

ISSN 1979-2409

Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan
Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional
(Nur Tri Harjanto)

DAMPAK LINGKUNGAN PUSAT LISTRIK TENAGA FOSIL DAN PROSPEK PLTN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK NASIONAL

Nur Tri Harjanto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN

ABSTRAK

DAMPAK LINGKUNGAN PUSAT LISTRIK TENAGA FOSIL DAN PROSPEK PLTN SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK NASIONAL. Telah dilakukan pengkajian mengenai dampak lingkungan akibat pemanfaatan pembangkit listrik tenaga fosil dan prospek PLTN sebagai sumber energi listrik nasional. Metodologi yang digunakan adalah dengan melakukan analisis perbandingan dari dua objek bahasan yang didasarkan pada studi kepustakaan. Hasil pengkajian menunjukkan bahwa penggunaan energi fosil memiliki dampak yang serius terhadap lingkungan seperti : menipisnya cadangan sumber daya, pemanasan global, hujan asam, dan dampak-dampak turunan yang lain seperti gelombang pasang, perubahan iklim, kerusakan ekosistem, sampai melonjaknya harga minyak dan lain-lain akan menjadi permasalahan serius dimasa mendatang. PLTN menjadi salah satu solusi dan mempunyai prospek sebagai sumber energi listrik nasional dimasa mendatang karena lebih ramah terhadap lingkungan. Dari sisi keselamatan adanya sistem pertahanan berlapis akan mencegah terjadinya kecelakaan yang fatal. Selain itu dari hasil kajian menunjukkan bahwa pada kondisi normal bahaya radiasi PLTN tidak lebih tinggi dari pada pembangkit listrik tenaga batubara yang merupakan energi fosil.

Kata kunci : Energi, Dampak Lingkungan, PLTN

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat. Peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi, laju pertumbuhan penduduk, dan pesatnya perkembangan sektor industri. Untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) pemerintah Indonesia telah menyusun kebijakan energi nasional dengan melakukan pendekatan yang integral ke semua sektor pembangunan dengan memperhatikan masalah konservasi dan daya dukung kapasitas lingkungan. Oleh karena itu eksploitasi terhadap sumber daya alam dan sumber daya manusia haruslah optimal dengan memperhatikan kebutuhan generasi sekarang dan juga generasi yang akan datang.

Untuk mendukung hal tersebut maka beberapa kebijakan haruslah disusun sehingga pemakaian sumber daya yang tak terbarukan haruslah sehemat mungkin, sedangkan sumber daya yang terbarukan digunakan sesuai dengan kapasitasnya. Kebijakan-kebijakan yang disusun tersebut tertuang dalam Kebijakan Umum Bidang Energi (KUBE) yang terdiri dari lima prinsip kebijakan, yaitu diversifikasi energi, intensifikasi energi, konservasi energi, mekanisme pasar dan kebijakan lingkungan. Diversifikasi artinya menurunkan ketergantungan hanya pada beberapa sumber energi

(minyak dan gas) dan kemudian menggantikan itu dengan sumber yang lain. Intensifikasi adalah meningkatkan dan mengembangkan eksplorasi sumber energi yang tersedia di negara, konservasi artinya mengekonomiskan penggunaan energi dan meningkatkan efisiensi produksi energi.¹⁾

Suatu kajian perencanaan energi jangka panjang telah dilakukan oleh Pemerintah dengan pelaksana terdiri dari unsur interdepartemen (BATAN, BPPT, Ditjen LPE dan MIGAS Dep. ESDM, BPS, KLH, PT PLN Persero) dengan bantuan teknis dari Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA.). Kajian ini diberi judul *Comprehensive Assesment of Energy Source for Electricity Generation in Indonesia (CADES)*. Hasil dari kajian ini menunjukkan bahwa pada tahun 2025 kebutuhan energi di Indonesia akan menjadi 2 kali lipat dibanding pada tahun 2000, bahkan khusus untuk kebutuhan energi listrik akan meningkat 4 kali lipat. Untuk memenuhi kebutuhan energi tahun 2025 tersebut, konsep penggunaan seluruh energi yang ada (*energi mix*) harus diterapkan, dengan tidak melakukan diskriminasi terhadap sumber energi yang ada dan tersedia. Dengan demikian penggunaan Pusat Listrik Tenaga Nuklir untuk mencukupi kebutuhan energi listrik tidak dapat terelakkan lagi.²⁾

Latar Belakang Masalah

Sebagai konsekuensi dari perkembangan sektor industri dimasa mendatang diperlukan penyediaan sumber energi yang cukup besar. Namun perlu diingat bahwa pertumbuhan pembangunan harus dilandasi pula azas pemerataan dan tetap menjamin pembangunan yang berkelanjutan.

Sejalan dengan kebijakan dibidang energi, yaitu intensifikasi, diversifikasi, dan konservasi, langkah-langkah penting perlu ditempuh dalam rangka penyusunan alternatif strategi dibidang energi yang merupakan pola penentu perkembangan energi nasional dimasa mendatang. Implementasi kebijakan energi meliputi beberapa aspek salah satunya adalah penggunaan teknologi tepat guna. Teknologi tersebut haruslah :

- a. Teknologi yang menghasilkan pengganti minyak, sebagaimana minyak adalah energi yang tidak terbarukan
- b. Teknologi yang mendukung penyediaan energi yang berkelanjutan (*sustainable energy supply*)
- c. Teknologi energi yang bersih dan efisien untuk mendukung pelestarian lingkungan.

Konsep penggunaan energi mixe harus mempertimbangkan banyak hal, salah satunya adalah dampak terhadap lingkungan jika alternatif penggunaan energi tersebut diterapkan.

Disamping itu, dalam merencanakan penyediaan listrik untuk memenuhi permintaan yang terus menanjak dengan cepat, introduksi PLTN telah dipertimbangkan.

Namun demikian suatu penelitian mengenai persepsi masyarakat terhadap PLTN yang dilakukan oleh Prof. A.M. Djulianti Suroyo dari Universitas Diponegoro Semarang menunjukkan bahwa Instalasi/industri Nuklir seperti PLTN sampai saat ini masih menimbulkan pro dan kontra serta ragu-ragu, sehingga belum bisa diterima oleh masyarakat sepenuhnya. Hal ini disebabkan karena masyarakat masih khawatir akan bahaya potensi radiasi dan limbah yang dihasilkan oleh industri nuklir yang cukup berbahaya, disamping faktor non teknis seperti investasi yang tinggi.³⁾

Kekhawatiran masyarakat terhadap bahaya nuklir sangat beralasan mengingat beberapa bukti nyata dari korban pemboman Hiroshima dan Nagasaki, kecelakaan *Three Mile Island*, dan *Chernobyl* masih tersimpan dalam ingatan mereka.

Dilema antara kebutuhan akan energi secara nasional untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) dengan kekhawatiran masyarakat akan bahaya nuklir membuat keputusan untuk memasuki era energi nuklir di Indonesia selalu mendapat tantangan. Pendidikan publik dan keterbukaan informasi kepada masyarakat sangat dibutuhkan sehingga tujuan kesejahteraan dan ketentraman masyarakat dapat tercapai.

Pada makalah ini akan dibahas kajian terhadap dampak lingkungan penggunaan bahan bakar fosil dan bahan bakar nuklir untuk pembangkit tenaga listrik, sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangannya ditinjau dari aspek lingkungan.

METODOLOGI

Pembahasan makalah ini dilakukan dengan menggunakan metoda sebagai berikut : kajian terhadap literatur, pengambilan data sekunder (data-data hasil penelitian dan kajian yang sudah ada), dan diskusi/konsultasi dengan para ahli/peneliti yang memahami dan mengerti di bidangnya.

PEMBAHASAN

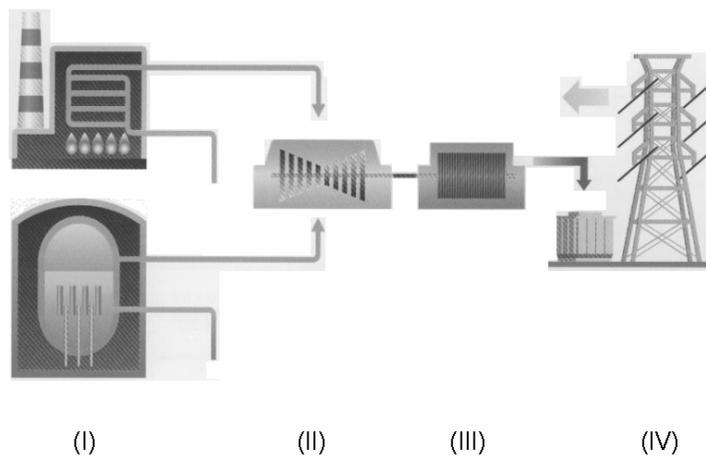
Pinsip Kerja PLTU Dan PLTN

Prinsip kerja PLTN dan PLTU hampir sama yakni terdiri dari : (I) Sistem pembangkit uap/*Steam Generator*, (II) Turbin, (III) Generator Listrik yang akan menghasilkan tenaga listrik untuk kemudian masuk dalam jaringan distribusi (IV).

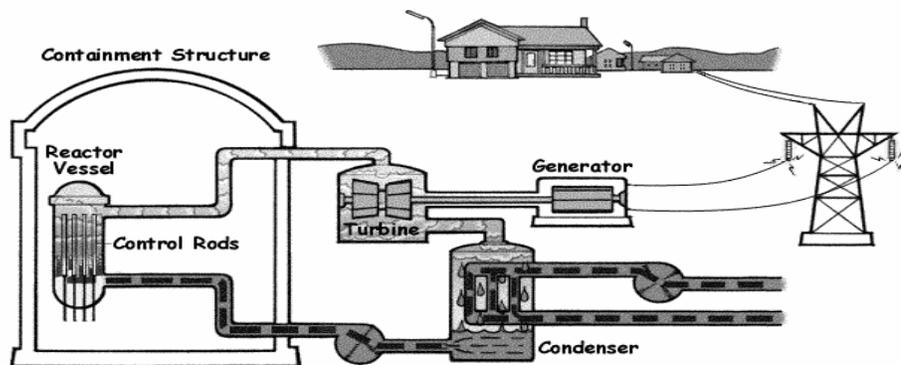
Uap yang dihasilkan oleh sistem pembangkit uap/*Steam Generator* akan digunakan untuk memutar sistem Turbin yang dikopel dengan Generator Listrik yang akan merubah energi kinetik menjadi energi listrik. Listrik yang dihasilkan kemudian masuk dalam jaringan ditribusi untuk didistribusikan ke konsumen.

Perbedaan antara PLTU dan PLTN hanya terdapat pada sistem pembangkit uap seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Pada PLTU sistem pembangkit uap yang digunakan

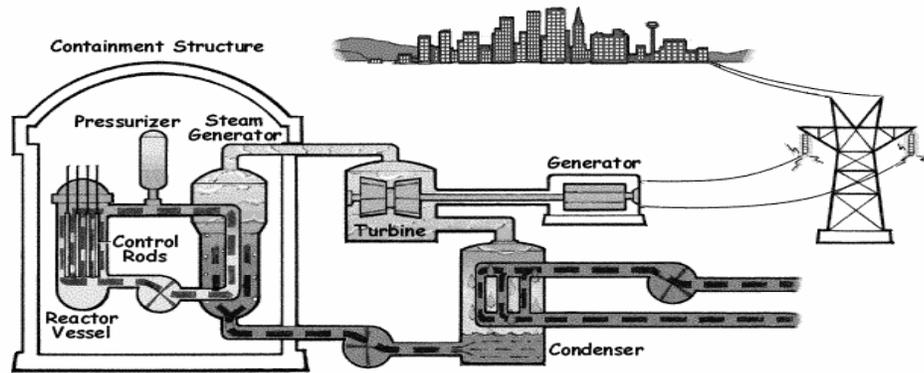
adalah sistem konvensional yakni uap dihasilkan dari boiler yang pemanasannya dilakukan dengan menggunakan bahan bakar fosil. Pada PLTN ada beberapa tipe diantaranya tipe *BWR* (*Boiling Water Reactor*) yakni uap dihasilkan dari pembangkit uap sekaligus sebagai reaktor nuklir sedangkan untuk tipe *PWR* uap dihasilkan dari pembangkit uap yang terdiri dari boiler yang dilengkapi dengan reaktor nuklir sebagai pemanas. Perbedaan antara PLTN tipe *BWR* dan *PWR* ditunjukkan seperti pada Gambar 2 dan 3 dibawah ini.



Gambar 1 :Perbandingan sistem pembangkit uap (*Steam Generator*). Pada pembangkit listrik konvensional dan PLTN



Gambar 2 : PLTN tipe *BWR*



Gambar 3 : PLTN tipe PWR

Dampak Lingkungan Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Fossil

Dampak terhadap Sumber Daya Alam (SDA)

Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik maka akan dibutuhkan pembangunan pembangkit yang lebih banyak sehingga akan berakibat pada eksploitasi SDA yang semakin meningkat. Hal ini akan berdampak pada menurunnya cadangan SDA yang ada.

Sumber daya energi khususnya yang tidak terbarukan seperti minyak, gas, batu-bara (energi fosil) semakin lama akan terus berkurang sesuai dengan pemakaian yang terus meningkat. Hal ini akan menimbulkan krisis energi dikemudian hari khususnya untuk generasi yang akan datang. Data cadangan energi terbukti di Indonesia menunjukkan bahwa energi minyak tinggal 10 th, Gas 30 th, dan Batu-bara 146 tahun, dengan asumsi cadangan terbukti tetap dan tidak ada peningkatan produksi seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Ini berarti bahwa setelah kurun waktu tersebut maka mau tidak mau Indonesia harus mengimpor sumber energi dari luar

Tabel 1 : Cadangan Energi Fosil di Indonesia th 2005⁵⁾

Energi	Total Cadangan	Cadangan Terbukti	Produksi	Perbandingan
Minyak	9,6 Milyar bbl	5 Milyard bbl	0,5 Milyard bbl	23 tahun
Gas	170 TSCF	87 TSCF	2,9 TSCF	62 tahun
Batubara	38 Milyar Ton	6.5 Milyard Ton	73 Juta Ton	146 tahun

Kebijakan diversifikasi energi primer yang selama ini telah dilakukan khususnya terhadap ketergantungan akan minyak bumi telah menurunkan konsumsi pemakaian minyak dari 88% pada tahun 1970 menjadi 57,2% pada tahun 2000. Namun demikian diversifikasi ini masih mengandalkan sumber energi fosil yang lain yakni penggunaan gas

dan batubara yang mulai diintensifkan hingga meningkat dari 6% menjadi 27,2% untuk gas dan 1% menjadi 10,1 % untuk batubara pada kurun waktu tersebut. ⁴⁾ Hal ini tentunya juga akan mengurangi keterbatasan cadangan energi gas dan batubara yang ada.

Penggunaan bahan bakar nuklir relatif sangat kecil dibandingkan penggunaan bahan bakar batubara maupun bahan bakar fosil yang lain untuk pembangkit listrik dengan daya yang sama. Selain itu dari sisi operasional kelebihan pembangkit tenaga nuklir adalah dapat dioperasikan terus menerus selama satu tahun tanpa mengganti dengan bahan bakar yang baru. Dengan demikian akan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam yang ada.

Dampak Terhadap Lingkungan

Gas CO₂

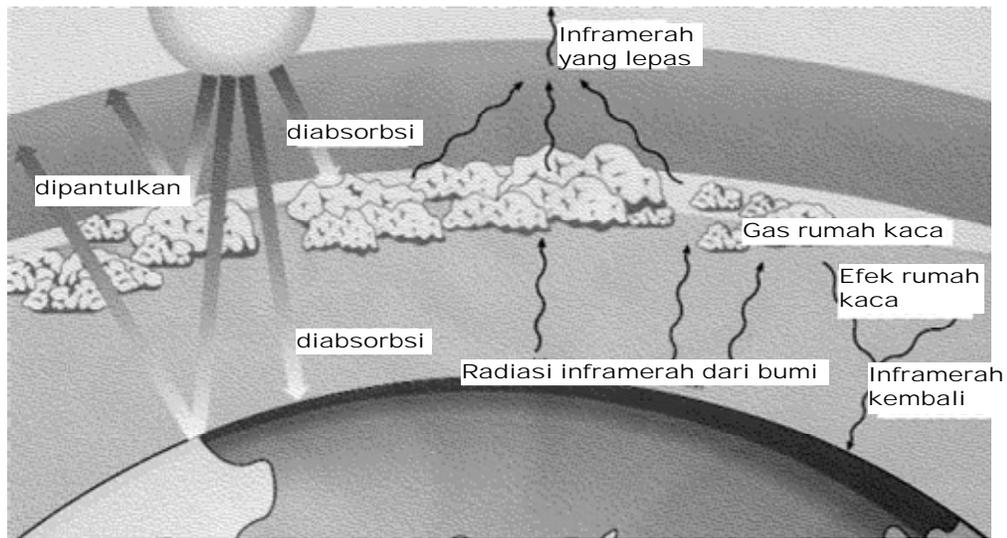
Limbah gas CO₂ yang dihasilkan dari suatu pembangkit listrik fosil adalah Gas CO₂ yang merupakan salah satu golongan gas rumah kaca (ditunjukkan pada Gambar 4). Efek gas rumah kaca ini akan menyebabkan radiasi sinar infra merah dari bumi akan kembali ke permukaan bumi karena tertahan oleh gas rumah kaca. Hal ini lah yang menyebabkan terjadinya pemanasan global pada bumi (ditunjukkan pada Gambar 5).



Gambar 4 : Limbah Gas/Aerosol PLTU Tanjung Jati I di Jepara

Pemanasan global pada bumi ini akan menimbulkan dampak turunan yang lebih panjang yakni mencairnya gunung-gunung es di kutub, meningkatnya suhu permukaan bumi, meningkatnya suhu air laut, menungkatnya tinggi permukaan laut, kerusakan pantai karena meningkatnya abrasi laut, dan hilangnya pulau-pulau kecil karena abrasi air laut.

Data tahun 2002 menunjukkan suhu permukaan bumi di dunia naik sekitar $(0,6 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$ selama 100 tahun terakhir (IPCC, 2002). Tinggi air permukaan laut di seluruh dunia telah meningkat 10-25 cm atau sekitar 1-2 mm/tahun selama abad 20 (IPCC, 2002). Untuk Indonesia sendiri dampak yang paling jelas dirasakan adalah adanya kenaikan suhu bumi yang mencapai $0,54^{\circ}\text{C}$ dari tahun 1950-2000, sedangkan untuk Jakarta pada Februari 2007 suhu udara mengalami kenaikan yang biasanya normal $30-33^{\circ}\text{C}$ menjadi 37°C (Kompas, 2 Juni 2007) 3)



Gambar 5 : Ilustrasi terjadinya efek gas rumah kaca

Gas SO_2 dan NO_x

Gas Sulfur Oksida (SO_2) dan Nitrogen Oksida (NO_x) adalah termasuk limbah gas yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Fosil. Dua jenis limbah ini merupakan sumber deposisi asam. Mekanisme reaksi terjadinya deposisi asam adalah sebagai berikut :

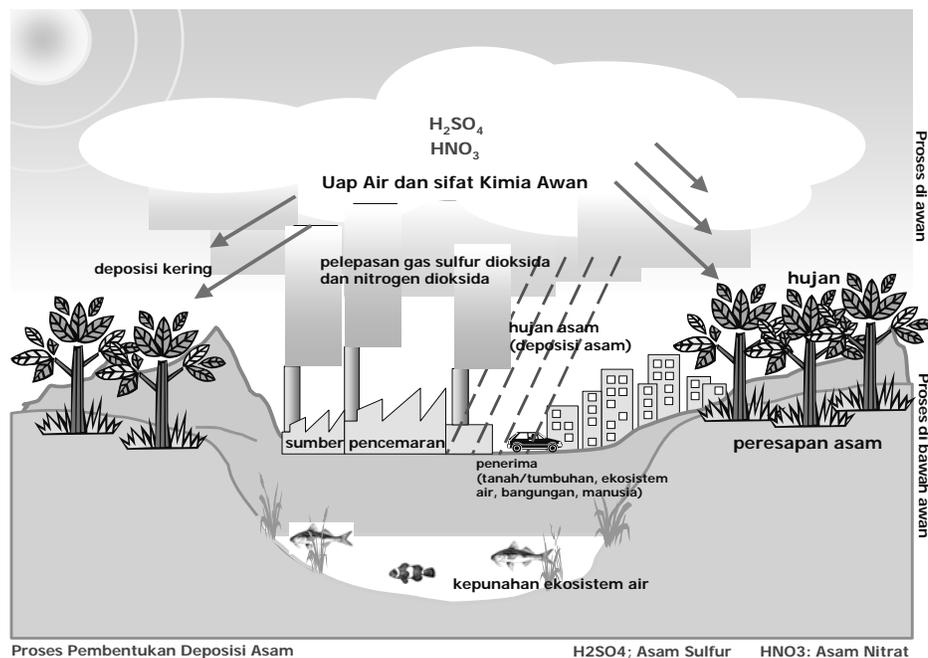


Pencemar yang bersifat asam ini akan turun dari atmosfer ke permukaan bumi dengan cara basah dan kering yang disebut dengan deposisi basah dan deposisi kering. Deposisi basah terjadi jika zat yang bersifat asam larut melalui air hujan, salju, dan kabut sebelum turun ke permukaan bumi. Deposisi kering terjadi jika zat yang bersifat asam berupa butiran-butiran halus yang diterbangkan oleh angin kemudian turun ke bumi seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Dampak dari deposisi asam ini sangat luas yakni terhadap makhluk hidup, vegetasi dan struktur bangunan seperti pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2 : Dampak Deposisi Asam

Dampak terhadap :	Keterangan
Makhluk Hidup	<ul style="list-style-type: none"> • Punahnya beberapa jenis ikan • Mengganggu siklus makanan • Mengganggu pemanfaatan air untuk air minum, perikanan, pertanian • Menimbulkan masalah pada kesehatan pernafasan dan iritasi kulit
Vegetasi	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan keseimbangan nutrisi dalam tanah • Mengganggu pertumbuhan tanaman • Merusak tanaman • Menyuburkan pertumbuhan jamur madu yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman (menjadi layu)
Stuktur Bangunan	<ul style="list-style-type: none"> • Melarutkan Kalsium Karbonat pada beton, lantai marmer • Melarutkan tembaga dan baja • Mempercepat korosi pada pipa saluran air • Mengikis bangunan candi dan patung



Gambar 6 : Disposisi Asam oleh Sulfur Oksida dan Nitrogen Oksida.

Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Nasional

Mengingat situasi penyediaan (*supply*) energi konvensional dimasa mendatang semakin tidak seimbang dengan kebutuhan (*demand*), maka opsi nuklir dalam perencanaan sistem energi nasional jangka panjang merupakan salah satu solusi yang diharapkan dapat mengurangi tekanan dalam masalah penyediaan energi khususnya listrik di Indonesia.

Beberapa hal yang masih menjadi ganjalan dalam program PLTN di Indonesia adalah masih adanya isu dimasyarakat yang menyebabkan kekhawatiran dan keraguan dalam menuju era nuklir di Indonesia. Beberapa isu penting yang sering muncul dikalangan masyarakat tersebut adalah permasalahan yang berkaitan dengan:

1. Keselamatan PLTN
2. Penanganan limbah nuklir
3. Dampak radiasi terhadap lingkungan.

Konsep sistem keselamatan yang dianut dalam PLTN untuk menjaga agar zat radioaktif yang terkandung didalam reactor tidak menyebar kelingkungannya adalah konsep Pertahanan Berlapis (*defence in depth*). Konsep pertahanan berlapis ini adalah:

1. Pencegahan timbulnya kondisi abnormal.

Sebagai pertahanan lapis pertama, yaitu “pencegahan kondisi abnormal yang harus diimplementasikan sejak perancangan system dan komponen”. Sistem dan komponen reaktor harus memenuhi prosedur administrasi dan jaminan kualitas. Untuk mencegah terjadinya kesalahan operasi dan prosedur yang membawa pengaruh sangat besar pada keselamatan reaktor harus digunakan material yang berkualitas tinggi dan andal, sehingga dapat diwujudkan sistem fail-safe dan system interlock.

Yang disebut fail-safe adalah jika sistem mengalami kerusakan sebagian, system pengaman akan bekerja otomatis. Contoh pada system batang kendali yang jika terjadi abnormalitas maka akan bergerak secara otomatis dengan gaya gravitasi.

Sedangkan yang disebut dengan sistem interlock adalah sistem yang dapat secara otomatis mengunci untuk mencegah suatu tindakan seorang operator yang dapat menyebabkan kondisi abnormal/kecelakaan.

2. Pencegahan berkembangnya kondisi abnormal menjadi kecelakaan.

Sebagai pertahanan keselamatan lapis kedua, yaitu ” pencegahan berkembangnya kondisi abnormal menjadi kecelakaan”. Ini berarti kondisi abnormal harus dicegah perkembangannya, misalnya menemukan abnormalitas secara cepat, dan jika telah terjadi kondisi abnormal, agar tidak berkembang lebih jauh harus dilakukan perlakuan khusus, misalnya reaktor harus dimatikan. Sebagai contoh kasus misalnya oleh karena suatu sebab tekanan didalam reaktor meningkat dengan tiba-

tiba, harus segera dilakukan pemeriksaan segera dan secara otomatis batang kendali disisipkan kedalam teras reaktor, sehingga reaktor dipaksa untuk berhenti.

3. Pencegahan pelepasan zat radioaktif ke lingkungan.

Sebagai pertahanan lapis ke *TIGa*, yaitu “pencegahan pelepasan zat radioaktif ke lingkungan”. Ini berarti jika terjadi kecelakaan yang sama sekali tidak terduga, lingkungan tidak boleh terkontaminasi oleh zat radioaktif bahkan jangan sampai terjadi anomali radioaktifitas pada lingkungan.

Hal ini dapat terjadi dengan adanya sistem pendingin darurat, pengungkung/bejana reaktor yang mencegah dan menghambat pelepasan zat hasil fisi ke lingkungan.

Dalam pencegahan terhadap penyebaran zat radioaktif ke lingkungan pada PLTN terdapat sistem penghalang ganda (*multiple barrier*). Masing-masing penghalang tersebut adalah :

1. Pelet/ pil bahan bakar. Perlakuan khusus dilakukan terhadap pelet bahan bakar sedemikian rupa sehingga dapat menahan zat radioaktif hasil-hasil fisi agar tetap berada dalam pelet.
2. Kelongsong bahan bakar. Pipa kelongsong bahan bakar dirancang agar dapat menahan zat radioaktif yang keluar dari pellet bahan bakar, terutama zat radioaktif dalam bentuk gas.
3. Penampung air pendingin. Zat radioaktif yang terlepas dari kelongsong, terutama pada kondisi operasi abnormal, akan terlarut dalam air pendingin. Tetapi zat ini akan tetap terhalang untuk keluar dari pendingin karena adanya sistem penampungan air pendingin berupa pipa, bejana, dan lain sebagainya.
4. Gedung pengungkung reaktor. Apabila dalam suatu kondisi, zat radioaktif dapat keluar dari penghalang ke *TIGa*, maka zat tersebut masih tetap terjaga dan berada dalam struktur gedung pengungkung yang biasanya mempunyai tekanan udara yang dijaga agar selalu lebih rendah dari pada tekanan udara dilingkungan sekitarnya.
5. Daerah/zona eksklusif. Disekitar PLTN terdapat daerah/zona yang kosong dan tidak dihuni penduduk. Radius zona eksklusif ini telah diperhitungkan secara seksama seaman mungkin. Dengan demikian apabila terdapat zat radioaktif yang terlepas dari pengungkung gedung reaktor, maka zat tersebut tetap berada pada zona eksklusif yang tidak berpenduduk. Dengan demikian tidak terjadi dampak langsung terhadap masyarakat disekitar PLTN jika terjadi pelepasan zat radioaktif dari pertahanan lapis ke empat.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa secara umum keselamatan reaktor menduduki standard yang paling tinggi.

Limbah radioaktif/limbah nuklir pada dasarnya akan mengalami peluruhan dengan memancarkan radiasi yang secara berangsur-angsur akan turun dengan sendirinya. Teknologi pengolahan limbah radioaktif telah diterapkan dengan prinsip pengurangan volume, imobilisasi dengan sementasi dan penyimpanan lestari di tempat yang aman dengan sistem pengungkung radiasi. Limbah radio aktif dari PLTN yang berupa bahan bakar bekas hanya muncul dalam waktu yang lama +/- 1 tahun sehingga penanganannya lebih efisien.

Hasil Riset di Amerika dengan judul “ Radiological Impact of Airborne Effluents of Coal and Nuclear Plants” oleh JP. McBride, RE. More, dan lain-lain menyimpulkan bahwa

1. Dampak radiasi masyarakat yang tinggal dekat PLTU batubara menerima dosis paparan radiasi yang lebih tinggi dari pada yang tinggal dekat PLTN
2. Kandungan Thorium dalam batubara 2,5 kali lebih besar dari Thorium dalam Uranium
3. Populasi Doses Equivalen Efektif pada PLTU 100 kali dari pada PLTN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bahaya radiasi PLTN dalam kondisi operasi normal sangatlah tidak berarti dan tidak perlu dikhawatirkan karena lebih aman dari pada PLTU yang sudah banyak beroperasi di Indonesia.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat sesuai dengan perkembangan industri dan hasil kajian menunjukkan bahwa pada tahun 2025 akan menjadi 4 kali lipat dibanding pada tahun 2000
2. Energi fosil merupakan energi yang tak terbarukan, dan dalam penggunaannya sebagai sumber energi listrik akan memiliki dampak terhadap sumber daya dan lingkungan.
3. Menipisnya cadangan sumber daya, dampak pemanasan global, hujan asam, dan dampak-dampak turunan yang lain seperti gelombang pasang, perubahan iklim, kerusakan lingkungan, sampai melonjaknya harga minyak dan lain-lain akan menjadi permasalahan serius dimasa mendatang.
4. PLTN menjadi salah satu solusi dan mempunyai prospek sebagai sumber energi listrik dimasa mendatang untuk mencegah dan mengurangi dampak penggunaan energi fosil.

DAFTAR PUSTAKA

1. JUPITER SITORUS PANE, "Siapakah Kita Memasuki Era Energi Nuklir" , Makalah Falsafah Sains (PPs 702), Program Pasca Sarjana / S3, Institut Pertanian Bogor, 2002
2. SOEDYARTOMO SOENTONO, Dr, M.Sc., "Opsi Nuklir Dan Keselamatan PLTN" Seminar Nasional Ke IX Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, Jakarta, 2003.
3. IDA NURYATIN FINAHARI, "Potensi, Dampak dan Pengendalian Emisi gas CO₂ Dari pembangkit Listrik Berbahan Baker Fosil" Presentasi Ilmiah Peneliti Madya, Batan , Jakarta, 2007
4. ARNOLD Y. SUTRISNANTO, Dr.. "Rencana Umum Ketenagalistrikan Dan Peran Energi Nuklir di Bidang Kelistrikan Nasional", Diklat Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, Jakarta, 2006
5. ADIWARDoyo, Ir., "Prospek PLTN Dalam Penyediaan Energi Nasional, Presentasi Ilmiah daur Bahan bakar nuklir, Jakarta, 1996
6. GATOT SUHARIYONO, SUTARMAN, "Konsekuensi Pengoperasian Tenaga nuklir Terhadap Lingkungan", Seminar Nasional Ke IX Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir, Jakarta, 2003.
7. EDWAREN LIUN, ARNOLD Y.S., ADIWARDoyo, "Peranan PLTN Dalam Pengurangan Dampak Lingkungan Sistem Energi Di Pulau Jawa", Seminar Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir-IV, Serpong, 1996