

ANALISIS ALTERNATIF TIPE PONDASI DAN EKSKAVASI-DALAM PADA LOKASI CALON TAPAK PULAU PANJANG, SERANG

Heri Syaeful *, June Mellawati **

*) Pusat Penelitian Bahan Galian Nuklir, BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 9,
Pasar Jum'at, Jakarta Selatan, 12240 E-mail: syaeful@batan.go.id

***) Pusat Pengembangan Energi Nuklir, BATAN, Jl. Mampang Prapatan, Kuningan Barat
Jakarta Selatan 12710. E-mail: june_mellawati@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS ALTERNATIF TIPE PONDASI DAN EKSKAVASI-DALAM PADA LOKASI CALON TAPAK PULAU PANJANG, SERANG. Pulau Panjang merupakan salah satu lokasi alternatif yang sedang dikaji sebagai calon tapak PLTN. Tanah permukaannya didominasi oleh endapan pasir dan cangkang hingga kedalaman belasan meter, selain itu juga perselingan pasir dan lempung hingga kedalaman sekitar 120 m. Tujuan penelitian adalah menganalisis alternatif tipe pondasi dan simulasi pembuatan ekskavasi-dalam pada saat konstruksi pondasi khususnya terkait aspek kestabilan lereng. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data hasil analisis laboratorium mekanika tanah/batuan, pengukuran kecepatan gelombang geser dengan metode PS logging, dan analisis alternatif tipe pondasi dan ekskavasi-dalam. Hasil analisis tipe pondasi yang dapat diterapkan pada calon tapak Pulau Panjang adalah kombinasi dari pondasi rakit dan pile. Batuan dengan $V_s > 400$ m/s pada kedalaman 44 m dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi pondasi rakit. Di bagian bawahnya disambung dengan pondasi pile yang dikonstruksi sampai batuan dasar dikedalaman 120 m pada $V_s > 900$ m/s. Hasil analisis kestabilan lereng pada ekskavasi dalam dengan ketinggian lereng 44 m, sudut vertikal, pada kondisi normal menghasilkan nilai faktor keselamatan 0,184 dan pada kondisi beban gempa sebesar 0,138. Simulasi pemasangan anchor dengan spasi 1,25 m sebanyak 15 buah menghasilkan faktor keamanan di atas 1,0.

Kata kunci: Pondasi PLTN, ekskavasi-dalam, kestabilan lereng

ABSTRACT

ANALYSIS OF FOUNDATION TYPE ALTERNATIVE AND DEEP-EXCAVATION ON CANDIDATE SITE LOCATION OF PANJANG ISLAND, SERANG. Panjang Island is one of the alternatives location which is being studied as NPP site candidate. Its soil surface dominated by sand and eggshell deposit to the depth of tens of meter, beside that also the interlayer of sand and clay to the depth of 120 m. Purpose of the research is to analyze the alternative of foundation type and simulation of deep-excavation during foundation construction especially related to the slope stability aspect. The methods includes data collection of the analysis result of soil/rock mechanical laboratory, measurement of shear wave velocity by PS logging method, and analysis of alternative foundation type and deep-excavation. The analysis result of foundation type that can be applied on Panjang Island candidate site is combination of raft and pile foundation. Rock with $V_s > 400$ m/s in depth of 44 meter could be made as base of raft foundation construction. In the bottom it connected to pile foundation which is constructed to base rock in the depth of 120 m in $V_s > 900$ m/s. The result of slope stability analysis on deep-excavation with slope height of 44 m, vertical angle, on normal condition yield safety factor of 0,184 and on the condition of seismic load 0,138. Simulation of anchor installation with spacing 1,25 m as much as 15 pieces yield safety factor higher than 1,0.

Keywords: NPP foundation, deep-excavation, slope stability

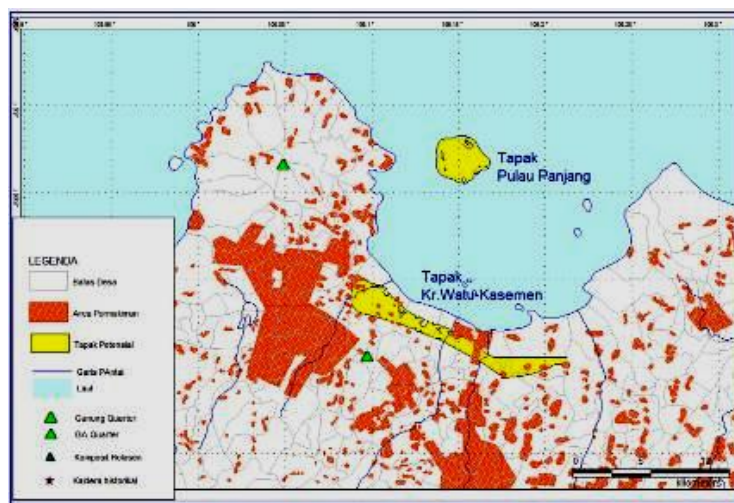
1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

BAPETEN (2008) menyatakan bahwa dalam evaluasi tapak perlu dilakukan penelitian terkait kestabilan material fondasi baik pada kondisi beban statik maupun seismik^[1]. IAEA dalam Standar Safety Series No. NS-G-3.6 memberikan panduan terkait dengan aspek rekayasa geoteknik untuk kepentingan keselamatan pembangunan PLTN, yang dalam panduan tersebut terdapat persyaratan keamanan dalam mengevaluasi tapak untuk Instalasi Nuklir^[2].

Dalam Dokumen Rencana Jangka Panjang Pembangunan Nasional (RJPN) dan Undang-Undang No. 17 Tahun 2007 disebutkan bahwa Indonesia berniat memiliki PLTN dan rencana tersebut diperkuat oleh Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional sebagai pedoman dalam pengelolaan energi nasional untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan mendukung pembangunan berkelanjutan^[3,4].

Pulau Panjang merupakan salah satu alternatif lokasi yang sedang dikaji sebagai lokasi alternatif calon tapak PLTN. Pulau panjang secara administratif termasuk dalam Desa Pulau Panjang, Kecamatan Bojonegara, Serang Banten (Gambar 1). Calon tapak Pulau Panjang merupakan suatu tapak yang tersusun atas endapan cangkang koral dipermukaan, perlapisan pasir dan lempung, kondisi tapak yang memerlukan analisis dan kajian yang mendalam untuk menemukan alternatif konstruksi pondasi yang memenuhi persyaratan keamanan PLTN.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

IAEA dalam *Site Safety Review Mission Final Review of The Siting Studies at Muria Peninsula* (Indonesia) tahun 1997 pada subbagian *Foundation Settlements* merupakan dasar pemikiran dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kemampuan material bawah permukaan dalam pembuatan ekskavasi untuk konstruksi pondasi bangunan PLTN, khususnya bangunan reaktor (*Reactor Building*)^[5].

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui model pondasi yang dapat diterapkan pada calon tapak Pulau Panjang, dan hasil simulasi pembuatan ekskavasi-dalam pada saat konstruksi pondasi terkait kestabilan lereng calon tapak Pulau Panjang.

1.3. Kondisi Umum Geologi dan Geoteknik Tapak

Pulau Panjang merupakan suatu pulau yang terbentuk akibat adanya proses *coral reef build-up*, kondisi tanah permukaan didominasi oleh pasir dan cangkang hingga kedalaman belasan meter, selain itu juga perselingan pasir dan lempung hingga kedalaman sekitar 120 meter^[6]. Secara umum kondisi topografi pantai Pulau Panjang adalah landai dengan elevasi $\pm 1,9$ m dpl (di atas permukaan laut) yang pantainya terdiri batuan gamping jenis terumbu (*coral reef*), serta sedikit endapan aluvial yang hampir menyelimuti seluruh wilayah kajian (Gambar 2). Data sekunder menunjukkan bahwa singkapan batuan di daerah kajian berupa gamping terumbu (*coral reef*) dan beberapa hasil batuan gunungapi berupa batuapung yang menutupi wilayah Desa Pulau Panjang. Di lokasi tersebut juga terdapat sebuah sungai kecil yang alirannya dari arah selatan bermuara ke laut, dan letaknya di Dukuh Kebalen. Berdasarkan aspek topografi, Pulau Panjang memungkinkan dijadikan daerah interest walaupun instalasi yang dibangun membutuhkan biaya sedikit lebih mahal bila dibandingkan kondisi topografi lokasi yang lebih tinggi (>10 m) misalnya di pesisir utara Pulau Jawa sekitar Bojanegara^[7].



Gambar 2. Morfologi Pantai Pulau Panjang.

2. METODE

2.1. Tata Kerja

Pada tahap awal kegiatan dilakukan inventarisasi data penampang geologi dan geoteknik, selanjutnya dilakukan pengumpulan data hasil analisis laboratorium mekanika tanah/batuan untuk mengetahui sifat fisik dan teknis tanah atau batuan, yang meliputi berat isi, sudut geser, kohesi. Data V_s (*shear wave*) untuk mengevaluasi struktur pondasi didapatkan dari hasil pengukuran lapangan dengan metode *PS Logging*. Analisis tipe pondasi yang dapat diaplikasikan di tapak Pulau Panjang dilakukan berdasarkan referensi tipe pondasi PLTN yang telah diaplikasikan di negara lain. Selanjutnya dilakukan analisis ekskavasi-dalam untuk mengetahui potensi keruntuhan pada lereng tanah/batuan pada saat proses konstruksi pondasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

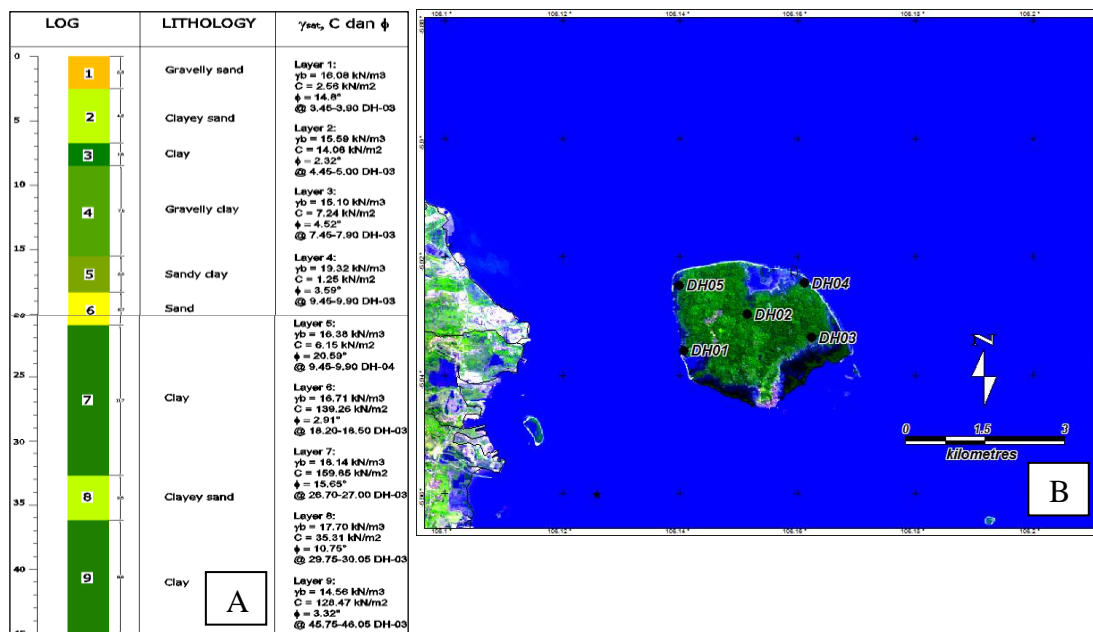
3.1. Data Hasil Analisis Laboratorium

Data hasil analisis laboratorium terhadap sifat fisik dan sifat teknis ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan data hasil laboratorium tersebut dapat diperkirakan bahwa tanah di lokasi tapak Pulau Panjang bersifat pasiran dipermukaan, sedangkan di kedalaman lebih dari 20 meteran bersifat lempungan (Gambar 3).

Tabel 1. Hasil analisis laboratorium sampel tanah (batuan) dari lokasi penelitian

No.	Lubang Bor	Kedalaman (m)	γ bulk (kN/m ³)	Triaksial UU/Comp. S*	
				Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser (°)
1	DH-03	3,45-3,90	16,08	2,56	14,80
2	DH-03	4,45-5,00	15,59	14,08	2,32
3	DH-03	7,45-7,90	15,10	7,24	4,52
4	DH03	9,45-9,90	19,32	1,25	3,59
5	DH-04	9,45-9,90	15,40	6,15	20,59
6	DH-05	5,45-5,90	16,38	0,70	22,94
7	DH-03*	18,20-18,50	16,71	139,26	2,91
8	DH-03*	18,50-18,80	19,29	194,18	7,14
9	DH-03*	26,70-27,00	18,14	159,85	15,65
10	DH-03*	29,75-30,05	17,70	35,31	10,75
11	DH-03*	45,75-46,05	14,56	128,47	3,32
12	DH-03*	47,70-48,00	16,10	203,99	3,80
13	DH-03*	41,45-41,75	16,12	194,18	2,70
14	DH-03*	43,75-44,05	15,02	168,68	3,31

Keterangan: DH-03* = *triaksial consolidated undrained*, (dikompresi dulu sebelum digeser)
DH-03 = *triaksial unconsolidated* (langsung digeser tanpa konsolidasi)

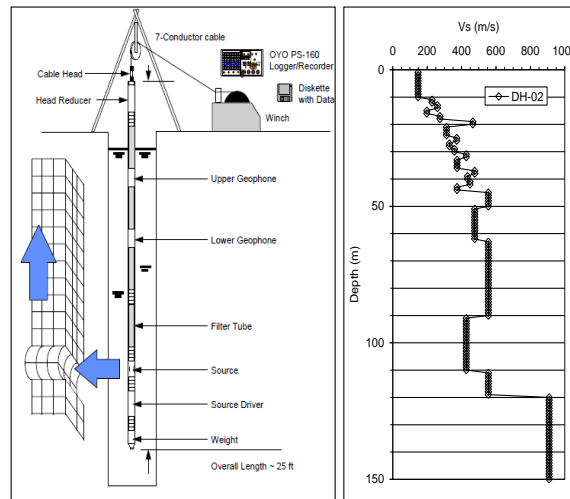


Gambar 3. Log litologi DH-02, litologi dan sifat teknis tanah/batuan (A), dan peta lokasi pengeboran (B).

3.2. Hasil Penentuan Kecepatan Gelombang Geser (Vs)

Hasil pengukuran kecepatan gelombang geser di titik Bor DH-02 (Gambar 3B) ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengukuran nilai kecepatan gelombang geser tanah

permukaan di calon tapak Pulau Panjang diperoleh sebesar 150 m/detik. Bapeten menyatakan bahwa untuk keperluan analisis respon seismik, terdapat 3 kriteria kategori tapak, yaitu “tapak batuan” mempunyai nilai $V_s > 1100$ m/detik, “tapak tanah keras” nilai V_s nya antara 300 - 1100 m/detik, “tapak tanah sedang” nilai $V_s < 300$ m/detik^[1]. Pada penelitian ini nilai kecepatan rambat gelombang geser lebih kecil dari 300 m/detik, artinya jenis tanah calon tapak Pulau Panjang termasuk kategori “tapak tanah sedang”.

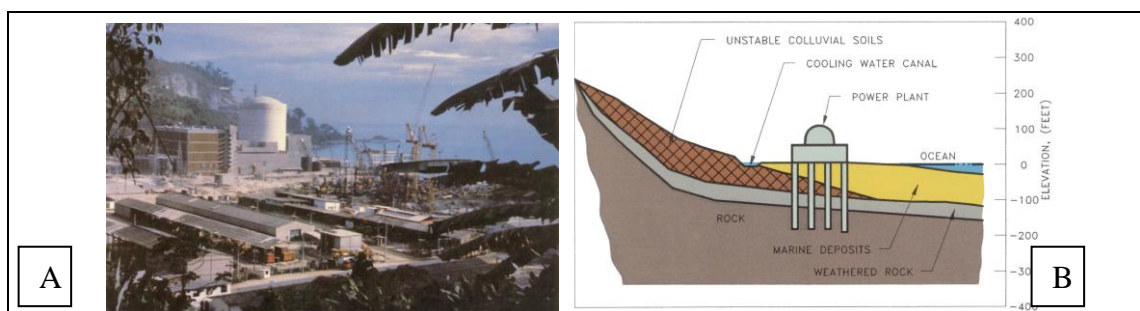


Gambar 4. Hasil pengukuran V_s di titik bor DH-02 calon tapak Pulau Panjang^[8,9].

3.3. Alternatif Tipe Pondasi.

Berdasarkan hasil pengujian PS *logging*, posisi peletakan pondasi reaktor $V_s > 600$ m/detik dan berada sangat dalam, yaitu sekitar 120 m. Nilai $V_s > 600$ m/detik digunakan untuk beberapa peletakan pondasi reaktor, sebagai nilai yang setara dengan batuan dasar misalnya di Kashiwazaki-Kariwa^[10]. Alternatif tipe pondasi di Pulau Panjang adalah dengan peletakan pondasi pada $V_s > 400$ m/detik (walau referensi untuk kondisi ini masih sangat sedikit), dan peletakannya terdapat pada kedalaman 45 m.

Kedalaman dasar batuan $V_s > 400$ m/detik, berada pada kedalaman 44 m, hal ini yang menjadi dasar penentuan pondasi rakit pada kedalaman tersebut. Selanjutnya di bagian bawah pondasi rakit dapat dipasang *pile* sampai kedalaman *bedrock* 120 m pada $V_s > 900$ m/s. Pada kasus PLTN Angra di Brasil diketahui bahwa konstruksi pondasi masih memungkinkan dapat dilakukan hingga kedalaman 120 m. PLTN Angra di Brazil menggunakan *Pile* sampai kedalaman 200 m di bawah permukaan tanah (Gambar 5)^[11,12].

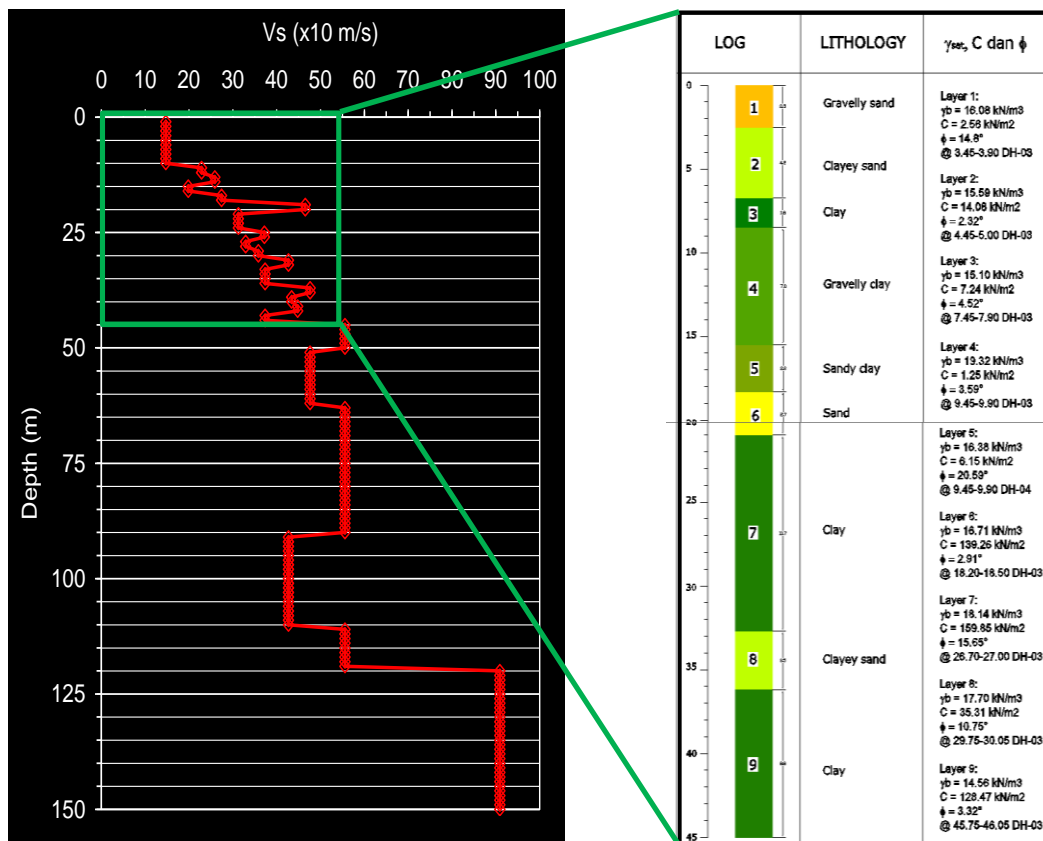


Gambar 5. PLTN Angra Brazil pada saat konstruksi (A), dan penampang skema konstruksi pondasi *pile* (B)^[14].

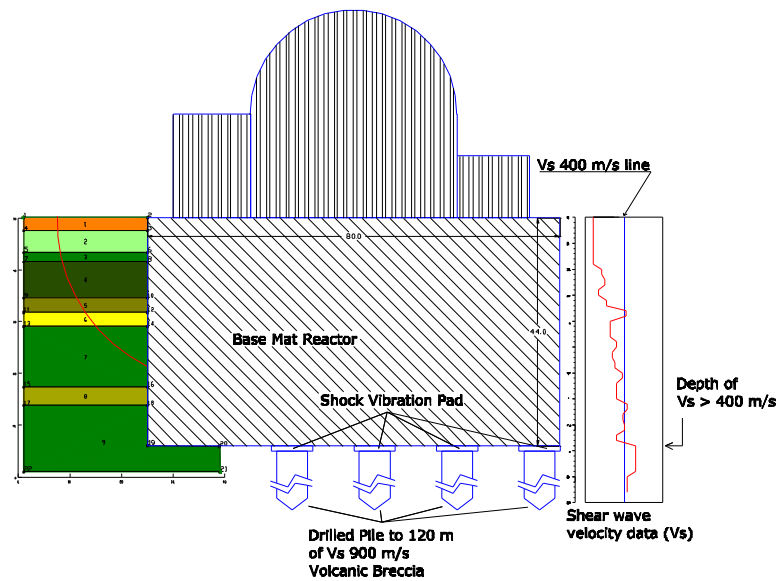
Secara umum, “pondasi dangkal” merupakan tipe pondasi yang diadopsi untuk bangunan dan struktur terkait keselamatan nuklir, sedangkan “pondasi dalam” diterapkan jika kualitas material pondasi tidak mencukupi untuk mendukung struktur pondasi, bahkan walau telah dilakukan perbaikan atau pergantian material^[13]. Beberapa jenis bangunan seperti bangunan reaktor, bangunan bahan bakar, bangunan kelistrikan dan keamanan, keseluruhannya berdiri di atas pondasi tika (*raft foundation*) yang terbuat dari perkuatan beton, sehingga dapat menjamin kestabilan bangunan yang didukungnya^[14].

3.4. Analisis Ekskavasi Dalam

Analisis ekskavasi didasarkan pada kecepatan gelombang geser tanah V_s 400 m/s yang berada pada kedalaman 40 m di bawah permukaan tanah (Gambar 6 dan 7). Pada kegiatan pemboran di Pulau Panjang terdapat 5 buah titik bor dengan jarak antar titik bor yang cukup jauh (1 km), sehingga analisis kestabilan lereng hanya didasarkan dari 1 buah lubang pemboran DH-02 yang lokasinya cukup mewakili (di tengah pulau). Pemboran DH-02 ditujukan untuk mengetahui lapisan stratigrafi Pulau atau bukan merupakan pemboran geoteknik. Oleh karena itu data sifat teknis tanah (batuan) didapatkan dari analisis laboratorium DH-03 dengan terlebih dahulu mengkorelasi antara keduanya dan mendapatkan model perlapisan tanah/batuan untuk analisis. Tahap selanjutnya dilakukan pemilahan data hasil analisis laboratorium untuk sifat fisik berat isi dan sifat teknis kuat geser. Berdasarkan hasil laboratorium, dapat diperkirakan bahwa tanah masih bersifat pasiran dipermukaan, sedangkan dikedalaman lebih dari 20 m bersifat lempungan.

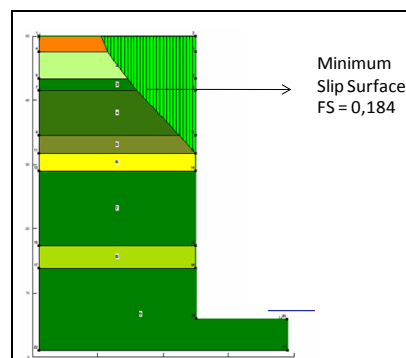


Gambar 6. Hasil Uji PS Logging DH-02 dan Korelasi dengan Log Pemboran Sebagai Dasar Analisis Ekskavasi-Dalam dan Kestabilan Lereng.



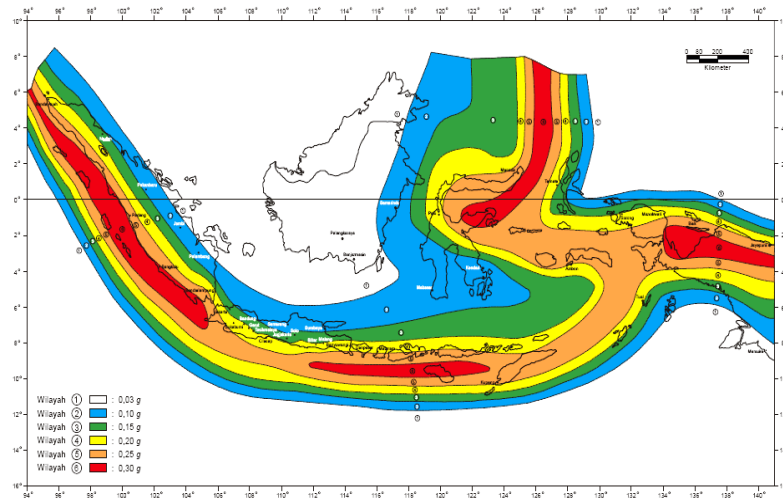
Gambar 7. Alternatif desain konstruksi pondasi rakit (*base mat*) untuk PLTN di tapak Pulau Panjang.

Hasil analisis lereng dengan H 44 m, sudut vertikal dan pada kondisi normal, menghasilkan nilai faktor keselamatan 0,184 (Gambar 8).

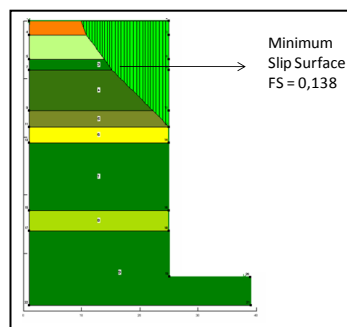


Gambar 8. Kestabilan lereng kondisi normal.

Tahapan selanjutnya adalah memasukkan koefisien gempa dalam perhitungan kestabilan lereng kondisi dinamik. Koefisien gempa merupakan suatu perkalian antara nilai percepatan puncak batuan dasar (PGA) dengan nilai gravitasi bumi. Banyak praktisi yang melakukan analisis secara langsung menggunakan nilai percepatan gempa, walaupun sebenarnya hal ini kurang tepat karena faktor gravitasi bumi mempunyai nilai yang mendekati 1 (0,98) sehingga hal ini tidak signifikan pengaruhnya terhadap nilai koefisien gempa. Nilai PGA didapatkan dari peta SNI 1726:2002 yang merupakan suatu regulasi ketahanan struktur bangunan terhadap gempa (Gambar 9). Pada penambahan beban seismik 0,2 g, maka faktor keselamatan akan menurun menjadi 0,138 (Gambar 10).

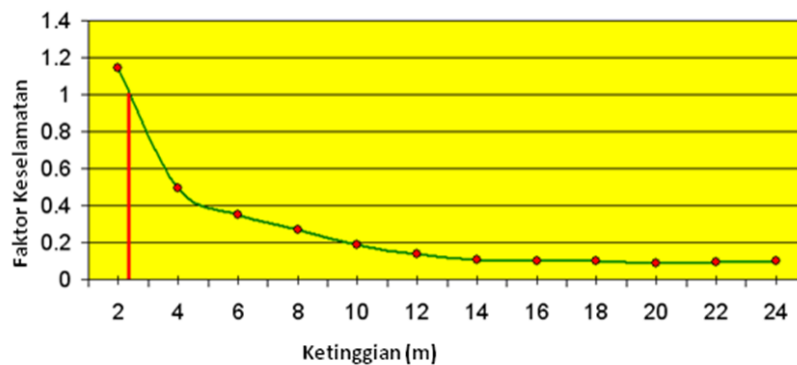


Gambar 9. Wilayah gempa Indonesia dan percepatan puncak batuan dasar dengan perioda ulang 500 tahun^[15].



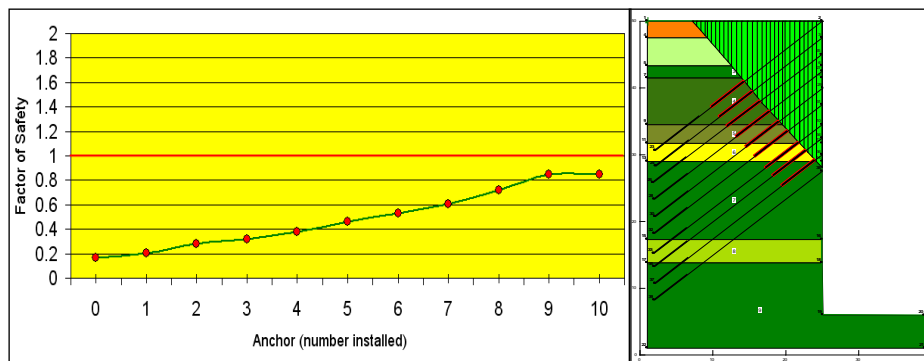
Gambar 10. Kestabilan lereng dengan beban percepatan gempa 0,2 g.

Berdasarkan percobaan dan hasil perhitungan faktor keselamatan vs ketinggian lereng, maka didapatkan grafik hubungan yang menunjukkan penurunan faktor keselamatan dengan semakin besarnya ketinggian lereng. Keruntuhan lereng terlihat akan terjadi pada saat ekskavasi mencapai kedalaman 2,3 m (Gambar 11).



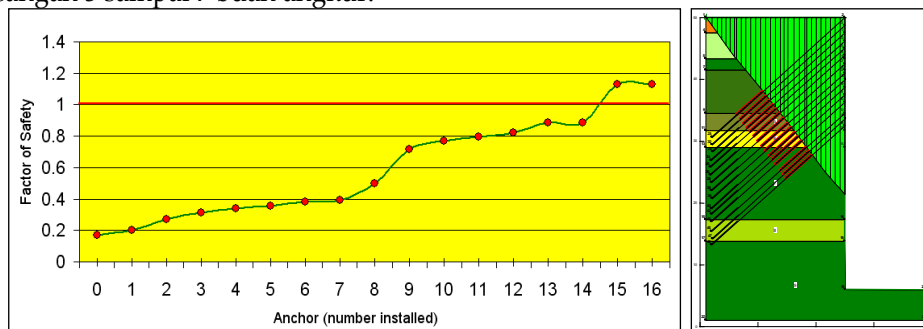
Gambar 11. Hubungan Antara Ketinggian Lereng Dengan Faktor Keselamatan.

Analisis perkuatan lereng dilakukan dengan simulasi pemasangan angkur dengan spasi 2,5 m secara vertikal. Spesifikasi angkur yang digunakan diantaranya panjang 30 m, *bond* 5,9 m, dan sudut instalasi 40°. Berdasarkan hasil analisis, faktor keselamatan di atas batas keruntuhan (1,0) tidak tercapai. Pada pemasangan 10 angkur, faktor keselamatan masih berkisar 0,84 (Gambar 12). Hal ini dapat dijelaskan dengan melihat nilai kohesi dan sudut geser dalam yang sangat kecil pada material di permukaan. Secara litologi terlihat sebagai pasir lepas dengan cangkang-cangkang fosil yang tidak tersementasi.



Gambar 12. Hubungan antara instalasi angkur (spasi 2,5 m) dengan faktor keselamatan.

Berdasarkan hal tersebut, selanjutnya dilakukan simulasi pemasangan angkur dengan spasi yang dibuat lebih rapat, yaitu interval 1,25 m. Perhitungan memperlihatkan dengan metode ini faktor keamanan di atas batas keruntuhan (*failure level* – 1.0) tercapai dengan pemasangan angkur sebanyak 15 buah (Gambar 13), suatu kondisi yang sangat berbeda dengan lokasi-lokasi lainnya, dimana pada umumnya $FK > 1$ tercapai hanya dengan pemasangan 5 sampai 7 buah angkur.



Gambar 13. Hubungan antara instalasi angkur (spasi 1,25 m) dengan faktor keselamatan.

Hal tersebut memberikan indikasi bahwa ekskavasi-dalam yang dilakukan pada tanah endapan pantai (*sand bar, marine clay, dan carbonate build-up reef*) memberikan respon yang jauh lebih jelek daripada tanah endapan aluvium maupun jatuhnya piroklastik tufa.

4. KESIMPULAN

Alternatif tipe pondasi yang diterapkan di tapak Pulau Panjang adalah kombinasi pondasi rakit dan pile, hal ini didukung data hasil penelitian terhadap nilai kecepatan tanah dipermukaan tapak Pulau Panjang sebesar 150 m/detik (lebih kecil dari 300 m/detik) yang

diklasifikasikan sebagai tapak tanah sedang. Posisi peletakan pondasi rakit (*raft/mat*) untuk reaktor pada batuan dasar ($V_s > 600$ m/detik) yang umum dilakukan berada pada posisi yang sangat dalam (kedalaman sekitar 120 m) sehingga membutuhkan banyak kajian yang harus dilakukan terkait faktor keselamatan reaktor, desain seismik, dan perijinan. Kedalaman dasar batuan $V_s > 400$ m/detik yang berada pada kedalaman 44 m disimulasikan sebagai kedalaman konstruksi pondasi rakit. Di bagian bawahnya dipasang *pile* sampai kedalaman *bedrock* 120 m pada $V_s > 900$ m/detik. Hasil analisis kestabilan lereng pada ekskavasi dalam dengan ketinggian lereng 44 m, sudut vertikal, pada kondisi normal menghasilkan nilai faktor keselamatan 0,184. Simulasi pemasangan angkur dengan spasi 1,25 m sebanyak 15 buah menghasilkan faktor keamanan di atas 1,0.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada DIKTI yang telah memberikan dukungan dana dalam penelitian ini melalui Program *Blockgrant* 2009. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Basuki Wibowo yang telah meluangkan waktu berdiskusi dalam penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. BAPETEN. Perka BAPETEN No. 4 Tahun 2008 Tentang "Evaluasi Tapak Reaktor Daya Untuk Aspek Geoteknik Dan Pondasi Reaktor Daya", BAPETEN, Jakarta. 2008.
- [2]. IAEA. Safety Guide No. NS-G-3.6 "Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants". International Atomic Energy Agency. Vienna 2004.
- [3]. BAPPENAS. Undang Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang "Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPM) Tahun 2005–2025", BAPPENAS, Jakarta 2007.
- [4]. _____, Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 5 Tahun 2006 tentang "Kebijakan Energi Nasional". Jakarta. 2006.
- [5]. IAEA. Site Safety Review Mission: "Final Review of The Siting Studies at Muria Peninsula (Indonesia)". International Atomic Energy Agency. 1997.
- [6]. HADI SUNTOKO, JUNE MELLAWATI, YARIANTO, "Studi Pra Survei Pulau Panjang Serang Banten Sebagai daerah Interest PLTN". Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir III (2010) 207-217.
- [7]. BASUKI WIBOWO, JUNE MELLAWATI, BANSYAH. K., SYAIFUL. S., IMAM. H., "Analisis Kestabilan Lereng untuk PLTN Pada Tanah Aluvium". Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir III (2010) 170-176
- [8]. GEOVISION GEOPHYSICAL SERVICES. DIVISION OF BLACKHAWK GEOSERVICES. "Suspension P-S Velocity Logging Methods". http://www.geovision.com/PDF/M_PS_Logging.PDF. Diakses Oktober 2013.
- [9]. BATAN. Analisis Material Bawah Permukaan, Survei Tapak di Jawa Barat dan Banten Tahap Penapisan I, Laporan Akhir. Tidak Dipublikasi. PPEB-BATAN. 2009.
- [10]. KATSUMI, E., "Evaluation On Ground Motion And Equipment Integrity Of Kashiwazaki-Kariwa NPP Against The Chuetsu-Oki Earthquake". International Workshop on Lessons Learned from Strong Earthquakes Workshop. Seismic Safety Division - Japan Nuclear Energy Safety Organization. 2008.
- [11]. DAPPOLONIA. Project Profile. Siting And Geotechnical Studies For Angra Nuclear Power Plant. <http://www.dappolonia.com/pdfs/pprofile101.pdf>. Diakses Oktober 2013.
- [12]. ALMEIDA, C., "The Brazilian Experience in Licencing Angra 2, A 'Delayed' Nuclear Power Plant, National Commissioning for Nuclear Energy". IAEA-CN-

- 82/03.<http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/pub1120/CD/PDF/Issue2/CN-82-03.pdf>. Diakses September 2013.
- [13]. AERB. Safety Guide No. AERB/NPP/SG/CSE-2, "Geotechnical Aspect and Safety of Foundation for Buildings and Structures Important to Safety of Nuclear Power Plant". Atomic Energy Regulatory Board of India Atomic Energy Regulatory Board of India. 2008.
- [14]. UK-EPR. "Fundamental Safety Overview Volume 2: Design and Safety, Chapter C: Design Basis and General Layout". United Kingdom – European Power Reactor. <http://www.epr-reactor.co.uk/> Diakses Oktober 2013.
- [15]. SNI. SNI – 1726 – 2002. "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung". Standar Nasional, Jakarta 2002.
- [16]. JUNE MELLAWATI, BASUKI WIBOWO, BANSYAH KIRONI, I GDE SUKADANA, HERI SYAEFUL, PURNOMO. "Analisis Kestabilan Lereng Pada Ekskavasi-Dalam Pondasi PLTN: Studi Kasus Tapak Ujung Lemahabang (ULA) Muria". Laporan Block Grant 2009. PPEN, BATAN, Jakarta. 2009.