



**Bulletin of Scientific Contribution
GEOLOGY**

**Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



**Volume 18, No.3
Desember 2020**

**POTENSI GEOLOGI REGIONAL BANGKA BELITUNG UNTUK TAPAK *LANDFILL* LIMBAH
*TENORM***

Sucipta, HA Pratama dan D Iskandar

Bidang Teknologi Pengolahan dan Penyimpanan Limbah
PTLR BATAN

ABSTRAK

Sebagai antisipasi kebutuhan masa mendatang dalam penyediaan fasilitas pengelolaan limbah *TENORM* di Kepulauan Bangka Belitung (Babel), maka salah satunya perlu dipersiapkan fasilitas disposal tipe *landfill* yang mempertimbangkan aspek keselamatan masyarakat dan lingkungan. Untuk itu sebagai langkah awal perlu dilakukan tinjauan geologi regional Kepulauan Bangka Belitung untuk calon tapak *landfill* limbah *TENORM*. Kajian ini dilaksanakan dengan metode deskriptif dengan ruang lingkup studi pustaka, tinjauan terhadap kriteria keselamatan tapak *landfill*, pengumpulan dan analisis data geologi regional, serta analisis potensinya untuk tapak *landfill*. Berdasarkan data geologi regional diperoleh beberapa potensi calon tapak dengan batuan pengungkuh (*hostrock*) berupa batuan sedimen (batuan lempungan), *hostrock* batuan kristalin (granit, granodiorit, adamelit dan lain-lain), dan *hostrock* batuan metamorf (filit, sekis dan lain-lain). *Hostrocks* tersebut tersebar di pulau Bangka, pulau Belitung dan pulau-pulau kecil di sekitar pulau Bangka dan pulau Belitung.

Kata kunci : geologi regional, tapak, *landfill*, limbah *TENORM*

ABSTRACT

In anticipation of future needs in the provision of facilities on management of TENORM waste in the Bangka Belitung (Babel) Islands, it's necessary to prepare the disposal (landfill) facility that consider the safety of public and the environment. Therefore as a first step necessary to review the regional geology of Babel Islands as landfill disposal site for TENORM waste. The study is conducted with descriptive methods with the scope of literature studies, review of the safety criteria for landfill site, collection and analysis of regional geological data, as well as its potential for future landfill site. Based on the regional geological data obtained, there are several potential candidate sites with hostrock in sedimentary rocks (claystone,) crystalline rocks (granite, granodiorite, adamelit etc.), and metamorphic rocks (filit, schist, etc.). The hostrocks are distributed on the Babel Islands and small islands around the Bangka Belitung.

Keywords : regional geology, landfill, site, *TENORM* waste

PENDAHULUAN

Sehubungan dengan rencana pengelolaan terpadu limbah *technologically enhanced naturally occurring radioactive materials (TENORM)* dari hulu ke hilir di Indonesia khususnya di Kepulauan Bangka Belitung, maka perlu antisipasi kebutuhan *disposal* atau penyimpanan akhir tipe *landfill* untuk limbah *TENORM*. Fasilitas *landfill* (penimbunan) diperuntukkan bagi banyak variasi limbah, dengan tipe *landfill* yang makin tinggi kualitasnya sesuai dengan tingkat bahaya dari limbah yang ditempatkan (Christopher, dkk., 2014). Sebagai persiapan awal perlu dilakukan evaluasi potensi geologi regional kepulauan Bangka Belitung sebagai tapak *landfill* untuk limbah *TENORM* yang harus

mempertimbangkan aspek keselamatan masyarakat dan lingkungan.

Pemilihan tapak ditujukan untuk mencari suatu tapak, yang bila dilengkapi dengan desain, kemasan limbah, tipe dan kualitas kemasan limbah, penghalang rekayasa dan kontrol institusional yang memadai, akan menjamin proteksi radiasi dan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh badan pengawas tenaga nuklir (IAEA, 2011; IAEA, 2014; IAEA, 2012, BAPETEN, 2013).

Sebagaimana telah dikembangkan di negara-negara maju dan direkomendasikan oleh *International Nuclear Energy Agency (IAEA)*, bahwa limbah *TENORM* dapat ditempatkan dalam *landfill kelas dua sesuai peraturan Menteri Lingkungan Hidup* (KemenKLHK, 2016).

Sebagai acuan dalam pemilihan tapak, telah dirumuskan kriteria tapak landfill khususnya terkait dengan aspek geologi, yang disarikan dari berbagai referensi seperti diuraikan sebagai berikut.

Berbagai faktor penting yang wajib dipertimbangkan dalam pemilihan tapak landfill seperti yang berlaku untuk penyimpanan akhir limbah radioaktif lainnya adalah sebagai berikut (IAEA, 2011; IAEA, 2014; IAEA, 2012; Sucipta, 2011; Sucipta dkk., 2013a; Sucipta dkk., 2013b) :

1. Geologi
Tata geologi (*geological setting*) 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 tipe *landfill*.
2. Hidrogeologi
Tata hidrogeologi (*hydrogeological setting*) 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.

Beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan pengelolaan limbah *TENORM* meliputi pengembangan teknik penyimpanan limbah *NORM-TENORM* dari industri minyak dan gas bumi (Sucipta, 2007) dan evaluasi calon tapak *landfill* limbah campuran *Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM)* dan Bahan Berbahaya Beracun (B3) (Sucipta dkk., 2007). Selain itu pernah pula dilakukan pengkajian keselamatan landfill alamiah limbah *TENORM* pada industri minyak dan gas bumi (Sucipta dkk., 2012) dan pengkajian keselamatan penyimpanan limbah *TENORM* dari pertambangan timah menggunakan

perangkat lunak *PRESTO* (Sucipta dkk., 2014).

METODOLOGI

Studi ini dilakukan secara deskriptif terhadap kondisi geologi regional kepulauan Bangka Belitung. Data kondisi geologi regional diperoleh dari peta geologi regional berskala 1:250.000 yang meliputi lembar Bangka Utara (Andi Mangga dkk., 1994), lembar Bangka Selatan (Margono dkk., 1995) dan lembar Belitung (Baharudin dkk., 1995). Data geologi dan kondisi umum daerah Bangka Belitung beserta pulau-pulau kecil lainnya diperoleh juga dari data pengamatan secara *reconnaissance* dan data sekunder (BPS Prop. Babel, 2019). Evaluasi secara awal dilakukan terhadap kondisi geologi regional tersebut terutama berkaitan dengan potensi batuan yang ada di daerah Babel sebagai *hostrocks* (batuan pengungkung dan penyangga) disposal tipe *landfill* bagi limbah *TENORM*.

Batuan yang potensial untuk media disposal pada umumnya dipertimbangkan bila memiliki sifat-sifat kekuatan tinggi, kapasitas penyerapan tinggi, memiliki self-sealing capacity, sekecil mungkin keberadaan aliran air tanah, sekecil mungkin terjadinya reaksi kimia yang tidak dikehendaki antara batuan, air dan limbah. Berbagai macam batuan yang dipertimbangkan untuk tapak disposal limbah *TENORM* adalah granit (termasuk batuan kristalin sejenisnya), tuf, batuan lempung (argillaceous) dan batuan sedimen lainnya.

Tipe batuan (litologi) sangat penting untuk diperhatikan dalam pemilihan tapak, karena tipe batuan sangat menentukan sifat permeabilitas dan kapasitas pengungkungan radionuklida. Urutan nilai tipe batuan dari yang tertinggi (nilai 5) hingga yang terendah (nilai 1) dapat ditentukan sebagai berikut: granit dan batuan kristalin sejenisnya (nilai 5), batuan lempung (nilai 4), batuan pasir (nilai 3), breksi-konglomerat dan evaporit (nilai 2) dan batugamping serta sedimen lepas (nilai 1).

Evaluasi dilakukan dengan perbandingan antara kriteria dan kondisi geologi regional (tipe batuan) daerah Bangka Belitung dan sekitarnya. Tipe-tipe batuan yang secara regional relatif memenuhi kriteria tersebut selanjutnya dilakukan deskripsi singkat tentang potensinya sebagai batuan penyangga landfill dan fungsinya sebagai natural barrier terhadap kemungkinan lepasnya radionuklida dari limbah *TENORM* ke lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Umum Kepulauan Bangka Belitung

Secara geografis, Propinsi Kepulauan Bangka Belitung terletak pada 0°50' – 4°10' LS Lintang

Selatan (LS) dan 104°50' - 109°30' Bujur Timur (BT), dengan batas-batas wilayah berikut, sebelah Barat berbatasan dengan selat Bangka, sebelah Timur berbatasan dengan Selat Karimata, sebelah Utara berbatasan dengan Laut Natuna dan di sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Jawa.

Propinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan Propinsi yang dibentuk berdasarkan Undang-Undang No. 24 tahun 2000, tanggal 4 Desember 2000, yang sebelumnya termasuk salah satu Kabupaten dari Propinsi Sumatera Selatan. Luas wilayah Propinsi Kepulauan Bangka Belitung terdiri dari wilayah daratan dan lautan dengan luas

wilayah daratan 16.424,06 km² dan luas wilayah lautan 65.301,00 km², sehingga luas seluruh wilayah daratan dan lautan adalah 81.725,06 km².

Dari total wilayah daratan Propinsi Kepulauan Bangka Belitung terbagi dalam 6 (enam) Kabupaten dan 1 (satu) Kota, dengan luas wilayah seperti terlihat pada Tabel 1.

Propinsi Kepulauan Bangka Belitung secara geografis meliputi Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Dalam wilayah administrasi pemerintah Kabupaten/Kota terbagi dalam wilayah kecamatan dan kelurahan/desa.

Tabel 1. Luas wilayah kabupaten dan kota di Propinsi Bangka Belitung (BPS Prop. Babel, 2019)

Kabupaten/Kota <i>Regency/Municipality</i>	Luas (km²) <i>Total Area (square.km)</i>	Persentase <i>Percentage</i>
(1)	(2)	(3)
Kabupaten/Regency		
1. Bangka	2.950,68	17,97
2. Belitung	2.293,61	13,97
3. Bangka Barat	2.820,61	17,17
4. Bangka Tengah	2.155,77	13,13
5. Bangka Selatan	3.607,08	21,96
6. Belitung Timur	2.506,91	15,26
Kota/Municipality		
1. Pangkalpinang	89,40	0,54
Kep. Bangka Belitung	16.424,06	100,00

2. Iklim

Suhu udara di wilayah Bangka yang diwakili oleh kota Pangkalpinang tahun 2018 berkisar antara 24,0°C s/d 31,7°C dengan rata-rata sebesar 27°C. Sedangkan suhu udara di wilayah Belitung yang diwakili oleh kota Tanjungpandan tahun 2018 berkisar antara 21,0°C s/d 34,3°C dengan rata-rata sebesar 26,5°C.

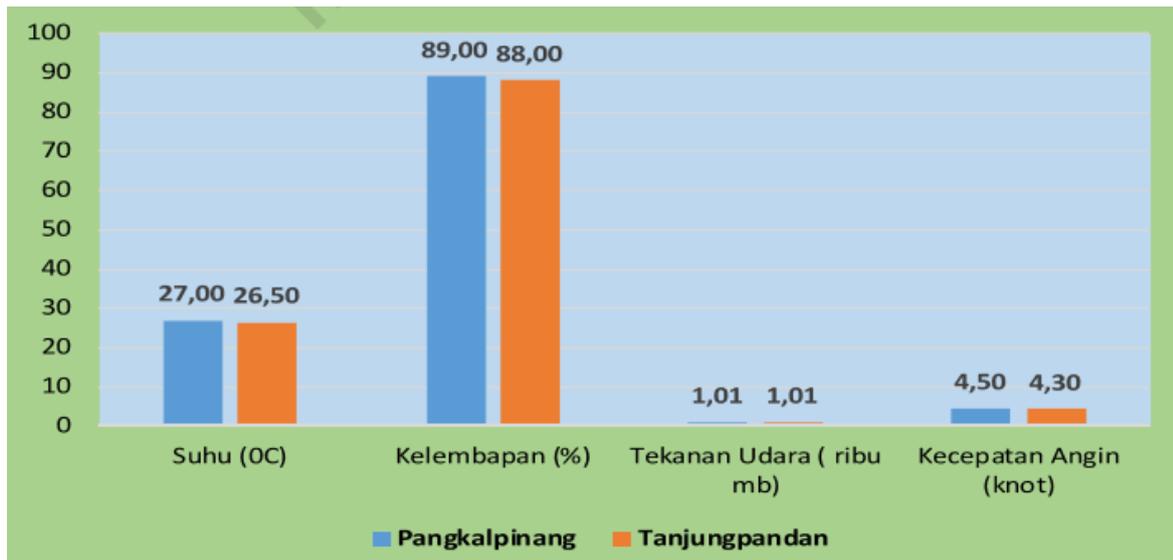
Kelembaban udara di wilayah Bangka yang diwakili oleh kota Pangkalpinang tahun 2018 berkisar antara 62,8% s/d 94,0% dengan rata-rata sebesar 82%. Sedangkan kelembaban udara di wilayah Belitung yang diwakili oleh kota Tanjungpandan tahun 2018 berkisar antara 51% s/d 100% dengan rata-rata sebesar 88%.

Tekanan udara di wilayah Pangkalpinang Bangka pada tahun 2018 memiliki tekanan udara antara 1007,5 milibar hingga 1011,5 milibar, dengan rata-rata tekanan udara sebesar 1009,7 milibar. Di wilayah Belitung yang diwakili oleh kota Tanjungpandan pada

tahun 2018 memiliki tekanan udara berkisar antara 1007,7 hingga 1014,3 milibar, dengan rata-rata sebesar 1010,9 milibar.

Di wilayah Pangkalpinang Bangka pada tahun 2018 memiliki arah angin rata-rata dari barat (Desember-April) dan dari timur (Mei-Nopember), dengan kecepatan antara 0,0 s/d 10,8 knot dan rata-rata 4,8 knot. Di wilayah Tanjungpandan Belitung arah angin bertiup dari arah barat hingga utara (Nopember-April) dan dari timur hingga selatan (Mei-Oktober) dengan kecepatan angin berkisar antara 0 s/d 25 knot dan rata-rata 4,30 knot.

Curah hujan di wilayah Pangkalpinang Bangka pada tahun 2018 rata-rata sebesar 175 mm dan jumlah hari hujan sebanyak 17,5 hari. Di wilayah Belitung yang diwakili oleh kota Tanjungpandan pada tahun 2018 memiliki rata-rata curah hujan sebesar 504 mm dengan jumlah hari hujan sebanyak 105,9 hari. Secara singkat data iklim tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika, Stasiun Meteorologi Pangkalpinang

Gambar 1. Data iklim daerah Pangkalpinang, Bangka dan Tanjungpandan Belitung tahun 2018 (BPS Prop. Babel, 2019).

3. Morfologi

Wilayah Kepulauan Bangka Belitung umumnya relatif datar, bergelombang dan berbukit-bukit. Permukaan tanah pegunungan relatif rendah (sebagian besar berada pada ketinggian 100 - 500 meter di atas permukaan laut) digunakan untuk usaha perkebunan dan penambangan timah mencapai ± 1.167.039 Ha (BPS Prop. Babel, 2019).

Ditinjau dari morfologi wilayah Propinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan gugusan dua pulau besar yaitu Pulau Bangka, Pulau Belitung, yang di sekitarnya dikelilingi pulau-pulau kecil (Gambar 2).

Adapun pulau-pulau kecil yang mengelilingi Pulau Bangka antara lain : Pulau Nangka, Penyau, Burung, Lepar, Ponggok, Gelasa, Panjang, Tujuh dan pulau-pulau kecil Mendanau serta pulau-pulau kecil lainnya baik yang bernama maupun yang tidak bernama.

Secara morfologi gambaran keadaan wilayah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

Pulau Bangka berada pada ketinggian

antara 0 sampai dengan > 400 meter dari permukaan air laut dengan kemiringan lereng berkisar antara 0 - > 25 %, wilayah dengan ketinggian > 400 meter dari permukaan air laut berada pada sekitar hulu Sungai Mabat yaitu Gunung Maras, umumnya datar hingga berbukit. Wilayah dengan kemiringan lereng antara 0-5% umumnya berada pada kaki bukit, lembah antar sungai-sungai yang relatif pendek dan kecil dengan dataran aluvial ke arah Selatan-Timur, Selatan, Barat dan Utara Pulau Bangka.

Pulau Belitung umumnya berada di ketinggian 0 sampai dengan 500 m dari permukaan air laut dengan kemiringan lereng berkisar antara 0 - > 25 %, wilayah dengan ketinggian < 500 m dari permukaan air laut berada sekitar hulu Sungai Manggar yaitu Gunung Mang dan hulu Sungai Limo Manis yaitu Gunung Tajemlak , dengan kemiringan lereng antara 0 - 5 % berada dan pada dataran aluvial di lembah antara sungai wilayah Timur, Selatan, Barat dan utara Pulau Belitung .



Gambar 2. Pulau Bangka, Pulau Belitung dan pulau-pulau kecil di sekitarnya (<https://brainly.co.id>)

Pulau-pulau kecil umumnya berada pada ketinggian antara 0-100 meter dari permukaan air laut, umumnya berbukit dengan kemiringan lereng antara 0 – 15 %, pulau pulau kecil secara umum hanya memiliki 1 kecamatan bahkan pada umumnya hanya berupa desa atau dukuh bahkan ada yang tidak bernama.

4. Geologi

4.1. Pulau Bangka

Secara stratigrafi regional, pulau Bangka tersusun oleh beberapa formasi atau satuan batuan secara urut dari muda ke tua sebagai berikut (Andi Mangga dkk., 1994 dan Margono dkk., 1995) :

Aluvium (Qa) berupa bongkah , krakal, krikil, pasir lempung dan gambut; **Endapan Rawa (Qs)** terdiri dari lumpur lanau dan pasir;

Formasi Ranggam (TQr) merupakan perselingan batu pasir, batu lempung dan batu lempung tufan dengan sisipan tipis batu lanau dan bahan organik; berlapis baik, struktur sedimen berupa perlapisan sejajar dan perlapisan silang siur. Ketebalan formasi \pm 150 m dengan kandungan fosil yang dijumpai antara lain moluska Amonia sp., yang menunjukkan umur relatif tidak lebih tua dari Miosen akhir.

Granit Klabat (TRJkg) berupa granit, granodiorit, adamelit, diorit dan diorit kuarsa, secara setempat dijumpai retas aplit dan pegmatid. Granit Klabat terkekarkan dan tersesarkan, serta menerobos diabas penyabung (PTRD). Secara radiometri formasi

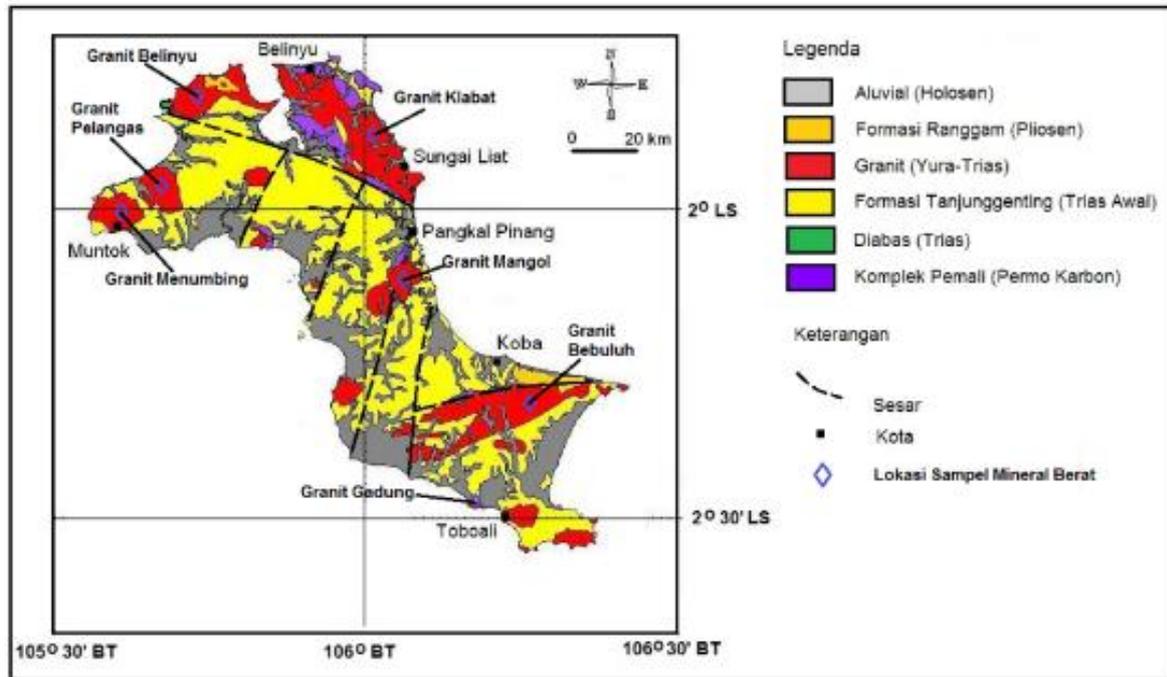
batuan ini menunjukkan umur 217 juta tahun (Trias akhir).

Formasi Tanjunggenting (TRt) terdiri dari perselingan batupasir malihan, batu pasir, batu pasir lempungan dan batu lempung dengan lensa batu gamping, secara setempat dijumpai oksida besi. Formasi Tanjunggenting tersusun oleh batuan yang berlapis baik, terlipat kuat, terkekarkan dan tersesarkan; tebalnya 250 sampai 1.250 m. Di dalam batu gamping dijumpai fosil *Entrocos sp.*, dan *Encrinus sp.*, fosil ini menunjukkan umur Trias; dengan lingkungan pengendapan diperkirakan laut dangkal. Lokasi tipe terdapat di Tanjunggenting dan dapat dikorelasikan dengan Formasi Bintan.

Diabas Penyabung (PTRD) berupa diabas, terkekarkan dan tersesarkan, diterobos oleh granit klabat (TRJ kg) dan menerobos Komplek Malihan Pemali (CPP). Umur formasi ini diperkirakan Permian.

Komplek Pemali (CPP) tersusun oleh filit dan sekis dengan sisipan kuarsit dan lensa batu gamping. Kondisi Komplek Pemali terkekarkan, terlipat, tersesarkan dan diterobos oleh granit Klabat. Deroever (1951) menjumpai fosil berumur Permian pada batu gamping, di dekat Air Duren, sebelah selatan tenggara Pemali. Umur diduga Permian dengan lokasi tipe di daerah Pemali.

Gambaran penyebaran formasi batuan menurut kondisi geologi regional pulau Bangka seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (Ngadenin dkk., 2014).



Gambar 3. Geologi regional pulau Bangka (Ngadenin dkk., 2014)

4.2. Pulau Belitung

Stratigrafi pulau Belitung dan pulau-pulau kecil di sekitarnya dapat diuraikan secara urut dari yang berumur muda hingga yang paling tua sebagai berikut (Baharudin dkk., 1995) :

Aluvium (Qa) terdiri dari bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lempung dan gambut; **Pasir Berkarbon (Qpk)** berupa pasir karbonan kehitaman bersisipan lempung. Kondisi batuan dari formasi ini bersifat tidak padu, berbutir sedang sampai halus, mengandung mineral berat dan lignit. Secara setempat dijumpai lapisan yang mengandung mineral kasiterit. Satuan ini menindih tak selaras batuan pra tersier, dan ketebalan sekitar 1-5 m.

Formasi Tajam (PCTm) tersusun oleh batu pasir kuarsa bersisipan batu lanau terlipat sedang hingga kuat dan termalihkan rendah. Batu pasir berwarna putih-hijau, padat, berbutir halus sampai kasar, menyudut tanggung-membundar, memperlihatkan lapisan bersusun dan sejajar, terkekarkan. Batu lanau berwarna hijau sampai kecoklatan, termalihkan sedang, tebal lapisan 2-40 cm. Biji timah primer dijumpai bersama kuarsa dalam urat rekah dan jejaring. Formasi ini diduga menjari dengan Formasi Kelapakampit yang berumur Permo-karbon.

Formasi Kelapa Kampit (PCKs) berupa batuan sedimen fliisch yang terlipat lemah sampai sedang, terdiri atas batupasir malihan berselingan dengan batusabak, batulumpur, serpih, batulanau tufan, dan rijang. Batupasir malihan berwarna putih sampai kelabu muda, kompak, berbutir halus-kekasar, menyudut

tanggung-membundar. Tebal lapisan 2-7 meter. Setempat dijumpai lapisan bersusun, silang-siur dan gelembur gelombang. Batu sabak dan batu serpih berwarna hitam, menunjukkan pelapisan sejajar dan mengandung kasiterit dan galena. Tebal pelapisan 5-20 cm. Batulumpur berwarna hitam, berlembar, tebal pelapisan 4-6 m. Batulanau tufan kelabu muda, kompak, tebal pelapisan 1-4 m. Rijang, kelabu muda kemerahan, kersikan, mengandung radiolaria tebal pelapisan 10 sampai 20 m. Formasi ini berumur Permo-karbon. Formasi ini terendapkan dalam lingkungan laut dengan ketebalan yang tersingkap lebih dari 500 m.

Formasi Siantu (PCsv) terdiri dari lava basal dan breksi gunung api. Lava basal, hijau tua, pejal, kasat mata, setempat menunjukkan struktur lava bantal. Kemas antar butir terdiri atas plagioklas, piroksin, dan mineral sekunder klorit, kalsit. Breksi gunung api, fragmen umumnya basal berukuran 20-40 cm, menyudut tanggung-membundar dengan matrik pasir kasar. Satuan ini terendapkan dalam lingkungan laut dan diduga menjemari dengan Kelapa Kampit.

Granit Tanjung Pandan (Trtg) tersusun oleh granit, warna kelabu muda, holokristalin, berbutir kasar-sangat kasar, butir hipidiomorfik terdiri atas kuarsa, felspar, plagioklas, biotit hornblenda. Batuan ini termasuk dalam tipe "S" (PITFIELD, 1987, dalam BAHARUDIN & SIDARTO, 1995), mengandung *greysand* yang kaya mineral kasiterit primer. Umur mutlaknya berdasarkan K-Ar berkisar dari 208-245 juta tahun yang lalu.

Adamelit Baginda (Jma) berupa adamelit, kelabu sampai kehijauan, holokristalin, ekuigranular berbutir kasar dengan mineral penyusun terdiri atas kuarsa, felspar, plagioklas, biotit, hornblenda, serta mineral sekunder seperti klorit, karbonat, limonit dan oksida besi. Berdasarkan analisis kimia batuan ini termasuk ke dalam tipe granit "I" (PITFIELD, 1987, dalam BAHARUDIN & SIDARTO, 1995), yang tidak mengandung mineral kasiterit. Umur mutlaknya berkisar dari 160-208 juta tahun

Granodiorit Burung Mandi (Kbg) tersusun oleh granodiorit kelabu muda sampai kehijauan, holokristalin, ekuigranular, dan hipidiomorfik. Mineral penyusun adalah kuarsa, plagioklas, felspar, biotit, hornblenda, dan mineral sekunder seperti

klorit, karbonat dan oksida besi. Berdasarkan hasil analisa kima, batuan ini termasuk ke dalam granit tipe "I" (PITFIELD, 1987, dalam BAHARUDIN & SIDARTO, 1995). Umur mutlaknya antara 115-180 juta tahun.

Diorit Kuarsa Batu Besi (Kbd) terdiri dari diorit kuarsa, warna hijau-kelabu muda, holokristalin, berbutir sedang, hipidiomorfik granular, mineral penyusunnya adalah kuarsa, plagioklas, K-felspar, biotit, hornblenda klorit, dan oksida besi. Umur mutlaknya antara 115-160 juta tahun.

Gambaran penyebaran formasi batuan menurut kondisi geologi regional pulau Belitung seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (Pemda Kab. Belitung, 2019).



Gambar 4. Geologi regional pulau Belitung (Pemda Kab. Belitung, 2019).

5. Pembahasan

Berdasarkan kondisi geologi regional Kepulauan Bangka Belitung seperti yang diuraikan tersebut di atas dan dikaitkan dengan konsep landfill disposal beserta kriteria lokasi/tapak yang berhubungan dengan geologi, maka dapat diambil beberapa pilihan seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3. Urutan nilai tipe batuan dari yang tertinggi (nilai 5) hingga yang terendah (nilai 1) ditentukan sebagai berikut: granit dan batuan kristalin sejenisnya (nilai 5), batuan lempung (argillaceous) (nilai 4), batuan pasir (nilai 3), breksi-konglomerat dan evaporit (nilai 2) dan batugamping serta sedimen lepas (nilai 1).

Berdasarkan evaluasi sederhana tersebut dapat diperoleh beberapa batuan potensial yang bernilai ≥ 3 . Di P. Bangka dan pulau-pulau kecil di sekitarnya (P. Lepar) ada

beberapa formasi geologi yang secara litologi bisa dipilih untuk *hostrocks* fasilitas landfill yaitu Granit Klabat (granit, grano-diorit, adamelit, diorit dan diorit kuarsa, setempat dijumpai retas aplit dan pegmatit), Diabas Penyabung (diabas) dan Komplek Pemali (filit dan sekis), Formasi Ranggam (perselingan batu pasir, batu-lempung dan batulempung tufan), dan Formasi Tanjunggenting (perselingan batu pasir malihan, batupasir, batu pasir lempungan dan batu lempung).

Di P. Belitung dan pulau-pulau sekitarnya (P. Seliu, P. Liat), formasi geologi yang berpotensi sebagai *hostrocks* landfill adalah Granit Tanjung Pandan (granit), Adamelit Baginda (adamelit), Granodiorit Burung Mandi (granodiorit) dan Diorit Kuarsa Batu Besi (diorit kuarsa), Formasi Kelapa Kampit (Batupasir malih berselingan dengan batusabak, batulumpur, serpih, batu-lanau

tufan, dan rijang), dan Formasi Tajam (batupasir kuarsa bersisipan batulanau). Batuan yang berpotensi sebagai hostrock untuk landfill limbah *TENORM* di Kepulauan Bangka Belitung secara umum dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis yaitu batuan beku (meliputi granit, granodiorit, adamelit dan diabas), batuan sedimen (meliputi batupasir, batupasir lempungan,

batupasir malihan, batulempung, batulempung tufan, batulanau, batulanau tufan, batulumpur, serpih dan rijang) dan batuan malihan (filit dan sekis). Deskripsi singkat sifat fisiko-kimia, sifat geoteknik dan sifat hidrogeologi dari ketiga jenis batuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Potensi *hostrock* untuk *landfill* limbah *TENORM* di Bangka

NO	FORMASI	BATUAN UTAMA	STRUKTUR GEOLOGI	LOKASI	NILAI
1	Aluvium (Qa), Endapan rawa (Qs), Pasir Kuarsa (Qak) Pasir Kuarsa (Qak) Umur : Holosen	Qa : Lempung-bongkah lepas-lepas; Qs : Lempung, lanau dan pasir; Qak : Pasir kuarsa	---	Sepanjang dataran pantai dan sungai	1
2	Formasi Ranggalang (TQr) Umur : Miosen akhir s/d Plistosen awal	Perselingan batu pasir, batu-lempung dan batulempung tufan	---	Daerah antara Nibung s/d Lubukbesar, bagian utara Bangka Selatan dan daerah Lesat.	3-4
3	Granit Klabat (TRJkg) Umur : 201 s/d 223 juta tahun (Trias akhir – Jura awal)	Granit, grano-diorit, adamelit, diorit dan diorit kuarsa, setempat dijumpai retas aplit dan pegmatit	Sesar dan kelurusan	Bangka barat, Bangka Utara, Bagian tengah Bangka Selatan, Tj. Bedaun, Tj. Mempunai, Toboali, Tj. Baginda, P. Lepar.	5
4	Formasi Tanjunggending (TRt) Umur : Trias awal	Perselingan batu pasir malihan, batupasir, batu pasir lempungan dan batu lempung	Sesar dan kelurusan	Menyebar merata di seluruh pulau	3-4
5	Diabas Penyabung (PTRD)	Diabas	---	Penyabung	5
6	Komplek Pemali (CPP) Umur : Perm atau Karbon	Filit dan sekis	---	Hulu S. Kurau (utara Bukit Murup)	4

Keterangan : V = berpotensi, X = tidak berpotensi

Batuan yang berpotensi sebagai hostrock untuk landfill limbah *TENORM* di Kepulauan Bangka Belitung secara umum dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis yaitu batuan beku (meliputi granit, granodiorit, adamelit dan diabas), batuan sedimen (meliputi batupasir, batupasir lempungan, batupasir malihan, batulempung,

batulempung tufan, batulanau, batulanau tufan, batulumpur, serpih dan rijang) dan batuan malihan (filit dan sekis). Deskripsi singkat sifat fisiko-kimia, sifat geoteknik dan sifat hidrogeologi dari ketiga jenis batuan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Potensi *hostrock* untuk *landfill* limbah *TENORM* di Belitung

NO	FORMASI	BATUAN UTAMA	STRUKTUR GEOLOGI	LOKASI	NILAI
1	Aluvium (Qa) Umur : Holosen	Lempung-bongkah lepas-lepas	---	Sepanjang dataran pantai dan sungai	1
2	Pasir Berkarbon (Qpk) Umur : Plistosen	Pasir karbonan kehitaman bersisipan lempung	---	Airmerah dan Barat Kubing	1

3	Formasi Tajam (PCTm) Umur : Permo-Karbon	Batupasir kuarsa bersisipan batulanau	Sesar dan kelurusan diduga sesar	Bagian tengah P. Belitung memanjang s/d baratdaya pulau, dan di bagian tenggara pulau Belitung.	3-4
4	Formasi Kelapa Kampit (PCKs) Umur : Permo-Karbon	Batupasir malih berselingan dengan batusabak, batulumpur, serpih, batu-lanau tufan, dan rijang	Lipatan dan kelurusan	Hampir di seluruh pulau Belitung selain formasi-formasi/unit batuan yang lain	3-4
5	Formasi Siantu (PCsv) Umur : Permo-Karbon	Lava basal dan breksi gunung api	---	Sekitar P. Siantu	2
6	Granit Tanjung Pandan (Trtg) Umur : 208 s/d 245 juta tahun	Granit	Kelurusan-kelurusan diduga sesar	Bagian barat laut P. Belitung	5
7	Adamelit Baginda (Jma) Umur : 160 s/d 208 juta tahun	Adamelit	Kelurusan-kelurusan	Daratan dekat pantai baratdaya P. Belitung, Tj. Batuayer, Tj. Klumpang dan P. Seliu	5
8	Granodiorit Burung Mandi (Kbg) Umur : 115 s/d 160 juta tahun	Granodiorit	Kelurusan-kelurusan	G. Burungmandi dan G. Bolong	5
9	Diorit Kuarsa Batu Besi (Kbd) Umur : 115 s/d 160 juta tahun	Diorit kuarsa	Kelurusan-kelurusan	G. Batubesi	5

Keterangan : V = berpotensi, X = tidak berpotensi

Tabel 4. Deskripsi karakteristik fisik dan geoteknik *hostrock* untuk *disposal* limbah radioaktif (termasuk *TENORM*) di Bangka dan Belitung

JENIS BATUAN	BATUAN UTAMA & FORMASI	SIFAT FISIKO-KIMIA	SIFAT GEOTEKNIK	SIFAT HIDROGEOLOGI
Batuan Beku	Granit, granodiorit, adamelit, diorite kuarsa, apilit, pegmatit, diabas (Granit Klabat, Diabas Penyabung, Granit Tanjung Pandan, Adamelit Baginda, Granodiorit Burung Mandi, Diorit Kuarsa Batu Besi)	Batuan beku (kristalin) umumnya memiliki kemampuan menahan radionuklida (Roxburgh, 1987). Batuan beku termasuk batuan keras yang memiliki densitas berkisar antara 26-30 KN/m ³ (Roxburgh, 1987 dan Verhoef, 1985)	Batuan beku umumnya memiliki kekuatan yang tinggi dengan <i>unconfined compressive strength</i> (UCS) 147,8 hingga 198,3 MPa, dan tahan terhadap pelapukan (Roxburgh, 1987).	Batuan beku setipe granit memiliki permeabilitas lapangan berkisar antara 10 ⁻⁴ sampai 10 ⁻⁹ cm/detik (Verhoef, 1985) dan relatif kering (Roxburgh, 1987).

Batuan Sedimen	Perselingan batu pasir, batulempung dan batulempung tufan, batu pasir malihan, batupasir lempungan dan batu lempung, batupasir kuarsa bersisipan batulanau, batupasir malih berselingan dengan batusabak, batulumpur, serpih, batulanau tufan, dan rijang (Formasi Ranggam, F. Tanjung-genting, F. Tajam, F. Kelapakampit)	Batuan-batuan sedimen (batupasir, batulanau, batu-lempung) memiliki kerapatan (densitas) berkisar antara 16-29 KN/m ³ (Verhoef, 1985)	Batuan lempungan (argillaceous) umumnya memiliki kekuatan mekanik rendah (Roxburgh, 1987), sedangkan batupasir memiliki UCS sekitar 11,6 MPa (Verhoef, 1985).	Batupasir memiliki permeabilitas lapangan berkisar antara 10 ⁻³ sampai 10 ⁻⁸ cm/detik (Verhoef, 1985), sedangkan yang serpih (setipe lempung) memiliki permeabilitas lapangan berkisar antara 10 ⁻⁸ hingga 10 ⁻¹¹ cm/detik (Verhoef, 1985).
Batuan Metamorf	Filit dan sekis (Komplek Pemali)	Batuan metamorf memiliki kisaran kerapatan anatar 18-29 KN/m ³ ((Roxburgh, 1987; Verhoef, 1985)	Batuan metamorf kristalin umumnya memiliki kekuatan yang tinggi dengan <i>unconfined compressive strength</i> sekitar 71,9 MPa (Roxburgh, 1987).	Batuan metamorf filit memiliki permeabilitas setara lempung, sedangkan sekis memiliki permeabilitas lapangan sekitar 10 ⁻⁷ cm/detik (Verhoef, 1985)

Batuan beku (kristalin) umumnya memiliki kemampuan menahan radionuklida (Roxburgh, 1987). Batuan-batuan beku termasuk batuan keras yang memiliki kerapatan (densitas) berkisar antara 26-30 KN/m³ (Verhoef, 1985). Batuan beku umumnya memiliki kekuatan yang tinggi dengan *unconfined compressive strength* (UCS) 147,8 hingga 198,3 MPa, dan tahan terhadap pelapukan (Verhoef, 1985). Batuan beku setipe granit memiliki permeabilitas lapangan berkisar antara 10⁻⁴ sampai 10⁻⁹ cm/detik dan relatif kering (tidak mengandung air atau sebagai akuifer). Batuan-batuan sedimen (batupasir, batulanau, batu-lempung) memiliki kerapatan (densitas) berkisar antara 16-29 KN/m³ (Verhoef, 1985). Batuan lempungan (argillaceous) umumnya memiliki kekuatan mekanik rendah (Roxburgh, 1987), sedangkan batupasir memiliki UCS sekitar 11,6 MPa (Verhoef, 1985). Batupasir memiliki permeabilitas lapangan berkisar antara 10⁻³ sampai 10⁻⁸ cm/detik (Verhoef, 1985), sedangkan yang serpih (setipe lempung) memiliki permeabilitas lapangan berkisar antara 10⁻⁸ hingga 10⁻¹¹ cm/detik (Verhoef, 1985).

Batuan metamorf memiliki kisaran kerapatan antara 18-29 KN/m³ (Roxburgh, 1987; Verhoef, 1985). Batuan metamorf kristalin umumnya memiliki kekuatan yang relative tinggi dengan *unconfined compressive strength* sekitar 71,9 MPa (Roxburgh, 1987). Batuan metamorf filit memiliki permeabilitas setara lempung, sedangkan sekis memiliki permeabilitas lapangan sekitar 10⁻⁷ cm/detik (Verhoef, 1985).

Berdasarkan hasil kajian sifat fisiko-kimia, geoteknik dan hidrogeologi beberapa jenis batuan tersebut hampir semua memiliki kelebihan walaupun dalam hal-hal tertentu ada kekurangannya, sehingga semua jenis batuan tersebut memiliki potensi sebagai hostrock landfill limbah *TENORM*. Untuk lebih meyakinkan dalam penentuan batuan potensial tentu saja perlu dilakukan penelitian lapangan dan uji laboratorium terhadap contoh beberapa macam batuan potensial tersebut.

Singkapan batuan beku dan malihan di pulau Bangka dan khususnya Belitung (<https://belitonggeopark>), seperti ditunjukkan pada Gambar 5, umumnya merupakan daerah atau kawasan pengembangan wisata dan geopark, sehingga potensi untuk *hostrock* landfill menjadi kecil atau bahkan menjadi

tidak berpotensi. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka batuan potensial untuk *hostrock* landfill limbah *TENORM* masih menyisakan pada Formasi Tanjunggending dan Formasi Ranggam di pulau Bangka, serta Formasi Kelapakampit dan Formasi Tajam di pulau Belitung.

Fasilitas landfill limbah *TENORM* nantinya berpotensi juga sebagai salah satu geopark unik untuk unjuk kerja tapak, teknologi dan keselamatan landfill di Kepulauan Bangka Belitung bila dikelola dengan baik, profesional dan menarik.



Gambar 5. Peta lokasi geopark di pulau Belitung (<https://belitonggeopark>)

KESIMPULAN

Berdasarkan kondisi geologi regional Kepulauan Bangka Belitung dan dikaitkan dengan konsep landfill beserta kriteria lokasi/tapak yang terkait dengan geologi, maka ada beberapa pilihan formasi geologi yang berpotensi sebagai *hostrocks* untuk landfill limbah *TENORM*.

Di P. Bangka dan pulau-pulau kecil di sekitarnya, formasi geologi yang secara litologi berpotensi untuk *hostrocks* adalah Formasi Ranggam dan Formasi Tanjunggending. Sedangkan di P. Belitung dan pulau-pulau sekitarnya, formasi geologi yang berpotensi sebagai *hostrocks* adalah Formasi Tajam dan Formasi Kelapa Kampit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya penelitian ini diucapkan terima kasih kepada penyelenggara program INSINAS Kemen Ristekdikti dan semua pihak terkait yang telah memfasilitasi, membantu dan mendukung (PTLR, BATAN dan Pemprov/Pemda wilayah Bangka-Belitung).

DAFTAR PUSTAKA

- BAHARUDDIN dan SIDARTO, Peta Geologi Lembar Belitung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.
- BAPETEN, Peraturan Kepala BAPETEN No. 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan, BAPETEN, Jakarta, 2013.
- BPS Prop. Babel, "Propinsi Bangka Belitung Dalam Angka 2019", Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi Bangka Belitung, 2019.

CHRISTOPHER, B.H., K.P. SMITH, S. KAMBOJ dan J.J. QUINN, Radiological Dose and Risk Assessment of Landfill Disposal of *TENORM* in North Dakota, Environmental Science Division, Argonne National Laboratory, Illinois, 2014.

<https://belitonggeopark/map-2> (diakses 10 Desember 2020)

<https://brainly.co.id/> (diakses 9 Desember 2020)

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Disposal of Radioactive Waste", Specific Safety Requirements No. SSR-5, IAEA, Vienna, 2011.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Case and Safety Assessment for the Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-23, IAEA, Vienna, 2012.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste", Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-29, IAEA, Vienna, 2014.

KemenKLHK, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 63 Tahun 2016 tentang Persyaratan dan Tata Cara Penimbunan Limbah B3 di Fasilitas Penimbunan Akhir, 2016.

MARGONO, U., SUPANDJONO, RJB. dan E. PARTOYO, Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1995.

NGADENIN, H. SYAEFUL, K.S. WIDANA, I.G. SUKADANA dan F.D. INDRAMOMO, Studi Potensi Thorium pada Batuan Granit di Pulau Bangka, Jurnal Pengembangan

- Energi Nuklir, Vol. 16 No. 2, PKSEN BATAN, 2014.
- Pemda Kab. Belitung, PERDA No. 1 Tahun 2019 Belitung, Penyusunan Masterplan Pengembangan Geopark Pulau Belitung, Belitung, 2019.
- ROXBURGH, I.S., Geology of High-Level Nuclear Waste Disposal: An Introduction, Chapman and Hall, London, 1987.
- S. ANDI MANGGA dan B. DJAMAL, Peta Geologi Lembar Bangka Utara, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1994.
- SUCIPTA, Pengembangan Teknik Penyimpanan Limbah NORM-TENORM dari Industri Minyak dan Gas Bumi, Prosiding Hasil Penelitian dan Kegiatan Pusat Teknologi Limbah Radioaktif Tahun 2006, BATAN, Serpong, 2007.
- SUCIPTA, H. SUNTOKO dan BUNAWAS, Evaluasi Calon Tapak *Landfill* Limbah Campuran *Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM)* dan Bahan Berbahaya Beracun (B3), Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah V, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif BATAN, Serpong, 2007.
- SUCIPTA, Pemilihan Tapak Potensial untuk Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif di Pulau Jawa, Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah VIII, PTLR BATAN, Serpong, 2011.
- SUCIPTA dan D. SUGANDA, Pengkajian Keselamatan *Landfill* Alamiah Limbah *TENORM* pada Industri Minyak dan Gas Bumi dengan Perangkat Lunak PRESTO EPA CPG/POP, Prosiding Lokakarya Komputasi Sains dan Teknologi Nuklir, PPI BATAN dan UNPAD, Bandung, 2012.
- SUCIPTA dan H.A. PRATAMA, Pemilihan Tapak Potensial untuk Disposal Limbah Radioaktif Operasi PLTN di Bangka Selatan, Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah, Vol. No. , PTLR BATAN, 2013.
- SUCIPTA dan H.A. PRATAMA, Studi Calon Tapak Disposal Limbah Radioaktif Operasi PLTN di Bangka Belitung : Pemilihan Tapak Potensial di Bangka Barat, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XII, PTLR BATAN, 2013.
- SUCIPTA, D. SUGANDA, A.S. PURNOMO, H.A. PRATAMA dan N.E. EKANINGRUM, Pengkajian Keselamatan Penyimpanan Limbah TENORM dari Pertambangan Timah Menggunakan Perangkat Lunak PRESTO, Prosiding Seminar Nasional X SDM Teknologi Nuklir, STTN BATAN, Yogyakarta, 2014.
- VERHOEF, P.N.V., Geologie voor de Civiel Ingenieur, TH Delft, 1985.