

PEMETAAN GEOLOGI LINGKUNGAN KAWASAN PUSPIPTEK SERPONG DAN SEKITARNYA SEBAGAI PENYANGGA TAPAK DISPOSAL DEMO

Sucipta

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

ABSTRAK

PEMETAAN GEOLOGI LINGKUNGAN KAWASAN PUSPIPTEK SERPONG DAN SEKITARNYA SEBAGAI PENYANGGA TAPAK DISPOSAL DEMO. Kawasan PUSPIPTEK Serpong (KPS) dan sekitarnya sebagai penyangga tapak disposal demo Kawasan Nuklir Serpong (KNS) perlu dipetakan kondisi geologi lingkungannya. Hal tersebut perlu dilakukan karena kesesuaian tapak disposal limbah radioaktif sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi lingkungannya. Kondisi geologi lingkungan daerah KPS sebagai penyangga tapak diharapkan memiliki daya dukung yang memadai dalam fungsinya sebagai penopang disposal, mengungkung limbah dan membatasi pelepasan radionuklida ke biosfer. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pembagian zona-zona geologi lingkungan yang penting dalam pendugaan stabilitas jangka panjang, sebagai dasar perancangan fasilitas disposal dan sangat berguna dalam pengkajian keselamatan. Penelitian ini dilakukan secara deskriptif dengan metode geologi lingkungan lapangan. Daerah penelitian berbentuk bujur sangkar berukuran 5 km x 5 km dengan calon tapak disposal demo sebagai pusatnya. Pemetaan atau pembagian zona geologi lingkungan dilakukan berdasarkan tipe batuan, tanah, geomorfologi, karakteristik sungai, air tanah, bahan galian, proses geodinamis dan penggunaan lahan. Hasil pemetaan menunjukkan adanya 6 (enam) zona geologi lingkungan (GL) yaitu GL-1, GL-2, GL-3, GL-4, GL-5 dan GL-6 dengan karakteristik masing-masing yang berbeda-beda. Calon tapak disposal demo berada pada satuan geologi lingkungan (GL) 6, dengan tipe batuan batulempung, batupasir dan batugamping, tanah lempung-pasir, morfologi dataran bergelombang, tipe sungai beraliran lurus dengan lembah V sempit, bukan sebagai akuifer, tidak ada potensi bahan galian, karena lahan datar tidak ada potensi erosi dan gerakan tanah, dan merupakan lahan terbuka berumput.

Kata Kunci: pemetaan, geologi lingkungan, tapak, disposal demo

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL GEOLOGY MAPPING OF KAWASAN PUSPIPTEK SERPONG AND THE SURROUNDING AS A BUFFER FOR THE DEMONSTRATION DISPOSAL SITE. *Kawasan Nuklir Serpong (KNS) and the surroundings as a buffer for demonstration disposal site at Serpong Nuclear Zone (SNZ) needs to be mapped geological environment conditions. This is necessary because the suitability of radioactive waste disposal site is strongly influenced by environmental geological conditions. Environmental geological conditions of KPS as a buffer for the disposal site is expected to have adequate carrying capacity in supporting the load of disposal, waste confining and limit the release of radionuclides to the biosphere. From this study are expected to be known the zoning of environmental geological which are important in estimating environmental long-term stability, as the basis for the design of disposal facilities and are very useful in the assessment of safety. This study is a descriptive with environmental geology field method. The research area of a square measuring 5 km x 5 km with disposal site as a center. Mapping or zoning of environmental geology is done based on the type of rock, soil, geomorphology, the characteristics of rivers, groundwater, minerals, geo-dynamic processes and land use. Mapping results indicate the presence of six (6) zones of environmental geology (GL) is GL-1, GL-2, GL-3, GL-4, GL-5 and GL-6 with the characteristics of each different. Disposal demo site candidates is located on the unit of geological environment (GL) 6, the rock type claystone, sandstone and limestone, clay-sand, undulating terrain morphology, type of stream straight with a narrow V valleys, not as an aquifer, there is no potential for mineral, because the flat land there is no potential for erosion and soil movement, and an open grassy area.*

Keywords: *mapping, environmental geology, site, demonstration disposal*

PENDAHULUAN

Kemampuan suatu tapak sebagai pengungkung limbah radioaktif dalam suatu sistim disposal limbah radioaktif sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi lingkungannya. Tata geologi lingkungan suatu tapak diharapkan memiliki kemampuan untuk mengungkung limbah dan membatasi pelepasan radionuklida ke biosfer. Selain itu juga harus memiliki kemampuan dalam menjamin stabilitas jangka panjang sistem disposal dan cukup memadai untuk menampung limbah serta fasilitas *engineered barrier*-nya [1].

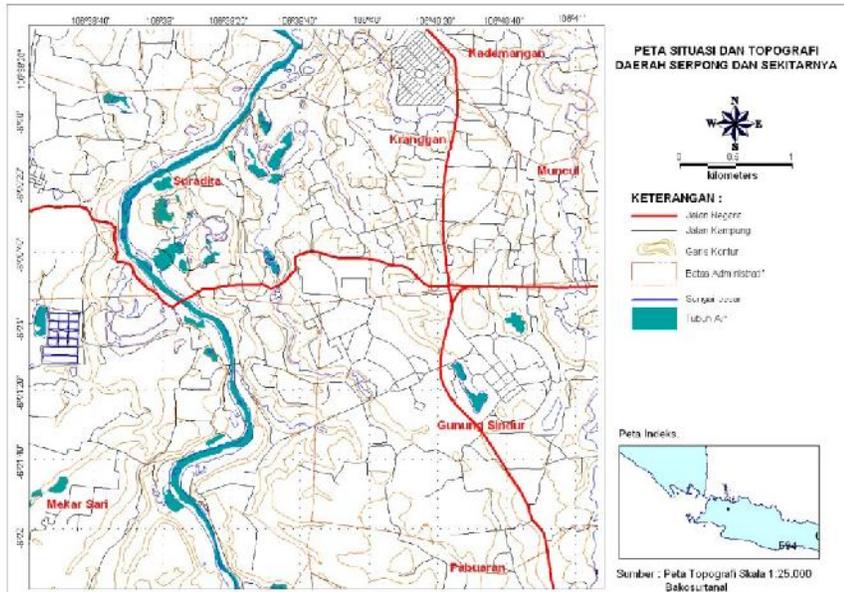
Kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK) Serpong dan sekitarnya, di mana Kawasan Nuklir Serpong (KNS) berada perlu dievaluasi untuk tapak disposal demo tipe *near surface disposal* (NSD). Beberapa penelitian atau penyelidikan yang berkaitan dengan geologi lingkungan di dalam kawasan PUSPIPTEK dan sekitarnya telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Studi pertimbangan geologi dalam pemilihan tapak NSD di KNS telah dilakukan oleh SUCIPTA (2002) dengan hasil kesesuaian sedang [2]. Penyelidikan geologi teknik dan hidrogeologi untuk tapak fasilitas *Demo Plant* Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif (PLLRL) di Kawasan Nuklir Serpong telah dilakukan oleh PPGN BATAN [3]. Deskripsi tentang kondisi geologi lingkungan, khususnya pada lahan calon tapak disposal demo di KNS juga telah dilakukan [4].

Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui satuan-satuan (unit-unit) geologi lingkungan penyangga calon tapak dalam luasan wilayah 5 km x 5 km di sekitar calon tapak disposal demo limbah radioaktif. Hal ini sangat penting dalam pendugaan stabilitas jangka panjang, sebagai dasar perancangan fasilitas disposal serta berguna untuk bahan pengkajian keselamatan.

METODOLOGI

1. Daerah Penelitian

Daerah penelitian meliputi Kawasan PUSPIPTEK Serpong (KPS) dan sekitarnya yang berukuran berukuran 5 km x 5 km, dengan posisi lokasi sekitar 6°19'30" - 6°22'12" LS dan 106°38'24" - 106°41'06" BT. Secara topografis daerah penelitian KNS-KPS dan sekitarnya terletak pada ketinggian antara 44 m hingga 88 m di atas permukaan air laut rata-rata. Daerah penelitian termasuk dalam wilayah Kecamatan Cisauk Kabupaten Tangerang, Kecamatan Setu Kota Tangerang Selatan, Propinsi Banten, dan Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor, Propinsi Jawa Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Peta situasi dan topografi daerah Serpong dan sekitarnya

2. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian kondisi geologi lingkungan ini meliputi batuan, tanah, geomorfologi, karakteristik sungai, air tanah, bahan galian/tambang, proses geodinamis dan penggunaan lahan.

3. Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah palu, *loupe*, kompas, dan *Global Positioning System* (GPS). Bahan yang digunakan adalah peta rupa bumi dan peta geologi.

4. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Pusat Teknologi Limbah Radioaktif BATAN dari tahun 2010 dan disempurnakan hingga tahun 2014. Penelitian ini dilakukan secara deskriptif dengan metode geologi lingkungan lapangan (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"> • Studi data sekunder • Interpretasi peta • Rencana kerja lapangan 	<ul style="list-style-type: none"> • Peta topografi • Peta rupa bumi • Peta geologi regional 			Gambaran umum tentang batuan, tanah, geomorfologi, sungai, air tanah, bahan galian, proses geodinamis dan penggunaan lahan ↓ Penentuan lintasan dan lokasi sampel
TAHAP KERJA LAPANGAN <ul style="list-style-type: none"> • Pengenalan medan • Pengumpulan data lapangan • Pengecekan hasil 		Data lapangan batuan, tanah, geomorfologi, sungai, air tanah, bahan galian, proses geodinamis dan penggunaan lahan		Kondisi batuan, tanah, geomorfologi, sungai, air tanah, bahan galian, proses geodinamis dan penggunaan lahan ↓
TAHAP PASCA LAPANGAN <ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan peta geologi lingkungan • Pembuatan tabel deskripsi geologi lingkungan 				Peta Geologi Lingkungan Daerah PUSPIPTEK dan Sekitarnya

Gambar 2. Diagram alir kegiatan penelitian untuk pemetaan geologi lingkungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

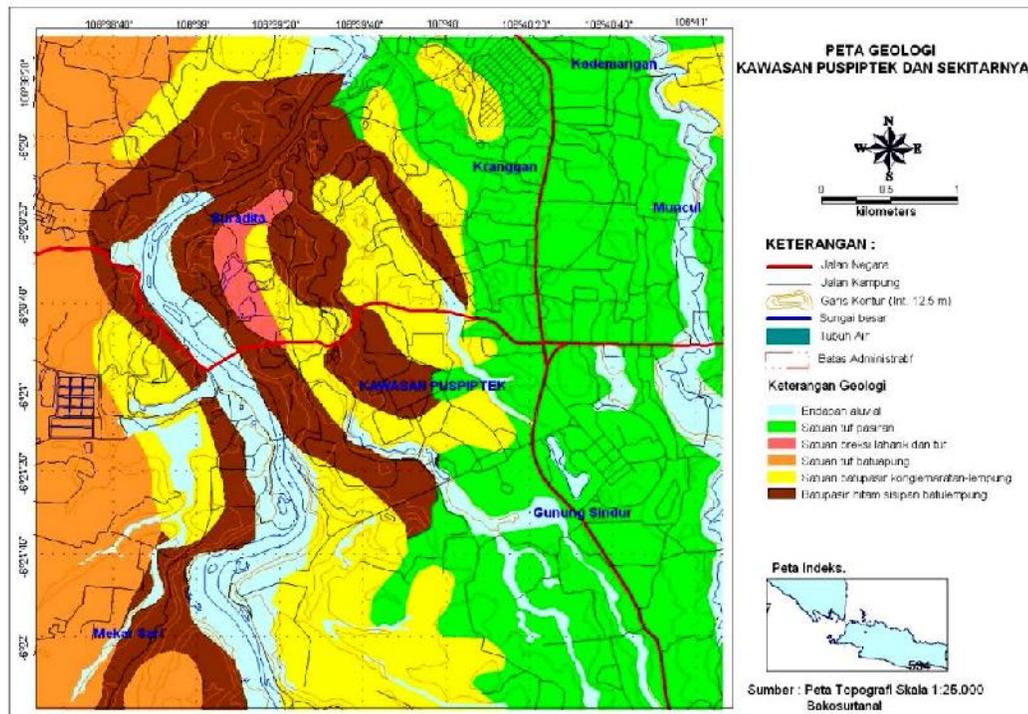
1. Geologi Lingkungan Regional

Secara fisiografis, daerah penelitian Kawasan Nuklir Serpong, Kawasan PUSPIPTEK Serpong dan sekitarnya, terletak di cekungan Jawa Barat bagian utara yang merupakan daerah peralihan antara Zona Bogor dengan dataran rendah Jakarta [5]. Struktur geologi daerah ini

daerah penelitian [10]. Potensi ancaman bahaya gunungapi yang paling mungkin terjadi adalah hujan abu atau lapili.

2. Satuan Geologi Lingkungan 1 (GL-1)

Batuan penyusun GL-1 adalah aluvium yang terdiri dari lempung, lanau, pasir, kerikil, kerakal dan bongkah (Gambar 4) [6], dengan lapisan tanah di atasnya berupa lempung-pasir. Kondisi geomorfologi menunjukkan sebagai dataran aluvium, dengan karakteristik sungai berkelok-kelok (*meandering*) dan lembah berbentuk U lebar seperti di S. Cisadane, K. Cisalak, K. Cipelang dan S. Cibarengkok (Gambar 5). Air tanah terdapat dalam sistem akuifer pori antar butir, dangkal dan potensi sedang. Bahan galian yang bisa dimanfaatkan adalah pasir hasil endapan sungai. Proses geodinamis yang berpotensi terjadi adalah sedimentasi dan banjir. Penggunaan lahan yang paling berpotensi adalah untuk pertanian, dengan tutupan lahan lainnya berupa semak belukar (Gambar 6 dan 7).



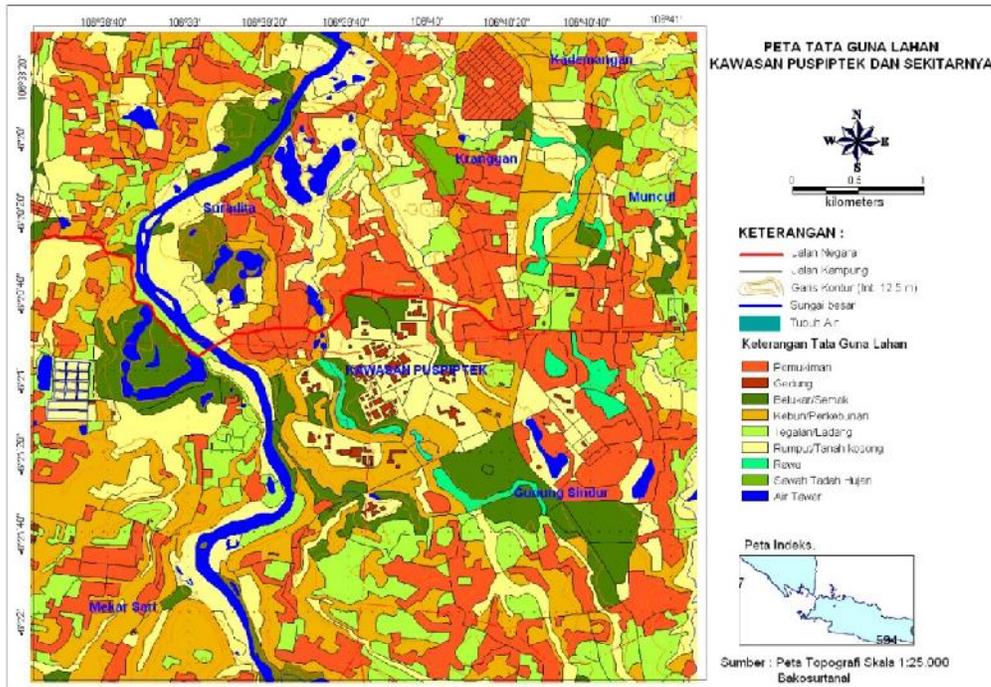
Gambar 4. Peta geologi Kawasan PUSPIPTEK dan sekitarnya [3]



Gambar 5. Bentuk lembah U lebar di S. Cisadane sebelah barat desa Kranggan



Gambar 6. Penggunaan lahan satuan GL-1 berupa semak belukar di lembah K. Cisalak



Gambar 7. Penggunaan lahan daerah penelitian [3]

3. Satuan Geologi Lingkungan 2 (GL-2)

Satuan GL-2 tersusun oleh batuan tuf halus berlapis, tuf pasir dan tuf konglomeratan (termasuk dalam kipas aluvium) [6]. Tanah penyusun satuan GL-2 ini adalah lempung merah (Gambar 8) hasil pelapukan dari batuan kipas aluvium. Geomorfologi satuan GL-2 berupa dataran bergelombang yang tersebar cukup luas di bagian timur daerah penelitian meliputi daerah Kademangan, Kranggan, Muncu dan Gunungsundur ($\pm 30\%$ luas daerah penelitian). Kondisi sungai dengan aliran relatif lurus, dan bentuk lembah U sempit. Sistem akuifer air tanah sebagai pori-pori antar butir, kedalaman agak dalam, dan dengan potensi sedang. Ada potensi bahan galian berupa tanah lempung yang bisa digunakan untuk bahan baku bata merah, genting dan gerabah. Proses-proses geodinamis yang berpotensi terjadi adalah erosi dan pergerakan tanah pada lereng terjal. Pada satuan GL-2 terdapat penggunaan lahan permukiman, pertanian, perkantoran, dan industri (Gambar 7).



Gambar 8. Tanah lempung merah satuan GL-2 di tebing kampung Sarimulya, Setu



Gambar 9. Potensi tanah longsor di tebing S. Cibarengkok pada satuan GL-2

4. Satuan Geologi Lingkungan 3 (GL-3)

Satuan GL-3 tersusun oleh batuan breksi laharik dan tuf (termasuk dalam batuan gunungapi muda) [6] seperti terlihat pada Gambar 4. Tanah penyusun satuan GL-3 ini berupa lempung dan pasir, yang merupakan hasil pelapukan dari batuan breksi laharik dan tuf. Secara geomorfologi, satuan GL-3 berupa dataran bergelombang yang hanya terdapat di sebelah timur Suradita (<5% luas daerah penelitian). Tidak ada aliran sungai yang bisa diamati karakteristiknya. Sistem akuifer air tanah sebagai pori-pori antar butir, kedalaman agak dalam, dan dengan potensi sedang. Ada potensi bahan galian berupa pasir dan batu. Proses-proses geodinamis yang berpotensi terjadi adalah erosi dan gerakan tanah pada lereng terjal. Pada satuan GL-3 terdapat penggunaan lahan permukiman dan pertanian (Gambar 7).

5. Satuan Geologi Lingkungan 4 (GL-4)

Batuan penyusun satuan GL-4 cukup variatif yaitu berupa tuf batuapung, batupasir tufan, breksi andesit, konglomerat dan batu-lempung tufan (termasuk dalam Formasi Serpong) [3]. Tanah penyusun satuan GL-4 ini adalah lempung merah pasiran (Gambar 10), sebagai hasil pelapukan dari batuan penyusun Formasi Serpong.



Gambar 10. Tanah lempung merah pasiran satuan GL-4 di tebing K. Cisalak



Gambar 11. Bentuk lembah U sempit pada satuan GL-4 di lembah K. Cisalak

Geomorfologi satuan GL-4 berupa dataran bergelombang yang tersebar cukup luas di bagian tengah-barat yang meliputi $\pm 25\%$ luas daerah penelitian. Kondisi sungai dengan aliran relatif lurus, dan bentuk lembah U sempit (Gambar 11). Sistem akuifer air tanah sebagai pori-pori antar butir, kedalaman agak dalam, dan dengan potensi sedang. Ada potensi bahan galian berupa tanah, pasir dan batu (Gambar 12). Proses-proses geodinamis yang berpotensi terjadi adalah erosi dan gerakan tanah pada lereng terjal (Gambar 13). Pada satuan GL-4 terdapat penggunaan lahan permukiman, pertanian dan perkantoran (Gambar 4 dan 14).



Gambar 12. Lokasi penambangan tanah, pasir dan batu di Cisawang



Gambar 13. Potensi jatuhnya batu di dusun Cisawang



Gambar 14. Penggunaan lahan permukiman, pertanian dan perkantoran pada satuan geologi lingkungan 4 (GL-4)

6. Satuan Geologi Lingkungan 5 (GL-5)

Batuan penyusun satuan GL-5 berupa batupasir, konglomerat, batulempung dan batulanau (termasuk dalam Formasi Genteng) [6] seperti ditunjukkan pada Gambar 15. Tanah penyusun satuan GL-5 ini adalah lempung pasir (Gambar 16), sebagai hasil pelapukan dari batuan penyusun Formasi Genteng. Geomorfologi satuan GL-5 berupa dataran bergelombang yang tersebar di bagian barat yang meliputi $\pm 15\%$ luas daerah penelitian. Kondisi sungai dengan aliran relatif lurus, bentuk lembah U sempit dan relatif terjal (Gambar 16).

Sistem akuifer air tanah sebagai pori-pori antar butir, kedalaman agak dalam, dan dengan potensi sedang. Ada potensi bahan galian berupa tanah, pasir dan batu (Gambar 17). Proses-proses geodinamis yang berpotensi terjadi adalah erosi dan gerakan tanah pada lereng terjal (Gambar 18). Pada satuan GL-5 terdapat penggunaan lahan permukiman, pertanian dan perkantoran (Gambar 4 dan 19).



Gambar 15. Singkapan batupasir dan konglomerat di daerah Suradita



Gambar 16. Tanah lempung pasir pada satuan GL-5 di daerah Nawing, Rumpin



Gambar 17. Potensi bahan galian tanah, pasir dan batu pada satuan GL-5 di daerah Nawing, Rumpin



Gambar 18. Potensi gerakan tanah dan erosi pada tebing bekas galian di daerah Nawing, Rumpin



Gambar 19. Penggunaan lahan permukiman pada satuan GL-5 di daerah Suradita

7. Satuan Geologi Lingkungan 6 (GL-6)

Batuan penyusun satuan GL-6 berupa batulempung, batupasir dan batugamping (termasuk dalam Formasi Bojongmanik) [6] seperti ditunjukkan pada Gambar 20. Tanah penyusun satuan GL-6 adalah lempung-pasir, sebagai hasil pelapukan dari batuan penyusun Formasi Bojongmanik. Geomorfologi satuan GL-6 berupa dataran bergelombang yang tersebar secara menjeri dengan GL-4 di bagian tengah-barat yang meliputi $\pm 25\%$ luas daerah penelitian. Kondisi sungai dengan aliran relatif lurus, dan bentuk lembah U sempit (Gambar 21). Satuan GL-6 tidak berkembang sebagai akuifer air tanah karena tersusun utama oleh batulempung tidak lulus air. Pada satuan GL-6 tidak dijumpai potensi bahan galian. Proses-proses geodinamis yang berpotensi terjadi adalah erosi dan gerakan tanah pada lereng terjal (Gambar 21). Pada satuan GL-6 terdapat penggunaan lahan permukiman, pertanian, perkantoran dan semak belukar (Gambar 4).



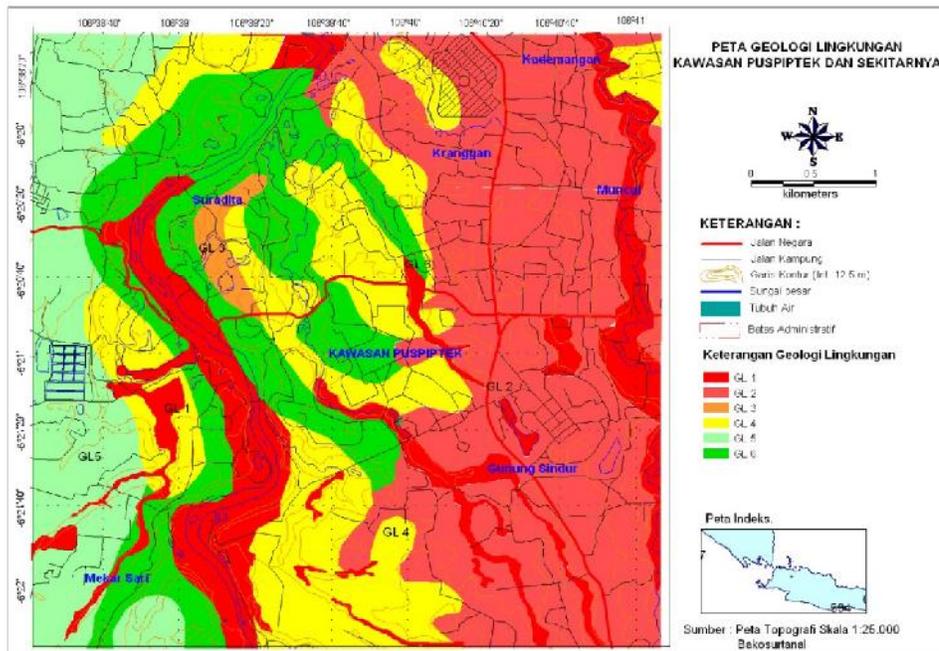
Gambar 20. Singkapan batulempung dan batupasir pada satuan geologi lingkungan 6 (GL-6) di selatan kompleks PUSPIPTEK



Gambar 21. Lembah sungai berbentuk U sempit dan terjal pada satuan GL-6

PEMBAHASAN

Pemetaan geologi lingkungan dengan pembagian satuan geologi lingkungan hasilnya disajikan dalam bentuk peta geologi lingkungan (Gambar 22) dan deskripsi satuan geologi lingkungan disajikan dalam bentuk tabel (Lampiran 1).

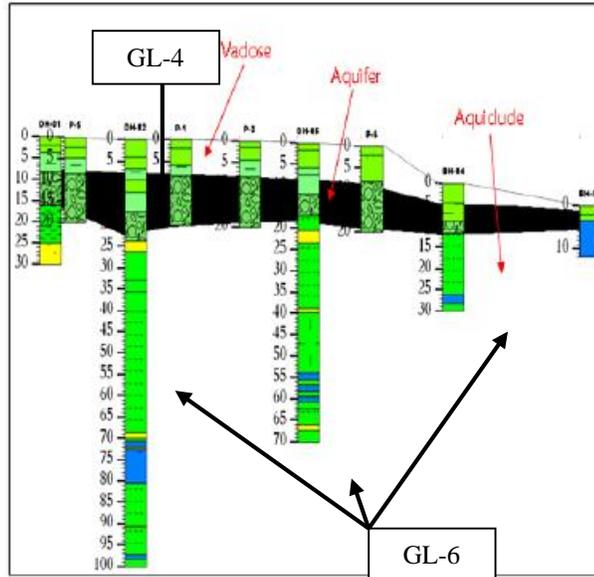


Gambar 22. Peta geologi lingkungan Kawasan PUSPIPTEK dan sekitarnya

Ditemukan adanya 6 (enam) satuan geologi lingkungan yaitu GL-1, GL-2, GL-3, GL-4, GL-5 dan GL-6. Berdasarkan peta geologi lingkungan tersebut dapat ditentukan bahwa calon tapak disposal demo berada pada satuan Geologi Lingkungan 4 (GL-4) dan satuan Geologi Lingkungan 6 (GL-6).

Satuan GL-4 dengan komposisi batuan yang relatif lebih kasar dan lebih lulus air (*permeable*) menumpang di atas satuan GL-6 yang berbatuan halus dan tidak lulus air (*impermeable*). Dengan kondisi tersebut maka secara hidrogeologi batuan dari GL-4 sebagai

lapisan pembawa air (akuifer) dialasi oleh batuan dari GL-6 di bawahnya sebagai lapisan kedap air (Gambar 23). Dengan demikian seandainya terjadi pencemaran oleh limbah radioaktif dari fasilitas disposasi demo hanya akan mencemari bagian air tanah tak tertekan atas dan tidak akan menyebar terlalu ke dalam atau ke lapisan-lapisan batuan di bagian bawahnya.



Gambar 23. Satuan GL-4 sebagai akuifer menumpang di atas satuan GL-6 sebagai *aquiclude* [3]

Kedalaman muka air tanah pada posisi calon tapak adalah antara 7,91-11,35 m sehingga masih menyisakan zona tak jenuh antara pondasi disposasi dengan muka air tanah tertinggi minimum 4 m (dengan catatan bahwa kedalaman fondasi disposasi maksimum 3 m). Calon tapak disposasi berada pada daerah yang aman dari potensi bahaya gempa bumi, gunungapi, longsor, banjir dan erosi.

Penggunaan lahan calon tapak disposasi adalah lahan kosong yang berada dalam kawasan nuklir Serpong dan dekat dengan IPLR dan IS, hal ini sangat menguntungkan dari segi konsep *co-location*. Tidak adanya sumberdaya alam yang bernilai ekonomi pada daerah tapak memberikan keuntungan dalam hal terhindarnya konflik kepentingan dengan penduduk.

Berdasarkan pembagian satuan dan kondisi geologi lingkungan daerah PUSPIPTEK dan sekitarnya seperti diuraikan tersebut di atas, penempatan fasilitas disposasi demo dapat diterima dengan beberapa optimasi tata letak dan disain yang memadai.

KESIMPULAN

Ditemukan adanya 6 (enam) satuan geologi lingkungan yaitu GL-1, GL-2, GL-3, GL-4, GL-5 dan GL-6. Berdasarkan peta geologi lingkungan tersebut dapat ditentukan bahwa calon tapak disposasi demo berada pada satuan Geologi Lingkungan 4 (GL-4) dan satuan Geologi Lingkungan 6 (GL-6).

Satuan GL-4 dengan batuan yang lebih kasar dan lebih lulus air (*permeable*) menumpang di atas satuan GL-6 yang berbatuan halus dan tidak lulus air (*impermeable*). Dengan kondisi tersebut maka secara hidrogeologi batuan dari GL-4 sebagai lapisan pembawa air (akuifer) dialasi oleh batuan dari GL-6 di bawahnya sebagai lapisan kedap air.

Kedalaman muka air tanah pada posisi calon tapak adalah antara 7,91-11,35 m sehingga masih menyisakan zona tak jenuh antara pondasi disposasi dengan muka air tanah tertinggi. Calon tapak disposasi berada pada daerah yang aman dari potensi bahaya gempa bumi, gunungapi, longsor, banjir dan erosi.

Penggunaan lahan calon tapak disposasi adalah lahan kosong yang berada dalam kawasan nuklir Serpong dan dekat dengan IPLR dan IS, hal ini sangat menguntungkan dari segi

konsep *co-location*. Tidak adanya sumberdaya alam yang bernilai ekonomi pada daerah tapak memberikan keuntungan dalam hal terhindarnya konflik kepentingan dengan penduduk.

Berdasarkan pembagian satuan dan kondisi geologi lingkungan daerah PUSPIPTEK dan sekitarnya seperti diuraikan tersebut di atas, penempatan fasilitas disposal demo dapat diterima dengan beberapa optimasi tata letak dan disain yang memadai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada staf Bidang Teknologi Penyimpanan Lestari PTLR yang telah membantu dalam *checking* lapangan. Terima kasih juga kami ucapkan kepada Tim Penyelidikan Geologi Teknik dan Hidrogeologi PPGN BATAN.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA, *Siting of Near Surface Disposal Facilities*, Safety Series No. 111-G-3.1, Safety Guides, IAEA, Vienna, 1994.
2. SUCIPTA, Pertimbangan Geologi dalam Pemilihan Tapak Penyimpanan Limbah Radioaktif di Kawasan PPTN Serpong, Prosiding Seminar Nasional Litdas Iptek, P3TM, BATAN, Yogyakarta, 2002.
3. PPGN, *Penyelidikan Geologi Teknik dan Hidrogeologi Tapak Fasilitas Demo Plant PLLR di PPTN Serpong*, Laporan Akhir, PTLR BATAN, 2010.
4. SUCIPTA, Geologi Lingkungan Calon Tapak Disposal Demo di Kawasan Nuklir Serpong, Prosiding Seminar Nasional Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang, PTBGN BATAN, 2014.
5. BEMMELEN, R.W. VAN, *The Geology of Indonesia*, Government Printing Office, The Hague, 1949.
6. TURKANDI, T., SIDARTO, AGUSTIYANTO, D.A. dan M.M. PURBO HADIWIDJOYO, *Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu*, P3G, Bandung, 1992.
7. TEDDY S., Pemantauan Ke-dalaman dan Kualitas Air Tanah pada Tapak Disposal Demo Tahun 2013, Hasil Penelitian PTLR 2013, PTLR-BATAN, Serpong, 2014.
8. KERTAPATI, E.K., SETIAWAN, Y.B. & IPRANTA, *Peta Bahaya Goncangan Gempabumi Indonesia*, P3G Dept. ESDM, Bandung, 1999.
9. Kementerian PU, *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta, 2010.
10. <http://www.volcanodiscovery.com/id/salak.html>. Diunduh pada Desember 2012.