

IDENTIFIKASI ZONA PENURUNAN TANAH AKIBAT LIKUIFAKSI DI DAERAH SERANGAN-TANJUNGBENOA, BALI SELATAN

Eko Soebowo¹, Dwi Sarah¹, Yugo Kumoro¹, dan Nugroho Aji Satriyo¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi–LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
E-mail: soebowoeko@yahoo.com

Abstrak

Pengetahuan stratifikasi bawah permukaan dan sifat keteknikan diperlukan dalam pembangunan infrastruktur dan mitigasi bahaya di daerah yang rawan gempabumi di Bali Selatan. Keberadaan lapisan pasir - lanau pada cekungan dataran alluvial di Bali dapat menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya bahaya likuifaksi dan penurunan tanah akibat gempabumi. Untuk menentukan zona kerentanan likuifaksi di wilayah Serangan dan Tanjung Benoa, dilakukan pengujian Cone Penetration Test (CPT). Analisa potensi likuifaksi dan penurunan dengan mempertimbangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum ($p.g.a$) sebesar 0,35 g, dan magnitudo gempabumi sebesar 7,2 SR dan muka airtanah setempat. Hasil analisis di daerah ini menunjukkan bahwa lapisan tanah pasir di hampir semua titik pengujian akan mengalami likuifaksi dan penurunan akibat beban gempa. Zona likuifaksi terkonsentrasi di bagian tengah – timur daerah studi pada kedalaman kisaran 0,2 - 15 m. Sedangkan konsentrasi penurunan yang tinggi terutama di Pendungan, Serangan, Pelabuhan Benoa, dan Tanjungbenoa. Dengan demikian, potensi bahaya likuifaksi di lokasi-lokasi ini perlu mendapat perhatian dalam upaya mengurangi bencana gempabumi di wilayah ini.

Kata kunci: gempabumi, CPT, penampang bawah permukaan, bahaya likuifaksi, cekungan alluvial, penurunan tanah

PENDAHULUAN

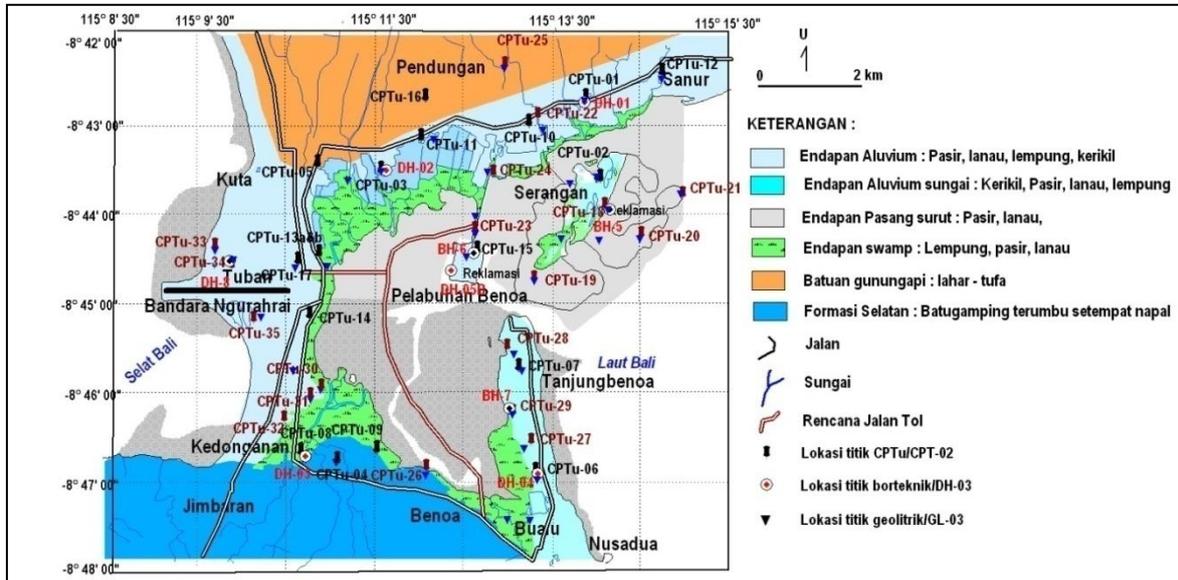
Ancaman geologis khususnya peristiwa likuifaksi saat gempabumi besar pada jalur gempabumi merupakan sesuatu yang dapat terjadi, dan dapat menimbulkan kerusakan yang luas pada bangunan dan sarana infrastruktur di wilayah perkotaan di Indonesia. Wilayah Bali Selatan merupakan salah satu zona seismisitas cukup tinggi dan aktif (McCaffrey R. and Nabalek, J., 1987, Daryono, 2011), hal ini dapat menimbulkan peristiwa likuifaksi. Mengingat daerah ini lingkungan geologi merupakan endapan alluvial, endapan pantai, endapan fluvial, pasang surut dan delta (Hadiwijoyo dkk, Soebowo dkk 2010). Disamping itu merupakan pusat pembangunan wisata dan pemukiman di masa mendatang, maka upaya memprediksi dan memitigasi bahaya likuifaksi akibat gempabumi sangat diperlukan untuk mengurangi resiko akibat gempabumi di wilayah ini. Untuk dapat memprediksi dan mitigasi bahaya likuifaksi maka diperlukan pengetahuan mengenai kondisi geologi bawah permukaan dan potensi bahaya likuifaksi di wilayah ini. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui zona potensi penurunan tanah akibat gempabumi di Bali Selatan.

METODOLOGI

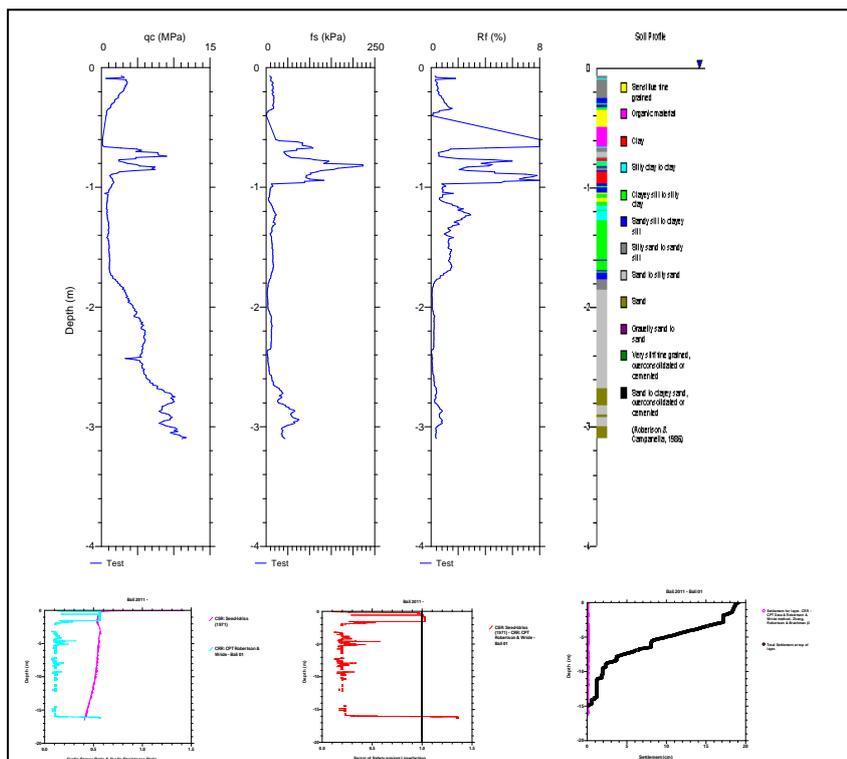
Untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam kajian ini (Gambar 1), maka dilakukan 1) investigasi geologi teknik meliputi pemetaan geologi permukaan, pemboran teknik sebanyak 8 titik, pengujian sondir/CPT (Cone penetraion test) sebanyak 35 titik 2) Pengukuran geolistrik sebanyak 37 titik 3) Pengujian laboratorium untuk penentuan sifat fisik tanah. 4) Pengukuran muka airtanah baik dari pemboran, sondir juga pada beberapa sumur penduduk. 5) Perhitungan analisa bahaya potensi likuifaksi dengan menggunakan formula dari Robertson dan Wride (1989) berdasarkan data sondir/CPT (Gambar 2).

Hasil analisa potensi likuifaksi berupa grafik hubungan antara rasio tegangan siklik (CSR) akibat beban gempa dan rasio hambatan siklik (CRR) akibat kekuatan tanah serta faktor keamanan lapisan tanah yaitu rasio perbandingan CRR/CSR. Faktor keamanan (FK) yang digunakan dalam studi ini menggunakan batasan $FK > 1.2$ untuk mengindikasikan lapisan tanah aman terhadap likuifaksi, dan $FK < 1.2$ untuk mengindikasikan lapisan tanah tidak aman terhadap likuifaksi (Robertson dan Wride, 1989). Skenario besaran gempabumi

yang digunakan dalam potensi bahaya likuifaksi ini yaitu skala 7.2 Mw, percepatan getaran tanah maximum (p.g.a) sebesar 0.35 g yang diasumsikan jarak dari sumber gempa bumi kurang lebih 100 - 150 km selatan Bali, hal ini didasarkan atas sejarah kegempaan yang terjadi di wilayah Bali Selatan dan respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui di daerah Bali Selatan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2010).



Gambar 1. Peta geologi daerah Bali Selatan dan lokasi pengujian CPT, bor teknik dan geolistrik.

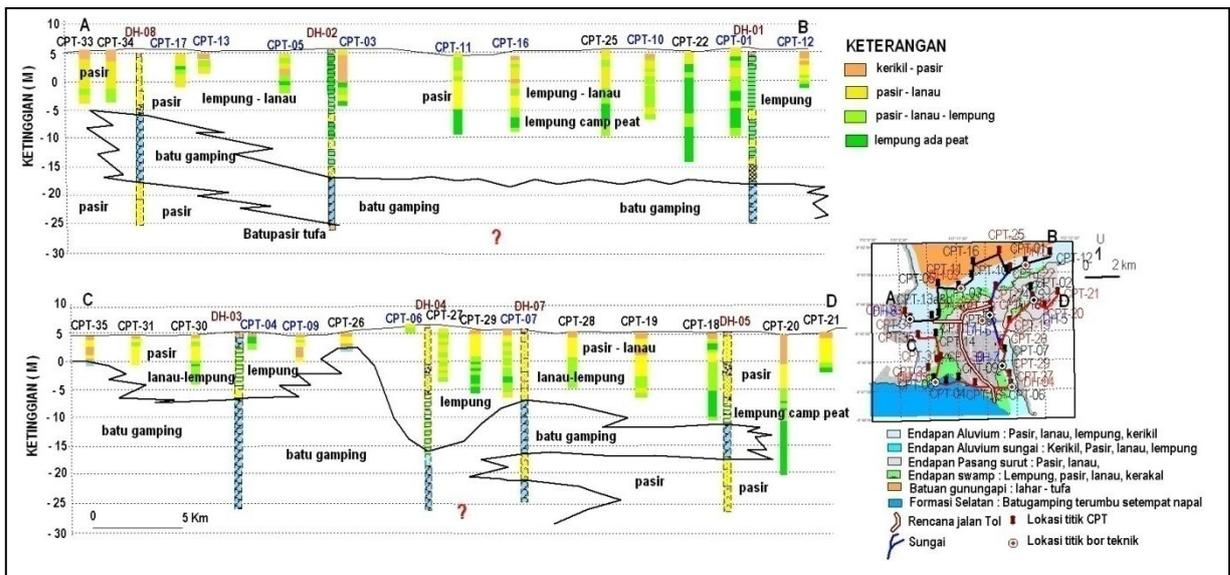


Gambar 2. Grafik hubungan kedalaman dengan stratifikasi klasifikasi tanah, kekuatan dan frition ratio berdasarkan data CPT dan hasil analisis potensi likuifaksi yang memperlihatkan kedalaman dan ketebalan lapisan tanah yang terlikuifaksi dan penurunan total berdasarkan data CPT menggunakan perangkat lunak Shake 2000.

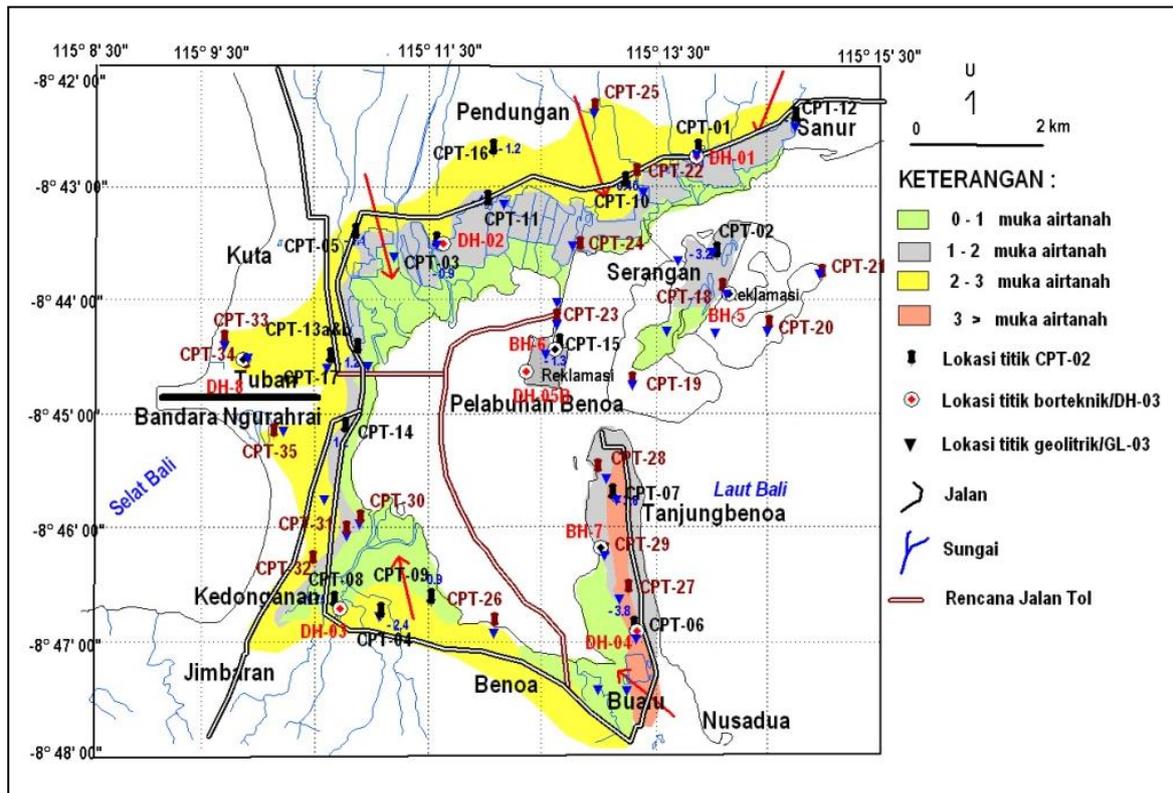
HASIL DAN DISKUSI

Geologi Bawah Permukaan di daerah Bali Selatan

Wilayah Serangan - Pendungan – Kuta - Tanjung Benoa, Bali Selatan merupakan suatu paparan endapan fluviatil, swamp, meander dan alluvium yang terletak pada cekungan “Benoa – Tanjung Benoa” dimana pada bagian utara dibatasi oleh endapan vulkanik hasil produk gunungapi Batur dan bagian selatan dibatasi oleh tinggian batugamping Formasi Selatan (Hadiwijoyo dkk, 1998). Geologi daerah ini dicirikan oleh perulangan satuan pasir yang cukup dominan dengan ukuran butiran mulai halus hingga kasar dengan sisipan lanau dan lempung. Kedalaman endapan kuartar ini mencapai hingga kedalaman kurang lebih 20 meter (Soebowo dkk, 2010, Gambar 3). Kedalaman muka air tanah di daerah ini berkisar antara 0.5 - 4 m dan di beberapa lokasi kemungkinan dapat mencapai lebih > 4 meter (Gambar 4). Rekonstruksi stratigrafi bawah permukaan dicirikan oleh sikuen endapan pasir yang lepas baik berukuran halus hingga kasar dengan ketidakmenerusan lapisan lanau dan lempung yang saling membaji/*interfingering* di beberapa tempat pada kedalaman antara -1 hingga -15 meter. Hal ini menunjukkan bahwa daerah ini setidaknya telah terjadi proses sedimentasi dan pasang surut pada saat pengendapan masa lalu pada cekungan ini yang menggambarkan lingkungan endapan pantai, rawa, fluvial.



Gambar 3. Penampang litologi bawah permukaan di Bali Selatan



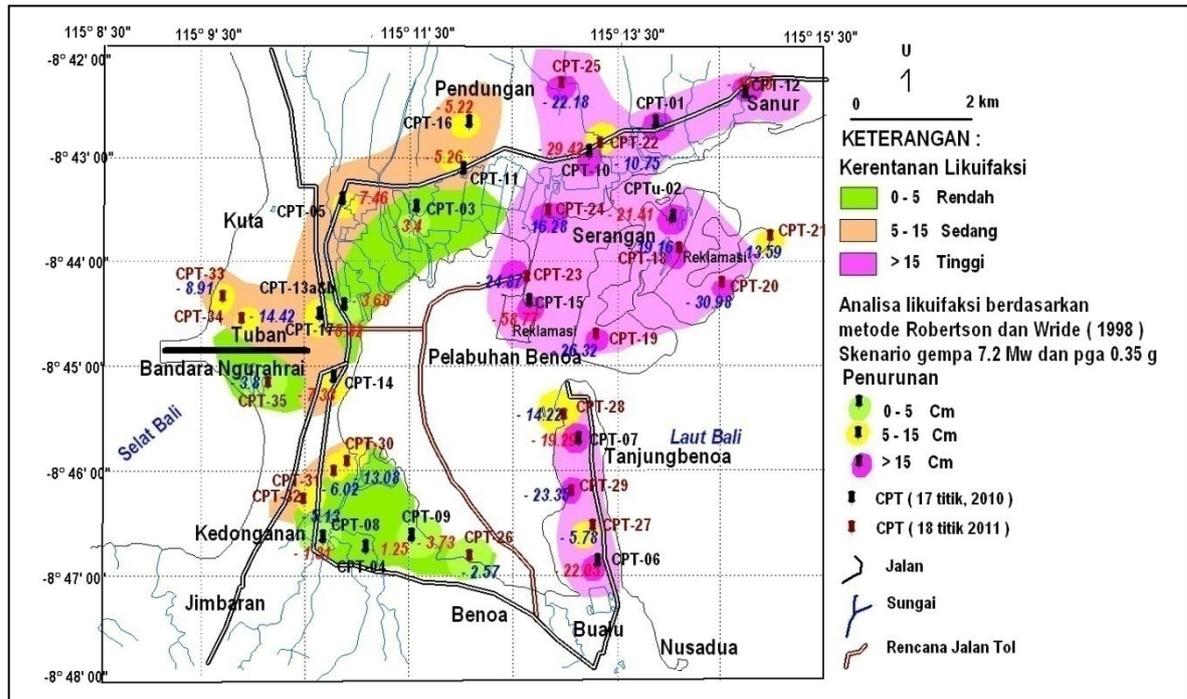
Gambar 4. Peta muka airtanah daerah Bali Selatan.

Potensi Bahaya Likuifaksi

Hasil analisis potensi likuifaksi berdasarkan data CPT seperti pada Gambar 5, menunjukkan bahwa hampir semua titik uji mengindikasikan peristiwa likuifaksi pada lapisan lanau - pasir yang terbentang pada kedalaman antara 0,2 - 15 m. Hal ini juga digambarkan oleh material lanau – pasir yang distribusi butirannya dikategorikan pada batas “*very easily liquiely*” atau *easelly liquiely*” (Tsuchida, 1970) yang mengindikasikan material tersebut mudah mengalami liquifaksi dengan kondisi muka airtanah dangkal. Dalam zona kerentanan potensi likuifaksi ini mengacu dari Iwasaki dkk 1982, maka dapat dibagi menjadi kerentanan rendah dengan indeks likuifaksi 0 – 5, yang tersebar di Bandara NgurahRay, Kedonganan, tinggi dengan indeks 5 – 15 di Tuban dan sangat tinggi > 15 di daerah Tanjung Benoa - Serangan.

Penurunan lapisan tanah akibat likuifaksi di daerah Kedunganan dapat mencapai antara 1.27 cm dan pelabuhan Tanjung Benoa mencapai 58.56 Cm, dimana zona penurunan yang tinggi terutama terkonsentrasi di daerah Pendungan, Serangan, Pelabuhan Benoa, dan Tanjung Benoa apabila terjadi gempa bumi besar. Zona potensi bahaya likuifaksi dan penurunan yang tinggi terutama berada pada lapisan sedimen bagian atas yang mengisi cekungan Bali Selatan yang diduga merupakan bagian blok patahan graben di Bali Selatan. Apabila dikaitkan dengan gempa bumi yang terjadi pada 13 Oktober 2011 dengan skala 6.4, fenomena peristiwa likuifaksi tidak terjadi, diduga percepatan gelombang tanahnya perambatan dengan waktu yang singkat.

Oleh karena itu potensi bahaya likuifaksi yang diikuti oleh penurunan lapisan tanah di daerah Sanur - Pendungan – Serangan – Benoa, Bali Selatan perlu mendapat perhatian dalam mengkaji keamanan sarana infrastruktur pada bangunan tinggi maupun lainnya. Juga perlunya peningkatan kepadatan tanah sebelum pelaksanaan konstruksi dengan pondasi dalam untuk mengatasi pencegahan penurunan saat gempa bumi besar.



Gambar 5. Peta kerentanan likuifaksi dan penurunan tanah akibat likuifaksi dengan skenario gempa 7.2 SR dan pga 0.35 di Bali Selatan

KESIMPULAN

1. Daerah Serangan – Tanjung Benoa, Bali Selatan ditempati oleh endapan kuarter yang tersusun oleh material pasir, lanau, lempung, peat/gambut beberapa pasir lepas, kerikil dalam lingkungan endapan fluviatil, swamp, pematang pantai dengan batuan dasarnya batugamping Formasi Selatan.
2. Analisis potensi bahaya likuifaksi dan penurunan di daerah ini menunjukkan bahwa hampir semua titik pengujian mengindikasikan terjadinya likuifaksi dan penurunan berdasarkan skenario gempabumi dengan magnitude 7.2 SR dan p.g.a sebesar 0.35 g.
3. Konsentrasi zona likuifaksi di bagian tengah – timur daerah studi pada kedalaman kisaran 0,2 - 15 m. terutama di daerah Pendungan, Serangan , Pelabuhan Benoa, dan Tanjung Benoa.

DAFTAR PUSTAKA

Daryono, 2011, Identifikasi Sesar *Belakang Busur (Back Arc Thrust) Daerah Bali Berdasarkan Seismisitas dan Solusi Bidang Sesar*, Artikel Kebumihan, Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika, www.bmkg.go.id, 5 Januari 2011.

Kementerian Pekerjaan Umum, 2010, *Peta Zonasi Gempa Indonesia*, Juli 2010.

Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoko, F., Watanabe, S., Yasuda, S., Sato, H., 1982, Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. *Proceeding 3rd International Earthquake Microzonation Conference*, Seattle, Washington, 28 June – 1 July 1982, 1319 - 1330.

McCaffrey R. and Nabalek, J., 1987, Earthquake, gravity, and the origin of the Bali Basin : An example of nascent continental fold and thrust belt., *Jour.Geophys.Res.* 441 – 459.

Purbo Hadiwidjojo, MM, Samodera, H dan Amin, T.C, 1998, *Peta geologi lembar Bali, Nusa Tenggara, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung, Departemen Pertambangan dan Energi.

Roberson, P.K., and Wride, C.E., 1998, Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using the Cone Penetration Test, *Canadian Geotechnical Journal*, 35 (3), p. 442 – 459.

Soebowo, E, Kumoro, Y, Ruslan, M, Daryono, M.R, Sukaca, Widodo., 2010, *Model Mitigasi Bahaya Likuifaksi Untuk Daerah Rawan Gempabumi di Daerah Sanur – Benoa, Bali Selatan*, Laporan Teknis, Puslit Geoteknologi – LIPI, Bandung.

Tsuchida, H., 1970, *Prediction and Countermeasure against the liquefaction in sand deposits*, in abstract of the seminar in the Port and Harbor Research Institute, 1970, pp.3.1 – 3.33.