

ISSN 1410 – 9565
Akreditasi No. 399/AU2/P2MI-LIPI/04/2012
SK Kepala LIPI Nomor : 395/D/2012
Tanggal : 24 April 2012

JURNAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH

Volume 17 Nomor 1 Juli 2014



Pusat Teknologi Limbah Radioaktif
Badan Tenaga Nuklir Nasional

J. Tek. Peng. Lim.	Vol. 17	No. 1	Hal. 1-77	Jakarta Juli 2014	ISSN 1410-9565
--------------------	---------	-------	-----------	----------------------	----------------

Akreditasi No. 399/AU2/P2MI-LIPI/04/2012
SK Kepala LIPI Nomor : 395/D/2012, Tanggal : 24 April 2012

JURNAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH Volume 17 Nomor 1 Juli 2014

Jurnal enam bulanan
Pertama terbit Juni 1998

Penanggung Jawab / Pengarah

Ir. Suryantoro, MT
(Ka. PTLR BATAN)

Pemimpin Redaksi

Hendra Adhi Pratama, S.Si., M.Si. (PTLR BATAN)

Editor

Dr. Budi Setiawan, M.Eng. (PTLR BATAN)
Dr. Heny Suseno, M.Si. (PTKMR BATAN)
Drs. Gunandjar SU. (PTLR BATAN)
Dr. Asep Nugraha Ardiwinata (KEMENTAN)
Dr. rer. nat. Budiawan (Dept. Kimia, Universitas Indonesia)

Mitra Bestari

Prof. Drs. Erwansyah Lubis, M.Si. (PTKMR BATAN)
Dr. Sahat M. Panggabean (Kementerian Negara Riset dan Teknologi)
Dr. Muhammad Nurdin (Universitas Haluoleo)
Dr. Muslim (Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro)

Tim Redaksi

Heru Sriwahyuni, S.ST.
Mirawaty, S.Si
Yuli Purwanto, A.Md

Penerbit

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif
Badan Tenaga Nuklir Nasional
Kawasan Puspipstek Serpong, Tangerang 15310, Indonesia
Tel. +62 21 7563142, Fax. +62 21 7560927
e-mail : ptlr@batan.go.id

JURNAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH Volume 17 Nomor 1 Juli 2014

Pengantar Redaksi

Puji syukur ke hadirat Allah Yang Maha Esa atas terbitnya Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah, Volume 17 Nomor 1, Juli 2014. Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah memuat karya tulis ilmiah dari kegiatan penelitian dan pengembangan di bidang pengelolaan limbah yang meliputi aspek-aspek pengolahan limbah, penyimpanan limbah, dekontaminasi-dekomisioning, keselamatan lingkungan dan radioekologi kelautan.

Pada penerbitan kali ini kami menyajikan makalah-makalah hasil penelitian dan pengembangan setelah melalui pemeriksaan oleh tim editor yang terdiri karakterisasi gelas limbah, disposal limbah radioaktif, dosimetri biologik sitogenetik, pemungutan uranium dalam efluen proses, analisis tritium dalam air laut, inventori radionuklida di sedimen pesisir laut, dispersi atmosferik zat radioaktif serta pengelolaan berbagai jenis limbah radioaktif dari instalasi produksi radioisotop.

Semoga penerbitan jurnal ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat untuk dijadikan acuan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian dan pengembangan pengelolaan limbah di masa yang akan datang.

Jakarta, Juli 2014

JURNAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH

Volume 17 Nomor 1 Juli 2014

Daftar Isi

- Aisyah:** Devitrifikasi Gelas Limbah dan Korosi Canister Dalam Storage dan Disposasi Limbah Radioaktif (1-13)
- Sucipta, Hendra Adhi Pratama:** Pemilihan Tapak Potensial Untuk Disposasi Limbah Radioaktif Operasi PLTN di Bangka Selatan (14-28)
- Zubaidah Alatas, Yanti Lusiyanti:** Dosimetri Biologi Sitogenetik pada Liquidator Kecelakaan Chernobyl (29-36)
- Ghaib Widodo, Sigit, dan Kris Tri Basuki:** Penentuan Massa Resin Terkhat dan pH Optimal pada Pemungutan Uranium dalam *Efluen* Proses (37-46)
- Nurokhim:** Analisis Tritium dalam Air Laut Menggunakan LSC TRICARB 2910TR melalui Proses Elektrolisis (47-54)
- Murdahayu Makmur:** Inventori Radionuklida Americium dan Plutonium di Sedimen Pesisir Laut Gresik (55-61)
- Arif Yuniarto, Gabriel Soedarmini Boedi Andari, dan Syahrir:** Pengaruh Tinggi Lepas Efektif terhadap Dispersi Atmosferik Zat Radioaktif (Studi Kasus: Calon Tapak PLTN Bangka Belitung) (62-70)
- Didin S. Winatapura, Sari H. Dewi dan Ridwan:** Sintesis dan Karakterisasi Komposit $Fe_3O_4@ZnO$ dengan Metoda Presipitasi (71-77)

PEMILIHAN TAPAK POTENSIAL UNTUK DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF OPERASI PLTN DI BANGKA SELATAN

Sucipta, Hendra Adhi Pratama
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

ABSTRAK

PEMILIHAN TAPAK POTENSIAL UNTUK DISPOSAL LIMBAH RADIOAKTIF OPERASI PLTN DI BANGKA SELATAN. Dalam Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 dan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 disebutkan bahwa limbah radioaktif wajib dikelola secara memadai sehingga tidak membahayakan bagi manusia dan lingkungan. Dalam Agenda Riset Nasional 2010-2014 sub tema Energi Nuklir disebutkan bahwa penentuan lokasi tapak penyimpanan limbah lestari harus mulai dilakukan. Hal tersebut juga tersurat lebih jelas dalam Rencana Strategis BATAN 2010-2014 dan Rencana Strategis PTLR 2010-2014. Terkait dengan dasar hukum tersebut, dalam rangka mendukung percepatan pembangunan dan pengoperasian PLTN di Bangka, perlu dilakukan studi calon tapak disposal limbah radioaktif yang ditimbulkan dari operasional PLTN tersebut. Pada tahun 2013 dilakukan pemilihan tapak potensial, yang merupakan kelanjutan dari pemilihan wilayah potensial yang telah dilakukan pada tahun 2012. Pemilihan tapak potensial dilakukan berdasarkan kriteria yang telah disusun dalam studi pendahuluan. Pendekatan studi mengacu pada Safety Series IAEA No. 111-G-3.1, yang merekomendasikan tahapan pemilihan tapak disposal limbah radioaktif menjadi 4 yaitu 1) *Conceptual and Planning Stage*, 2) *Area Survey Stage*, 3) *Site Characterization Stage*, dan 4) *Site Confirmation Stage*. Aspek studi yang dipertimbangkan meliputi topografi, geologi, hidrologi, potensi sumber daya mineral, dan rencana tata ruang wilayah. Metode yang digunakan dalam pemilihan tapak potensial ini adalah teknik *buffering*, *scoring* dan *overlay*. Untuk konsep disposal yang dapat diterapkan (*near surface disposal* dan *deep geological disposal*) dalam batuan beku seperti granit, granodiorit dan adamelit, maka tapak potensialnya dapat dipilih pada lahan yang relatif dekat dengan calon tapak PLTN di Bangka Selatan.

Kata Kunci: Tapak potensial, disposal, limbah radioaktif

ABSTRACT

POTENTIAL SITE SELECTION OF DISPOSAL FOR RADIOACTIVE WASTE GENERATED FROM NPP OPERATION IN SOUTH BANGKA. As mentioned on Act No. 10/1997 and Government Regulation No. 61/2013 that radioactive waste must be managed until the disposal as well as to avoid the hazard to the public and environment. In the National Research Agenda Year 2010-2014 especially on the sub theme of Nuclear Energy was mentioned that determination of disposal sites should be initiated. The statement about radioactive waste disposal program also mentioned clearly on BATAN Strategic Plan and PTLR Strategic Plan Year 2010-2014. Based on the basic laws mentioned above, in supporting the acceleration of nuclear power plants (NPP) development and operation in the Bangka Islands, the study of disposal site candidate for radioactive waste arising from operation of NPP in Bangka have been done. In the year 2013, selection of potential sites have been conducted. IAEA Safety Series No. 111-G-3.1 have been adopted as a study approach, which recommends the steps of radioactive waste disposal site selection to 4 steps: 1) *Conceptual and Planning Stage*, 2) *Survey Area Stage*, 3) *Site Characterization Stage*, and 4) *Site Confirmation Stage*. Aspects of the study were considered in the selection of potential sites include topography, hydrology, geology, mineral resources, and land use / spatial planning. The method used in the selection of potential sites is *buffering*, *scoring* and *overlay* techniques. For disposal concepts that can be applied (*near surface disposal* and *deep geological disposal*) in igneous rocks such as granite, granodiorite and adamelite, the potential sites for disposal can be selected on a land relatively close to the nuclear power plant site candidates in South Bangka.

Keywords: selection, potential site, disposal, radioactive waste

PENDAHULUAN

Dalam Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997 [1] dan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 [2] disebutkan bahwa limbah radioaktif wajib dikelola secara memadai sehingga tidak membahayakan bagi manusia dan lingkungan. Program percepatan pembangunan dan pengoperasian PLTN di pulau Bangka, perlu didukung dengan studi pemilihan calon tapak disposal limbah radioaktif yang akan timbul dari operasional PLTN tersebut. Dasar hukum dilakukannya studi ini merujuk pada Agenda Riset Nasional 2010-2014 [3], Rencana Strategis BATAN 2010-2014 [4], Rencana Strategis PTLR 2010-2014 [5] dan Perka BATAN No. 123/KA/VIII/2007 [6].

Penyimpanan akhir (*disposal*) limbah radioaktif ditujukan untuk mengisolasi limbah agar tidak ada akibat paparan radiasi terhadap manusia dan lingkungan. Berbagai metode penyimpanan dengan tingkat pengisolasian tertentu dapat diperoleh dengan mengimplementasikan pilihan model disposal dekat permukaan (*near surface disposal = NSD*) dan disposal geologi dalam (*deep geological disposal = DGD*) yang telah digunakan atau dikembangkan di beberapa negara [7].

Pemilihan tapak ditujukan untuk mendapatkan suatu tapak yang dapat menjamin proteksi radiasi dan memenuhi persyaratan peraturan perundangan yang dikeluarkan oleh badan pengawas. Beberapa standard yang dikeluarkan oleh *International Atomic Energy Agency (IAEA)* [8], dan rekomendasi serta petunjuk internasional yang telah ada dapat digunakan sebagai bahan rujukan dalam penelitian ini.

Pemilihan tapak potensial untuk disposal limbah radioaktif operasional PLTN di pulau Bangka dilakukan dalam 4 tahapan, yaitu tahap konsep dan rencana disposal, tahap pemilihan wilayah potensial, tahap pemilihan tapak potensial dan tahap penentuan tapak terpilih. Seleksi tapak diawali dengan studi wilayah yang mempertimbangkan banyak aspek. Pada tahun 2011 telah dilaksanakan studi pemilihan calon tapak disposal limbah radioaktif operasi PLTN di Bangka Belitung, khususnya mengenai konsep dan rencana disposal [9], dan pada tahun 2012 dilanjutkan dengan pemilihan wilayah potensial [10].

Perkiraan banyaknya limbah radioaktif operasi PLTN berdasarkan hasil studi tahun 2011 [9]. Prediksi volume limbah radioaktif berdasarkan asumsi 4 PLTN tipe PWR berdaya 1000 MW dan lama pengoperasian 60 tahun. Dari hasil perhitungan diperoleh data limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang (LILW) sebanyak 96.000 drum - 144.000 drum, sehingga kebutuhan lahan untuk disposal antara 11.520 m² s/d 17.280 m² (belum termasuk *buffer zone*). Konsep disposal yang bisa dikembangkan adalah *near surface disposal (NSD)* dan *deep geological disposal (DGD)*. Tipe *near surface disposal* yang bisa diterapkan bisa *shallow land burial (SLB)* ataupun *rock cavern disposal (RCD)*, tergantung pada kesesuaian tapak yang ditemukan.

Berdasarkan petunjuk dari IAEA maupun mengacu pada pengalaman negara-negara maju di bidang disposal limbah radioaktif, telah disusun kriteria tapak penyimpanan limbah radioaktif. Terdapat 2 macam kriteria yang dikembangkan yaitu kriteria tapak *near surface disposal* untuk limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang, serta kriteria tapak *deep geological disposal* untuk limbah radioaktif tingkat tinggi. Aspek studi dalam pemilihan tapak potensial meliputi geomorfologi, litostratigrafi, hidrologi, sumber daya alam geologi dan rencana tata ruang wilayah. Wilayah studi pemilihan tapak potensial untuk disposal limbah operasional PLTN di pulau Bangka meliputi wilayah Kabupaten Bangka Selatan.

Pada tahun 2013 studi ini ditujukan untuk mendapatkan tapak potensial yang memenuhi kriteria keselamatan disposal limbah radioaktif operasi PLTN di pulau Bangka.

TEORI

Pemilihan tapak perlu dilakukan dengan prosedur yang sistematis yaitu dengan sistem penapisan dari wilayah yang luas ke tapak spesifik. Ada empat tahapan pemilihan tapak sistematis untuk fasilitas disposal baik *NSD* maupun *DGD* yaitu : 1) tahap konsep dan perencanaan; 2) tahap survei daerah; 3) tahap karakterisasi tapak; dan 4) tahap konfirmasi tapak [7].

Berbagai faktor penting yang wajib dipertimbangkan dalam pemilihan tapak disposal limbah radioaktif adalah sebagai berikut [11, 12, 13] :

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 disposasi 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 disposasi 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 disposasi memenuhi standar/persyaratan keselamatan.
6. 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 disposasi.
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 disposasi.
8. Transportasi limbah, tapak seyogyanya terletak sedemikian rupa sehingga jalur akses akan memudahkan transportasi limbah dengan resiko minimal terhadap masyarakat.
9. 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 disposasi terhadap penduduk saat ini dan proyeksi 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 disposasi, dan dampak penyebaran secara potensial dapat ditanggulangi ke dalam tingkat yang aman, dengan memperhitungkan aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.

Kriteria tapak untuk penyimpanan lestari limbah radioaktif aktifitas tinggi yang berupa fasilitas DGD (*deep geological disposal*), diacu dari hasil rangkuman berbagai referensi internasional sebagai berikut [14]:

1. Kriteria geometri
Lokasi seharusnya memiliki formasi geologi yang cukup luas dan tebal sehingga mencukupi sebagai ruang sistem disposasi, zona penyangga bawah permukaan (*buffer zone*) dan daerah eksklusif di permukaan bumi. Menurut estimasi yang didasarkan pada kerapatan penempatan limbah yang diijinkan dan sifat *host geological environment (HGE)*, maka *host geological system (HGS)* harus memiliki luas antara 8-10 km² dan ketebalan minimum 200 m (untuk batuan plastis) atau 500 m (untuk batuan padat keras). Kedalaman minimum repositori antara 300-500 m dari permukaan bumi.
2. Kriteria stabilitas jangka panjang
Lokasi GD harus merupakan suatu blok geologi yang stabil, tidak dekat dengan batas tektonik, aktivitas dan intensitas kegempaan rendah, bebas dari aktivitas vulkanisme. Sifat mekanik dan geofisik batuan pengungkuh harus memadai untuk menjamin stabilitas disposasi. Lokasi repositori harus memperhitungkan keberadaan *features* alamiah dan buatan untuk prediksi kemungkinan ketidakstabilan struktur. Lokasi repositori harus ditempatkan pada daerah yang bebas atau kecil pengaruh proses-proses alamiah denudasi dan pengangkatan (*up-lift*).
3. Kriteria hidrologi
Karakteristik hidrologi dari lingkungan geologi harus mampu membatasi aliran air tanah dalam sistem repositori. Arah dan kecepatan aliran air tanah dalam *host environment (HE)*, sifat sorpsi dari HE bersamaan dengan dimensi dan kedalaman HGS harus mampu menahan lepasnya radionuklida ke biosfer sampai dengan 100.000 tahun. Lingkungan geologi harus memiliki permeabilitas dan gradien hidrolik sangat rendah (antara 1x10⁻⁹ s/d 1x10⁻¹¹ m/detik).
4. Kriteria geokimia
Karakteristik fisiko-kimia dan geokimia dari lingkungan geologi (batuan dan air) harus mampu menahan mobilitas dan migrasi radionuklida ke biosfer.
5. Kriteria geo-ekonomi
Daerah dengan potensi sumber daya 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.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2013 di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif BATAN. Daerah penelitian meliputi wilayah kabupaten Bangka Selatan. Bahan penelitian berupa peta wilayah potensial, peta rupa bumi, peta geologi, peta sungai, peta kontur, peta potensi bahan galian dan peta rencana tata ruang wilayah.

Tahapan kerja yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut : tahap pra lapangan, tahap kerja lapangan, dan tahap pasca lapangan. Evaluasi data wilayah potensial untuk mendapatkan tapak potensial dilakukan secara deskriptif, *overlay*, *scoring* dan *buffering* (analisis spasial) menggunakan ArcGIS-10 (Gambar 2).

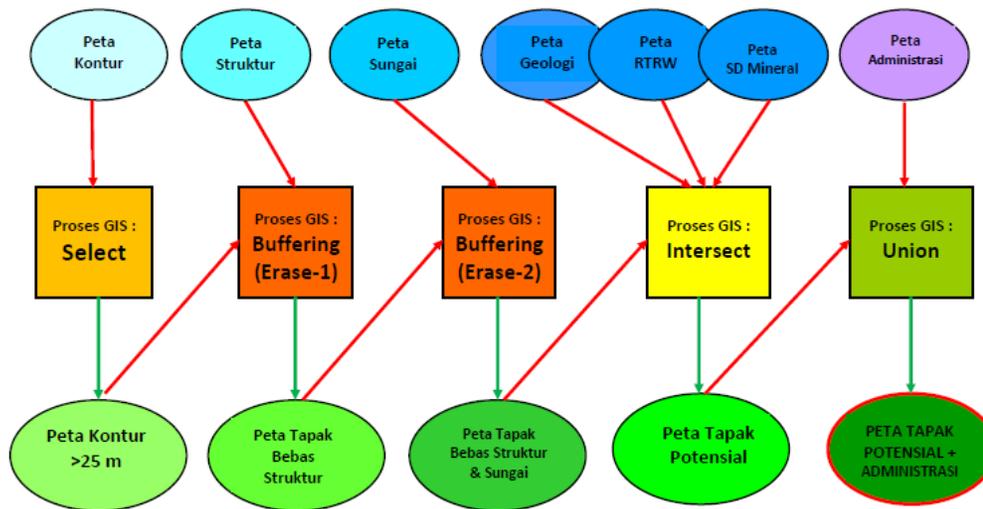
LANGKAH KERJA	DATA MASUKAN (INPUT)			HASIL YANG DIHARAPKAN
	DATA NON LAPANGAN	DATA LAPANGAN	DATA LABORATORIUM	
TAHAP PRA LAPANGAN <ul style="list-style-type: none"> • Penetapan kriteria • Informasi narasumber • Studi data sekunder • Interpretasi peta • Rencana kerja lap. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peta wilayah potensial • Peta rupa bumi • Peta geologi • Peta kontur • Peta sungai • Peta rencana tata ruang wilayah • Peta potensi bahan galian 			Gambaran awal kondisi wilayah potensial, topografi, sungai, geologi (batuan, struktur), penggunaan lahan, bahan galian dan rencana tata ruang ↓ Penentuan lintasan dan lokasi sampel
TAHAP KERJA LAPANGAN <ul style="list-style-type: none"> • Pengenalan medan • Pengumpulan data lapangan • Pengecekan hasil 		Data lapangan parameter topografi, batuan, struktur geologi, sungai, penggunaan lahan, bahan tambang		Kondisi topografi, batuan, struktur, sungai, penggunaan lahan, bahan tambang ↓
TAHAP PASCA LAPANGAN <ul style="list-style-type: none"> • Analisis lab. • Pembuatan peta-peta • Analisis data dan peta • Evaluasi • Pelaporan 			Peta kontur, Peta sungai, Peta geologi, Peta potensi bahan galian, Peta RTRW, Peta hasil analisis dan evaluasi, Data hasil analisis petrografi.	Tapak Potensial untuk Disposal Limbah Radioaktif

Gambar 1. Diagram alir kegiatan penelitian

Kriteria dan metodologi yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan arahan IAEA dalam *Safety Series No. 111-G-3.1* [7]. Peta yang dianalisis dan dievaluasi sesuai dengan kebutuhan dan ketersediaan data adalah data geomorfologi (peta kontur, peta sungai), data geologi (peta geologi, peta struktur geologi), data rencana tata ruang wilayah (peta RTRW) dan peta sumber daya mineral (peta potensi bahan galian). Pemilihan tapak potensial dilakukan dengan metode deskriptif, *scoring*, *overlay* dan *buffering*. Pemilihan tapak potensial didasarkan

pada kriteria tapak yang telah ditetapkan pada tahap penyusunan konsep dan rencana [9]. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapai sasaran meliputi 1. Persiapan (studi pustaka, persiapan alat dan bahan, penentuan lintasan observasi dan titik sampling); 2. Survei lapangan dalam aspek topografi, geologi, hidrologi, sumber daya alam, penggunaan lahan, tata ruang dan aspek lingkungan lain; 3. Analisis laboratorium, untuk sampel batuan untuk karakterisasi petrografi; 4. Pengolahan data, 5. Evaluasi dan interpretasi, 6. Penulisan laporan.

Diagram alir evaluasi tapak potensial ditunjukkan pada Gambar 2. Peta kontur topografi dievaluasi dengan proses GIS *Select* untuk mendapatkan peta kontur >25 m. Peta struktur diproses GIS *Buffering (Erase-1)* untuk mendapatkan peta tapak bebas struktur. Peta tapak bebas struktur dan peta sungai dilakukan proses GIS *Buffering (Erase-2)* sehingga diperoleh peta tapak bebas struktur dan sungai. Peta kontur >25 m, peta tapak bebas struktur dan sungai di-*intersect* bersama dengan peta geologi, peta RTRW dan peta sumber daya mineral yang telah di-*scoring* diperoleh peta tapak potensial. Peta tapak potensial dan peta administrasi diproses GIS dengan teknik *Union* akhirnya didapatkan peta tapak potensial yang terpadu dengan peta administrasi. Dari peta tersebut dapat diketahui zona-zona yang memiliki potensi sebagai tapak potensial dalam wilayah administrasi tertentu.



Gambar 2. Diagram alir evaluasi tapak potensial dengan ArcGIS 10

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Geomorfologi

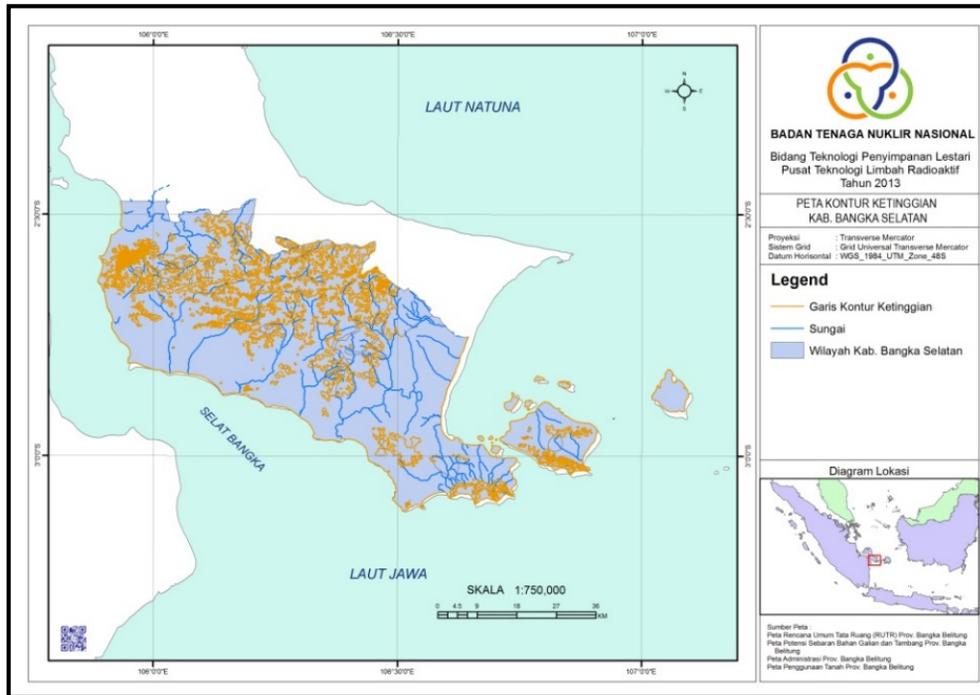
Aspek geomorfologi yang dibahas meliputi topografi dan pola pengaliran sungai. Berdasarkan peta kontur yang dibuat berdasarkan peta rupa bumi lembar Bangka Selatan dapat diuraikan sesuai Gambar 3.

Keadaan alam Kabupaten Bangka Selatan sebagian besar merupakan dataran rendah, lembah dan sebagian kecil pegunungan serta perbukitan, memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi lahan agroindustri (pertanian dan perkebunan). Sebagai daerah kepulauan, Kabupaten Bangka Selatan dihubungkan oleh perairan laut dan pulau-pulau kecil, memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi daerah wisata bahari dan perikanan laut.

Sungai-sungai di Bangka Selatan berhulu pada daerah perbukitan dan pegunungan dan bermuara di Selat Bangka dan Laut Jawa. Sungai-sungai tersebut berfungsi sebagai sistem drainase dengan pola pengaliran antara dendritik dan paralel.

Di Bangka Selatan tidak terdapat danau alami, tetapi banyak dijumpai lubang bekas penambangan bijih timah yang luas dan menjadikannya seperti danau buatan yang disebut *kolong*

[15]. Danau-danau buatan ini bermanfaat bagi penyimpanan cadangan air tawar, di samping itu juga terdapat rawa-rawa terutama di bagian wilayah timur dan selatan.



Gambar 3. Peta kontur ketinggian dan pola sungai wilayah Kabupaten Bangka Selatan

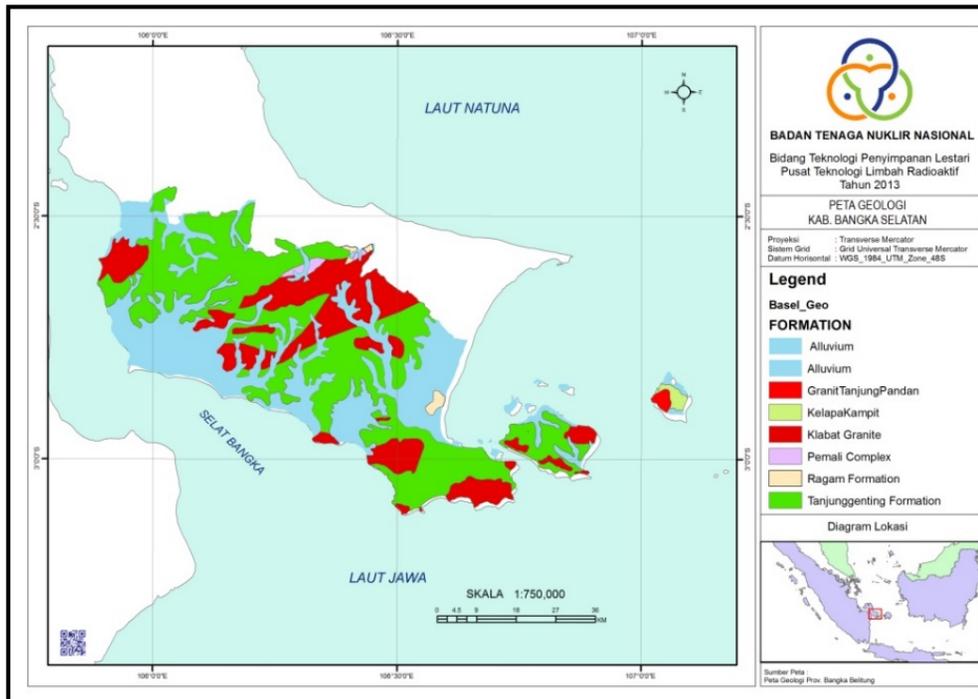
2. Geologi

Berdasarkan keadaan geologisnya Pulau Bangka dan wilayah sekitarnya berada pada Paparan Sunda atau bagian tepi dari kerak benua (*craton*) Asia. Oleh karena itu, batuan dasar penyusun daerah ini selain batuan malihan adalah batuan inti benua yang berupa batuan beku asam atau bersifat granitik.

Dilihat dari posisi waktu terbentuknya, batuan beku granitik tersebut merupakan bagian dari busur magmatik yang terbentuk pada umur *Trias* hingga *Jura* (230 s/d 135 juta tahun lalu). Kondisi geologi Kabupaten Bangka Selatan telah digambarkan oleh U. Margono, dkk (1995) [16] dalam Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatra, skala 1 : 250.000 yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

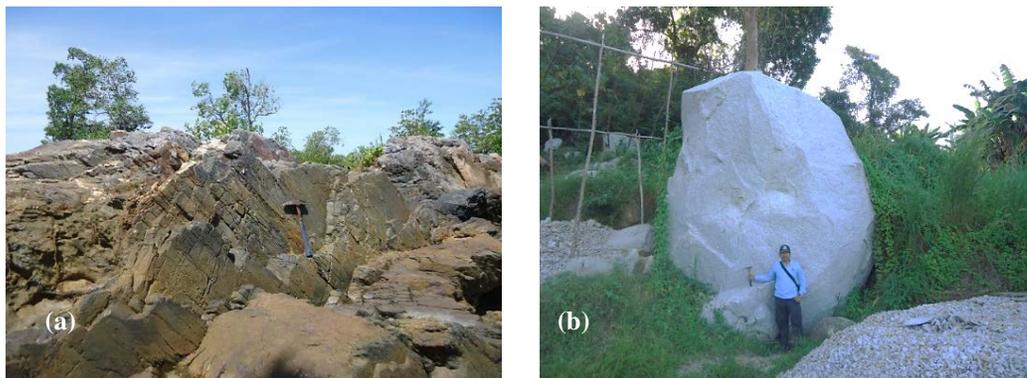
Batuan tertua yang tersingkap di Kabupaten Bangka Selatan adalah batuan yang termasuk dalam Komplek Malihan Pemali yang memiliki umur *Karbon-Perem*. Komplek ini terdiri dari filit, sekis, dan kuarsit. Filit berwarna abu-abu kecoklatan, struktur mendaun dan berurat kuarsa. Sekis berwarna abu-abu kehijauan, struktur mendaun, terkekarkan, setempat rekahannya terisi kuarsa atau oksida besi, berselingan dengan kuarsit. Kuarsit berwarna putih kecoklatan, keras, tersusun oleh kuarsa dan feldspar berukuran halus hingga sedang. Komplek Malihan Pemali tersebar di bagian baratdaya Airbara dan sebelah timur Ranggung.

Tidak selaras di atas Komplek Malihan Pemali diendapkan Formasi Tanjunggenting yang terdiri dari perselingan batupasir malihan, batupasir dan batulempung dengan lensa batugamping, setempat dijumpai oksida besi (Gambar 5a). Batuan-batuan pada formasi ini umumnya berlapis baik, terlipat kuat, terkekarkan dan tersesarkan. Di dalam batugamping dijumpai fosil *Montlivaultia Molukkana* J. Wanner, *Peronidella* G. Wilkens, *Entrochus* sp, dan *Enricrinus* sp, yang menunjukkan umur *Trias* dengan lingkungan pengendapan laut dangkal. Formasi Tanjunggenting tersebar luas mulai dari bagian utara, tengah dan selatan Kabupaten Bangka Selatan.



Gambar 4. Peta geologi Kabupaten Bangka Selatan

Granit Klabat menerobos batuan/formasi yang lebih tua yaitu Formasi Tanjunggending dan Kompleks Malihan Pemali, terdiri dari granit biotit, granodiorit dan granit genesan (Gambar 5b). Granit biotit mempunyai tekstur porfiritik dengan ukuran kristal sedang-kasar, fenokris feldspar, memperlihatkan struktur foliasi. Granit genesan berwarna abu-abu dan berstruktur mendaun. Umur Granit Klabat berdasarkan pentarikhan dengan metoda K-Ar dan Rb-Sr adalah *Trias Akhir-Jura Awal*, tersebar cukup banyak meliputi seluruh kecamatan yang ada di Kabupaten Bangka Selatan.



Gambar 5. Singkapan batuan di Bangka Selatan: a) batupasir di pantai Batubetumpang, b) granit di G. Permis.

Di atas formasi batuan yang telah disebutkan terdahulu diendapkan secara tidak selaras Formasi Ranggung yang terdiri dari perselingan batupasir, batulempung dan konglomerat. Batupasir berwarna putih kekuningan sampai dengan kecoklatan, berbutir halus-kasar, menyudut-membundar tanggung, berlapis baik, memiliki struktur sedimen silang siur, pelapisan sejajar dan pelapisan bersusun, mengandung lensa tipis batubara dan pasir timah sekunder. Batulempung

mengandung bahan organik dan lensa gambut. Konglomerat mengandung fragmen granit, kuarsa dan batuan malihan.

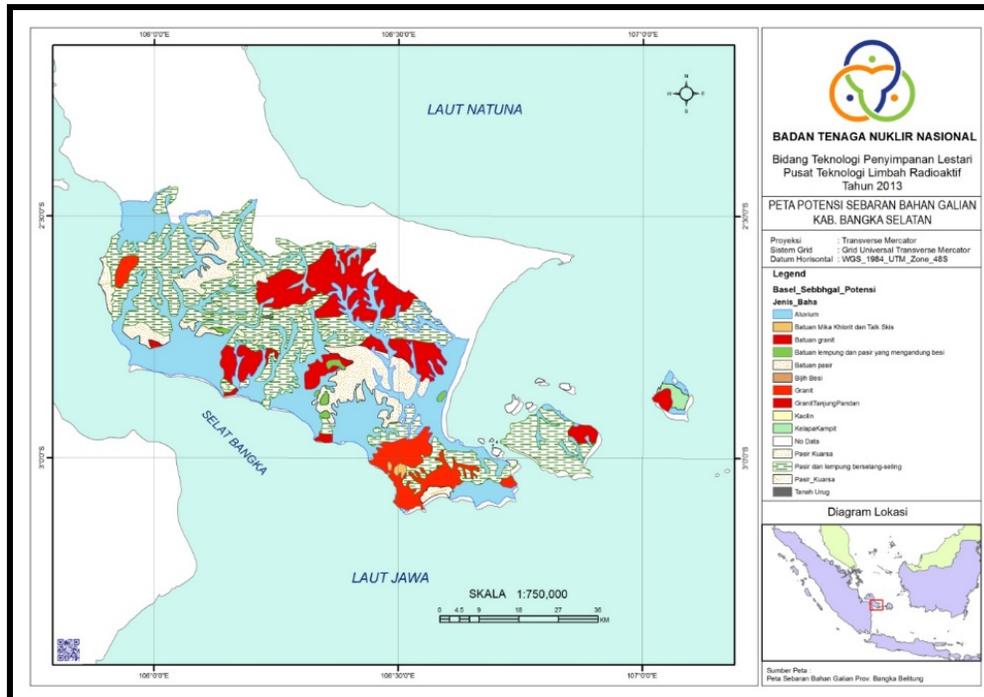
Fosil yang ditemukan pada formasi ini adalah *Turritella terebra*, *Amonia sp*, *Triloculina sp*, yang menunjukkan umur pengendapan *Miosen Akhir-Plistosen Awal* di lingkungan fluvial. Formasi Ranggam terdapat di Lesat (selatan Kepoh) dan Mangkapas.

Di atas Formasi Ranggam diendapkan endapan kuartar berupa pasir kuarsa, berwarna putih, berbutir kasar – sedang, membundar tanggung – membundar. Endapan rawa berupa lumpur, lanau dan pasir. Aluvium berupa lumpur, lempung, pasir, kerikil dan kerakal, yang keterdapatannya sebagai endapan sungai, rawa dan pantai.

3. Sumber daya mineral

Kabupaten Bangka Selatan mempunyai sumber daya mineral yang banyak dan beragam, mulai dari bahan galian seperti timah serta bahan galian industri antara lain kasiterit, monosit/*xenotime*, oksida besi, pirit, granit, diabas, kaolin, batupasir dan pasir kuarsa, pasir bangunan, tanah liat (Gambar 6).

Sumber daya bahan galian di Kabupaten Bangka Selatan terdiri dari 7 (tujuh) jenis mineral/ bahan galian, yaitu granit, pasir kuarsa, kaolin, bijih timah, bijih besi, zircon, dan monasit [15].



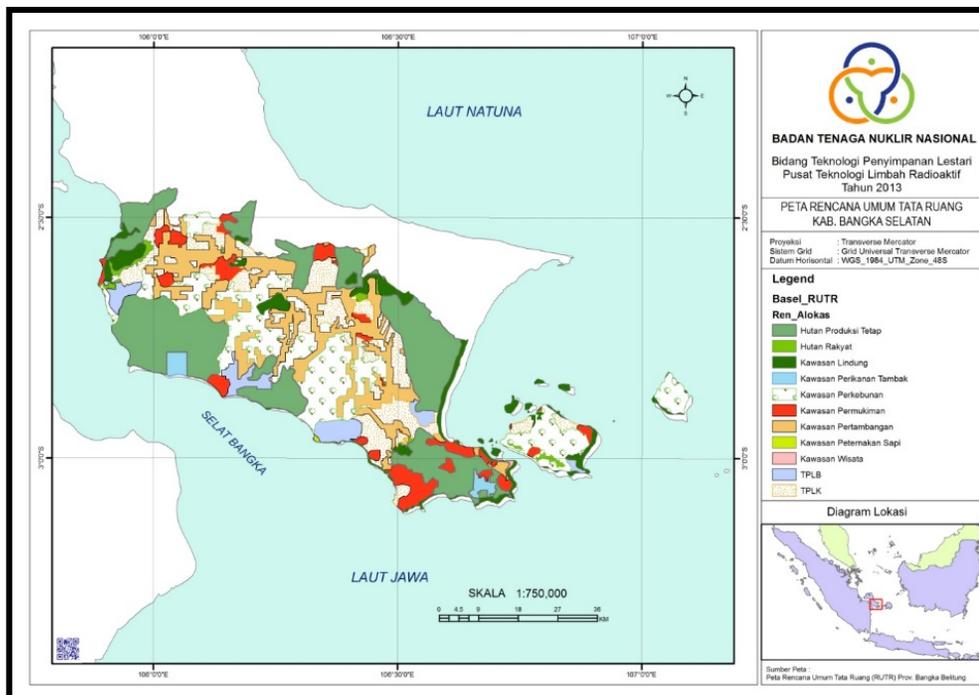
Gambar 6. Peta sebaran potensi bahan galian wilayah Kabupaten Bangka Selatan

Berdasarkan data geologi, hampir di semua wilayah baik di darat maupun di laut mempunyai cadangan bijih timah yang dikenal dengan istilah **World's tin belt** (sabuk timah dunia). Dengan struktur tanah yang mempunyai pH rata-rata di bawah 5, di dalamnya mengandung mineral bijih timah dan bahan galian lainnya seperti pasir kuarsa, kaolin, batu granit dan lain sebagainya.

4. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

Pemerintah Kabupaten Bangka Selatan telah menetapkan kebijakan pemanfaatan ruang yang dituangkan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), lihat Gambar 7. Pada hakekatnya RTRW menetapkan Rencana Pemanfaatan Ruang yaitu kawasan lindung dan budidaya [15].

Kawasan lindung merupakan kawasan yang ditetapkan untuk fungsi utama budaya kelestarian Lingkungan Hidup yang mencakup Sumber Daya Alam dan Sumber Daya Buatan (UU 24 Th 1992) [17]. Sedangkan kawasan dikembangkan untuk kegiatan budidaya yaitu antara lain, pertanian, pemukiman, pariwisata, pertambangan, industri dan sebagainya.



Gambar 7. Peta rencana umum tata ruang wilayah Kabupaten Bangka Selatan

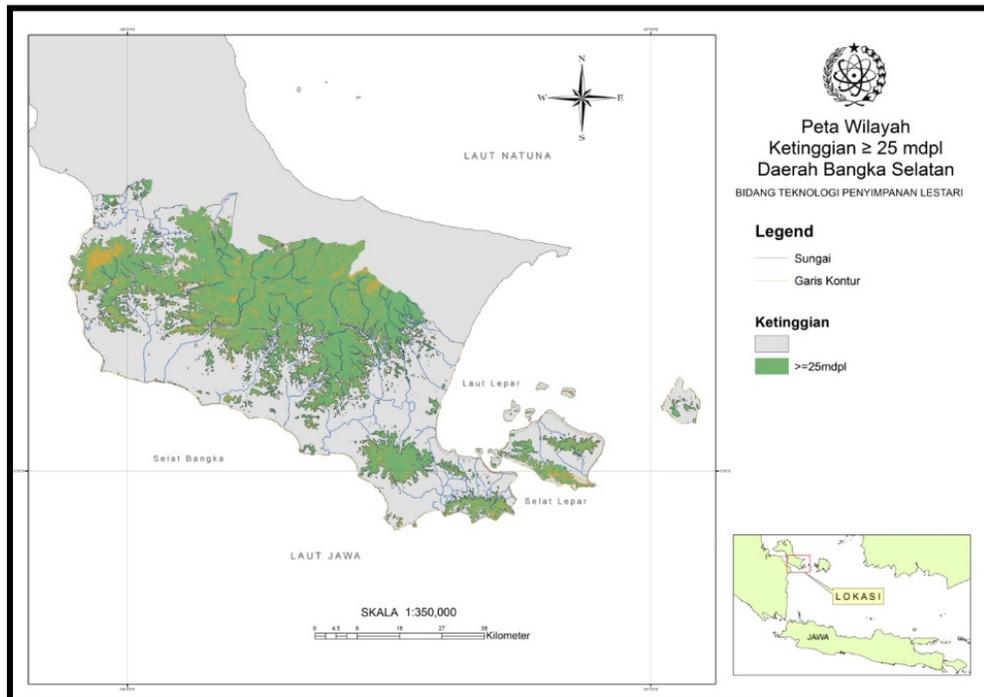
Evaluasi Wilayah Potensial Bangka Selatan

Berdasarkan kriteria topografi yang telah ditentukan yaitu wilayah yang dipilih adalah yang memiliki ketinggian di atas 25 m dpal diperoleh wilayah hasil proses *select* seperti disajikan dalam Gambar 8. Sebagian besar wilayah berada di bagian tengah dan sedikit ada di bagian tenggara wilayah Kabupaten Bangka Selatan.

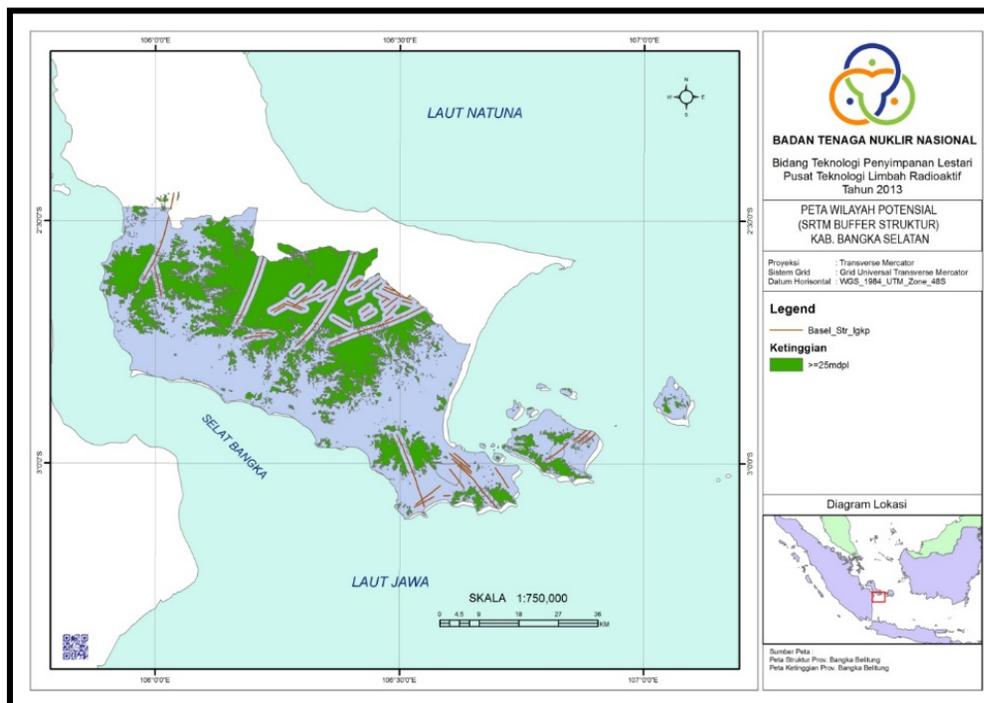
Sesuai dengan kriteria bahwa struktur geologi sampai dengan jarak 1000 m harus dikecualikan sebagai wilayah yang menarik untuk tapak disposal, maka untuk memproses pemilihannya dengan proses GIS (*Geographical Information System*) cara *buffering* (*erase-1*) terhadap peta ketinggian (Gambar 8). Dengan langkah *erase-1* tadi diperoleh gambaran wilayahnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 9.

Kriteria jarak dengan tubuh air permukaan (sungai, danau dan laut) adalah sejauh 500 m harus dikecualikan sebagai wilayah menarik untuk tapak disposal, maka proses pemilihannya dengan proses GIS cara *buffering* (*erase-2*) terhadap peta pada Gambar 9. Dengan langkah *erase-2* tersebut dapat diperoleh gambaran wilayahnya seperti ditunjukkan pada Gambar 10.

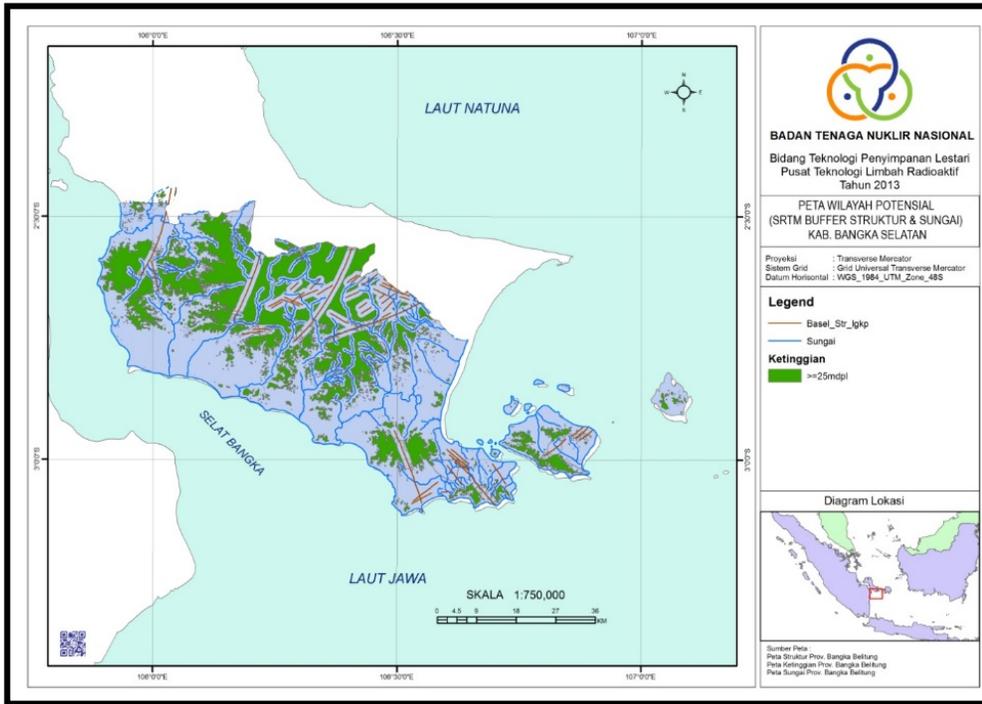
Dari peta yang ditunjukkan pada Gambar 10 kemudian dilakukan proses GIS berikutnya yaitu *intersect* dengan peta geologi, peta RTRW dan peta potensi sumber daya mineral (bahan galian). Hasil dari proses *intersect* tersebut diperoleh peta tapak potensial yang dapat dilihat pada Gambar 11, 12 dan 13. Gambar 11 menunjukkan hasil *intersect* dengan *scoring* geologi sehingga didapat peta tapak potensial berbasis *scoring* geologi.



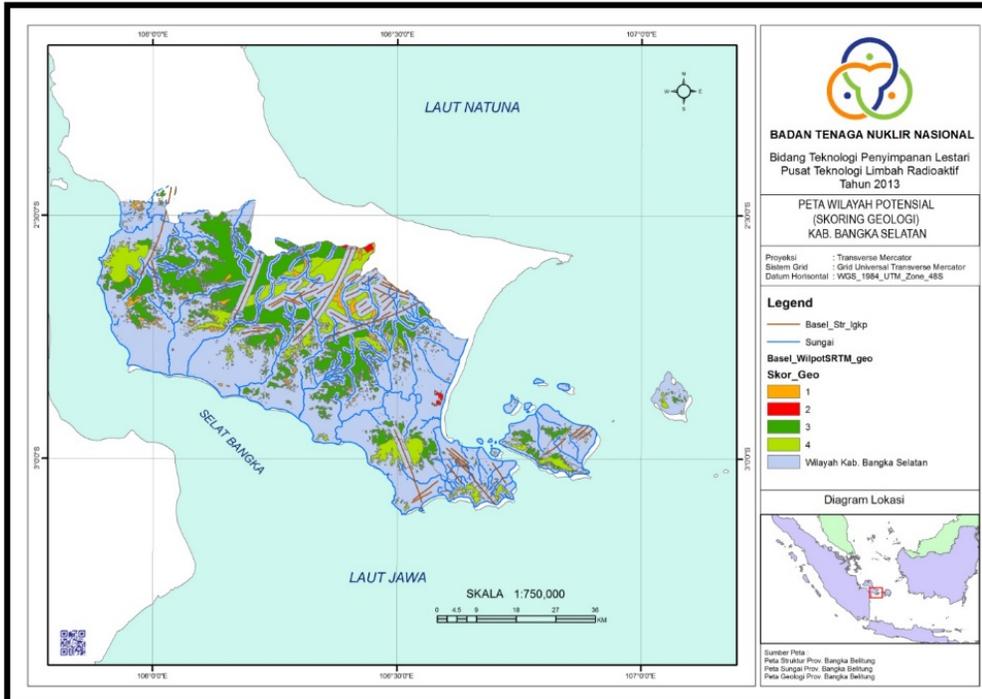
Gambar 8. Peta wilayah dengan ketinggian > 25 m wilayah Kabupaten Bangka Selatan



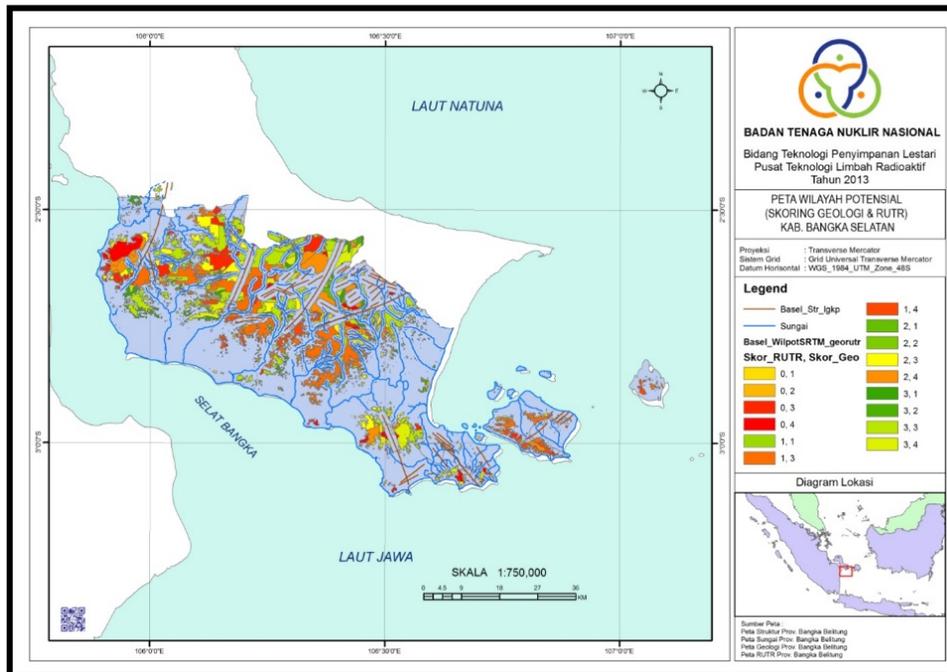
Gambar 9. Peta wilayah buffering struktur geologi wilayah Kabupaten Bangka Selatan



Gambar 10. Peta wilayah buffering struktur geologi dan sungai wilayah Kabupaten Bangka Selatan



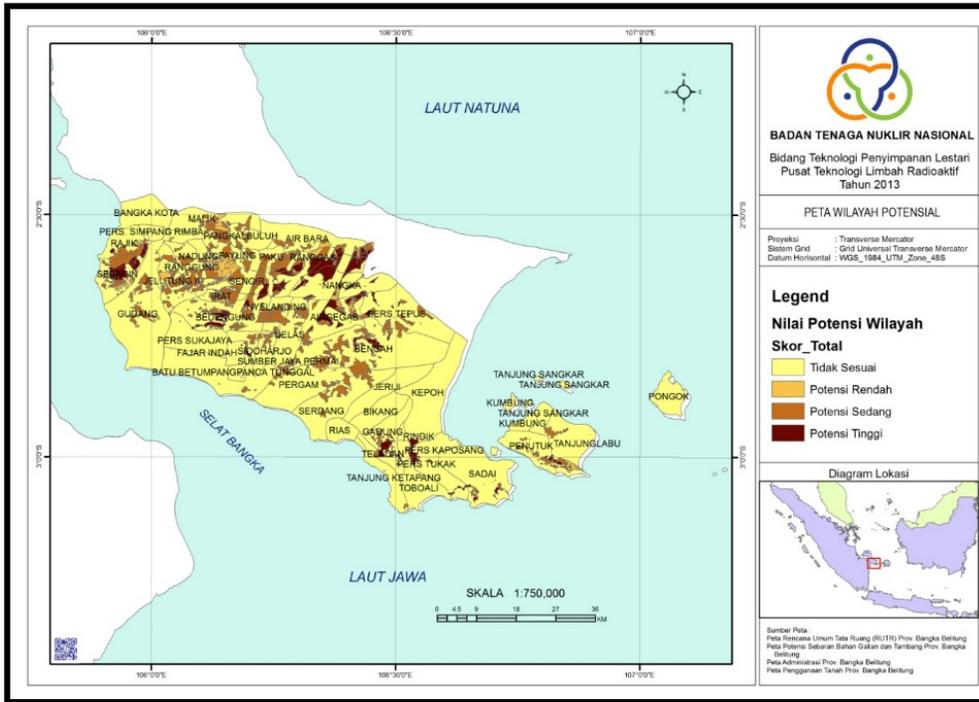
Gambar 11. Peta wilayah potensial berdasarkan scoring geologi Kabupaten Bangka Selatan



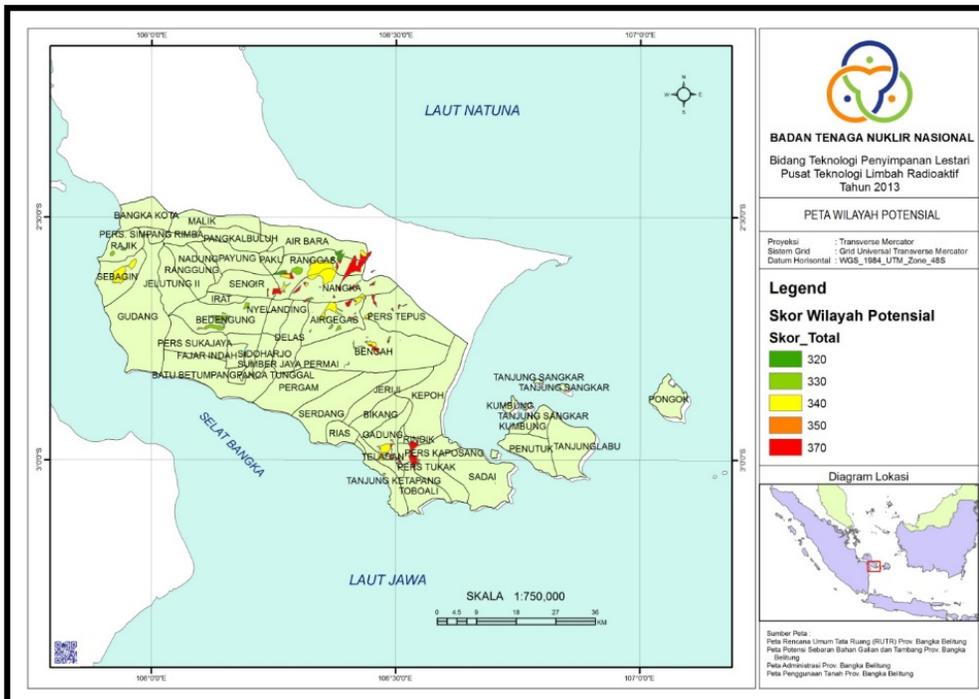
Gambar 12. Peta wilayah potensial berdasarkan *scoring* geologi dan rencana tata ruang wilayah Kabupaten Bangka Selatan

Gambar 12 memperlihatkan hasil *intersect* dengan *scoring* geologi dan RTRW sehingga diperoleh peta tapak potensial berbasis *scoring* geologi dan RTRW. Pada Gambar 13 dapat diketahui hasil *intersect* dengan *scoring* geologi, RTRW dan potensi sumber daya mineral (bahan tambang) sehingga diperoleh peta tapak potensial berbasis *scoring* geologi, RTRW dan potensi sumber daya mineral.

Setelah didapatkan peta tapak potensial kemudian dilakukan proses GIS *union* dengan peta administrasi untuk mengetahui letak tapak potensial tersebut berada pada daerah yang masuk wilayah administrasi kecamatan dan atau desa tertentu (Gambar 14). Dari hasil semua proses geologi tersebut akhirnya dapat diperoleh tapak potensial yang nilainya ≥ 340 , yaitu daerah Nangka, Ranggas, Sebagin dan Kaposang.



Gambar 13. Peta wilayah potensial Kabupaten Bangka Selatan



Gambar 14. Peta wilayah potensial dan administrasi Kabupaten Bangka Selatan

KESIMPULAN

Berdasarkan kriteria topografi bahwa tapak potensial yang memiliki ketinggian di atas 25 m dpal diperoleh tapak yang sebagian besar berada di bagian tengah dan sedikit ada di bagian tenggara wilayah Kabupaten Bangka Selatan.

Sesuai dengan kriteria bahwa struktur geologi sampai dengan jarak 1000 m harus dikecualikan sebagai tapak potensial untuk disposal, maka diperoleh tapak yang topografinya di atas 25 m dan bebas dari struktur geologi.

Tapak dengan ketinggian lebih dari 25 m dan bebas dari struktur geologi dipilih lagi dengan kriteria jarak dengan tubuh air permukaan minimum 500 m, maka diperoleh tapak yang memenuhi ketinggian >25 m, bebas struktur dan jauh dari badan air permukaan.

Evaluasi secara *scoring* dari peta geologi, RTRW dan potensi sumber daya mineral dari tapak terpilih yang memenuhi kriteria topografi, bebas struktur dan sungai tersebut diperoleh peta tapak potensial. Tapak potensial tersebut berada pada zona dengan batuan potensial granit, RTRW dan potensi sumber daya mineral yang bernilai rendah. Tapak potensial tersebut tersebar di bagian tengah utara, sedikit di bagian tenggara dan barat daerah penelitian Bangka Selatan.

Setelah didapatkan peta tapak potensial tersebut, berdasarkan proses GIS *union* dengan peta administrasi diperoleh peta tapak potensial berbasis administrasi. Dari peta terakhir yang didapat dapat ditentukan posisi administrasi tapak-tapak potensial yang diperoleh itu berada di wilayah kecamatan atau desa mana.

Hasil evaluasi wilayah potensial dengan metode gabungan antara *buffering*, *scoring* dan *overlay* dengan menggunakan *ArcGIS-10* melalui proses *Select*, *Erase-1*, *Erase-2*, *Intersect* dan *Union* diperoleh beberapa tapak potensial untuk disposal limbah radioaktif. Di Bangka Selatan diperoleh beberapa tapak potensial yaitu Nangka, Ranggung, Sebagian dan Rindik-Kaposang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan bantuan berbagai pihak antara lain seluruh staf BTPL, pimpinan dan staf PTLR, pemerintah daerah setempat dan semua pihak yang membantu penelitian baik dalam bentuk fasilitas, tenaga, pikiran maupun perijinan, maka tersusunlah makalah ini. Untuk itu saya sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Undang-undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaga-nukliran.
- [2]. Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.
- [3]. Keputusan Menteri Riset dan Teknologi Nomor 193/M/Kp/IV/2010 tentang *Agenda Riset Nasional Tahun 2010-2014*, Kementerian Ristek, Jakarta, 2010.
- [4]. Peraturan Kepala BATAN Nomor 013/KA/II/2010 tentang *Rencana Strategis BATAN Tahun 2010-2014*, BATAN, Jakarta, 2010.
- [5]. PTLR, *Rencana Strategis PTLR 2010-2014*, PTLR BATAN, Serpong, 2010
- [6]. Peraturan Kepala BATAN Nomor 123/KA/VIII/2007 tentang *Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN*, BATAN, Jakarta, 2007.
- [7]. IAEA, *Siting of Near Surface Disposal Facilities*, Safety Series No. 111 G-3.1, IAEA, Vienna, (1994).
- [8]. IAEA, *Near Surface Disposal of Radioactive Wastes*, Safety Series No. 111-S.3, IAEA, Vienna, (1994).
- [9]. SUCIPTA, S. WALUYO, B. SETIAWAN, D. SUGANDA, A.S. PURNOMO, dan H. SRIWAHYUNI, Studi Pemilihan Calon Tapak Disposal Limbah Radioaktif Operasi PLTN di Bangka Belitung : Penyusunan Konsep dan Rencana Disposal, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, PTAPB BATAN, Yogyakarta, 2012.
- [10]. SUCIPTA, HENDRA A.P., ARIMULADI S.P., HERU SRIWAHYUNI, dan BUDI S., Studi Pemilihan Calon Tapak Disposal Limbah Radioaktif Operasi PLTN di Bangka Belitung : Pemilihan Wilayah Potensial, Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah XI, PTLR BATAN, Serpong, 2013.
- [11]. IAEA, *Site Investigations for Repositories for Solid radioactive Wastes in Shallow Ground*, Technical Reports Series No. 216, IAEA, Vienna, (1982).

- [12]. IAEA, *Criteria for Underground Disposal of Solid Radioactive Wastes*, Safety Series No. 60, IAEA, Vienna, (1983).
- [13]. D.J. SQUIRES, *Siting of Shallow Land Repositories*, Regional Training Course on National Infrastructure for Radioactive Waste Management, Jakarta, Indonesia, (1991).
- [14]. SUCIPTA dan PRATOMO, B.S., Kriteria Lokasi Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif Tanah Dalam (*Deep Geological Disposal*) di Indonesia, Prosiding PPI PDIPTN P3TM BATAN, Yogyakarta, 2003.
- [15]. BAPPEDA Kabupaten Bangka Selatan, *Peta Struktur dan Pola Pemanfaatan Ruang Kabupaten Bangka Selatan Tahun 2000-2015*, Toboali, 2000.
- [16]. MARGONO, U., SUPANDJONO, RJB. dan E. PARTOYO, *Peta Geologi Lembar Bangka Selatan*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.
- [17]. Undang-undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang