



Lecture Presentation

NUCLEAR CHEMISTRY & RADIOCHEMISTRY

By :

NANIK DWI NURHAYATI, S.Si, M.Si

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran bab ini diharapkan mahasiswa mampu :

- Mendeskripsikan reaktor nuklir
- Mengklasifikasikan tipe-tipe reaktor nuklir
- Menyebutkan komponen-komponen reaktor nuklir
- Mendeskripsikan PLTN dan prospeknya
- Menjelaskan metode penanganan limbah radioaktif

- Apakah reaktor nuklir itu?
- Ada berapa jenis reaktor nuklir?
- Apa saja komponen dalam reaktor nuklir?

- Bagaimana prinsip kerja reaktor nuklir?
- Apa yang anda ketahui tentang PLTN dan prospeknya di Indonesia?
- Bagaimana cara penanganan limbah radioaktif?

- Reaktor menurut arti sesungguhnya adalah tempat berlangsungnya reaksi.
- Jenis dan fungsi reaktor nuklir bergantung pada tujuan pemanfaatan hasil reaksi, seperti
 - 1. PLTN,
 - 2. Produksi radionuklida,
 - 3. Radiografi neutron,
 - 4. Analisis aktivasi neutron dan
 - 5. Berbagai eksperimen dengan hamburan neutron.

Berdasarkan proses reaksinya, reaktor dibedakan menjadi :

1. REAKTOR KIMIA,

Apabila yang terjadi di dalamnya adalah reaksi kimia (tidak ada perubahan massa selama reaksi dan hanya berubah dari satu bahan ke bahan lain).

Ada beberapa macam :

- a. Reaktor Batch, Misalnya reaktor fermentasi alkohol
- b. Reaktor Kontinyu,
reaktor pada pabrik pupuk, pabrik kertas, dll.

2. REAKTOR BAKAR (TUNGKU)

Apabila proses yang terjadi di dalamnya adalah reaksi pembakaran.


Misalnya reaktor pada pabrik baja atau tungku perajin logam.

3. REAKTOR NUKLIR

Apabila proses yang terjadi di dalamnya adalah reaksi nuklir.

REAKTOR NUKLIR

- Reaktor nuklir pertama kali dibangun oleh Enrico Fermi pada tahun 1942 di Universitas Chicago.
- Reaktor nuklir adalah suatu alat untuk mengendalikan reaksi fisi berantai dan sekaligus menjaga kesinambungan reaksi.
- Reaktor nuklir adalah tempat terjadinya reaksi inti berantai terkendali, baik pembelahan inti (fisi) atau penggabungan inti (fusi).
- Reaktor nuklir ditetapkan sebagai “alat yang menggunakan materi nuklir sebagai bahan bakarnya”.

- 
- Materi fisi yang digunakan sebagai bahan bakar misalnya Uranium, Plutonium, dll.
 - Secara umum, reaktor nuklir adalah tempat berlangsungnya reaksi nuklir yang terkendali.
 - Untuk mengendalikan operasi dan menghentikannya digunakan bahan penyerap neutron yang disebut “batang pengendali”.

KLASIFIKASI REAKTOR NUKLIR

Klasifikasi jenis-jenis reaktor nuklir dibedakan berdasarkan :

1. Fungsi/kegunaannya,
2. Tenaga neutron dan nama komponen serta
3. Parameter operasinya.

.

Fungsi reaktor fisi dibedakan menjadi dua, yaitu *reaktor penelitian* dan *reaktor daya*.

1. Reaktor Penelitian

Pemanfaatan neutron hasil pembelahan reaksi nuklir untuk berbagai penelitian dan iradiasi serta produksi radioisotop.

Panas yang ditimbulkan dirancang sekecil mungkin sehingga panas tersebut dapat dibuang ke lingkungan.

Pengambilan panas pada reaktor penelitian dilakukan dengan sistem pendingin, yang terdiri dari sistem pendingin primer dan sistem pendingin sekunder.

2. Reaktor Daya

- Reaktor daya adalah reaktor yang digunakan untuk menghasilkan daya listrik, biasa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).
- Pada reaktor daya, yang dimanfaatkan adalah Panas yang timbul dari pembelahan dimanfaatkan untuk menghasilkan uap yang bersuhu dan bertekanan tinggi untuk memutar

3. Reaktor Produksi Isotop .

Reaktor ini kadang-kadang digolongkan juga ke dalam reaktor riset.

- Ditinjau dari tenaga netron yang melangsungkan reaksi pembelahan, reaktor dibedakan menjadi :
 1. Reaktor cepat : GCFBR, Liquid Metal Fast Breeder Reactor (LMFBR), SCFBR.
 2. Reaktor thermal : PWR, BWR, PHWR, GCR.

- Berdasarkan parameter Operasinya antara lain :
 1. Reaktor berreflektor grafit : Gas Cooled Reactor (GCR), AGCR.
 2. Reaktor berpendingin air ringan : PWR, BWR.
 3. Reaktor suhu tinggi : HTGR
- Masih banyak nama atau jenis reaktor lainnya.

Reaktor Fisi


- Reaktor fisi merupakan instalasi yang menghasilkan daya panas secara konstan dengan memanfaatkan reaksi fisi berantai.
- Istilah ini dibedakan dengan reaktor fusi yang memanfaatkan panas dari reaksi fusi.
- Dimungkinkan adanya reaktor yang memadukan kedua jenis tersebut (reaktor hibrid).

Reaktor Fusi

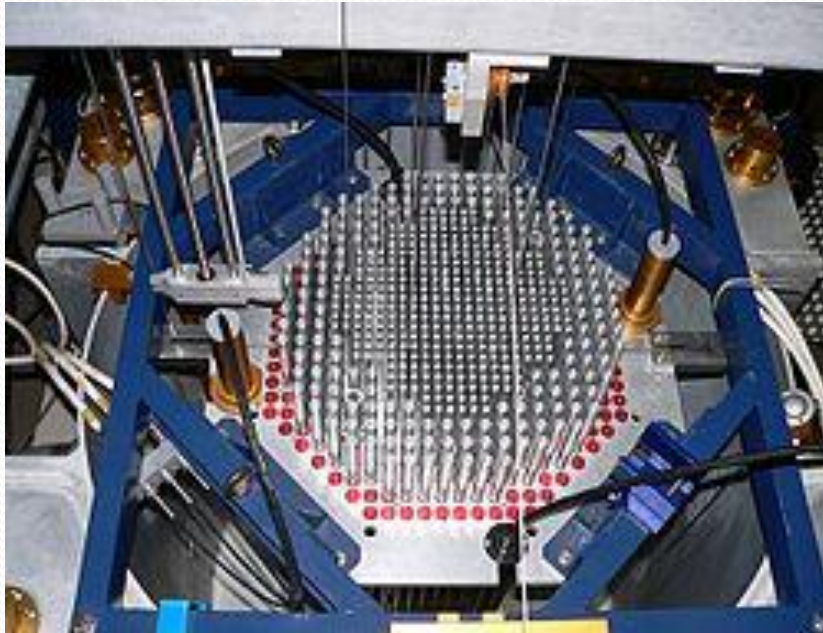
- Reaktor fusi adalah suatu instalasi untuk mengubah energi yang terjadi pada reaksi fusi menjadi energi panas atau listrik yang mudah dimanfaatkan.
- Reaksi fusi merupakan reaksi penggabungan inti atom ringan, misalnya reaksi antara deuterium dan tritium.

KOMPONEN REAKTOR

- Reaktor nuklir pertama kali dibangun oleh Enrico Fermi pada tahun 1942 di Universitas Chicago.
- Hingga saat ini telah ada berbagai jenis dan ukuran reaktor nuklir.
- Semua reaktor atom tersebut memiliki lima komponen dasar yang sama, yaitu:
 1. **Elemen bahan bakar,**
 2. **Moderator neutron,**
 3. **Batang kendali,**
 4. **Pendingin dan**
 5. **Perisai beton**

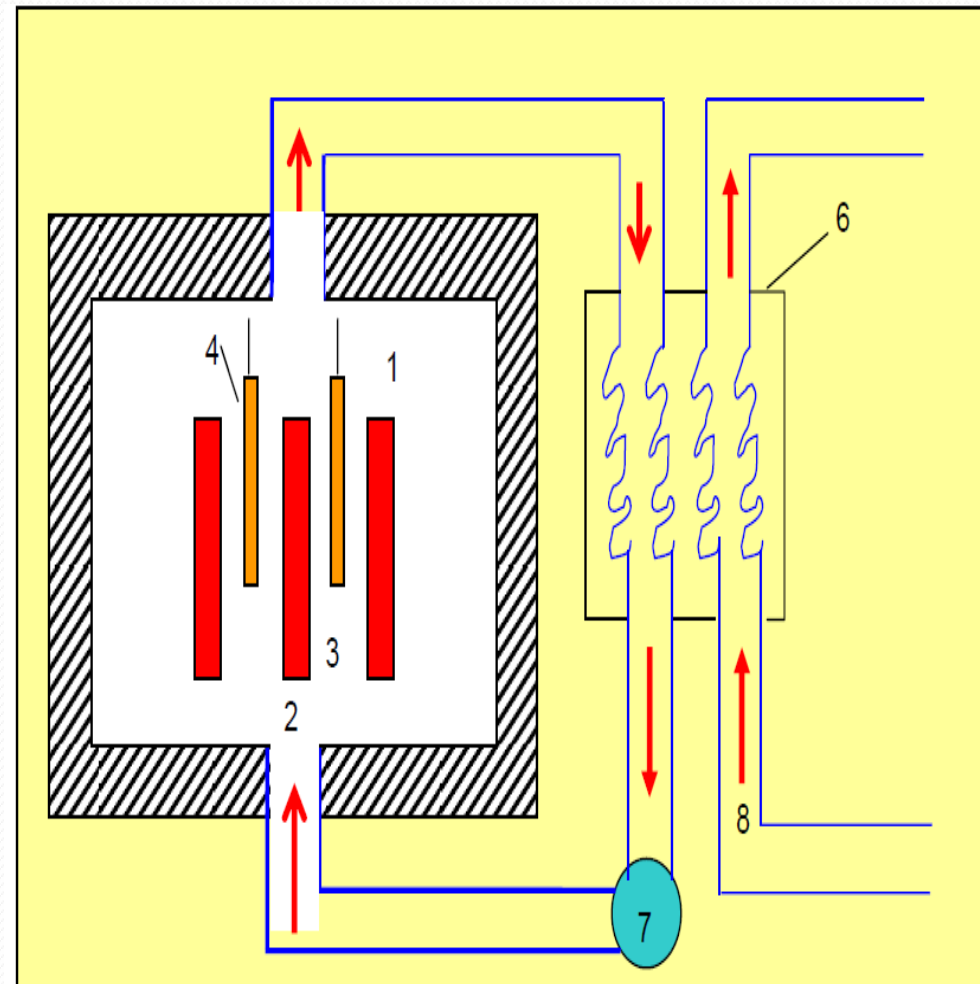
- 
6. Reflektor : untuk mengendalikan laju pembelahan.
 7. Perangkat bejana dan perisai reaktor.
 8. Perangkat penukar panas.
- Komponen No. 1 s/d 6 berada pada suatu lokasi yang disebut “Teras Reaktor”, yaitu suatu tempat dimana reaksi berantai tersebut berlangsung.

Teras reaktor kecil yang digunakan untuk penelitian



1. Elemen Bahan Bakar
2. Moderator Neutron
3. Refketor
4. Batang Kendali
5. Pendingin
6. Perisai Beton
7. Bhn Struktur

Reaktor Nuklir



1. Bahan Bakar Nuklir

- Terdapat dua jenis bahan bakar nuklir, yaitu :
 - a. Bahan Fisil : suatu unsur/atom yang langsung dapat memberikan reaksi pembelahan apabila dirinya menangkap neutron. Contoh : ${}_{92}\text{U}^{233}$, ${}_{92}\text{U}^{235}$, ${}_{94}\text{Pu}^{239}$, ${}_{94}\text{Pu}^{241}$
 - b. Bahan Fertile : suatu unsur/atom yang setelah menangkap neutron tidak dapat langsung membelah, tetapi membentuk bahan fisil. Contoh : ${}_{90}\text{Th}^{232}$, ${}_{92}\text{U}^{238}$

2. Bahan Moderator

Syarat bahan moderator :

- atom dengan nomor massa kecil.
- memiliki tampang lintang serapan neutron (keboleh-jadian menyerap neutron) yang kecil.
- Memiliki tampang lintang hamburan yang besar.
- Memiliki daya hantar panas yang baik.
- Tidak korosif.

Contoh : H_2O , D_2O , grafit, berilium, dll.

3. Pendingin Reaktor

- Pendingin reaktor berfungsi sebagai sarana pengambilan panas hasil fisi dari dalam elemen bakar untuk dipindahkan /dibuang ke tempat lain/lingkungan melalui perangkat penukar panas.
- Bahan yang baik sebagai pendingin adalah fluida yang koefisien perpindahan panasnya sangat bagus, memiliki tampang lintang serapan neutron yang kecil, dan tampang lintang hamburan yang besar serta tidak korosif. Contoh : H₂O, D₂O, Na cair, gas He dll.

4. Batang Kendali Reaktor

- Batang kendali berfungsi sebagai pengendali jalannya operasi reaktor agar laju pembelahan/populasi neutron di dalam teras reaktor dapat diatur sesuai dengan kondisi operasi yang dikehendaki.
- Selain itu, juga berfungsi untuk memadamkan reaktor/menghentikan reaksi pembelahan.
- Bahan batang kendali : Boron, Cadmium, Gadolinium, dll.

5. Perangkat Detektor

- Detektor adalah komponen penunjang yang mutlak diperlukan di dalam reaktor nuklir.
- Semua informasi tentang kejadian fisis di dalam teras reaktor, yang meliputi popularitas neutron, laju pembelahan, suhu dan lain-lain hanya dapat dilihat melalui detektor yang dipasang di dalam teras.

6. Reflektor

- Neutron yang keluar dari pembelahan bahan fisil, berjalan dengan kecepatan tinggi ke segala arah. Karena tidak bermuatan listrik maka gerakan neutron tsb bebas menembus medium dan tidak berkurang bila tidak menumbuk inti atom medium.
- Sebagian neutron tsb dapat lolos keluar teras reaktor, atau hilang dari sistem. Kondisi demikian merugikan.
- Contoh : Berilium, Grafit, Parafin, H₂O, D₂O.

7. Bejana dan Perisai Reaktor

- Bejana/tangki reaktor berfungsi untuk menampung fluida pendingin agar teras reaktor selalu terendam di dalamnya.
- Bejana tsb harus kuat menahan beban dan tidak korosif bila berinteraksi dengan pendingin atau benda lain di dalam teras.
- Contoh bahan bejana reaktor : Aluminium dan Stainless stell.
- Perisai reaktor berfungsi untuk menahan/menghambat/menyerap radiasi yang lolos dari teras reaktor agar tidak menerobos keluar sistem reaktor.
- Pada umumnya perisai yang digunakan adalah lapisan beton berat.

8. Perangkat Penukar Panas

- Perangkat penukar panas (Heat Exchanger) merupakan komponen penunjang yang berfungsi sebagai sarana pengalihan panas dari pendingin primer, yang menerima panas dari elemen bakar, untuk diberikan pada fluida pendingin yang lain (sekunder).
- Dengan sistem pengambilan panas tsb maka integritas komponen teras akan selalu terjamin.
- Pada jenis reaktor tertentu, terutama PLTN heat exchanger juga berfungsi sebagai fasilitas pembangkit uap.

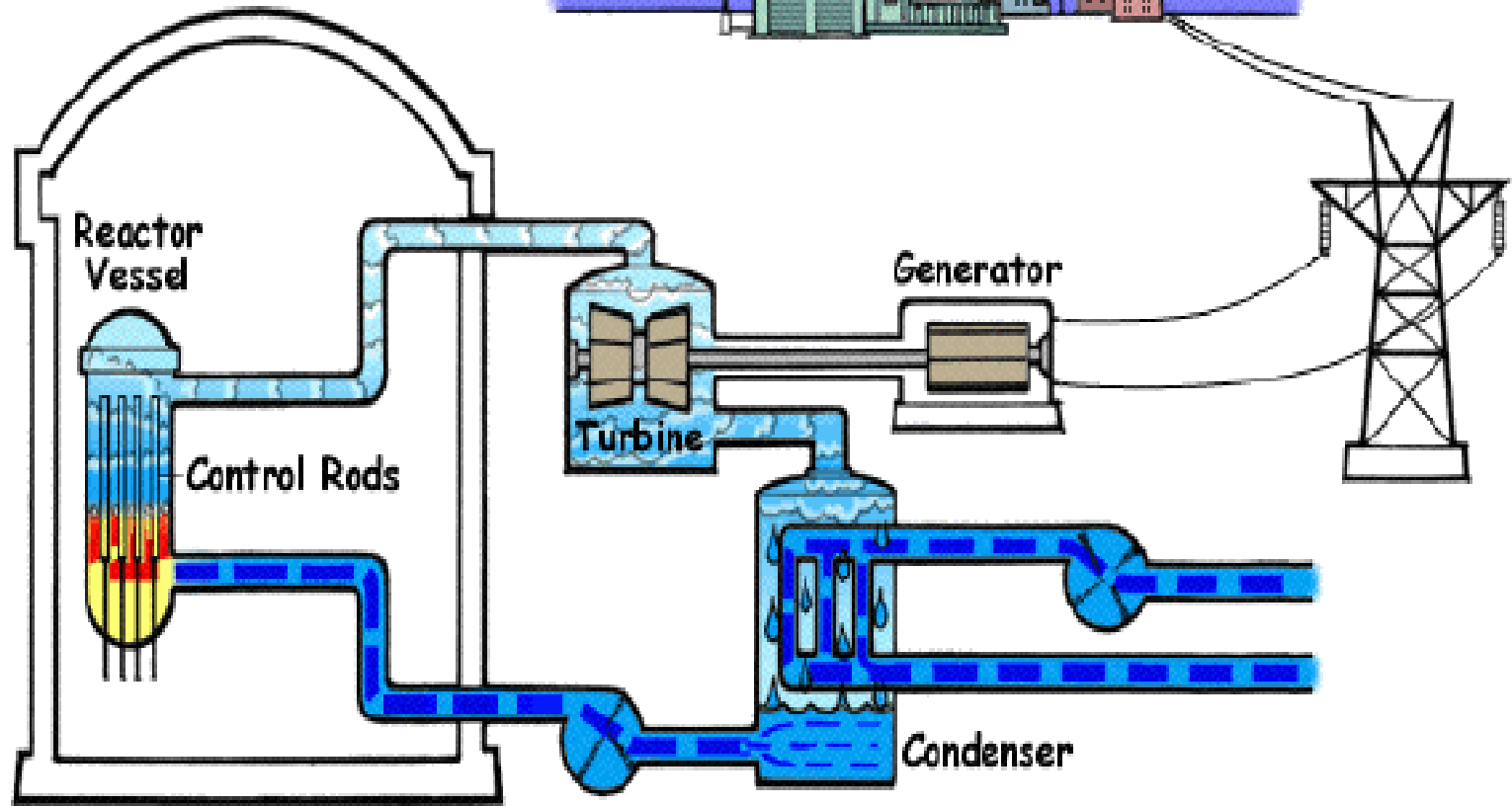
SiSTeM KeSeLaMaTaN

- Sistem keselamatan operasi reaktor terutama ditujukan untuk menghindari bocornya radiasi dari dalam teras reaktor.
- Sistem keselamatan reaktor dirancang mampu menjamin agar unsur-unsur radioaktif di dalam teras reaktor tidak terlepas ke lingkungan, baik dalam operasi normal atau waktu ada kejadian yang tidak diinginkan.
- Kecelakaan terparah yang diasumsikan dapat terjadi pada suatu reaktor nuklir adalah hilangnya sistem pendingin teras reaktor.
- Peristiwa ini dapat mengakibatkan pelelehan bahan bakar sehingga unsur-unsur hasil fisi dapat terlepas dari kelongsong bahan bakar, dapat mengakibatkan unsur hasil fisi tersebar ke dlm ruangan penyungkup reaktor.
- Agar unsur-unsur hasil fisi tetap dalam keadaan terkungkung, maka reaktor nuklir memiliki sistem keamanan yang ketat dan berlapis-lapis.
- Karena digunakan sistem berlapis, maka sistem pengamanan ini dinamakan **penghalang ganda**.

PLTN BWR ...

- Reaktor tipe ini menggunakan air (H_2O) sebagai pendingin dan moderator.
- Moderator adalah medium untuk memperlambat kecepatan partikel neutron cepat.
- Air pendingin digunakan untuk mengambil panas yang dihasilkan dalam teras reaktor (*reactor core*) sehingga temperatur air akan naik.
- Temperatur air dibiarkan meningkat shg mencapai titik didih.
- Uap yang dihasilkan pada proses pendidihan air kemudian disalurkan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator listrik.

Containment Structure



LIMBAH RADIOAKTIF...

Limbah radioaktif merupakan hasil samping dari kegiatan pemanfaatan teknologi nuklir.

Dalam limbah radioaktif ini terdapat unsur-unsur radioaktif yang masih memancarkan radiasi. Limbah radioaktif tidak boleh dibuang ke lingkungan karena radiasi yang dipancarkan berpotensi memberikan efek merugikan terhadap kesehatan manusia.

Program pengelolaan limbah radioaktif ditujukan untuk menjamin agar tidak seorang pun akan menerima paparan radiasi melebihi nilai batas yangizinkan.

Terdapat hal-hal unik yang menguntungkan dalam rangka pengelolaan limbah radioaktif:

1. Sifat fisika dari zat radioaktif yang selalu meluruh menjadi zat stabil (tidak radioaktif lagi). Karena terjadi peluruhan, maka jumlah zat radioaktif akan selalu berkurang oleh waktu. Sifat ini sangat menguntungkan karena cukup hanya dengan menyimpan secara aman, zat radioaktif sudah berkurang dengan sendirinya.
2. Sebagian besar zat radioaktif yang terbentuk dalam teras reaktor nuklir umumnya memiliki waktu paro yang sangat pendek, mulai orde beberapa detik hingga beberapa hari. Hal ini menyebabkan peluruhan zat radioaktif yang sangat cepat yang berarti terjadi pengurangan volume limbah yang sangat besar dalam waktu relatif singkat.

PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF

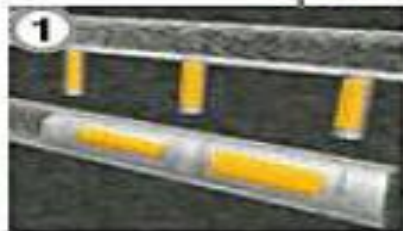
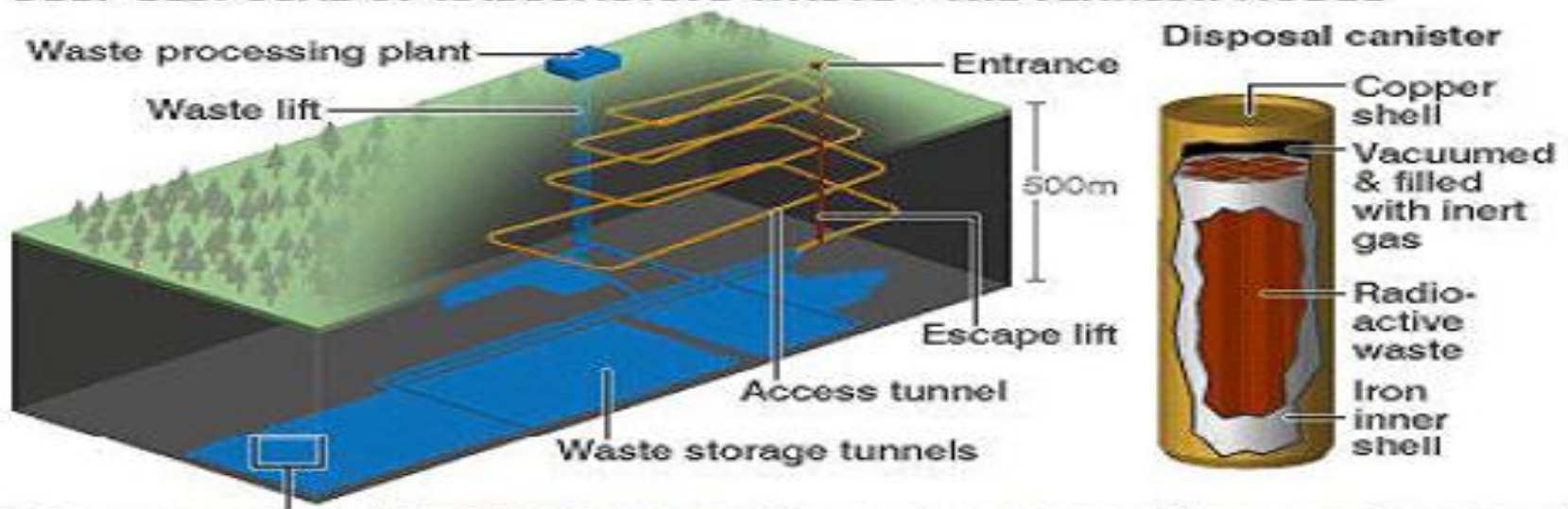
Pengelolaan limbah radioaktif yang lazim dilakukan meliputi tiga pendekatan pokok bergantung besar kecilnya volume limbah, tinggi rendahnya aktivitas zat radioaktif serta sifat-sifat fisika dan kimia limbah tersebut.

Tiga pendekatan pokok itu meliputi :

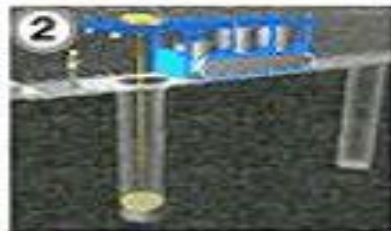
1. Limbah radioaktif dipekatkan dan dipadatkan yang pelaksanaannya dilakukan di dalam wadah khusus untuk selanjutnya disimpan dalam waktu yang cukup lama. Cara ini efektif untuk pengelolaan limbah radioaktif cair yang mengandung zat radioaktif beraktivitas sedang atau tinggi.
2. Limbah radioaktif disimpan dan dibiarkan meluruh dalam tempat penyimpanan khusus sampai aktivitasnya sama dengan aktivitas zat radioaktif lingkungan. Cara ini efektif jika dipakai untuk pengelolaan limbah radioaktif cair/padat yang beraktivitas rendah dan berwaktu paroh pendek.
3. Limbah radioaktif diencerkan dan didispersikan ke lingkungan. Cara ini efektif untuk pengelolaan limbah radioaktif cair atau gas beraktivitas rendah.

Nuclear Waste

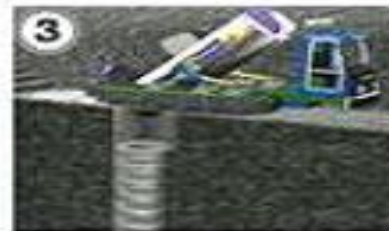
DEEP DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE - THE FINNISH MODEL



Canisters stored vertically/horizontally



Hole drilled in tunnel and lined with clay



Canister transferred from transporter



Canister sunk and hole sealed with clay

Source :John D. Bookstaver,
Chemistry, The Central Science, 10th edition Theodore L. Brown; H. Eugene LeMay, Jr.; and Bruce E. Bursten



TERIMA KASIH