

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. KETAHANAN NASIONAL

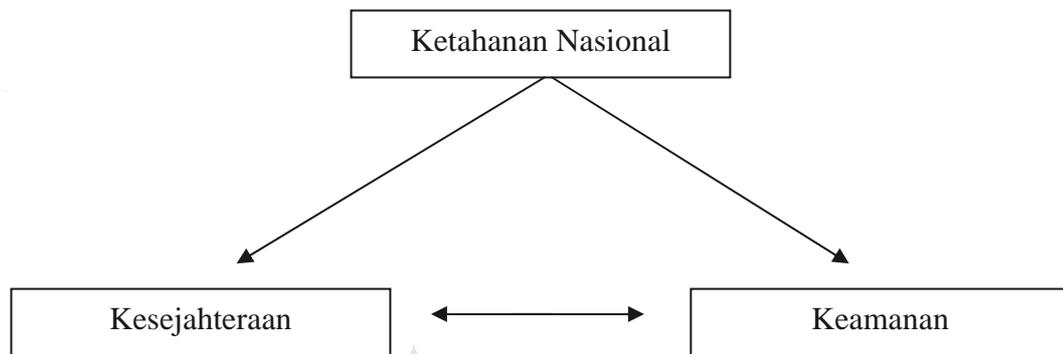
Ketahanan nasional menurut Wan Usman² adalah aspek dinamis suatu bangsa, meliputi semua aspek kehidupan untuk tetap jaya ditengah keteraturan dan perubahan yang selalu ada. Konsep ketahanan nasional suatu bangsa di latar belakang oleh : Kekuatan apa yang ada pada suatu bangsa dan negara sehingga ia mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya ; Kekuatan apa yang harus dimiliki oleh suatu bangsa dan Negara sehingga ia selalu mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya, meskipun mengalami berbagai gangguan, hambatan dan ancaman baik dari dalam maupun dari luar ; Ketahanan suatu bangsa untuk tetap jaya, mendukung makna keteraturan dan stabilitas, yang di dalamnya terkandung potensi untuk terjadinya perubahan.

Menurut Wan Usman³ pula, apabila kita berbicara tentang ketahanan nasional berarti kita berbicara tentang kesejahteraan dan pertahanan dan keamanan negara dan bangsa.

² Wan Usman 2003. *Daya Tahan Bangsa Program Studi Pengkajian Ketahanan Nasional*. Universitas Indonesia, Jakarta, hal. 4-5

³ Wan Usman, *Ketahanan Nasional dan Intelijen, Makalah Seminar. Program Pengkajian Ketahanan Nasional*. Hal. 1

Gambar II.1. Ketahanan Nasional



Menurut Soewarso Hardjosoedarmo,⁴ ketahanan nasional adalah kondisi totalitas aspek-aspek kehidupan bangsa berdasarkan wawasan nasionalnya guna mewujudkan daya kebal, daya tangkal dan daya gempur untuk dapat mengadakan interaksi dengan lingkungan pada suatu waktu sedemikian rupa, sehingga dapat menjamin kelangsungan hidup dan perkembangan kehidupan bangsa tersebut sesuai dengan tujuan yang digariskan.

Menurut Departemen Pertahanan⁵ ketahanan nasional mengupayakan keuletan, ketangguhan dan kemampuan bangsa dan negara dengan membangun sistem yang komprehensif, sistematis dan integral. Seluruh kehidupan bangsa negara ditata dalam sebuah sistem nasional, yang merupakan satu rangkaian sistem empat fungsi pokok penyelenggaraan kehidupan bermasyarakat, berbangsa dan bernegara yaitu sistem politik, sistem ekonomi, sistem sosial budaya dan sistem pertahanan keamanan yang saling terkait.

⁴ Soewarso Hardjosoedarmo, *Suatu gagasan tentang model ketahanan nasional dan upaya pengukuhanannya*, hal, 92.

⁵ Wahyono, *Kebijakan Nasional untuk mewujudkan konsepsi wawasan nusantara dan "ketahanan nasional"*, hal 119.

Menurut rumusan GBHN 1993⁶, ketahanan nasional adalah kondisi dinamis yang merupakan integrasi dari kondisi tiap aspek kehidupan bangsa dan negara. Pada hakekatnya ketahanan nasional adalah kemampuan dan ketangguhan suatu bangsa untuk dapat menjamin kelangsungan hidupnya menuju kejayaan bangsa dan negara. Berhasilnya pembangunan nasional akan meningkatkan ketahanan nasional. Selanjutnya ketahanan nasional yang tangguh akan lebih mendorong pembangunan nasional.

Menurut RM. Sunardi⁷, ketahanan nasional adalah kondisi dinamis suatu bangsa meliputi seluruh aspek kehidupan nasional yang terintegrasi, berisi keuletan dan ketangguhan, yang mengandung kemampuan mengembangkan kekuatan nasional, dalam menghadapi dan mengatasi segala tantangan, ancaman, hambatan serta gangguan baik yang datang dari luar maupun dari dalam, yang langsung maupun tidak langsung membahayakan integritas, identitas, kelangsungan hidup bangsa dan negara serta perjuangan mengejar tujuan nasional.

Sebagai doktrin ketahanan nasional adalah cara terbaik yang ada, guna mengimplementasikan pendekatan kesejahteraan dan keamanan secara luas dan mendalam diyakini kebenarannya oleh bangsa Indonesia dan diajarkan serta disebarluaskan untuk dijadikan pedoman dalam memenuhi tuntutan perkembangan lingkungan demi kelangsungan hidup dan perkembangan kehidupan bangsa.

⁶ FM Parapat, *Fungsi Sospol/Territorial dan Intelejen ABRI dalam Rangka Meningkatkan Ketahanan Nasional*, hal 289.

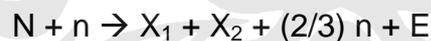
⁷ RM Sunardi, *Pembinaan Ketahanan Bangsa*, Jakarta, Kuaternita Adidarma, hal. 6.

Sebagai metode ketahanan nasional berwujud sebagai kesatuan fungsional daripada aspek-aspek fisik dan aspek-aspek abstrak guna memecahkan permasalahan-permasalahan nasional demi kelangsungan hidup dan perkembangan kehidupan bangsa Indonesia.

B. PUSAT LISTRIK TENAGA NUKLIR (PLTN)

Nuklir adalah inti atom. Energi nuklir adalah energi yang asal energinya dari perubahan inti atom. Energi nuklir yang banyak digunakan adalah energi nuklir yang berasal dari inti atom yang mengalami perpecahan (*reaksi fisi*). Reaksi nuklir menghasilkan radiasi dan energi. Dalam penelitian ini yang diteliti hanya yang berkaitan dengan energi nuklir.

Reaktor nuklir⁸ adalah tempat terjadinya reaksi inti, khususnya reaksi fisi. Reaksi fisi adalah suatu reaksi pembelahan, yang disebabkan oleh neutron yang secara umum dapat ditulis sebagai :



Beberapa hal yang patut dicatat dalam tipe reaksi tersebut adalah:

(1) X disebut inti bahan fisil (*fisile material*) yang secara populer disebut bahan bakar, karena dalam reaksi ini dibebaskan jumlah energi. Hanya beberapa inti dapat bereaksi fisil yaitu ²³⁸U, ²³⁵U, ²³³U, dan ²³⁹Pu dimana kedua unsur terakhir merupakan unsur buatan manusia karena tidak terdapat didalam sebagai hasil dari reaksi inti-inti ²³⁸Th, dan ²³⁸U dengan neutron.

⁸ Muhammad Ridwan, *Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*, BATAN Hal. 305-389

(2) Kebolehjadian suatu inti berfisi dinyatakan dengan σ_f (*fission microscopic cross section* = penampang fisi mikroskopis) dimana besaran tersebut bergantung dari energi neutron yang bereaksi dengan suatu inti tertentu. Sebagai contoh dapat disebutkan bahwa harga $\sigma_f^{235}\text{U}(E)$ besar pada energi rendah (termal) tetapi kecil pada energi tinggi. Sebaliknya $\sigma_f^{238}\text{U}(E) = 0$ pada energi rendah dan mempunyai harga yang relatif besar pada $E > 0.1$ Mev. Untuk ^{239}Pu dan ^{233}U mempunyai σ_f besar pada energi tinggi, karenanya digunakan sebagai bahan bakar pada reaktor cepat.

(3) Dari reaksi fisi dihasilkan dua inti baru sebagai hasil fisi, $X_1 + X_2$, yang berupa inti-inti yang tidak stabil. Untuk menjadi stabil inti-inti tersebut meluruh (*decay*) dengan mengeluarkan sinar-sinar maupun partikel, dan inti-inti tersebut radioaktif.

(4) Adapun neutron-neutron baru yang dihasilkan dari reaksi inti tersebut dapat melanjutkan reaksi fisi hingga mungkin terjadi reaksi berantai, dan pada keadaan tertentu bila tidak dikendalikan maka reaksi berantai tersebut dapat menjadi suatu ledakan. Neutron yang dihasilkan oleh fisi mempunyai energi yang tinggi ± 2 Mev. Tergantung dari jenis reaktornya, maka bila fisi diharapkan terjadi pada E_n rendah (energi termal 0,025 ev), maka neutron yang baru lahir tersebut harus diturunkan energinya dahulu dengan jalan hamburan-hamburan. Didalam reaktor neutron mempunyai kemungkinan-kemungkinan untuk : diserap tanpa menimbulkan fisi, diserap dan menimbulkan fisi, keluar (hilang dari sistem) dan hamburan. Jadi penurunan energi neutron berkompetisi dengan kemungkinan-

kemungkinan yang lain, dan untuk dapat menghitung masing-masing kemungkinan perlu diselidiki mekanisme reaksi masing-masing.

(5) Reaksi fisi mengeluarkan panas E, sebesar 200 Mev. Dengan menggunakan data konvensi satuan dan data fisika, dapat dihitung bahwa, bila semua inti-inti 1 gram Uranium melakukan fisi maka panas yang dihasilkan sama dengan pembakaran 1 ton batubara. Gambaran ini menunjukkan bahwa panas yang dikeluarkan dari reaksi inti sangat besar.

PLTN adalah pemanfaatan energi nuklir untuk membangkitkan energi listrik. Penggolongan PLTN didasarkan oleh sistem reaktor yang digunakan dalam PLTN tersebut. Beberapa jenis sistem reaktor yang telah terbukti baik jaminan keselamatannya antara lain sebagai berikut : *Boiling Water Reactor (BWR)*, *Pressurized Water Reactor (PWR)*, *Pressurized Heavy Water Reactor (PHWR)*, *High Thermal Gas Cooled Reactor (HTGR)* dan *Fast Breeder Reactor (FBR)*.

Sampai pada 3 Desember 1995 PLTN yang sudah beroperasi sebanyak 437 dan masih dalam konstruksi sebanyak 39. 437 PLTN yang beroperasi di 31 negara menyumbang 17% tenaga listrik.⁹

⁹ Publikasi IAEA, *Seminar on Policy Issue for Decision Maker*, hal. 5

Tabel II.1 Nuclear Power Reactors in Operation and Under Construction, 31 Dec. 1995.

Country	Reactors in Operation		Reactors under Construction		Nuclear Electricity Supplied in 1995		Total Operating Experience to 31 Dec. 1995	
	No of Units	Total MW(e)	No of Units	Total MW(e)	TW(e).h	% of Total	Years	Months
ARGENTINA	2	935	1	692	7.07	11.79	34	7
ARMENIA	1	376					28	4
BELGIUM	7	5631			39.20	55.52	135	7
BRAZIL	1	626	1	1245	2.50	0.97	13	9
BULGARIA	6	3538			17.26	46.43	83	1
CANADA	21	14907			92.31	17.26	348	9
CHINA	3	2167			12.38	1.24	8	5
CZECH R.	4	1648	2	1824	12.23	20.10	38	8
FINLAND	4	2310			18.13	29.91	67	4
FRANCE	56	58493	4	5810	358.60	76.14	878	10
GERMANY	20	22017			154.14*	29.09*	510	7
HUNGARY	4	1729			13.20	42.30	42	2
INDIA	10	1695	4	808	6.46	1.89	129	1
IRAN			2	2146				
JAPAN	51	39893	3	3757	286.90	36.10	704	5
KAZAKH.	1	70			0.08	0.13	22	6
KOREA RP	11	9120	5	3870	63.68	36.10	100	4
LITHNIA	2	2370			10.64	85.59	20	6
MEXICO	2	1308			8.44	6.00	7	11
NETHLNDS	2	504			3.70*	4.86*	49	9
PAKISTAN	1	125	1	300	0.46	0.88	24	3
ROMANIA			2	1300				
RUSSIA	29	19843	4	3375	99.38	11.79	526	6
S.AFRICA	2	1842			11.28	6.48	22	3
SLOVAK R	4	1632	4	1552	11.44	44.14	61	5
SLOVENIA	1	632			4.56	39.46	14	3
SPAIN	9	7124			53.10	34.06	147	2
SWEDEN	12	10002			66.70	46.61	219	2
SWITZRLD	5	3050			23.49	39.92	103	10
UK	35	12908			77.64*	24.69*	1063	4
UKRAINE	16	13629	5	4750	65.64	37.83	174	2
USA	109	98784	1	1165	673.40	22.49	2028	8
TOTAL	437	343792	39	32594	2227.94		7696	2

Note: The total includes the following data in Taiwan, China:
- 6 unit(s), 4890 MW(e) in operation; 33.93 TW(e).h of nuclear electricity generation, representing 28.79% of the total;
- 86 year(s) 1 month(s) of total operating experience.
Two reactors were shutdown: one in Canada (Bruce-2) and one in the Germany (Wuergassen).
This table shows only operating experience of countries which still have reactors in operation.
Values with asterisks are IAEA estimates.

Sumber : IAEA.

Kebanyakan PLTN yang beroperasi adalah reaktor air ringan. PLTN yang beroperasi adalah PWR 250 unit, BWR 93 unit, dan PHWR 33 unit.

C. PERAN DALAM MENDUKUNG KESEJAHTERAAN

Peran nuklir sebagai salah satu alternatif energi (listrik) merupakan salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi yang sekarang banyak dipakai yaitu minyak, gas, dan batubara. Sesuai dengan program diversifikasi, konservasi, dan intensifikasi maka pemanfaatan nuklir untuk mengurangi ketergantungan pada Migas harus memenuhi persyaratan tertentu, oleh karena itu menurut Wisnu Arya Wardhana¹⁰ pemanfaatan nuklir untuk meningkatkan kesejahteraan harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut : Pemanfaatan teknologi nuklir tidak dimaksudkan untuk menggantikan teknologi konvensional, akan tetapi bersifat melengkapi teknologi yang sudah ada sebelumnya sehingga menjadi lebih efektif dan efisien; Pemanfaatan teknologi nuklir secara teknoekonomi harus dapat bersaing dengan teknologi konvensional yang sudah ada; Pemanfaatan teknologi nuklir harus dapat memberikan nilai tambah atau penemuan baru yang tidak dapat diperoleh dengan teknologi konvensional ; Pemanfaatan teknologi nuklir harus dapat memberi keuntungan yang lebih tinggi dari pada kerugian atau risiko yang mungkin terjadi; Pemanfaatan teknologi nuklir harus dapat memberikan jaminan keselamatan terhadap manusia dan lingkungan hidup, sehingga kehadirannya benar-benar dapat dirasakan manfaatnya serta dapat meningkatkan kesejahteraan manusia.

¹⁰ Wisnu Arya Wardhana, *Radioekologi*, Penerbit Andi, Yogyakarta 1996. Hal. 92

D. KENDALA-KENDALA PEMANFAATAN NUKLIR

Sesuai dengan sifatnya yang beradiasi, maka pemanfaatan energi nuklir sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungannya. Sifat radiasi ini merupakan asal dari seluruh kendala-kendala dalam pemanfaatan nuklir.

Pada keadaan normal zat radioaktif yang berbahaya itu tidak boleh terlepas ke lingkungan. Hal ini berakibat perlunya perlakuan khusus yang dapat menyebabkan tingginya biaya pemanfaatan nuklir. Dilain pihak bila sistem keselamatan dilaksanakan sangat ketat maka pemanfaatan nuklir sebagai sumber energi listrik rawan terjadi pemadaman (*shut down*).

Nuklir untuk sumber daya energi ada kemungkinan terjadinya kecelakaan. Pada kecelakaan yang besar zat radioaktif tidak boleh terlepas ke lingkungan. Kondisi ini mengakibatkan reaktor nuklir harus mempunyai sungkup reaktor yang sangat kuat. Sungkup ini menyebabkan biaya awal (investasi awal) sangat tinggi.

Dilihat dari sejarah, nuklir muncul pertama sebagai senjata pemusnah massal yang berupa bom atom yang dijatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki. Akibat dari bom atom ini secara psikologis menimbulkan trauma pada masyarakat yang sampai saat ini belum hilang. Demikian pula kecelakaan yang besar pada reaktor nuklir di *Chernobyl* yang pengaruhnya sampai melintasi batas negara semakin menambah trauma masyarakat terhadap pemanfaatan nuklir.

E. PENGARUH PADA KEAMANAN

Pemanfaatan nuklir bila tidak memperhatikan kendala-kendalanya akan berakibat serius pada bidang keamanan. Proses terjadinya pengaruh

negatif (gangguan) pada keamanan adalah sebagai berikut : Ketakutan masyarakat terhadap pemanfaatan nuklir baik karena kebocoran radiasi, kemungkinan terjadinya kecelakaan, dan kemungkinan dijadikan senjata menyebabkan protes keras terhadap rencana pembangunan dan pengoperasian PLTN di Indonesia; Biaya investasi awal yang sangat besar merupakan sumber utama mengapa nuklir untuk sumber energi sampai saat ini belum dapat dibangun. Penggunaan dana yang sangat besar untuk investasi awal PLTN dihadapkan dengan kondisi ekonomi Indonesia saat ini menyebabkan nuklir sebagai sumber energi belum disetujui. Alokasi dana dapat dimanfaatkan untuk kepentingan lain yang prioritasnya lebih tinggi.

F. ESTIMASI PERAN NUKLIR MENGGANTI ENERGI MIGAS

Untuk dapat mengestimasi peran energi nuklir dalam mengganti (mensubstitusi) energi migas perlu diketahui : Jumlah energi migas yang digunakan untuk pembangkit energi listrik sekarang dan perkiraan dimasa mendatang; Studi kelayakan calon tapak PLTN mampu dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik sampai berapa besar.

Peran nuklir untuk menggantikan (substitusi) dapat diperkirakan

dengan :

Kemungkinan
besar energi
listrik PLTN.

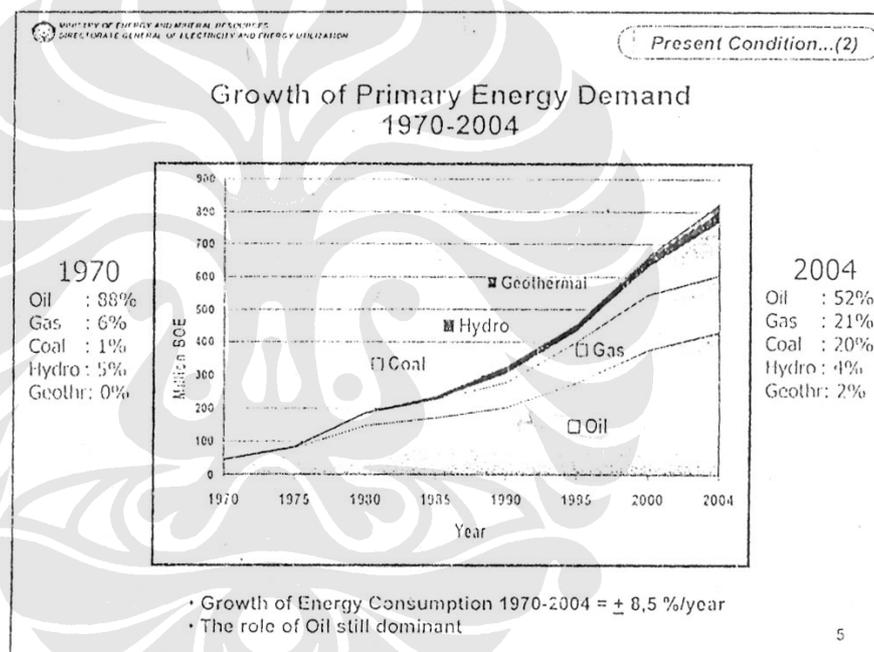
_____ X 100 % =

Pemanfaatan
energi minyak
dan gas.

Prosentase Peran
Energi Migas yang
dapat disubstitusi
oleh energi nuklir

Perkembangan permintaan energi primer dari tahun 1970 – tahun 2004. Pada tahun 1970 : minyak 88 %, gas 6 %, batubara 1 %, air 5 %, dan geothermal 0 %. Pada tahun 2004 telah terjadi penurunan prosentase pemanfaatan minyak dari 88 % tahun 1970 menjadi 52 % pada tahun 2004. Prosentase pemanfaatan energi primer pada tahun 2004 : minyak 52 %, gas 21 %, batubara 20 %, air 4 % dan geothermal 2 %.

Gambar II.2



Sumber : Dept. ESDM

Share konsumsi energi pada tahun 2004 untuk sektor industri 201.3 M BOE (38,5 %), sektor rumah tangga dan komersial 123.0 M BOE (23,5 %), dan sektor transportasi 198.9 M BOE.

Dewasa mendatang pada tahun 2025 ditargetkan energi mix sebagai berikut : (1) minyak 26,2 %, (2) gas 30,6 %, (3) batubara 32,7 %, (4) air 2,4 %, (5) geothermal 3,8 %, (6) minihidro 0,216 %, (7) biofuel 1,335 %, (8) nuklir 0,001 %.

(8) surya 0,20 %, (9) angin 0,028 %, (10) biomassa 0,766 %, dan (11) nuklir 1,993 %.

Studi Tapak dan studi kelayakan PLTN (STSK – PLTN) dilaksanakan oleh BATAN dibawah arahan Panitia Pengarahan Harian (PPH) – Panitia Teknis Energi (PTE) Deptamben berdasarkan Keputusan Sidang BAKOREN September 1989. STSK – PLTN dilaksanakan dari 22 November 1991 s/d 20 Maret 1996.

Dalam melaksanakan STSK – PLTN, BATAN dibantu oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA), dan telah menggalang kerja sama dengan instansi terkait seperti Dirjen Listrik dan Pengembangan Energi (DJLPE), Pusat Pengembangan Energi (PPE – PLN), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL), Direktorat Jenderal Sumber Daya Mineral (DGSDM – DEPTAMBEN), Badan Meteorologi Geofisika (BMG), Institut Teknologi Bandung (ITB), Universitas Indonesia (UI), Universitas Diponegoro (UNDIP), dan PEMDA TK. I Jawa Tengah serta PEMDA TK.II Jepara.

Konsultan pelaksana STSK – PLTN adalah *New Japan Engineering Consultant Inc. (NEWJEC)*, dengan dibantu kontraktor lokal yang tergabung dalam Konsorsium Muria.

Lingkup STSK – PLTN meliputi Studi Kelayakan Tekno – Ekonomi dan Studi Tapak : Studi Kelayakan Tekno Ekonomi mencakup aspek analisa pasar energi, ekonomi energi, pembiayaan, teknologi dan keselamatan, siklus bahan bakar dan pengelolaan limbah ; Studi Tapak

yang dimaksudkan untuk mengkaji kelayakan lokasi guna pembangunan PLTN, mencakup aspek : topografi, oceanografi, banjir pantai, tsunami, geologi, tektonik, seismologi, vulkanologi, geoteknik, meteorologi, demografi, tataguna lahan dan air, ekologi, sosial ekonomi dan man – induced – events ; Secara umum studi STSK – PLTN yang telah selesai pada tanggal 1 Maret 1996 menyimpulkan bahwa integrasi PLTN harus 600 – 900 MW (e) ke dalam jaringan terpadu Jawa – Bali pada abad 21 merupakan solusi optimal dibidang energi nuklir; Jenis PLTN yang memenuhi persyaratan keselamatan internasional, menggunakan teknologi modern, serta sudah mempertimbangkan human faktor engeneering menjamin kemudahan dan kehandalan operasi, serta mempunyai kinerja yang baik adalah PWR, BWR, dan PHWR; Tapak Ujung Lemahabang seluas 5 – 6 km² yang terletak di Pantai Utara Semenanjung Muria secara tekno ekonomi layak untuk pembangunan PLTN sampai dengan kapasitas 7000 MW (e); Terlihat bahwa rencana pembangunan PLTN pada tahun 2025 sebesar 4000 MW (e) masih dibawah kemampuan lokasi yakni 7000 MW (e).

Jadi dapat diperkirakan Peran Energi Migas yang dapat disubstitusi oleh energi nuklir menurut perencanaan dan menurut potensinya.

Menurut perencanaan diperhitungkan dari rencana energi mix tahun 2005.

$$\frac{\text{Rencana besar energi listrik dari PLTN s/d tahun 2025}}{\text{Pemanfaatan energi minyak dan gas.}} \times 100 \% = \text{Prosentase Peran Energi Migas yang dapat disubstitusi oleh energi nuklir (menurut rencana)}$$

Menurut potensinya besar energi nuklir diperhitungkan dari hasil studi kelayakan.

$$\frac{\text{Potensi energi nuklir yang dapat dibangkitkan di lokasi Tapak}}{\text{Pemanfaatan energi minyak dan gas.}} \times 100 \% = \text{Prosentase Peran Energi Migas yang dapat disubstitusi oleh energi nuklir (menurut potensinya)}$$

G. FAKTOR-FAKTOR KENDALA DALAM PEMANFAATAN NUKLIR

Banyak sekali faktor yang menjadi kendala dalam pemanfaatan nuklir. Beberapa hal yang sangat penting adalah sebagai berikut :

1. Radioisotop.

Menurut Archie W. Clup ada beberapa masalah yang berkaitan dengan pemakaian sumber daya radioisotop¹¹ : Ketersediaan

¹¹ Culp, Archie W. *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Penerbit Erlangga, 1989. Hal. 65.

materialnya masih sedemikian rupa sehingga masih tetap mahal sekali. Plutonium 238 dengan kemurnian 90 %, misalnya berharga \$ 1250 satu gram pada tahun 1972, sementara plutonium 238 berkadar 80 % berharga \$ 700 per gram. Mengingat bahwa logam plutonium sangat padat (sekitar 19 g/ cm^2), satu centimeter kubik logam plutonium grade tinggi akan mempunyai harga sekitar \$ 24.000; Masalah radiasi dan juga kenyataan bahwa banyak senyawa bahan bakar bersifat beracun secara radiologis (*radiological toxic*). Ini berarti bahwa kemasannya hendaklah betul-betul rapat, tidak boleh bocor sedikitpun; Daya dari sumber radioaktif tidaklah konstan dan ini menimbulkan masalah dalam hal pembuatan desain sumber. Daya meluruh secara eksponensial terhadap waktu, dengan menganggap tidak ada peluruhan produk turunan, sumber itu harus didesain untuk daya yang diperlukan pada akhir masa pakainya. Hal ini berarti bahwa sumber akan mengeluarkan daya yang lebih banyak dari yang diperlukan pada awal dan daya awal harus di "buang" untuk mencegah pemanasan berlebihan (*overheating*); Tidak ada cara yang dilakukan untuk mengendalikan atau mengatur keluaran daya dari sumber. Oleh karena itu tidak ada cara menutup (*shut off*) sumber, beberapa persyaratan harus ditetapkan untuk desain sumber agar daya yang tidak dibutuhkan dapat di "buang" seluruhnya; Masalah yang hanya timbul pada sumber-sumber alfa. Partikel alfa ialah inti helium – 4 dan, sekali ia menjadi lambat, ia akan mengambil dua elektron untuk menjadi atom helium. Akumulasi

gas helium di dalam sumber dapat menimbulkan tekanan yang sangat tinggi kecuali suatu ekspansi volume terjadi pula di dalam sumber.

Menurut Archi W. Culp pula jika memilih radioisotop sebagai sumber daya, kriteria-kriteria berikut harus diperhatikan¹² : Isotop bahan bakar harus mempunyai masa paruh yang layak. Bila masa paruh pendek, sumber akan terbatas sekali pemakaiannya dan bila masa paruh terlalu panjang, aktifitas akan terlalu rendah untuk mencapai suatu harga yang layak dari daya spesifik (daya persatuan massa). Masa paruh yang layak berkisar antara 100 hari hingga 100 tahun; Bahan yang digunakan untuk memperoleh radioisotop tersebut hendaklah mempunyai harga daya jenis yang layak, mungkin lebih dari 0,1 W/g; Radioisotop tersebut beserta turunannya hendaklah tidak memancarkan radiasi gamma dalam jumlah yang besar oleh karena bahaya biologis yang ditimbulkannya; Bahan yang mengandung radioisotop tersebut hendaklah padan dan mempunyai titik cair yang tinggi, konduktifitas panas yang tinggi dan hendaklah stabil secara kimiawi serta lembam (inert); Ketersediaan dari bahan sumber hendaklah sedemikian rupa sehingga tidak mengakibatkan tingginya biaya bahan dan pembuatan; Radioisotop yang memenuhi kriteria-kriteria tersebut adalah Sr 90, Cs 137, Ce 144, Pm 147, Po 210, Pu 238, Cm 242 dan Cm 244.

¹² Ibit. Hal. 257

2. Keamanan PLTN

Menurut Martin Mike W. and Schinzinger¹³ sesuatu adalah aman (sampai tingkat tertentu) bagi seseorang atau kelompok tertentu bila, dengan pengandaian bahwa mereka sepenuhnya menyadari resikonya serta mengekspresikan nilai-nilai mereka yang paling mapan, mereka menganggap risiko tersebut dapat diterima (sampai tingkat tertentu). Menurut pandangan ini keselamatan adalah soal bagaimana orang mau menemukan risiko yang dapat diterima maupun yang tidak dapat diterima apabila mereka mengetahui risiko itu serta berdasarkan penilaian mereka atas prespektif nilai yang paling mapan.

Risiko adalah kemungkinan terjadinya sesuatu yang tidak diharapkan atau sesuatu yang merugikan. Dalam kaitannya dengan teknologi, risiko dapat pula mencakup kerugian badani, kerugian ekonomis, atau degradasi lingkungan. Selain risiko terukur dan teridentifikasi yang muncul dari penggunaan barang-barang konsumen maupun proses-proses produksi dalam pabrik, beberapa efek teknologi yang kurang tampak sekarang juga mulai menyentuh kesadaran publik. Yang terakhir sering diacu sebagai resiko baru. Resiko-resiko baru hanya dalam artian bahwa : Resiko-resiko itu kini telah dapat berubah (karena pendidikan, pengalaman, perhatian media masa atau; karena berkurangnya resiko-resiko yang dulunya dominan atau menyembunyikan resiko lainnya).

¹³ Martin Mike W. and Schinzinger, *Etika Rekayasa*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1994 hal. 123 – 186

Banyak faktor yang mempengaruhi penilaian orang pada saat mereka menentukan resiko manakah yang dapat diterima. Yang paling dasarnya adalah perangkat prinsip nilai mereka menyangkut apa yang mereka perhatikan dan sejauh mana mereka mempersoalkannya. Faktor-faktor lain mencakup apakah suatu resiko diasumsikan secara sukarela atau tidak, apakah calon korban dapat diidentifikasi sebelumnya atau tidak, cara-cara penyampaian resiko kepada masyarakat.

Pengkajian keselamatan merupakan masalah yang kompleks menyangkut : Resiko yang terkait dengan suatu proyek atau produk harus diidentifikasi; Maksud dan tujuan proyek harus diidentifikasi dan diurutkan kepentingannya; Biaya pengurangan resiko harus diperkirakan; Biaya harus dipertimbangkan perbandingan antara tujuan dan derajat penerimaan resiko dan proyek harus di uji.

Menurut Prajoto resiko yang sifatnya massal dalam arti bahwa semua akan terkena resiko baik yang memanfaatkan hasil maupun tidak¹⁴ akan selalu ditolak masyarakat.

- Contoh : (1) Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) ditolak karena harus menenggelamkan lahan subur seperti masalah Kedung Ombo,
- (2) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan bahan bakar batubara karena debu dan bau yang dikeluarkannya.

¹⁴ Prajoto, Prof. Ir. *Segi-Segi Keselamatan PLTN* dalam Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Hal 453-454

Berkaitan dengan keamanan resiko harus diteliti dari berbagai segi sebagai berikut : Resiko dalam keadaan normal; Resiko dalam keadaan darurat; Persepsi masyarakat dilihat dari sejarah; Perhatian media massa dan Kenaikan biaya yang di gunakan untuk mengurangi resiko.

3. Ekonomi

Menurut Prajoto¹⁵ bagi pemakai suatu PLTN, persyaratan ekonomi merupakan persyaratan yang paling penting, sesudah semua persyaratan lainnya dipenuhi. Pertimbangan yang terpenting ialah memilih sistem yang paling ekonomis, yaitu sistem yang mampu membangkitkan tenaga listrik dengan ongkos pembangkitan yang minimal. Dengan tidak melupakan batasan-batasan dibidang lainnya, perhitungan teknik dalam desain selalu bertujuan untuk memperkecil ongkos pembangkitan. Ongkos pembangkitan meliputi semua ongkos yang diperlukan untuk membangkitkan tenaga listrik yang dapat dibagi menjadi ongkos modal, ongkos bahan bakar, ongkos operasi dan pemeliharaan, ongkos asuransi dan lain-lain.

Berkaitan dengan ekonomi suatu proyek harus diperhitungkan antara besarnya biaya dan kegunaannya.

H. DAMPAK TERHADAP KEAMANAN

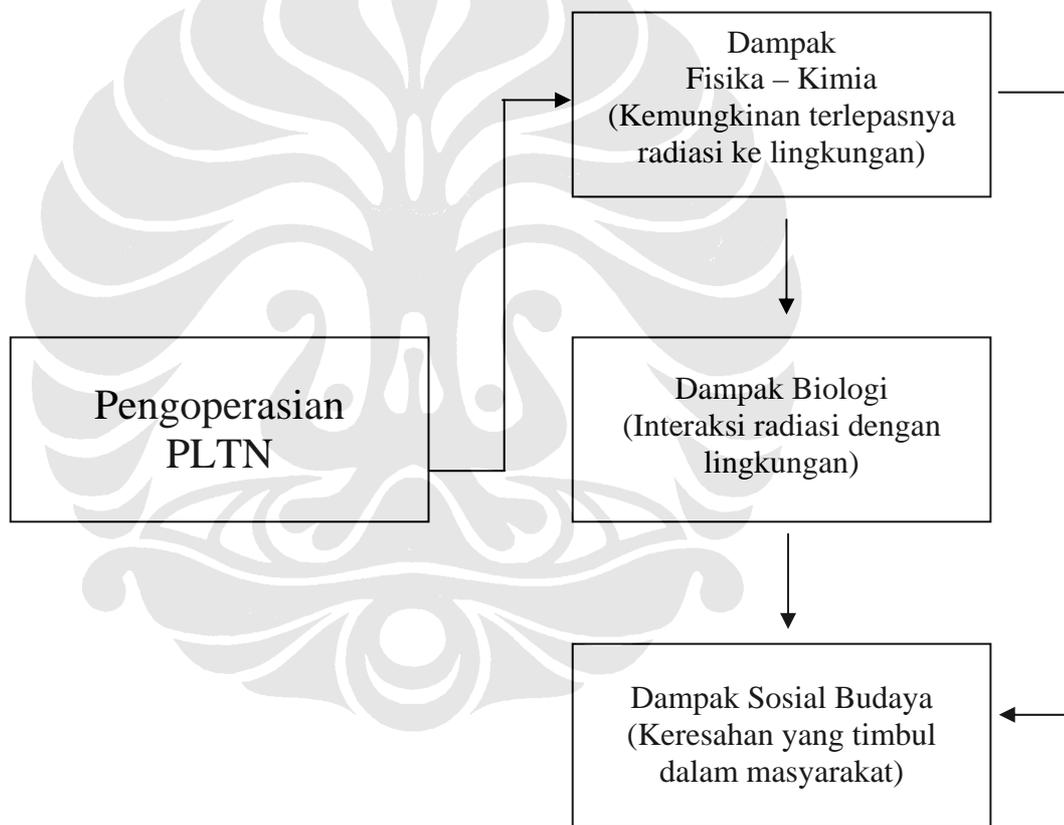
Dampak (pengaruh negatif) suatu kegiatan adalah perubahan keamanan yang diakibatkan oleh suatu usaha/kegiatan. Dalam bidang pengembangan nuklir, menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan

¹⁵ Prajoto, Prof. Ir., *Persyaratan dan Pertimbangan Teknik Desain Reaktor Daya* dalam Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Hal. 233

Hidup Nomor 3 Tahun 2000 tentang jenis usaha dan/ atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup, bila sudah sampai pada Pembangunan dan Pengoperasian Reaktor Nuklir harus di AMDAL.

AMDAL berlaku untuk operasi normal yang menyangkut bidang Fisika – Kimia, Biologi, dan Sosial Budaya. Bila diterapkan pada PLTN akan diperoleh hasil sebagai berikut :

Gambar II.3 Dampak Operasi Normal



Dalam keadaan darurat diperlukan analisis resiko. Menurut Prajoto analisis mengandung unsur kemungkinan terjadinya kecelakaan dan postulasi terjadinya kecelakaan besar¹⁶.

¹⁶ Prajoto, Prof. Ir., *Segi-Segi Keselamatan PLTN* dalam Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Hal 455-459

(1) KEMUNGKINAN TERJADI KECELAKAAN

Taraf perkembangan metode analisa dewasa ini belum memungkinkan untuk menetapkan besarnya angka kemungkinan terjadinya kecelakaan secara agak pasti, tetapi pada umumnya diakui bahwa angka kemungkinan tersebut sangat kecil. Kecilnya angka kemungkinan ini disebabkan oleh adanya keselamatan inheren, peralatan keselamatan dan sistim penyelamat yang telah didisain ke dalam reaktor untuk menjamin adanya tingkat keselamatan yang tinggi. Dalam mempertimbangkan persyaratan suatu calon letak PLTN, di samping angka kemungkinan terjadinya kecelakaan, masih harus dipertimbangkan pula akibat-akibat kecelakaan yang berbahaya, yang mungkin terjadi terhadap penduduk yang tinggal di sekitar PLTN.

Walaupun kemungkinan terjadinya kecelakaan tersebut sebagian besar ditentukan oleh disain reaktor, sedang akibat-akibat kecelakaan terhadap penduduk sebagian besar ditentukan oleh sifat-sifat letak, tetapi kadang-kadang keduanya dapat saling mempengaruhi. Sebagai contoh misalnya disain reaktor dapat ikut menentukan persyaratan yang harus dipenuhi oleh calon letak dan sebaliknya sifat-sifat letak dapat menuntut adanya sistem penyelamat darurat dengan persyaratan tertentu.

Perlu ditambahkan bahwa terdapat beraneka ragam bentuk kecelakaan dari yang paling ringan sampai yang paling parah. Pada dasarnya semua bentuk peristiwa yang tak terduga yang mempunyai potensi untuk melepaskan bahan-bahan radioaktif dapat dimasukkan ke dalam golongan kecelakaan. Jadi untuk dapat disebut sebagai kecelakaan

tidak selalu merupakan peristiwa yang harus menimbulkan malapetaka besar. Contoh-contoh bentuk kecelakaan sesuai dengan urutan potensinya dalam menimbulkan akibat-akibat yang merugikan ialah sebagai berikut :

- Kecelakaan reaktivitas (*reactivity accident, power excursion*) misalnya karena penarikan atau pementalan batang pengendali (*control rod ejection*), kejutan dingin (*cold shock*), dan sebagainya.
- Kehilangan aliran pendingin (*loss of coolant flow*) misalnya karena kerusakan pompa, pecahnya pipa, dan sebagainya.
- Kehilangan buangan panas (*loss of heat sink*) misalnya karena turbin berhenti atau pompa masukan air pendingin macet .
- Kecelakaan dalam memindahkan bahan bakar misalnya jatuhnya batang bahan bakar, pemanasan lebih (*overheating*) dari batang bahan bakar karena pendinginan yang kurang mencukupi selama dalam proses pemindahan, dan sebagainya.
- dan lain-lain bentuk pelepasan radiologi seperti disebabkan oleh bocornya atau pecahnya tanki-tanki penyimpan bahan bakar sisa radioaktif gas, dan sebagainya.

Biasanya diambil kata sepakat bahwa bencana-bencana alam seperti gempa bumi, angin topan, banjir, dan sebagainya tidak dimasukkan ke dalam kecelakaan walaupun gejala-gejala alam ini mempunyai potensi untuk membahayakan integritas/keutuhan sistem kungkungan. Oleh karena itu biasanya dipersyaratkan bahwa rancangan bangunan reaktor termasuk sistem penyelamat darurat dan sistem

kungkungannya harus dapat menahan pengaruh dari gejala-gejala alam tersebut tanpa menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan.

Disamping penggolongan berdasarkan urutan potensinya untuk menimbulkan bahaya, dapat pula diadakan penggolongan kecelakaan berdasarkan besar kecilnya angka kemungkinan terjadinya kecelakaan sebagai berikut :

- Kecelakaan yang diharapkan terjadi (*anticipated accidents*) yaitu segala peristiwa kelainan/penyimpangan operasi yang diharapkan dapat terjadi selama masa hidup reaktor.
- Kecelakaan yang dipostulasikan (*postulated accidents*) yaitu kecelakaan yang sebenarnya tidak diharapkan akan terjadi selama masa hidup reaktor tetapi dianggap perlu untuk dipostulasikan terjadinya sebagai dasar untuk menilai persyaratan rancangan sistem keselamatan. Kecelakaan seperti ini disebut kecelakaan patokan disain (*Design Basis Accidents* DBA).

(2) POSTULASI TERJADINYA KECELAKAAN BESAR

Persoalan utama dalam menilai suatu calon letak PLTN ialah menentukan besarnya kemungkinan terjadinya kecelakaan yang dapat menyebabkan pelepasan bahan-bahan radioaktif ke daerah sekelilingnya, besarnya pelepasan tersebut dan akibat-akibat yang dapat ditimbulkannya. Kesulitan utama dalam hal ini ialah bagaimana menetapkan bentuk kecelakaan yang dapat dianggap sebagai batas tertinggi kalau ditinjau dari segi akibat-akibat yang dapat ditimbulkannya. Kecelakaan seperti ini disebut kecelakaan terparah yang dapat terjadi

(*maximum credible accident*) yang biasanya dapat dipostulasikan apabila seluruh bentuk-bentuk kecelakaan yang mungkin terjadi diidentifikasi dan dievaluasi secara sistematis.

Untuk reaktor air ringan (LWR), baik PWR maupun BWR, telah dipostulasikan bahwa kecelakaan kehilangan pendingin (*Loss of coolant Accident* = LOCA) merupakan kecelakaan terparah yang mungkin terjadi. Kecelakaan ini misalnya dapat diakibatkan oleh terputusnya pipa pendingin utama, diikuti oleh ekspansi air pendingin menjadi uap, bahan bakar meleleh dan selanjutnya pelepasan bahan-bahan radioaktif ke atmosfer di luar bangunan reaktor. Walaupun sudah tentu ada bentuk-bentuk kecelakaan lain yang juga akan melepaskan bahan-bahan radioaktif ke atmosfer, angka kemungkinan terjadinya kecelakaan-kecelakaan ini dan akibat-akibat yang dapat ditimbulkan haruslah lebih rendah dibandingkan dengan kecelakaan terparah. Dalam meninjau apakah suatu calon letak dapat disetujui untuk rencana pembangunan suatu jenis PLTN tertentu, haruslah diperhitungkan besarnya akibat-akibat yang dapat ditimbulkan oleh kecelakaan terparah yang dapat terjadi dan dipertimbangkan apakah persyaratan yang ditetapkan dalam Pedoman Penentuan Lokasi PLTN telah dipenuhi. Pembahasan selanjutnya akan dibatasi pada analisa keselamatan untuk PLTN jenis LWR.

Telah diuraikan sebelumnya bahwa pelepasan bahan-bahan radioaktif ke atmosfer di luar bangunan reaktor hanya mungkin terjadi apabila berbagai hambatan yang tersedia dapat ditembus. Hambatan-hambatan ini terdiri dari struktur kristal bahan bakar yang mempunyai

daya menahan bahan-bahan hasil belahan, bahan kelongsong yang membungkus bahan bakar, sistem aliran pendingin primer yang akan menghambat pelepasan selanjutnya dari bahan-bahan radioaktif tersebut ke atmosfer di luar reaktor. Perlu ditambahkan bahwa rentetan proses pelepasan tersebut hanya bisa terjadi apabila diawali oleh suatu kecelakaan reaktivitas yang menyebabkan kenaikan tekanan dalam sistem aliran pendingin primer sedemikian hingga menyebabkan pecahnya pipa utama sistem pendingin primer. Perlu ditambahkan lebih lanjut bahwa pecahnya pipa utama karena kecelakaan reaktivitas hanya mungkin terjadi apabila mekanisme pengendalian reaktivitas tidak bekerja, sistem pembatas tekanan dan batas kemampuan bahan pipa dilampaui oleh kenaikan tekanan yang terjadi.

Dari uraian tersebut jelas bahwa angka kemungkinan terjadinya LOCA sebagai kecelakaan terparah kecil sekali. Sekalipun kecelakaan semacam ini diumpamakan juga terjadi, melelehnya bahan bakar sebagai permulaan lepasnya bahan-bahan hasil belahan radioaktif, hanya mungkin terjadi apabila panas peluruhan cukup tinggi untuk menaikkan suhu bahan bakar sampai di atas titik leburnya dan semua sistem penyelamat seperti sistem penyiram dan penggenang teras macet atau tidak mencukupi untuk mencegah terjadinya peleburan bahan bakar. Dari uraian tersebut, ditambah dengan pertimbangan sifat-sifat stabilitas inheren, adanya sistem keselamatan (*applied safety*) dan sistem penyelamat darurat (*engineered safeguards*), dapatlah dijamin bahwa angka kemungkinan terjadinya kecelakaan besar sangat kecil. Walaupun demikian,

kemungkinan terjadinya kecelakaan semacam ini tidak boleh diabaikan sama sekali, oleh karenanya akibat-akibatnya harus pula diperhitungkan.

Apabila pelepasan bahan-bahan radioaktif ke atmosfer betul-betul terjadi akibat penyinaran radiasi terhadap penduduk yang tinggal di daerah sekitar letak PLTN perlu diperhitungkan. Hal ini sangat sulit dikerjakan secara tepat karena banyaknya faktor-faktor yang ikut berperan dan satu sama lain saling mempengaruhi. Banyaknya bahan-bahan radioaktif yang tersimpan dalam reaktor pada saat kecelakaan tidak begitu sulit untuk ditaksir, karena hal ini ditentukan oleh jenis sistem reaktor, tingkat daya dan lamanya reaktor telah beroperasi sebelum terjadinya kecelakaan. Tetapi beberapa bagian dari jumlah ini yang betul-betul terlepas sangat sulit untuk diramalkan. Bentuk fisika dan kimia bahan-bahan radioaktif tersebut sangat beraneka ragam dan hal ini sangat berpengaruh terhadap pelepasannya ke dalam ruangan reaktor. Selanjutnya bagian yang terlepas dan kemudian tersebar sampai ke luar batas-batas daerah PLTN akan sangat ditentukan oleh keadaan atmosfer dan sifat topografi daerah sekitar PLTN.

Pada suatu kecelakaan terparah jenis LOCA, biasanya dianggap bahan bakar akan melebur, bahan-bahan hasil belahan radioaktif bersama-sama dengan bahan-bahan hasil erosi dan korosi akan terdispersi dalam cairan pendingin primer kemudian lepas keluar melalui bagian yang pecah atau terbuka dari sistem aliran pendingin primer. Pada waktu terjadi ekspansi cairan pendingin tekanan tinggi menjadi uap, bahan-bahan hasil belahan gas ikut terlepas bersama-sama dengan

beraneka ragam uap, cairan maupun aerosol padat. Diantara bahan-bahan yang terlepas ada yang terus terbakar di udara dan karenanya akan memperbesar bagian yang ikut menguap atau terhambur sebagai zarah-zarah yang halus. Sebaliknya sebagian bahan-bahan yang tersebar di udara ada yang kemudian mengalami adsorpsi, deposisi, kondensasi, penempelan dan sebagainya baik di dalam ruangan-ruangan reaktor maupun dalam ruangan kungkungan. Proses peluruhan bahan-bahan radioaktif berbentuk gas menjadi bahan lain yang tidak berbentuk gas akan membantu pula proses penyingkiran bahan-bahan radioaktif yang terdispersi dalam udara di dalam ruangan reaktor. Disamping itu, proses peluruhan radioaktif ini akan mengurangi pula besarnya radioaktivitas yang masih terkandung dalam ruangan reaktor. Semua hal tersebut menyebabkan sulitnya untuk menaksir dengan tepat besarnya kandungan bahan-bahan radioaktif dalam ruangan reaktor yang selanjutnya dapat menyebar ke daerah-daerah sekelilingnya. Besarnya kandungan radioaktivitas dalam ruangan reaktor perlu diketahui untuk dapat memperhitungkan pengaruh radiologi potensial terhadap daerah sekelilingnya.

Bagi penduduk yang tinggal dekat batas bangunan reaktor, kandungan radioaktivitas dalam ruangan reaktor akan merupakan sumber radiasi gamma yang langsung. Sudah tentu penduduk yang bersangkutan akan terlindung dari pengaruh radiasi gamma langsung ini oleh adanya bangunan-bangunan, jarak dan keadaan topografi. Disamping itu kekuatan sumber radiasi juga terus menyusut sesuai dengan kecepatan

peluruhan radioaktif. Pengaruh radiasi bagi penduduk yang tinggal agak jauh dari bangunan reaktor akan lebih tergantung pada proses penyebaran bahan-bahan radioaktif sejak dari tempat pelepasan sampai ke tempat tinggal penduduk yang bersangkutan. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses penyebaran ini antara lain ialah sifat bahan yang terlepas, tinggi tempat pelepasan (misalnya dari puncak cerobong asap), pengendapan bahan-bahan padat selama proses penyebaran, dan disamping itu juga kecepatan arah dan perubahan arah angin serta suhu dan kelembaban udara yang akan sangat tergantung pada segi meteorologi dan topografi daerah lokasi PLTN. Dari banyaknya bahan-bahan radioaktif yang betul-betul tersebar mencapai suatu tempat masih harus diperhitungkan pula berapa besarnya pengaruh radiology terhadap penduduk. Hal ini dapat dibedakan dalam dosis yang biasanya diperhitungkan untuk bagian tubuh yang peka saja misalnya kelenjar gondok (*thyroid*). Untuk memperhitungkan dosis dalam sudah tentu perlu dipertimbangkan pula faktor-faktor biologi seperti kecepatan pernafasan, daya retensi tubuh dan lain sebagainya. Hasil perhitungan dosis ini kemudian perlu dibandingkan dengan Pedoman Penentuan Lokasi PLTN untuk menetapkan apakah suatu calon letak yang diusulkan untuk pembangunan PLTN dapat dianggap memenuhi persyaratan yang berlaku.

Beberapa contoh kecelakaan nuklir yang telah terjadi¹⁷:

(a) *Saint Laurent* Perancis 1980 : Kecelakaan Terutama dalam Instansi

¹⁷ IAEA Buletin. Vol 32 No. 2. 1990. Hal 33 Oktober 1990

- Pelepasan produk fisi yang mengakibatkan dosis pada orang yang paling besar beberapa millisieverts. Tidak memerlukan tindakan preventif di luar tapak, kecuali pengendalian makanan lokal,
 - Kerusakan pada teras akibat mekanik dan/atau pelelehan.
 - Pekerja dapat memperoleh dosis akut (dalam orde beberapa sievert)
- (b) *Three Mile Island* Amerika 1979 dan Windscale, UK 1957 : Kecelakaan dengan risiko di luar tapak
- Pelepasan produk fisi (dalam jumlah ribuan terabequerel I-131) implementasi sebagian rencana darurat (yaitu Shelter lokal dan/atau evakuasi) diperlukan dalam beberapa keadaan untuk mengurangi kemungkinan efek kesehatan.
 - Kerusakan berat sebagian besar teras akibat efek mekanis dan/atau pelelehan teras.
- (c) *Chernobyl* Rusia 1986 : Kecelakaan Besar
- Pelepasan sebagian besar inventori produk fisi radioaktif dengan umur pendek dan panjang (dalam jumlah secara radiologis setara dengan lebih dari puluhan ribu terabequerel I-131) kemungkinan efek kesehatan akut.
 - Efek kesehatan tertentu pada daerah luar, kemungkinan mempengaruhi lebih dari satu negara. Konsekuensi lingkungan jangka panjang.

Menurut intisari¹⁸ kecelakaan reaktor *Chernobyl* mempunyai akibat sebagai berikut : Di Panti Asuhan Blon, Soviet terdapat 57 anak-anak yang cacat. Ada yang tidak bisa melihat karena lensa matanya tumbuh ke dalam. Ada yang tanpa tangan dan kaki, bahkan ada yang cacat mental. Bayi-bayi tersebut lahir dari ibu-ibu yang berasal dari daerah tercemar radioaktif berat, sekitar 70 kilometer dari tempat bencana. Keluhanpun datang dari para sukarelawan yang membantu menangani bencana. Setelah beberapa hari bertugas mereka mulai pusing-pusing, lekas marah dan tenggorkan kering. Ribuan pria menderita impotensi, sedangkan 7.000 orang tengah sekarat. Untuk penanggulangan bencana *Chernobyl*, para ahli Soviet memperkirakan dana minimum sebesar 540 miliar mark (sekitar Rp. 702 triliun) untuk jangka waktu sepuluh tahun.

Pada kecelakaan *Three Mile Island* perlu dicatat bahwa lebih dari 8 tahun sesudahnya, proses pendekontaminasiannya masih belum tuntas. Air radioaktifnya telah didekontaminasi, tetapi hanya separo dari 300.000 pon sampah inti yang dapat disingkirkan dengan hati-hati. Proses pembersihan itu sendiri ditaksir akan menelan biaya jutaan dollar. *Three Mile Island* menjadi sebuah bencana finansial.¹⁹

Kecelakaan *Chermobyl* menimbulkan cedera berat pada sekitar 200 pekerja instalasi *Chernobyl*, dimana 31 diantaranya meninggal dunia. Seribu keluarga yang tinggal di permukiman pekerja sekitar 1 mil dari instalasi itu dievakuasi 12 jam setelah ledakan terjadi, tetapi instalasi itu

¹⁸ Intisari, April 1991. Hal 116-121

¹⁹ Martin, Mike Wond Schanregen, *Etika Rekayasa*, PT. Gramedia, Jakarta, 1994, hal. 173.

tidak punya tanggung jawab, maupun hubungan langsung, dengan masyarakat yang tinggal dalam radius lebih dari 1,5 mil. Evakuasi kota Pripyat di dekatnya dan ke-71 desa dalam radius 18 mil dari instalasi tersebut dimulai keesokan harinya. Sekitar 120.000 orang harus dipindahkan dengan bus dan truk. Banyak sekali permukiman baru dibangun untuk menampung mereka yang dipindahkan. Efek jangka pendek dan jangka panjang dari radiasi itu terhadap masyarakat dan fauna Eropa akan terus dibicarakan selama bertahun-tahun yang akan datang.

Dibutuhkan satu minggu untuk memadamkan api dengan menutup reaktor tersebut dengan campuran pasir, lempung dan dolomit yang ditaburkan dengan helikopter. Gorong-gorong digali di bawah reaktor untuk memasang pipa-pipa pendingin yang mengalirkan nitrogen cair. Gorong-gorong itu juga berfungsi untuk memasang lapisan beton untuk mencegah kebocoran air radioaktif ke akuifer. Akhirnya, seluruhnya instalasi dikubur beton.²⁰

Banyak pihak menyalahkan Moskow tidak hanya karena tidak memberitahukan bencana ini tetapi juga karena mereka sendiri tidak memiliki alat-alat pemantau, bahkan untuk mengecek instalasi-instalasi tenaga nuklir setempat. Instruksi-instruksi tentang apa yang harus dilakukan dengan meminum susu, makan sayuran, dan membiarkan anak-anak bermain di luar, dan keprihatinan lain masyarakat-masyarakat Eropa

²⁰ Ibid., hal. 179.

lebih tergantung pada kecondongan politis dan pendirian antinuklir atau pronuklir dari Menteri Kesehatan yang mengeluarkan perintah tersebut.

Setelah *Chernobyl*²¹, ada perubahan nyata pada pendirian beberapa pemerintah tentang nuklir : Beberapa – yaitu Cina, Republik Federal Jerman, Perancis, Jepang, Polandia, Inggris, Amerika Serikat, dan Uni Soviet – menegaskan kembali sikap mereka yang pro nuklir; Yang lain dengan kebijaksanaan “*phase out*” atau “bebas nuklir” (Australia, Austria, Denmark, Luxemburg, Selandia Baru, Norwegia, Swedia, dan Irlandia dengan sikap anti nuklir yang tidak resmi) telah diikuti oleh Yunani dan Filipina; Sementara itu, Finlandia, Italia, Belanda, Swiss, dan Yugoslavia sedang meneliti kembali keselamatan nuklir mereka dan/atau argumentasi anti nuklir, atau telah memasukkan legislasi bagi pemecahan yang memuaskan pembuangan sampah radioaktif; Beberapa negara merasa cukup dengan mengadakan referendum untuk mengetahui pendapat masyarakat mengenai tenaga nuklir.

Terlihat bahwa pemanfaatan energi nuklir dapat menimbulkan permasalahan pada keamanan oleh karena beberapa sebab yaitu kebocoran radiasi, kecelakaan, biaya investasi awal, dan biaya untuk pemulihan bila sampai terjadi kecelakaan.

Dampak pengaruh pada keamanan sebagai akibat selanjutnya adalah sebagai berikut : Terbentuknya masyarakat anti nuklir (MANI) akibat ketakutan/trauma terhadap kecelakaan nuklir yang akibatnya sampai keluar lintas batas negara; Masyarakat awam yang ketakutan

²¹ Publikasi Komisi Dunia untuk Lingkungan dan Pembangunan, *Hari Depan Kita Bersama*, PT. Gramedia, Jakarta, 1998, hal. 255-256.

terhadap kecelakaan nuklir mempunyai persepsi yang negatif; Dalam bidang keuangan investasi awal yang sangat tinggi dan kemungkinan terjadinya kecelakaan yang menjadi bencana finansial sulit untuk menyetujui program pengembangan nuklir.

Karena adanya kemungkinan efek lintas batas maka sangat penting bahwa para pemerintah saling bekerja sama untuk mengembangkan peraturan praktis secara Internasional yang mencakup komponen-komponen teknis, ekonomi, social, dan politik. Persetujuan Internasional mencakup butir-butir berikut²² harus mendapat perhatian khusus : Pemerintah harus meratifikasi sepenuhnya konvensi tentang “Pemberitahuan Dini Kecelakaan Nuklir” dan konvensi tentang “Bantuan Tentang Terjadinya Kecelakaan Nuklir atau Keadaan Darurat Radiologis”; Latihan respon darurat; Perpindahan batas-batas semua bahan radioaktif, termasuk bahan bakar, dan limbah-limbah lainnya melalui daratan, lautan dan udara; Aturan pelaksanaan jaminan ganti rugi; Standar untuk latihan kerja operator dan pelisensian Internasional; Pengukuran pengoperasian operator, termasuk standar keselamatan manusia; Pelaporan pembuangan yang rutin dan yang tidak rutin dari instalasi nuklir; Standar perlindungan radiologi minimum yang efektif yang disepakati secara Internasional; Kriteria penentuan lokasi yang disepakati maupun konsultasi dan pembentukan sebelum dibangunnya semua instalasi yang berkaitan dengan nuklir untuk maksud damai; Standar untuk

²² Ibit. Hal. 257

dekontaminasi dan pembongkaran reaktor nuklir yang telah habis masa pakainya; Masalah yang ditimbulkan perkapalan bertenaga nuklir.

