

PERKENALAN

Nama : Ir. Sucipta, M.Si.
Alamat : Kompleks PUSPIPTEK Blok 5 C
No. 6 Serpong/ Setu, Kota
Tangerang Selatan
Kantor : PRTDBBNLR ORTN BRIN
Gd 71 Lt 3 Kawasan PUSPIPTEK
Tangerang Selatan
Pendidikan : S1 Teknik Geologi UGM
S2 Ilmu Lingkungan UGM
Profesi : Peneliti Ahli Utama BATAN
Dosen Prodi PWK FTSP ITI
Asal : Sleman, Yogyakarta
Hobi : Olah Raga dan Seni
Keluarga : 1 istri 2 anak 2 cucu
Telepon : 08121345426



PEMILIHAN TAPAK PENYIMPANAN LESTARI LIMBAH RADIOAKTIF

Sucipta
PRTDBBNLR ORTN BRIN

Guest Lecture
Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

26 September 2022

PEMILIHAN TAPAK PENYIMPANAN LESTARI LIMBAH RADIOAKTIF

RUANG LINGKUP :

- ✓ Pendahuluan
- ✓ Pengelolaan Limbah Radioaktif
- ✓ Kriteria Limbah Radioaktif dan Tipe-tipe Penyimpanan lestari (*Disposal*)
- ✓ Tapak Disposal Limbah Radioaktif
- ✓ Pemilihan Tapak *Disposal*
- ✓ Pengalaman Tapak Disposal di Luar Negeri
- ✓ Potensi Penerapan Disposal di Indonesia

LIMBAH RADIOAKTIF

Limbah radioaktif

adalah zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan lagi (UU No. 10 Tahun 1997 & PP 61 Tahun 2013).

Pasal 2

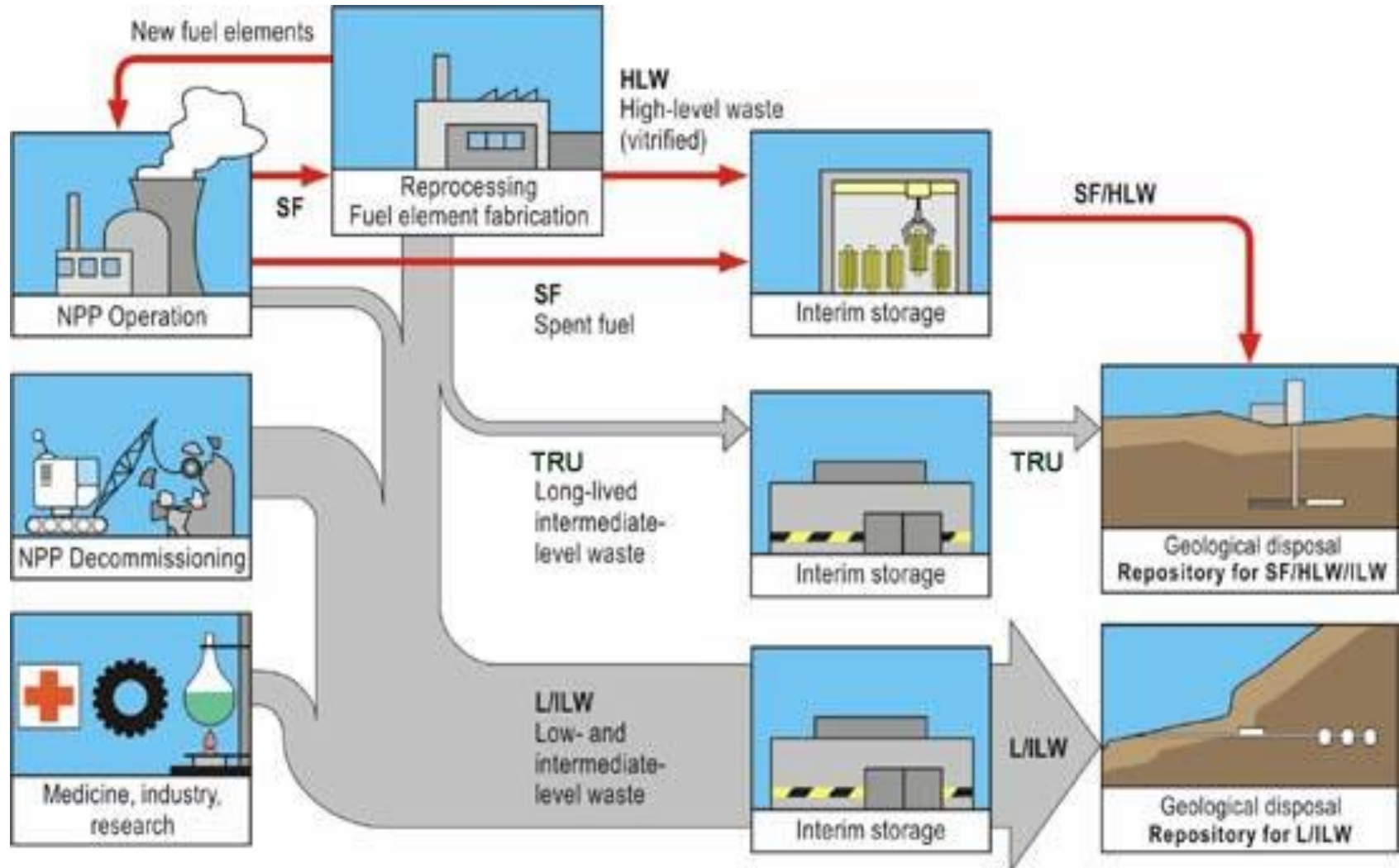
- (1) Limbah Radioaktif diklasifikasikan dalam jenis:
 - a. Limbah Radioaktif tingkat rendah;
 - b. Limbah Radioaktif tingkat sedang; dan
 - c. Limbah Radioaktif tingkat tinggi.
- (2) Limbah Radioaktif tingkat rendah dan tingkat sedang sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dan huruf b berupa:
 - a. zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan;
 - b. zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan; atau
 - c. bahan dan peralatan terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan.
- (3) Limbah Radioaktif tingkat tinggi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf c berupa Bahan Bakar Nuklir Bekas.

PRINSIP PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF

Prinsip –prinsip pengelolaan limbah radioaktif meliputi :

1. Menjamin **kesehatan masyarakat**;
2. Melindungi **kualitas lingkungan hidup**;
3. Menjamin **kesehatan masyarakat** dan perlindungan **lingkungan hidup** di luar batas wilayah RI;
4. Menjamin **keselamatan dan kesehatan** generasi mendatang;
5. **Tidak membebani** generasi mendatang dengan keberadaan limbah radioaktif;
6. Mengupayakan **volume dan aktivitas limbah radioaktif yang dihasilkan sekecil mungkin**;
7. Menetapkan **ketentuan dan peraturan** tentang pengelolaan limbah radioaktif;
8. Melaksanakan **semua tahap pengelolaan limbah radioaktif** mulai dari pengumpulan sampai dengan pembuangan;
9. Menerapkan **sistem keselamatan** pada fasilitas pengelolaan limbah radioaktif mulai dari **penentuan tapak sampai dengan dekomisioning**.

Pengelolaan Limbah Radioaktif



ASAL LIMBAH RADIOAKTIF DI INDONESIA

Radioactive waste in the form of contaminated/ activated material



Generated from R & D on nuclear application in Indonesia



Spent Nuclear Fuel from G.A Siwabessy Research Reactor



There are 245 units of spent nuclear fuel in the pond of ISSF



Disused Sealed Radioactive Sources (DSRS) Category



There are 32 units of DSRS Cat. 1 – 2
2415 units of DSRS Cat. 3 - 5



CONTOH LIMBAH RADIOAKTIF



LRA Cair



LRA Semi Cair



LRA Sumber Bekas



LRA Padat Terkompaksi



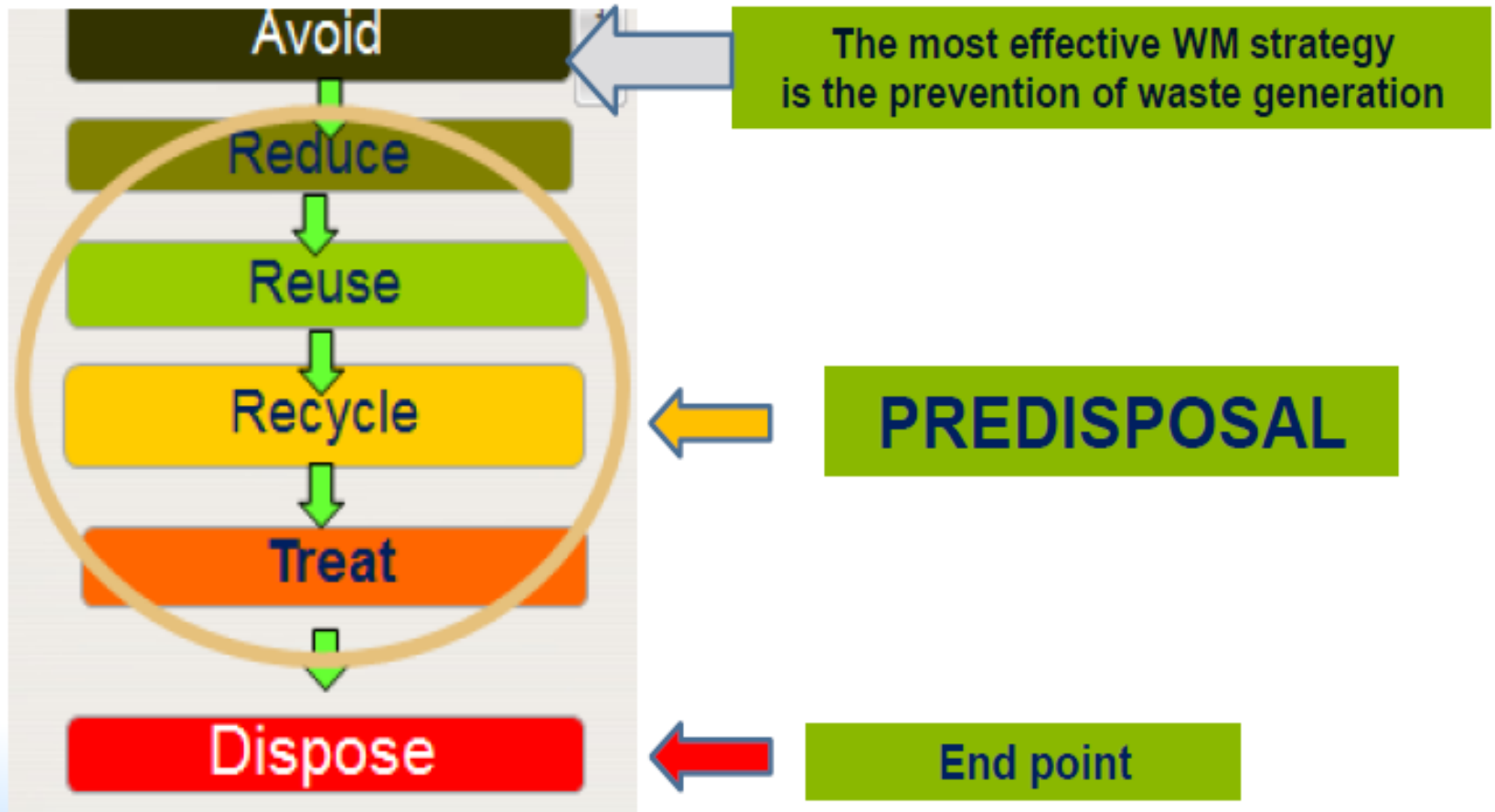
LRA Sumber Bekas



Sumber bekas teleterapi dari rumah sakit

Hierarchy Pengelolaan Limbah

*The residual material (waste)
hierarchy*



KRITERIA KETERIMAAN LIMBAH RADIOAKTIF

Waste Acceptance Criteria

- Kriteria keterimaan limbah (**waste acceptance criteria = WAC**) adalah **kriteria kuantitatif** dan **kualitatif** yang ditentukan oleh badan pengawas, atau ditentukan oleh operator yang disetujui oleh badan pengawas bagi limbah dalam wujud dan kemasan tertentu untuk dapat **diterima oleh operator dari fasilitas pengelolaan limbah**.
- **WAC** memberikan ketentuan tentang karakteristik **radiologi**, **mekanik**, **fisik**, **kimia** dan **biologi** dari limbah dalam kemasan atau tanpa kemasan.
- **WAC** akan meliputi batasan **konsentrasi aktivitas** atau **aktivitas total dari radionuklida tertentu** di dalam limbah, keluaran **panas** atau **sifat-sifat wujud limbah atau kemasan limbah**.
- **WAC** dibuat berdasarkan pada **safety case fasilitas** atau **safety case bagian dari batasan, kondisi dan kendali operasional fasilitas**.

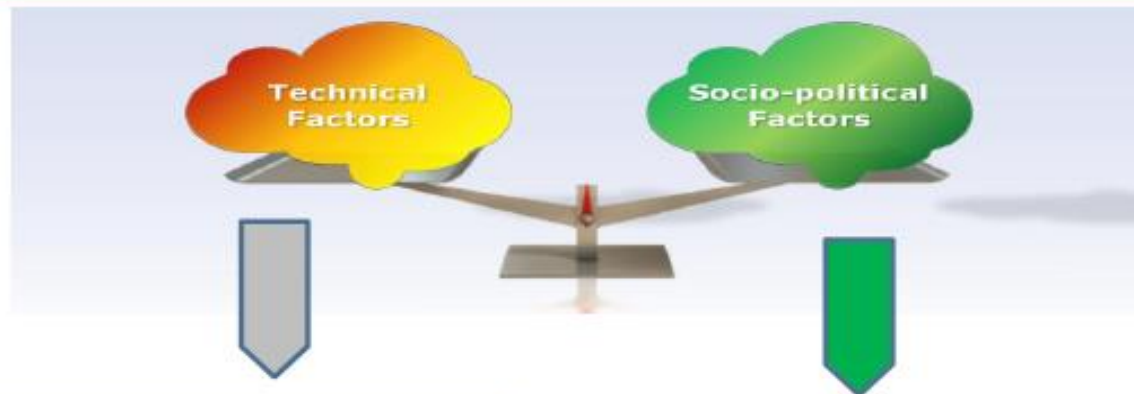
KRITERIA KETERIMAAN LIMBAH RADIOAKTIF

WAC untuk Penyimpanan Lestari (*Disposal*)

- Keterimaan radionuklida (*radionuclide acceptable*),
- Aktivitas maksimum (*maximum activity*),
- Desain dan kualitas kemasan limbah (*waste package design and quality*), tergantung pada desain fasilitas disposal,
- Aktivitas maksimum per kemasan limbah (*maximum activity of each package*).

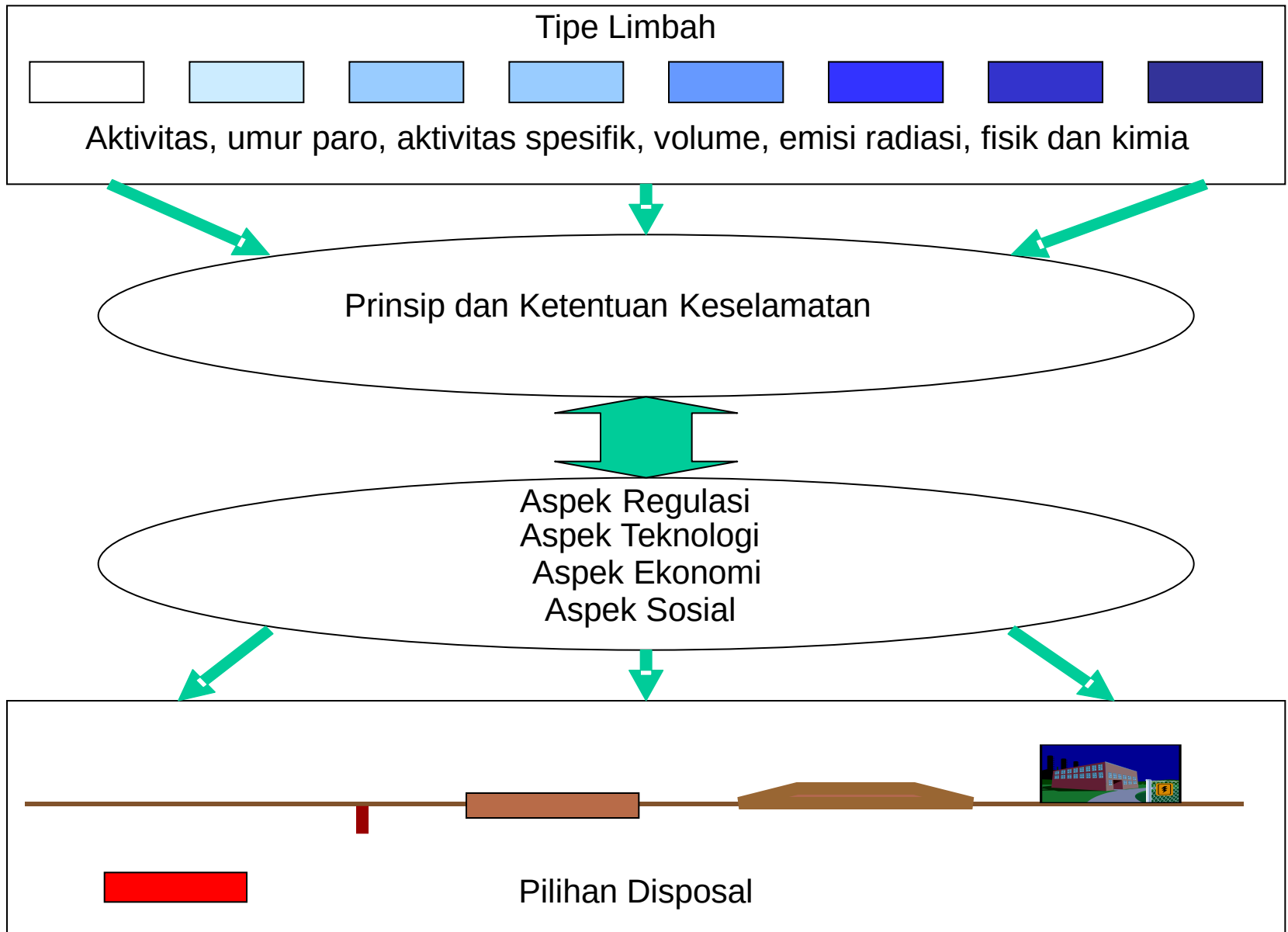
OPSI DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF

The selection of a disposal option depends on many factors, both **technical** and **administrative**

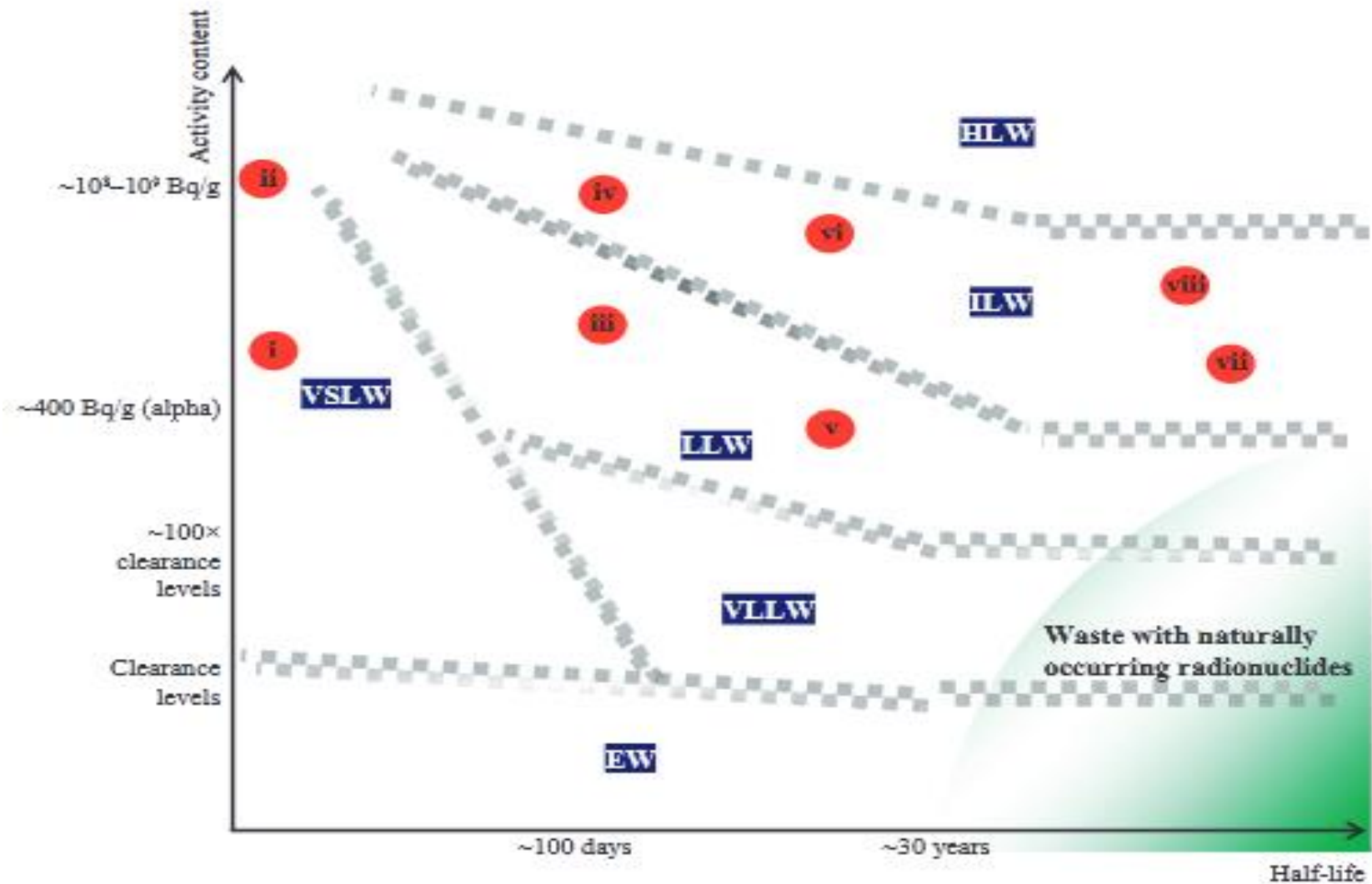


- waste inventory
- waste characteristics
- availability of suitable host media
- conditions of the country such as climatic conditions and site characteristics

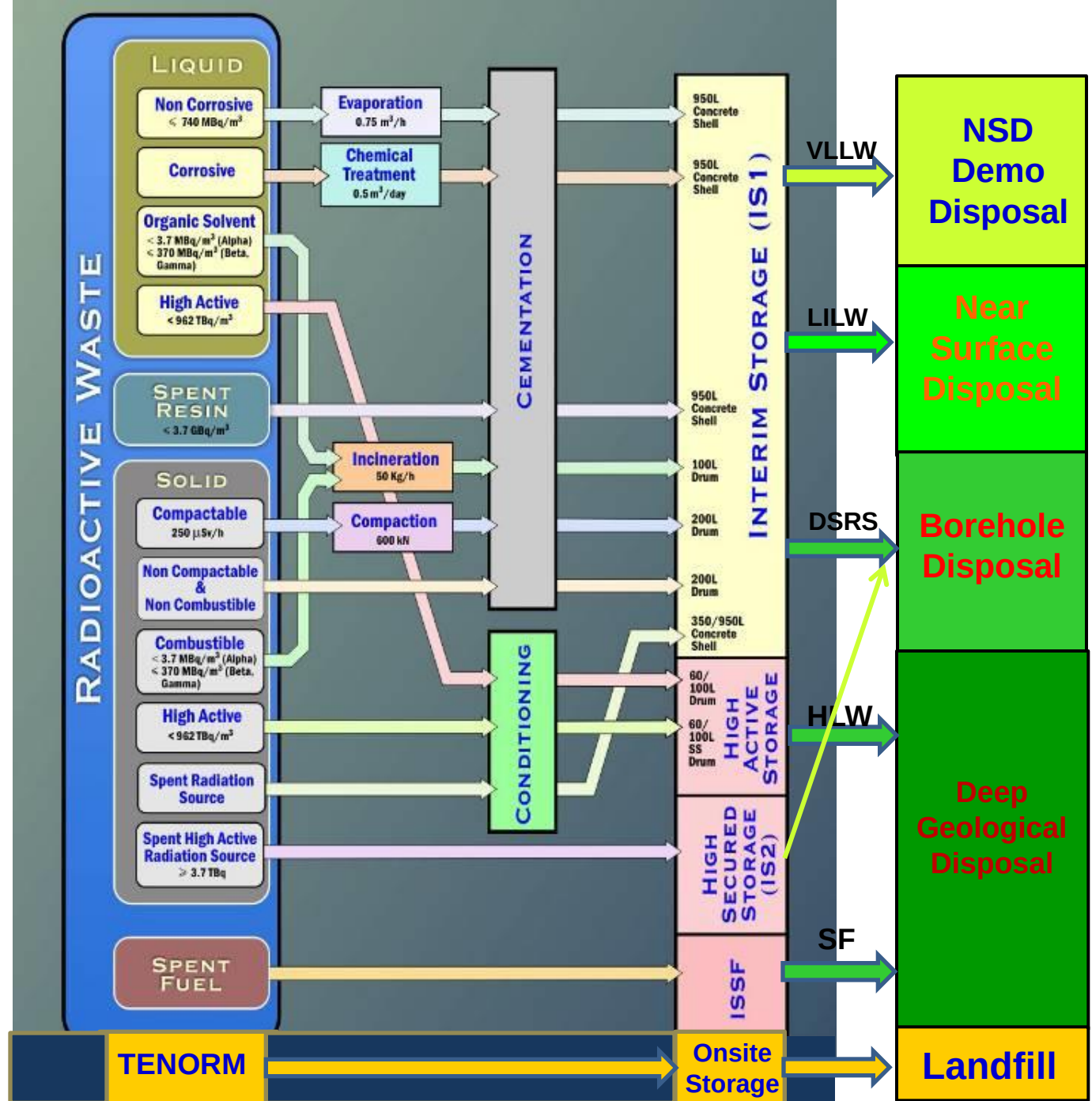
- radioactive waste management policy
- overall disposal strategy in the country
- national legislative and regulatory requirements
- political decisions
- social acceptance



Klasifikasi LRA untuk Disposal



Strategy for Disposal of Radioactive Waste in BATAN (BRIN)



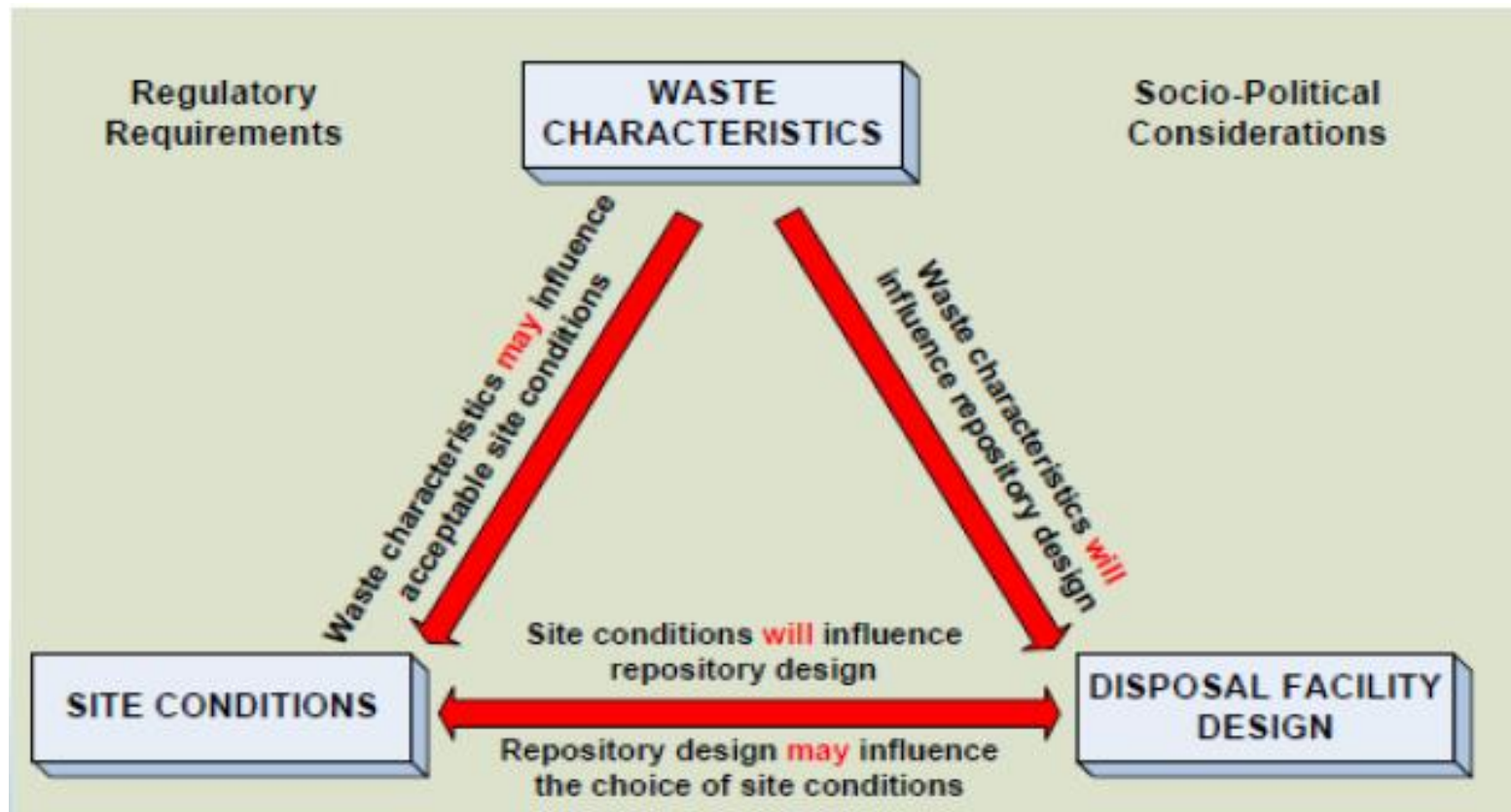
Prinsip Penyimpanan Lestari

- Penyimpanan lestari/akhir (*disposal*) sebagai bagian ujung belakang dari tahapan pengelolaan limbah radioaktif,
- Tujuan : untuk mengisolasi limbah sehingga **tidak ada akibat paparan radiasi** terhadap manusia dan lingkungan.
- **Tingkat pengisolasian** yang diperlukan dapat diperoleh dengan mengimplementasikan berbagai **metode disposal**.



Isolasi limbah yang efektif dan aman tergantung pada **unjuk kerja sistem disposal** yang terdiri dari tiga komponen penghalang (*barrier*) :

1. Karakteristik limbah
2. Kondisi tapak
3. Disain fasilitas disposal



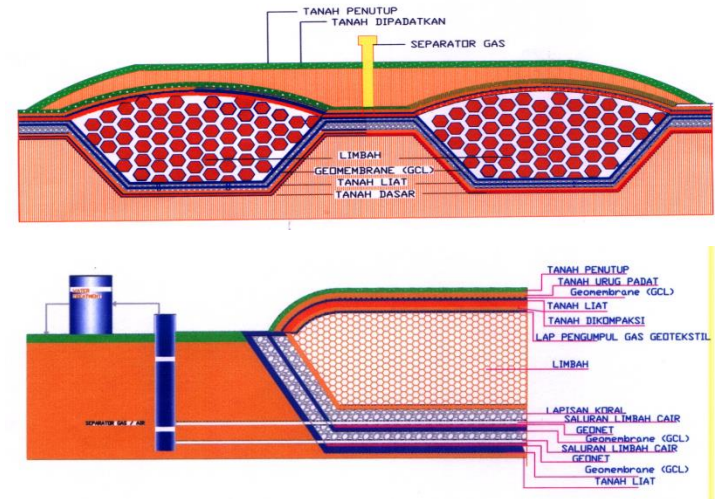
TIPE-TIPE DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF

- Disposal Landfill Khusus (*Specific Landfill Disposal = SLD*)
- Disposal Dekat Permukaan (*Near Surface Disposal = NSD*)
- Disposal untuk Limbah Tingkat Menengah (*Disposal of Intermediate Waste = DIW*)
- Disposal Geologi Dalam (*Deep Geological Disposal = DGD*)
- Disposal Lubang Bor (*Borehole Disposal = BHD*)
- Disposal Limbah Tambang dan Proses Mineral (*Disposal of Mining and Mineral Processing Waste = DMMPW*)

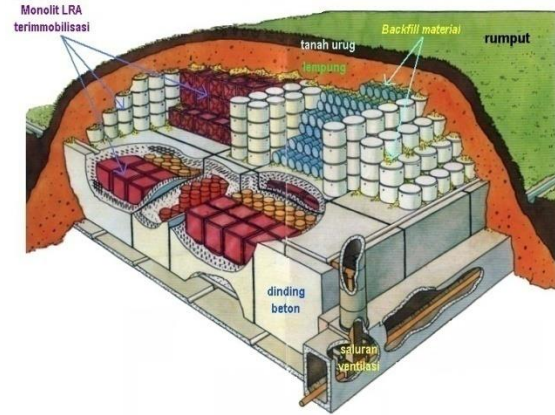
TIPE-TIPE DISPOSAL

1. *Specific Landfill Disposal* :

- *Specific Landfill Disposal* merupakan tipe disposal yang serupa dengan fasilitas **landfill konvensional** untuk limbah industri yang dilengkapi dengan **cover** (penutup).
- Fasilitas tersebut dapat ditetapkan sebagai fasilitas pembuangan untuk limbah radioaktif tingkat sangat rendah (**very low level waste = VLLW**) dengan konsentrasi atau jumlah kandungan zat radioaktif yang rendah.
- Limbah yang dapat dibuang di fasilitas tipe ini termasuk limbah TENORM, tanah dan puing-puing yang timbul dari kegiatan dekomisioning.



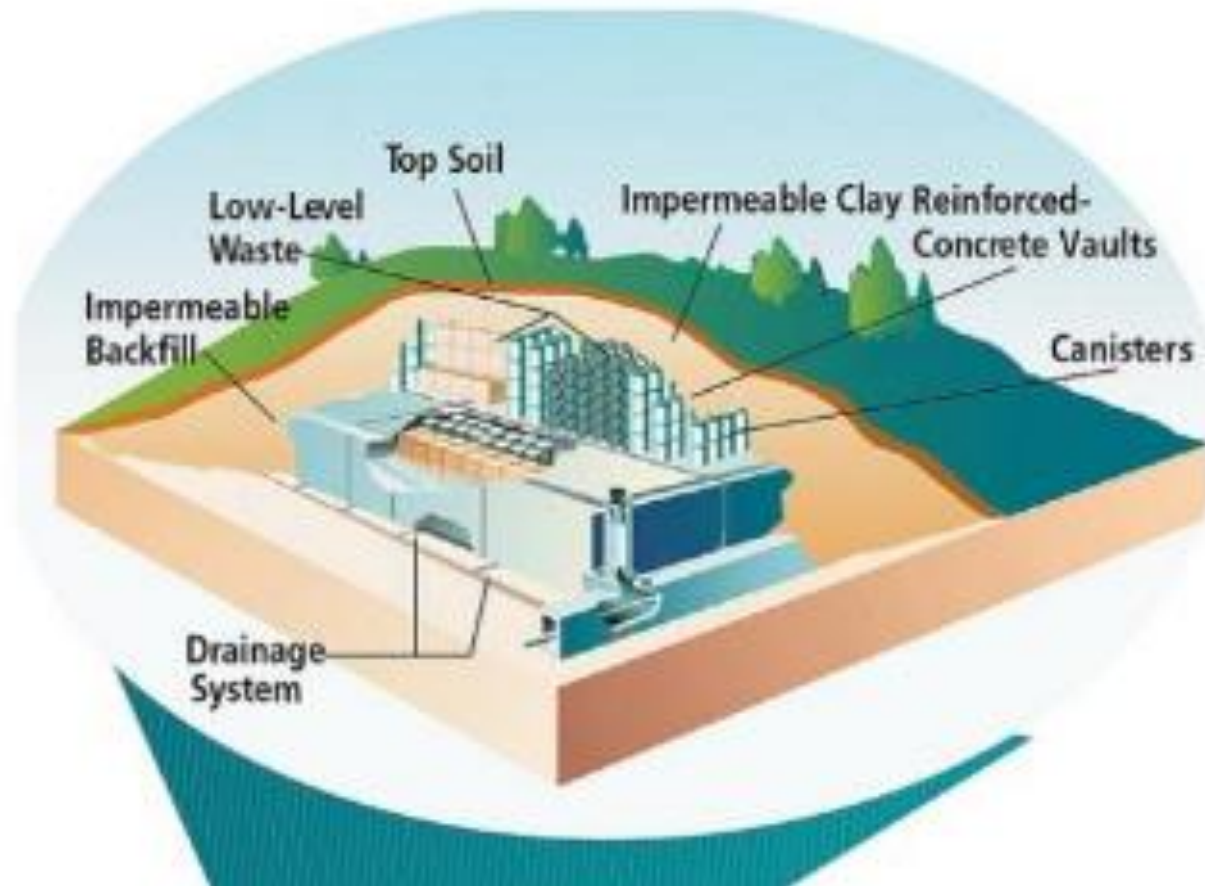
TIPE-TIPE DISPOSAL



2. Near Surface disposal (NSD) :

- Fasilitas penyimpanan diletakkan pada atau di bawah permukaan tanah,
- Ketebalan lapisan penutup beberapa meter (beberapa puluh meter pada *rock cavern disposal*),
- Untuk limbah aktivitas rendah dan sedang tanpa atau sangat sedikit mengandung radionuklida berumur panjang
- Telah diterapkan selama beberapa dekade dengan variasi tapak, tipe dan kuantitas limbah, serta desain fasilitas.

Near Surface Disposal

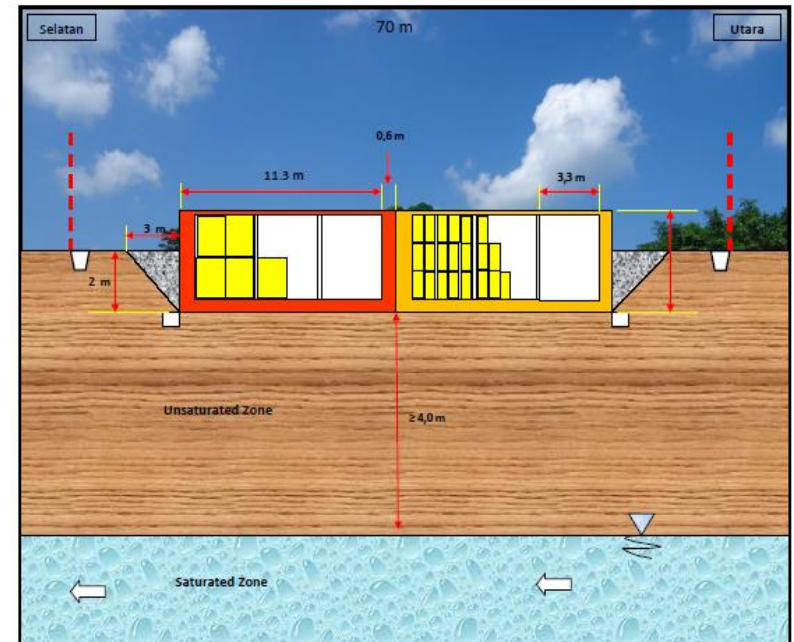
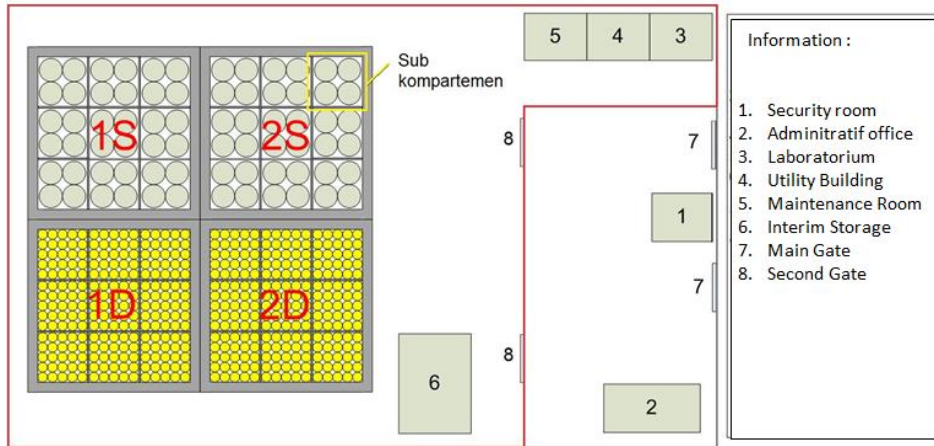


Skema shallow land disposal

(US-NRC, 2018)

Indonesia

Design of Demonstration Disposal



Type of Demo Disposal :
Near Surface Disposal



Indonesia

Location of Demonstration Disposal



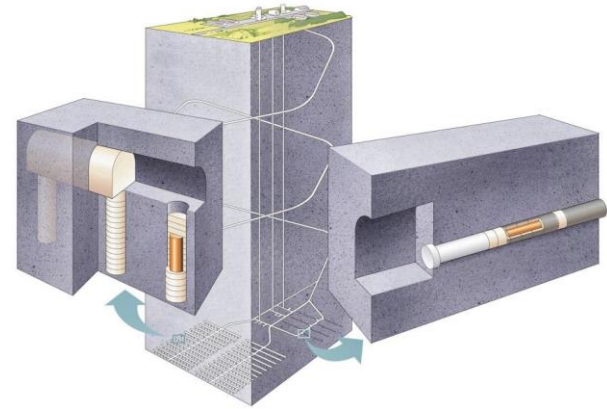
TIPE-TIPE DISPOSAL



3. *Disposal of Intermediate Waste :*

- Limbah radioaktif tingkat menengah (*intermediate level waste = ILW*) dapat dibuang dalam berbagai tipe fasilitas.
- Bisa dengan menempatkan limbah dalam fasilitas yang dibangun berupa **gua, vault atau silo** yang kedalamannya bisa mencapai **puluhan - ratusan meter** di bawah permukaan tanah.
- Fasilitas tersebut dapat dibangun **khusus** atau memanfaatkan **bekas tambang** yang sudah ada sebelumnya.
- Bisa juga termasuk fasilitas yang dikembangkan dengan pembuatan **terowongan pada lereng gunung atau bukit**, sehingga penutup atasnya bisa lebih dari 100 m.

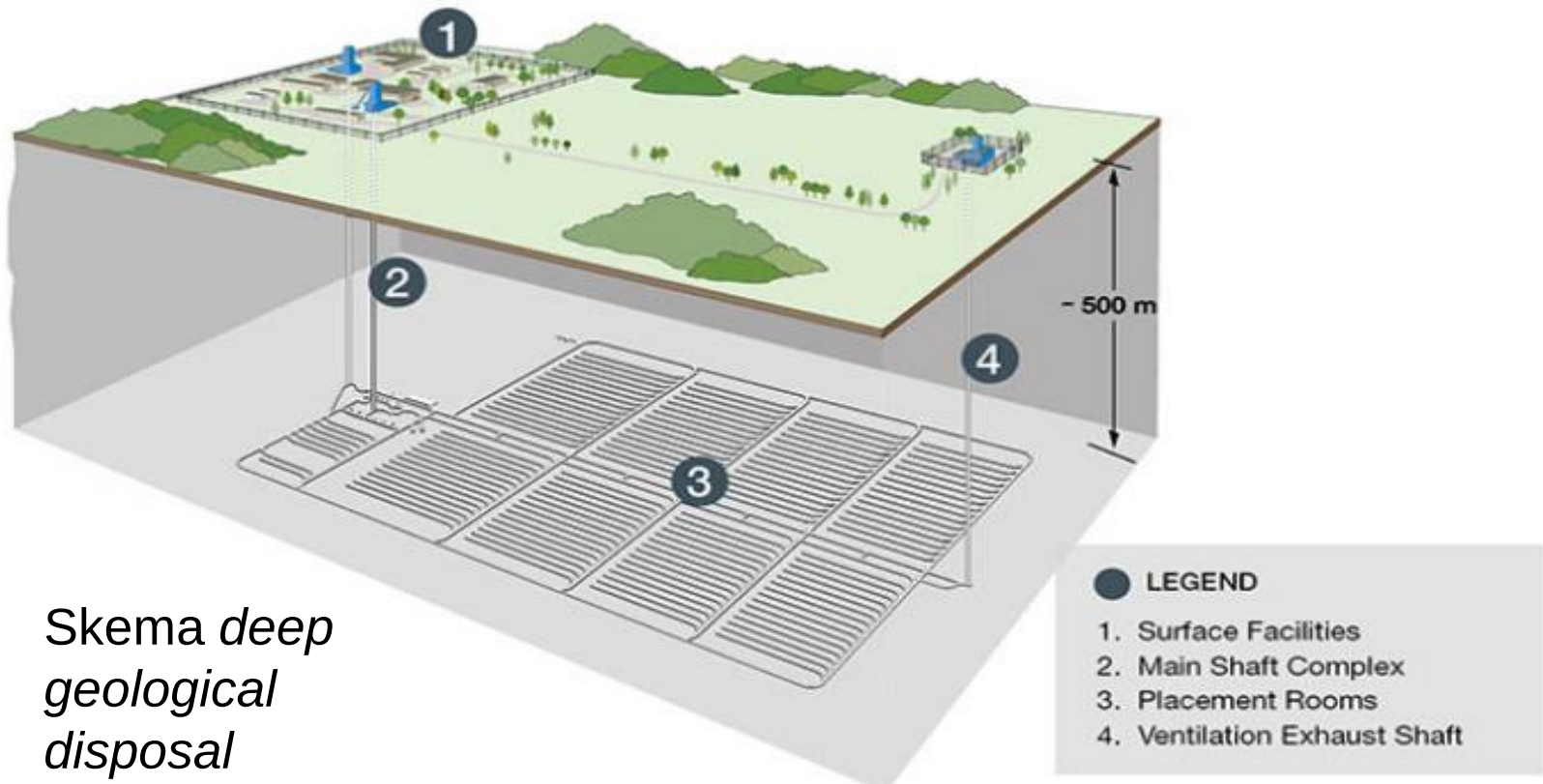
TIPE-TIPE DISPOSAL



4. *Deep Geological Disposal (DGD)* :

- Kedalaman beberapa ratus meter hingga seribu meter di bawah permukaan tanah (*deep geological disposal*),
- Untuk **limbah aktivitas tinggi** dan mengandung radionuklida berumur panjang
- Masih dalam tahap **studi dan konsep pengembangan** di beberapa negara

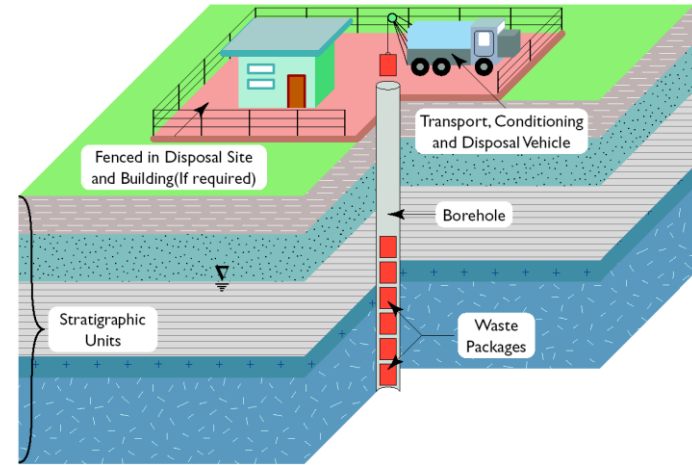
Geological Disposal



Skema deep
geological
disposal

(Noronha, 2016)

TIPE-TIPE DISPOSAL



5. Borehole Disposal (BHD) :

- Fasilitas disposal yang berupa **lubang bor**, dengan kedalaman antara **puluhan - ratusan meter**,
- Dirancang untuk pembuangan **limbah sumber radioaktif tertutup yang tidak digunakan** (*disused sealed radioactive sources = DSRS*),
- Untuk lubang bor yang **sangat dalam** (beberapa kilometer), telah dikaji untuk disposal **limbah padat tingkat tinggi dan bahan bakar bekas**, tetapi opsi ini belum diterapkan oleh negara manapun.

Konsep *Borehole Disposal*

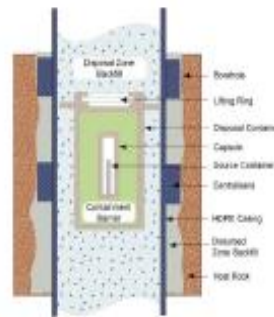


Disposal of DSRS is an issue in many countries, often with limited infrastructure and resources.

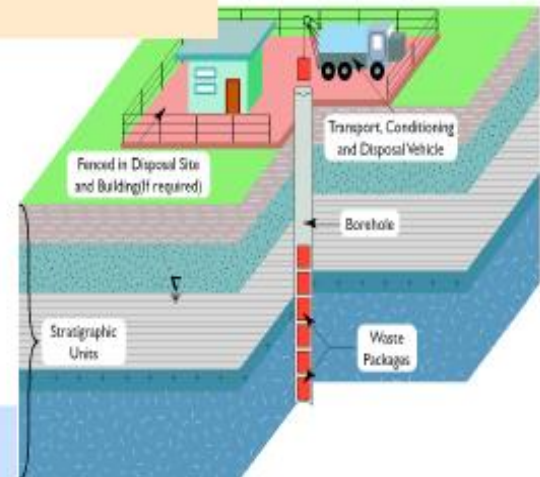
- Borehole facilities offer safe, simple, economic alternative for all DGRS
- No decrease in safety standards
- Small footprint
- Broad range of suitable (safe) site properties
- Safe implementation with limited resources



Sources conditioned in capsules and containers



Depth: 30 to 100 m (and deeper)
Diameter: ~ 250 mm



TIPE-TIPE DISPOSAL



6. *Disposal of Mining and Mineral Processing Waste (DMMPW) :*

- Fasilitas disposal ini biasanya ditempatkan **pada atau dekat permukaan tanah**,
- Untuk disposal **limbah tambang volume besar** dengan karakteristik fisiko-kimia dan kandungan **radionuklida alam yang berumur panjang** yang berasal dari sekitar fasilitas.
- Limbah yang dibuang **distabilisasi *insitu*** dan ditutup dengan berbagai lapisan batuan dan tanah

TIPE-TIPE DISPOSAL

Tipe *Disposal* yang Lain :

- **Well Injection** (Injeksi sumur) – untuk limbah cair

Wacana :

- Pembuangan di pulau terasing (*remote island*)
- Pembuangan di laut (**sudah dilarang**)
- Pembuangan di bawah lapisan endapan laut
- Pembuangan di *subduction zone*
- Pembuangan di lapisan es abadi di kutub
- Pembuangan di ruang angkasa

TAPAK DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF

Kriteria Keselamatan Disposol

- ✓ Keselamatan disposol dapat dijamin dengan menempatkan, merancang, membangun, mengoperasikan dan menutup fasilitas disposol sehingga proteksi setelah penutupan menjadi optimal, serta memperhitungkan faktor-faktor sosial dan ekonomi.
- ✓ Perlu jaminan yang wajar bahwa dosis dan risiko kepada anggota masyarakat dalam jangka panjang tidak akan melebihi batasan dosis (*dose constraint*) atau batasan risiko yang digunakan sebagai kriteria desain.
- ✓ Batas dosis untuk anggota masyarakat berupa dosis dari semua situasi paparan yang direncanakan adalah dosis efektif 1 mSv/tahun. Nilai itu dianggap risiko yang setara dengan kriteria yang tidak akan dilampaui di masa depan

TAPAK DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF

Kriteria Umum Tapak Disposasi

1. Geologi

Tata geologi dari tapak harus mampu mengisolasi limbah dan membatasi lepasnya radionuklida ke biosfer. Tata geologi juga harus menunjang stabilitas sistem *disposal*, dan menjamin volume yang cukup serta sifat-sifat teknis yang memadai untuk implementasi *disposal*.

2. Hidrogeologi

Tata hidrogeologi dari tapak harus dengan aliran air tanah yang rendah dan memiliki jalur pengaliran yang panjang untuk menghambat transportasi radionuklida.

3. Geokimia

Aspek kimia air tanah dan media geologi menunjang pembatasan lepasnya radionuklida dari fasilitas *disposal* dan tidak mengurangi keawetan penghalang rekayasa (*engineered barrier*) secara nyata.

4. Tektonik dan kegempaan

Tapak seharusnya ditempatkan dalam suatu daerah dengan aktivitas tektonik dan kegempaan yang rendah sehingga kemampuan mengisolasi sistem *disposal* tidak akan terancam bahaya.

5. Proses-proses permukaan

Proses-proses permukaan seperti banjir, tanah longsor atau erosi pada daerah tapak seharusnya tidak terdapat dengan frekuensi dan intensitas yang dapat mempengaruhi kemampuan sistem *disposal* memenuhi standar/ persyaratan keselamatan.

TAPAK DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF

Kriteria Umum Tapak Disposal

6. Meteorologi

Meteorologi daerah tapak harus dikarakterisasi secara cukup memadai sehingga adanya pengaruh kondisi meteorologi ekstrim yang tidak diharapkan dapat dipertimbangkan secara seksama dalam desain dan perijinan fasilitas *disposal*.

7. Man-induced events

Tapak harus terletak pada daerah dimana aktivitas generasi saat ini maupun yang akan datang, pada atau dekat dengan tapak, tidak akan mempengaruhi kemampuan isolasi sistem *disposal*.

8. Transportasi limbah

Tapak seyogyanya terletak sedemikian rupa sehingga jalur akses akan memudahkan transportasi limbah dengan resiko minimal terhadap masyarakat.

9. Penggunaan lahan

Penggunaan lahan dan kepemilikan lahan harus dipertimbangkan terhadap pengembangan masa depan dan perencanaan wilayah.

10. Distribusi penduduk

Tapak seharusnya terletak pada lokasi tertentu sehingga potensi bahaya dari sistem *disposal* terhadap penduduk saat ini dan masa depan masih dalam batas yang dapat diterima.

11. Proteksi lingkungan

Tapak seyogyanya ditempatkan sedemikian rupa sehingga lingkungan akan terlindungi secara cukup memadai sepanjang umur fasilitas *disposal*, dan dampak penyebaran secara potensial dapat ditanggulangi ke dalam tingkat yang aman, dengan memperhitungkan aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.

Tabel 1.
Deskripsi kriteria
geologi tapak *near*
surface disposal

No.	Parameter	Keterangan
Kriteria Geologi		
1.	Geomorfologi	1). Bentuk lahan tidak berbukit dan bukan lembah 2). Kelerengan kecil (<5°) 3). Intensitas proses geomorfologi kecil
2.	Litologi	1). Permeabilitas rendah 2). Sifat adsorpsi baik 3). Kompak, keras dan homogen
3.	Stratigrafi	Perlapisan relatif sederhana
4.	Struktur geologi	Struktur geologi relatif sederhana
5.	Kegempaan	Tidak ada (kecil) ancaman bahaya gempa bumi
6.	Hidrologi	1). Aliran permukaan kecil 2). Jauh dari tubuh air permukaan
7.	Hidrogeologi	1). Muka air tanah >4 m dari dasar disposal 2). Laju aliran rendah 3). Pola aliran air tanah sederhana
8.	Volkanisme	Tidak ada aktivitas dan ancaman bahaya gunungapi

Tabel 2.
Deskripsi kriteria
non geologi tapak
near surface
disposal

No.	Parameter	Keterangan
Kriteria Non-Geologi		
9.	Klimatologi	1). Curah hujan rendah 2). Kelembaban rendah-sedang 3). Arah angin dominan tidak ke arah penduduk
10.	Flora dan fauna	1). Tidak ada atau kecil potensi tanaman yang bernilai ekonomi dan bukan kawasan lindung 2). Bukan merupakan kawasan suaka margasatwa
11.	Nilai dan penggunaan lahan	Penggunaan lahan bernilai rendah, seperti tanah kosong yang tidak subur, lokasi bekas tambang dan tata ruang sesuai
12.	Sumberdaya alam	1). Tidak ada sumberdaya alam yang bernilai tinggi 2). Dekat dengan cadangan bahan konstruksi, bahan urug dan bahan pengisi repositori
13.	Luas, letak dan aksesibilitas	1). Luas memadai untuk sistem landfill 2). Dekat dengan instalasi pengolahan limbah 3). Jangkauan mudah
14.	Posisi dan jarak dari permukiman	Posisi tidak mengarahkan bahaya ke penduduk dan jauh dari permukiman
15.	Hak atas tanah	Ada potensi pengalihan hak dan fungsi lahan menjadi lokasi/tapak landfill

KRITERIA TAPAK DISPOSAL

Geological Disposal :

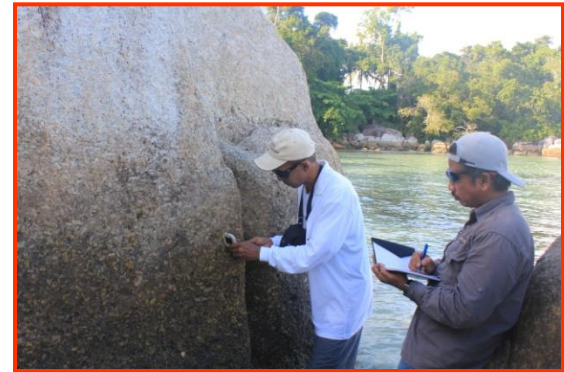
NO.	KRITERIA	DESKRIPSI KRITERIA
1.	Kriteria geometri	Formasi geologi cukup luas dan tebal sehingga mencukupi sebagai ruang disposal, zona penyangga bawah permukaan dan daerah eksklusif di permukaan bumi (luas 8-10 km ² , tebal min. 200-500 m dan kedalaman min. 300-500 m).
2.	Kriteria stabilitas jangka panjang	• Formasi geologi stabil, jauh dari batas tektonik, aktivitas kegempaan rendah, dan bebas dari aktivitas vulkanisme. • Sifat mekanik dan geofisik batuan harus memadai untuk menjamin stabilitas disposal. Lokasi repositori harus memperhitungkan keberadaan <i>features</i> alamiah dan buatan untuk prediksi kemungkinan ketidakstabilan struktur. • Lokasi repositori harus bebas atau kecil pengaruh proses-proses alamiah denudasi dan pengangkatan (<i>up-lift</i>).
3.	Kriteria hidrologi	Karakteristik hidrologi dari lingkungan geologi harus mampu membatasi aliran air tanah dalam sistem repositori.
4.	Kriteria geokimia	Karakteristik geofisikkimia dari lingkungan geologi harus mampu menahan mobilitas radionuklida ke biosfer.
5.	Kriteria geoekonomi	• Daerah dengan potensi sumberdaya mineral, geotermal, air mineral dan air tanah perlu dihindari. • Lokasi repositori juga harus memenuhi kriteria distribusi penduduk dan tata guna lahan masa kini dan yang akan datang.

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Pemilihan tapak?



atau



Eksplorasi tapak?



PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

- ❑ Tujuan dari pemilihan tapak ialah untuk mencari suatu tapak, - yang apabila selalu dilengkapi dengan disain, bentuk limbah, tipe dan kuantitas, kemasan limbah, penghalang rekayasa dan kontrol institusional yang memadai, - akan menjamin proteksi radiasi sesuai persyaratan yang telah ditentukan oleh peraturan.
- ❑ Tahapan penting dalam sistem penyimpanan limbah,
- ❑ Mencari tapak dengan **kesesuaian terbaik** untuk akomodasi limbah dari program nuklir,
- ❑ Memenuhi persyaratan aspek **keselamatan, teknis dan lingkungan**,
- ❑ Menjamin **isolasi radionuklida** yang memadai dari biosfer selama periode waktu tertentu untuk melurulkannya ke level yang aman,

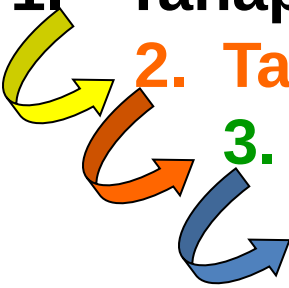
PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

- ❑ **Standard IAEA** dan rekomendasi serta petunjuk internasional yang telah ada dapat dipertimbangkan,
- ❑ Suatu tapak yang *suitable* (sesuai) dapat dipilih baik dari proses **penapisan** dari sejumlah calon tapak, atau dengan secara obyektif mengevaluasi satu tapak yang diusulkan sebagai tapak potensial,
- ❑ Dari kedua metode tersebut yang penting **menjamin sistem penyimpanan limbah yang memenuhi persyaratan keselamatan, teknik dan lingkungan.**



PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

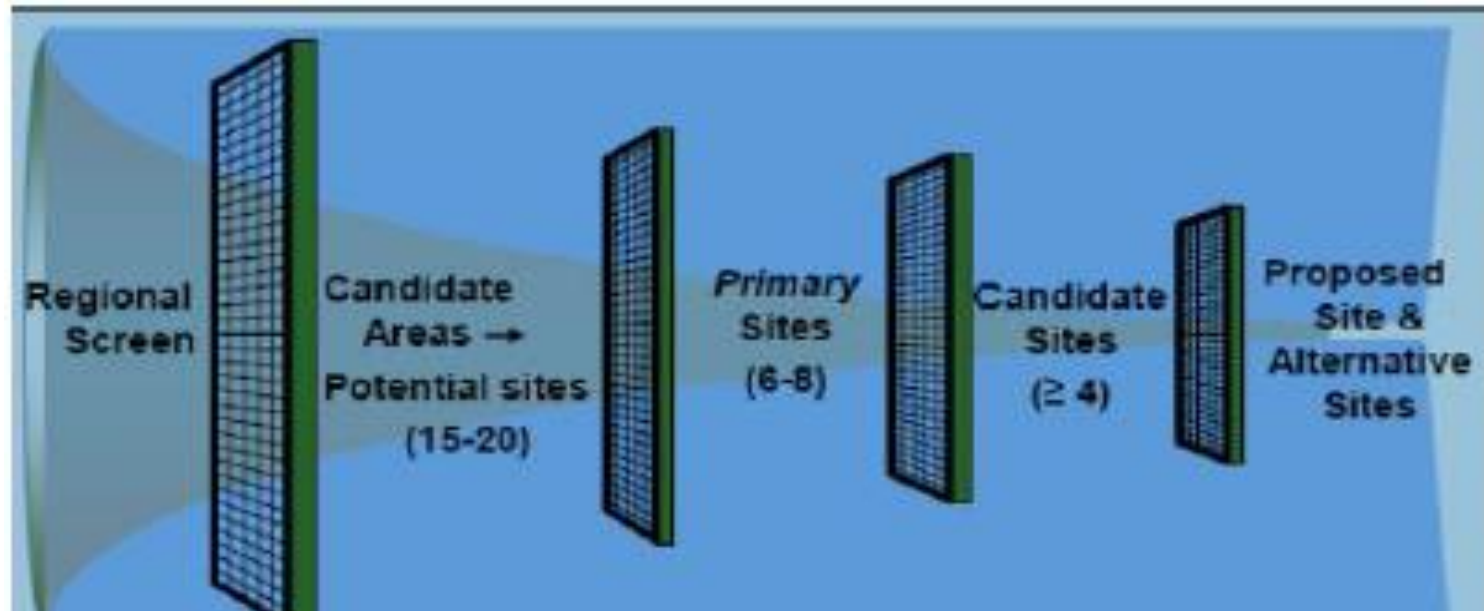
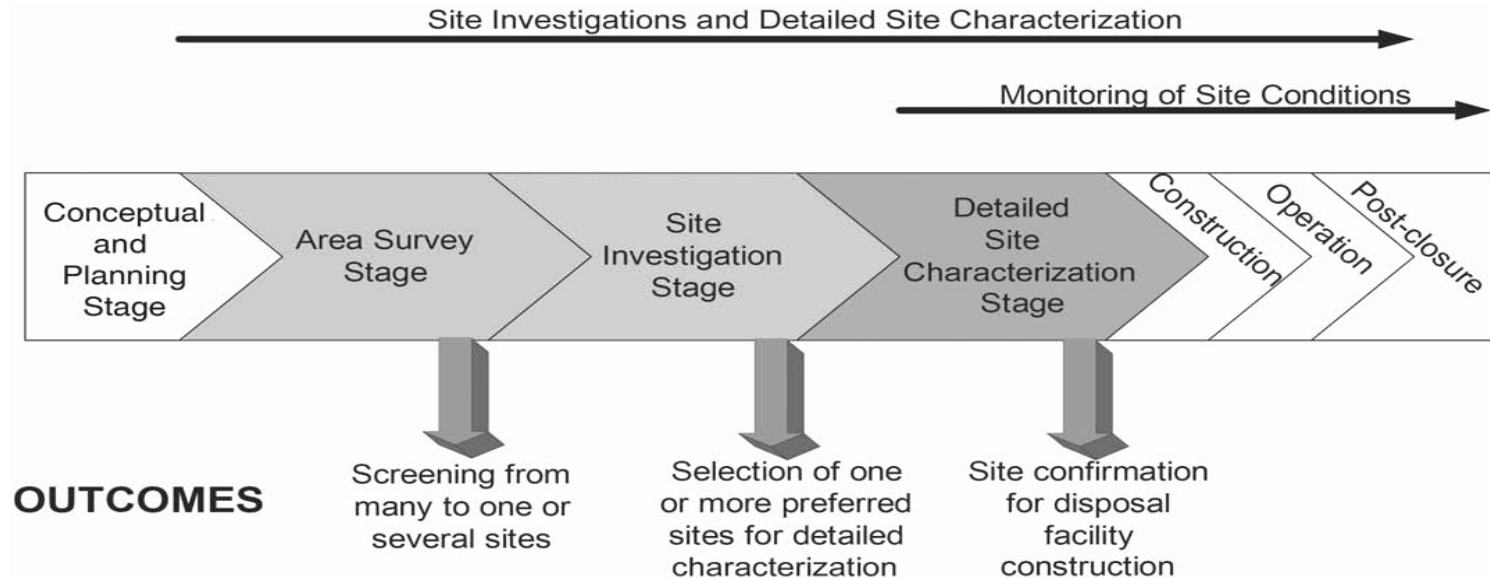
Tahapan Pemilihan Tapak Sistematis :

1. Tahap konsep dan perencanaan;
 2. Tahap survey daerah;
 3. Tahap karakterisasi tapak;
 4. Tahap konfirmasi tapak.
- 

Prinsip *Co-location* dalam Pemilihan Tapak :

- ❑ Tapak spesifik dapat diusulkan oleh suatu otoritas lokal atau nasional
- ❑ Tapak atau lahan di sekitar fasilitas nuklir yang ada dapat dipertimbangkan khusus, sebab adanya nilai lebih atau potensial, terutama berkurangnya beban dalam aspek penerimaan masyarakat (*public acceptance*) dan transportasi limbah.

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL



PENDEKATAN DALAM SELEKSI TAPAK

- **Sesuai diagram alir ideal (IAEA)**
Contoh : Puspokszilagy (Hongaria)
- **Prinsip *Co-location***
Contoh : Mochovce (Slovakia)
Dukovany (Chech)
- **'Top-down' (tunjuk langsung)**
Contoh : Rokasho (Jepang),
Richart/Litomerice (Chech)

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Management Pemilihan Tapak :

- ② Integrasi studi antar disiplin
- ② Aktivitas teoritis, lapangan dan laboratorium
- ② Dimulai dengan adanya kebutuhan akan tapak
- ② Diakhiri dengan terpilihnya tapak yang sesuai
- ② Pada tahapan yang relevan perlu *stakeholder involvement* (koordinasi, konsultasi, informasi, kontribusi dan kompensasi)
- ② **Pengkajian keselamatan** : bagaimana pengaruh timbal balik antara *disposal* dengan lingkungan?

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Analisa Data Keruangan :

Negative Screening

Metode *Negative Screening* : menyaring atau mengecualikan wilayah negara atau teritorial tertentu yang merupakan daerah '**terlarang**' untuk disposal limbah.

Daerah terlarang itu misalnya adalah:

- ✓ Daerah resapan dan atau sumber air tawar (aquifer).
- ✓ Wilayah permukiman dengan populasi penduduk > 1000 jiwa per mil persegi.
- ✓ Unit kawasan Cagar Alam, Perlindungan Satwa Liar, dan Taman Nasional.
- ✓ Monumen / Situs cagar budaya yang dilindungi UU
- ✓ Daerah penampungan suku–suku asli yang perlu dilindungi.
- ✓ Lahan yang peruntukannya di masa kini maupun di masa depan telah ditentukan untuk kegiatan khusus lainnya.

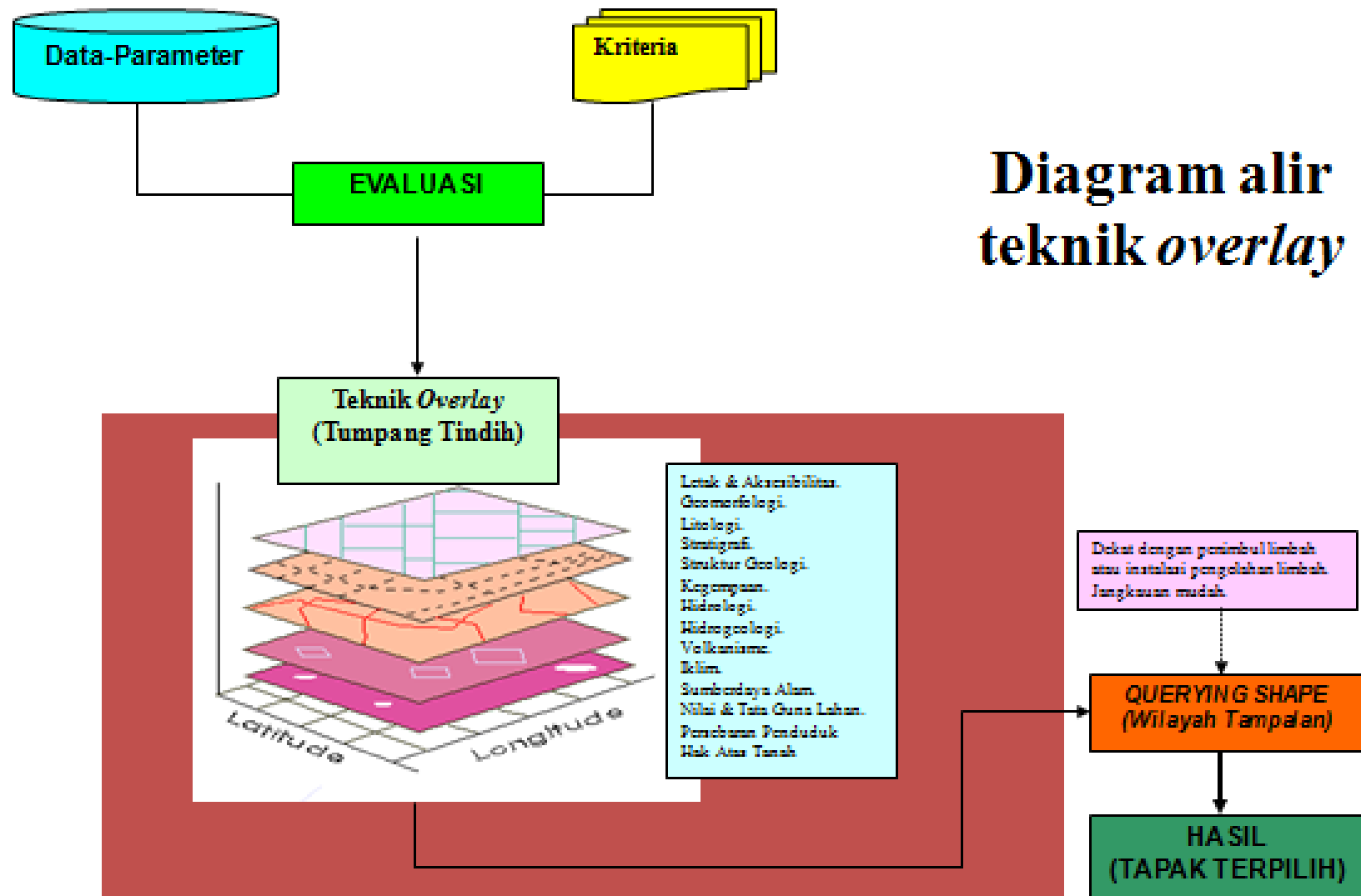
PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Analisa Data Keruangan :

Positive Screening

- Metode *Positive Screening* : menyaring sisa area yang lolos dari *negative screening* dan menambahkan kriteria tertentu untuk menentukan sekitar 10 calon area yang memiliki potensi yang sesuai untuk fasilitas *disposal*.
- Dalam bahasan ini metode *positive screening* secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi tiga cara yaitu teknik *overlay* atau *superimpose*, *scoring* (pengharkatan) dan *buffering*.
- Selanjutnya penyaringan lebih detail dari 10 kandidat area yang teridentifikasi, difokuskan pada observasi tapak dan evaluasi perbandingan tiap tapak untuk mendapatkan lima tapak potensial yang memenuhi syarat untuk pembangunan fasilitas *disposal*.

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL



PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Analisa Data Keruangan :

Teknik Scoring

- Teknik *scoring* adalah suatu teknik evaluasi lahan dengan cara memberikan nilai (*score*) terhadap setiap parameter lahan yang relevan dari suatu unit lahan yang dinilai.
- Unit (satuan) dasar lahan yang digunakan sebagai *basis evaluasi* bisa dipilih yang sesuai dengan tujuan evaluasi atau berdasarkan klasifikasi lahan yang telah ada, sebagai contoh adalah satuan bentuklahan (*landform unit*).
- Dasar penilaian lahan, secara kuantitatif dengan memberikan *nilai kualitas* dari setiap parameter.
- Angka yang kecil menunjukkan nilai yang *rendah*, yang berarti tingkat *kesesuaiannya rendah*, sebaliknya angka yang *tinggi* menunjukkan tingkat *kesesuaian yang tinggi* untuk tapak *disposal*.

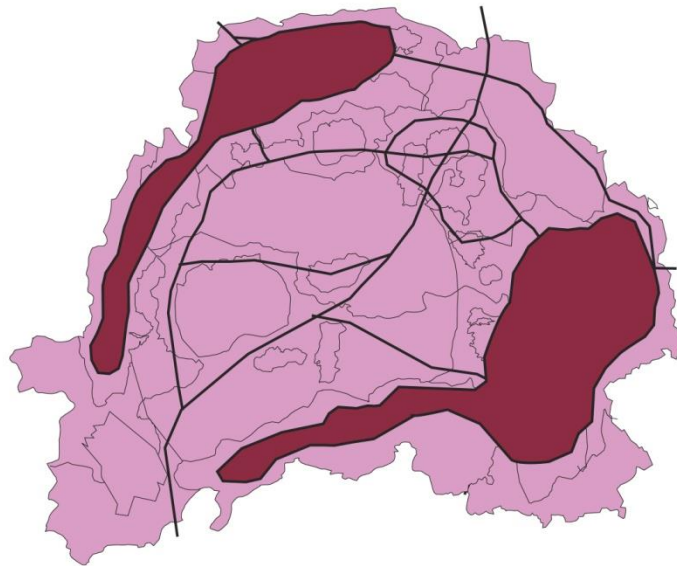
PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Analisa Data Keruangan :

Teknik Buffering

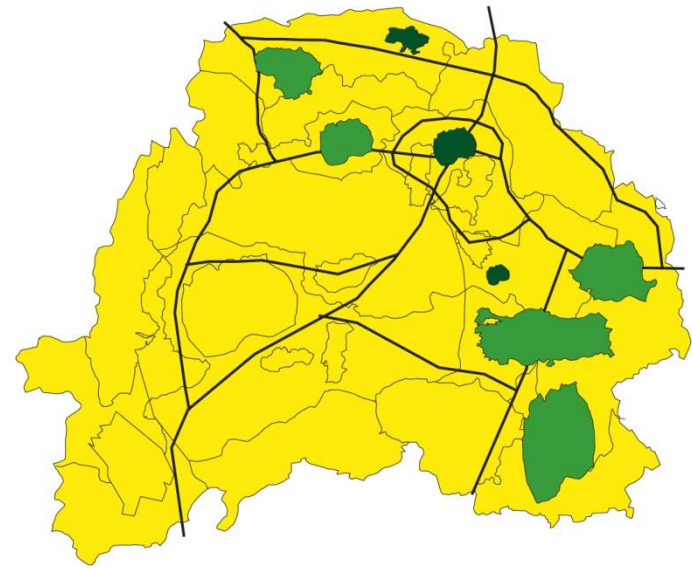
- **Teknik *buffering*** adalah suatu metode dalam pemilihan lokasi/tapak berdasarkan pertimbangan aksesibilitas (kedekatan atau kemudahan untuk dijangkau) lokasi seperti jarak dari pusat kegiatan tertentu (dalam hal ini Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif , IPLR).
- Pemilihan lokasi bisa dilakukan dengan pembuatan **sistem radius** dari titik IPLR, semakin dekat dari IPLR berarti semakin sesuai dan sebaliknya semakin jauh dari IPLR semakin kurang sesuai untuk dipilih sebagai tapak *disposal*.

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL



DAERAH PERBUKITAN

- Daerah Berbukit
- Daerah Relatif Datar

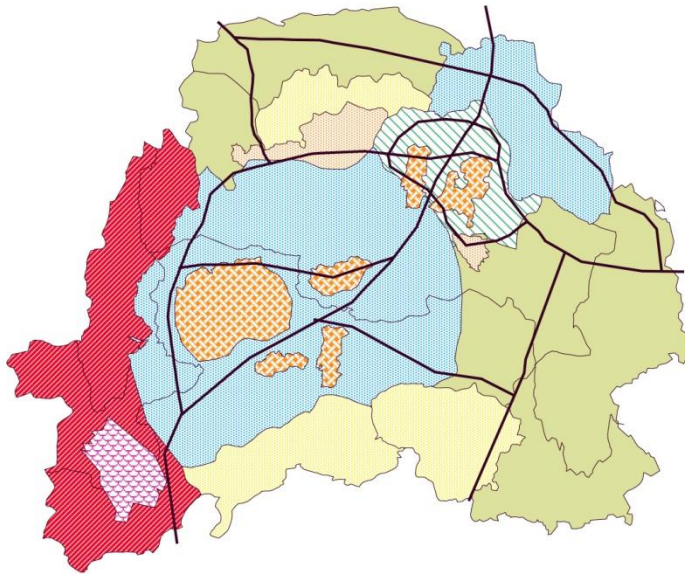


DAERAH DENGAN TINGKAT PERMEABILITAS TANAH TERTENTU

- Permeabilitas Rendah
- Permeabilitas Sedang
- Permeabilitas Tinggi

PEMILIHAN TAPAK DISPOSAL

Contoh : Data berupa Peta Dasar Digital, yang dikombinasikan dengan beberapa informasi lain

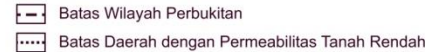


TATA GUNA LAHAN DAERAH RENCANA

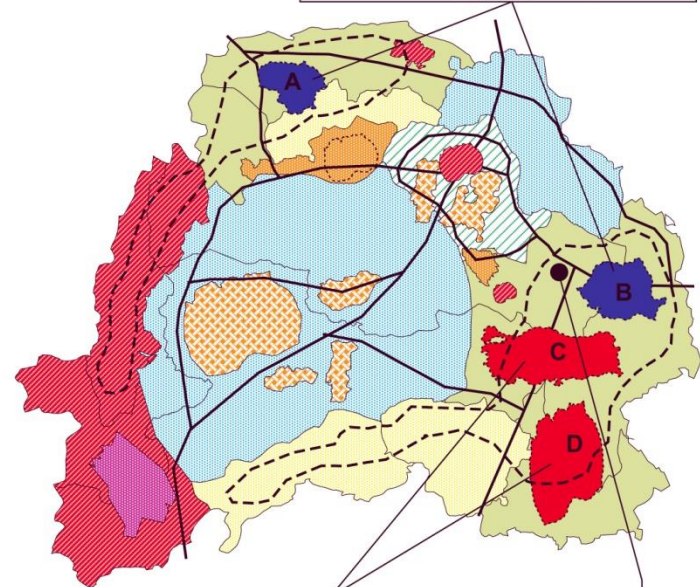


Peluang Lokasi : Daerah Padang Rumput

Hasil Overlay Peta Tata Guna Lahan + Daerah Perbukitan + Permeabilitas Tanah



Daerah yang Berpeluang untuk dimanfaatkan sebagai lokasi penyimpanan limbah



Daerah ini tidak dapat dimanfaatkan sebagai lokasi Penyimpanan Limbah, Karena berada di sekitar aliran Sungai.

Berdasarkan jarak antara lokasi pengolahan limbah terhadap 2 lokasi tempat penyimpanan limbah (A & B), maka sesuai dengan kriteria yang ditentukan, bahwa lokasi yang paling optimal bagi penyimpanan limbah adalah **lokasi B** dengan jarak yang lebih dekat dengan pengolahan limbah

Input Data : Lokasi Pengolah Limbah

Pengalaman Aplikasi NSD di Amerika

CRNL Kanada

Tapak :
Daerah tebing
S. Ottawa,
batuan
granitic gneiss

Repositori :
*Trench &
vault,
monolith, 1 m
di atas m.a.t.*

Status :
Operasi



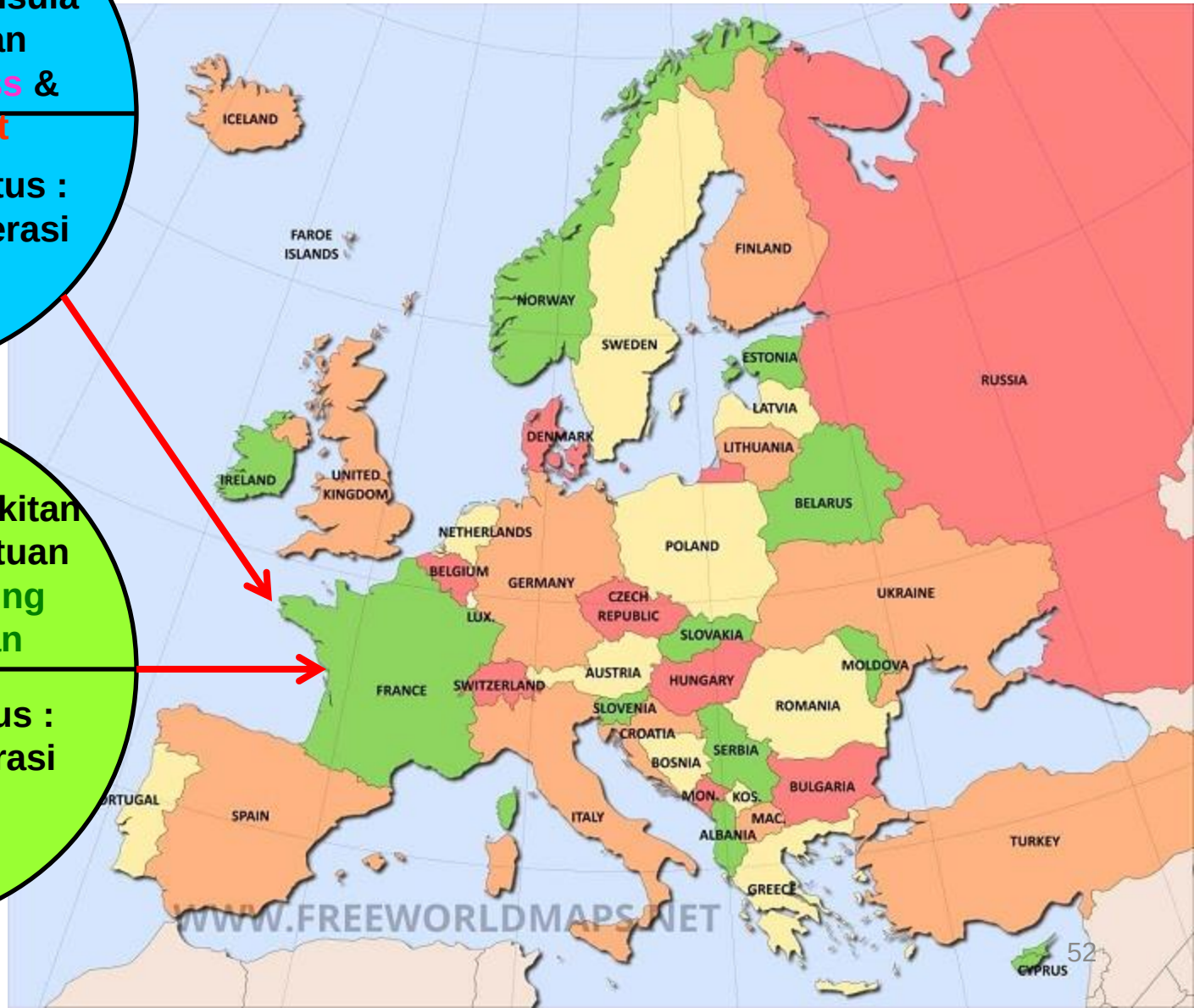
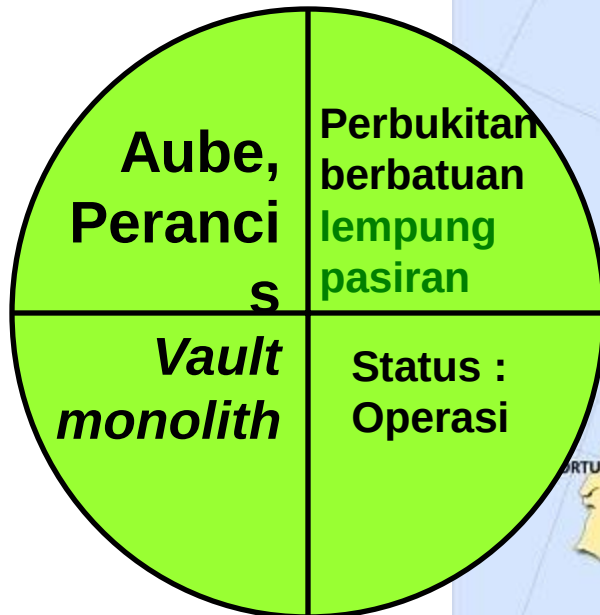
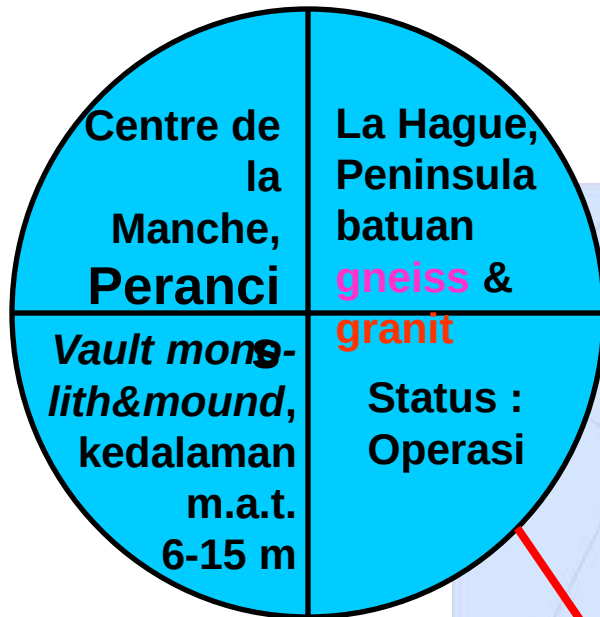
Savannah River Plant, USA

Tapak :
Dataran
pantai
batuan *sekis,
gneiss dan
metakuarsit*

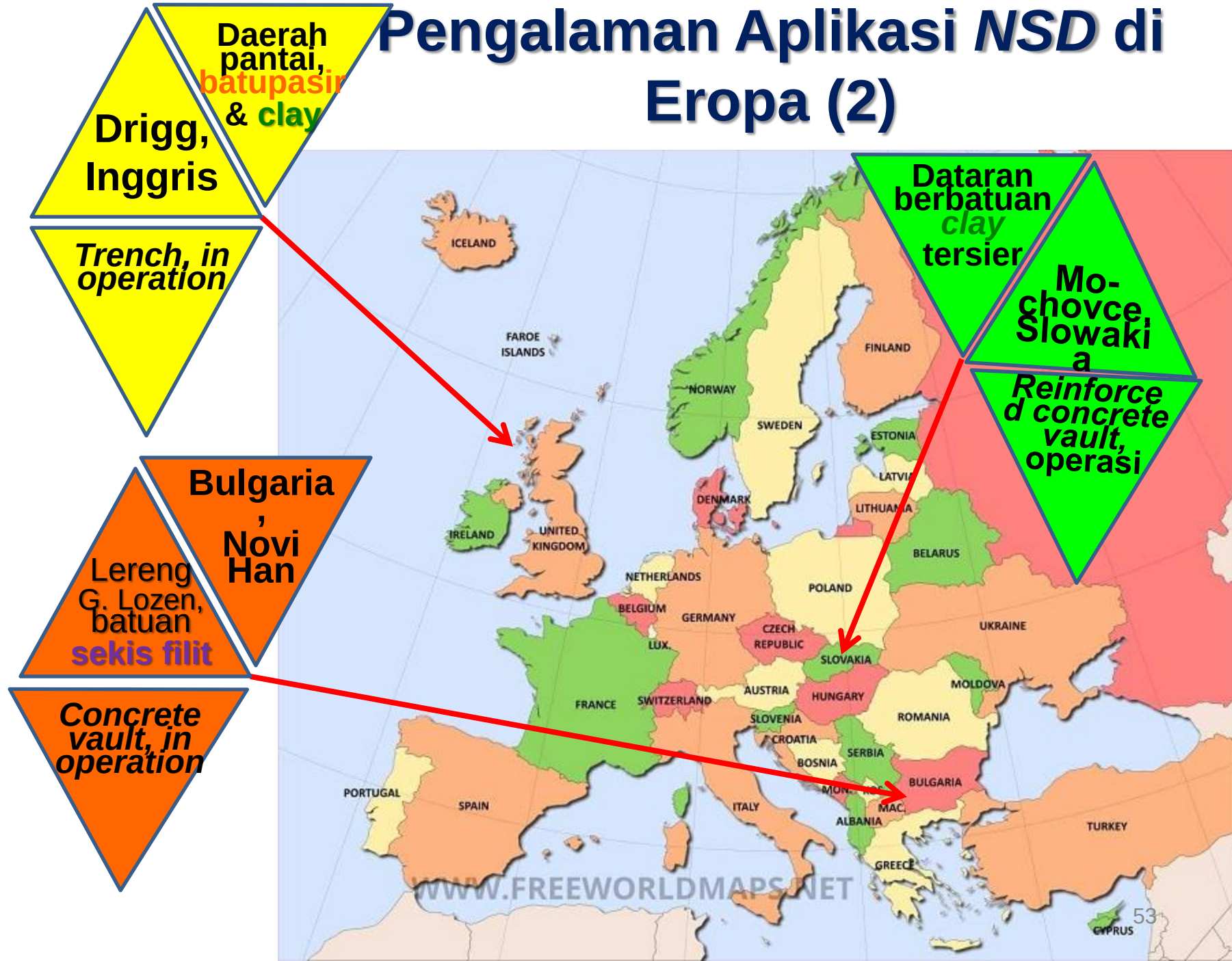
Repositori :
*Trench, 3 m
di atas m.a.t.
yang
kedalaman-
nya 12-18 m*

Status :
Operasi

Pengalaman Aplikasi *NSD* di Eropa (1)

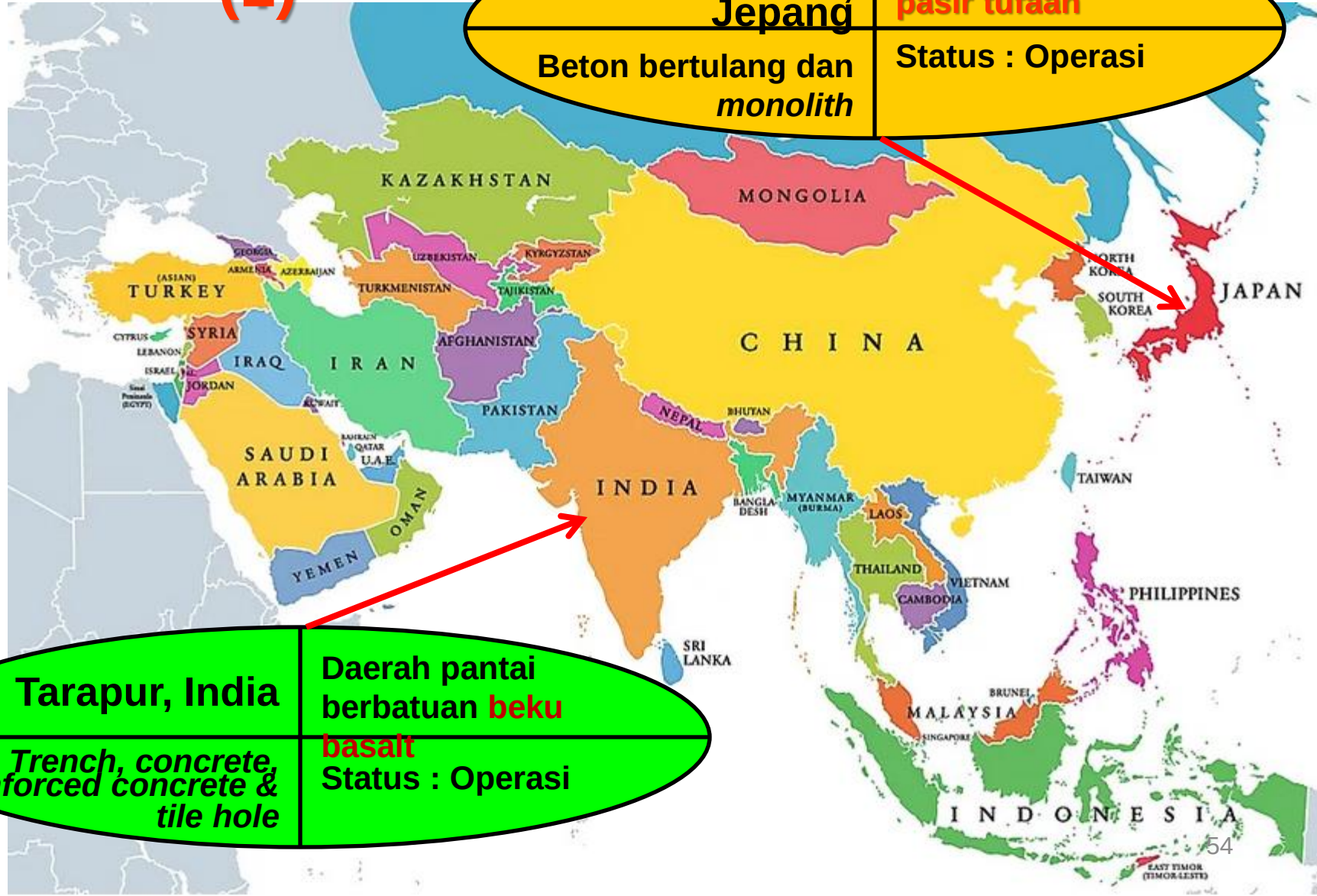


Pengalaman Aplikasi *NSD* di Eropa (2)



Aplikasi NSD di Asia

(1)



Aplikasi NSD di Asia (2)

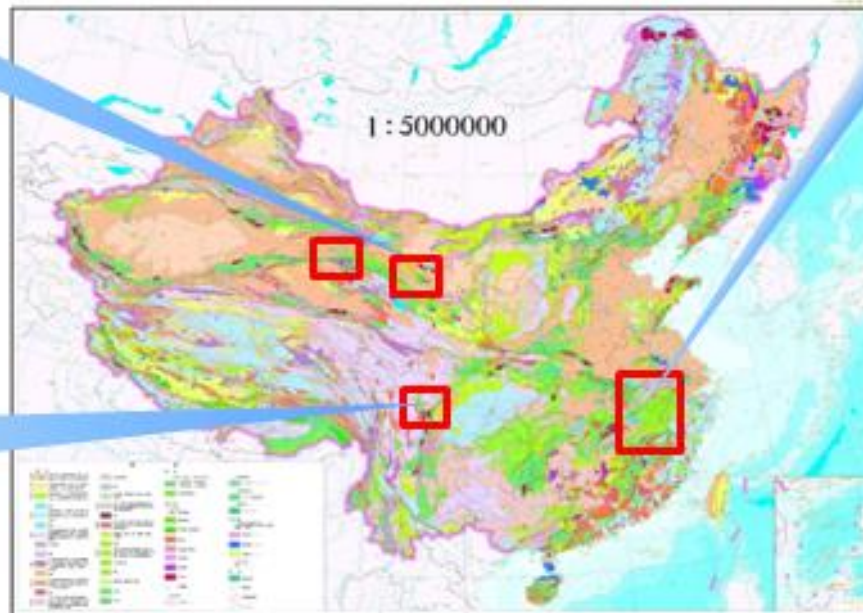
Northwest disposal site

- Operational License granted in February 2011
- Phase I project capacity of 60000m³



Southwest disposal site

- Operational License granted in 2016



Guangdong Beilong disposal site

- Operational License granted in February 2011
- Phase I project capacity of 80000m³



(Fangxin Wei, 2017)

Aplikasi *NSD* di Asia (3)

Fasilitas *LLW Disposal Center di Rokkasho-Mura (JNFL)*

- Beroperasi 1992 : Disposasi 1 daya tampung 200.000 drum 200 liter.
- Oktober 2000 : Disposasi 2 kapasitas 200.000 drum,
- Tahun (2010) : Bisa menampung 400.000 drum , dan akan ditingkatkan terus hingga mencapai kapasitas 3.000.000 drum.



(Hiroyuki Umeki, 2010)

Aplikasi SLD di Asia (4)

Fasilitas RCD Wolseong (KORAD)

- ✓ Untuk limbah aktivitas rendah dan menengah (LILW)
- ✓ Kapasitas 800.000 drum, dengan penempatan pertama sebanyak 100.000 drum dalam silo-silo bawah tanah sistem RCD.



(Eunjin Seo, 2017)

Pengalaman Aplikasi *RCD* di Amerika & Eropa

No	Negara	Host Rock	Tipe 'cavity'	Status
1	Kanada	Granit	Bekas tambang	Desain konsep, studi
2	Ceko	Batugamping	Bekas tambang	Operasi
3	Finlandia	Granit, gneiss	Khusus untuk repositori	Investigasi tapak dan konsep awal
4*)	Jerman	Kubah garam	Bekas tambang garam	Operasi
5	Jerman	Kubah garam	Khusus untuk repositori	Investigasi tapak
6	Jerman	Batugamping oolith	Bekas tambang bijih besi	Investigasi tapak
7	Spanyol	Pegmatit	Bekas tambang	Operasi

*) Ada 2 lokasi

Potensi Penerapan Disposal Limbah Radioaktif di Indonesia

- ✓ Untuk antisipasi bila pemerintah Republik Indonesia akan membangun PLTN, maka wajib dipersiapkan pula **program dan kebijakan dalam pengelolaan limbah radioaktif**.
- ✓ Pengelolaan limbah radioaktif tersebut meliputi proses kegiatan dari hulu ke hilir atau mulai dari klasifikasi dan pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, penyimpanan sementara hingga **penyimpanan lestari (disposal)**.

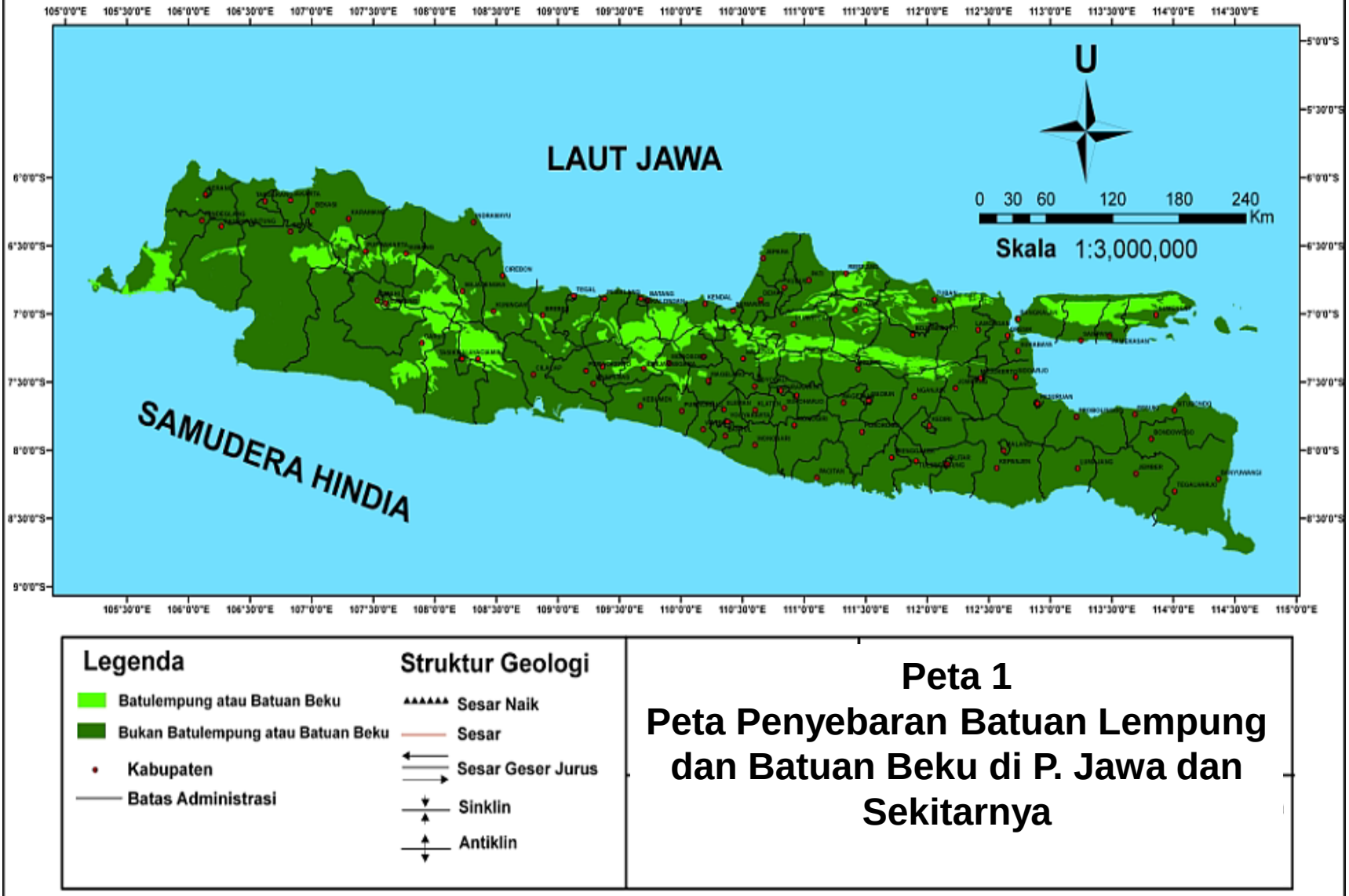
Potensi Penerapan Disposal Limbah Radioaktif di Indonesia

- ✓ Sebagaimana telah diamanatkan dalam Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 bahwa Indonesia menganut **sistem daur bahan bakar nuklir terbuka** yang menetapkan bahwa bahan bakar nuklir bekas dianggap sebagai **limbah radioaktif aktivitas tinggi** (LAT).
- ✓ Dengan demikian maka kebijakannya bahwa bahan bakar nuklir bekas bisa langsung ditempatkan dalam **disposal setelah dikemas dalam kanister dan kontainer tertentu**.

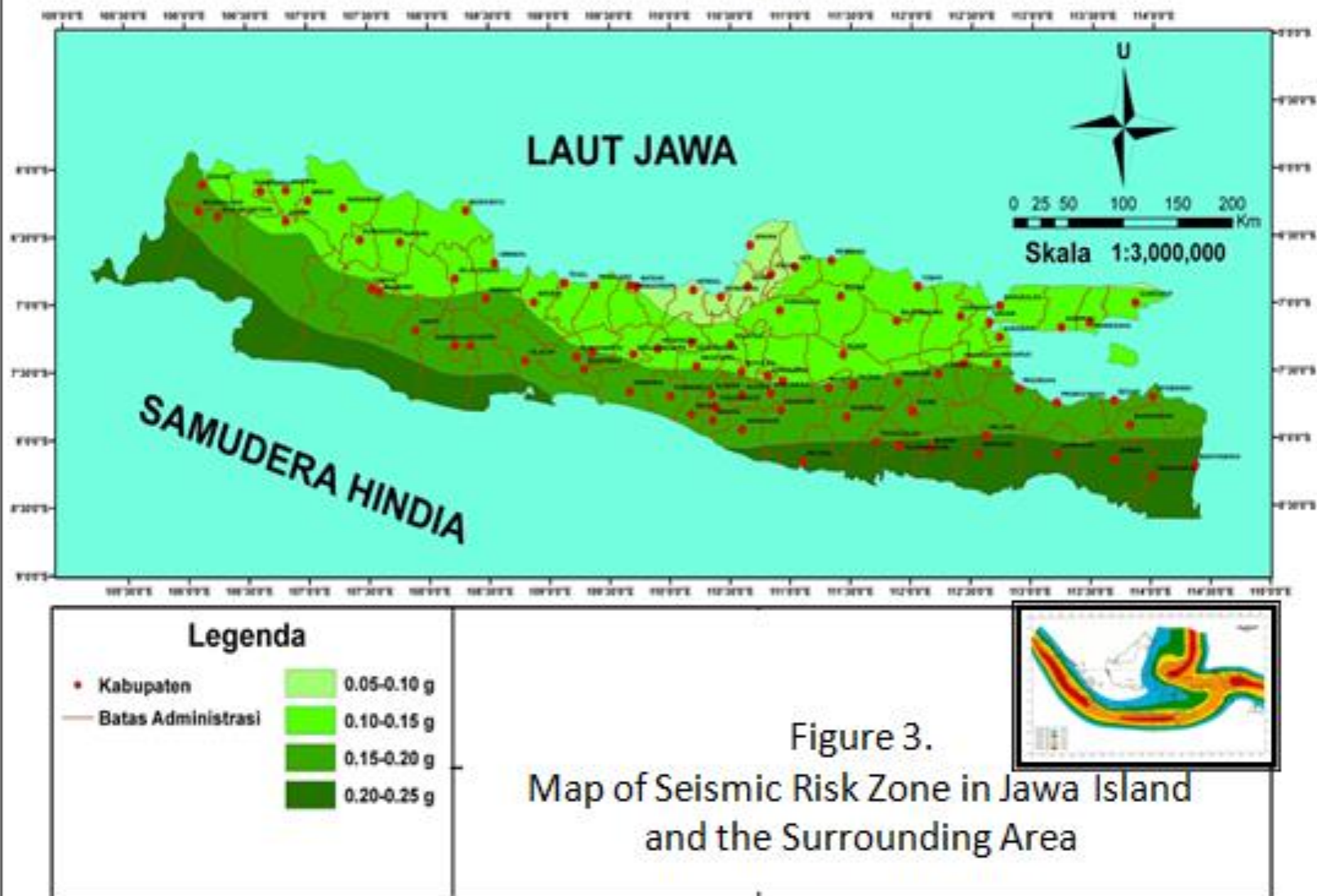
Konsep Disposasi LRA PLTN di Indonesia

- *LILW* dalam wadah drum atau shell beton
 1. *NSD* di dalam kawasan PLTN (prinsip *Co-location*)
 2. *NSD* di luar kawasan PLTN (*away from NPP*)
- *HLW (SF)* → *Geological disposal*

Peta Penyebaran Batuan Lempung dan Batuan Beku di P. Jawa dan Sekitarnya



Map of Seismic Risk Zone in Jawa Island and the Surrounding Area



Map of Groundwater Basin in Jawa Island and the Surrounding Area

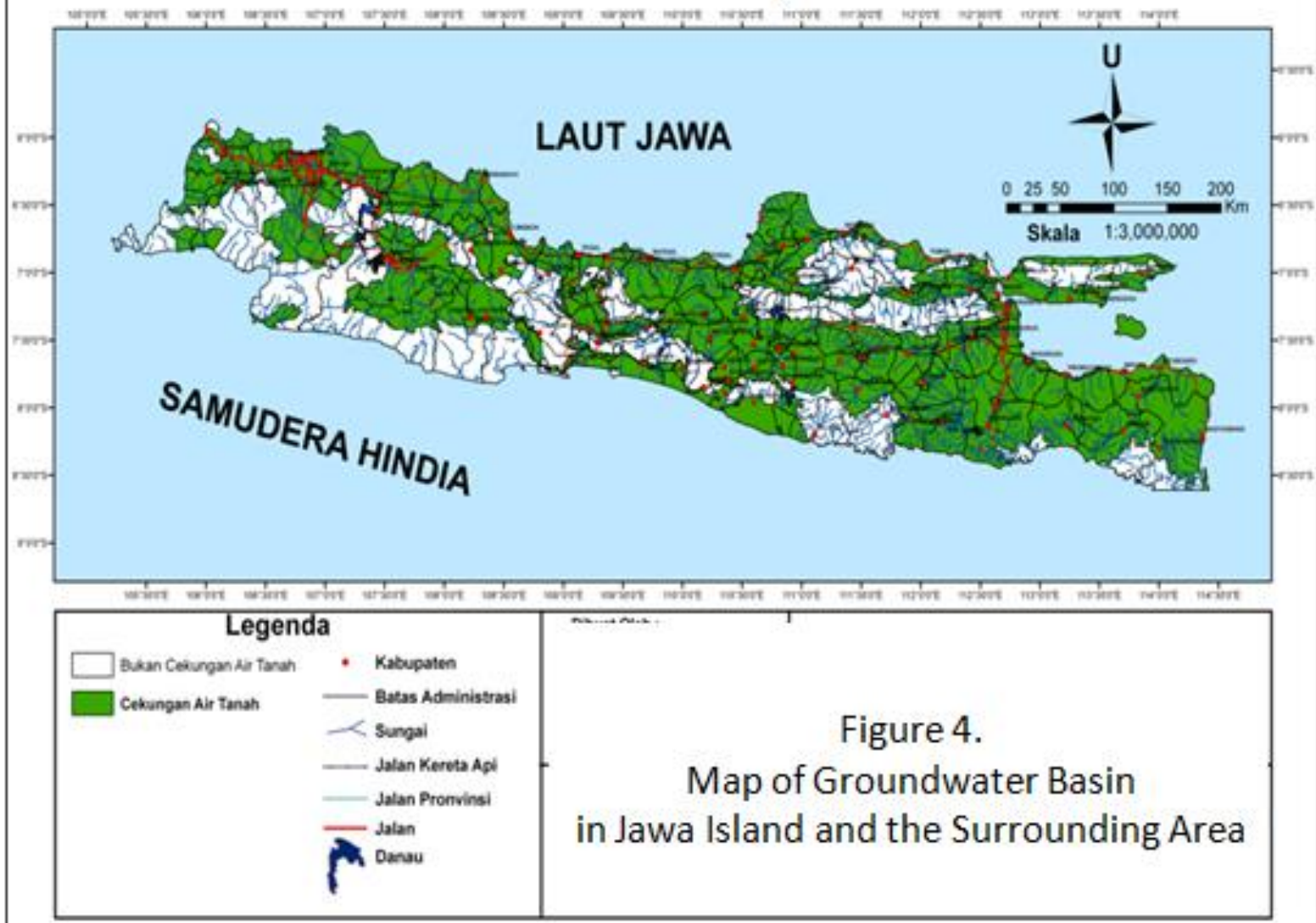
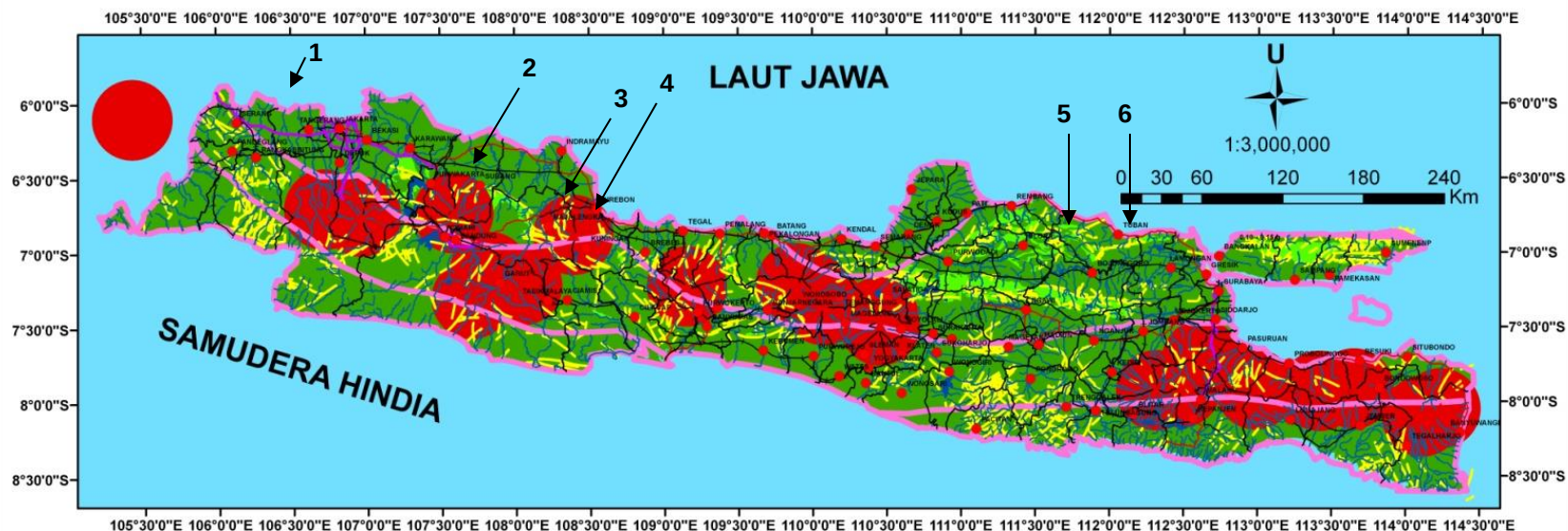


Figure 4.
Map of Groundwater Basin
in Jawa Island and the Surrounding Area

PETA KESESUAIAN WILAYAH POTENSIAL DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF PULAU JAWA DAN SEKITARNYA



Legenda

- | | |
|---|---|
| Bukan Wilayah Potensial Disposasi Limbah Radioaktif | Jalan Kereta Api |
| Wilayah Potensial Disposasi Limbah Radioaktif | Jalan Provinsi |
| Kabupaten | Jalan Bebas Hambatan |
| Batas Administrasi | Buffer Sungai 500 m |
| Gunung Api | Buffer Sesar 1 km |
| Sungai | Batas Wilayah Kegempaan |
| Danau | |

Dibuat

1. Anda
2. M. Yu
3. Ineke
4. Wula

Sumber

1. Peta G
2. Peta C
3. Peta K
4. Peta S

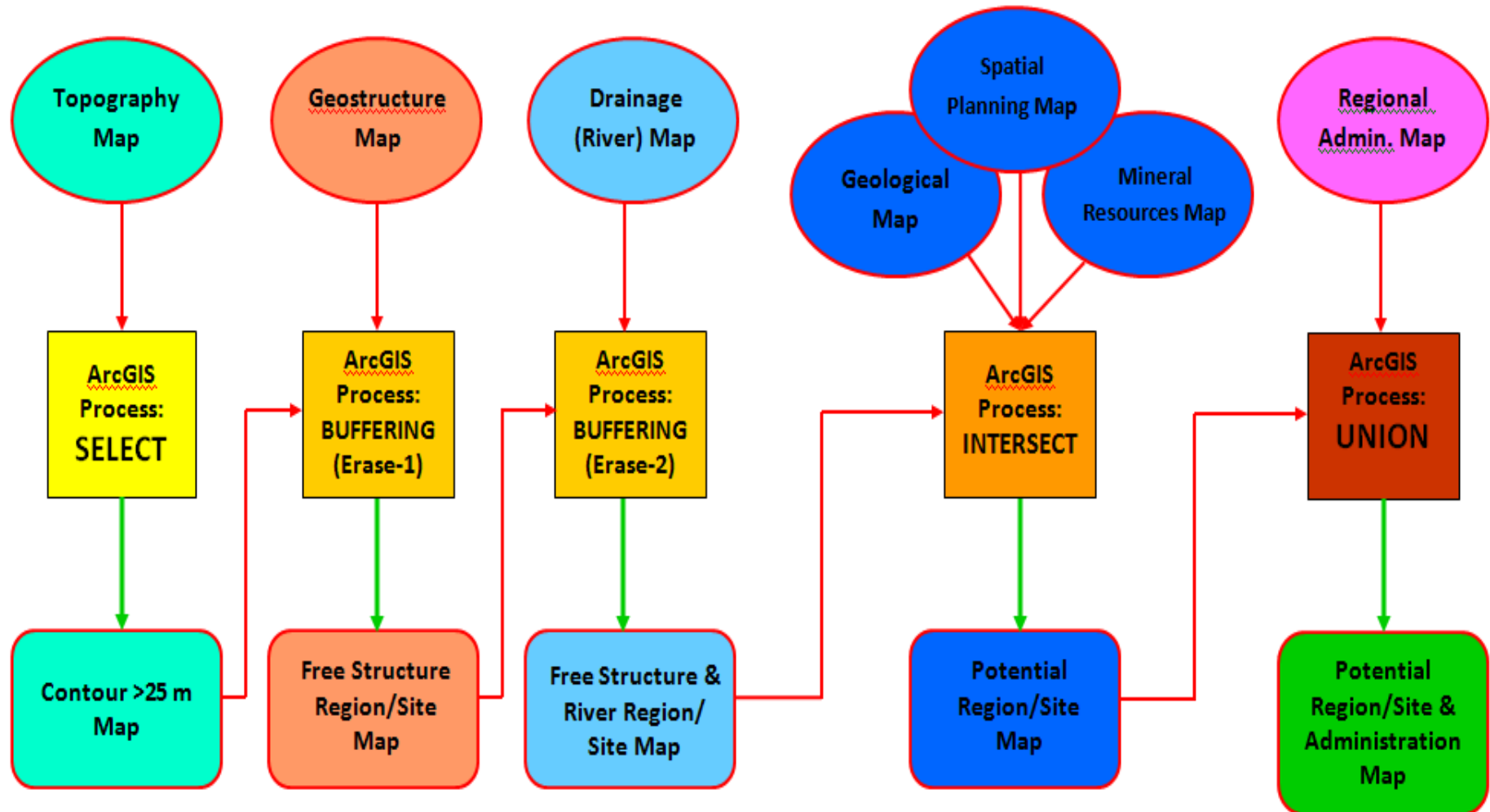
Peta 2

Peta Kesesuaian Wilayah Potensial
untuk Disposasi Limbah Radioaktif di
Pulau Jawa dan Sekitarnya

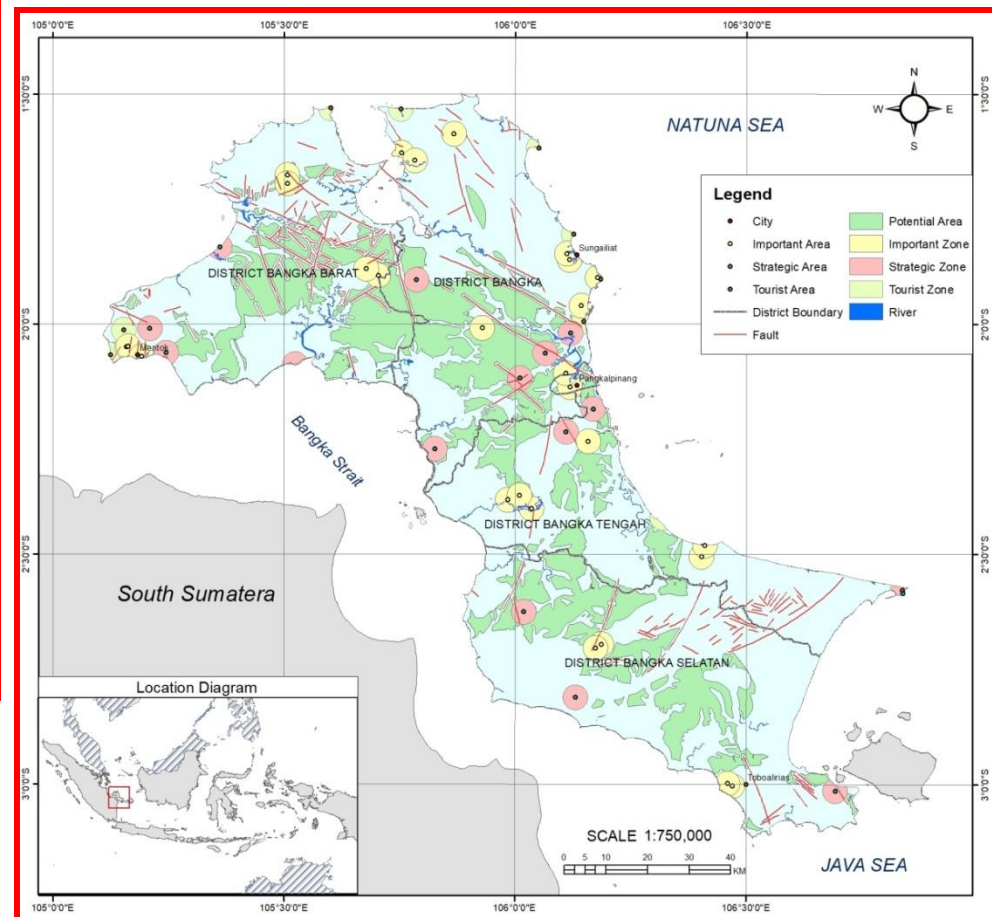
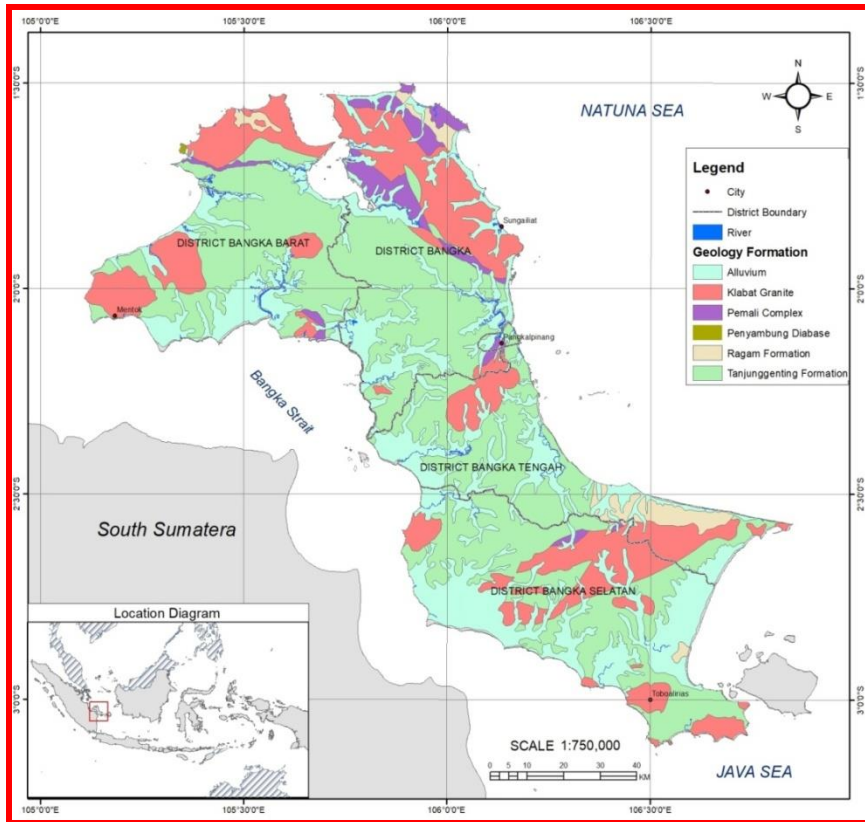
Diagram Alir Pemilihan Tapak Potensial untuk Landfill Limbah TENORM di P. Bangka



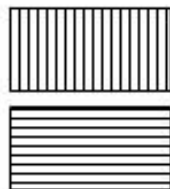
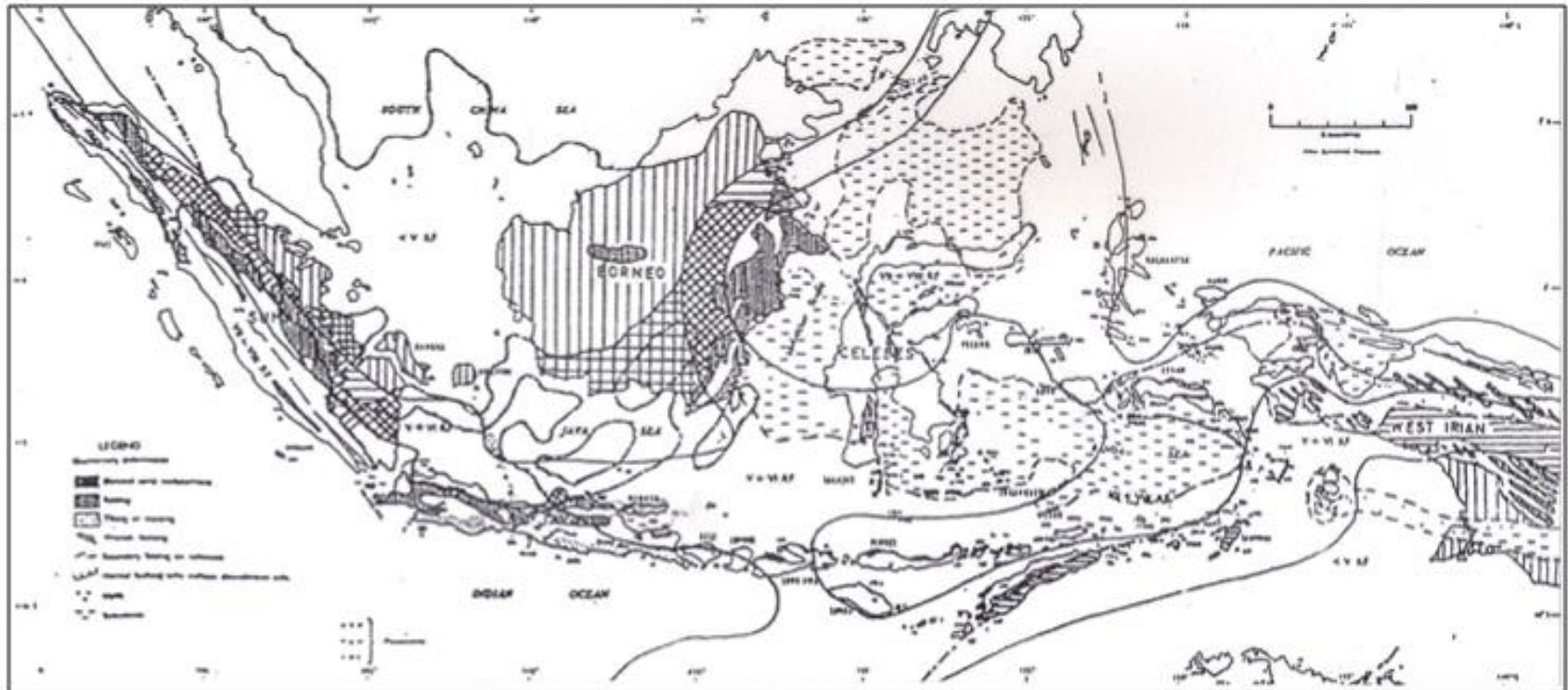
Evaluation of potential area using ArcGIS-10 software



Geological and Potential Region/Site Map of Bangka Island

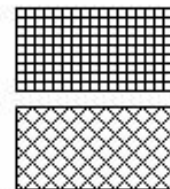


Wilayah Potensial DGD di Indonesia



Wilayah Potensial 1

Wilayah Potensial 2



Wilayah Potensial 3

Wilayah Potensial 4

Sucipta dkk, 1996

Terima Kasih