yang Mengandung Bahan Radioaktif Smelter Timah di Kota Pangkalpinang)**

Penulis tertarik untuk mengkaji hal ini karena dalam proses pengolahan dan pemurnian bijih timah selain menghasilkan logam timah ternyata menghasilkan limbah padat yang mengandung bahan radioaktif. Limbah padat yang dihasilkan belum dikelola dengan baik. Pada dasarnya limbah padat tersebut masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan produk lain. Dengan adanya pengelolaan limbah padat tersebut sebagai bahan baku maka manfaat-manfaat yang dapat diperoleh antara lain: dalam bidang ekonomi adalah penghematan sumber daya alam, khususnya mineral, untuk kepentingan nasional mengingat mineral radioaktif memiliki nilai strategi; dalam bidang sosial adalah terbukanya kesempatan kerja; dalam bidang teknologi diharapkan akan meningkatkan kemampuan sumber daya manusia dalam pengelolaan sumber-sumber radioaktif; dalam bidang lingkungan dapat mencegah terjadinya pencemaran sehingga kualitas lingkungan tetap terjaga.

Penelitian ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih, terutama kepada:

1. Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi. sebagai Pembimbing I, yang telah membimbing dan memberikan motivasi untuk terus 'maju'.

2. Dr. Ir. Soemarno Witoro Soelamo sebagai Pembimbing II, yang telah membimbing dan membekali wawasan keilmuan yang terkait dengan pengelolaan sumber daya mineral.
3. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA, sebagai Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan, atas kesediaan untuk selalu menambah wawasan dan dukungannya.
4. Tim Sekretariat PSIL UI, yang telah memberikan dukungan moril dan administrasi.
5. Istri dan Keluarga Tercinta, Terima Kasih.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik dan para pihak yang terkait dengan pengelolaan sumber daya alam khususnya mineral. Penulis menghargai segala masukan dan saran dari pembaca.

Jakarta, Juli 2009

Muhamad Ansari



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
RINGKASAN	xvi
<i>SUMMARY</i>	xix
<b>1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	7
<b>2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>8</b>
2.1. Kerangka Teoritik	8
2.1.1. Fungsi Manajemen	8
2.1.2. Perilaku Manusia dalam Pengelolaan Lingkungan	9
2.1.3. Paradigma Industri dan Lingkungan	14
2.1.4. Pengelolaan Lingkungan Pertambangan	16
2.1.5. Proses Pengolahan dan Pemurnian Bijih Timah	20
2.1.6. Bahan Radioaktif dari Kegiatan Non Nuklir	24
2.1.7. Pengelolaan Limbah Radioaktif	25
2.1.8. Pencegahan Terhadap Radiasi	31
2.1.9. Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan	35
2.2. Kerangka Berpikir	38
2.3. Kerangka Konsep	39
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	<b>40</b>
3.1. Pendekatan dan Metode Penelitian Secara Umum	40
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.3. Populasi dan Sampel Penelitian	41
3.4. Variabel Penelitian	41
3.5. Data Penelitian	42
3.6. Metode Analisis Data	42
<b>4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>45</b>
4.1. Hasil Penelitian	45
4.2. Keterbatasan Penelitian	45
4.3. Faktor-Faktor Berpengaruh	46
4.4. Kewajiban Smelter Timah	53
4.5. Solusi Alternatif	76
<b>5. KESIMPULAN</b>	<b>80</b>
DAFTAR KEPUSTAKAAN	81
LAMPIRAN	84

## DAFTAR TABEL

Tabel	1. Frekuensi terjadinya dampak lingkungan dari 66 kegiatan pertambangan	17
	2. Kadar radionuklida alam di kawasan tambang timah di Pulau Bangka	25
	3. Hasil Inspeksi BAPETEN di PT Timah Tbk	26
	4. Hasil Inspeksi BAPETEN di PT Koba Tin	27
	5. Persentase penerimaan dosis efektif individu berdasarkan jalur paparannya	35
	6. Metode untuk mencapai tujuan penelitian	40
	7. Matriks variabel penelitian dan definisi operasional	42
	8. Nama, sumber, sifat, waktu pengambilan dan metode pengumpulan data penelitian	42
	9. Tujuan penelitian dan metode analisis data	43
	10. Faktor-faktor yang berpengaruh selain sosialisasi dan PPR	45
	11. Ekspor timah Indonesia menurut negara tujuan, Januari-Juli 2008	48
	12. Perkembangan harga bahan bakar minyak (BBM) dalam negeri Tahun 1980 – 2008	52
	13. Kuota BBM berdasarkan APBN perubahan untuk Provinsi Bangka Belitung tahun 2006 – 2008	53
	14. Jenis Kewajiban Pemegang Izin BAPETEN dan Pembobotan	54
	15. Hasil pembobotan untuk PT. Bangka Putra Karya, PT. Bukit Timah, PT. DS Jaya Abadi, dan PT. Donna Kembara Jaya	55
	16. Hasil pembobotan untuk PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin	55
	17. Pelaksanaan kewajiban smelter timah sebagai pemegang izin BAPETEN	55
	18. Data PPR Industri di Provinsi Bangka Belitung	58
	19. Sektor dengan lima angka pengganda terbesar	59
	20. Rekapitulasi Stock Taking Mineral Ikutan PT. Timah Tbk Tahun 2002-2006	68
	21. Inventory Card Mineral Ikutan PT. Koba Tin Per 30 September 2007	68
	22. Data Kecelakaan Januari-Oktober 2008 Karyawan PT. Koba Tin	69
	23. Status Izin Pemanfaatan Bahan Nuklir di Kota Pangkalpinang s.d. Juni 2007	70
	24. Hasil evaluasi terhadap perusahaan smelter pemohon izin pemanfaatan	71
	25. Dampak ekstraksi bijih tambang dan pengolahan limbah industri	73
	26. Industri non-nuklir yang dapat mengakibatkan dampak radiologi terhadap lingkungan	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	1. Diagram alir pengolahan bahan galian timah di wilayah Pertambangan PT. Koba Tin	21
	2. Diagram alir peleburan bijih timah di wilayah pertambangan PT. Koba Tin	22
	3. Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan dan pemurnian bijih timah yang mengandung unsur radioaktif berpotensi mencemari lingkungan	23
	4. Situasi timbunan slag di PT. Koba Tin	29
	5. Hirarki pengelolaan limbah	30
	6. Model lintas transfer radionuklida dalam ekosistem	33
	7. Diagram alir proses peleburan konsentrat tembaga di PT. Smelting Gresik	37
	8. Kerangka konsep penelitian	39
	9. Peta Kabupaten dan Kota di Pulau Bangka	41
	10. Diagram alir produksi timah PT. Donna Kembara Jaya	47
	11. Grafik harga timah putih di bursa London	52
	12. Penempatan slag di PT. Donna Kembara Jaya dan PT. Bangka Putra Karya	57
	13. Pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri yang sesuai	70

## DAFTAR SINGKATAN

AMDAL	Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
APBN	Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara
BAPETEN	Badan Pengawas Tenaga Nuklir
BATAN	Badan Tenaga Atom Nasional
BBM	Bahan Bakar Minyak
Bi	Bismut
BPH	Badan Pengatur Hilir
BPLH	Badan Pengelola Lingkungan Hidup
BPK	Badan Pemeriksa Keuangan
Bq	<i>Bacquerel</i>
BSS	<i>Basic Safety Standard</i>
BUMD	Badan Usaha Milik Daerah
BUMN	Badan Usaha Milik Negara
Ce	<i>Cerium</i>
Ci	Curie
CSR	<i>Corporate Social Responsibility</i>
CV	<i>Commanditaire Vennotschaf</i>
EIP	<i>Eco-Industrial Park</i>
ESDM	Energi dan Sumber Daya Mineral
Fe	<i>Ferrum</i>
FKKL	Forum Koordinasi Keamanan Laut
Ha	Hektar
HG	<i>High Grade</i>
I	Iodium
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
ICRP	<i>International Commission on Radiological Protection</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
Keppres	Keputusan Presiden
Kg	Kilogram
KK	Kontrak Karya
KL	Kilo Liter
KLH	Kementerian Lingkungan Hidup

KLTM	<i>Kuala Lumpur Tin Market</i>
KP	Kuasa Pertambangan
K3LH	Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup
La	<i>Lantanum</i>
LG	<i>Low Grade</i>
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
LME	<i>London Metal Exchange</i>
M	Meter
MI	Mineral Ikutan
Migas	Minyak dan Gas
NBD	Nilai Batas Dosis
No	Nomor
NORM	<i>Naturally Occuring Radioactive Material</i>
O	<i>Oxygen</i>
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assesment Series</i>
P	<i>Phospor</i>
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa
Permen	Peraturan Menteri
Perpres	Peraturan Presiden
POAC	<i>Planning, Organizing, Actuating and Controlling</i>
PPBT	Pusat Pengolahan Bijih Timah
PPR	Petugas Proteksi Radiasi
PT	Perseroan Terbatas
Pusmet	Pusat Metalurgi
Ra	<i>Radium</i>
Rem	<i>Roentgent equivalent of man</i>
RI	Republik Indonesia
RKL	Rencana Pengelolaan Lingkungan
Rp	Rupiah
RPL	Rencana Pemantauan Lingkungan
SCBDP	<i>Sustainable Capacity Building For Decentralization Project</i>
Si	<i>Silicon</i>
Sn	<i>Stannum</i>
Sv	Sievert



Tbk	Terbuka
TENORM	<i>Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material</i>
Th	<i>Thorium</i>
Ti	<i>Titanium</i>
T2PT	Tim Terpadu Penataan Timah
U	<i>Uranium</i>
UNSCEAR	<i>United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
US-EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
YTC	<i>Yunan Tin Company</i>
Zr	<i>Zirconium</i>



## RINGKASAN

**Program Studi Ilmu Lingkungan  
Program Pascasarjana Universitas Indonesia  
Tesis, Juli 2009**

- A. Nama : Muhamad Ansari
- B. Judul tesis : PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA SMELTER TIMAH  
(Kajian Pengelolaan Limbah yang Mengandung Bahan Radioaktif Smelter Timah di Kota Pangkalpinang)
- C. Jumlah halaman : Halaman permulaan, 20; halaman isi, 80; Tabel, 26, Gambar, 13.

### Isi Ringkasan:

Jumlah logam timah yang diproduksi oleh PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara produsen timah terbesar di dunia pada tahun 2005. Selain Indonesia negara produsen terbesar lainnya adalah Yunnan Tin Company (YTC) di China, Minsur SA di Peru, dan Thaisarco di Thailand.

Kegiatan pertambangan PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin merupakan kegiatan terpadu yang meliputi eksplorasi, penambangan, pengolahan, peleburan dan penjualan. Perusahaan telah memperoleh sertifikat ISO 9001:2000 untuk sistem manajemen mutu, ISO14001:2004 untuk sistem manajemen lingkungan dan OHSAS 18001:1999 untuk keselamatan dan kesehatan kerja.

Walaupun PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin telah memiliki sertifikat dimaksud namun berdasarkan hasil pemeriksaan Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) pada PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin diketahui bahwa pengelolaan mineral ikutan berunsur radioaktif dan *slag* II pada PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin kurang memadai, paparan radioaktif di unit metalurgi mencapai taraf di atas ambang batas, dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang membahayakan manusia dan pencurian terhadap mineral berunsur radioaktif. Hal tersebut terjadi karena Direksi PT. Timah Tbk belum melaksanakan seluruh ketentuan yang terkait dengan pengamanan limbah yang mengandung unsur radioaktif, belum melaksanakan rekomendasi Audit Lingkungan Tahun 1995, belum menindaklanjuti seluruh rekomendasi hasil inspeksi Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA), serta Direksi PT. Koba Tin belum memberikan perhatian penuh atas pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif.

Sejalan dengan dugaan beroperasinya *smelter-smelter* tanpa area KP, maka patut dipertanyakan lebih lanjut mengenai pengelolaan mineral ikutan berunsur radioaktif dan *slag* yang dihasilkan oleh pihak-pihak lain di luar PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin. Pengamatan fisik menunjukkan bahwa pada lahan milik pihak lain tidak menunjukkan adanya upaya pengelolaan lingkungan, sehingga dapat

diindikasikan bahwa pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif tidak mencukupi dari sisi keamanannya. Hal ini dipandang berbahaya bagi kelangsungan hidup dan kesehatan manusia, serta kelestarian lingkungan hidup. Berdasarkan uraian tersebut maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah: **masih banyak *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan padahal telah memperoleh izin BAPETEN.**

Tujuan penelitian ini adalah untuk: (1) mengetahui faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan Petugas Proteksi Radiasi (PPR) yang berpengaruh sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan; (2) mengetahui apakah *smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif; dan (3) menganalisis suatu solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada *smelter* timah yang ramah lingkungan. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk: (1) memberikan informasi tentang faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan; (2) memberikan informasi tentang pelaksanaan kewajiban-kewajiban *smelter* timah sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif; (3) memberikan hasil analisis terhadap solusi alternatif dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif yang ramah lingkungan; dan (4) memberikan sumbangan pada pengembangan ilmu lingkungan dan ilmu-ilmu lainnya yang terkait.

Pendekatan penelitian ini adalah kuantitatif. Bentuk penelitian menurut taraf analisisnya adalah penelitian deskriptif. Secara umum metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian pertama dan kedua adalah: Studi literatur, Kuisisioner, tabulasi, komparasi, dan analisis deskriptif. Untuk menjawab tujuan penelitian ketiga digunakan metode studi literatur dan analisis deskriptif.

Hasil dari kuisisioner menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan selain sosialisasi dan PPR adalah teknologi pengolahan yang efisien dan biaya bahan bakar. Berdasarkan data yang diperoleh dan hasil perbandingan diketahui bahwa *smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin dari BAPETEN.

Terkait dengan pengelolaan limbah yang dilakukan oleh *smelter* lain, seperti pernyataan yang diungkapkan oleh salah seorang pejabat Dinas Kesehatan Provinsi Bangka Belitung di media massa nasional tahun 2006 bahwa limbah bekas pengolahan dan peleburan timah tak terurus dengan baik. Selanjutnya menurut laporan BPK tahun 2008 bahwa ada indikasi *smelter-smelter* timah beroperasi tanpa sumber produksi dan komitmen program pengelolaan lingkungan yang jelas

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengelolaan limbah yang mengandung mineral berunsur radioaktif pada kegiatan smelter timah selain sosialisasi dan PPR adalah teknologi pengolahan yang efisien dan bahan bakar (energi).
2. *Smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif dari BAPETEN.
3. Solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada *smelter* timah yang ramah lingkungan adalah perlu didorong dan dikembangkan suatu industri yang memanfaatkan limbah yang mengandung bahan radioaktif sebagai bahan baku untuk proses produksinya, memperhitungkan biaya pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif dalam harga jual timah per kilogram atau ton, dan pengadaan program pendidikan dan pelatihan bagi calon PPR.

Berdasarkan kesimpulan penelitian tersebut di atas, terkait dengan pemanfaatan limbah saran peneliti adalah:

1. Perlu kajian lebih lanjut tentang pemanfaatan *slag* timah sebagai bahan baku bagi industri lain.
2. Perlu dilaksanakan sosialisasi terpadu terkait dengan pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif, yang melibatkan berbagai instansi dalam pembinaan dan pengawasan *smelter* timah.

**Daftar Kepustakaan: 45 (dari tahun 1990 sampai 2009)**



## SUMMARY

**Environmental Science Study Program  
Postgraduate Study University of Indonesia  
Thesis, July 2009**

- A. Name : Muhamad Ansari
- B. Title : MANAGEMENT OF WASTE RADIOACTIVE IN TIN SMELTER  
(Study of Management of Waste Containing Radioactive  
Substance from Tin Smelter in Pangkalpinang City)
- C. Number of pages : Opening pages, 20; content, 80; Tables, 26, Figures, 13.

### Summary:

The amount of tin product by PT. Timah Tbk and PT. Koba Tin made Indonesia one largest tin producers in the world in 2005. Besides Indonesia, other largest tin producers are, among others, Yunnan Tin Company (YTC) in China, Minsur SA in Peru, and Thaisarco in Thailand.

The mining activities of PT. Timah Tbk and PT. Koba Tin are integrated ones which include exploration, mining, processing, smelting, and selling. The company has obtained ISO9001:2000 for quality management system, ISO14001:2004 for environmental management system and OHSAS 18001:1999 for occupational health and safety.

Even though the smelters operated by PT. Timah Tbk and PT. Koba Tin have the certificates, the result of the investigation conducted by State Audit Board (BPK) on PT. Timah Tbk and PT. Koba Tin shows that the processing of minerals byproducts with radioactive elements and slag II in PT. Timah Tbk and PT. Koba Tin are not proper, the radioactive exposure to the unit of metallurgy reaches a level higher than the threshold, which may cause pollution to the environment and endangers human and there is theft of those minerals containing radioactive elements. It happens because the Board of Directors of PT. Timah Tbk has not performed some of the provisions concerning the securing of waste with radioactive elements, has not implemented the recommendations of 1995 Environmental Audit, has not done any follow-up the recommendations which are result of inspection conducted by Nuclear Energy Supervisory Agency (BAPETEN) and International Atomic Energy Agency (IAEA), nor has the Board of Directors of PT. Koba Tin given full attention to the management of waste containing radioactive elements.

In line with the allegation made to the smelters which are operated without KP areas, it is worth further inquiring about the management of byproduct minerals containing radioactive elements and slag produced by other parties outside PT. Timah Tbk and PT. Koba Tin. Physical observation shows that in the land belonging to those other parties there is no indication of effort to manage the environment, thus, it can be assumed that the management of waste containing radioactive elements does not have sufficient safety element yet. This is

perceived as dangerous to the life and the health of human beings and the conservation of the environment. Based on that description, the problem to be discussed in this research is that **there are a lot of tin smelter activities which do not manage their waste containing radioactive elements in accordance with the principle of environmental management despite the fact that they have obtained the licence from BAPETEN.**

The object of the research are: (1) to know others factors besides socialization and Radiation Protection Officers (PPR) which make the tin smelters do not manage the waste which contain radioactive elements in accordance with the principle of environmental management; (2) to know tin smelters that have licence has requires in managing waste containing radioactive elements; and (3) to analyze the alternative solutions, environmentally-friendly in managing the waste containing radioactive elements in tin smelters. The result of the research are expected to be useful: (1) to give information regarding factors besides socialization and PPR which make tin smelters do not manage the containing radioactive elements in accordance with the principle of environmental management; (2) to give information regarding the tin smelters that have licence in managing waste containing radioactive elements; (3) to give the result of analyze the alternative solutions of tin smelters, environmentally-friendly in managing waste containing radioactive elements; and (4) to give contributions to the development of environmental science and other relevant sciences.

This research uses quantitative approach. The form of the research according to its level of analysis is descriptive research. Generally, the methods used to answer the first and second objective of the research are literature research, questionnaire, tabulation, comparison, and descriptive analysis. To answer the third objective literature research and descriptive analysis are used.

The result of the questionnaire shows that other factors which may make the tin smelters do not manage the waste containing radioactive elements in accordance with the principle of environmental management are the efficient processing technology and fuel cost. Based on the data obtained and result of compare it known that tin smelter has done requires the licence from BAPETEN.

Related with waste management other smelter, it was revealed by official of health office of Bangka Belitung Province at mass media in 2006, that tin waste disposal was not managed well. According to BPK report in 2008, that there was indication tin smelters operated without production resource and environment management program.

Based on the research above, some conclusions can be drawn as follows:

1. Other factors influential in managing waste containing mineral with radioactive elements in the activities of tin smelters are efficient processing technology and fuel (energy), besides socialization and PPR.
2. Tin smelters which have the licence from BAPETEN has done requires the licence in managing the waste containing radioactive elements.
3. Alternative solution in the management of waste containing radioactive element in tin smelter which are environmentally-friendly is by encouraging the emergence of industry which makes use the waste containing radioactive

materials as the raw materials in the production process, by taking into account the cost of management of waste containing radioactive elements in the determination of the sale price of tin per kilogram or ton, and by providing education and training program for prospective Radiation Protection Officers (PPR).

According to the research, researcher suggested:

1. Its necessary to do continuing study about tin project using as raw material for another industry.
2. Its necessary to do integrated socialization about radioactive waste management which engaged with institutes for tin smelter development and control.

**Bibliography: 45 (from 1990 to 2009)**



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jumlah logam timah (Sn) yang diproduksi oleh PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara produsen timah terbesar di dunia pada tahun 2005. Selain Indonesia negara produsen terbesar lainnya adalah China, Peru, Malaysia, dan Thailand.

Di China, Yunnan Tin Company (YTC) sebagai perusahaan yang memproduksi logam timah terbesar dengan jumlah produk antara 40.000-45.000 ton. Selain Yunnan Tin terdapat juga perusahaan lain seperti Yunnan Chengfeng, Liuzhou China Tin, dan Gejui Zi-Li yang masing-masing memproduksi logam timah antara 10.000-15.000 ton pada tahun 2005 (Ausmelt, 2008).

Dalam proses produksinya YTC melibatkan 474 orang tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu dan didukung oleh peralatan yang lengkap. YTC juga telah memperoleh sertifikat ISO 9001:2000 pada tahun 1998 untuk sistem manajemen mutu, dan ISO 14001 pada tahun 2004 untuk sistem manajemen lingkungan.

Di Peru, Minsur SA pada tahun 2005 memproduksi logam timah antara 35.000-40.000 ton, telah menempatkan Peru sebagai negara produsen timah terbesar ketiga setelah China dan Indonesia.

Di Thailand, Thaisarco merupakan perusahaan yang memproduksi logam timah dengan jumlah produksi antara 30.000-35.000 ton pada tahun 2005. Perusahaan memiliki kebijakan konservasi lingkungan, pencegahan atau meminimalkan emisi yang dihasilkan dari proses produksi. Thaisarco telah memperoleh sertifikat ISO 9001:2000 pada tahun 2000 untuk sistem manajemen mutu, dan ISO 14001 pada tahun 2002 untuk sistem manajemen lingkungan.

Di Indonesia, total produksi logam timah yang dihasilkan oleh PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin antara 60.000-65.000 ton, telah menempatkan Indonesia sebagai negara produsen terbesar kedua setelah China.

PT. Timah Tbk beroperasi melalui mekanisme Kuasa Pertambangan yang diterbitkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) . Sejak tahun 2003 sesuai otonomi daerah, ijin Kuasa Pertambangan dikeluarkan oleh Bupati/Walikota di wilayah operasi. Pada awalnya Kuasa Pertambangan (KP) merupakan suatu perikatan antara Pemerintah RI dengan Pemegang KP untuk mengeksploitasi cadangan sumber daya alam yang ada pada suatu wilayah. Sejak otonomi daerah, Kepala Daerah memberikan kuasanya kepada Pelaksana KP untuk mengeksploitasi dan mengelola sumber daya alam di wilayahnya. Sebagai imbalannya, Negara memperoleh bagian dari sumber daya alam dari Pelaksana KP sejumlah persentase tertentu dalam bentuk royalti dan iuran pertambangan atas sewa lahan (*landrent*). Perjanjian tersebut mencakup pula ketentuan lain yang harus ditaati oleh kedua belah pihak, misalnya terkait dengan keuangan negara, pengelolaan sumber daya alam, lingkungan hidup, ketenagakerjaan dan keselamatan kerja.

Untuk mendukung pengelolaan lingkungan, PT Timah Tbk telah menyusun Pedoman Pengelolaan Lingkungan berdasarkan ISO 14001, Tata Cara dan Tata Laksana Penambangan Timah Darat dan Laut, serta *Environmental Charter* Tahun 2003 mengenai Kebijakan Lingkungan PT Timah Tbk. Sebuah unit khusus (Unit K3LH) bertanggung jawab dan berwenang atas perencanaan, koordinasi dan pelaksanaan reklamasi/revegetasi; pemantauan berkala atas kualitas buangan dan limbah bekerja sama dengan laboratorium terakreditasi; bersama-sama dengan Kementerian Negara Lingkungan Hidup memantau implementasi Program Proper; pemantauan kualitas limbah dan buangan tambang produktif bersama dengan Inspektur Tambang Departemen ESDM; serta pemantauan berkala atas pengelolaan limbah radioaktif bersama Inspektur Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA).

PT. Koba Tin beroperasi atas dasar Kontrak Karya (KK). Kontrak karya adalah suatu perjanjian perusahaan pertambangan antara pemerintah republik Indonesia dengan perusahaan swasta asing, patungan perusahaan asing dengan indonesia dan perusahaan swasta nasional untuk melaksanakan usaha pertambangan di luar minyak gas dan bumi (hukumpedia, 2007). Kegiatan

pengusahaan pertambangan PT. Koba Tin merupakan kegiatan terpadu yang meliputi eksplorasi, penambangan, pengolahan, peleburan (*smelter*) dan penjualan, termasuk juga kegiatan studi kelayakan dan konstruksi. Perusahaan telah memperoleh sertifikat ISO 9001:2000 untuk sistem manajemen mutu, ISO14001:2004 untuk sistem manajemen lingkungan dan OHSAS 18001:1999 untuk keselamatan dan kesehatan kerja.

Dalam proses pertambangan selain memproduksi logam timah, pada proses pengolahan dan pemurnian juga menghasilkan mineral ikutan, *monazite* dan *ilmenite*, dan *slag* yang mengandung unsur radioaktif. Mineral dan *slag* tersebut selama ini belum dapat dimanfaatkan dan disimpan pada tempat dengan pengamanan khusus di bawah pengawasan BAPETEN. Kedua perusahaan telah mencoba untuk memasarkan mineral tersebut, dan telah ada negara yang bersedia untuk membeli, namun karena jumlahnya masih sedikit, kedua batuan tersebut belum dapat diekspor (KLH, 2003).

Walaupun mineral dan *slag* yang mengandung unsur radioaktif, yang dihasilkan dalam proses pertambangan PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin telah disimpan pada tempat dengan pengamanan khusus, namun berdasarkan hasil pemeriksaan Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) pada PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin diketahui bahwa pengelolaan mineral ikutan berunsur radioaktif dan *slag* II pada PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin kurang memadai, paparan radioaktif di unit metalurgi mencapai taraf di atas ambang batas, dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang membahayakan manusia dan pencurian terhadap mineral berunsur radioaktif. Hal tersebut terjadi karena Direksi PT. Timah Tbk belum melaksanakan seluruh ketentuan yang terkait dengan pengamanan limbah yang mengandung unsur radioaktif, belum melaksanakan rekomendasi Audit Lingkungan Tahun 1995, belum menindaklanjuti semua rekomendasi hasil inspeksi Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA), serta Direksi PT. Koba Tin belum memberikan perhatian penuh atas pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif.

Selain PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin, di Provinsi Bangka Belitung terdapat perusahaan-perusahaan lokal yang memproduksi logam timah. Berdasarkan data tahun 2005 terdapat 38 perusahaan lokal yang memiliki unit peleburan bijih timah dengan kapasitas produksi per tahun sebesar 245.900 ton logam timah (BPLH Provinsi Bangka Belitung, 2005).

Beroperasinya *smelter-smelter* tersebut berawal dari paradigma baru yang menyatakan bahwa timah bukan lagi komoditi ekspor yang diawasi, dengan ditetapkannya Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 146/MPP/Kep/4/1999 tentang Perubahan Lampiran Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 558/MPP/KEP/12/1998 tentang Ketentuan Umum Di Bidang Ekspor. Surat keputusan ini pada dasarnya telah dimaknai sebagai perubahan tata niaga ekspor dan berakhirnya kontrol negara atas komoditi timah.

Pemaknaan atas berubahnya kontrol negara atas penambangan dan ekspor timah semakin dipicu oleh perubahan politik nasional, mulai era reformasi hingga pelaksanaan otonomi daerah pada awal tahun 2001. Kesempatan untuk menambang timah bagi masyarakat atau pengusaha lokal, di Bangka khususnya, terbuka dengan terbitnya Peraturan Daerah Nomor 6 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Pertambangan Umum.

Situasi tersebut memicu munculnya perusahaan penambangan lokal dan industri peleburan bijih timah (*smelter*) yang dioperasikan pihak-pihak swasta selain PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin. Perusahaan-perusahaan ini pada menjadi pesaing kedua perusahaan tersebut yang telah lebih dulu beroperasi.

Namun demikian beberapa sumber mengisyaratkan bahwa *smelter-smelter* tersebut beroperasi tanpa sumber produksi dan komitmen serta program pengelolaan lingkungan yang jelas. Seperti pernyataan yang diungkapkan oleh salah seorang pejabat Dinas Kesehatan Provinsi Bangka Belitung bahwa limbah bekas pengolahan dan peleburan timah tak terurus dengan baik (Gatra, 2006). Penyimpanan limbah yang mengandung unsur radioaktif di tempat terbuka sehingga berpotensi menyebabkan zat radioaktif hanyut terbawa air hujan dan akses ke tempat penyimpanan memudahkan orang untuk mencuri mineral ikutan

berunsur radioaktif seperti *monasite* dan *ilmenite*. Tanggal 24 November 2007, Forum Koordinasi Keamanan Laut (FKKL) Provinsi Bangka Belitung menggagalkan upaya penyelundupan *ilmenite* tanpa izin sebanyak 1.800 ton yang akan dikirim ke Cina (Bangka Pos, 2007).

Pada tahun 2008 terdapat 27 *smelter* timah yang berlokasi di wilayah kabupaten dan kota di seluruh Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Smelter-smelter* tersebut pada umumnya memiliki izin operasi dari pemerintah daerah setempat. Sebagian besar dari *smelter* tersebut berlokasi di kawasan industri Kota Pangkal Pinang yaitu kawasan industri Ketapang yang termasuk dalam wilayah Pangkal Balam (Budimanta, 2007). Menurut BPK diperkirakan terdapat 20 unit peleburan berizin daerah di Provinsi Bangka Belitung (BPK, 2008).

Pada saat pelaksanaan penertiban *smelter* oleh Tim Terpadu Penataan Timah (T2PT) di seluruh Provinsi Bangka Belitung diketahui bahwa hanya tujuh *smelter* swasta, di luar yang dioperasikan oleh PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin, yang memenuhi 10 butir persyaratan pengoperasian versi T2PT. Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi antara lain memiliki Kuasa Pertambangan (KP) Pengolahan dan Pemurnian, memiliki dokumen AMDAL, dan memiliki peralatan pemurnian, alat pengendalian emisi udara sumber tidak bergerak, serta mempunyai instalasi pengelolaan limbah cair dan limbah padat yang standar sesuai peraturan yang berlaku (Gatra, 2008).

Dengan demikian sejalan dengan dugaan beroperasinya *smelter-smelter* tanpa area KP, maka patut dipertanyakan lebih lanjut mengenai pengelolaan mineral ikutan berunsur radioaktif dan *slag* yang dihasilkan oleh pihak-pihak lain di luar PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin.

Pengamatan fisik menunjukkan bahwa pada lahan milik pihak lain tidak menunjukkan adanya upaya pengelolaan lingkungan, sehingga dapat diindikasikan bahwa pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif tidak mencukupi dari sisi keamanannya. Hal ini dipandang berbahaya bagi kelangsungan hidup dan kesehatan manusia, serta kelestarian lingkungan hidup. Berdasarkan informasi diketahui bahwa hingga saat ini telah ada 9 perusahaan

timah di Provinsi Bangka Belitung yang telah memiliki izin pemanfaatan bahan nuklir dari BAPETEN (Melani, 2008).

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah masih banyak *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan padahal telah memperoleh izin BAPETEN.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi masalah tersebut yaitu sosialisasi dan ketiadaan Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Sosialisasi yang telah dilakukan BAPETEN belum tepat sasaran menyebabkan ketidaktahuan pemerintah setempat, perusahaan, dan masyarakat terhadap bahaya radiasi dan kewenangan BAPETEN.

Berdasarkan rumusan masalah dan faktor-faktor tersebut di atas, beberapa pertanyaan penelitian yang akan dijadikan sebagai arahan untuk mendapatkan pemecahan yang tepat dan optimum adalah:

1. Faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang mempengaruhi *smelter* timah sehingga belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan?
2. Apakah *smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan.
2. Mengetahui apakah *smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif.
3. Menganalisis suatu solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif dari *smelter* timah yang ramah lingkungan..

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, antara lain adalah:

1. Memberikan informasi tentang faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan.
2. Memberikan informasi tentang pelaksanaan kewajiban-kewajiban *smelter* timah sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif.
3. Memberikan solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada *smelter* timah yang ramah lingkungan.
4. Memberikan sumbangan pada pengembangan ilmu lingkungan dan ilmu-ilmu lainnya yang terkait.





## 2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN

### 2.1. Kerangka Teoretik

#### 2.1.1. Fungsi Manajemen

Dari berbagai pendapat tentang fungsi manajemen, paling tidak terdapat empat macam fungsi manajemen yang lebih dikenal dengan istilah POAC yang merupakan kependekan dari *planning*, *organizing*, *actuating* dan *controlling* (Al-Amin, 2006).

##### 1. *Planning* (Perencanaan)

Setiap manajemen harus memiliki perencanaan yang jelas, karena perencanaan merupakan proses awal untuk menentukan tujuan manajemen yang akan dicapai. Dalam banyak hal perencanaan memegang peranan strategis karena fungsi-fungsi manajemen lainnya tidak dapat berjalan tanpa perencanaan. Fungsi pengorganisasian, fungsi pengarahan, dan fungsi pengawasan hanya sebagai pelaksana dari keputusan-keputusan yang dibuat dalam perencanaan.

##### 2. *Organizing* (Pengorganisasian)

Pengorganisasian adalah keseluruhan proses pengelompokan orang-orang, alat-alat, bahan-bahan, tugas, tanggung jawab, wewenang dan fasilitas sehingga tercipta suatu organisasi yang dapat digerakkan sebagai satu kesatuan dalam rangka mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dengan demikian pengorganisasian yang berkaitan dengan proses manajemen dapat disebutkan sebagai pembagian tugas masing-masing bidang, peralatan-peralatan yang dipergunakan, berapa biaya yang diperlukan, dimana tempatnya dan siapa yang bertanggung jawab.

##### 3. *Actuating* (Kegiatan)

Fungsi manajemen yang ketiga ini oleh sebagian ahli dianggap sama dengan fungsi kedua yaitu *organizing*. Terlepas dari perbedaan pendapat tentang fungsi-fungsi manajemen tersebut perlu dijelaskan bahwa *actuating* adalah tindakan atau aktivitas seluruh komponen manajemen. Anggota manajemen bekerja menurut tugas masing-masing, alat-alat dan fasilitas dipergunakan menurut fungsi dan kegunaan masing-masing, dan biaya dibelanjakan sesuai dengan alokasi biaya yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan manajemen.



Manajer sebagai orang yang bertanggung jawab terhadap proses ini juga melakukan komunikasi dan koordinasi dengan pihak lain yang diperlukan, memberikan petunjuk-petunjuk kepada bawahan, memberikan motivasi kerja kepada bawahan, menjaga moral dan disiplin kerja, mengadakan pengamatan, bimbingan dan pembinaan kepada bawahannya.

#### 4. *Controlling* (Pengawasan)

Pengawasan atau pengendalian merupakan salah satu fungsi manajemen yang menjamin bahwa kegiatan dapat memberikan hasil seperti yang diinginkan. *Controlling* diperlukan agar semua kegiatan berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengawasan dapat dilakukan oleh atasan langsung terhadap bawahannya, yang sering disebut pengawasan supervisi.

Pengawasan dapat juga dilakukan oleh aparat pengawasan fungsional terhadap instansi pemerintah, swasta, BUMN/BUMD dan lain-lain, baik atas dasar instansi maupun fungsi. Dalam setiap aktivitas manajemen tidak jarang terjadi kekeliruan, penyimpangan, pemborosan, penyalahgunaan wewenang dan pelanggaran lain. Oleh karena itu proses manajemen harus diawasi dengan satu sistem pengawasan tersendiri baik oleh atasan langsung, pimpinan organisasi ataupun pihak lain yang berkompeten.

#### **2.1.2. Perilaku Manusia Dalam Pengelolaan Lingkungan**

Berdasarkan ketentuan perundang-undangan, yang dimaksud dengan lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain (Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997).

Lebih lanjut menurut ketentuan undang-undang tersebut yang dimaksud dengan Pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup

Antara manusia, masyarakat, dan lingkungan hidup terdapat hubungan timbal balik, yang harus selalu dibina dan dikembangkan yang didasarkan keadaan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup, agar dapat tetap dalam keselarasan, keserasian, dan keseimbangan

Keraf (2000) menyatakan bahwa terdapat sedikitnya lima teori yang mengatur perilaku manusia dalam mengelola lingkungan hidupnya yaitu teori *antroposentrisme*, teori *biosentrisme*, teori *ekosentrisme*, teori *ekofeminisme* dan teori *holistik* (SCBD Project, 2007).

Teori *Antroposentrisme* memandang manusia sebagai pusat kekuatan dari sistem alam semesta. Dalam teori ini dijelaskan bahwa manusia dan kepentingannya dianggap paling menentukan dalam tatanan ekosistem dan dalam pengambilan kebijakan terhadap alam dan lingkungan hidup. Nilai tertinggi dalam pandangan ini adalah manusia dan kepentingannya, hanya manusia yang mempunyai nilai dan mendapat perhatian, sedangkan makhluk lain selain manusia yang ada di alam semesta ini hanya akan mendapat nilai dan perhatian bila menunjang dan demi kepentingan manusia.

Dalam konteks perlindungan lingkungan, ada beberapa kelemahan bawaan yang dimiliki antroposentrisme. Pertama, mengabaikan masalah-masalah lingkungan yang tidak langsung menyentuh kepentingan manusia. Kedua, kepentingan manusia untuk mengeksploitasi selalu berubah-ubah dan berbeda-beda kadarnya. Ketiga, yang dipikirkan hanya kepentingan jangka pendek yang berorientasi pada kepentingan ekonomi.

Paradigma *antroposentris* ini masih berlaku sampai saat ini sehingga memungkinkan terjadi kerusakan lingkungan oleh dan untuk kepentingan manusia. Kerusakan lingkungan sebagai isu publik sering mengemuka setelah masyarakat menerima musibah dari kerusakan-kerusakan lingkungan. Jika lingkungan belum mengakibatkan kerugian manusia, persoalan lingkungan belum dinyatakan sebagai sesuatu yang harus diwaspadai.

Teori *Biosentrisme* menolak argumentasi teori *antroposentrisme* yaitu tidak benar bahwa hanya manusia yang mempunyai nilai, alam juga mempunyai nilai pada dirinya sendiri dan lepas dari kepentingan manusia, apakah manusia punya kepentingan atau tidak terhadap alam. Teori biosentrisme memiliki pokok-pokok pandangan sebagai berikut. Pertama, alam memiliki nilai pada dirinya sendiri (intrinsik) lepas dari kepentingan manusia. Kedua, alam diperlakukan sebagai moral, terlepas bagi manusia alam bermanfaat atau tidak sebab alam adalah komunitas moral. Dalam kaitan ini, biosentrisme menganjurkan bahwa kehidupan di alam semesta ini akan dihormati seperti manusia menghormati sistem sosial yang terdapat dalam kehidupan mereka. Ini berarti bahwa terdapat nilai-nilai kebaikan, tata krama dan orientasi hidup dari alam semesta yang harus mulai dihargai. Diperlukan etika yang berfungsi untuk menuntun manusia agar berperilaku baik guna menjaga dan melindungi alam.

Teori *Ekosentrisme* memusatkan perhatian kepada seluruh komponen ekosistem baik biotik maupun abiotik. Teori ini melihat adanya saling kebergantungan antar sub-sub sistem dalam ekosistem, maka perhatian dan kewajiban serta tanggung jawab moral manusia tidak hanya tertuju kepada makhluk hidup saja melainkan juga tertuju kepada semua realitas ekologis seperti planet bumi, matahari, tumbuhan dan lain sebagainya.

Banyak kalangan menyamakan antara ekosentrisme dengan *ecophilosophy*, yakni aliran filsafat yang memiliki pandangan holistik atau pandangan komprehensif atas kemanusiaan dan situasi individual di sekitar kita. Komprehensif dimaksud meliputi keseluruhan konteks global dengan kita berada didalamnya, bersama-sama dalam sebuah dunia dengan kehidupan dan kebudayaan yang beragam.

Menurut *The World Conservation Union* (1997), dari sekitar 6.000 kebudayaan di dunia, terdapat 70-80% masyarakat adat yang umumnya memandang dirinya, alam dan relasi di antara keduanya dalam perspektif religius dan spiritual. Sumber daya alam dan lingkungan hidup dipandang sebagai sesuatu yang sakral dan harus dipelihara dengan baik, sehingga masyarakat adat pedalaman seperti yang ada di Indonesia dipandang sebagai manusia yang berkearifan lingkungan yang dapat menyelamatkan lingkungan.

Ekosentrisme memandang hubungan antara alam dan kehidupan sosial dengan pokok-pokok gagasan sebagai berikut. Pertama, manusia dan kepentingannya bukan lagi ukuran bagi sesuatu yang lain. Ekosentrisme tidak hanya melihat spesies manusia saja, tetapi juga memandang spesies lain. Pernyataan ini sekaligus menunjukkan bahwa ekosentrisme tidak setuju dengan nilai-nilai dominatif yang dianut oleh antroposentrisme.

Sejalan dengan teori ekosentrisme ini, Hadi (2000) mengemukakan pemikiran *Pan Cosmism* yang menyebutkan bahwa manusia merupakan bagian dari alam, dan oleh karena alam itu besar, indah, sakral dan tidak terlawankan, maka manusia tunduk pada alam lingkungannya. Pada kondisi masyarakat yang demikian, segala akibat dari interaksi manusia dengan alam lingkungannya sangat bergantung pada keadaan (kualitas dan kuantitas) komponen alam seperti lahan, air, udara, iklim, serta tumbuhan.

Teori *Ekofeminisme* melakukan dekonstruksi dan membangun manusia *modern* dari cara pandang *modern* yang didominasi oleh perspektif laki-laki. Perjuangan utama teori feminisme adalah untuk meyakinkan manusia modern bahwa terdapat beragam cara pandang dan cara pikir manusia karena adanya entitas yang berbeda memberikan keragaman nilai dalam hidup.

Paham *Ekofeminisme* memandang bahwa krisis ekologi tidak sekadar disebabkan oleh cara pandang dan perilaku yang *antroposentris*, melainkan sesungguhnya juga disebabkan oleh cara pandang dan perilaku yang *androsentris*. Kaum pria yang dianggap kuat mendominasi dan mengontrol yang lemah (kaum perempuan), dan dikaitkan antara hubungan manusia (yang kuat) dengan alam (yang lemah) yang akhirnya dieksploitasi secara besar-besaran dan rusak.

Teori *Holistik* merupakan pendekatan ekologis yang melihat setiap fakta ilmiah bukanlah fakta murni begitu saja terjadi, akan tetapi fakta tersebut telah mengandung nilai. Terdapat hubungan yang sangat erat antara benar secara ilmiah dan benar secara moral (nilai). Keseluruhan kenyataan adalah organisme yang meliputi relasi yang sangat dinamis. Menurut Hadi (2000), teori holistik merupakan teori pendekatan yang mampu membimbing manusia kepada

keselarasan hubungannya dengan alam agar kerusakan di bumi dapat dicegah. Manusia hendaknya berpikir *dialektis* dalam arti bahwa kerusakan alam akan senantiasa berhubungan dengan ulah dan tingkah laku manusia.

Pada pendekatan holistik ini, dunia tidak dilihat sebagai suatu dunia yang mekanistik, melainkan suatu dunia yang dicirikan oleh relasi yang organis, dinamis dan kompleks. Semua fenomena alam tidak dilihat dalam hubungan sebab dan akibat yang linier, akan tetapi dilihat sebagai sebuah jaringan yang kompleks. Terdapat keterkaitan yang kompleks di antara seluruh kenyataan yang ada, lintas ruang dan waktu.

Pendekatan holistik ini mempunyai dampak yang sangat positif bagi ilmu lingkungan. Pertama, pendekatan holistik tidak menerima bahwa ilmu pengetahuan bebas nilai, karena nilai ikut mempengaruhi pengembangan ilmu pengetahuan. Jika ilmu pengetahuan dan teknologi *modern* dikembangkan tanpa mempertimbangkan nilai, maka dengan mengabaikan dampak pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terhadap alam, terhadap realitas kehidupan, maka alam dan realitas kehidupan itu sendiri akan memberi reaksi yang dapat merugikan manusia. Kedua, manusia tidak dilihat sebagai tuan dan penguasa alam, manusia adalah bagian integral yang tidak dapat dipisahkan dari dan menyatu dengan alam. Ketiga, pendekatan yang diambil lebih multi dimensi dengan tidak hanya memperhitungkan aspek manfaat dan ekonomi, tetapi aspek-aspek kualitatif seperti nilai, aspek budaya, estetis, sosial, manusiawi juga ikut berpengaruh menentukan arah kebijakan yang diambil.

Menurut Talcott Parsons upaya penyelamatan lingkungan dapat dilakukan melalui pendekatan individu dan pendekatan sistem (Susilo, 2008). Salah satu alasan pendekatan individu sebab individu memiliki perilaku *voluntaristik*. Perilaku *voluntaristik* mengandung pengertian bahwa setiap individu menggunakan bermacam-macam sarana untuk mencapai tujuan. Tidak sedikit perilaku "merusak" lingkungan individu tidak lepas dari tujuan-tujuan pemupukan kekayaan, ketimbang motivasi kolektif.

Sebaliknya berkaitan dengan pendekatan sistem dalam kaitan dengan lingkungan, dapat dinyatakan bahwa kerusakan lingkungan tidak lepas dari pola struktur sosial dan sistem sosial dimana terbentuk dari individu/kelompok yang berinteraksi. Persoalan lingkungan tidak mungkin dapat dijelaskan dalam motivasi-motivasi internal individu, tetapi lebih penting merupakan produk gerak sistem yang terbukti anti-ekologis.

Antara realitas sosial dengan realitas ekologis jelas saling berhubungan. Pengaruh dari aspek agama, aspek ekonomi, aspek pendidikan, dan aspek-aspek lain, jelas turut terlibat menentukan baik buruknya lingkungan. Kerusakan lingkungan dan tidak adanya konservasi lingkungan secara baik merupakan salah satu dari aspek-aspek tersebut.

Persoalan lingkungan tidak dapat dilepaskan dari persoalan sistemik yang seharusnya perlu dibongkar dan kemudian dirumuskan bentuk penyelamatan lingkungan secara secara terintegralistik. Upaya perbaikan lingkungan harus diawali dari keinginan bersama yang masuk dalam satu sistem secara terintegrasi dan komprehensif.

Dari teori-teori tentang keterkaitan perilaku manusia dan pengelolaan lingkungan, peneliti setuju dengan penggunaan teori holistik. Menurut teori tersebut terdapat keterkaitan yang kompleks dengan memperhitungkan berbagai aspek terkait sebagai pendekatan sistem untuk penyelesaian masalah dalam pengelolaan sumber daya alam termasuk pertambangan timah.

### **2.1.3. Paradigma Industri dan Lingkungan**

Hubungan antara aktivitas manusia dengan lingkungannya di dalam sistem industri dicoba pahami oleh para ahli melalui empat paradigma dasar yaitu paradigma racun, paradigma keseimbangan alam, paradigma entropi, dan paradigma norma lingkungan (SCBD Project, 2007). Keempat paradigma dasar tersebut di atas dikembangkan berdasarkan atas pertimbangan berbagai bidang ilmu pengetahuan termasuk dimensi etika politik untuk memahami keterkaitan dan saling ketergantungan antara sistem manusia dengan sistem lingkungan.

### 1. Paradigma Racun

Paradigma racun memberikan gambaran bahwa manusia tidak jarang menggunakan bahan-bahan yang mengandung unsur-unsur berbahaya dan beracun untuk memenuhi kepentingan dan aktivitas kegiatannya. Bahan-bahan yang tidak dimanfaatkan secara sempurna menghasilkan sisa-sisa kemudian dibuang ke lingkungan sehingga mengganggu makhluk lain yang ada di lingkungan tersebut.

Mengatasi permasalahan lingkungan dalam fase paradigma racun ini ditujukan ke arah pembatasan terhadap pemakaian bahan-bahan yang mengandung unsur-unsur yang bersifat racun dan membahayakan lingkungan. Solusi terakhir tertuju pada proses minimisasi dan peniadaan buangan limbah pada sumber-sumber aktivitas kegiatan manusia dan industri.

### 2. Paradigma Keseimbangan Alam

Paradigma keseimbangan alam memberikan gambaran bahwa aktivitas kegiatan manusia tidak jarang menimbulkan gangguan terhadap kestabilan sistem lingkungan alam. Argumentasi ilmuwan mengarah pada berbagai pilihan guna melindungi alam dan melestarikan sistem lingkungan alam melalui tindakan konservasi pemanfaatan sumber daya alam dan menerapkan secara ketat nilai ambang batas terhadap ambien yang dihasilkan oleh kegiatan industri.

Solusi untuk mengatasi permasalahan lingkungan ditujukan ke arah bagaimana cara melindungi dan melestarikan sistem lingkungan alam melalui tindakan-tindakan konservasi dan pemulihan sumber daya alam dan lingkungan.

### 3. Paradigma Entropi

Paradigma entropi membangun wawasan tentang pemanfaatan sumber daya alam, arus materi dan aliran energi dalam konteks proses transformasi materi dan energi pada suatu proses yang menghasilkan entropi atau limbah. Setiap proses kegiatan selalu menghasilkan entropi. Entropi tersebut dapat berguna bagi lingkungan dan dapat pula membahayakan lingkungan bila kualitas dan kuantitasnya melebihi baku mutu lingkungan.

Solusi untuk mengatasi permasalahan lingkungan dalam paradigma entropi ini ditujukan ke arah alternatif pemilihan terhadap pemanfaatan sumber daya manusia yang berkualitas, sumber daya alam dan energi yang berkualitas serta menekan seminimum mungkin entropi yang akan mengganggu lingkungan.

#### 4. Paradigma Norma Lingkungan

Paradigma norma lingkungan membangun wawasan mengenai norma-norma yang disepakati manusia. Dalam dominasinya, manusia membangun segala kebutuhannya untuk melangsungkan kehidupan sosio-ekonominya, namun kegiatan pembangunan menimbulkan beban kerugian pada makhluk lain yang ada disekitarnya.

Paradigma ini memberikan solusi untuk menghindari dominasi atau mengurangi beban kerugian terhadap makhluk hidup lainnya dan lingkungan yang secara normatif harus dihormati hak-hak hidupnya.

Berdasarkan empat paradigma di atas, paradigma entropi cenderung lebih cocok dalam melihat hubungan antara aktivitas manusia dengan lingkungannya di dalam sistem industri. Dalam kaitannya dengan proses menghasilkan logam timah di smelter, juga menghasilkan limbah yang memiliki potensi mencemari lingkungan dan dimanfaatkan sebagai bahan baku bagi proses produksi lain.

#### 2.1.4. Pengelolaan Lingkungan Pertambangan

Selama kurun waktu 50 tahun, konsep dasar pengolahan relatif tidak berubah, yang berubah adalah skala kegiatannya. Mekanisasi peralatan pertambangan telah menyebabkan skala pertambangan semakin membesar. Perkembangan teknologi pengolahan menyebabkan ekstraksi bijih kadar rendah menjadi lebih ekonomis, sehingga semakin luas dan dalam lapisan bumi yang harus di gali. Hal ini menyebabkan kegiatan tambang menimbulkan dampak lingkungan yang sangat besar dan bersifat penting. US-EPA (1995) telah melakukan studi tentang pengaruh kegiatan pertambangan terhadap kerusakan lingkungan dan kesehatan manusia pada 66 kegiatan pertambangan. Hasil studi disarikan pada Tabel 1 dan terlihat bahwa pencemaran air permukaan dan air tanah merupakan dampak lingkungan yang sering terjadi akibat kegiatan tersebut.

**Tabel 1.** Frekuensi terjadinya dampak lingkungan dari 66 kegiatan pertambangan (tidak termasuk pencemaran oleh emisi gas buang yang keluar dari alat pengendali pencemaran udara)

Jenis Dampak	Persen Kejadian
Pencemaran air permukaan	70
Pencemaran air tanah	65
Pencemaran tanah	50
Kesehatan manusia	35
Kerusakan flora dan fauna	25
Pencemaran udara	20

Kegiatan pertambangan, selain menimbulkan dampak lingkungan, ternyata menimbulkan dampak sosial yang kompleks. Oleh sebab itu, Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) suatu kegiatan pertambangan harus dapat menjawab dua tujuan pokok (World Bank, 1998):

1. Memastikan bahwa biaya lingkungan, sosial dan kesehatan dipertimbangkan dalam menentukan kelayakan ekonomi dan penentuan alternatif kegiatan yang akan dipilih.
2. Memastikan bahwa pengendalian, pengelolaan, pemantauan serta langkah-langkah perlindungan telah terintegrasi di dalam desain dan implementasi proyek serta rencana penutupan tambang.

Mengingat besarnya dampak yang disebabkan oleh aktifitas tambang, diperlukan upaya-upaya pengelolaan yang terencana dan terukur. Pengelolaan lingkungan di sektor pertambangan biasanya menganut prinsip *Best Management Practice*. US EPA ( 1995) merekomendasikan beberapa upaya yang dapat digunakan sebagai upaya pengendalian dampak kegiatan tambang terhadap sumberdaya air, vegetasi dan hewan liar. Beberapa upaya pengendalian tersebut adalah :

1. Menggunakan struktur penahan sedimen untuk meminimalkan jumlah sedimen yang keluar dari lokasi penambangan.
2. Mengembangkan rencana sistim pengendalian tumpahan untuk meminimalkan masuknya bahan B3 ke badan air.
3. Hindari kegiatan konstruksi selama dalam tahap kritis.
4. Mengurangi kemungkinan terjadinya keracunan akibat sianida terhadap burung dan hewan liar dengan menetralisasi sianida di kolam pengendapan tailing atau dengan memasang pagar dan jaring untuk.

5. Mencegah hewan liar masuk kedalam kolam pengendapan tailing.
6. Minimalisasi penggunaan pagar atau pembatas lainnya yang menghalangi jalur migrasi hewan liar. Jika penggunaan pagar tidak dapat dihindari gunakan terowongan, pintu-pintu, dan jembatan penyeberangan bagi hewan liar.
7. Batasi dampak yang disebabkan oleh frakmentasi habitat minimalisasi jumlah jalan akses dan tutup serta rehabilitasi jalan-jalan yang tidak digunakan lagi.
8. Larangan berburu hewan liar di kawasan tambang.

Terkait pengelolaan lingkungan Coutrier (2001) menyatakan bahwa:

1. Lingkungan hidup sebagai modal pembangunan (*asset*) sehingga membangun dengan pola pembangunan berkelanjutan merupakan kepentingan perusahaan juga. Pengaturan lingkungan hidup yang telah ada di usaha pertambangan perlu ditingkatkan lagi dengan pendekatan secara holistik, komprehensif dan integral agar kepentingan yang lebih luas dan penting dari masyarakat setempat dan kepentingan nasional dapat dipadukan. Keputusan strategis ini penetapannya perlu dilakukan bersama antara semua stakeholder di daerah.
2. Rencana strategis seperti di atas perlu ditunjang dengan penelitian mengenai dampak lingkungan yang lebih kuantitatif (dengan fokus pada manfaat-risiko regional daerah). Analisis potensi dampak sosial dalam AMDAL perlu lebih dikembangkan lagi dengan menekuni studi-studi sosial di masing-masing daerah mengingat sulitnya menetapkan model baku studi sosial bagi suatu daerah.
3. Lingkungan hidup, termasuk aspek sosial, merupakan sesuatu yang multi kompleks, multi disiplin dan lintas sektoral sehingga masalah yang terjadi tidak dapat diselesaikan oleh satu pihak atau instansi saja tetapi memerlukan pengkajian yang holistik, komprehensif dan integral oleh semua *stakeholder*.

Sesuai kaidah pertambangan yang baik dan benar pihak perusahaan pertambangan juga harus mempersiapkan reklamasi dan pasca tambang lahan bekas tambang agar lahan tersebut tidak membahayakan atau merugikan lingkungan. Lahan bekas tambang tidak mungkin dikembalikan seperti bentuk dan keadaan semula. Usaha reklamasi harus dapat membuat lahan bekas

tambang tertata kembali untuk dapat digunakan bagi kegiatan lain yang bersifat produktif atau bermanfaat. Hal ini biasanya merupakan bagian dari studi AMDAL yang harus dilakukan.

Pengelolaan lingkungan dapat menjadi tolok ukur dalam pengelolaan suatu kegiatan pertambangan. Kegiatan pertambangan harus memenuhi kaidah pertambangan yang baik dan benar sehingga dapat dihindari terjadinya pemborosan sumber daya mineral dan batubara, tercapainya optimalisasi sumber daya, terlindunginya fungsi-fungsi lingkungan serta terlindunginya keselamatan dan kesehatan para pekerja (Suyartono, 2003).

Dengan demikian tahapan kegiatan pertambangan sebaiknya merupakan satu rangkaian kegiatan hingga tahapan pengolahan dan/atau pemurnian, dan berada dalam suatu daerah atau kawasan. Pada kondisi tersebut setiap penyelesaian terhadap permasalahan yang terjadi, khususnya pada aspek lingkungan, dapat dilakukan dengan pendekatan secara holistik, komprehensif dan integral.

Pendekatan tersebut di atas dapat mencegah terjadinya ketidakseimbangan baik tanggung jawab terhadap lingkungan maupun keuntungan dan manfaat yang diperoleh. Keuntungan dan manfaat tidak hanya diperoleh oleh sebagian kecil pihak sedangkan pihak yang lebih besar harus menerima dan bertanggung jawab terhadap kerusakan yang terjadi.

Pada kenyataannya apabila kegiatan pertambangan bukan merupakan suatu rangkaian kegiatan yang terpadu maka nilai tambah yang diperoleh akan jauh lebih besar untuk pihak industri yang bergerak di hilir. Keuntungan yang didapat lebih besar dan tidak ada tanggung jawab langsung terhadap kerusakan lingkungan yang terjadi akibat kegiatan penambangan.

Apabila kegiatan pertambangan merupakan suatu rangkaian kegiatan terpadu maka kerusakan yang terjadi turut menjadi tanggung jawab pengelola pertambangan terpadu. Selain itu terbuka peluang bagi munculnya industri-industri lain, yang pada akhirnya peluang kerja dan berusaha bagi masyarakat sekitar industri turut terbuka.

### 2.1.5. Proses Pengolahan dan Pemurnian Bijih Timah

Timah putih (Sn) adalah logam berwarna putih keperakan, dengan kekerasan yang rendah, berat jenis 7,3, serta mempunyai sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Logam timah putih bersifat mengkilap dan mudah dibentuk. Timah diperoleh terutama dari mineral kasiterit yang terbentuk sebagai oksida, tidak mudah teroksidasi, sehingga tahan karat (<http://id.wikipedia.org>, dalam Suprpto ).

Secara garis besar untuk memperoleh logam timah terdiri atas dua proses yaitu proses pengolahan (Gambar 1) dan proses pemurnian/peleburan (*smelter*) (Gambar 2).

#### 2.1.5.1. Proses Pengolahan

Pengolahan bahan galian melalui proses pencucian/pemisahan mineral kasiterit dari ikutannya. Operasi peningkatan kadar bijih timah (*tinshed*) dengan kandungan 20-30% timah menjadi konsentrat timah dengan kandungan 74% timah, yang siap diproses pada peleburan logam timah. Proses peningkatan kadar timah dibagi dua tahap yaitu proses basah dan kering (Koba Tin, 2008).

##### 1. Proses basah

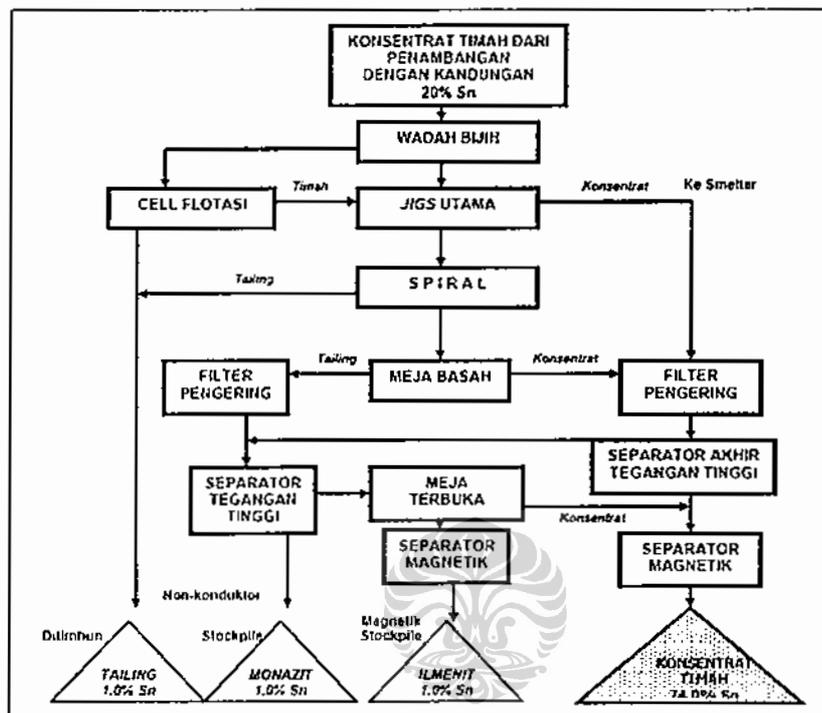
Pada proses ini pemisahan konsentrat timah dari pengotornya dilakukan secara gravitasi dengan menggunakan media air. Peralatan yang digunakan pada proses ini antara lain *Jig Plant*, *Spiral*, dan Meja Goyang.

##### 2. Proses kering

Proses kering bertujuan untuk memisahkan mineral pengotor yang tidak dapat dipisahkan pada proses basah. Terutama untuk mineral yang sulit dipisahkan secara gravitasi. Peralatan yang digunakan pada proses ini adalah *High Tension Separator* dan *Magnetic Separator*.

*High Tension Separator* berfungsi untuk memisahkan pengotor berdasarkan sifat konduktivitas. Mineral pengotor yang bersifat non-konduktor seperti monazite ((Ce, La, Th)PO<sub>4</sub>), Zirkon (ZrSiO<sub>4</sub>), dan Quarts dapat dipisahkan dari konsentrat timah. Proses ini menghasilkan produk buangan berupa Monazite.

*Magnetic Separator* berfungsi untuk memisahkan pengotor berdasarkan sifat magnet. Sehingga mineral pengotor yang bersifat magnet seperti Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ) dapat dipisahkan dari konsentrat timah. Proses ini menghasilkan produk buangan berupa Ilmenite.



**Gambar 1.** Diagram alir pengolahan bahan galian timah di wilayah pertambangan PT. Koba Tin (PT. Koba Tin, 2006)

#### 2.1.5. 2. Proses Pemurnian

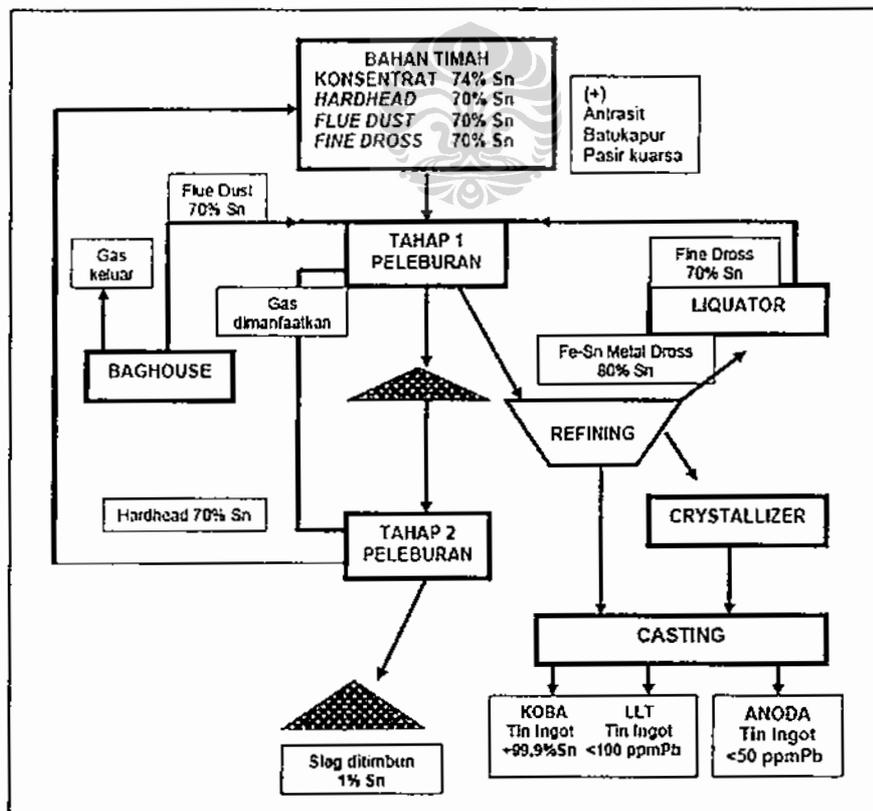
Konsentrat timah hasil pencucian di *tinshed* kemudian dimurnikan di pabrik peleburan (*Smelter*), yang terdiri atas tanur tetap (*Stationary Reverberatory Furnace*), instalasi penangkap debu (*Cooler and Dust Collector*), instalasi pemurnian (*Refining Plant*), dan instalasi pencetakan dan pengikat logam timah (*Casting and Bundling*).

Proses peleburan konsentrat timah terdiri atas dua tahap. Tahap satu, konsentrat timah dicampur dengan *Antracite* (sebagai reduktor) dan kapur (sebagai *flux*). Bahan campuran tersebut dilebur dalam *reverberatory furnace* pada temperatur 1000-1400°C. Hasil proses peleburan tahap satu berupa logam timah (*crude tin*),

slag nomor 1 (30% Sn) dan debu. Logam timah akan dimurnikan dalam *kettle* dan debu dimasukkan kembali bersama campuran untuk peleburan tahap satu.

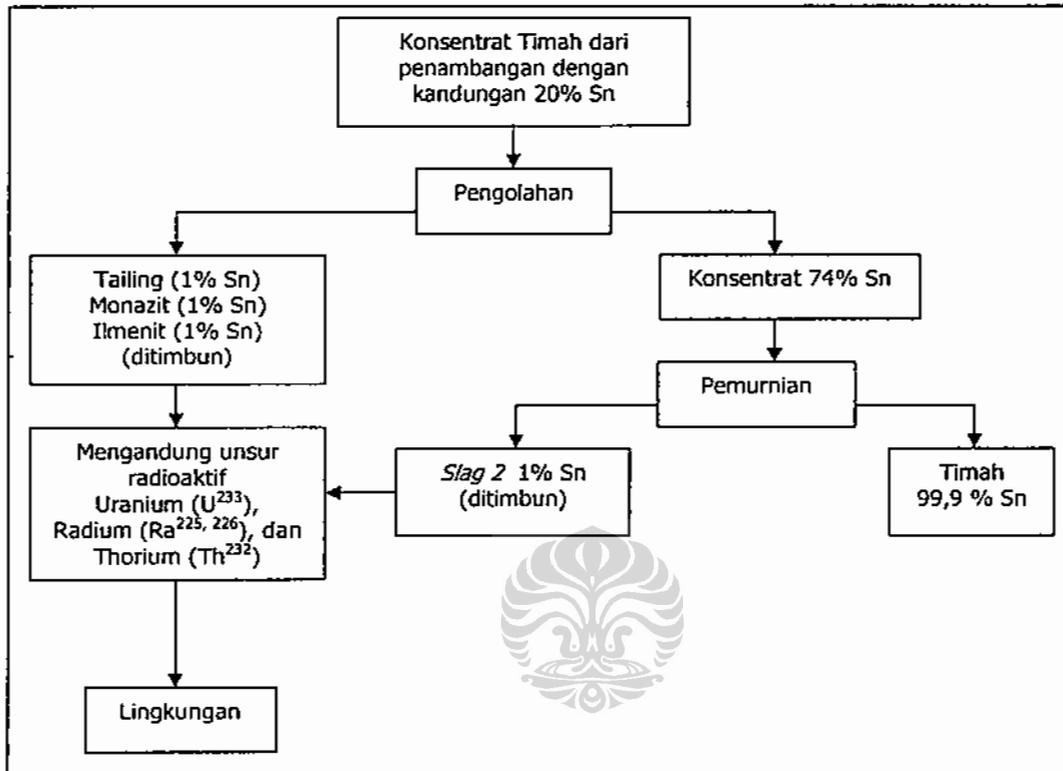
Tahap dua, *slag* nomor 1 dicampur dengan *antracite* dan kapur, lalu dilebur dalam *reverberatory furnace* sehingga menghasilkan *slag* nomor 2 dan *hardhead*. *Hardhead* dimasukkan kembali bersama dengan campuran untuk peleburan tahap satu. *Slag* nomor 2 dengan kandungan timah kurang dari 2% akan menjadi produk buangan. *Slag* nomor 2 dengan kandungan timah lebih besar dari 2% akan dicampur dengan *slag* nomor 1 untuk peleburan tahap dua.

Produk akhir berupa timah batangan (ingot). Mineral ikutan dan *slag* nomor 2 tersebut mengandung unsur radioaktif, khususnya Uranium ( $U^{233}$ ), Radium ( $Ra^{225, 226}$ ), dan Thorium ( $Th^{232}$ ), yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai komponen pembentuk bahan nuklir.



**Gambar 2.** Diagram alir pemurnian/peleburan bijih timah di wilayah pertambangan PT. Koba Tin (PT. Koba Tin, 2006)

Namun sebelum dapat dimanfaatkan lebih lanjut, jika limbah yang mengandung unsur radioaktif yang dihasilkan dari proses pengolahan dan pemurnian bijih timah di *smelter* tidak terawasi dengan baik maka berpotensi untuk mencemari lingkungan seperti tergambar pada Gambar 3. Limbah tersebut akan masuk ke media lingkungan yang pada akhirnya masuk ke dalam sistem rantai makanan.



**Gambar 3.** Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan dan pemurnian bijih timah yang mengandung unsur radioaktif berpotensi mencemari lingkungan.

Berdasarkan Gambar 3 di atas terlihat bahwa pada proses pengolahan selain menghasilkan konsentrat yang mengandung 74% Sn, dihasilkan juga *tailing* dan mineral ikutan. Dibandingkan dengan jumlah *slag 2* yang dihasilkan dari proses pemurnian, jumlah *tailing* dan mineral ikutan yang dihasilkan jauh lebih besar. Dengan demikian selain *slag*, pengawasan terhadap pengelolaan *tailing* dan mineral ikutan sangat penting dilakukan.

### 2.1.6. Bahan Radioaktif dari Kegiatan Non Nuklir

Bahan radioaktif yang bukan berasal dari kegiatan nuklir biasa dikaitkan dengan NORM dan TENORM. NORM adalah singkatan dari *Naturally Occuring Radioactive Material*, Sedangkan TENORM adalah singkatan dari *Technologically Enhanced Naturally Occuring Radioactive Material*. NORM merupakan bahan radioaktif yang telah ada di alam dan bagian dari kehidupan manusia. NORM terdapat dimana-mana, karena hampir semua bahan alami, baik dalam tubuh, di makanan, ataupun di lingkungan mengandung bahan radioaktif alami. TENORM adalah bahan radioaktif yang diambil dari alam (batuan, tanah, dan mineral) dan terkonsentrasi atau naik kandungan radioaktivitasnya sebagai akibat dari kegiatan industri. TENORM dijumpai di pertambangan uranium, pabrik produksi pupuk fosfat, produksi minyak dan gas, produksi energi (Wisnubroto, 2003).

Selanjutnya Wisnubroto mengemukakan bahwa ada tiga hal yang harus menjadi perhatian dalam masalah NORM atau TENORM yaitu:

1. NORM atau TENORM mempunyai potensi menyebabkan naiknya paparan radiasi.
2. Masyarakat luas belum memahami masalah NORM atau TENORM dan perlu diberi informasi.
3. Industri yang menghasilkan TENORM perlu mendapatkan petunjuk tambahan untuk membantu mengelola TENORM sehingga dapat melindungi masyarakat dan lingkungan, serta pengelolaannya ekonomis.

Suatu kegiatan pembuangan, penggunaan daur ulang TENORM mempunyai potensi menimbulkan kontaminasi dan paparan radiasi yang tak diinginkan kepada masyarakat. Pembuangan TENORM pada tempat galian atau tumpukan yang tak memenuhi syarat keselamatan dapat mencemari air tanah, sebaran debu radioaktif serta gas radon.

Penggunaan tanah yang mengandung TENORM untuk kegiatan perumahan dapat meracuni rumah dengan gas radon, paparan langsung kepada perorangan, mencemari tanah dan tumbuhan yang ditanam di media tersebut. Penggunaan kembali bahan terkontaminasi TENORM sebagai agregat dalam semen akan menaikkan risiko radiasi anggota masyarakat dengan berbagai cara.

Dengan adanya kandungan bahan radioaktif, maka TENORM tersebut dapat menimbulkan masalah radiologi, jika masuk kedalam tubuh manusia, baik melalui pernapasan, pencernaan, luka pada kulit dan mata. Oleh sebab itu, pekerja harus menggunakan peralatan protektif seperti masker untuk pelindung pernapasan, serta sarung tangan agar jika terjadi luka tidak langsung tersentuh dengan TENORM.

**Tabel 2.** Kadar Radionuklida Alam di Kawasan Tambang Timah di Pulau Bangka (Indonesia)

Sampel	Kadar (Bq/kg)		
	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
Pasir Mineral	375 - 1.706	252 - 4.089	68 - 374
Pasir Tailing	609 - 1.588	614 - 2.116	24 - 50
Pasir Zirkon ( <i>low grade</i> )	6.112	18.078	1.256
Pasir Zirkon ( <i>high grade</i> )	5.128	15.694	1.101
Pasir Ilmenite	7.633	7.144	4.313
Pasir Monasit	10.275	13.694	1.052
Tanah (kedalaman 0-5 cm)	25 - 30	54 - 187	70 - 568
Tanah (kedalaman 0-20 cm)	34	79 - 128	162 - 836
Slag	3.535 - 3.623	5.196 - 5.305	295 - 317
Lumpur	2.527	3.882	252 - 295
Debu pada <i>filter cooler</i>	40	29	80

Sumber: Sutarman (2004)

### 2.1.7. Pengelolaan Limbah Radioaktif

Menurut Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, yang dimaksud dengan pengelolaan limbah radioaktif adalah pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan/atau pembuangan limbah radioaktif. Pengelolaan limbah radioaktif bertujuan untuk melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja, anggota masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi dan atau kontaminasi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir, yang dimaksud dengan pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat.

Berdasarkan hasil pemeriksaan BPK terhadap dokumen administrasi dan pengamatan di fasilitas pengelolaan mineral ikutan di PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin diketahui sebagai berikut:

1. Pencatatan mutasi dan penyimpanan mineral ikutan dan *slag* 2 telah dilaksanakan secara terpisah.

PT. Timah Tbk mengelola dan mengadministrasikan mineral ikutan dan *slag* 2 yang berada di lingkungan Pusat Metalurgi (Pusmet) Mentok, Pusat Pengolahan Bijih Timah (PPBT) Kundur dan PPBT Pemali. Sementara itu, PT. Koba Tin mengelola dan mengadministrasikan mineral ikutan dan *slag* 2 yang berada di lokasi penyimpanan di Sumur Tujuh dan Bemban.

2. Penyimpanan mineral ikutan dan *slag* 2 telah memperoleh izin dari BAPETEN.
3. Kewajiban pelaporan telah dilaksanakan.

Perusahaan telah melaksanakan kewajiban pelaporan dalam rangka Deklarasi Protokol Tambahan Perjanjian Pengamanan IAEA.

4. Inspeksi BAPETEN dan IAEA telah dilaksanakan.

BAPETEN dan IAEA telah melaksanakan pengawasan melalui inspeksi tahunan atas catatan administrasi dan fasilitas penyimpanan di kedua perusahaan. Inspeksi terakhir kali di PT Timah Tbk terhadap fasilitas penyimpanan tingkat paparan radiasi dalam mineral ikutan per tanggal 6 September 2006 adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil Inspeksi BAPETEN di PT Timah Tbk

Lokasi Penyimpanan	Mineral ikutan dan slag II	Unsur terdeteksi	Kadar paparan ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ )	Nilai Batas Dosis ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ )
Peleburan Mentok	Terak I	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}, \text{Cs}^{134}$	10,3 – 10,5	50 $\mu\text{Sv}/\text{tahun}$ atau 5,7 – 6 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$
	Terak II	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}, \text{U}^{235}$	14,6 – 19,7	
PPBT Mentok	Ilmenite	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}, \text{Bi}^{214}$	11,7 – 20,5	
	Monazite	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}$	58,7 – 82,1	
	Zircon	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}$	16,9	
PPBT Pemali	Monazite LG	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}, \text{U}^{235}$	17,5 – 26,5	
	Ilmenite	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}$	3,91 (aman)	
	Tailing	$\text{Th}^{232}, \text{Ra}^{226}, \text{U}^{235}$	1,28 (aman) – 70,8	

Sumber: BPK (2008)

Berdasarkan Tabel 3 di atas, hasil inspeksi di atas menyimpulkan bahwa paparan radioaktif *slag* (terak) 1/2, Ilmenite, Monazite, dan Zircon di Pusat

Metalurgi (Pusmet) Mentok dan Monazite LG di PPBT Pemali mencapai taraf di atas ambang batas. Atas hasil inspeksi tersebut, BAPETEN merekomendasikan PT. Timah Tbk agar:

- a. Melakukan analisa kuantitatif Thorium 232 dan Uranium 233 dan mengirim sampel mineral ke BATAN.
- b. Menyusun pembukuan mutasi *inventory* Monazite, Ilmenite dan *slag* 2.
- c. Membuat laporan deklarasi *protocol* tambahan sesuai dengan format IAEA dan mengirimkannya ke BAPETEN.
- d. Melakukan pemantauan berkala atas dosis radiasi pada pekerja serta mengatur jadwal pemantauan kerja dan pemakaian *film badge*.
- e. Meningkatkan dan memperbaiki sistem pengamanan.

Sementara itu hasil pengukuran paparan radiasi dan identifikasi yang dilakukan oleh BAPETEN di PT. Koba Tin pada tanggal 7 September 2007 menunjukkan kondisi seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Inspeksi BAPETEN di PT Koba Tin

Sumber yang Diukur	Jumlah Paparan	Kategori*	Unsur teridentifikasi
Slag II (Sumur Tujuh)	8 – 22,2 $\mu\text{Sv/h}$	Aman	Ra <sup>226</sup> dan Th <sup>233</sup>
Slag II (Bemban)	21 $\mu\text{Sv/h}$	Aman	Ra <sup>226</sup> dan U <sup>233</sup>
Monazite (Bemban)	60 – 80 $\mu\text{Sv/h}$	Tinggi	Ra <sup>226</sup> , I <sup>131</sup> dan U <sup>233</sup>
Ilmenite (Bemban)	6,4 – 6,7 $\mu\text{Sv/h}$	Aman	Ra <sup>226</sup> , I <sup>131</sup> dan U <sup>233</sup>

\*Keterangan: Batas yang diizinkan 21  $\mu\text{Sv/h}$ .

Sumber: BPK (2008)

Data tersebut menunjukkan bahwa monazite yang dihasilkan mempunyai paparan yang cukup tinggi.

5. PT. Timah Tbk telah memantau paparan radiasi di lokasi penyimpanan dan menyiapkan fasilitas pendukung kecelakaan radiasi, serta memantau tingkat kesehatan pekerja.
6. Pengelolaan mutasi mineral, PT. Koba Tin melakukan pencatatan atas *stock* monazite, ilmenite dan *slag* 2 dalam bentuk *inventory card*.
7. Fasilitas penyimpanan belum memadai.

a. PT. Timah Tbk

Fasilitas penyimpanan masih belum memadai untuk mencegah paparan radioaktif. Gudang II merupakan gudang terbuka beratap tanpa dinding samping dan depan. Desain bangunan bersifat bangunan biasa/umum yang biasanya digunakan untuk menyimpan material, alat atau perlengkapan kerja. Tidak nampak pengamanan khusus, kecuali pintu berpagar besi dan berkunci gembok serta tanda bahaya radiasi yang dipasang di tembok luar dan di dalam gudang.

Lokasi *tailing* di *stockyard* merupakan tempat terbuka yang memungkinkan adanya paparan radiasi ke lokasi sekitar yang terdekat dengan aktivitas manusia sekitar 50 meter. Selain itu, *stockyard* tempat penyimpanan *tailing* merupakan tempat terbuka sehingga memungkinkan adanya paparan radiasi ke udara terbuka. Hal ini dimungkinkan mengingat lokasi penyimpanan berada dekat pantai yang memiliki hembusan angin cukup kencang ke arah darat dimana terdapat pemukiman dan perkantoran.

Belum terlihat adanya peralatan pendeteksi yang terpasang di lokasi dekat tempat penyimpanan mineral ikutan sebagai langkah awal identifikasi dan pencegahan pencemaran radioaktif. Alat yang digunakan untuk mendeteksi paparan radiasi berupa *film badge* yang disediakan bagi personil yang terkait dengan pengelolaan mineral ikutan.

Terak 1 ditimbun di *stockyard* yang berpagar/pintu besi namun tanpa tutup dan berlokasi di dekat gudang penyimpanan hasil produksi dan kantor Bagian Material Produksi. Kondisi terbuka dan menggantung setinggi  $\pm 5$  meter tersebut memungkinkan limpasan air hujan dari lokasi penyimpanan ke lokasi pekerja. Selain hal itu, tidak jauh dari *stockyard* tersebut terdapat tumpukan *slag* 2 yang diperkirakan telah mencapai  $\pm 20$  meter yang kesemuanya berada dalam kondisi penyimpanan yang sama.

b. PT. Koba Tin

Fasilitas penyimpanan di Sumur Tujuh dan Bemban berada jauh dari lokasi pemukiman masyarakat dan di tempat penyimpan telah dipasang tanda

radiasi. Namun, penyimpanan zat radioaktif tersebut hanya ditumpuk begitu saja di area terbuka dan hanya dikelilingi pagar.

Pagar yang mengelilingi fasilitas penyimpanan *slag* 2 di daerah Sumur Tujuh di beberapa bagian telah hilang, sehingga orang luar dapat dengan mudah keluar masuk tempat itu. Akses ke tempat penyimpanan cukup banyak memudahkan orang untuk mencuri zat radioaktif tersebut. Tempat penyimpanan yang terbuka dapat menyebabkan zat radioaktif hanyut terbawa air hujan sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar.

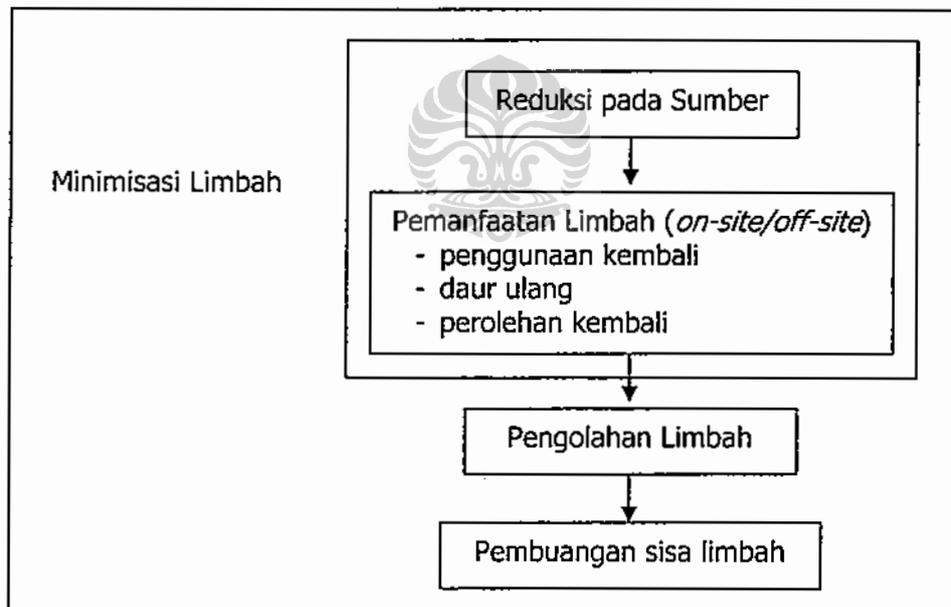


**Gambar 4.** Situasi timbunan slag di PT. Koba Tin

Pengawasan BAPETEN dan IAEA telah mencakup mineral ikutan dan *slag* 2 yang berada dalam kuasa pertambangan PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin. Namun demikian, seiring dengan maraknya penambangan *illegal* dan indikasi operasional *smelter-smelter* tanpa area KP, maka pengawasan terhadap pengelolaan mineral ikutan berunsur radioaktif yang dihasilkan oleh pihak-pihak lain di luar pengelolaan kedua perusahaan perlu dilaksanakan. Dari pengamatan fisik yang dilakukan menunjukkan bahwa tumpukan lahan bekas penambangan milik pihak lain tidak menunjukkan adanya upaya pengelolaan lingkungan, sehingga dapat diindikasikan bahwa pengelolaan mineral radioaktif tidak mencukupi dari sisi keamanannya. Hal ini dipandang berbahaya bagi kelangsungan hidup dan kesehatan manusia, serta kelestarian lingkungan hidupnya.

Dalam rangka kelangsungan hidup dan kesehatan manusia, serta kelestarian lingkungan hidup, paradigma pengelolaan limbah telah bergeser dari pengelolaan limbah yang berdasar *end of pipe approach* yang bersifat penanggulangan, menjadi konsep minimisasi limbah yang bersifat pencegahan pencemaran atau *pollution prevention*.

Pada dasarnya minimisasi limbah mengupayakan agar limbah yang keluar dari sistem produksi sesedikit mungkin dan seaman mungkin, dengan mengatur sistem produksinya, yang dikenal dengan istilah reduksi pada sumbernya. Apabila ternyata masih ada limbah yang keluar, diusahakan agar dapat dimanfaatkan dengan jalan penggunaan ulang (*reuse*), daur ulang (*recycle*), atau perolehan kembali (*recovery*). Apabila usaha minimisasi limbah sudah dilaksanakan tetapi masih ada limbah yang belum memenuhi baku mutu, harus dilakukan pengolahan limbah. Hirarki pengelolaan limbah seperti pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Hirarki pengelolaan limbah (Roekmijati, 2000)

Limbah industri bila tidak dikelola dengan baik dan benar akan mengganggu keseimbangan lingkungan, sehingga pembangunan yang berwawasan lingkungan tidak dapat tercapai. Limbah dari proses pencucian dan peleburan dapat mempengaruhi kualitas air, udara dan tanah. Mata rantai dampak lingkungan tersebut akan mempengaruhi kehidupan umat manusia, khususnya di wilayah

yang terkena atau berdekatan dengan lokasi pertambangan. Sebab itu, perlu adanya program penataan terhadap ketentuan peraturan perundang-undangan maupun persyaratan perizinan yang berkaitan dengan masalah lingkungan.

#### **2.1.8. Pencegahan Terhadap Radiasi**

Terkait dengan pencegahan terhadap radiasi dalam rangka pengelolaan lingkungan, pengamanan terhadap pekerja radiasi harus diupayakan secermat mungkin untuk mencegah terjadinya paparan yang berlebihan. Cara-cara yang dapat dilakukan antara lain adalah menggunakan pelindung, menjaga jarak, dan membatasi waktu (Setyarto, 2008).

Pelindung atau penahan yang sesuai dengan jenis radiasi tertentu dapat digunakan untuk mencegah pekerja radiasi terkena paparan yang berlebihan. Radiasi dipancarkan dari sumber radiasi ke segala arah. Semakin dekat tubuh dengan sumber radiasi maka paparan radiasi yang diterima akan semakin besar. Perlu menjaga jarak pada tingkat yang aman dari sumber radiasi. Selain itu untuk pekerja radiasi diberlakukan pengukuran waktu bekerja di daerah radiasi.

Nilai batas radiasi yang diizinkan perlu diketahui agar setiap pemakaian zat radioaktif tidak menimbulkan radiasi yang berlebihan dan berbahaya bagi pemakainya. Ketentuan nilai batas radiasi maksimum yang diizinkan berdasarkan pada penetapan organisasi internasional yang menangani proteksi radiasi yaitu *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*. Di Indonesia ketentuan Nilai Batas Dosis (NBD) telah ditetapkan oleh BAPETEN melalui Surat Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 01/Ka.BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi.

Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan dalam ketentuan tersebut adalah penerimaan dosis yang tidak boleh dilampaui oleh pekerja radiasi selama jangka waktu setahun, tidak tergantung laju dosis, baik dari penyinaran eksterna maupun interna, tetapi tidak termasuk dosis penyinaran medis dan penyinaran alam. NBD untuk pekerja radiasi yang memperoleh penyinaran seluruh tubuh ditetapkan sebesar 50 mSv atau 5000 mRem per tahun (Wardhana, 2007).

Terkait dengan fasilitas sumber radioaktif, berdasarkan peraturan perundang-undangan persyaratan teknis fasilitas sumber radioaktif secara umum yaitu:

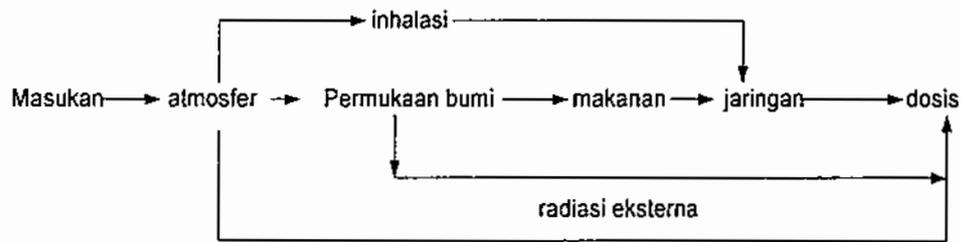
1. dinding, plafon dan atap mempunyai kekuatan dan ketebalan yang cukup sesuai dengan standar yang berlaku;
2. ruangan dibuat tanpa jendela, jika sebelumnya menggunakan ruangan yang memiliki jendela, jendela tersebut ditutup atau dilengkapi dengan teralis;
3. pagar yang kuat; dan
4. pintu dibuat dari bahan yang kuat dan tidak mudah diterobos, dan dilengkapi dengan kunci ganda atau gembok.

Untuk tempat penyimpanan sementara limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang harus memenuhi persyaratan sekurang-kurangnya:

1. lokasi bebas banjir;
2. tahan terhadap gempa;
3. desain bangunan disesuaikan dengan kuantitas dan karakteristik limbah, dan upaya pengendalian pencemaran;
4. dilengkapi dengan peralatan proteksi radiasi; dan
5. dilakukan pemantauan secara berkala.

Untuk masyarakat umum pencegahan terhadap paparan radiasi dapat dilakukan dengan mengatur jarak antara instalasi dengan lokasi tempat tinggal masyarakat di sekitarnya. Selain itu juga dibuat pagar pembatas area untuk mencegah masyarakat agar tidak melakukan aktivitas di dekat instalasi, kecuali dengan izin khusus dari penguasa yang berwenang.

Seperti halnya bahan pencemar lainnya, radioanuklida yang masuk ke dalam ekosistem akan mengikuti lintas rantai makanan jasad hidup di biosfer dan dapat berujung pada tubuh manusia. Lintas peralihannya mulai dari pelepasan ke ekosistem hingga masuk ke tubuh manusia dapat digambarkan secara skematik pada Gambar 6.



Sumber: Thayib (1999)

**Gambar 6.** Model lintas transfer radionuklida dalam ekosistem

Paparan radiasi eksternal merupakan paparan yang terjadi bila ada jarak antara sumber radiasi dengan individu terpapar. Sedangkan paparan radiasi internal terjadi bila tidak ada jarak antara sumber radiasi dengan individu terpajan, sehingga sering diistilahkan sebagai kontaminasi.

Jalur masuk radionuklida ke dalam tubuh melalui:

1. Saluran pencernaan (*ingesti*)

Bahan radioaktif dapat tertelan dalam bentuk larutan atau makanan yang sudah terkontaminasi zat radioaktif. Tempat *absorpsi* yang utama dalam saluran pencernaan adalah usus halus.

2. Saluran pernafasan (*inhalasi*)

Risiko kontaminasi melalui saluran pernafasan ini lebih besar tiga kali lipat karena paru-paru langsung menerima paparan radiasi yang diikuti dengan terjadinya proses penyerapan secara langsung bahan radioaktif tersebut ke dalam darah. Radionuklida yang masuk ke dalam saluran pernafasan dapat berupa gas, cairan atau partikel aerosol.

3. Kulit sehat dan luka

Kontaminasi internal dapat terjadi secara akut maupun kronis, langsung maupun tidak langsung yaitu melalui beberapa perantara pada jalur masuk (*pathway*).

Tahapan berlangsungnya kontaminasi internal tersebut adalah:

- a. Masuk tubuh melalui jalan masuk
- b. Penyerapan ke dalam darah atau cairan getah bening
- c. Distribusi ke seluruh tubuh dan akumulasi pada organ sasaran
- d. Pengeluaran melalui urin, feses atau keringat

Radionuklida yang sudah masuk tubuh selanjutnya akan berdifusi ke dalam cairan ekstraseluler. Setelah mengalami proses yang kompleks, radionuklida akan terdistribusi ke seluruh bagian tubuh yang kemudian sebagian akan mengendap dalam satu atau lebih organ atau jaringan tubuh tertentu dan sebagian akan dikeluarkan secara alamiah dari tubuh sebagai fungsi dari waktu (Nurhayati, 1999).

Terkait dengan unsur radioaktif yang terkandung di dalam mineral ikutan dan *slag* yang dihasilkan dari proses pengolahan dan pemurnian bijih timah, selain radium dan thorium terdapat juga unsur uranium. Fraksi uranium yang diserap di saluran pencernaan adalah beberapa persen dari jumlah yang dimakan. Kadar aktivitas  $^{238}\text{U}$  dalam tulang berselang antara 4-5 pCi/kg. Dalam tulang, uranium dianggap terdistribusi secara merata, meskipun dijumpai kadar yang lebih tinggi pada permukaan tulang.

Untuk unsur thorium, pemasukan aktivitas melalui lintas pernafasan per satuan waktu adalah 1 fCi/hari. Tidak terdapat informasi langsung tentang masuknya aktivitas  $^{232}\text{Th}$  melalui lintas makanan, tetapi estimasi tidak langsung mendapatkan angka 0,1 pCi/hari. Kontribusi melalui jalan masuk ini dapat diabaikan karena penyerapan thorium melalui saluran pencernaan amat rendah. Aktivitas thorium dalam tulang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan uranium.

Untuk unsur radium, pemasukan lewat lintas makanan lebih penting daripada pemasukan lewat pernafasan. Jika radium masuk ke dalam tubuh, perilaku metaboliknya sama dengan kalsium dan fraksi yang cukup besar diendapkan di permukaan tulang serta di daerah pembentukan tulang. Sekitar 70-90% dari radium dalam tubuh terdapat di tulang. Di daerah dengan latar belakang radiasi normal, kadar  $^{226}\text{Ra}$  dalam tulang berselang antara 2-20 pCi/Kg. Kadar  $^{226}\text{Ra}$  dalam tulang tidak tergantung pada usia (Thayib, 1990).

Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh BATAN, seperti pada Tabel 5, terhadap dampak radiologi dalam operasi normal dan kecelakaan di empat instalasi nuklir, diketahui bahwa distribusi dosis individu dari ketiga rute eksternal, *inhalasi* dan *ingesti* kontribusinya berimbang. Dari rute eksternal jalur yang dominan adalah

paparan eksternal dari permukaan tanah. Rute *inhalasi* terbagi diantara *outdoor* (69%) dan *indoor* (31%). Pada perhitungan diasumsikan kegiatan individu *outdoor* selama 8 jam per hari dan tidak ada *shielding indoor* (konservatif). Sedangkan pada rute *ingesti* sayuran dedaunan seperti bayam andilnya terhadap dosis *ingesti* adalah 70%. diikuti sebagai makanan utama (17%). Pada sayuran secara konservatif diasumsikan fraksi kontaminasi yang dipetik terhadap yang dikonsumsi adalah satu.

**Tabel 5.** Persentase penerimaan dosis efektif individu berdasarkan jalur paparannya

Rute	Jalur
Eksternal (33%)	Tanah (79%) Udara (21%)
<i>Inhalasi</i> (33%)	<i>Indoor</i> (69%) <i>Outdoor</i> (31%) Tanah (0%)
<i>Ingesti</i> (33%)	Sayuran dedaunan (77%) Padi (17%) Sayuran rambat (3%) Daging (2%) Buah (1%) Telur Kampung (0%) Ayam Kampung (0%)

Sumber: BATAN (2007)

Dengan demikian besarnya persentase potensi manusia untuk terpapar oleh radiasi melalui eksternal, *inhalasi* dan *ingesti* adalah sama besarnya. Sebagian besar ahli sependapat bahwa setiap pemaparan terhadap radiasi dapat menimbulkan efek genetik. Tetapi para ahli tidak sependapat, apakah pemaparan terhadap dosis radiasi yang sangat rendah dapat menimbulkan kerusakan non-genetik, seperti kanker. Beberapa di antaranya berpendapat bahwa dosis radiasi seberapa pun tetap berbahaya.

#### **2.1.9. Kawasan industri berwawasan lingkungan (*Eco-Industrial Park*)**

Berdasarkan hasil workshop yang diselenggarakan oleh United States President's Council untuk pembangunan berkelanjutan pada Oktober 1996, ada dua definisi penting untuk sebuah *Eco-Industrial Park* (EIP), pertama bahwa sebuah EIP

merupakan suatu komunitas bisnis yang bekerjasama satu sama lain serta melibatkan masyarakat di sekitarnya untuk lebih mengefisienkan pemanfaatan sumber daya (informasi, material, air, energi, infrastruktur, dan habitat alam) secara bersama-sama, meningkatkan kualitas ekonomi dan lingkungan, serta meningkatkan kualitas sumber daya manusia bagi kepentingan bisnis dan juga masyarakat di sekitarnya. Definisi kedua adalah bahwa EIP merupakan suatu sistem industri yang merencanakan adanya pertukaran material dan energi guna meminimalkan penggunaan energi dan bahan baku, meminimalisasi sampah, dan membangun suatu ekonomi berkelanjutan, ekologi dan hubungan sosial.

Djajadiningrat (2004), menyebutkan bahwa manfaat EIP bagi industri, lingkungan, dan komunitas/masyarakat adalah:

1. Manfaat bagi industri

Sebuah EIP akan memberikan kesempatan bagi anggotanya untuk mengurangi biaya-biaya produksi melalui efisiensi terhadap material dan energi, daur ulang sampah/limbah industri dan meminimalisasi biaya-biaya tambahan yang mungkin timbul karena denda yang berhubungan dengan aturan-aturan pemerintah terhadap pelanggaran perusakan lingkungan dan aktivitas produksi yang dilakukan.

2. Manfaat bagi lingkungan

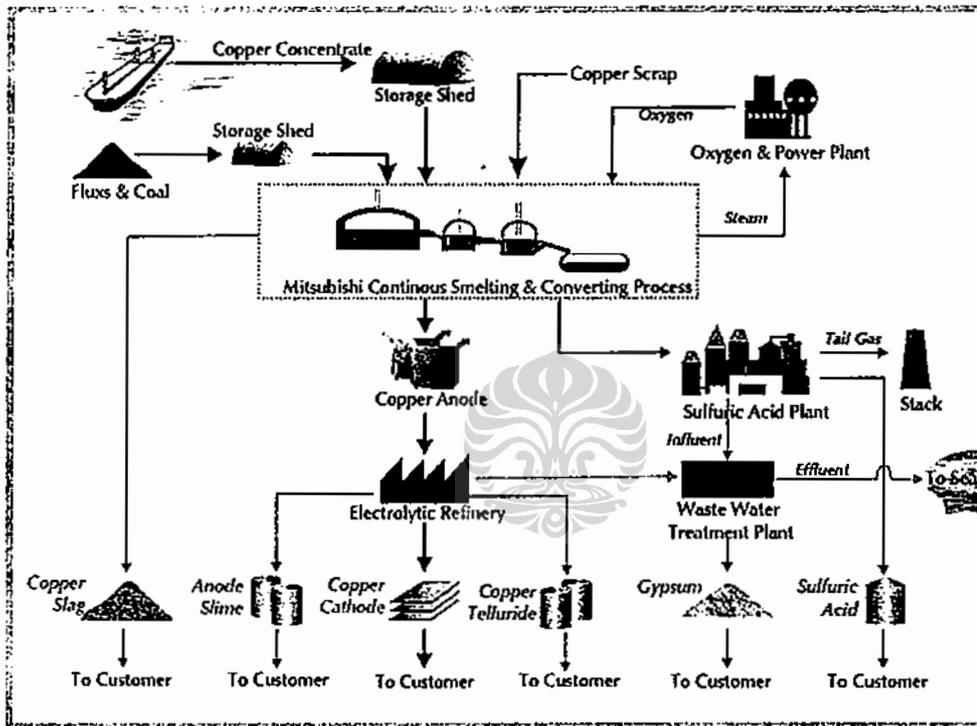
Penerapan konsep EIP akan mengurangi banyak sumber-sumber polusi, limbah dan sampah, juga mengurangi pemanfaatan sumber daya alam secara berlebihan.

3. Manfaat bagi komunitas/masyarakat

Berkembangnya EIP akan memberikan kesempatan usaha-usaha baru dan menciptakan program-program baru bagi kemajuan ekonomi regional bersangkutan dan juga memperoleh keuntungan lingkungan dari kemajuan sektor industri.

Sebagai gambaran tentang pemanfaatan limbah yang berasal dari *smelter*, yaitu pemanfaatan limbah dari PT. Smelting, di Gresik yang memurnikan konsentrat tembaga, dapat sebagai contoh yang baik. Nilai tambah diperoleh dari produk samping (*by-product*) dari PT. Smelting Gresik yang dimanfaatkan oleh perusahaan lain sebagai sumber bahan bakunya. Seperti asam sulfat yang

dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dari pabrik pupuk PT. Petrokimia Gresik. Selain itu ada *copper slag* yang mengandung bahan substitusi untuk pabrik semen. Biasanya pabrik semen membutuhkan pasir besi untuk pengolahannya, dengan adanya *copper slag* maka pasir besi bisa dihemat untuk difokuskan pada pembuatan besi. *Copper slag* berupa kerak juga dapat dijual ke industri pembuatan kertas pasir. *By-product* lainnya adalah *gypsum* dapat digunakan untuk campuran semen dan dijual ke pasar internasional. Proses peleburan konsentrat tembaga seperti pada Gambar 7 .



**Gambar 7.** Diagram alir proses peleburan konsentrat tembaga di PT. Smelting, Gresik (PT. Smelting).

Lokasi pabrik PT. Smelting sangat dekat dengan pabrik pupuk nasional PT. Petrokimia Gresik yang menggunakan asam sulfat sebagai bahan baku utamanya. Dengan begitu, *by-product* dari PT. Smelting tersebut bisa langsung dijual ke Petrokimia tanpa harus mengeluarkan biaya transportasi terlalu besar. Dapat dibayangkan jika lokasi PT. Smelting Gresik jauh dari perusahaan yang menggunakan asam sulfat sebagai bahan bakunya, tentu biaya yang dikeluarkan untuk pembuangan limbah saja sudah sangat besar.

## 2.2. Kerangka Berpikir

Pada saat ini masih banyak *smelter* timah yang belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif dengan baik. Terdapat berbagai faktor yang turut berpengaruh hal tersebut. Pada umumnya *smelter-smelter* timah beroperasi berdasarkan izin yang telah diperoleh dari instansi teknis, baik dipusat maupu daerah. Terkait dengan limbah yang mengandung unsur radioaktif, dalam hal ini adalah *slag* timah, pengelolaannya merupakan kewenangan dari BAPETEN. Sebagian *smelter* timah telah memperoleh izin dari BAPETEN untuk mengelola limbah mengandung unsur radioaktif yang dihasilkan.

Dengan diberikannya izin terhadap pengelolaan limbah yang dihasilkan maka pembinaan dan pengawasan dari instansi yang memberikan izin harus dilakukan terhadap pemegang izin. Pada prinsipnya pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif harus diawasi dengan baik. Cakupan pengawasan meliputi peraturan, perizinan dan inspeksi. Berdasarkan teori yang telah dikemukakan sebelumnya maka peraturan, perizinan dan inspeksi akan dipengaruhi oleh berbagai aspek seperti aspek agama, aspek ekonomi, aspek pendidikan, dan aspek-aspek lain, yang jelas turut terlibat menentukan baik buruknya lingkungan.

Sehubungan dengan aspek-aspek tersebut pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif merupakan bagian dari suatu sistem. Dalam kaitannya dengan lingkungan, melalui pendekatan sistem maka pengelolaan akan lebih komprehensif. Dengan demikian pengelolaan tersebut memerlukan keterlibatan dan kerjasama berbagai instansi dan pihak terkait.

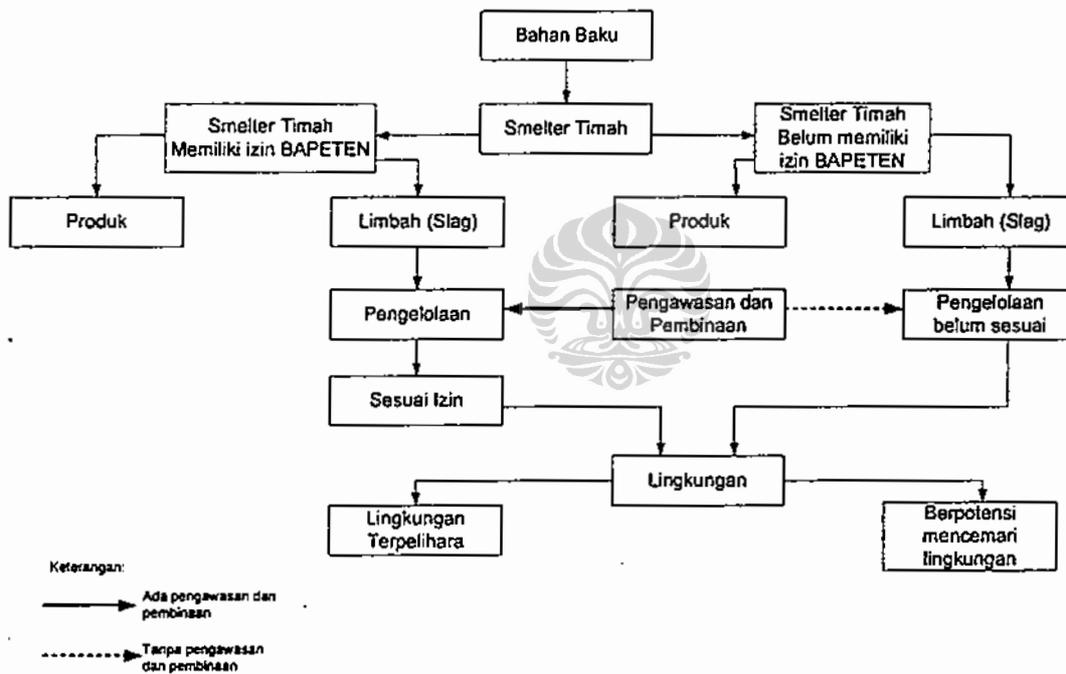
Terkait dengan pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif, data penelitian yang diperoleh terkait dengan *smelter-smelter* timah yang telah memperoleh izin dari BAPETEN. Data penelitian yang diperoleh selanjutnya dianalisis sesuai keterkaitannya dengan berbagai aspek tersebut di atas.

Selain *smelter-smelter* timah yang telah memperoleh izin dari BAPETEN, terdapat juga *smelter-smelter* timah lain yang tidak memiliki izin. Pembinaan dan pengawasan terhadap *smelter-smelter* tersebut harus dilakukan. Apabila tidak

dilakukan maka dikhawatirkan limbah yang mengandung unsur radioaktif sangat berpotensi untuk masuk ke lingkungan.

### 2.3. Kerangka Konsep

Perlu suatu mekanisme bagaimana pengawasan secara terpadu terhadap *smelter-smelter* swasta yang terkait dengan pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif. Dalam rangka penyelesaian masalah secara menyeluruh (*holistik*), pendekatan yang dilakukan adalah pendekatan sistemik. Dari uraian tersebut, konsep penelitian tentang *smelter* timah dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif seperti tersaji pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Kerangka Konsep Penelitian



### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Pendekatan dan Metode Penelitian Secara Umum

Pendekatan kuantitatif dilakukan dalam menelaah faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga smelter timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan, mengetahui apakah *smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif, menganalisis suatu solusi alternatif sebagai upaya peningkatan kinerja *smelter* timah dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada smelter timah. Bentuk penelitian menurut tahap analisisnya adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif dirancang untuk mengumpulkan informasi tentang keadaan-keadaan nyata sekarang dan memberikan gambaran atau uraian sejelas mungkin atas suatu keadaan.

Metode penelitian yang digunakan secara umum adalah studi literatur, kuesioner, komparasi dan analisis deskriptif. Metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian dirangkum dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Metode untuk mencapai tujuan penelitian

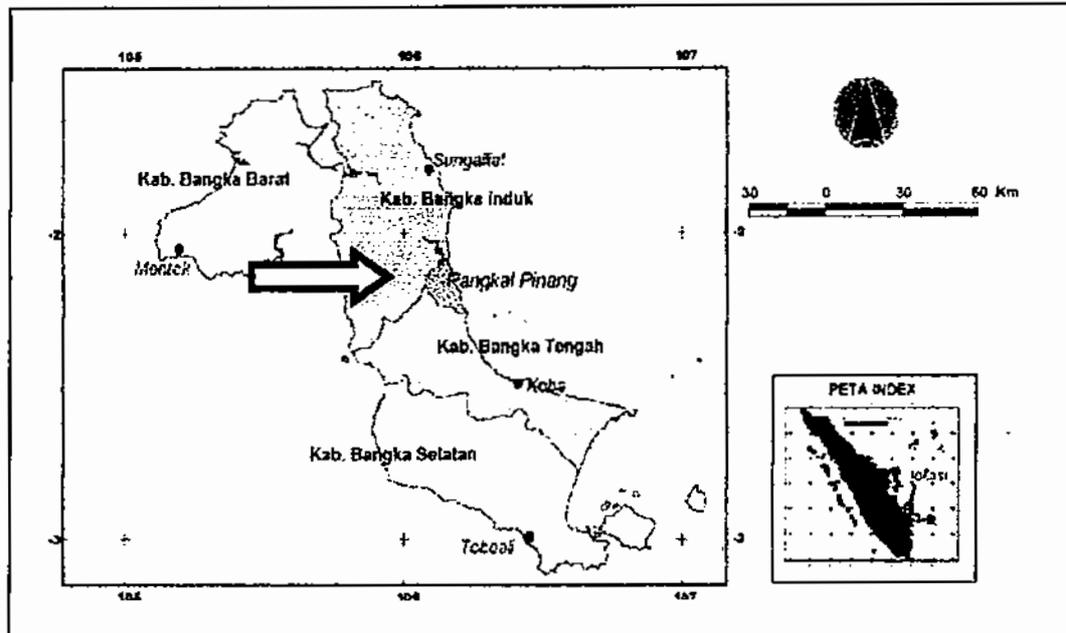
No.	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian
1.	Mengetahui faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga <i>smelter</i> timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif dengan sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan.	Studi literatur, Kuisisioner, Analisis Deskriptif
2.	Mengetahui apakah <i>smelter</i> timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif	Studi literatur, tabulasi, komparasi, Analisis Deskriptif
3.	Menganalisis suatu solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada smelter timah yang ramah lingkungan.	Studi literatur, Analisis Deskriptif

#### 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertempat di wilayah Jakarta, berdasarkan keberadaan Kantor Badan Pengawas Tenaga Nuklir sebagai instansi berwenang yang terkait dengan pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif. Wilayah Kota



Pangkalpinang karena keberadaan *smelter* timah (Gambar 9). Waktu penelitian lapangan dan pengolahan data dilakukan mulai bulan Januari 2009 sampai dengan Maret 2009.



Sumber: Herman (2005)

**Gambar 9.** Peta Kabupaten dan Kota di Pulau Bangka

### 3.3. Populasi dan Sampel Penelitian

Obyek penelitian yaitu *smelter-smelter* timah yang berlokasi di Kawasan Industri Ketapang yang termasuk dalam wilayah Kecamatan Pangkal Balam di Kota Pangkalpinang. Jumlah *smelter* timah yang menjadi obyek penelitian adalah empat *smelter* timah yang memiliki izin BAPETEN. Unit analisis yang digunakan adalah orang (manager *smelter*).

Metode pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *sensus*, dimana populasi dalam penelitian ini merupakan sampel. Sampel yang digunakan adalah *smelter* timah yang memiliki izin pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN).

### 3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dan definisi operasionalnya dirangkum dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Matriks Variabel Penelitian dan Definisi Operasional

Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Satuan
<i>Smelter</i> Timah	Perusahaan yang melakukan peleburan bijih timah menjadi logam timah	tak bersatuan
Pengelolaan limbah	Pengelolaan <i>slag</i> yang dihasilkan dari proses pemurnian bijih timah	tak bersatuan
Izin	Persetujuan yang diberikan oleh BAPETEN kepada smelter timah untuk pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif	tak bersatuan
Kewajiban	Kewajiban-kewajiban yang harus dipenuhi oleh smelter timah sebagai pemegang izin dari BAPETEN	tak bersatuan

### 3.5. Data Penelitian

Data yang dipergunakan dalam penelitian secara umum dirangkum dalam Tabel 8.

**Tabel 8.** Nama, Sumber, Sifat, Waktu Pengambilan dan Metode Pengumpulan Data Penelitian

Nama Data	Sumber Data	Sifat Data	Waktu Pengambilan Data	Metode Pengumpulan Data
Persyaratan izin	Sekunder	Kuantitatif	<i>Cross Section</i>	Studi Literatur
Tenaga PPR	Sekunder	Kuantitatif	<i>Cross Section</i>	Studi Literatur
Kewajiban Pelaporan	Sekunder	Kuantitatif	<i>Cross Section</i>	Studi Literatur
Faktor Berpengaruh	Primer	Kuantitatif	<i>Cross Section</i>	Kuisisioner
Dokumentasi	Sekunder	Kuantitatif	<i>Cross Section</i>	Studi Literatur

### 3.6. Metode Analisis Data

Data yang terkumpul, baik primer maupun sekunder, secara umum dianalisis menggunakan metode deskriptif. Hasil kuisisioner dan studi literatur, dikelompok-kelompokkan dan ditabulasikan. Metode analisis data yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Tujuan Penelitian dan Metode Analisis Data

No.	Tujuan Penelitian	Metode Analisis Data
1.	Mengetahui faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga <i>smelter</i> timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan.	Analisis Deskriptif
2.	Mengetahui apakah <i>smelter</i> timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif	Analisis Deskriptif dengan tabulasi
3.	Menganalisis suatu solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada <i>smelter</i> timah yang ramah lingkungan.	Analisis Deskriptif.

Untuk mengetahui apakah *smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya, bahan yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian 2 adalah jenis kewajiban yang harus dipenuhi oleh pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif berdasarkan peraturan perundangan, yaitu:

- a. memberikan kesempatan untuk pemeriksaan yang dilakukan oleh Kepala BAPETEN terhadap fasilitas Pemanfaatan Sumber Radiasi Pngion dan Bahan Nuklir;
- b. melaksanakan pemantauan kesehatan pekerja radiasi;
- c. memberikan kesempatan untuk pemeriksaan kesehatan terhadap pekerja yang dilakukan oleh Kepala BAPETEN yang bekerja sama dengan instansi yang berwenang di bidang penelitian dan pengembangan ketenaganukliran, kesehatan, dan ketenagakerjaan untuk menilai dampak radiasi terhadap kesehatan;
- d. menyelenggarakan dokumentasi mengenai segala sesuatu yang bersangkutan dengan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pngion atau Bahan Nuklir;
- e. melakukan tindakan yang diperlukan untuk mencegah atau memperkecil bahaya yang timbul akibat Pemanfaatan Sumber Radiasi Pngion atau Bahan Nuklir terhadap keselamatan pekerja, anggota masyarakat dan perlindungan terhadap lingkungan hidup;
- f. melakukan tindakan yang diperlukan untuk mencegah pemindahan tidak sah, pencurian, dan sabotase Sumber Radioaktif atau Bahan Nuklir;

- g. membuat dan menyampaikan laporan yang terkait dengan *Seifgard* kepada Kepala BAPETEN;
- h. memanfaatkan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir sesuai tujuan yang tercantum dalam izin;
- i. menyampaikan laporan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN jika terjadi kegagalan fungsi peralatan yang mengarah pada insiden, dan/atau kecelakaan radiasi;
- j. menyampaikan laporan mengenai pemantauan dosis radiasi pekerja.
- k. menyampaikan laporan secara tertulis hasil pemantauan daerah kerja dan lingkungan hidup di sekitar fasilitas kepada Kepala BAPETEN; dan/atau
- l. melaksanakan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan Lingkungan.

Setiap pemenuhan atas jenis kewajiban sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif diberikan pembobotan dan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel.



## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Penelitian

Berdasarkan jawaban dari pertanyaan kuisioner yang disampaikan, diketahui bahwa faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada kegiatan *smelter* timah seperti tercantum pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Faktor-faktor yang Berpengaruh selain Sosialisasi dan PPR

No.	Nama Perusahaan	Faktor	Keterangan
1.	PT. Bangka Putra Karya	- teknologi pengolahan yang efisien - energi/bahan bakar	
2.	PT. DS Jaya Abadi	-	tidak menjawab
3.	PT. Donna Kembara Jaya	- teknologi - biaya pengolahan <i>slag</i> - harga jika dijual	
4.	PT. Bukit Timah	-	tidak menjawab

Berdasarkan pembobotan terhadap pemenuhan jenis kewajiban yang sesuai ketentuan peraturan perundangan menunjukkan bahwa perusahaan *smelter* timah selaku pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif telah melaksanakan kewajiban sebagai pemegang izin. Namun demikian hasil pembobotan tersebut dibuat terbatas hanya berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan oleh BAPETEN. Apabila pelaksanaan kewajiban *smelter* timah sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif dapat diaudit, tentu hasilnya akan lebih objektif. Hasil audit dimaksud dapat digunakan untuk menjadi bahan perbandingan terhadap hasil audit yang telah dilakukan terhadap PT. Timah Tbk. dan PT. Koba Tin.

### 4.2. Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan yang dihadapi pada saat penelitian antara lain berasal dari ketersediaan dana, dan data-data yang bersifat terbatas. Data yang digunakan dalam penelitian seharusnya sebanyak dan serinci mungkin, baik dalam bentuk teori dan variabel (data kualitatif dan kuantitatif). Keterbatasan data tersebut terutama diakibatkan oleh data yang bersifat terbatas, masih sedikitnya informasi mengenai pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif di *smelter* timah, hasil-hasil penelitian tentang pemanfaatan bahan nuklir yang berasal

pengolahan dan pemurnian bijih timah, dan keberlanjutan dari kegiatan *smelter* timah.

Data primer peneliti peroleh dari observasi langsung di lapangan dan kuisisioner. Data sekunder peneliti peroleh dari studi literatur dan observasi lapangan. Data yang sulit diperoleh, antara lain adalah:

- a. Rencana Pengelolaan Lingkungan;
- c. Rencana Pemantauan Lingkungan;
- d. Hasil pemeriksaan terhadap perusahaan *smelter* timah pemegang izin dari BAPETEN.

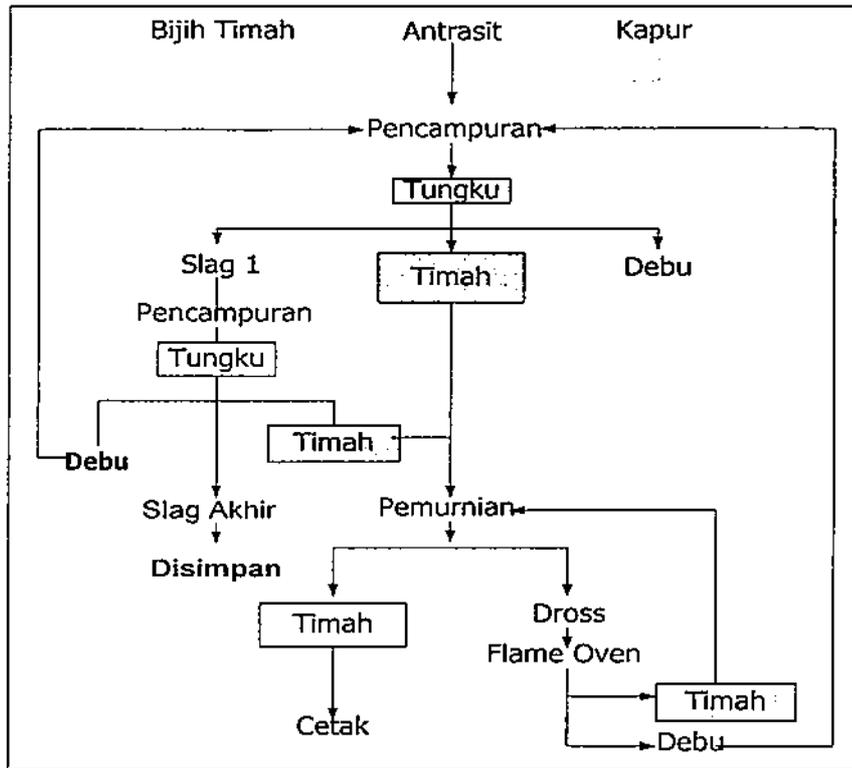
#### **4.3. Faktor-Faktor Berpengaruh**

Faktor-faktor yang berpengaruh selain sosialisasi dan PPR sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif adalah:

##### **1. Teknologi pengolahan yang efisien**

Teknologi pengolahan yang efisien tentunya akan mendorong pihak perusahaan untuk mengelola limbah secara lebih baik. Efisien diartikan sebagai menguntungkan dari sisi ekonomi. Pada prinsipnya biaya yang dikeluarkan adalah untuk menghasilkan produk yang bernilai ekonomi bukan untuk menghasilkan limbah, dalam hal ini adalah limbah yang mengandung unsur radioaktif. Pada diagram alir proses peleburan timah PT. Donna Kembara Jaya pada Gambar 10 dapat diketahui bahwa *slag* akhir hanya disimpan sesuai dengan izin penyimpanan dari BAPETEN.

Berdasarkan data dari BAPETEN diketahui bahwa BAPETEN hingga saat ini hanya mengeluarkan izin hanya untuk pengolahan dan penyimpanan limbah yang mengandung unsur radioaktif, yang dihasilkan dari pengolahan dan pemurnian bijih timah. Meskipun terdapat opsi tentang penjualan limbah tersebut, terkait dengan adanya penawaran dari negara lain, hingga saat ini permasalahan pengiriman ke luar negeri masih dalam pembahasan BAPETEN dan departemen terkait. BAPETEN tidak memberikan izin untuk pengiriman *slag* ke luar negeri.



**Gambar 10.** Diagram Alir Produksi Timah PT. Donna Kembara Jaya

Teknologi pengolahan terkait juga dengan macam produk yang dihasilkan. Produk yang dihasilkan oleh *smelter* timah adalah logam timah. Sebagai contoh PT. Timah Tbk merupakan perusahaan pertambangan terpadu mulai dari penyelidikan umum hingga pengangkutan dan penjualan. Dengan demikian dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan tersebut, termasuk yang dihasilkan dari proses pemurnian, tersedia anggaran untuk pengelolaannya. Anggaran dimaksud termasuk anggaran bagi penyediaan teknologi.

Sebagai perbandingan *smelter* timah hanya melaksanakan pemurnian bijih timah, tidak terikat dengan kewajiban-kewajiban lain yang terkait dengan lingkungan, misalnya kewajiban reklamasi. Nilai tambah yang diperoleh *smelter* timah seharusnya dapat dimanfaatkan untuk lebih meningkatkan kemampuan dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif.

Meskipun nilai tambah yang diperoleh lebih tinggi namun dari sisi kesinambungan bahan baku, kondisi *smelter* timah relatif tidak terjamin. Hal ini disebabkan antara lain *smelter* timah masih mengandalkan pasokan bijih timah yang dihasilkan oleh Tambang Inkonvensional (TI). TI biasanya hanya akan menjual timah yang diperoleh kepada *smelter* timah yang memberikan penawaran lebih baik. Kondisi tersebut mengakibatkan *smelter* timah mengalami kesulitan dalam menetapkan program-program yang akan dicapai terkait dengan pengelolaan *smelter*nya. Dengan begitu terkait dengan program pengelolaan lingkungan *smelter* timah tentunya akan mengalami kesulitan.

Dalam kaitannya dengan teknologi, kurangnya daya serap industri hilir dalam negeri untuk memanfaatkan produk-produk timah mengakibatkan sebagian besar produk timah justru diserap oleh negara lain, seperti terlihat pada Tabel 11. Negara Singapura menempati posisi pertama sebagai negara yang mengimpor sebagian besar (60,00%) produk timah Indonesia.

**Tabel 11.** Ekspor Timah Indonesia Menurut Negara Tujuan, Januari – Juli 2008

Negara Tujuan	Volume (Ton)	Persentase Terhadap Total	Nilai (US\$)
Singapura	48.480,46	86,11	894.672.590
Malaysia	5.775,58	10,26	116.041.025
Korea Selatan	1.346,26	2,39	25.729.096
Jepang	1.332,00	2,37	23.821.386
Hongkong	565,34	1,00	9.524.111
Taiwan	533,50	0,95	10.590.780
India	146,75	0,26	2.943.150
China	98,58	0,18	1.679.271
Belanda	24,83	0,04	550.199
<b>Jumlah</b>	<b>56.303,42</b>	<b>100,00</b>	<b>1.085.551.608</b>

Sumber: PT. Sucofindo & PT. Surveyor Indonesia (CIC Inc, 16 Agustus 2008), dalam Sembiring 2009

Berdasarkan data dalam Tabel 11 di atas terlihat bahwa Singapura adalah negara pengimpor terbesar produk timah Indonesia. Sebesar 86,11% dari total ekspor timah Indonesia di serap oleh Singapura. Jumlah tersebut tidak termasuk produk timah yang tidak tercatat secara resmi pengirimannya. Jika turut diperhitungkan tentunya jumlah yang diekspor akan lebih besar.

Manfaat yang lebih besar tentu akan diperoleh pihak lain yang memanfaatkan produk bahan baku yang dihasilkan dari dalam negeri antara lain tidak menanggung risiko yang terjadi pada lingkungan sebagai akibat dari proses produksi, industri hilir yang memanfaatkan produk timah seperti peralatan elektronik, dan produk telekomunikasi akan berkembang serta akan meningkatkan penerimaan negara karena produk yang dihasilkan nilainya jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan hanya memproduksi bahan baku.

*Slag* yang terbentuk dalam proses produksi logam timah menjadi risiko yang harus ditanggung pihak produsen timah. *Slag* harus dikelola sehingga tidak menjadi sumber yang berpotensi mencemari lingkungan. Selain itu apabila industri hilir timah dapat dikembangkan di dalam negeri maka akan membuka kesempatan kerja yang lebih besar bagi masyarakat untuk terlibat dalam industri hilir timah.

Jauh lebih baik apabila industri timah dari hulu ke hilir merupakan industri yang terintegrasi. Meskipun berpotensi mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan namun manfaat yang didapat lebih besar sebab tidak ada mata rantai yang hilang. Terbukanya industri demi industri dalam suatu wilayah akan berdampak pada perkembangan ekonomi di dalam wilayah yang bersangkutan.

Untuk mendorong pengembangan industri hilir timah diperlukan kebijakan pemerintah dalam menjamin kepastian hukum dan kepastian usaha bagi investasi dari dalam dan luar negeri. Dalam pengembangan industri hilir timah harus mengutamakan pengusaha lokal dan nasional dengan mempertimbangkan peraturan perundangan yang berlaku dan perkembangan teknologi dalam negeri. Apabila teknologi dalam negeri tidak tersedia maka investor asing dapat diberikan kesempatan untuk mengusahakan industri tersebut. Masuknya investor akan meningkatkan penerimaan negara, dan juga berpotensi meningkatkan tersedianya lapangan kerja. Agar kesempatan ini dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya harus ada koordinasi antar sektor terkait.

Untuk kesiapan sumber daya manusia perlu dilatih tenaga kerja lokal dan nasional agar sesuai dengan kualifikasi yang dibutuhkan oleh industri hilir timah.

Pihak perusahaan dapat memenuhi kebutuhan akan tenaga kerja yang sesuai dengan sumber daya manusia setempat. Dengan demikian tidak beralasan apabila pihak perusahaan masih harus mendatangkan tenaga kerja dari luar daerah atau menggunakan tenaga kerja asing, yang terkadang berpotensi menimbulkan kecemburuan sosial masyarakat setempat. Di sisi lain manfaat yang didapat dari terbukanya lapangan kerja antara lain berpotensi meningkatkan pendapatan masyarakat, mengurangi pengangguran dan mengurangi masalah yang terkait dengan hukum dan keamanan.

Selain itu kebutuhan pangan perusahaan dapat dipenuhi juga oleh masyarakat apabila terlebih dahulu diketahui apa saja bahan makanan yang menjadi kebutuhan pihak perusahaan untuk menunjang kegiatan operasionalnya sehari-hari baik dari sisi kualitas dan kuantitas. Tentunya masyarakat perlu mendapat bimbingan dari instansi terkait misalnya dari instansi yang menangani bidang pertanian dan bidang perindustrian. Perlu ada koordinasi antar instansi terkait dengan perusahaan. Dengan demikian pihak perusahaan tidak perlu lagi mendatangkan bahan makanan dari luar daerah atau luar negeri untuk memenuhi kebutuhan bahan pangannya sehari-hari sebab telah tersedianya dalam wilayah setempat.

Dengan teknologi yang efisien diharapkan limbah yang dihasilkan dapat diminimisasi sehingga jumlah limbah yang berpotensi mencemari lingkungan hidup terutama melalui media udara dan air akan berkurang. Lingkungan hidup yang terjaga akan mencegah dan mengurangi risiko kesehatan yang mungkin terjadi ditengah masyarakat seperti gangguan saluran pernafasan, kulit, pencernaan dan gangguan-gangguan kesehatan lainnya.

Namun demikian teknologi pengolahan yang efisien tidak ada artinya jika limbah yang dihasilkan tetap mencemari lingkungan. Dengan demikian sesuai prinsip dalam pengelolaan limbah, teknologi pengolahan yang digunakan selain efisien juga harus ramah lingkungan.

Teknologi yang digunakan dalam proses produksi harus disosialisasikan kepada masyarakat sehingga masyarakat paham terhadap dampak yang ditimbulkan dari

setiap pemanfaatan teknologi. Selain itu teknologi yang digunakan diharapkan tidak mengakibatkan ketergantungan kepada pihak lain, terlebih lagi pihak asing dan pada pasca produksi tidak menimbulkan masalah baru.

Selain itu untuk mendukung teknologi pengolahan yang efisien pihak industri perlu didorong untuk memanfaatkan limbah yang mengandung mineral berunsur radioaktif sebagai bahan baku industri hilir untuk proses produksi selanjutnya. Diperlukan kajian lebih lanjut mengingat limbah yang mengandung mineral berunsur radioaktif pemanfaatannya telah diatur secara khusus.

## 2. Biaya

Salah satu komponen biaya terbesar dalam operasi produksi adalah bahan bakar. Telah berlaku umum bahwa biaya bahan bakar berpengaruh dalam penentuan harga jual suatu produk. Seperti telah diketahui bahwa perubahan harga minyak bumi di pasar internasional turut mempengaruhi harga berbagai komoditas lain, termasuk timah.

Berdasarkan hasil kajian ekonomi regional Provinsi Kepulauan Bangka Belitung triwulan II 2008, pelaku usaha industri pengolahan timah mengatakan bahwa kendala yang dihadapi saat ini selain tingginya harga pasir timah adalah harga solar yang berdasarkan komposisi biaya berada di peringkat pertama dengan pangsa sekitar 80 – 90 % dari total biaya.

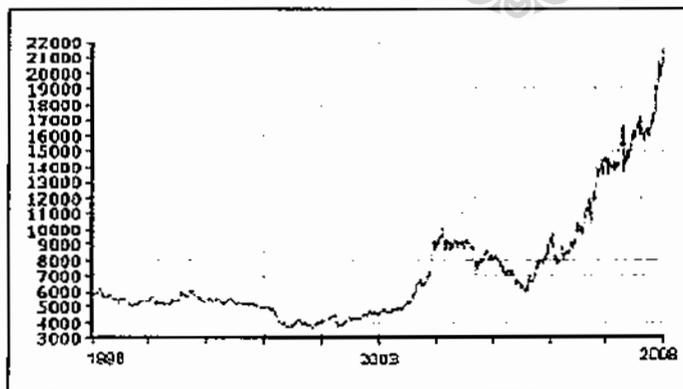
Dari data yang dikeluarkan oleh Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas (BPH Migas) diketahui bahwa harga bahan bakar minyak (BBM) khususnya minyak solar telah mengalami beberapa kali perubahan sejak tahun 1980. Perubahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Perkembangan Harga Bahan Bakar Minyak (BBM) Dalam Negeri Tahun 1980 - 2008

No.	Terhitung mulai tanggal	Harga BBM (Rp/liter)			Keterangan
		Minyak Tanah	Minyak Solar	Bensin Premium	
1.	1 Mei 1980	37,5	52,5	150	Keppres
2.	11 Juli 1991	220	300	550	Keppres
3.	8 Januari 1993	280	380	700	Keppres
4.	5 Mei 1998	350	600	1.200	Keppres
5.	1 Oktober 2000	350	600	1.150	Keppres 135/2000
6.	16 Juni 2001	400	900	1.450	Keppres 73/2001
7.	17 Januari 2002	600	1.150	1.550	Keppres 9/2002
8.	2 Januari 2003	700	1.890	1.810	Keppres 90/2002
9.	1 Maret 2005	700	2.100	2.400	Perpres 22/2005
10.	1 Oktober 2005	2.000	4.300	4.500	Perpres 55/2005
11.	24 Mei 2008	2.500	5.500	6.000	Permen ESDM No. 16/2008

Sumber: BPH Migas (2009)

Perkembangan harga BBM dalam negeri juga dipengaruhi oleh perkembangan harga minyak bumi di pasar internasional. Dari Tabel 12 diketahui bahwa sejak 1 Oktober 2005 sampai dengan 24 Mei 2008 harga minyak solar tidak mengalami kenaikan. Relatif stabilnya harga minyak solar tentu menguntungkan pihak pengusaha terlebih lagi dalam periode waktu tersebut harga logam timah di pasar internasional cenderung meningkat. Peningkatan tersebut terlihat pada Gambar 11 tentang data perkembangan harga timah putih di bursa London.



**Gambar 11.** Grafik harga timah putih di bursa London (Suprpto, 2008)

Dengan demikian pengusaha logam timah akan memperoleh keuntungan yang lebih besar dengan kondisi seperti itu. Di sisi lain masih ada pelaku usaha yang mengeluhkan tentang tingginya harga solar sebagai salah satu masalah yang dianggap tidak kondusif oleh kalangan industri pengolahan timah. Meningkatnya harga solar di daerah dapat saja terjadi yang disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan minyak solar namun ketersediaannya terbatas. Perkembangan industri

smelter timah turut mendorong peningkatan kebutuhan solar untuk Provinsi Bangka Belitung, khususnya di Kota Pangkalpinang.

**Tabel 13.** Kuota BBM Berdasarkan APBN Perubahan Untuk Provinsi Bangka Belitung Tahun 2006 – 2008

No.	Tahun			
	BBM	2006	2007	2008
1.	Premium (KL)	379.087	143.539	146.951
2.	Kerosene (KL)	235.353	45.436	35.821
3.	Solar (KL)	356.368	169.414	189.043

Sumber: BPH Migas (2009)

Berdasarkan data pada Tabel 13 ternyata kuota BBM untuk Provinsi Bangka Belitung, khususnya solar dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2008 cenderung menurun. Dengan demikian kebutuhan solar industri smelter timah berpotensi untuk tidak terpenuhi. Untuk itu potensi akibat yang mungkin akan terjadi adalah penimbunan solar secara sepihak dan mendatangkan solar dari daerah lain baik secara legal maupun ilegal. Dalam rangka mengatasi masalah kelangkaan BBM di Provinsi Bangka Belitung secara umum perlu adanya koordinasi terpadu antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah.

Seperti yang telah dikemukakan di atas, terlihat bahwa pihak perusahaan dalam mengelola limbah yang mengandung bahan radioaktif dari proses produksi timah lebih mengutamakan pertimbangan keuntungan (aspek ekonomi). Selain biaya bahan bakar semestinya harga jual per kilogram logam timah telah termasuk perhitungan biaya pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif yang dihasilkan dari proses produksi logam timah per kilogram. Dengan demikian semestinya pihak perusahaan tidak beralasan bahwa untuk pengelolaan limbah yang mengandung bahan radioaktif memerlukan biaya lagi, sebab biaya tersebut dapat diperoleh atau disisihkan dari keuntungan penjualan setiap kilogram logam timah.

#### **4.4. Kewajiban Smelter Timah**

Untuk mengetahui apakah *smelter* timah telah melaksanakan berbagai jenis kewajiban sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif, setiap jenis kewajiban diberikan pembobotan seperti pada Tabel 14. Hasil Pembobotan dan disajikan Tabel 15 dan Tabel 16.

**Tabel 14. Jenis Kewajiban Pemegang Izin BAPETEN dan Pembobotan**

Jenis	Kewajiban	Pembobotan/Skor		
		Ya	Tidak	Tidak Tahu
a	memberikan kesempatan untuk pemeriksaan yang dilakukan oleh Kepala BAPETEN terhadap fasilitas Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir;	2	1	0
b	melaksanakan pemantauan kesehatan pekerja radiasi;	2	1	0
c	memberikan kesempatan untuk pemeriksaan kesehatan terhadap pekerja yang dilakukan oleh Kepala BAPETEN yang bekerja sama dengan instansi yang berwenang di bidang penelitian dan pengembangan ketenaganukliran, kesehatan, dan ketenagakerjaan untuk menilai dampak radiasi terhadap kesehatan;	2	1	0
d	menyelenggarakan dokumentasi mengenai segala sesuatu yang bersangkutan dengan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir;	2	1	0
e	melakukan tindakan yang diperlukan untuk mencegah atau memperkecil bahaya yang timbul akibat Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir terhadap keselamatan pekerja, anggota masyarakat dan perlindungan terhadap lingkungan hidup;	2	1	0
f	melakukan tindakan yang diperlukan untuk mencegah pemindahan tidak sah, pencurian, dan sabotase Sumber Radioaktif atau Bahan Nuklir;	2	1	0
g	membuat dan menyampaikan laporan yang terkait dengan <i>Selfgard</i> kepada Kepala BAPETEN;	2	1	0
h	memanfaatkan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir sesuai tujuan yang tercantum dalam izin;	2	1	0
i	menyampaikan laporan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN jika terjadi kegagalan fungsi peralatan yang mengarah pada insiden, dan/atau kecelakaan radiasi;	2	1	0
j	menyampaikan laporan mengenai pemantauan dosis radiasi pekerja.	2	1	0
k	menyampaikan laporan secara tertulis hasil pemantauan daerah kerja dan lingkungan hidup di sekitar fasilitas kepada Kepala BAPETEN; dan/atau	2	1	0
l	melaksanakan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan Lingkungan.	2	1	0

Dari ketentuan-ketentuan yang diwajibkan kepada pihak perusahaan pengelola smelter timah pada Tabel 14 di atas, menurut peneliti aspek yang diutamakan adalah aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja dari pekerja dan masyarakat, dan aspek lingkungan. Agar kewajiban-kewajiban yang telah ditentukan dapat terlaksana dengan baik seharusnya pengelolaannya juga mengacu kepada standar-standar yang berlaku.

Apabila proses produksi *smelter* telah mengikuti standar yang ditentukan, maka hasil yang diinginkan sesuai dengan mutu dan proses yang telah ditentukan.

Begitu juga terhadap masalah K3 dan pengelolaan lingkungan telah ada standar-standar yang dapat dijadikan acuan untuk aspek tersebut. Pada prinsipnya adalah prosedur atau komponen sistem pengelolaan terkait K3 dan lingkungan yang diusahakan untuk dipatuhi.

**Tabel 15.** Hasil Pembobotan untuk PT. Bangka Putra Karya, PT. Bukit Timah, PT. DS Jaya Abadi dan PT. Donna Kembara Jaya

No.	Perusahaan	Kriteria												Skor
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
1.	PT. Bangka Putra Karya	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	0	20
2.	PT. Bukit Timah	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.	PT. DS Jaya Abadi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
4.	PT. Dona Kembara Jaya	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24

Sebagai pembanding adalah hasil pembobotan yang dilakukan juga terhadap pemenuhan kewajiban-kewajiban oleh PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin seperti pada Tabel 16.

**Tabel 16.** Hasil Pembobotan untuk PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin

No.	Perusahaan	Kriteria												Skor
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
1.	PT. Timah Tbk	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
2.	PT. Koba Tin	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	2	20

**Tabel 17.** Pelaksanaan kewajiban *smelter* timah sebagai pemegang izin BAPETEN

Kinerja	Rentang Skor	PT. Bangka Putra Karya	PT. Bukit Timah	PT. DS Jaya Abadi	PT. Dona Kembara Jaya	PT. Timah Tbk	PT. Koba Tin
Baik	17 – 24	20	-	24	24	24	20
Cukup Baik	9 – 16	-	-	-	-	-	-
Buruk	0 – 8	-	-	-	-	-	-

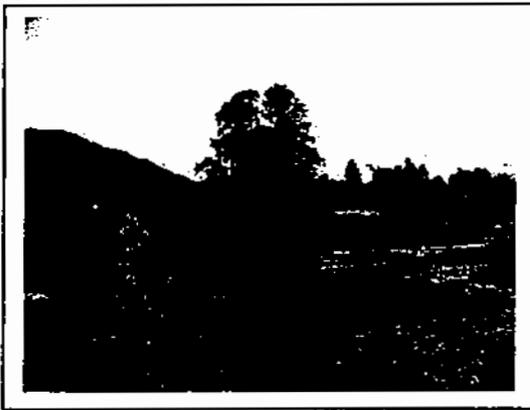
Berdasarkan data dari Tabel 15 manager *smelter* PT. Bangka Putra Karya, tidak mengetahui tentang kewajiban memanfaatkan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir sesuai tujuan yang tercantum dalam izin, dan tidak tahu tentang pelaksanaan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan

Lingkungan (RKL dan RPL), seharusnya manager *smelter* memahami bahwa RKL dan RPL sebagai suatu komitmen tertulis pihak perusahaan sehingga wajib dilaksanakan dengan baik.

Dari Tabel 17 di atas menunjukkan bahwa pihak perusahaan telah menyampaikan kewajibannya sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan. Namun untuk memberikan keyakinan atas kebenaran data yang diperoleh, peneliti melakukan verifikasi hal tersebut ke BAPETEN. Dari hasil verifikasi diketahui bahwa smelter timah sebagai pemegang izin dalam memenuhi kewajibannya harus terdokumentasi.

Dokumentasi yang dimiliki oleh *smelter* timah tersebut merupakan bukti fisik yang digunakan oleh pihak BAPETEN pada saat melakukan pengawasan ke *smelter-smelter* timah. Pada saat pelaksanaan pengawasan, petugas pengawasan akan memeriksa dokumen-dokumen yang menjadi bukti bahwa pihak smelter telah melaksanakan kewajibannya. Data hasil pengawasan merupakan data yang bersifat terbatas. Peneliti diberikan kesempatan untuk melihat dokumen-dokumen hasil pengawasan di PT. Bangka Putra Karya, PT. DS Jaya Abadi, PT. Donna Kembara Jaya, dan PT. Bukit Timah. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan terhadap data hasil pengawasan tersebut walaupun smelter timah telah memenuhi kewajiban-kewajibannya namun terdapat temuan-temuan yang tidak sesuai dan wajib ditindaklanjuti oleh pemilik *smelter*.

Di sisi lain berdasarkan hasil pengawasan yang dilakukan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Bangka Belitung bersama dengan Badan Lingkungan Hidup Kota Pangkalpinang diketahui bahwa terdapat beberapa tindakan pengendalian pencemaran yang belum sesuai dan belum dilakukan oleh pihak *smelter*. Hasil pengawasan tersebut terlampir. Gambar 12 menunjukkan situasi penempatan slag di PT. Donna Kembara Jaya dan PT. Bangka Putra Karya.



Slag PT. Donna Kembara Jaya



Slag PT. Bangka Putra Karya

**Gambar 12.** Penempatan *slag* di PT. Donna Kembara Jaya dan PT. Bangka Putra Karya

Dengan dipatuhinya kewajiban-kewajiban sebagai pemegang izin maka keselamatan dan kesehatan pekerja, anggota masyarakat dan perlindungan terhadap lingkungan hidup akan lebih baik. Namun demikian terkait perilaku pekerja dalam keselamatan dan kesehatan kerja di dalam industri timah perlu pembinaan sebab secara umum pekerja yang bekerja di *smelter* timah sebelumnya memiliki latar belakang sosial dan budaya agraris. Paradigma agraris berbeda dengan industri sehingga paradigma tersebut masing-masing akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap lingkungan.

Paradigma tersebut diatas terkait dengan tiga hal, yang perlu diperhatikan, yakni adanya potensi kenaikan paparan radiasi, ketidakpahaman masyarakat luas terhadap masalah NORM atau TENORM dan *smelter* yang menghasilkan *slag* perlu mendapatkan petunjuk tambahan untuk membantu mengelola *slag* sehingga dapat melindungi masyarakat dan lingkungan, serta pengelolaannya ekonomis. Untuk itu harus ada keterlibatan berbagai pihak lain untuk meningkatkan pemahaman berbagai elemen masyarakat tentang NORM atau TENORM. Pemahaman yang diperlukan misalnya peraturan-perundangan, perizinan, teknologi, standar, K3 dan lingkungan. Peningkatan peran dan koordinasi antar instansi terkait penting dilakukan. Seperti antara instansi pusat (KLH, BAPETEN, DESDM, Departemen Perindustri) dengan instansi di Provinsi

dan Kabupaten/Kota. Dengan koordinasi yang baik diharapkan pengawasan terhadap smelter-smelter timah dilakukan secara terpadu. Sehingga persoalan-persolan yang muncul dalam pengelolaan industri pertimahan dapat dilihat dan diselesaikan secara komprehensif.

Dari hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa sesuai peraturan perundangan untuk memperoleh izin pemanfaatan bahan nuklir perusahaan-perusahaan tersebut pada prinsipnya telah memenuhi persyaratan administrasi dan teknis. Namun salah satu permasalahan yang dihadapi adalah kesulitan memenuhi persyaratan petugas ahli sebagai Petugas Proteksi Radiasi (PPR) yang disebabkan belum cukup tersedia tenaga PPR di Provinsi Bangka Belitung. Sesuai dengan data BAPETEN jumlah PPR industri di Provinsi Bangka Belitung hanya empat orang. Untuk saat ini terdapat dua orang tenaga PPR yang masing-masing dikontrak oleh dua perusahaan. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 18.

**Tabel 18.** Data PPR Industri di Provinsi Bangka Belitung

No.	Nama	Perusahaan
1.	Ebi Wibisana	PT. Tambang Timah
2.	Ade Kelana	PT. Koba Tin
3.	Ririn Irianti, S.Si	PT. Bukit Timah, PT. Donna Kembara Jaya PT. Tambang Timah
4.	Rebiyanti, ST	PT. DS Jaya Abadi PT. Bangka Putra Karya

Sumber: Melani (2008)

Keberadaan PPR sangat penting sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh izin pemanfaatan bahan nuklir sesuai ketentuan perundangan. Untuk mengurangi ketergantungan hanya kepada seorang PPR pihak perusahaan sebaiknya membuat program untuk mengikuti pendidikan dan pelatihan calon PPR bagi karyawannya yang potensial. Dengan demikian apabila seorang PPR berhalangan maka kegiatan perusahaan tidak terkendala.

Pada dasarnya sektor-sektor industri dalam perekonomian saling mempengaruhi. Berdasarkan perhitungan dari Tabel *Input Output* Provinsi Kepulauan Bangka Belitung Tahun 2005, diperoleh *output multiplier* total sektor industri peleburan timah sebesar 2,35, yang berarti bahwa untuk setiap perubahan (peningkatan)

satu satuan output sektor industri peleburan membutuhkan *output* sektor lain (*input* bagi sektor industri peleburan) sebesar 2,35 kali. Angka tersebut merupakan angka pengganda terbesar jika dibandingkan dengan sektor lain.

**Tabel 19.** Sektor dengan Lima Angka Pengganda Terbesar

Peringkat	Sektor	Angka Pengganda
1	Industri Peleburan Timah	2,35
2	Industri Pengolahan dan Pengawetan Ikan	2,18
3	Angkutan Udara	2,16
4	Industri Makanan, Minuman, dan Tembakau lainnya	2,13
5	Industri Kerupuk	2,07

Sumber: Masterplan Pembangunan Daerah Provinsi Bangka Belitung

Industri peleburan timah di Provinsi Bangka Belitung sangat terkait dengan kegiatan penambangan dan pengolahan sebagai mata rantai yang saling menguatkan dan menguntungkan. Namun apabila berdasarkan data pada Tabel 19 yang ditinjau dari aspek lingkungan, industri peleburan timah juga berpotensi untuk menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan dan pengolahan sebesar 2,35 kali.

Sebab untuk memperoleh bijih timah, untuk selanjutnya dilebur dan menghasilkan balok timah, rakyat yang menambang timah harus membuka lahan, menggali lapisan tanah di bawah air, dan membuang sisa proses pengolahan ke media air dan tanah. Akibat yang ditinggalkan adalah berupa lubang-lubang bekas tambang yang akhirnya menjadi kolam-kolam, air (laut, sungai) menjadi keruh, dan terjadi proses sedimentasi.

Walaupun saling menguatkan dan menguntungkan antara penambang dengan pihak *smelter* namun pada prinsipnya secara hitung-hitungan bisnis hal ini sangat menguntungkan pihak *smelter* karena bijih timah dari rakyat penambang dibeli dengan harga murah. Sementara logam timah yang dihasilkan oleh *smelter* mempunyai harga jual yang jauh lebih tinggi. Selain itu pihak *smelter* lebih diuntungkan karena tidak ikut bertanggung jawab terhadap kerusakan lingkungan yang telah terjadi dan juga kesehatan dan keselamatan dari rakyat penambang.

Keterkaitan yang terjadi dalam aktivitas penambangan timah yang ada di Bangka, menunjukkan hubungan-hubungan antar pelaku yang terlibat dalam kegiatan penambangan secara keseluruhan adalah hubungan saling memanfaatkan walaupun kemudian hubungan tersebut dalam aktivitasnya bertentangan dengan ketentuan-ketentuan hukum negara. Dengan demikian berarti keberadaan smelter-smelter timah swasta terkait juga dengan aktivitas Tambang Inkonvensional (TI).

Dari penelitian yang pernah dilakukan diketahui bahwa para pihak yang terlibat dalam TI adalah mereka yang memiliki keterkaitan dan kepentingan terhadap perusahaan sumber daya timah. Para pihak ini adalah Pekerja TI, Bos TI, Kolektor Timah Desa, Penjual Solar, Pemilik Warung, Kolektor Pangkal Pinang, dan Smelter, dan Pemerintah. Hubungan sosial tersebut apabila dikaitkan dengan teori yang telah dikemukakan, dapat dinyatakan bahwa kerusakan lingkungan tidak lepas dari pola struktur sosial dan sistem sosial dimana terbentuk dari individu/kelompok yang berinteraksi.

Kegiatan peleburan sejak awal merupakan bagian integral dari kegiatan pertambangan, mulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, penambangan, pengolahan dan pemurnian hingga pengangkutan dan penjualan. Dengan adanya otonomi daerah dan euforia kebebasan di lain pihak, instrumen kebijakan dan instrumen kelembagaan yang ada mengalami perubahan-perubahan. Sebagai konsekuensinya *smelter* yang awalnya adalah suatu kebijakan yang mensyaratkan adanya keterpaduan dengan wilayah lokasi penambangan, kemudian oleh Pemerintah Daerah Smelter diizinkan berdiri sendiri tanpa ada wilayah penambangan yang dikelola sebagai pemasok bahan baku sehingga untuk bahan baku didapatkan dari kegiatan penambangan TI yang pada dasarnya illegal.

Aktivitas TI semakin marak dengan ditetapkannya Keputusan Menteri Perindustrian dan Perdagangan Nomor 443/MPP/Kep/5/2002 tentang Larangan Ekspor Timah Berbentuk Bijih (Pasir), yang ditingkat lokal kebijakan ini diperkuat oleh Surat Keputusan Bupati Bangka No. 540.K/271/Tamben/2001 tentang

Pemberian Izin Usaha Pertambangan untuk Pengolahan dan Penjualan (Ekspor). Selain itu kedua kebijakan ini justru mendorong munculnya Smelter.

Beberapa aspek permasalahan yang terkait dengan TI adalah tata guna lahan, ekonomi, sosial dan budaya, keselamatan dan kesehatan kerja, nilai tambah dan keberlanjutan. Aspek tata guna lahan, berdasarkan citra satelit tahun 2004, diketahui bahwa 378.042 hektar dari 657.510 hektar kawasan hutan di Bangka Belitung sudah tergolong lahan kritis. Dari yang tersisa tersebut, kawasan hutan yang bervegetasi tinggal 17% dari 1.642.414 hektar luas daratan Bangka Belitung. Berdasarkan data dari Asosiasi Tambang Timah Rakyat (ASTIRA) jumlah TI di Bangka Belitung mencapai 5.300 lokasi untuk yang di darat dan ratusan lokasi lainnya TI Apung di perairan. Setiap tambang mempekerjakan orang dalam jumlah bervariasi hingga puluhan orang. Aktivitas TI sebagai salah satu kontributor atas kerusakan lahan dan hutan menurut Dinas Pertanian dan Kehutanan Provinsi Bangka Belitung.

Reklamasi dan penatagunaan lahan pasca tambang tidak diperhatikan. Kewajiban reklamasi lahan bekas tambang tidak berjalan sesuai dengan peraturan perundangan. Lahan tandus dan *kolong-kolong* bekas galian tambang dapat dengan mudah ditemui di Bangka dan Belitung. Dari hasil penelitian LIPI pada 40 *kolong* air pasca penambangan timah di Bangka menunjukkan bahwa kandungan logam berat yang terakumulasi di kolong-kolong tersebut cukup tinggi. Jenis logam berat yang banyak terdeteksi antara lain Timbal (Pb), Ferrum (Fe), dan Arsen (As).

Dengan meluasnya lahan tandus dan kolong-kolong bekas tambang, maka kesempatan masyarakat untuk bertani dan berkebun menjadi semakin sempit. Usaha pertanian dan berbagai mata pencarian masyarakat lokal tidak berkembang karena banyak yang mengalihkan bidang usaha dan profesinya sebagai TI.

Selain di darat, wilayah aliran sungai dan laut dangkal di sekitar pantai juga tidak lepas dari aktivitas TI, yang dikenal dengan istilah TI Apung. Akibatnya air sungai menjadi keruh, terumbu karang di sekitar pantai musnah, dan terjadi abrasi

pantai. Akibat selanjutnya menimpa masyarakat di sekitar pantai yang berprofesi sebagai nelayan yaitu berpotensi menurunkan hasil tangkapan ikan dan untuk mendapatkan ikan jarak yang harus ditempuh oleh nelayan dalam melaut semakin jauh. Kondisi ini berpotensi untuk memicu terjadinya konflik antara para pelaku TI dan para nelayan.

Aspek ekonomi, akibat aktivitas TI negara kehilangan royalti atas timah dan kewajiban finansial lain seperti pajak, retribusi dan iuran-iuran. Selain itu berpotensi juga mengalami kerugian akibat subsidi Bahan Bakar Minyak (BBM). BBM bersubsidi dimanfaatkan untuk mengoperasikan peralatan-peralatan berat seperti excavator untuk menambang timah, sehingga mengakibatkan subsidi BBM di Provinsi Bangka Belitung menjadi bias.

Aspek sosial dan budaya, berdasarkan data tahun 2006 dari PT. Timah Tbk, diketahui bahwa hampir 60% pelaku penambang di Bangka merupakan pendatang yang berasal dari luar daerah dengan berbagai latar belakang. Berdasarkan data tahun 2008 yang disampaikan oleh ASTIRA sekitar 80% penambang timah inkonvensional merupakan pendatang. Ada peningkatan sebesar 20% antara tahun 2006-2008. Kondisi ini berpotensi meningkatkan "penyakit sosial" seperti keterlibatan minuman keras, perjudian, tindak kriminal dan perdagangan manusia (*human trafficking*). Selain itu aktivitas TI juga banyak melibatkan pekerja di bawah umur. Lebih jauh lagi, keterlibatan pekerja di bawah umur berpotensi meningkatkan angka putus sekolah.

Aspek keselamatan dan kesehatan kerja, untuk kegiatan penambangan berdasarkan data ASTIRA diketahui bahwa kecelakaan kerja menimpa ratusan penambang timah di sejumlah lokasi TI yang ada di darat dan di perairan.

Aspek nilai tambah dan keberlanjutan, penyelundupan timah menghilangkan potensi untuk peningkatan nilai tambah di dalam negeri dan sangat menguntungkan negara pembeli timah selundupan sebab lingkungan tidak terganggu, ongkos produksi murah dan menambah cadangan bahan baku bagi smelter. Selain itu tidak terjadi transformasi, proses transformasi sosial semu,

karena hanya mensejahterakan sekelompok orang saja. Pemanfaatan sumber daya alam hanya berorientasi jangka pendek.

Pola pengusahaan timah yang tidak mensyaratkan keterpaduan antara kegiatan pertambangan dengan pengolahan dan pemurnian pada satu sisi menguntungkan hanya sebagian kecil pihak dan di sisi lain memberikan dampak negatif bagi masyarakat luas akibat rusaknya lingkungan. Pihak perusahaan yang melaksanakan pengolahan dan/atau pemurnian diuntungkan karena tidak menanggung kewajiban melaksanakan reklamasi dan revegetasi lahan bekas tambang. Permasalahan lingkungan yang terkait dengan pengusahaan timah tidak dapat dilihat secara parsial namun harus dilihat secara keseluruhan sebagai sebuah sistem.

Pola tersebut pada prinsipnya berbeda dengan pola pengusahaan timah yang dilaksanakan oleh PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin. Kegiatan pertambangan timah yang dilaksanakan adalah terpadu mulai dari kegiatan eksplorasi hingga penjualan. Dengan demikian masalah lingkungan yang timbul akibat kegiatan pertambangan sepenuhnya menjadi tanggung jawab kedua perusahaan tersebut, termasuk pengelolaan *tailing* dan *slag* yang mengandung unsur radioaktif.

### **PT. Timah Tbk**

PT Timah Tbk beroperasi melalui mekanisme Kuasa Pertambangan (KP) yang diterbitkan oleh Departemen ESDM. Pada awalnya Kuasa Pertambangan merupakan suatu perikatan antara Pemerintah RI dengan Pemegang KP untuk mengeksploitasi cadangan sumber daya alam yang ada pada suatu wilayah. Sejak otonomi daerah, Kepala Daerah memberikan kuasanya kepada Pelaksana KP untuk mengeksploitasi dan mengelola sumber daya alam di wilayahnya.

Negara memperoleh bagian dari sumber daya alam dari Pelaksana KP sejumlah persentase tertentu dalam bentuk royalti dan iuran pertambangan atas sewa lahan (*landrent*). Perjanjian tersebut mencakup pula ketentuan lain yang harus ditaati oleh kedua belah pihak, misalnya terkait dengan keuangan negara, pengelolaan sumber daya alam, lingkungan hidup, ketenagakerjaan dan keselamatan kerja.

Kegiatan pertambangan PT. Timah Tbk, mulai dari penyelidikan umum, eksplorasi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, dan pengangkutan dan penjualan. Kegiatan penambangan dilaksanakan di darat dan di lepas pantai. Operasi penambangan darat di dalam wilayah KP dilaksanakan oleh kontraktor swasta sebagai mitra usaha di bawah kendali perseroan. Kegiatan penambangan didasarkan pada perencanaan yang telah ditetapkan oleh perseroan.

Dalam pelaksanaan penambangan lepas pantai, perusahaan mengoperasikan armada kapal keruk. Kapal keruk memiliki kemampuan beroperasi mulai dari kedalaman 15-50 meter di bawah permukaan laut dan mampu menggali lebih dari 3,5 juta m<sup>3</sup> material setiap bulan.

Menurut penulis pelaksanaan penambangan lepas pantai sangat berpotensi sebagai penyebab rusaknya ekosistem laut. Pada saat kapal keruk beroperasi dapat mengganggu kehidupan terumbu karang dan menyebabkan air laut menjadi keruh. Terumbu karang dapat terambil pada saat penambangan dan akibat bercampurnya material yang terbuang dalam proses penambangan dengan air laut membuat air laut menjadi keruh. Partikel-partikel penyusun material tersebut tentunya memiliki ukuran dan kecepatan pengendapan yang berbeda sehingga sebagian dapat terbawa oleh arus hingga terendapkan dan mengganggu kehidupan ditempat lain. Kondisi tersebut harus menjadi perhatian PT. Timah Tbk dan jika dikaitkan dengan kegiatan reklamasi tentunya tidak mungkin dilakukan seperti kegiatan reklamasi didaratan.

Untuk mendukung pengelolaan lingkungan, PT Timah Tbk telah menyusun Pedoman Pengelolaan Lingkungan berdasarkan ISO 14001, Tata Cara dan Tata Laksana Penambangan Timah Darat dan Laut, serta *Environmental Charter* Tahun 2003 mengenai Kebijakan Lingkungan PT Timah Tbk. Selain itu, pada Tahun 1995 Perusahaan telah meminta auditor independen untuk melakukan audit lingkungan.

Dalam konteks pemulihan lingkungan, perusahaan berkewajiban melakukan reklamasi dan penanaman (revegetasi) atas lahan-lahan bekas penambangan, yang bertujuan mengembalikan fungsi dan daya dukung lingkungan. Rencana

Pengelolaan Lingkungan (RKL) telah menetapkan jadwal, fokus dan prosedur reklamasi sebagai pedoman pelaksanaannya. Selain itu, terkait dengan komitmen dalam *Corporate Social Responsibility* (CSR), Perusahaan memiliki Program Bina Lingkungan yang bertujuan untuk memajukan kesejahteraan sosial masyarakat sekitar.

Sebuah unit khusus yaitu Unit Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) bertanggung jawab dan berwenang atas:

1. perencanaan, koordinasi dan pelaksanaan reklamasi/revegetasi;
2. pemantauan berkala atas kualitas buangan dan limbah berkerja sama dengan laboratorium terakreditasi;
3. bersama-sama dengan KLH memantau implementasi Program Proper;
4. pemantauan kualitas limbah dan buangan tambang produktif bersama dengan Inspektur Tambang Departemen ESDM; serta
5. pemantauan berkala atas pengelolaan limbah radioaktif bersama Inspektur BAPETEN dan IAEA.

Bidang K3LH mengkoordinasikan kebijakan dan operasional kegiatan reklamasi dan revegetasi di PT Timah Tbk Koordinasi kebijakan mencakup perencanaan dan penentuan lahan ex-tambang yang akan direklamasi, desain reklamasi dan rencana teknis revegetasi, termasuk pemilihan jenis bibit serta pengawasan atas reklamasi dan revegetasi secara keseluruhan.

Reklamasi dan revegetasi pada umumnya dilaksanakan oleh mitra kerja PT Timah Tbk yang dipilih melalui pelelangan. Untuk menunjang kegiatan revegetasi secara swadaya, perusahaan memiliki kebun pembibitan akasia yang berlokasi di Pangkalpinang dengan kapasitas produksi bibit akasia sebanyak  $\pm$  200 batang/tahun. Dukungan finansial menjadi prasyarat bagi pelaksanaan reklamasi dan revegetasi. PT Timah Tbk telah menyediakan dana untuk rehabilitasi lingkungan dalam bentuk *accounting reserve*.

Menurut laporan Bidang K3LH luas lahan ex-tambang yang telah direklamasi sejak tahun 1992–2000 mencapai 818 lokasi seluas 4.450 ha. Bersama dengan revegetasinya, reklamasi selama periode tersebut telah menyerap biaya sebesar

Rp13.835.037.125,00 dan telah mencapai sebanyak 1.784.000 pohon yang umumnya berupa akasia mangium.

PT Timah Tbk juga memiliki program-program pembangunan yang bertujuan mensejahterakan masyarakat sebagai implementasi dari tanggung jawab sosial perusahaan kepada masyarakat. Sebuah Komite *Corporate Social Responsibility* (CSR) telah dibentuk sebagai bagian dari akuntabilitas perusahaan. Program CSR PT Timah Tbk berbasiskan pada konsep pembangunan berkelanjutan:

1. Aspek Sosial yaitu Program Bina Lingkungan berupa bantuan sarana dan prasarana fisik milik publik (sekolah, rumah ibadah, jalan, dll), renovasi rumah/fasilitas umum, bantuan sosial, bantuan bencana alam, bantuan pendidikan, dan lain-lain.
2. Aspek Lingkungan berupa reklamasi, pembibitan hortikultura, peternakan, pertanian, perikanan dan perkebunan.
3. Aspek Ekonomi berupa pembinaan usaha kecil melalui pinjaman modal kerja, pembekalan dan pelatihan, bantuan promosi dan pemasaran, penyediaan sarana dan fasilitas kerja, dan pemantauan kelanjutan usaha.

#### **PT. Koba Tin**

PT Koba Tin beroperasi melalui mekanisme Kontrak Karya. Pelaksanaan kegiatan penambangan sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Pertambangan mengenai Rencana Pengelolaan Lingkungan/Rencana Pemantauan Lingkungan (RKL/RPL) yang ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Nomor 52/0115/SJR/1993, tanggal 6 Januari 1993. Luas wilayah kuasa pertambangan PT Koba Tin adalah 41.680,3 Ha, yang meliputi wilayah Kab. Bangka Tengah dan Kab. Bangka Selatan. Tahapan kegiatan pertambangan meliputi pembersihan lahan, pengupasan, penambangan (kapal keruk, tambang semprot), pengolahan dan pemurnian, dan reklamasi.

Kebijakan tentang Pengelolaan Lingkungan merupakan komitmen PT. Koba Tin untuk melaksanakannya sesuai dengan RKL dan RPL. Rencana Pengelolaan Lingkungan PT Koba Tin sebagai berikut:

1. Pembukaan lahan sesuai dengan rencana penambangan

2. Tanah pucuk diamankan pada daerah tertentu dan dimanfaatkan kembali untuk revegetasi
3. Pengelolaan terhadap tanah penutup (*over burden*)
4. Pengelolaan kualitas air dilakukan dengan pengendalian erosi, kolam pengendap, sirkulasi air kerja
5. Pengelolaan limbah sarana penunjang (bengkel, Tangki/depo BBM, genset)
6. Pelaksanaan reklamasi-revegetasi areal bekas tambang dan timbunan tanah penutup
7. Pengembangan aspek sosial-ekonomi-budaya masyarakat di sekitarnya.

Rencana Pemantauan Lingkungan PT Koba Tin sebagai berikut:

1. Pemantauan perubahan topografi areal bekas tambang, tingkat penutupan bekas kolong tambang
2. Pemantauan kualitas fisik dan kimia air permukaan dilakukan pada lokasi outlet kolam pengendap (bila ada keluaran air kerja), bagian hulu dan hilir sungai
3. Pemantauan tingkat kesuburan tanah pada areal penimbunan tanah pucuk dan tanah penutup
4. Pemantauan tingkat keberhasilan reklamasi dan revegetasi, tingkat pertumbuhan tanaman revegetasi
5. Pemantauan komponen sosial ekonomi dan budaya pada desa-desa di sekitar tambang.

Strategi perusahaan dalam melakukan pengelolaan lingkungan dan pemantauan lingkungan serta reklamasi lahan bekas penambangan merupakan bagian integral dari operasi penambangan bukan merupakan kegiatan yang terpisah. Secara garis besar terdapat dua kegiatan yaitu Rencana Reklamasi Lahan Bekas Tambang, Lahan Bekas Tambang Inkonsvensional dan Rencana Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Umum yang menjadi bagian dari kegiatan operasi PT. Koba Tin. Pengelolaan lingkungan secara umum yang dilakukan oleh PT. Koba Tin adalah pengelolaan dan pemantauan kualitas air, udara dan tanah serta limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) dari proses kegiatan operasional penambangan.

### Pengelolaan Mineral Radioaktif

PT Timah Tbk dan PT Koba Tin sebagai penghasil limbah yang mengandung unsur radioaktif, berkewajiban mengadministrasikan dan melaporkan pengelolaan mineral ikutan dalam deklarasi protokol tambahan kepada Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) memandang mineral ikutan tersebut sebagai salah satu produk bernilai strategis, sehingga disyaratkan pengawasan khusus yang umumnya dilaksanakan dalam bentuk inspeksi oleh Tim Inspektur BAPETEN dan/atau IAEA ke lokasi penghasil limbah. Inspeksi telah dilaksanakan secara berkala minimal setahun sekali dengan melihat kembali administrasi, catatan mutasi dan penggunaannya. Mineral ikutan tersebut diproduksi dalam proses pencucian bijih timah dengan *recovery rate* sekitar 2%. *Stock* akhir mineral ikutan PT Timah Tbk pada tahun 2002-2006 seperti terlihat pada Tabel 20.

**Tabel 20.** Rekapitulasi *stock taking* Mineral Ikutan PT Timah Tbk Tahun 2002–2006

Mineral	Des 2006		Des 2005		Des 2004		Des 2003		Des 2002	
	Ton Ore	Ton MI	Ton Ore	Ton MI	Ton Ore	Ton MI	Ton Ore	Ton MI	Ton Ore	Ton MI
Ilmenite HG	1.332,793	1.313,365	1.126,756	974,424	2.281,143	1.690,067	586,853	511,513	609,454	530,724
Ilmenite LG	1.242,352	755,472	36,001	9,648	26,268	14,605	4.753,691	1.258,421	2.067,650	317,321
	2.775,145	2.068,837	1.162,757	984,072	2.307,411	1.704,672	5.340,544	1.769,934	2.677,104	848,045
Monazite HG	395,001	309,965	395,001	309,965	386,509	302,752	386,509	302,752	405,021	299,428
Monazite LG	286,387	98,912	142,094	56,213	58,468	21,090	26,468	6,326	8,196	3,334
	681,588	408,877	537,095	366,178	444,977	323,842	412,977	309,078	413,217	302,762
Zircon HG	174,086	156,285	333,106	284,084	51,606	49,599	215,420	177,336	178,476	149,009
Zircon LG	472,612	153,597	163,270	60,928	876,068	422,775	702,221	310,332	219,488	106,476
	646,698	309,882	498,376	345,012	927,674	472,374	917,641	487,668	397,964	255,485
Xenotime	88,389	57,488	88,509	57,566	88,509	57,566	88,523	57,575	88,523	57,575
	88,389	57,488	88,509	57,566	88,509	57,566	88,523	57,575	88,523	57,575

Sumber: BPK (2008)

PT Koba Tin melakukan pencatatan atas *stock monazite, ilmenite* dan *slag 2* dalam bentuk *inventory card* dengan posisi sebagai berikut:

**Tabel 21.** *Inventory Card* Mineral Ikutan PT Koba Tin Per 30 September 2007

No	Zat Radioaktif	Jumlah (ton)
1.	Slag 2	10.950,17
2.	Monazite	174.533,00
3.	Ilmenite	929.773,00

Sumber: BPK (2008)

Untuk permasalahan yang terkait dengan aspek keselamatan dan kesehatan kerja di kegiatan smelter, data statistik kecelakaan yang disampaikan dalam Laporan Pelaksanaan Rencana Kerja Tahunan Teknis dan Lingkungan Tahun 2008 dan Program Tahun 2009 PT. Koba Tin dapat digunakan sebagai bahan pembandingan untuk. Dari data dalam laporan tersebut diketahui bahwa dari 48 kejadian kecelakaan selama periode Januari – Oktober 2008, 39,58% dari jumlah kejadian tersebut menimpa karyawan PT. Koba Tin dan kontraktornya yang bekerja di bagian (departemen) smelter.

**Tabel 22.** Data Kecelakaan Januari – Oktober 2008 Karyawan PT. Koba Tin dan Kontraktornya

No.	Departemen	Jumlah Kecelakaan	(%)
1.	Eng. Workshops	3	6,25
2.	Weldingshop	4	8,33
3.	Transport	1	2,08
4.	Bemban Dredge	6	12,50
5.	Bemban 12	3	6,25
6.	Smelter	19	39,58
7.	Survey	2	4,17
8.	Geologys	2	4,17
9.	Exploration	2	4,17
10.	Lain-lain	6	12,50
<b>Jumlah</b>		<b>48</b>	<b>100</b>

Sumber: PT. Koba Tin (2008)

Data pada Tabel 22 di atas dapat memberikan gambaran bahwa risiko bekerja di bagian smelter relatif lebih besar dibandingkan dengan bagian lain. Masalah tersebut tidak hanya menjadi beban dan tanggung jawab satu pihak saja namun seluruh pihak terkait mulai dari perencanaan sampai dengan pengawasannya. Dengan demikian pihak smelter seharusnya dapat berkontribusi untuk perbaikan K3 dan lingkungan yang terganggu akibat kegiatan penambangan timah.



**Gambar 13.** Pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri yang sesuai

### Perusahaan Smelter Timah

Berdasarkan data Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup Provinsi Bangka Belitung tahun 2005 diketahui bahwa pada tahun 2005 jumlah perusahaan smelter timah yang beroperasi di Kota Pangkalpinang sebanyak 13 smelter. Perusahaan-perusahaan smelter yang telah memperoleh izin dari BAPETEN tersebut seperti tercantum pada Tabel 23.

**Tabel 23.** Status Izin Pemanfaatan Bahan Nuklir di Kota Pangkalpinang s.d. Juni 2007

No.	Nama Perusahaan/ No. Izin	Masa Berlaku	Bahan Nuklir	Tujuan Pemanfaatan
1.	CV. DS Jaya Abadi 284/IB/DPI/26-II/2007	25 Februari 2012	Tin Slag II	Penyimpanan
2.	PT. Bangka Putra Karya 285/IB/DPI/26-II/2007	25 Februari 2012	Tin Slag II	Penyimpanan
3.	CV. Donna Kembara Jaya 291/IB/DPI/26-III/2007	28 Maret 2012	Tin Slag II	Penyimpanan
4.	PT. Bukit Timah 292/IB/DPI/26-III/2007	28 Maret 2012	Tin Slag II	Penyimpanan

Sumber: Melani (2008), diolah.

Pada tahun 2005 BAPETEN telah melakukan sosialisasi di Provinsi Bangka Belitung. Sampai dengan Januari 2009, berdasarkan data dari BAPETEN diketahui bahwa perusahaan smelter di Kota Pangkalpinang yang memiliki izin pemanfaatan bahan nuklir tidak mengalami perubahan.

Kondisi tersebut menurut penulis dapat diakibatkan oleh kurang intensifnya kegiatan sosialisasi yang dilakukan oleh BAPETEN. Selain itu dapat dipengaruhi juga dengan semakin intensifnya pihak Kepolisian melaksanakan penertiban terhadap kegiatan TI dan smelter. Seperti yang dilakukan dengan pembentukan Tim Terpadu Penataan Timah (T2PT). Penertiban yang dilakukan berdampak pada berkurangnya pasokan bahan baku pasir timah kepada smelter sehingga sebagian besar smelter-smelter berhenti beroperasi. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa ternyata hanya lima perusahaan smelter yang masih beroperasi.

Selain itu ada beberapa persyaratan dalam perizinan pemanfaatan bahan nuklir yang masih sulit dipenuhi oleh pihak perusahaan. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 64 Tahun 2000 tentang Perizinan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, persyaratan yang harus dipenuhi yaitu:

1. Mempunyai izin usaha atau izin lain dari instansi yang bersangkutan;
2. Mempunyai fasilitas yang memenuhi persyaratan keselamatan;
3. Mempunyai petugas ahli yang memenuhi kualifikasi untuk pemanfaatan tenaga nuklir;
4. Mempunyai peralatan teknik dan peralatan keselamatan radiasi yang diperlukan untuk pemanfaatan tenaga nuklir; dan
5. Memiliki prosedur kerja yang aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.

**Tabel 24.** Hasil Evaluasi Terhadap Perusahaan Smelter Pemohon Izin Pemanfaatan di Kota Pangkalpinang

No.	Persyaratan	Nama Perusahaan	Keterangan
1.	Mempunyai izin usaha atau izin lain dari instansi yang bersangkutan	PT. DS Jaya Abadi PT. Donna Kembara Jaya PT. Bukit Timah PT. Bangka Putra Karya	Telah mempunyai izin usaha atau izin lain: SIUP, TDP dan Akte Notaris
2.	Mempunyai fasilitas yang memenuhi persyaratan keselamatan	PT. DS Jaya Abadi PT. Donna Kembara Jaya PT. Bukit Timah PT. Bangka Putra Karya	Lokasi penyimpanan baik, cukup terisolir, lokasi dijaga oleh satpam selama 24 jam, proteksi fisik cukup baik
3.	Mempunyai petugas ahli yang memenuhi kualifikasi untuk pemanfaatan tenaga nuklir	PT. DS Jaya Abadi PT. Donna Kembara Jaya PT. Bukit Timah PT. Bangka Putra Karya	Rebiyanti, ST Ririn Irianti, S.Si Ririn Irianti, S.Si Rebiyanti, ST

**Tabel 24** (lanjutan)

4.	Mempunyai peralatan dan peralatan keselamatan radiasi yang diperlukan untuk pemanfaatan tenaga nuklir	PT. DS Jaya Abadi PT. Donna Kembara Jaya PT. Bukit Timah PT. Bangka Putra Karya	Telah mempunyai peralatan dan peralatan keselamatan radiasi yang diperlukan untuk pemanfaatan tenaga nuklir antara lain: survey meter radiasi, TLD, masker dan sarung tangan untuk setiap pekerja
5.	Memiliki prosedur kerja yang aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup	PT. DS Jaya Abadi PT. Donna Kembara Jaya PT. Bukit Timah PT. Bangka Putra Karya	Prosedur kerja yang dimiliki cukup jelas dan aman bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup

Sumber: Melani (2008)

Berdasarkan Tabel 24 di atas, salah satu yang menjadi kendala dalam permohonan izin pemanfaatan *slag* timah adalah kurangnya petugas ahli dalam hal ini adalah Petugas Proteksi Radiasi (PPR). Selain itu tentunya biaya pengadaan peralatan teknik dan keselamatan radiasi yang relatif mahal.

Terhentinya operasi smelter timah dan tidak adanya izin pemanfaatan bahan nuklir dapat menyebabkan berkurangnya pengawasan terhadap pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif yang dihasilkan sebelum proses produksi smelter terhenti. Jika limbah yang mengandung unsur radioaktif yang dihasilkan sebelum proses produksi smelter terhenti tidak terawasi dengan baik maka berpotensi untuk mencemari lingkungan. Limbah tersebut akan masuk ke media lingkungan yang pada akhirnya masuk ke dalam sistem rantai makanan.

Terkait dengan pentingnya pengawasan dalam pengelolaan limbah smelter seperti pernyataan yang diungkapkan oleh salah seorang pejabat Dinas Kesehatan Provinsi Bangka Belitung di media massa nasional tahun 2006 bahwa limbah bekas pengolahan dan peleburan timah tak terurus dengan baik. Selanjutnya menurut laporan BPK tahun 2008 bahwa ada indikasi bahwa *smelter-smelter* beroperasi tanpa sumber produksi dan komitmen serta program pengelolaan lingkungan yang jelas (lihat juga sub bab 1.1.).

Sejumlah limbah tambang (*tailing*) yang lepas ke lingkungan bervariasi bergantung pada jenis penambangan. Telah dilaporkan bahwa tingkat radiasi

akibat pengoperasian tambang, antara lain tambang timah, *bauxsite* (aluminium), *sphalerite* (seng), *copper* (tembaga), *clay* (tanah liat) dan *galena* (timbal atau timah hitam) bervariasi. Tingkat radiasi/radioaktivitas dan dampaknya terhadap lingkungan akibat pengoperasian dan pengelolaan penambangan dapat dilihat pada Tabel 25.

**Tabel 25.** Dampak ekstraksi bijih tambang dan pengolahan limbah industri

Prosedur operasional	Dampak	Kadar radionuklida
Pengolahan tailing menjadi bijih timah	Penyinaran deret uranium dan thorium kepada para pekerja	$^{231}\text{Th}$ (37-327 kBq/kg) $^{226}\text{Ra}$ (16-174 kBq/kg)
Pemurnian thorium	Masuknya $^{222}\text{Rn}$ dalam tubuh para pekerja melalui pernafasan	$^{220}\text{Rn} \leq 19$ Bq dalam safran pernafasan
Ekstraksi Fe-Nb dari piroklorida	Limbah cair dan pajanan oleh $^{222}\text{Rn}$	Efluen $^{226}\text{Ra}$ (sekitar 1.110 Bq/l) $^{222}\text{Rn}$ ( $\leq 22$ Bq/l) di daerah kerja
Daur ulang leburan Sn (timah)	Penyinaran radiasi gamma	$^{231}\text{Th}$ (333-7.696 Bq/kg) dalam bentuk slag Laju dosis (23-226 $\mu\text{R}/\text{jam}$ )
Reklamasi <i>open-pit</i> tambang dan pengolahan bijih uranium	Pemasukan $^{226}\text{Ra}$ dalam tubuh ikan	$^{226}\text{Ra}$ ( $\leq 259$ Bq/kg) pada tulang
Lepasau radionuklida alam dari air yang digunakan oleh pengoperasian tambang uranium	Kontaminasi air tanah oleh $^{226}\text{Ra}$	$^{226}\text{Ra}$ (3,7-5,6 Bq/l) dalam bentuk efluen

Sumber: Sutarman (2004)

Kegiatan industri timah sebagai kegiatan industri non-nuklir akan menaikkan tingkat radionuklida alam di lingkungan. Pada Tabel 26 menunjukkan tipe pencemaran yang berpotensi memberikan dampak radiologi terhadap lingkungan dari industri timah dan beberapa industri lainnya.

**Tabel 26.** Industri non-nuklir yang dapat mengakibatkan dampak radiologi terhadap lingkungan

Jenis industri	Tipe pencemaran				
	Debu	Asap gas	Emisi air	Limbah padat	Kerak air
Tambang mineral	x	-	-	-	-
Timah	-	x	x	x	-
Pupuk fosfat	x	x	x	x	-
Minyak dan gas	-	-	x	x	x
PLTU batubara	x	x	x	x	-
Gips-fosfat	x	-	-	-	x
Semen	x	x	-	-	-

Keterangan: x = ada pencemaran; - = tidak ada pencemaran

Sumber: Bunawas dan Pujadi (1998)

Berdasarkan data pada Tabel 25 di atas kegiatan industri timah sebagai kegiatan industri non-nuklir akan menaikkan tingkat radionuklida alam di lingkungan melalui asap gas, emisi air, dan limbah padat.

Tanpa adanya pengawasan dan pembinaan suatu kegiatan pembuangan, penggunaan serta daur ulang limbah yang mengandung unsur radioaktif mempunyai potensi menimbulkan kontaminasi dan paparan radiasi yang tak diinginkan kepada masyarakat. Pembuangannya pada tempat galian atau tumpukan yang tidak memenuhi syarat keselamatan dapat mencemari lingkungan.

Masalah lingkungan menjadi serius karena beberapa kegiatan industri kurang memperhatikan pembuangan limbah ke lingkungan, sehingga mengakibatkan terjadinya cemaran lingkungan dalam bentuk padat, cair dan gas. Beberapa kegiatan industri di Indonesia yang memanfaatkan sumber daya alam kini semakin berkembang. yang mungkin dapat menimbulkan dampak radiasi alam, sehingga harus ditangani secara serius. Pembinaan dan pengawasan dalam pengelolaan limbah dari kegiatan industri yang mengandung bahan radioaktif penting dilakukan. Hal tersebut tidak lepas dari pembangunan yang berwawasan lingkungan, yang mengutamakan prinsip kesehatan dan keselamatan lingkungan.

Berdasarkan laporan UNSCEAR dari beberapa industri non-nuklir tersebut ada dua industri yang mempunyai potensi besar sebagai pencemar lingkungan yaitu pabrik pupuk fosfat dan PLTU batubara. Penelitian-penelitian yang dilakukan di lokasi pabrik pupuk fosfat di dekat kota Rotterdam Belanda menghasilkan data bahwa limbah cair dari gips-fosfat mengakibatkan sungai Rhein tercemar oleh zat radioaktif. Kadar zat radioaktif yang terkandung dalam ikan dan *musse* nilainya 4 sampai 5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan ikan dan *musse* di daerah lain.

Penelitian-penelitian di PLTU batubara kadar zat radioaktif di udara sekitar PLTU mengalami kenaikan sampai dua kali dari nilai normal. Kadar Ra-226 di tanah permukaan rata-rata 200 Bq/kg, di atas kadar Ra-226 di tanah yang normalnya hanya 3,7-29,5 Bq/kg.

Dari data dalam Tabel 26 yang didukung oleh laporan penelitian-penelitian di beberapa industri non-nuklir yang disampaikan UNSCEAR, menurut penulis industri timah memiliki potensi yang sama dengan kedua industri tersebut di atas karena tipe pencemaran yang sama yaitu asap gas, emisi air, dan limbah padat, kecuali debu.

Pengelolaan limbah pertambangan yang seadanya dan tidak memperhatikan lingkungan turut mengurangi sumber dan cadangan air bersih yang tersedia. Hasil penelitian lain dari Pusat Penelitian-Limnologi LIPI menemukan kandungan logam berat pada organisme yang hidup di bekas galian penambangan timah. Selain itu juga berpotensi tercemar unsur radioaktif. Air menjadi tidak layak dikonsumsi. Air yang tercemar jika dikonsumsi manusia dapat menyebabkan sejumlah penyakit seperti kanker dan berbagai penyakit lainnya

Terkait dengan pembinaan dan pengawasan dalam pengelolaan limbah yang mengandung zat radioaktif diperlukan keterlibatan berbagai instansi terkait sehingga penanganannya dilaksanakan secara terpadu. Pengawasan dan pembinaan terkait juga dengan keberadaan petugas PPR. Meskipun tidak semua perusahaan pemilik smelter memiliki izin pemanfaatan limbah yang mengandung bahan radioaktif, pengawasan terhadap pengelolaan limbah tersebut tetap harus dilakukan. Untuk itu perlu peningkatan kemampuan aparat pemerintah di daerah seperti halnya PPR. Instansi terkait di daerah seperti Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup dan Dinas Pertambangan dan Energi semestinya memiliki petugas yang ahli proteksi radiasi.

Pembinaan dan pengawasan terhadap bahan-bahan yang mengandung unsur radioaktif menurut peraturan perundangan adalah kewenangan BAPETEN. Namun demikian meskipun masih ada smelter-smelter timah yang belum memiliki izin dari BAPETEN, fungsi pengawasan, baik terhadap smelter-smelter yang masih beroperasi maupun yang sudah tidak beroperasi lagi tetap dapat dilakukan dan ditingkatkan.

Selanjutnya perlu dicermati tentang ketersediaan bijih timah untuk masa mendatang. Semakin menipisnya deposit timah maka kontribusi dari sektor ini

pada penerimaan negara dan daerah, dan pemberdayaan ekonomi rakyat akan menurun dengan sendirinya. Begitu juga dengan kontribusi ekonomi dari industri peleburan timah terhadap Provinsi Bangka Belitung.

Hal ini terkait dengan keberlanjutan ekonomi rakyat jika kegiatan industri peleburan timah berhenti. Perlu ditelaah lebih lanjut tentang sektor-sektor apa saja yang cocok dikembangkan di Provinsi Bangka Belitung untuk menggantikan kontribusi yang selama ini didapatkan dari industri peleburan timah apabila timah benar-benar habis. Dengan pertimbangan tersebut diharapkan kegiatan ekonomi akan terus berlanjut walaupun kegiatan pertambangan telah berhenti.

Apabila dilihat secara keseluruhan sebagai suatu sistem dan ada keterkaitan yang erat antara kegiatan pertambangan, maka keberadaan smelter juga berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan. Terkait dengan permasalahan timah, kerusakan yang terjadi tidak lepas dari sistem sosial yang terbentuk dari interaksi individu/kelompok pelaku pertambangan di Provinsi Bangka Belitung.

#### **4.5. Solusi Alternatif**

Solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif, yang terkait dengan teknologi perlu didorong dan dikembangkan industri lain yang dalam proses produksinya dapat memanfaatkan limbah yang mengandung unsur radioaktif sebagai bahan bakunya. Untuk proses produksi selanjutnya. Untuk itu tentunya harus ada peraturan lebih lanjut untuk mengaturnya. Seperti yang sedang dilakukan oleh BAPETEN dengan instansi terkait lainnya dalam penanganan masalah ini. Selain itu perlu perubahan paradigma dalam melihat *slag* timah yang mengandung unsur radioaktif.

Perubahan paradigma yang dimaksud adalah dengan menggunakan konsep minimisasi limbah. Dalam konsep minimisasi limbah tersebut, limbah yang dimaksud harus dianggap sebagai bahan baku. Dengan kata lain harus dilakukan upaya pemanfaatan limbah baik melalui proses penggunaan kembali (*reuse*), daur ulang (*recycle*), atau perolehan kembali (*recovery*) tergantung kondisi dan peruntukan kembali limbah tersebut. Selain itu ada lagi upaya yang mungkin dapat dilakukan yaitu pertukaran limbah (*waste exchange*).

*Slag* timah yang mengandung unsur radioaktif dapat berpotensi sebagai bahan baku bagi industri lain. Namun diperlukan kajian lebih lanjut mengingat limbah mengandung bahan radioaktif yang pemanfaatannya telah diatur secara khusus dan pemanfaatannya lebih lanjut harus sesuai dengan peraturan perundangan. Institusi penelitian harus didukung untuk melaksanakan penelitian secara penuh baik dari segi sumber daya manusia maupun dananya.

Terkait dengan biaya bahan bakar, sebagai biaya dalam pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif, seharusnya telah termasuk dalam perhitungan harga jual per kilogram logam timah dan disisihkan khusus untuk hal tersebut. Dengan demikian menurut peneliti, tidak tepat jika pihak perusahaan beralasan memerlukan biaya lagi dalam pengelolaan limbah yang mengandung bahan radioaktif, sebab biaya tersebut telah diperoleh atau disisihkan dari keuntungan penjualan setiap kilogram logam timah.

Konsekuensi dari diperhitungkannya biaya pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif dalam harga jual logam timah per kilogram yaitu harga jual lebih mahal yang pada akhirnya dapat berakibat harga timah yang dihasilkan kurang kompetitif dengan produsen lain. Namun melihat kepentingan yang lebih luas, sebagai salah satu produsen timah terbesar di dunia Indonesia semestinya dapat berperan di dalam penentuan harga timah di pasar internasional.

Terdapat opsi lain yang terkait dengan pembuangan limbah yang mengandung unsur radioaktif, seperti yang dikemukakan oleh Wisnubroto. Secara prinsip tidak terdapat perbedaan persyaratan dalam pembuangan limbah NORM/TENORM dan pembuangan limbah radioaktif. Pembuangan limbah radioaktif yang masuk dalam kategori limbah aktivitas tinggi dan sedang mengikuti persyaratan:

1. Lokasi pembuangan limbah radioaktif tidak dekat dengan lokasi penyuplai air minum masyarakat.
2. Lokasi pembuangan limbah dilengkapi dengan sistem saluran air sehingga air genangan tidak akan atau jarang terjadi.
3. Tanah lokasi mempunyai kapasitas yang cukup seperti halnya kapasitas pertukaran ion.

4. Aliran air tanah pada lokasi limbah bergerak lambat (sekitar beberapa centimeter per hari).
5. Tanah lokasi pembuangan dimiliki oleh negara.

Untuk limbah radioaktif tingkat rendah dapat digunakan metode *dump and fill* yang dapat diaplikasikan untuk limbah NORM dan TENORM dengan persyaratan lokasi antara lain:

1. Adanya *fault* yang didesain untuk melindungi manusia dan lingkungannya dari efek merusak radiasi.
2. Faktor keselamatan pekerja dan masyarakat harus diperhatikan selama periode sebelum penutupan.
3. Periode sebelum penutupan lokasi pembuangan mampu memberikan keuntungan sebesar-besarnya dan kerugian seminimal mungkin bagi lingkungan sekitar.
4. Terdapat prediksi migrasi, potensi bahaya, kemampuan wadah limbah di lokasi pembuangan menggunakan suatu model komputer, sehingga dapat diperkirakan potensi gerakan radionuklida dari lokasi limbah melewati *geosphere* ke *biosphere* dan akhirnya ke manusia.

Perlu kajian teknis terhadap berbagai lokasi yang akan dijadikan sebagai tempat pembuangan limbah dengan mempertimbangkan juga berbagai faktor, misalnya faktor sosial dan budaya serta tata ruang. Dengan demikian diharapkan lokasi tersebut tidak menimbulkan permasalahan di masa mendatang.

Selain itu dapat dibentuk semacam konsorsium yang beranggotakan smelter-smelter timah di Provinsi Bangka Belitung untuk mengelola *slag* yang mengandung unsur radioaktif tersebut. Beberapa smelter timah di Provinsi Bangka Belitung telah membentuk konsorsium dalam rangka menjamin ketersediaan pasokan bijih timah bagi setiap smelter timah yang menjadi anggotanya.

Terhadap masalah yang terkait dengan sosialisasi dan ketersediaan tenaga PPR di Provinsi Bangka Belitung diperlukan koordinasi yang baik antar berbagai pihak terkait di pusat dan di daerah. Pelaksanaan sosialisasi harus melibatkan instansi yang terkait dalam pembinaan dan pengawasan *smelter* timah. Perlu komitmen

dan koordinasi yang baik dalam rangka pengadaan program pendidikan dan pelatihan bagi calon PPR. Pendidikan dan Pelatihan tersebut untuk mengantisipasi kebutuhan tenaga PPR untuk Provinsi Bangka Belitung di masa mendatang.

Berlakunya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara sebagai babak baru di dalam pengelolaan pertambangan, termasuk timah. Sesuai undang-undang tersebut terkait dengan lingkungan, kewajiban pelaku usaha adalah melaksanakan *Good Mining Practices*, reklamasi, pasca tambang dan konservasi yang telah direncanakan, termasuk penyediaan dananya, dan menyusun program pengembangan dan pemberdayaan masyarakat. Dari aspek perlindungan masyarakat terdapat ketentuan bahwa masyarakat yang terkena dampak negatif langsung berhak untukmendapat ganti rugi yang layak, atau mengajukan gugatan.

Namun Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara tentunya bukanlah solusi dari semua persoalan pertambangan, termasuk pertambangan timah. Peraturan perundangan di bidang pertambangan harus bersinergi dengan ketentuan peraturan perundangan yang lain di bidang lingkungan hidup. Khusus untuk pertambangan timah terkait juga dengan peraturan perundangan di bidang ketenaganukliran.



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang faktor-faktor apa saja selain sosialisasi dan PPR yang berpengaruh sehingga *smelter* timah belum mengelola limbah yang mengandung unsur radioaktif sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan, kinerja *smelter* timah dalam memenuhi kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif, dan solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada *smelter* timah yang ramah lingkungan dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengelolaan limbah yang mengandung mineral berunsur radioaktif pada kegiatan *smelter* timah selain sosialisasi dan perizinan adalah teknologi pengolahan yang efisien dan biaya bahan bakar (energi).
2. *Smelter* timah telah melaksanakan kewajiban-kewajibannya sebagai pemegang izin pemanfaatan limbah yang mengandung unsur radioaktif dari BAPETEN.
3. Solusi alternatif dalam rangka pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif pada *smelter* timah yang ramah lingkungan adalah perlu didorong dan dikembangkan suatu industri yang memanfaatkan limbah yang mengandung bahan radioaktif sebagai bahan baku dalam proses produksinya, memperhitungkan biaya pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif dalam harga jual timah per kilogram atau ton, dan pengadaan program pendidikan dan pelatihan bagi calon PPR.

Berdasarkan kesimpulan penelitian tersebut di atas, terkait dengan pemanfaatan limbah tersebut saran peneliti adalah:

1. Perlu kajian lebih lanjut tentang pemanfaatan *slag* timah sebagai bahan baku bagi industri lain.
2. Perlu dilaksanakan sosialisasi terpadu tentang pengelolaan limbah yang mengandung unsur radioaktif, yang melibatkan berbagai instansi dalam pembinaan dan pengawasan *smelter* timah.



## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Amin, Mufham. 2006. *Manajemen Pengawasan*. Kalam Indonesia, Jakarta.
- Auditorat Utama Keuangan Negara IV. 2008. *Hasil Pemeriksaan Semester II Tahun Anggaran (TA) 2007 Atas Pengendalian Kerusakan Pertambangan Umum dan Penerimaan Royalti Tahun 2003-2007 Pada PT. Timah Tbk dan PT. Koba Tin di Jakarta dan Pangkalpinang*. Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia, Jakarta.
- Bank Indonesia. 2008. *Perkembangan Usaha Contact Liaison Babel*. Kajian Ekonomi Regional Propinsi Kepulauan Bangka Belitung Triwulan II 2008, <http://www.bi.go.id>, 13 April 2009, 16.02 WIB.
- BPH Migas. 2009. *Statistik BBM*, <http://www.bphmigas.go.id>, 8 Mei 2009, 11.05 WIB.
- Budimanta, A. 2007. *Kekuasaan dan Penguasaan Sumber Daya Alam: Studi Kasus Penambangan di Pulau Bangka*. Indonesiaan Center for Sustainable Development, Jakarta.
- Bunawas & Pujadi. 1998. *Industri dan Pencemaran Radionuklida Alam di Lingkungan*. Buletin Alara, Volume 2 Nomor 2, Desember 1998, Jakarta.
- Bunawas & Syarbaini. 2005. *Penentuan Potensi Risiko TENORM Pada Industri Non Nuklir*. Buletin Alara, Volume 6 Nomor 3, April 2005, Jakarta.
- Coutrier, P.L. 2001. *Hak Penguasaan Negara atas Bahan Galian Pertambangan dalam Perspektif Otonomi Daerah*. Indonesian Mining Association, Makassar.
- Departemen Dalam Negeri. 2007. *Modul 2 Keberlanjutan Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan di Daerah*. Diklat Teknis Pengelolaan Lingkungan Hidup di Daerah, Jakarta.
- Djajadiningrat, Surna T. dan Melia F. 2004. *Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan (Eco-Industrial Park)*, Cetakan Pertama, REKAYASA SAINS, Bandung.
- Erman, E. 2006. *Perang Timah: Dendam Sejarah dan Kontrol Negara*, Jaringan Advokasi Tambang, <http://www.jatam.org>, 1 April 2009, 08:07 WIB.
- Herman, D. Z. 2005. *Kegiatan Pemantauan dan Evaluasi Konservasi Sumber Daya Mineral Daerah Bangka Tengah, Provinsi Bangka Belitung*, Laporan Kegiatan Subdit Konservasi TA. 2005, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Koba Tin, PT. 2008. *Laporan Pelaksanaan Rencana Kerja Tahunan Teknis dan Lingkungan Tahun 2008 dan Program Tahun 2009*, PT. Koba Tin, Jakarta.
- Koba Tin, PT. 2009. *Safety, Health & Environment*. <http://www.ptkoba.co.id>, 31 Maret 2009.

Kountur, Ronny. 2007. *Metode Penelitian*. Edisi Revisi, Lembaga Manajemen PPM, Jakarta.

Melani, A. 2008. *Kajian Permasalahan Perizinan "TENORM" Di Provinsi Bangka Belitung*. Direktorat Perizinan Instalasi dan Bahan Nuklir. BAPETEN, Jakarta. <http://www.wordpress.com>, 26 Juli 2008.

Nurhayati, Siti. 1999. *Pengeluaran Radionuklida dari Tubuh*. Buletin ALARA 2 (3), 13-19 (1999), Pusat Penelitian dan Pengembangan Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.

Panggabean, S.M. 2000. *Benarkah Biaya Penyimpanan Limbah Radioaktif Mahal dan Bagaimana Solusinya?*. Buletin Limbah Vol. 5 No. 1 2000. Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif, Jakarta.

Pemerintah Provinsi Bangka Belitung. 2007. *Masterplan Pembangunan Daerah Provinsi Bangka Belitung*. <http://www.bangkabelitungprov.go.id>, 19 Maret 2009.

Prakarsa, Nuvrial. 2008. *PT. Timah Tbk*. PT. Bhakti Securities Research, Jakarta.

Pusat Pengembangan dan Penerapan AMDAL. 2001. *Aspek Lingkungan Dalam AMDAL Bidang Pertambangan*. BAPEDAL, Jakarta.

Sembiring, Simon F. 2009. *Jalan Baru untuk Tambang: Mengalirkan Berkah bagi Anak Bangsa*. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Setyarto, A. 2008. *Membangun Pemahaman Nuklir Untuk Kesejahteraan*. Titik Terang, Jakarta.

Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.

Soemantojo, Roekmijati W. 2000. *Pengelolaan Limbah dan Pencegahan Pencemaran*. Makalah, Jakarta.

Suparmoko, M & Maria R. Suparmoko. 2007. *Ekonomika Lingkungan*. BPFE-YOGYAKARTA, Yogyakarta.

Suprpto, Sabtando Joko. ... . *Potensi, Prospek dan Pengusahaan Timah Putih di Indonesia*. Makalah Ilmiah, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.

Susilo, Rachmad K. Dwi. 2008. *Sosiologi Lingkungan*. PT. Rajagrafindo Persada, Jakarta.

Sutarman. 2004. *Peningkatan Radiasi Alam Akibat Pemanfaatan Sumber Daya Alam Yang Berasal Dari Dalam Bumi*. Buletin Alara, Volume 5 Nomor 2 & 3, April 2004, 79-88, Jakarta.

Sutjahjo, S.H. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Serta Permasalahannya*. Makalah, PS PSL IPB, Bogor.

Suyartono. 2003. *Good Mining Practice*. Studi Nusa, Semarang.

Suyartono. 2005. *Tambang Inkonvensional dan Upaya Pengelolaannya*. IA-ITB, Jakarta.

Swantomo, Dewi. Maria Christina, Kartini Megasari. 2007. *Kajian Penerapan ekologi Industri di Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir 21-22 November 2007, [www.jurnal.sttn-batan.ac.id](http://www.jurnal.sttn-batan.ac.id) .

Thaisarco, Co. Ltd. 2009. *Environment & Community Policy*. <http://www.thaisarco.com>, 27 Maret 2009.

Thayib, M. Hasroel. 1990. *Pencemaran oleh Radionuklida*. Makalah, Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta.

Thayib, M. Hasroel. 1999. *Pencemaran Radionuklida*. Makalah, Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta.

Timah Tbk, PT. 2006. *Pengumuman Hasil Public Expose PT. Timah (Persero) Tbk*. Jakarta Stock Exchange, Jakarta.

Timah Tbk, PT. 2009. *Program Lingkungan*. <http://www.timah.com>, 31 Maret 2009.

Tsurikov, Nick. 1999. *TENORM Legislation – Theory and Practice*. The II International Symposium on Technologically Enhanced Natural Radiation, 12 – 17 September 1999, Rio de Janeiro, Brazil.

Wardhana, Wisnu Arya. 2007. *Teknologi Nuklir: Proteksi Radiasi dan Aplikasinya*. Edisi I, ANDI OFFSET, Yogyakarta.

Wisnubroto, Djarot Sulistio. 2003. *Bahan Radioaktif Bisa Dihasilkan oleh Kegiatan Non Nuklir*. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.

\_\_\_\_\_. 2007. *Dampak Radiologi*. Bank Data Lingkungan Kawasan Nuklir Serpong, BATAN, Jakarta.

\_\_\_\_\_. 2008. *Non-Ferrous and Waste Processing: Technology and Commercial Experience*. Ausmelt TSL Technology, <http://www.ausmelt.com.au>, 25 September 2008.

\_\_\_\_\_. 2008. *Ratusan Penambang Timah Terkubur Hidup-hidup di Lokasi TI*. <http://www.bangkabelitungprov.go.id>, 8 Juni 2009, 13.45 WIB.

\_\_\_\_\_. 2008. *Timah Berlimpah, Lingkungan dan Kesehatan Terancam*. G-HELP, <http://web.g-help.or.id>, 3 Juni 2008, 08.56 WIB.



## Lampiran 1

### LEMBAR KUISIONER FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH

#### A. Data Responden

Nomor, Tanggal	:	<input type="text" value="..., ... Maret 2009"/>
Nama Responden	:	<input type="text"/>
Usia	:	<input type="text"/>
Jabatan	:	<input type="text" value="Manager Smelter/..."/>
Nama Perusahaan	:	<input type="text"/>
Alamat	:	<input type="text"/>
No. telp/fax/e-mail	:	<input type="text"/>

#### B. Pertanyaan

##### b.1. Bagian pertama

Diketahui bahwa faktor-faktor yang berpengaruh dalam pengelolaan limbah yang mengandung bahan radioaktif pada kegiatan smelter timah antara lain sosialisasi, dan perizinan. Apa saja faktor lain yang menurut Bapak/Ibu/Saudara pengaruhnya juga besar?

1.	...
2.	...
3.	...
4.	...
5.	...

##### b.2. Bagian Kedua

Isilah dengan tanda (√) untuk jawaban dari pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.



Sebagai pemegang izin yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber radiasi, apakah:

1. Perusahaan memberikan kesempatan untuk pemeriksaan yang dilakukan oleh BAPETEN terhadap fasilitas pemanfaatan sumber radiasi pengion dan bahan nuklir;  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
2. Perusahaan melaksanakan pemantauan kesehatan pekerja radiasi:  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
3. Perusahaan memberikan kesempatan untuk pemeriksaan kesehatan terhadap pekerja yang dilakukan oleh Kepala BAPETEN yang bekerja sama dengan instansi yang berwenang untuk menilai dampak radiasi terhadap kesehatan;  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
4. Perusahaan menyelenggarakan dokumentasi mengenai segala sesuatu yang bersangkutan dengan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir;  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
5. Perusahaan melakukan tindakan yang diperlukan untuk mencegah atau memperkecil bahaya yang timbul akibat Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir terhadap keselamatan pekerja, anggota masyarakat dan perlindungan terhadap lingkungan hidup;  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
6. Perusahaan melakukan tindakan yang diperlukan untuk mencegah pemindahan tidak sah, pencurian, dan sabotase Sumber Radioaktif atau Bahan Nuklir;  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
7. Perusahaan membuat dan menyampaikan laporan terkait dengan *selfgard* kepada Kepala BAPETEN;  
 Ya                       Tidak                       Tidak Tahu

8. Perusahaan memanfaatkan Sumber Radiasi Pengion atau Bahan Nuklir sesuai tujuan yang tercantum dalam izin;
- Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
9. Perusahaan menyampaikan laporan secara tertulis kepada Kepala BAPETEN jika terjadi kegagalan fungsi peralatan yang mengarah ke insiden dan/atau kecelakaan radiasi;
- Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
10. Perusahaan menyampaikan laporan mengenai pemantauan dosis radiasi pekerja;
- Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
11. Perusahaan menyampaikan laporan secara tertulis hasil pemantauan daerah kerja dan lingkungan hidup di sekitar fasilitas kepada Kepala BAPETEN dan/atau
- Ya                       Tidak                       Tidak Tahu
12. Perusahaan melaksanakan Rencana Pengelolaan Lingkungan dan Rencana Pemantauan Lingkungan.
- Ya                       Tidak                       Tidak Tahu

Lampiran 2

**BERITA ACARA PENGAWASAN PENAATAN LINGKUNGAN HIDUP  
RINGKASAN TEMUAN LAPANGAN  
Badan Lingkungan Hidup Daerah, Provinsi Bangka Belitung  
Juli 2008**

No.	Nama Perusahaan	Pengendalian Pencemaran Air	Pengendalian Pencemaran Udara	Pengelolaan Limbah Padat/B3
1.	<p>PT. Donna Kembara Jaya (Dokumen AMDAL disahkan 2005, Izin penyimpanan Slag dari BAPETEN)</p>	<p>1. Terdapat limbah cair yang dihasilkan dari proses pendingin cetakan, pendingin slag, proses pengendali emisi (cooler) dan limpasan air dari stock file batubara</p> <p>2. Untuk pengendalian pencemaran air yang dihasilkan tersebut, perusahaan telah memiliki bak penampung (konstruksi tanah)</p>	<p>1. Perusahaan belum melakukan pemantauan dan pelaporan pengendalian pencemaran udara baik emisi maupun kualitas udara ambien</p> <p>2. Cerobong belum dilengkapi dengan sarana kelengkapan sampling yang sesuai dengan ketentuan Kep-Dal 205/ Bapedal/07/1996 tentang ketentuan sarana sampling (sampling hole, tangga, lantai kerja dan pengaman)</p> <p>3. Perusahaan belum melakukan pemantauan kualitas udara ambien sesuai dengan PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara</p>	<p>1. Perusahaan harus membuat log book pencatatan limbah B3 sesuai dengan peraturan yang berlaku</p> <p>2. Perusahaan belum memiliki TPS B3 dan Limbah B3, hal tersebut tidak sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 jo. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3</p> <p>3. Perusahaan belum memiliki perizinan penyimpanan sementara Limbah B3, hal tersebut tidak sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 Jo. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3</p> <p>4. Perusahaan agar memperhatikan house keeping di sekitar lingkungan kantor dan pabrik</p>

2.	<p><b>PT. DS Jaya Abadi</b> (Dokumen AMDAL disahkan 2004, Izin penyimpanan Slag dari BAPETEN)</p>	<p>1. Terdapat limbah cair yang dihasilkan dari proses pendingin cetakan, pendingin slag, proses pengendali emisi (siklon dan bag house)</p>	<p>1. Perusahaan belum melakukan pemantauan emisi sesuai dengan Keputusan MENLH No. 13 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak</p> <p>2. Cerobong belum dilengkapi dengan sarana kelengkapan sampling yang sesuai dengan ketentuan Kep-Dal 205/ Bapedal/07/1996 tentang ketentuan sarana sampling (sampling hole, tangga, lantai kerja dan pengaman)</p> <p>3. Perusahaan belum melakukan pemantauan kualitas udara ambien sesuai dengan PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara</p> <p>4. Perusahaan belum melakukan pelaporan pengendalian pencemaran udara baik emisi maupun kualitas udara ambien</p>	<p>1. Perusahaan belum membuat log book pencatatan limbah B3 sesuai dengan peraturan yang berlaku</p> <p>2. Perusahaan belum memiliki TPS B3 dan Limbah B3, hal tersebut tidak sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 jo. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3 (oli bekas di tampung pada bak penampungan bawah tanah dan filter oli bekas langsung dibuang ke bak sampah)</p> <p>3. Perusahaan belum memiliki perizinan penyimpanan sementara Limbah B3, hal tersebut tidak sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 Jo. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3</p> <p>4. Perusahaan agar memperhatikan house keeping di sekitar lingkungan kantor dan pabrik</p>
----	---	--	---	--

<p>3. <b>PT. Bangka Putra Karya</b> (Dokumen AMDAL disahkan 2003, Izin penyimpanan Slag dari BAPETEN)</p>	<p>1. Terdapat limbah cair yang dihasilkan dari proses pendingin cetakan, pendingin slag, dan limpasan air dari aktivitas pabrik</p> <p>2. Untuk pengendalian pencemaran air yang dihasilkan tersebut, perusahaan telah memiliki bak penampung (konstruksi tanah)</p>	<p>1. Perusahaan telah melakukan pemantauan kualitas udara baik emisi maupun udara ambien, namun belum melakukan pelaporan pengendalian pencemaran udara baik emisi maupun kualitas udara ambien</p> <p>2. Cerobong telah dilengkapi dengan sarana kelengkapan sampling yang sesuai dengan ketentuan Kep-Dal 205/ Bapedal/07/1996 tentang ketentuan sarana sampling (sampling hole, tangga, lantai kerja dan pengaman)</p>	<p>1. Perusahaan belum membuat log book pencatatan limbah B3 sesuai dengan peraturan yang berlaku</p> <p>2. Perusahaan telah memiliki TPS Limbah B3 untuk oli bekas namun untuk limbah B3 lainnya seperti filter oli bekas, aki bekas, lampu-lampu neon/mercury bekas belum ditampung pada TPS B3 dan perlakuannya langsung dibakar pada tanur, hal tersebut tidak sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 Jo. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3.</p> <p>3. Perusahaan belum memiliki perizinan penyimpanan sementara Limbah B3, hal tersebut tidak sesuai dengan PP No. 18 Tahun 1999 Jo. PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3</p> <p>4. Perusahaan agar memperhatikan house keeping di sekitar lingkungan kantor dan pabrik</p>
---	---	--	---

Sumber: Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Bangka Belitung (2008)

Lampiran 3

Tabel Keterkaitan Antar Sektor

Kode	Sektor	DBL	TDBL	TBL/Output Multiplier	Koefisien Wage	Koefisien Income	Wage Multiplier	Income Multiplier	DFL	IFL	TFL
1	Padi	0.11	1.04	1.15	0.15	0.89	0.17	1.03	1.00	1.08	2.08
2	Janaman Bahan Makanan Lainnya	0.09	1.03	1.12	0.25	0.91	0.28	1.02	1.14	1.03	1.17
3	Lada	0.12	1.05	1.17	0.13	0.88	0.15	1.03	0.23	1.02	1.25
4	Karet	0.24	1.11	1.35	0.45	0.76	0.61	1.02	0.82	1.94	2.76
5	Kelapa Sawit	0.24	1.12	1.36	0.24	0.76	0.33	1.03	0.74	1.09	1.83
6	Janaman Perkebunan Lainnya	0.22	1.14	1.36	0.12	0.78	0.17	1.06	0.67	1.22	1.89
7	walal	0.24	1.20	1.44	0.15	0.76	0.22	1.10	0.00	1.00	1.00
8	Peternakan dan Hasil-hasilnya	0.26	1.21	1.47	0.18	0.74	0.27	1.08	0.29	1.07	1.36
9	Kayu dan Hasil Hutan Lainnya	0.12	1.08	1.20	0.18	0.88	0.22	1.05	0.94	1.88	2.82
10	Perikanan	0.22	1.13	1.35	0.17	0.78	0.23	1.06	0.29	1.05	1.34
11	Penambangan timah	0.54	1.20	1.74	0.08	0.46	0.14	0.80	1.00	1.07	2.07
12	Penambangan dan Penggalian Lainnya	0.16	1.08	1.23	0.30	0.84	0.37	1.04	0.34	1.10	1.44
13	Industri Pengolahan dan Pengawetan Ikan	0.74	1.44	2.18	0.07	0.26	0.14	0.56	0.13	1.02	1.15
14	Industri Minyak dan Lemak	0.73	1.29	2.02	0.07	0.27	0.14	0.55	0.05	1.00	1.05
15	Industri Penggilingan Padi	0.80	1.15	1.96	0.04	0.20	0.08	0.38	0.02	1.01	1.02
16	Industri Penggilingan Lada	0.80	1.23	2.03	0.11	0.20	0.23	0.41	0.00	1.00	1.00
17	Industri Kerupuk	0.70	1.37	2.07	0.12	0.30	0.25	0.63	0.07	1.01	1.07
18	Industri Makanan, Minuman, dan Tembaku Lainnya	0.69	1.44	2.13	0.15	0.31	0.33	0.66	0.13	1.04	1.17
19	Industri Barang dari Kayu dan Hasil Hutan	0.41	1.14	1.56	0.13	0.59	0.21	0.91	0.86	1.28	2.14

Tabel (lanjutan)

Kode	Sektor	DBL	IDBL	TBL/Output Multiplier	Koefisien Wage	Koefisien Income	Wage Multiplier	Income Multiplier	DFL	IFL	TFL
20	Industri Kertas dan Barang Cetak	0.34	1.18	1.52	0.22	0.66	0.34	1.00	0.75	1.53	2.28
21	Industri Kimia	0.38	1.25	1.63	0.19	0.62	0.30	1.01	0.94	1.67	2.61
22	Pengilangan Minyak Bumi	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	1.85	2.78
23	Industri Batu Bata dan Genteng dari Tanah Liat	0.55	1.14	1.69	0.19	0.45	0.32	0.76	0.71	1.15	1.86
24	Industri Semen dan Barang-barang dari Semen	0.23	1.09	1.32	0.31	0.77	0.40	1.02	0.83	1.22	2.05
25	Industri Besi dan Baja	0.51	1.36	1.88	0.16	0.49	0.30	0.91	0.90	1.66	2.56
26	Industri Peleburan Timah	0.76	1.59	2.35	0.08	0.24	0.19	0.56	0.07	1.01	1.07
27	Industri Mesin, Angkutan Umum, dan Perbaikannya	0.54	1.45	2.00	0.17	0.46	0.35	0.91	0.76	1.66	2.42
28	Industri Barang Lainnya	0.54	1.30	1.85	0.14	0.46	0.26	0.84	0.69	1.33	2.02
29	Lisrik, Gas, dan Air Bersih	0.49	1.14	1.62	0.16	0.51	0.26	0.84	0.54	1.35	1.90
30	Bangunan	0.66	1.34	1.99	0.16	0.34	0.32	0.69	0.13	1.13	1.26
31	Perdagangan	0.35	1.20	1.55	0.21	0.65	0.33	1.01	0.49	1.24	1.73
32	Hotel	0.30	1.17	1.48	0.40	0.70	0.60	1.03	0.28	1.17	1.44
33	Restoran	0.53	1.32	1.85	0.16	0.47	0.30	0.87	0.27	1.12	1.39
34	Angkutan Jalan Raya	0.48	1.21	1.69	0.15	0.52	0.26	0.88	0.51	1.30	1.80
35	Angkutan Udara	0.78	1.38	2.16	0.10	0.22	0.22	0.47	0.36	1.22	1.58
36	Angkutan Laut, Angkutan Sungai, Danau dan Penyeberangan	0.38	1.19	1.57	0.17	0.62	0.27	0.97	0.51	1.31	1.82
37	Jasa Penunjang Angkutan	0.30	1.22	1.52	0.20	0.70	0.30	1.06	0.76	1.50	2.25
38	Komunikasi	0.41	1.30	1.70	0.13	0.59	0.22	1.01	0.50	1.35	1.85
39	Bank dan Lembaga Keuangan	0.16	1.09	1.25	0.38	0.84	0.47	1.05	0.68	1.45	2.13
40	Usaha Bangunan dan Jasa Perusahaan	0.42	1.34	1.76	0.15	0.58	0.26	1.02	0.69	1.54	2.23

Tabel (lanjutan)

Kode	Sektor	DBL	IDBL	TBL/Output Multiplier	Koefisien Wage	Koefisien Income	Wage Multiplier	Income Multiplier	DFL	IFL	TFL
41	Pemerintahan Umum dan Pertahanan	0.00	1.00	1.00	0.94	1.00	0.94	1.00	0.00	1.00	1.00
42	Jasa Pendidikan, Kesehatan, Sosial dan Kearsyafatan	0.29	1.18	1.47	0.49	0.71	0.72	1.05	0.18	1.11	1.29
43	Jasa Hiburan dan Rekreasi	0.39	1.28	1.67	0.39	0.61	0.65	1.02	0.51	1.35	1.86
44	Jasa Perseorangan dan Rumah Tangga	0.34	1.23	1.57	0.26	0.66	0.41	1.04	0.18	1.16	1.33
45	Kegiatan yang Tak Jelas Batasannya	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.10	1.24

Keterangan:

- DBL = Direct Backward Linkages
- IDBL = Indirect Backward Linkages
- TBL = Total Backward Linkages
- DFL = Direct Forward Linkages
- IFL = Indirect Forward Linkages
- TFL = Total Forward Linkages

Sumber: Masterplan Pembangunan Daerah Provinsi Bangka Belitung

