

BAB IV
ANALISIS DATA

A. MENGESTIMASI KEKURANGAN ENERGI MIGAS YANG DAPAT DIGANTIKAN OLEH ENERGI NUKLIR

Pada saat ini energi nuklir belum dimanfaatkan untuk energi (listrik), maka estimasi dilakukan sesuai dengan rencana pengembangan energi listrik. Pada tahun 2025 target energi mix untuk minyak adalah 26,2%, gas 30,6%, dan nuklir 1,993%.

$$\begin{aligned}
 &\text{Prosentase peran energi migas yang dapat disubstitusi oleh energi nuklir (Menurut Rencana)} \\
 &= \frac{\text{Rencana besar energi listrik dari PLTN s/d Tahun 2025}}{\text{Rencana besar energi listrik dari PLTN s/d Tahun 2025}} \times 100\% \\
 &= \frac{1,993}{26,2 + 30,6} \times 100\% \\
 &= 3,38946\% \\
 &= 3,39\%
 \end{aligned}$$

Bila perhitungan dilakukan menurut potensi energi nuklir untuk listrik di lokasi tapak sesuai dengan STSK PLTN yaitu sebesar 7.000 MW(e). Sedangkan sesuai rencana pada tahun 2025 akan dibangun PLTN dengan kapasitas 4.000 MW (e). Jadi prosentase peran energi migas yang dapat disubstitusi oleh energi nuklir menurut potensinya adalah $\{7.000 \text{ MW(e)} : 4.000 \text{ MW(e)}\} \times 3,38946\% = 5,931555\% = 5,93\%$.

Rencana pembangkitan tenaga listrik lebih rendah dengan potensi energi nuklir di lokasi tapak adalah sangat tepat karena lingkungan tidak tereksplorasi sampai pada kemampuan maksimalnya.



B. FAKTOR-FAKTOR YANG MENJADI KENDALA TERHADAP PEMANFATAN NUKLIR

Dari data hasil wawancara dengan Prof. Dr. Y. Sudarminto tentang Tuntutan masyarakat terhadap pembangunan dan pengoperasian PLTN dan hasil wawancara dengan Dr. Sudi Ariyanto tentang Implementasi basis teknologi PLTN dapat disusun tabel hasil wawancara sebagai berikut.

Tabel IV.1
Tabel Hasil Wawancara

No	Permasalahan	Tuntutan Masyarakat	Implementasi	Keterangan
1.	Radiasi nuklir	Radiasi nuklir tidak boleh membahayakan manusia dan lingkungannya	<p>Radiasi tetap dipertahankan di :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kristal bahan bakar 2. Pelet bahan bakar 3. Batang bahan bakar 4. Sistem pendingin primer 5. Sistem pendingin sekunder 6. Sungkup reaktor <p>Untuk menjamin radiasi tidak terlepas kelingkungan selalu diadakan monitoring di :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Teras reaktor 2. Ruang reaktor 3. Lingkungan sekitarnya 	Walaupun secara teori sudah ideal, dalam prakteknya mungkin masih terjadi pelepasan radiasi. Untuk itu perlu pemeriksaan secara berkala terhadap semua peralatan untuk memastikan bahwa peralatan bekerja secara benar.
2.	Pemanfaatan nuklir pada operasi normal.	Manusia dan lingkungan tidak boleh terkena radiasi yang membahayakan	<p>Walaupun kecil masih ada kemungkinan terlepas kelingkungan. Harus ada jaminan bahwa radiasi masih dibawah ambang batas yang diperbolehkan.</p> <p>Pelaksanaanya dilakukan dengan pemantauan radiasi di (1) teras reaktor, (2) ruang reaktor dan (3) lingkungan sekitarnya</p>	Pemantauan lingkungan harus dilaksanakan secara berkala dan hasilnya di kirimkan ke instansi-instansi terkait

3.	Kemungkinan terjadinya kecelakaan	PLTN yang dipilih harus benar-benar aman. Kemungkinan terjadinya kecelakaan sangat kecil dan kalau sampai terjadinya kecelakaan tidak menyebabkan terjadinya pelepasan radiasi ke lingkungan	Kemungkinan terjadinya kecelakaan terbesar ditandai dengan Kemungkinan Leleh Teras (KLT) 10^{-6} /tahun. Pada kecelakaan terbesar bahan nuklir harus tetap terkungkung dalam sungkup reaktor. Jadi tidak terlepas kelingkungan.	Walaupun kemungkinan kecelakaan terbesar kecil tetapi kemungkinan itu tetap ada. Jadi dalam perancangan untuk reaktor harus diberikan sistem keselamatan dalam keadaan normal dan darurat.
4.	Bahan bakar bekas	Bahan bakar bekas harus dikelola supaya tidak membahayakan manusia dan lingkungannya	Bahan bakar bekas dijadikan limbah atau diolah kembali: Limbah Radioaktif dikumpulkan dan dipisahkan sesuai dengan karakteristiknya. Pengolahan dilaksanakan dengan pengolahan, reduksi volume, immobilisasi, dan pengungkungan. Limbah hasil olahan disimpan sementara ditempat penyimpanan sementara atau tempat penyimpanan lestari	Khusus yang mengandung zat radioaktif yang berumur panjang kemungkinan dapat menyebabkan efek tertunda, oleh karena itu harus dikelola terus menerus sampai radiasinya dibawah ambang batas yang dapat diterima.
5.	Radiasi nuklir ada yang berumur panjang	Harus dikelola terus menerus sampai radiasinya tidak membahayakan manusia dan lingkungannya	Radiasi dibagi menjadi radiasi α , β dan n . Radiasi α merupakan inti helium ${}^4\text{He}_2$ jangkauannya pendek berbahaya sebagai radiasi internal. Radiasi β jangkauannya ± 3 m berbahaya sebagai radiasi eksternal. Perlu tameng/perisai Radiasi n merupakan neutron yang tidak bermuatan maka tidak menimbulkan penolakan sehingga daya tembusnya besar.	Walaupun dikelola dengan baik masih mungkin menimbulkan efek tertunda karena akumulasi radiasi.
6.	Pekerja radiasi bekerja di tempat yang mengandung radiasi	Harus dijamin bahwa pekerja radiasi tidak membahayakan kesehatannya	Cara mempertahankan kesehatan personil pekerja radiasi : 1. Pemeriksaan kesehatan secara berkala 2. Pengobatan bagi yang diketahui sakit 3. Memberikan makanan tambahan untuk meningkatkan kesehatan	Yang menjadi permasalahan adalah bahwa tunjangan radiasi yang dimaksudkan untuk meningkatkan kesehatan pekerja radiasi sering

		<p>4. Pemonitoran radiasi yang diterima oleh pekerja</p> <p>Rumus : $D = 5 (N-18)$ rem D = Dosis radiasi akumulatif N = umur pekerja 18 = Batas umur minimum untuk seorang boleh pekerja dengan bahan radioaktif.</p> <p>5. Nilai batas radiasi yang boleh diterima :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nilai batas rata-rata tertinggi tahunan (NBRTT) = 5 rem - Nilai batas rata-rata tertinggi kuartalan (NBRTK) = 1,25 rem - Nilai batas rata-rata tertinggi mingguan (NBRTM) = 0,1 rem - Nilai batas tertinggi tahunan (NBTT) = 10 rem - Nilai batas tertinggi kuartalan (NBTK) = 3 rem - Nilai batas tertinggi mingguan (NBTM) = 0,3 rem <p>6. Nilai batas tertinggi organ kritis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Setiap organ tubuh termasuk lensa mata (tetapi tidak termasuk kelenjar kelamin, sumsum tulang merah, kelenjar gondok) dan kulit : NBTK 8, NBTT 10 - Tulang, kelenjar gondok, lapisan kulit keseluruhan tubuh (tapi tidak termasuk kulit tangan, lengan, kaki, dan pergelangan kaki) : NBTK 15, NBTT 30 - Tangan, lengan, kaki dan pergelangan kaki : NBTK 40, NBTT 75. 	<p>digunakan untuk kepentingan lain. sehingga tunjangan radiasi tidak meningkatkan kesehatan dari pekerja.</p>
--	--	---	--

7.	Porna operasi reaktor	Tempat tersebut harus dibersihkan dan di dekontaminasi sampai radiasinya dibawah ambang batas yang diperbolehkan	<p>Upaya pembongkaran dilakukan secara bertahap :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemindahan barang atau peralatan yang mengandung zat radioaktif seperti perangkat bahan bakar dan perlengkapannya, bahan pendingin dan bagian-bagian reaktor yang mudah dibongkar, penutupan reaktor, pengawasan daerah dan lingkungan disekitarnya 2. Pembongkaran-bagian-bagian lain dari reactor yang terkontaminasi seperti tangki reaktor , bejana tekan dan komponen lainnya, dekontaminasi daerah yang terkontaminasi, penutupan reaktor dan pengawasan. 3. Pembongkaran gedung dan struktur bangunan reaktor serta sarana pendukungnya. Dekontaminasi bahan dan peralatan yang masih dapat dipergunakan, dekontaminasi lokasi, dan pembebasan lokasi untuk berbagai keperluan. 	Terlihat bahwa setelah reaktor sudah mencapai umurnya maka tempat masih mengandung radiasi yang berbahaya dan perlu penanganan khusus serta tempat tersebut tidak boleh digunakan untuk kepentingan lain.
8.	Komparasi sumber daya energi	Harus dilihat karakteristik secara keseluruhan	<p>Karakteristik dampak lingkungan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Energi fosil <ul style="list-style-type: none"> - Penurunan kualitas udara (SO₂, NO_x) - Perubahan iklim global (CO₂, CH₄) - Hujan asam dan kerusakan hutan - Limbah dalam jumlah besar - Kerusakan lahan - Transportasi - Pengurangan sumberdaya energi. 2. Energi air <ul style="list-style-type: none"> - Pengusuran/pemindahan penduduk - Kehilangan lahan produktif - Perubahan ekosistem 3. Energi Biomas dan Angin <ul style="list-style-type: none"> - Tata guna lahan - Perubahan ekosistem - Polusi suara 4. Energi nuklir <ul style="list-style-type: none"> - Kemungkinan terjadinya kecelakaan - Radiasi 	Walaupun dalam keadaan normal PLTN lebih ramah lingkungan tetapi bahaya radiasi dan kemungkinan terjadi kecelakaan harus diperhitungkan secara serius. Masyarakat belum dapat menerima resiko yang bersifat massal yaitu semuanya terkena resiko baik yang memanfaatkan maupun yang tidak.

9.	Keputusan pemanfaatan nuklir	<p>Harus dilihat secara bijaksana dari segi ekonomi dan lingkungan.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ekonomi dipilih yang paling efisien - Lingkungan dipilih yang paling ramah lingkungan 	<p>Biaya pembangkitan listrik nuklir lebih murah dari batu bara</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jepang nuklir 9 yen /kwh Batu bara 10-11 yen/kwh - Jerman nuklir 4,08 cent \$ /kwh Batu bara 6,97 cent \$ /kwh - AS nuklir 3,9 cent \$ /kwh Batu bara 3,85 cent \$ /kwh - Prancis Nuklir 3,57 cent \$ /kwh Batu bara 4,62 cent \$ /kwh <p>Dampak lingkungan PLTN :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dalam operasi normal dampak yang berkaitan dengan kualitas udara, perubahan iklim global, hujan asam dan kerusakan hutan, kerusakan lahan, transportasi lebih rendah dari PLT lainnya. - Ada kemungkinan kecelakaan yang sangat membahayakan 	<p>Walaupun dinegara-negara maju yang sarana prasarannya sudah tersedia pembangkitan listrik per kwh nuklir lebih rendah dari batu bara, tetapi di Indonesia kondisinya bisa berbeda karena belum tersedianya sarana dan prasarana.</p> <p>Kemungkinan terjadinya kecelakaan yang besar menyebabkan masyarakat menjadi risau seperti halnya menyimpan bom yang sewaktu-waktu dapat meledak.</p>
10.	Transfer teknologi nuklir	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak boleh menyebabkan mengalirnya devisa kenegara-negara maju. - Tidak boleh menimbulkan ketergantungan kepada negara-negara maju. 	<p>Posisi dibidang ekonomi Indonesia kurang menguntungkan. Investasi awal untuk pembangunan PLTN sangat besar tetapi negara Indonesia saat ini sedang krisis ekonomi.</p> <p>Posisi dibidang teknik kita sudah punya pengalaman untuk membangun mengoperasikan :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reaktor Triga Mark II 250 KW - Reaktor Triga Mark II 1 MW - Reaktor Kartini 100 KW - Reaktor Serba Guna 30 MW 	<p>Kondisi ekonomi Indonesia merupakan salah satu kendala pembangunan PLTN</p> <p>Ketergantungan teknologi harus secepatnya di tanggulangi</p>
11.	Keberatan secara teknis	<ul style="list-style-type: none"> - Sifat radiasinya yang membahayakan manusia dan lingkungannya - Kemungkinan terjadinya kecelakaan yang 	<p>Radiasi dalam keadaan apapun tidak boleh keluar dari sungkup reaktor. Secara teknis dapat dilihat pada permasalahan nomor 1 (satu).</p> <p>Dipilih reaktor yang telah terbukti akan dinegara-negara maju</p>	<p>Dipilih teknologi yang telah terbukti aman dan ada sungkup reaktornya.</p> <p>Kecelakaan reaktor Chernobyl di uni soviet karena tidak ada sungkup reaktornya terjadi pelepasan radiasi sampai lintas batas</p>

		sangat mengerikan		negara. Sebaliknya kecelakaan Three Mile Island (TMI) tidak menyebabkan terlepasnya radiasi ke lingkungan karena ada sungkup radiatornya.
12.	Keberatan dari sejarahnya	Kemunculan teknologi nuklir di mulai dari perwujutannya sebagai senjata (bom atom) yang dijatuhkan di Hirozima dan Nagazaki Terjadinya kecelakaan PLTN Chernobyl yang sangat mengerikan. Kedua hal tersebut menimbulkan trauma yang besar pada masyarakat.	Untuk hal yang pertama diluar lingkup penelitian. Pada kecelakaan terbesar zat radioaktif tidak boleh terlepas kelingkungan. Untuk itu diperlukan sungkup reaktor yang sangat kuat.	Sebelum pembangunan dan pengoperasian reaktor PLTN perlu pemasyarakatan terlebih dahulu sampai masyarakat dapat menerima kehadiran PLTN.
13.	Sistem keselamatan operasi normal	Sistem keselamatan yang dapat melindungi manusia dan lingkungan dari radiasi baik di lingkungan sekitar maupun di ruang reaktor	PWR, BWR, dan PHWR mempunyai sistem keselamatan yang menggunakan filosofi deffence in dept meliputi : 1. Kristal bahan bakar 2. Pelet bahan bakar 3. Batang bahan bakar 4. Sistem pendingin primer 5. Sistem pendingin sekunder 6. Sungkup reaktor	Perlu untuk optimasi operasi dan pencegahan terjadinya kecelakaan.

14.	Sistem keselamatan darurat	Dalam keadaan darurat reaktor tidak boleh membahayakan manusia dan lingkungannya	<p>PWR Bila mengarah kekeadaan berbahaya, tersedia sistem keselamatan darurat.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Injeksi tekanan tinggi yang mengalirkan air berkadar boron ke pipa masuk 2. Injeksi tekanan tinggi yang mengalirkan air berkadar boron ke pipa masuk 3. Injeksi tekanan rendah ke pipa masuk 4. Injeksi tekanan rendah ke pipa keluar <p>BWR Dalam keadaan darurat tersedia sistem keselamatan darurat :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penyiram teras bertekanan tinggi 2. Pembebas tekanan otomatis 3. Penyiram teras tekanan rendah 4. Pengisian teras bertekanan rendah <p>PHWR Dalam keadaan darurat reaktor dipadamkan selanjutnya dilakukan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendinginan reaktor waktu padam 2. Pendinginan teras darurat 3. Pengelolaan 	Sistem keselamatan darurat harus dapat mengamankan reaktor pada keadaan darurat. Walaupun terdapat sistem keselamatan keadaan darurat masyarakat masih belum percaya pada kedisiplinan di Indonesia
-----	----------------------------	--	---	---

1. Bahaya Radiasi Nuklir

Masyarakat dan lingkungannya tidak boleh terkena bahaya radiasi nuklir. Ini merupakan tuntutan masyarakat yang disuarakan dimana-mana.³¹

Menurut BATAN implementasi dari tuntutan masyarakat ini dilaksanakan dengan mempertahankan radiasi di : Kristal bahan bakar; Pelet bahan bakar; Batang bahan bakar ; Sistem Pendinging Primer; Sistem Pendingin Sekunder; Sungkup Reaktor

Untuk menjamin radiasi tidak terlepas ke lingkungan selalu diadakan monitoring di : Teras Reaktor; Ruang Reaktor; Lingkungan sekitarnya

Dilihat secara teknik kelihatannya sudah ideal tetapi dalam prakteknya tidak semua peralatan bekerja sesuai dengan spesifikasinya. Oleh karena itu harus dilakukan perawatan dan pemeriksaan terhadap seluruh peralatan untuk memastikan bahwa peralatan bekerja secara benar.

Dilihat dari fisika masih mungkin terjadi penggelembungan pori-pori material pada suhu yang sangat tinggi³² yang dapat menyebabkan terlepasnya produk fisi.

Dalam prakteknya³³ dari pengukuran aktifitas di pendingin sekunder terlihat bahwa masih terdapat kontaminasi hasil belah di pendingin reaktor. Mekanisme yang penting masuknya hasil belah ke dalam aliran pendingin adalah sebagai berikut : (1) Difusi Gas hasil belah : Menembus

³¹ Laksono, PM. *Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia Sebuah perbincangan*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta, 1995

³² Olander, Donald. R. *Fundamental Aspect of Nuclear Reactor Fuel Elements*, Part 2. Published by Technical Information Center, Office of Public Affairs Energy Research and Development Administration, Department of Nuclear Engineering University of California, Berkeley, 1976.

³³ Gunanjar, *Kimia Air Pendingin Reaktor*, PPNY, BATAN Yogyakarta 1986. Hal 41-42

lubang atau celah mikroskopik bahan bakar dan Menembus logam *cladding* (kelongsong); (2) *Leaching* dari permukaan bahan bakar; (3) Hasil Fissi (hasil belahan) yang terpelanting (*recoil*) dari bahan dapat belah masuk ke dalam aliran air; (4) Kontaminasi dapat juga terjadi bila elemen bahan bakar terjadi perpecahan (retak).

Jadi bahaya radiasi akan selalu menjadi ancaman bila tidak dilakukan pemantauan secara terus menerus terhadap radiasi lingkungan dan perawatan serta pemeriksaan yang baik terhadap seluruh peralatan.

2. Bahan Bakar Bekas

Bahan bakar bekas harus dikelola supaya tidak membahayakan manusia dan lingkungannya.

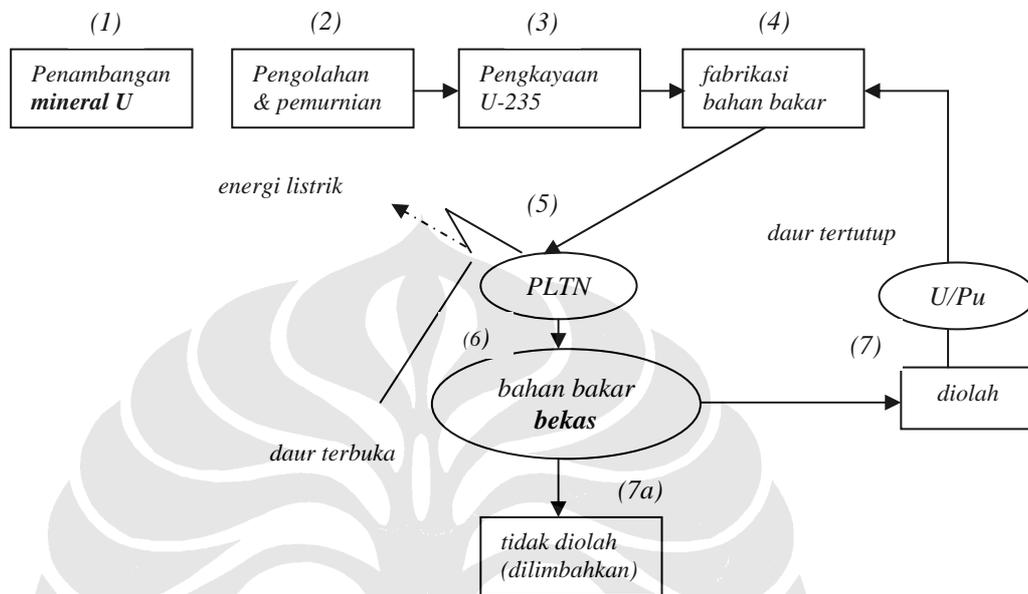
Menurut BATAN, bahan bakar bekas disimpan dalam kolam penyimpanan. Kolam penyimpanan merupakan titik awal dari penyimpanan lestarinya dan juga merupakan awal dari langkah daur ulang. Transportasi bahan bakar bekas dengan kontainer yang didesain khusus sehingga tahan terhadap berbagai kecelakaan beruntun, yaitu : Jatuh dalam arah horizontal dari ketinggian 10 m, kemudian diikuti peristiwa; Jatuh dalam arah vertical dari ketinggian 1 m, kemudian diikuti peristiwa kecelakaan; Berada dalam api sehingga suhu mencapai 1475°C selama 30 menit, dan kemudian; Terjatuh ke dalam air selama 8 jam.

Daur ulang bahan bakar bekas untuk memanfaatkan atom-atom dapat belah dapat digunakan untuk membangkitkan energi hingga mencapai 50% dari energi yang dibangkitkan oleh perangkat elemen bakar baru.

Sampai saat ini bahan bakar yang digunakan PLTN adalah U-235 yang diperoleh dari penambangan mineral uranium. Setelah melalui berbagai tahap proses uranium dikemas menjadi perangkat bahan bakar. Uranium dalam perangkat bahan bakar akan mengalami reaksi pembelahan inti menjadi inti radioaktif hasil-belah (*fission products*) dan sejumlah neutron yang selanjutnya akan menimbulkan lagi reaksi pembelahan inti uranium. Berbeda dengan bahan bakar fosil yang habis dibakar, uranium pada perangkat bahan bakar tidak seluruhnya terpakai melalui reaksi pembelahan inti, setelah waktu tertentu akumulasi inti hasil pembelahan uranium dalam bahan bakar dapat mencapai jumlah yang dapat menghambat reaksi pembelahan inti uranium selanjutnya. Pada kondisi ini, bahan bakar tidak efisien lagi dan harus diganti dengan bahan bakar baru (*fresh fuel*). Bahan bakar bekas (*used fuel*) selain masih mengandung sisa uranium dalam jumlah yang layak juga mengandung sejumlah Pu-239 yang terbentuk dari reaksi neutron dengan U-238 dan dapat digunakan sebagai bakar PLTN (dengan menggunakan konfigurasi bahan bakar tertentu PLTN dapat diarahkan untuk menghasilkan bahan bakar baru, Pu-239, yang disebut reactor pembiak-*breeder reactor*). Seluruh rangkaian kegiatan mulai perolehan uranium, penyiapannya menjadi bahan bakar dan pengolahan bahan bakar bekas untuk perolehan kembali sisa uranium dan Pu-239 dari bahan bakar disebut daur bahan bakar nuklir (*nuclear fuel cycle*) seperti digambarkan pada gambar IV.1. Bila bahan bakar bekas diolah untuk perolehan sisa uranium dan Pu-

239 maka daur uranium menjadi tertutup (*close uranium fuel cycle*). Dalam hal terakhir ini bahan bakar bekas diberlakukan sebagai limbah.

Gambar IV.1. Daur Bahan Bakar Nuklir



Keterangan :

- rangkaian (1) s.d (4) penyiapan bahan bakar disebut daur bagian-bagian depan (*front-end cycle*)
- rangkaian (5) penggunaan bahan bakar
- rangkaian (6) dan (7) penanganan sisa bahan bakar disebut daur bagian-bagian belakang (*back-end fuel cycle*)

Diantara fraksi (bagian) bahan bakar bekas terdapat zat radioaktif yang mempunyai umur panjang. Bahan ini tidak cepat kelihatan pengaruhnya, tetapi dapat menimbulkan efek tertunda. Efek tertunda ini merupakan sesuatu yang sampai saat ini belum terselesaikan secara teori. Berbagai metode telah diusulkan untuk memperkirakan efek dari dosis radiasi yang sangat rendah. Kesulitan dalam menentukan metode ini disebabkan karena efek tersebut terlalu kecil untuk diamati.

Dalam rentang dosis yang sangat rendah ini model linier menyatakan bahwa efek berbanding secara langsung dengan dosis radiasi yang diterima. Karena itu maka tindakan untuk melindungi manusia dari penyinaran radiasi didasarkan pada asumsi hati-hati bahwa setiap dosis radiasi betapapun kecilnya memiliki resiko kerusakan.

Beberapa bentuk efek tertunda karena radiasi antara lain adalah :

(1) Neoplasma.

Neoplasma adalah perubahan bentuk atau perubahan pertumbuhan sel karena radiasi. Keadaan ini dapat mengakibatkan tumbuhnya kelainan pada organ tubuh tertentu, seperti tumbuhnya kanker tulang dan lain sebagainya;

(2) Katarak.

Paparan radiasi yang mengenai mata dapat menimbulkan kerusakan seperti terjadinya katarak pada mata. Faktor usia dan dosis radiasi mempengaruhi terjadinya katarak;

(3) Kemandulan.

Efek bertunda seringkali dapat berupa kemandulan, baik kemandulan permanen maupun kemandulan partial. Dalam beberapa kasus kemandulan dapat sembuh kembali asalkan dosis yang diterima tidak terlalu tinggi dan disertai dengan perbaikan gizi yang baik;

(4) Berkurangnya usia harapan hidup.

Data mengenai berkurangnya usia harapan hidup seseorang yang terkena radiasi sampai saat ini masih dalam penelitian lebih lanjut,

sehingga belum dapat ditarik kesimpulan yang pasti. Kesulitan dalam melengkapi data adalah karena banyaknya factor lain yang mempengaruhi umur seseorang. Dengan berkurangnya umur seseorang yang terkena radiasi adalah berdasarkan teori yang ada dan berdasarkan penelitian pada hewan percobaan;

(5) Hambatan pada pertumbuhan.

Pertumbuhan yang terhambat adalah salah satu bentuk efek tertunda yang masih terus diamati sampai saat ini. Janin dalam kandungan yang kena radiasi dapat mengalami hambatan pertumbuhan. Besarnya hambatan ini dipengaruhi oleh faktor janin dan dosis radiasi yang diterima.

Menurut dokumen yang dihasilkan *United Nations Conference Environment and Development (UNICED)* pada KTT Bumi tahun 1992 di Rio de Janeiro, Brazil, terdapat lima prinsip utama dalam pembangunan berkelanjutan,³⁴ yaitu :

(1) Keadilan antargenerasi

Prinsip ini berangkat dari suatu gagasan bahwa generasi sekarang menguasai sumberdaya alam yang ada di bumi sebagai titipan (*in trust*) untuk dipergunakan generasi yang akan datang. Setiap generasi merupakan penjaga (*trustee/custodian*) dari planet bumi ini untuk kemanfaatan generasi berikutnya, dan sekaligus sebagai penerima manfaat (*beneficiaries*) dari generasi sebelumnya. Keadaan demikian menuntut tanggung jawab dari generasi sekarang untuk memelihara

³⁴ Bappenas, *Sumberdaya Alam & Lingkungan Hidup Indonesia (Antara Krisis dan Peluang)*, Hal. 22-25.

peninggalan/warisan seperti halnya kita menikmati berbagai hak untuk menggunakan warisan bumi ini dari generasi sebelumnya (Brown Weiss, 1990 dalam Santosa (2001). Keadilan antargenerasi sesungguhnya merupakan upaya untuk menjamin tersedianya kesempatan atau peluang yang sama bagi generasi mendatang untuk memperoleh kesejahteraan. Harus ada semacam keadilan (*fairness*) bahwa generasi berikutnya tidak menanggung beban berat berupa kualitas hidup yang rendah, peninggalan generasi sekarang.

Beberapa elemen kunci dari prinsip keadilan antargenerasi adalah³⁵ :

- a. Masyarakat termasuk masyarakat di seluruh dunia antara satu generasi dengan generasi lainnya merupakan mitra.
- b. Generasi sekarang harus tidak memberikan beban eksternalitas pembangunan kepada generasi selanjutnya.
- c. Setiap generasi mewarisi kekayaan sumberdaya alam serta kualitas habitat, dan meneruskannya kepada generasi berikutnya dalam keadaan yang kurang lebih ekuivalen secara fisik, ekologis, sosial, dan ekonomi.
- d. Generasi sekarang tidak dibenarkan meneruskan sumber dalam yang tidak dapat diperbaharui secara pasti/eksak kepada generasi berikutnya. Demikian juga kita tidak dapat menduga kebutuhan dan preferensi generasi yang akan datang. Generasi sekarang harus memberikan fleksibilitas kepada generasi berikutnya untuk mencapai tujuan mereka sesuai dengan nilai yang diyakininya.

³⁵ Berdasarkan rumusan dalam sebuah Konferensi Internasional “*Sustainability Principles to Practice*” atau “*Cenner Conference the Environment*” of Canberra, Australia, 13-16 November 1994.

(2) Keadilan dalam satu generasi (*intragenerational equity*)

Prinsip keadilan dalam satu generasi merupakan prinsip yang berbicara tentang keadilan di antara satu atau sesama generasi, termasuk di dalamnya ketidakberhasilan dalam memenuhi kebutuhan-kebutuhan dasar lingkungan dan sosial, atau adanya kesenjangan antara individu dan kelompok-kelompok dalam masyarakat tentang pemenuhan kualitas hidup (*environmental and social quality of life*). Prinsip keadilan dalam satu generasi sangat terkait erat dengan isu keberlanjutan karena :

- a. Beban dari permasalahan lingkungan dipikul oleh masyarakat yang lemah (secara sosial dan ekonomi).
- b. Kemiskinan menimbulkan akibat pada degradasi lingkungan Masyarakat yang berjuang guna memenuhi kebutuhan dasar pada umumnya tidak memiliki serta memikirkan kepedulian lingkungan (pelestarian daya dukung lingkungan).
- c. Upaya-upaya perlindungan lingkungan dapat berakibat/ berdampak pada sektor-sektor tertentu dalam masyarakat, namun di sisi lain menguntungkan sektor lainnya.
- d. Tidak seluruh anggota masyarakat memiliki akses yang sama dalam mempengaruhi proses pengambilan keputusan yang berdampak pada lingkungan. Pengetahuan, keterampilan, keberdayaan (*power*) serta struktur pengambilan keputusan di satu sisi menguntungkan anggota masyarakat tertentu dan di lain sisi merugikan kelompok masyarakat yang lain.

- e. Tidak sedikit praktik-praktik pembangunan dan produksi yang tidak berkelanjutan mengakibatkan kerusakan sumber alam nasional atau sumberdaya alam yang dipergunakan bagi hajat hidup orang banyak, seperti sungai, hutan, dan laut.

(3) Prinsip pencegahan dini

Prinsip ini mengandung suatu pengertian apabila terdapat ancaman yang berarti atau ancaman adanya kerusakan lingkungan yang tidak dapat dipulihkan (*irreversible*), ketiadaan temuan adanya kerusakan lingkungan yang tidak dapat dijadikan alasan untuk menunda atau pembuktian ilmiah yang konklusif dan pasti, tidak dapat dijadikan alasan untuk menunda upaya-upaya pencegahan kerusakan lingkungan tersebut. Dalam prinsip ini pengambilan keputusan harus dilandasi oleh evaluasi dan penilaian yang sungguh-sungguh. Gagasan munculnya prinsip ini merupakan respon terhadap kebijakan lingkungan konvensional di mana upaya pencegahan atau penanggulangan baru dilakukan apabila resiko benar-benar telah diketahui dan dibuktikan. Pola konvensional ini seringkali menyebabkan terlambatnya upaya pencegahan dan penanggulangan terhadap kerusakan lingkungan.

Dalam memahami prinsip ini, ada tiga hal yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan kapan prinsip *precautionary* ini dapat diterapkan, yaitu :

- a. Ancaman kerusakan lingkungan sangat serius dan bersifat tidak dapat dipulihkan. Perlakuan yang serius diperlukan dalam keadaan akibat atau implikasi bagi generasi sekarang dan yang akan datang,

atau dalam keadaan tidak terdapat substitusi dari sumberdaya yang digunakan.

- b. Ketidakpastian pembuktian ilmiah (*scientific uncertainty*). Keadaan di mana akibat yang akan ditimbulkan oleh suatu kegiatan tidak dapat diperkirakan dengan pasti karena karakter persoalan itu sendiri (*nature of problem*), penyebab maupun dampak potensial kegiatan tersebut.
- c. Upaya pencegahan kerusakan lingkungan tersebut meliputi upaya pencegahan sampai dengan *cost effectiveness*.

(4) Perlindungan keanekaragaman hayati

Perlindungan keanekaragaman hayati memberikan dan merupakan sumber kesejahteraan bagi umat manusia. Upaya perlindungan keanekaragaman hayati tidak saja menyangkut soal moral dan etika akan tetapi juga soal hidup dan matinya manusia (*survival imperatives*). Prinsip ini sangat terkait dengan prinsip-prinsip lainnya. Urgensi perlindungan keanekaragaman hayati merupakan prasyarat bagi berhasil atau tidaknya melaksanakan prinsip keadilan antargenerasi dan prinsip keadilan dalam satu generasi. Pencegahan kepunahan keanekaragaman hayati yang *irreversible* memerlukan penerapan prinsip pencegahan dini. Pada akhirnya, perlindungan keanekaragaman hayati akan efektif dilakukan jika melalui upaya ekonomi lingkungan (internalisasi terhadap eksternalisasi).

(5) Internalisasi biaya lingkungan dan mekanisme insentif.

Pentingnya penekanan pada prinsip ini berangkat dari suatu keadaan penggunaan sumberdaya alam saat ini yang merupakan kecenderungan atau reaksi dorongan pasar (*market force and opportunity*). Sebagai akibatnya, kepentingan yang selama itu tidak terwakili dalam komponen pengambilan keputusan dalam menentukan harga pasar tersebut diabaikan, dan menimbulkan kerugian bagi mereka. Dampak ini yang diistilahkan sebagai eksternalitas. Masyarakat yang menjadi korban kerusakan lingkungan tidak memiliki suatu mekanisme untuk memaksa kelompok perusak untuk membayar kerugian kerusakan tersebut, kecuali pengadilan dan mekanisme resolusi konflik lainnya yang dapat mengakomodasi kepentingan mereka. Oleh sebab itu sumberdaya alam yang memiliki elemen *open access* harus diberi harga/nilai yang memadai.

Apabila tidak diberi nilai/harga maka kecenderungan manusia dan badan hukum, terutama yang berorientasi profit, akan menggunakannya secara berlebihan. Gagasan dari prinsip ini adalah biaya lingkungan dan sosial harus diintegrasikan ke dalam proses pengambilan keputusan berkaitan dengan penggunaan sumberdaya alam tersebut, sehingga yang terjadi adalah internalisasi eksternalitas dalam arti eksternalitas harus menjadi bagian dalam pengambilan keputusan instrumen yang tersedia meliputi pengaturan (dengan larangan dan sanksi), denda dan retribusi, *leasing*, mekanisme *property rights* dan lain-lain.

Selain kelima prinsip di atas terhadap prinsip-prinsip yang menjadi acuan dalam upaya pembangunan berkelanjutan merujuk pada beberapa *guiding principles* yang berlaku secara universal, antara lain :

- a. Pembangunan yang berpihak kepada rakyat
- b. Perspektif jangka panjang dan untuk kepentingan generasi mendatang.
- c. Membandingkan manfaat dan biaya setiap aktivitas pembangunan
- d. Menciptakan sistem ekonomi yang terbuka dan mendukung kesejahteraan.
- e. Memerangi kemiskinan
- f. Memperhatikan *limit* daya dukung lingkungan.

Terlihat bahwa belum seluruh pemanfaatan bahan bakar bekas nuklir sudah terselesaikan secara teori apalagi dalam prakteknya, sehingga melanggar prinsip utama pembangunan yaitu : keadilan antar generasi, keadilan dalam satu generasi dan internalisasi biaya lingkungan. Oleh karena itu perlu penelitian secara terus menerus khususnya mengenai radiasi umur panjang bila tetap akan memanfaatkan energi nuklir.

3. Risiko pada Operasi Normal

Masalah ini erat kaitannya dengan bahaya radiasi pada nomor 1 (satu) yaitu menyangkut pada kemungkinan kebocoran radiasi ke lingkungan dan pengaruh radiasi pada manusia khususnya pekerja radiasi.

Bahaya radiasi pada operasi normal khususnya pada pekerja radiasi walaupun sangat rendah harus tetap diusahakan seminimal mungkin.

Menurut *International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, apabila nilai batas radiasi yang diijinkan tidak terlampaui pemakaian zat radioaktif tidak akan berdampak negatif.

Dosis radiasi akumulatif yang boleh diterima oleh pekerja radiasi merupakan fungsi umur pekerja, dan hal ini ditunjukkan oleh persamaan berikut ini:

$$D = 5 (N-18)$$

Dimana :

D = Dosis radiasi akumulatif (rem)

N = Umur pekerja

18 = Batas umur minimum untuk seseorang boleh bekerja dengan zat radioaktif

Dosis radiasi akumulatif berdasarkan persamaan tersebut di atas bukan merupakan dosis yang dapat diterima sekaligus oleh pekerja radiasi, akan tetapi dosis yang boleh diterima oleh pekerja radiasi dalam jangka waktu lama dan merupakan akumulasi dari dosis yang rendah.

Nilai batas dosis radiasi yang boleh diterima oleh tubuh dan telah direkomendasikan oleh instansi yang berwenang dalam bidang tenaga atom di Indonesia, yaitu Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) adalah sebagai berikut:

1. Nilai batas rata-rata tertinggi tahunan (NBRTT) = 5 rem
2. Nilai batas rata-rata tertinggi kwartalan (NBRTK) = 1,25 rem
3. Nilai batas rata-rata tertinggi mingguan (NBRTM) = 0,1 rem
4. Nilai batas tertinggi kwartalan (NBTK) = 3 rem
5. Nilai batas tertinggi mingguan (NBTM) = 0,3 rem

Nilai batas rata-rata tertinggi dan nilai batas tertinggi adalah apabila seorang pekerja radiasi aktif bekerja dengan zat radioaktif, maka dalam satu minggu pekerja radiasi tersebut oleh menerima dosis radiasi rata-rata 0,1 rem. Akan tetapi kalau pekerjaan yang harus dilakukannya menyebabkan pekerja radiasi dalam satu minggu menerima dosis melebihi rata-rata 0,1 rem, maka dalam hal ini masih diijinkan asalkan dosis radiasi yang akan diterima dalam satu minggu tersebut maksimum hanya 0,3 rem dan dalam hal satu kwartal pekerja radiasi tersebut maksimum hanya boleh menerima dosis radiasi 1,25 rem. Begitu seterusnya, kalau dosis rata-rata maksimum hanya 3 rem dan dalam satu tahun tidak melebihi 5 rem. Apabila dosis rata-rata per tahun terpaksa dilampaui, maka dosis akumulasi pekerja tersebut boleh melebihi dosis yang diperoleh dari persamaan $D = 5 (N - 18)$.

Selain nilai batas tersebut di atas, ada juga batas yang diperuntukkan bagi organ tertentu yang diijinkan secara khusus (selain kelenjar kelamin, sumsum tulang atau tubuh secara keseluruhan)j asalkan tidak melebihi nilai batas yang terancam dalam Tabel IV.1.

Tabel IV.2. Nilai Batas Tertinggi untuk Organ Tubuh Tertentu (rem)

Organ Tubuh	NBTK	NBTT
Setiap organ tubuh termasuk lensa mata (tetapi tidak termasuk kelenjar kelamin, sumsum tulang merah, kelenjar gondok) dan kulit.	8	10
Tulang, kelenjar gondok, lapisan kulit keseluruhan tubuh (tapi tidak termasuk kulit tangan, lengan, kaki dan pergelangan kaki).	15	30
Tangan, lengan, kaki dan pergelangan kaki	40	75

Berdasarkan penjelasan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa nilai batas rata-rata tertinggi diberikan dengan maksud agar akibat yang ditimbulkan oleh akumulasi dosis radiasi tidak sampai membahayakan pekerja. Sedangkan nilai batas tertinggi diberikan dengan maksud agar pekerja radiasi tetap diijinkan untuk bekerja walaupun nilai batas rata-ratanya terpaksa dilanggar. Keadaan terakhir ini (nilai batas tertinggi) diberlakukan hanya dalam keadaan terpaksa karena jenis pekerjaan yang harus diselesaikan melibatkan paparan radiasi yang cukup tinggi. Untuk masyarakat umum (bukan pekerja radiasi) seperti telah dijelaskan di muka dosis radiasi yang boleh diterima harus lebih kecil dari dosis yang diterima oleh pekerja radiasi. Nilai batas tertinggi untuk seorang anggota masyarakat dalam jangka waktu 1 tahun adalah 1/10 (sepersepuluh) nilai batas rata-rata tertinggi tahunan. Kesemuanya ini untuk memberikan

jaminan keselamatan kerja terhadap pemakaian teknologi nuklir, baik untuk keselamatan manusia maupun untuk keselamatan lingkungan.

Untuk meningkatkan kesehatan pekerja radiasi diberi tunjangan radiasi, pengaturan jam kerja dan makanan tambahan (susu, kacang hijau, dan lain-lain).

Masalah yang menjadi kendala adalah tunjangan radiasi yang dimaksudkan untuk meningkatkan kesehatan pekerja radiasi sering digunakan untuk kepentingan lain, sehingga tidak tercapai tujuannya. Demikian pula untuk makanan tambahan, sering mereka tidak mau dan memilih makanan yang sesuai dengan selera mereka saja.

Jadi masalahnya yang menjadi kendala adalah kedisiplinan pekerja dan ini terjadi di negara maju³⁶ seperti terjadinya kecelakaan reaktor nuklir *Three Mile Island* (TMI) di Amerika Serikat yang terkenal disiplin.

4. Purna Operasi

PLTN atau fasilitas nuklir lainnya, apabila telah sampai masa operasinya atau karena sesuatu hal tidak layak lagi dioperasikan, maka perlu dilakukan upaya untuk menghilangkan potensi dampak yang tersisa agar lokasi atau bahan/peralatannya dapat digunakan untuk kegiatan lain. Upaya untuk menghilangkan sisa potensi dampak ini disebut "*decommissioning*" dan dilakukan melalui tahapan. Pemindahan bahan atau peralatan yang mengandung zat radioaktif seperti perangkat bahan bakar dan perlengkapannya, bahan pendingin dan bagian-bagian reaktor yang mudah dibongkar, penutupan reaktor,

³⁶ Martin, Mike W and Schinzinger. *Etika Rekayasa*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 1004, hal. 123-186.

pengawasan daerah dan lingkungan sekitarnya. Pembongkaran bagian-bagian lain dari reaktor yang terkontaminasi seperti tangki reaktor, bejana tekan dan komponen lainnya, dekontaminasi daerah yang terkontaminasi, penutupan reaktor dan pengawasan. Pembongkaran gedung dan struktur bangunan reaktor serta sarana pendukungnya, dekontaminasi bahan dan peralatan yang masih dapat digunakan, dekontaminasi lokasi dan pembebasan lokasi untuk berbagai keperluan.

Sampai saat ini sekitar 65 reaktor dan fasilitas nuklir telah berhasil di "*decommissioning*" dengan aman dan pengalaman yang diperoleh telah digunakan bagi penyempurnaan, teknologi dan keselamatan dekomissioning.

Diperkirakan sampai akhir abad ini terdapat sekitar 60 PLTN dan 250 riset reaktor yang akan di dekomisioning.

Biaya untuk dekomisioning sangat bervariasi, bergantung pada jenis, umur, tahap dekomisioning yang dilakukan dan teknologi yang digunakan pada pembangunan reaktor dan fasilitas nuklir. Saat ini rancangan sistem PLTN telah mengantisipasi untuk kemudahan proses dekomisioningnya di kemudian hari. Dekomisioningnya diperhitungkan dibebankan pada nilai jual listrik yang dihasilkan PLTN. Perkiraan biaya tertinggi dekomisioning sekitar 225 juta dollar.

Dekomisioning akan menimbulkan sejumlah besar limbah radioaktif, untuk PLTN dengan daya listrik 1000 Mw akan menimbulkan limbah radioaktif sekitar 5000-10.000 m³ dan sebagian besar terdiri dari limbah tingkat rendah dan setelah diolah menjadi 400-500 m³.

Perlu dicatat bahwa reaktor nuklir setelah tidak beroperasi masih memerlukan perlakuan yang serius serta membutuhkan biaya lebih dari 200 juta US dollar, limbah radioaktif dalam jumlah yang besar, dan lokasi yang tidak dapat dipakai untuk keperluan lain.

Jadi reaktor setelah masa beroperasi selesai masih dapat membahayakan masyarakat kalau tidak didekontaminasi dengan baik dan dekontaminasinya membutuhkan biaya yang besar.

5. Kemungkinan Terjadinya Kecelakaan

Walaupun kemungkinan terjadinya kecelakaan besar sangat kecil, tetapi kemungkinan itu tetap ada. Kemungkinan leleh teras untuk disain reactor maju 10^{-6} KLT (PLTN desain maju).

Kecelakaan besar seperti yang terjadi TMI dan *Chernobyl* tidak hanya menimbulkan bencana kemanusiaan tetapi juga bencana ekonomi. Bisa dibayangkan bila kecelakaan PLTN terjadi di Indonesia, sedangkan untuk AS saja tidak dapat menyelesaikan masalah ini sampai 8 tahun.

Dalam hal ini masyarakat menuntut bahwa apabila benar-benar akan dibangun PLTN harus dipilih yang benar-benar aman dengan menggunakan teknologi yang telah terbukti. Kemungkinan terjadinya kecelakaan sangat kecil dan kalau sampai terjadi kecelakaan tidak menyebabkan terjadinya pelepasan radiasi ke lingkungan.

Tuntutan ini mengharuskan adanya sungkup reaktor yang mampu mengungkung zat radioaktif sehingga tidak terlepas ke lingkungan. Sungkup ini harganya sangat mahal sehingga dapat menyebabkan makin mahalnya PLTN.

Jadi akan selalu terjadi dilemma yaitu kalau tanpa sungkup saat terjadi kecelakaan pasti terjadi bencana kemanusiaan dan ekonomi bila dengan sungkup biaya investasi awal sangat mahal sehingga sulit disetujui dananya oleh pemerintah.

6. Persepsi Masyarakat Terhadap PLTN yang Diruntut dari Sejarah

Reaksi masyarakat terhadap pemberitaan rencana pembangunan PLTN pada tahun 1990-an. Menurut survei yang telah dilakukan oleh P.M. Laksono³⁷ reaksi masyarakat sekitar lokasi tapak dapat dikelompokkan menjadi mereka yang terancam penggusuran dan Mereka yang ngeri kalau terjadi kebocoran dan terkena radiasi.

Dijelaskan bahwa masyarakat pada umumnya tidak mengetahui permasalahan PLTN, hal ini terungkap ketika ditanya tentang radiasi, mereka menjawab : "Radiasi ya ... saya enggak faham, pokoknya berbahaya".

Pada saat ini, sebagaimana dijelaskan ada kajian teori bahwa persepsi masyarakat terhadap risiko dipengaruhi oleh pengalamannya (sejarahnya). Demikian pula persepsi masyarakat terhadap PTLN.

Dari sejarahnya nuklir mempunyai sejarah yang kurang baik karena : Kemunculan teknologi nuklir yang dimulai dari perwujudan sebagai senjata (bom atom) yang dijatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki; Kecelakaan di *Three Mile Island (TMI)*; dan Kecelakaan di *Chernobyl*.

³⁷ Laksono dkk. *Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan*, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. 98-102

Ketiga hal tersebut menjadikan trauma yang sangat besar pada masyarakat. Bahkan di masyarakat kalangan bawah menganggap segala sesuatu yang berkaitan dengan nuklir sebagai bom atom.

Tidak sebagaimana pada tahun 1990-an yang suasananya belum demokratis, pada saat ini sudah tidak aneh bila terjadi unjuk rasa penolakan terhadap PLTN maupun tulisan mengenai ketidaksetujuan masyarakat dan tenaga ahli di media massa.

Terlihat bahwa dilihat dari sejarahnya pembangunan pembangkit listrik dengan energi nuklir mempunyai kendala yang sangat besar yaitu berupa trauma masyarakat terhadap senjata nuklir dan kecelakaan besar.

7. Pendapat Ahli yang Kontra PLTN.

(1) M.S.A Sastroamijaya menggambarkan pilihan energi berjalur lunak yaitu energi matahari dan berjalur keras yaitu energi nuklir. Teknologi jalur lunak adalah karena ditopang oleh matahari, angin, air dan limbah hutan. Teknologi lunak bisa lebih murah dari pada minyak dan gas bumi, akan tetapi jauh lebih murah dari pada sarana lain untuk menggantikan minyak dan gas bumi. Teknologi ini juga memerlukan biaya yang rendah sehingga bisa berarti penghematan bagi konsumen.

Teknologi jalur keras seperti nuklir memerlukan biaya yang amat besar dan sulit ditaksir karena adanya perubahan bangunan PLTN dari yang direncanakan.³⁸

³⁸ M.S.A. Sastroamijaya, Petunjuk Bagi Si Bingung : Energi Nuklir atau Energi Matahari. Seminar Ilmu dan Teknologi: Harapan dan Keprihatinan, UKSW, Salatiga, Oktober 22-25. Tahun 1986.

(2) Jim Falk menyatakan bahwa kecenderungan sejarah : Alasan pembangunan PLTN didasarkan pada pertumbuhan kebutuhan energi. Asumsinya terlalu optimis bahwa masalah krisis energi yang kemudian pemecahanannya melalui pembangunan reaktor nuklir dan adanya asumsi yang tersamar dalam pernyataan tentang ekonomi daya nuklir; usulan energi sering bertumpu pada penilaian teknologi yang usang.³⁹

(3) Christianto Wibisono, menyatakan bahwa jika menyangkut kepentingan proyek bernilai milyaran rupiah maka akan terjadi masalah politik yang tidak begitu jelas mana kepentingan perorangan dan maka kepentingan umum atau masyarakat yang harus dipertahankan. Hal tersebut banyak disebabkan oleh kondisi politik yang dipenuhi oleh nepotisme dan despotisme, sementara itu sistem yang mementingkan perkembangan kekuasaan, monitoring, pengawasan terhadap kekuasaan belum begitu kuat.⁴⁰

(4) Nengah Sudja menyatakan : "Walaupun menggunakan anggaran publik melalui APBN, laporan studi PLTN tidak dibuka kepada publik... Pemerintah patut membuka ruang publik agar kita dapat berpikir terbuka terhadap anak bangsa melakukan kajian bersama. Sekaligus mempraktekkan demokrasi proyek terkait dengan kepentingan publik"⁴¹

³⁹ Laksono dkk. *Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan*, Yayasan Obor, Jakarta 1995. Hal. 50-52.

⁴⁰ Christianto Wibisono, *Bisnis Nuklir dan Politik Nuklir*, Yang dibawakan di TIM, dalam rangka peringatan Lima Tahun Bencana *Chernobyl* : 26 April 1991.

⁴¹ *Harian Kompas* 17 Juni 2007.

(5) Liek Wilardjo menyatakan bahwa go nuclear, kita bagaikan Faust yang menjual jiwa⁴²

Terlihat bahwa alasan-alasan yang digunakan untuk menolak PLTN adalah rasional. Alasan penolakan dapat diklasifikasikan menjadi alasan dilihat dari segi teknis, ekonomi dan politik. Pendapat ahli ini sangat berpengaruh karena argumennya yang kuat, dikemukakan dengan bahasa yang baik, dan berkaitan dengan kondisi di Indonesia saat ini. Pendapat para ahli ini merupakan kendala terhadap pembangunan PLTN yang harus diperhatikan.

8. Pandangan LSM

Pada tahun 1991 para pemerhati lingkungan⁴³ mendirikan : Badan Koordinasi Anti Nuklir (BKAN); Sekretaris Kerjasama Untuk Informasi Anti Nuklir (SEKIAN); Masyarakat Anti Nuklir Indonesia (MANI).

Diskusi program PLTN di Indonesia⁴⁴ tidak terbatas pada persoalan teknologi semata, tetapi berkaitan erat pula dengan isu-isu kehidupan bangsa ini. Pendapat orang terhadap program pembangunan PLTN di Indonesia sangat beragam sebagai berikut : Orang melihat perlunya pembangunan PLTN dari kebutuhan energi, tetapi sekaligus juga melihat persoalan ekologi yang menyangkut penanganan limbah radioaktifnya; Orang melihat implementasi program itu dan membicarakan persoalan ekonomi pembangunan yang menyangkut ekonomi nasional; Orang

⁴² Harian Kompas 17 Juni 2007.

⁴³ Laksono dkk. Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. 19.

⁴⁴ Ibit, Hal. 21.

melihat keresahan masyarakat calon lokasi proyek yang berada dalam wilayah STSK program pembangunan PLTN.

LSM memandang masih banyak persoalan PLTN yang hingga kini belum terjawab dengan jelas. Masalah dana pembangunan, pengoperasian dan penutupan yang akan membengkak samar-samar akan diselesaikan dengan cara BOT. Cara ini dipandang tidak menguntungkan Indonesia karena pada saat PLTN diserahkan Indonesia diperkirakan tinggal menanggung masa-masa rewel reaktor yang akan sangat mahal ongkosnya.

Pada sisi lain mereka melihat dengan dibangunnya PLTN, masyarakat harus membayar "harga termahal" untuk disiplin ketat, kewaspadaan yang terus menerus, kontrol sosial yang ketat atas birokrat-birokrat kita, kecelakaan yang tak terkuasai bakal "*memangsa*" masyarakat sampai beberapa generasi.

LSM dan para pemerhati lingkungan mengungkapkan bahwa program masyarakat PLTN lebih menekankan informasi tentang manfaat pembangunan PLTN dan kurang menyajikan informasi mengenai bahaya dan resiko-resikonya.⁴⁵

Greenpeace di Australia dengan mengambil kasus hamburan radioaktif di *Chernobyl* yang menyebar sejauh 4000 km, mereka memperkirakan debu radioaktif akan sampai ke Darwin yang berjarak 2070 km. Maka *Greenpeace* menyampaikan proses kepada Pemerintah

⁴⁵ M.N. Usman, "*HARGA TERMAHAL UNTUK PLTN MURIA*" Suara Merdeka, 22 Desember 1990.

Australia untuk membatalkan perundingan kerjasama dalam teknologi nuklir dengan Pemerintah Indonesia.⁴⁶

Pada tahun 2007 karena adanya rencana pembangunan PLTN sebelum tahun 2010 terjadilah demo akbar menolak PLTN, demo akbar ini dihadiri oleh : *Greenpeace* Asia Tenggara, LSM Marem, Wahana Lingkungan Hidup Jawa Tengah, *Institute for Essential Services Reform/ESR*

Mereka menyatakan bahwa untuk membangun PLTN butuh biaya yang amat besar dan resiko sangat tinggi. Kita belum mampu menyediakan bahan baku dan belum mampu menguasai teknologi nuklir.⁴⁷

Terlihat bahwa alasan-alasan LSM untuk menolak PLTN dikaitkan dengan : Biaya yang sangat besar; Resiko yang sangat tinggi; Penguasaan teknologi nuklir Indonesia yang sangat rendah; Kedisiplinan.

Ke empat alasan tersebut sesuai dengan kondisi Indonesia saat ini, sehingga penolakan LSM terhadap PLTN mendapat sambutan dari masyarakat yang sangat besar dan pada akhirnya menjadi kendala terhadap pembangunan PLTN.

8. Perhatian Media Massa Terhadap Nuklir

Dalam kehidupan modern media massa mempunyai peran yang sangat penting yaitu membentuk opini masyarakat. Sampai saat ini berita dalam media massa tentang nuklir sebagian besar didominasi pihak yang menolak nuklir seperti ditunjukkan dalam :

⁴⁶ Laksono dkk. Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. 88.

⁴⁷ *Harian Kompas*, 7 Juni 2007.

(1) Unjuk rasa menolak PLTN.

Terdiri dari gabungan masyarakat umum, aktivis *greenpeace*, LSM, budayawan dan seniman⁴⁸. Pada Selasa, 6 Juni 2007 mereka menggelar demo untuk menolak PLTN karena : Butuh biaya awal yang sangat besar dan resiko yang sangat tinggi. Biaya yang sangat besar dihadapkan dengan kondisi perekonomian Indonesia di saat ini menyebabkan tidak dapatnya disetujui pembiayaan untuk pembangunan dan pengoperasian PLTN; Kita (Indonesia) belum mampu menyediakan bahan baku sehingga akan terjadi ketergantungan pada negara maju sebagai pemasok bahan bakar nuklir. Ketergantungan ini dapat menyebabkan terjadinya ketergantungan ekonomi, teknologi dan bahkan politik; Kita belum mampu menguasai teknologi nuklir, konsekuensinya bila tetap akan mangoperasikan PLTN ketergantungan teknologi pasti akan terjadi; Pemanfaatan nuklir butuh kewaspadaan, ketelitian, dan yang pengamanan ekstra tinggi sebagaimana kecelakaan reaktor *Tree Mile Island (TMI)* disebabkan oleh keteledoran (ketidak disiplin). Justru orang Indonesia sendiri menyangsikan kedisiplinan orang-orang Indonesia. Hal ini sangat menakutkan bagi masyarakat kalau sampai terjadi kecelakaan nuklir akibat keteledoran manusianya dan kualitas SDM Indonesia masih dibawah rata-rata penduduk negara maju.

⁴⁸ Harian Kompas, Rabu 7 Juni 2007.

- (2) Ahli (peneliti energi = Nengah Sudja) mengajak perlunya dialog di ruang publik untuk mencegah kebuntuan diskusi, ilmu pengetahuan, filsafat dan moral⁴⁹. Menurutnya Pembangunan PLTN terkait dengan: Teknologi; Ekonomi/Keuangan; Sosial, politik, dan budaya; Rencana pembangunan PLTN harus mengacu pada tiga pilar, yaitu : Keterbukaan/transparansi; Akuntabel; Melibatkan partisipasi publik. Ketiga pilar tersebut untuk memperoleh : Tegaknya kepentingan publik; Kesepakatan; Keadilan; Tanggapan masyarakat; Kepastian dan ketaatan hukum.
- (3) Ahli (peminat isu energi dan lingkungan = Febi Tumena) mengatakan “Go Nuclear” ibarat menandatangani kontrak Faust⁵⁰. Berdasarkan kontrak itu kita akan memperoleh tenaga listrik yang dihasilkan fisi inti-inti fissile, seperti U235. Sebaliknya, kita harus terus menerus menjaga dengan disiplin ketat agar PLTN tetap aman dari kecelakaan, bencana alam dan terorisme, dengan “Go Nuclear” kita bagaikan menjual jiwa. Mereka menginginkan : Pembangunan analisis risiko; Adanya dengar pendapat dan masukan dari para ahli, dan; Penyampaian informasi serta; Konsultasi publik.
- (4) Masyarakat anti nuklir Indonesia (MANI) menyatakan jangan heran bila “bencana nuklir” akan menjadi kosa kata yang akrab di kemudian hari⁵¹. Mereka menginginkan : Kepentingan publik dilindungi Undang-undang; Setiap kegiatan yang menyangkut bahan

⁴⁹ Harian Kompas, 17 Juli 2007.

⁵⁰ Harian Kompas, 17 Juli 2007.

⁵¹ Harian Kompas, 17 Juli 2007.

fisi dan radioisotop adalah terlarang, kecuali yang telah diijinkan oleh peraturan perundang-undangan; Kesiapan dan keadaan darurat nuklir harus ditanamkan sejak dini; Kesiapan keadaan darurat harus diatur dalam legislasi.

Kondisi seperti ini merupakan sinyal berbahaya yang menjadi kendala dalam upaya pemanfaatan nuklir untuk energi karena : Pesimisme terhadap kemampuan Indonesia untuk PLTN dilihat dari ekonomi, teknologi, dan politik serta permintaan yang sangat sulit untuk dipenuhi dalam pemanfaatan PLTN seperti : Penguasaan teknologi nuklir; Kebutuhan kedisiplinan yang tinggi pada pemanfaatan nuklir; Investasi yang sangat mahal; Pemanfaatan teknologi nuklir yang melibatkan partisipasi publik.

C. DAMPAK PEMANFATAAN NUKLIR PADA KETAHANAN NASIONAL

1. Kerawanan Sosial

Investasi awal untuk PLTN sangat besar. Menurut BATAN biaya investasi (Investasi Cost) adalah 1800 US\$/kW(e), berarti bila dibangkitkan 4000 MW(e) diperkirakan dibutuhkan biaya US\$7,2.10⁹. Sedangkan menurut IAEA investasi awal untuk PLTN IMW(e) adalah sekitar 2 billion US.⁵²

⁵² Seminar on Policy Issues for Decision Maker, IAEA Vienna, hal. 58.

Biaya ini belum termasuk STSK PLTN, yang di Indonesia dilakukan oleh NEW JEC inc. Dengan biaya keseluruhan berjumlah 1,5 Milyar Yen (sekitar Rp. 214, 5 Milyar)⁵³

Peralatan reaktor nuklir bila di impor dari negara maju, maka yang terjadi adalah mengalirnya devisa negara ke negara-negara maju. Di lain pihak, reaktor nuklir yang diekspor adalah jenis reaktor yang sudah lama, sehingga terkesan bahwa relokasi industri nuklir hanya merupakan sebagian dari strategi untuk penggantian peralatan reaktor nuklir di negara maju.

Pada saat ini di Indonesia juga belum sepenuhnya menguasai teknologi nuklir sehingga nantinya bila benar-benar mengimpor reaktor nuklir dari negara maju pasti juga dengan tenaga kerjanya khususnya yang berkaitan dengan teknologi nuklir yang belum dikuasai di Indonesia. Mengingat bahwa tenaga ahli asing gajinya sangat besar maka dengan sendirinya akan menambah besarnya biaya pembangunan dan pengoperasian PLTN.

Dapat dibayangkan besarnya biaya tersebut sehingga sulit untuk disetujui pemerintah. Harus diakui bahwa kalau sampai disetujui akan terjadi protes yang besar dari masyarakat. Dalam kenyataannya memang biaya investasi ini merupakan kendala yang sampai saat ini belum teratasi. Bila diselesaikan dengan cara Build Operate Transfer (BOT). Cara BOT⁵⁴ tidak menguntungkan Indonesia karena pada saat PLTN

⁵³ Laksono dkk. Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. 85.

⁵⁴ Laksono dkk. *Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan*, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. 51-52.

diserahkan Indonesia diperkirakan tinggal menanggung masa rewel reaktor yang akan menyebabkan biaya operasinya sangat mahal.

Cara BOT akan menyebabkan terjadinya aliran devisa ke negara-negara maju yang menyebabkan kerugian besar pada Indonesia, dan sebaliknya aliran masuknya investasi yang bersifat masif ke dunia ke tiga demi melayani kepentingan negara-negara maju, juga menimbulkan ketergantungan pada teknologi dengan berbagai implikasinya⁵⁵.

Pembangunan PLTN mengakibatkan terjadinya ketakutan pada masyarakat terhadap kemungkinan penggusuran⁵⁶. Penggusuran tidak jadi masalah bila ganti ruginya sesuai dengan harga pasar, tetapi bila ganti ruginya terlalu rendah akan menyebabkan terjadinya keresahan pada masyarakat. Disamping itu keresahan masyarakat juga diakibatkan kerana setelah digusur perlu adaptasi pada lingkungan baru. Adaptasi ini juga menyangkut masalah kehidupannya, apalagi masyarakat sekitar calon tapak pendidikannya relatif rendah sehingga ketergantungan pada alam sangat besar.

Dilain pihak dapat diperkirakan bahwa bila benar dibangun dan dioperasikan PLTN maka lingkungan sekitarnya juga dibangun fasilitas-fasilitas yang memadai. Kondisi ini akan menstimulan terjadinya perpindahan penduduk ke lokasi PLTN (urbanisasi). Perpindahan penduduk ini pada giliran selanjutnya juga akan menimbulkan permasalahan-permasalahan perkotaan seperti yang terjadi di kota besar, yaitu : Masalah perumahan; Kemiskinan sebagian masyarakat yang tidak

⁵⁵ Ibid, Hal. XV.

⁵⁶ Ibid. Hal. 98-102.

mempunyai keahlian khusus; Pengangguran bagi masyarakat yang tidak mempunyai skill dan pendidikannya rendah; Terjadinya peningkatan kesenjangan antara penduduk yang kaya dan penduduk yang miskin sebagaimana problema yang terjadi di perkotaan.

Jadi permasalahan yang diakibatkan dari pembangunan dan pengoperasian PLTN meliputi masalah yang asalnya dari investasi yang besar dan berubah menjadi mengalirnya devisa negara ke negara maju serta terjadinya problema kemiskinan masyarakat perkotaan, kemiskinan masyarakat pinggiran, dan akhirnya akan di ikuti dengan problema kerawanan sosial dalam masyarakat yang dapat mengganggu keamanan.

2. Politik

Masyarakat khususnya aktivis lingkungan hidup menginginkan kegiatan yang di lakukan manusia tidak menimbulkan terjadinya dampak negatif yang besar terhadap lingkungan. Tuntutan ini berlaku pula untuk rencana pembangunan dan pengoperasian PLTN yang di dalamnya mengandung radiasi yang sangat membahayakan manusia dan lingkungan.

Mereka menuntut dilakukannya studi AMDAL untuk mengkaji dampak lingkungan pada operasi normal. Selain itu mereka juga menuntut diadakannya pengambilan keputusan pembangunan dan pengoperasian PLTN mengikutsertakan masyarakat. Hal ini dengan yang diberitakan media massa, maka secara politik harus adanya konsultasi publik untuk pemanfaatan nuklir sebagai sumber energi (PLTN).

Permintaan ini memang sesuai dengan prinsip negara hukum demokrasi, tetapi bila dilaksanakan hampir pasti tidak diperoleh kesepakatan pemanfaatan nuklir untuk PLTN.

Pada saat ini belum dapat diperoleh kesepakatan publik untuk pembangunan dan pengoperasian PLTN, sehingga bila dipaksakan akan menimbulkan penolakan masyarakat yang sangat besar serta pada giliran selanjutnya terjadi gangguan keamanan yang serius.

Tidak dapatnya diperoleh kesepakatan publik karena : Bahasa antara pihak yang pro dan kontra berbeda; Pihak yang pro menyatakan bahwa teknologi berdampak positif terhadap kehidupan manusia⁵⁷, dampak negatif yang berasal dari pemanfaatan teknologi pasti akan dapat diselesaikan dengan teknologi pula. Menurut mereka kondisi ini justru akan dapat memacu kemajuan teknologi karena di pacu oleh keadaan yaitu tuntutan untuk menyelesaikan persoalan yang dihadapi manusia dan tuntutan untuk menyelesaikan dampak negatif dari teknologi; Pihak yang kontra mengatakan bahwa teknologi seringkali harus dibayar dengan harga yang sangat mahal, berupa masalah-masalah sosial yang ditimbulkannya⁵⁸ seperti : Degradasi lingkungan, sebagai contoh : (i) Pemanfaatan obat anti nyamuk yang di lakukan di Amerika Serikat ternyata menimbulkan masalah yang justru lebih berat dari masalah semula yaitu terakumulasinya arsen dalam tubuh makhluk hidup dan

⁵⁷ Sudarminto, *Dampak Teknologi bagi Kehidupan Manusia*, dalam Dirkursus, Jurnal Filsafat dan Teologi-Sekolah Tinggi Filsafat Driyarkara, Vol 3 No. 1 April 2004, Hal. 19

⁵⁸ Nasikun, *Kata Pengantar Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia, Sebuah Perbincangan*, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. XIV.

tumbuhan⁵⁹. (ii) Pemanfaatan *Cloroflourocarbon (CFC)* yang merupakan zat kimia yang ideal yaitu tidak berbau, tidak berwarna dan mempunyai kestabilan kimia yang tinggi. Kondisi ini justru menyebabkan permasalahan bila CFC sampai terlepas ke udara bebas. CFC akan bergerak ke atas sampai lapisan ionosfer disitu terkena radiasi alam akan menyebabkan kerusakan pada lapisan ozon⁶⁰. (iii) Demikian pula pemanfaatan energi nuklir untuk pembangkitan energi listrik. Bahan bakar nuklir bila sudah di pakai akan menjadi bahan bakar bekas yang mengandung plutonium. Plutonium harganya lebih mahal dari bahan bakar baru, sehingga pemanfaatan nuklir sering di ibaratkan sebagai orang yang mengendarai mobil pada saat berangkat bahan bakarnya sudah hampir habis, tetapi setelah sampai ke tujuan ternyata bahan bakarnya justru makin penuh. Kondisi ini menguntungkan dalam pemanfaatan nuklir tetapi justru kandungan energi plutonium pada bahan bakar bekas merupakan bahan dasar untuk pembuatan senjata nuklir yang sangat menakutkan bagi manusia⁶¹; Ketergantungan pada negara-negara maju. Ketergantungan ini dapat berwujud sebagai ketergantungan ekonomi, teknologi dan politik⁶²; Manipulasi umat manusia oleh sesamanya sebenarnya sudah terjadi sejak jaman dahulu hanya pada jaman modern ini manipulasinya menjadi semakin hebat karena bantuan

⁵⁹ Carson, Rachel, *Musim Semi Yang Bisu*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta 1990, Hal. 92-116.

⁶⁰ Sudarminto, *Dampak Teknologi bagi Kehidupan Manusia*, dalam Dirkursus, Jurnal Filsafat dan Teologi-Sekolah Tinggi Filsafat Driyarkara, Vol 3 No. 1 April 2004, Hal. 23

⁶¹ Glasstne S. and Dolon Philip J, *The Effects of Nuclear Weapon*, Departement of the Army Pamphlet, Wasington DC. March 1977. Hal. 1-25

⁶² Nasikun, *Kata Pengantar Rencana Pembangunan PLTN di Indonesia*, Sebuah Perbincangan, Yayasan Obor, Jakarta 1995, Hal. XV

teknologi modern⁶³. (2) Indonesia sendiri masih belum mampu menguasai teknologi nuklir sepenuhnya, walaupun sudah mempunyai pengalaman untuk mengoperasikan reaktor penelitian. Tetapi perlu di catat bahwa reaktor tersebut di impor dari negara maju. Kita hanya mengoperasikan saja bahkan bahan bakarnya di datangkan dari AS dan bahan bakar bekasnya di ekspor kembali ke AS. Kondisi ini menyebabkan kita sangat tergantung pada negara maju dan sulit untuk menguasai teknologi karena tidak boleh melakukan pengayakan uranium dan pemrosesan bahan bakar bekas⁶⁴. (3) Faktor sejarah munculnya teknologi nuklir yang sampai saat ini masih menimbulkan trauma yang sangat besar pada masyarakat. (4) Kemungkinan terjadinya kecelakaan besar seperti kecelakaan *Chernobyl* yang penyebaran zat radioaktifnya sampai melewati batas wilayah negara lain⁶⁵. (5) Tuntutan kesiapsiagaan terhadap bahaya nuklir pada masyarakat⁶⁶ menyebabkan harus diadakannya suatu program yang biayanya sangat besar dan sulit dilaksanakan karena membutuhkan sarana dan prasarana yang menggunakan teknologi modern untuk merunut adanya peningkatan radioaktifitas lingkungan secara terus menerus. Di samping itu juga membutuhkan SDM yang rata-rata pendidikannya sudah tinggi.

⁶³ Ibit, Hal. XV

⁶⁴ Persetujuan Kerjasama antara Pemerintah Republik Indonesia dengan Pemerintah Amerika Serikat tentang Penggunaan Atom Untuk Maksud-Maksud Damai.

⁶⁵ Komisi Dunia untuk Lingkungan Hidup dan Pembangunan, Hari Depan Kita Bersama, PT. Gramedia, Jakarta 1998, Hal. 252

⁶⁶ Ibit, Hal 257

3. Pelepasan Radiasi dalam Instalasi

Contoh kecelakaan terbesar yang tidak sampai melepaskan radiasi ke lingkungan adalah kecelakaan reaktor nuklir *Three Mile Island (TMI)* di Amerika Serikat.

Dalam kecelakaan tersebut dari 300.000 pon sampah nuklir yang dapat disingkirkan selama 8 (delapan) tahun. Sedangkan biaya untuk pembersihan mencapai jutaan dollar. Bencana *Three Mile Island* menjadi sebuah bencana finansial.

Dapat dibayangkan bila kecelakaan tersebut terjadi di Indonesia yang : Sarana prasarana dikontaminasi belum lengkap dan Penguasaan teknologi dari SDM-nya juga belum tinggi, maka dekontaminasi dan pemulihan lingkungan dapat menghancurkan perekonomian negara.

Kondisi ini menyebabkan keharusan adanya kesiapan dan keadaan darurat. Kesiapan keadaan darurat masyarakat semakin menambah kesulitan rencana pembangunan dan pengoperasian PLTN.

4. Pelepasan Radiasi di Luar Instalasi

Contoh kecelakaan terbesar yang melepaskan zat radioaktif ke lingkungan dan bahkan sampai melintasi batas wilayah negara adalah kecelakaan reaktor *Chernobyl*. Kecelakaan ini merupakan suatu kecelakaan reaktor dengan menggunakan pendingin grafit. Grafit mempunyai sifat menyerap panas yang baik pada suhu rendah tetapi bila suhu bahan bakar sudah sangat tinggi justru menyebabkan grafit menjadi sangat panas dan mengeluarkan panas sehingga menimbulkan kebakaran. Sifat grafit pada suhu yang sangat tinggi justru melepaskan

panas tidak diketahui sebelumnya. Hal ini dapat menjadi pelajaran untuk selalu berhati-hati dalam menggunakan teknologi baru karena sangat mungkin bahwa pemanfaatan teknologi baru menimbulkan resiko yang besar.

Sebagaimana diperlihatkan di kajian teori, akibat kecelakaan *Chernobyl* sangat mengerikan. Pada kecelakaan tersebut terjadi bencana kemanusiaan dan bencana finansial yang sangat besar serta dalam jangka waktu yang lama. Hampir dapat dipastikan bila kecelakaan yang sedahsat kecelakaan reaktor *Chernobyl* terjadi di Indonesia, maka dipastikan Indonesia tidak mampu mengatasinya sendiri tanpa bantuan internasional.

Kecelakaan reaktor *Chernobyl* berbeda dengan bencana alam seperti tsunami di Aceh. Bencana besar yang ditimbulkan oleh alam tidak menimbulkan protes pada masyarakat, tetapi bencana besar yang disebabkan oleh kegiatan manusia tidak dapat diterima masyarakat. Dapat diperkirakan bahwa kalau terjadi kecelakaan nuklir seperti *Chernobyl* di Indonesia akan menyebabkan kehancuran perekonomian yang diikuti dengan gangguan keamanan.

Kecelakaan *Chernobyl* secara nyata mengubah pandangan terhadap nuklir pada berbagai negara. Ada yang mem "*phase-out*" atau bebas nuklir sebagai akibat ketakutan terjadinya kembali kecelakaan nuklir sebagaimana terjadi pada reaktor nuklir *Chernobyl*; Ada yang meneliti kembali keselamatan nuklir, mereka masih berpengharapan dapat memanfaatkan nuklir dengan aman bila sistem keselamatannya

ditingkatkan sampai pada kondisi kecelakaan terparah tidak terjadi pelepasan zat radioaktif ke lingkungan. Hal ini mengakibatkan tuntutan adanya sungkup reaktor yang sangat kuat dan mampu mengungkung zat radioaktif dalam sungkup reaktor. Tentu saja tuntutan ini menyebabkan makin mahalnya investasi awal untuk pembangunan dan pengoperasian PLTN; Ada yang membentuk Masyarakat Anti Nuklir yang selalu menghalang-halangi pemanfaat teknologi nuklir. Mereka sangat takut akan terjadinya malapetaka yang sangat besar sebagai mana terjadi pada reaktor nuklir di *Chernobyl*.

Di Indonesia juga telah terbentuk Masyarakat Anti Nuklir (MANI) yang selalu menghalangi semua usaha pembangunan dan pengoperasian PLTN. Dapat dipastikan keinginan menggunakan nuklir untuk energi akan selalu menumbuhkan penolakan masyarakat khususnya MANI.