

POTENSI BENCANA PELULUKAN DI DAERAH LABUHAN  
KABUPATEN PANDEGLANG PROVINSI BANTEN

*LIQUEFACTION POTENTIAL HAZARDS IN LABUHAN DISTRICT,  
BANTEN PROVINCE*

U. M. Lumban Batu, S. Hidayat, dan S. Poedjopradjitno

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jl. Diponegoro 57, Bandung

Sari

Daerah Labuhan, Propinsi Banten dan sekitarnya, merupakan dataran aluvial yang tersusun oleh sedimen klastik berupa kerikil, pasir, lanau dan lempung yang bersifat urai dan jenuh air; rentan terhadap pelulukan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan pelulukan di daerah ini sehingga dapat diketahui tingkatan dan sebarannya. Kejadian gempa pemicu terjadinya pelulukan dapat bersumber dari kegiatan subduksi dan segmen sesar aktif di selat Sunda. Untuk mengetahui data geologi lapisan bawah permukaan dilakukan pemboran tangan (*hand auger*) sebanyak 59 titik pemboran. Diketahui pasir yang rentan pelulukan diendapkan di lingkungan dataran pantai, pematang pantai dan alur sungai purba. Berdasarkan analisis besar butir dan sifat karakteristik, posisi stratigrafis endapan pasir tersebut dan kedalaman air tanah dangkal potensi kerentanan di wilayah ini dibagi ke dalam wilayah tingkat kerentanan tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah.

Kata kunci : pelulukan, gempabumi, pasir jenuh air, labuhan

Abstract

*Was done Labuhan, Banten Province, and surrounding area located on alluvial plain are composed of loose, water saturated clastic sediments such as gravel, sand, silt and clay, susceptible to liquefaction. Investigation of potential liquefaction hazards to identify degree of liquefaction susceptibility and its distribution in investigated area. An earthquake source zone trigger liquefaction originated by subduction activity as well as by activation of fault on Sunda Strait. To obtain subsurface geological data hand drilling were conducted getting 59 bore holes; known a liqueable material such as sand deposited on beach sand, beach ridges, and palaeo channel deposits. On the basis of grain size distribution and its physical characteristics, stratigraphical position, ground water level, liquefaction susceptibility in this area can be divided into high liquefaction susceptibility, intermediate liquefaction susceptibility, low liquefaction susceptibility, and very low liquefaction susceptibility*

*Key words : liquefaction, earthquake, water saturated sand, labuhan*

Pendahuluan

Penelitian menyangkut evaluasi potensi pelulukan telah dilakukan oleh Tinsley drr, 1995, Obermeier, 1988, Seed drr, 1982). Sementara itu beberapa penulis membahas bagaimana mengenali paleoseismik berdasarkan fenomena *liquefaction* (pelulukan) didasarkan kepada struktur sekunder yang terbentuk pada saat terjadinya pelulukan tersebut (Obermeier drr, 1990, Obermeier drr, 1993)

Pelulukan pada umumnya terjadi pada kondisi geologi tertentu yaitu di tempat – tempat yang batuan nya masih muda (Holosen) dengan sifat fisik batuan nya

masih urai belum padu dan jenuh air. Kondisi geologi yang demikian ini umumnya terdapat di daerah pantai (*coastal plain*), dataran rendah (*low land*) dan di tanah reklamasi (*reclaimed land*) (DuPre and Tinsley 1990). Selain itu, daerah yang diketahui mempunyai potensi untuk mengalami pelulukan termasuk daerah-daerah yang pernah mengalami pelulukan, (Sowers drr, 2007, Bochrherdt, 1975). Tinsley drr, 1995, menyebutkan bahwa endapan yang terbentuk di lingkungan tertentu seperti lingkungan sungai dan danau, serta daerah reklamasi merupakan daerah yang mempunyai kerentanan pelulukan tinggi. Hal ini disebabkan batuan nya umumnya terdiri atas endapan fluvial atau aluvial, atau endapan *colluvial* yang masih urai dan jenuh air.

Pelulukan terjadi sebagai akibat meningkatnya tekanan air antar butir (*pore water pressure*). Meningkatnya tekanan air antar butir tersebut dapat terjadi oleh adanya getaran atau guncangan yang mempengaruhi susunan butir sehingga volume rongga berkurang. Holzer dr., 1989 menyatakan bahwa pelulukan dapat terjadi apabila suatu massa endapan pasir lepas/urair, jenuh air mengalami guncangan/ getaran akibat gempa bumi maka susunan butir akan berubah (menjadi padat). Perubahan susunan butir akan mengakibatkan berkurangnya volume rongga, sehingga air yang mengisi rongga antar butir akan tertekan yang mengakibatkan tekanan air antar rongga (*pore water pressure*) menjadi tinggi. Dari uraian tersebut diketahui bahwa faktor yang dapat mempengaruhi perubahan tekanan air antar butir tersebut di antaranya dapat disebutkan magnitude gempa, lamanya getaran/guncangan, ukuran besar butir, bentuk butir (*shape*), kesarangan butir (*permeability*) lapisan penutup, pemilahan butir (*sorting*) dan densitas batuan (Lumban Batu, 2004; Lumban Batu dan Suyatman, 2007). Bencana pelulukan/likifikasi berpotensi terjadi di daerah penelitian, karena batuan penyusun terdiri atas hampir 90 % endapan Kuartar muda (Santosa, dr 1991). Endapan Kuartar muda tersebut terdiri atas berbagai endapan sedimen klastik yang sifatnya masih urai (*loose*) dan belum mengalami pemadatan/konsolidasi. Selain itu, posisi permukaan air tanah dangkal diperkirakan tidak dalam, karena daerah penelitian adalah merupakan daerah dataran pantai (*coastal plain*).

Lajur sumber gempa yang dapat memicu terjadinya gempa bumi di daerah ini yang dapat mengakibatkan terjadinya pelulukan bersumber dari Lajur Sumber Gempa Subduksi dan Lajur Sumber Gempa Sesar Aktif. Seperti diketahui bencana akibat pelulukan merupakan salah satu bencana yang paling merusak dan menimbulkan kerugian yang cukup besar. Salah satu gempa yang terjadi di Indonesia yang memicu terjadinya pelulukan dan menimbulkan korban jiwa serta kerugian material yang cukup besar, adalah Gempa Padang 30 September 2009.

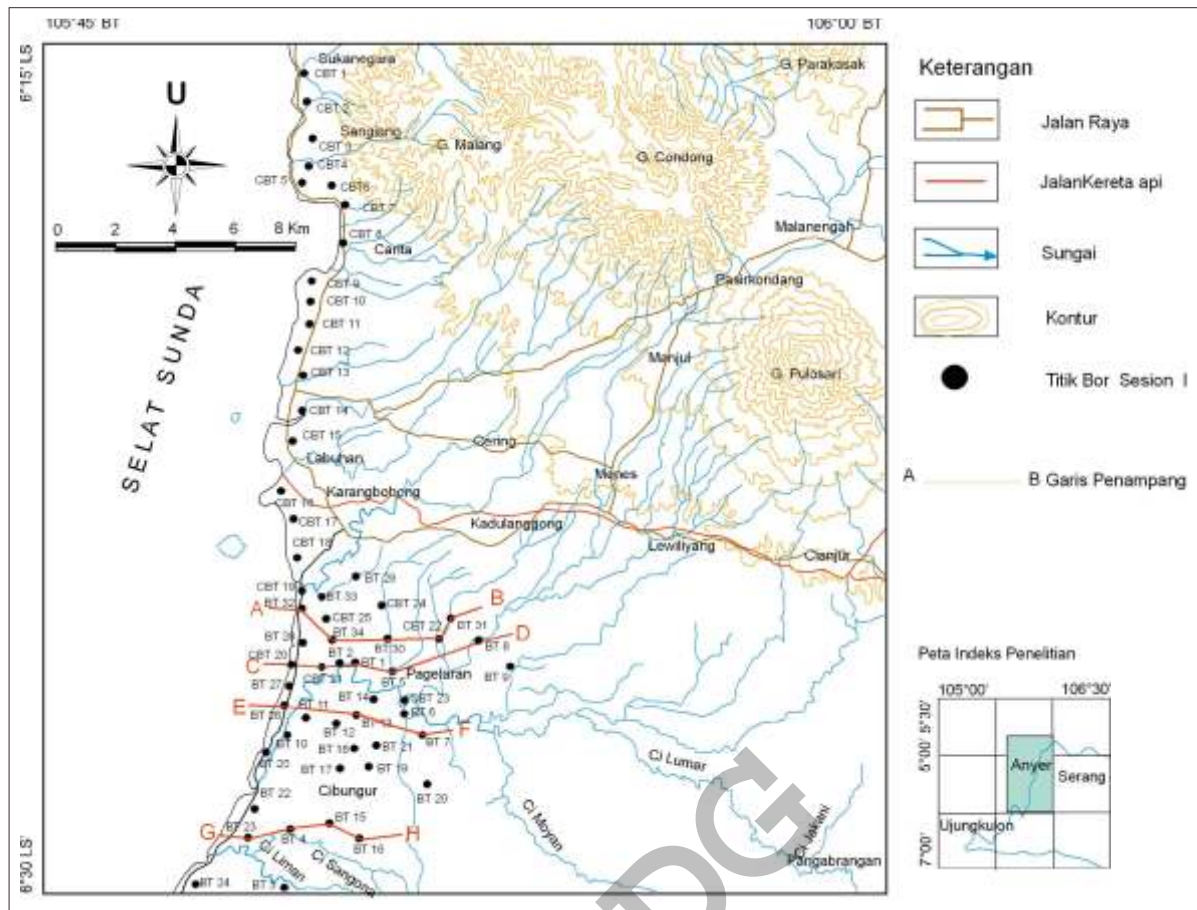
Dengan mengetahui potensi bencana pelulukan yang mengancam daerah tersebut, maka perencanaan pengembangunan wilayah untuk peruntukan pemukiman, kawasan industri, perdagangan dan wisata dapat ditata sesuai dengan daya dukung lahan.

Berkaitan dengan rencana pemerintah untuk membangun Jembatan Selat Sunda (JSS) yang menghubungkan Propinsi Lampung dengan Provinsi Banten yang akan dilakukan pada tahun 2014, maka dipandang perlu untuk mengetahui potensi terjadinya pelulukan di daerah ini. Jembatan tersebut dijadwalkan selesai tahun 2025. JSS dapat pula berfungsi meningkatkan konektivitas sesama negara di Asia. Oleh karena itu pembangunan jembatan itu akan berdampak besar pada pertumbuhan ekonomi bersama di Asia (<http://bisniskeuangan.kompas.com>). Khususnya di kawasan Selat Sunda akan berdampak terhadap laju pembangunan/pengembangan wilayah di sekitarnya.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi potensi kerentanan bencana pelulukan (*liquefaction susceptibility*), berdasarkan informasi geologi bawah permukaan dan sifat fisik endapan rentan pelulukan dan kedudukannya terhadap muka air tanah dangkal serta faktor lainnya seperti posisi lapisan pasir, ketebalan lapisan pasir, jenis batuan yang menutupi/menindih dan mengalasi lapisan pasir di daerah ini. Dengan demikian data dasar menyangkut bencana pelulukan serta gambaran penyebaran dan tingkat potensi pelulukan di daerah penelitian tersedia dengan baik. Dengan ketersediaan data tersebut maka perencanaan pengembangan wilayah dapat dilakukan dengan mengacu pada peta tersebut, sehingga hasil-hasil pembangunan dapat terhindar dari ancaman bencana pelulukan.

Pengumpulan data geologi bawah permukaan, dilakukan dengan pemboran dangkal menggunakan "*hand auger*". Pemboran dilakukan secara acak/random. Data setiap pemboran direkam ke dalam log sheet dengan skala vertikal 1:100. Pemerian batuan menyangkut sifat fisik (warna, kandungan fosil, kandungan material organik, kandungan lempung, kandungan mineral, besar butir, bentuk butir, struktur, kekompakan dan sifat fisik lainnya). Berdasarkan hasil pemerian batuan tersebut dilakukanlah pengelompokan batuan sesuai dengan lingkungan pengendapannya.

Dari data pemboran tersebut diperoleh tataan stratigrafi baik vertikal maupun mendatar khususnya endapan yang rentan terhadap pelulukan. Pengamatan terhadap lapisan pasir jenuh air yang rentan terhadap pelulukan mencakup pemilahan butir, besar butir dan kandungan lempungnya serta ketebalan endapan



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Sebaran Titik Bor Daerah Labuan, Banten

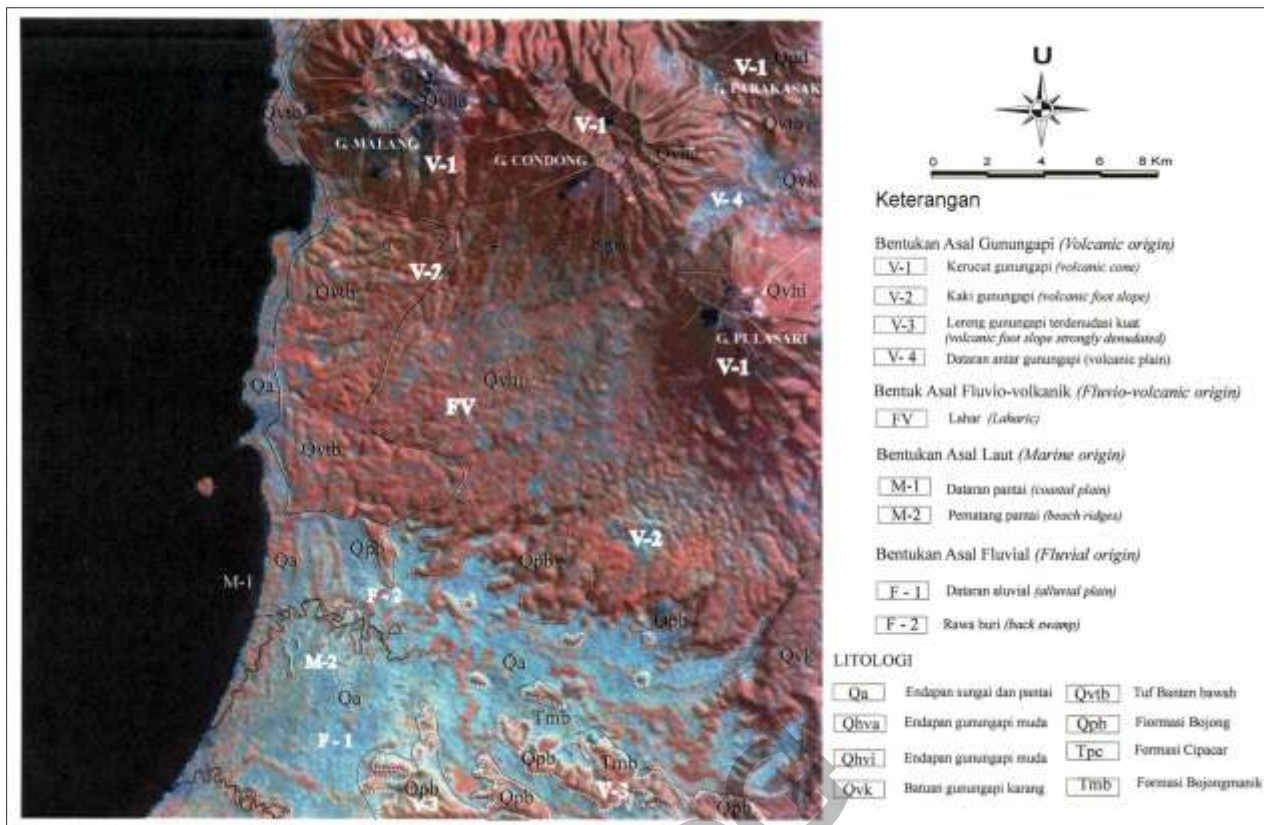
pasir, jenis batuan yang menutupi/menindih dan mengalasi lapisan pasir tersebut. Selain itu, pengukuran kedalaman muka air tanah dangkal, dilakukan pada saat pemboran dan data lain didapatkan dari sumur penduduk

Perconto batuan untuk analisis besar butir di laboratorium terutama ditujukan untuk mendapatkan kisaran besar butir endapan pasir dari setiap lingkungan pengendapan. Pelulukan biasanya terjadi pada endapan pasir dengan kisaran butir tertentu. Selain itu diambil juga contoh batuan untuk analisis umur mutlak dengan metode Radiokarbon C14, yaitu sedimen yang banyak mengandung kandungan organik dari setiap posisi stratigrafi yang dianggap berbeda.

Beberapa kendala ditemukan di lapangan. Litologinya pada umumnya hampir sama yaitu berupa kerakal, kerikil, pasir, lempung, lumpur dan kerakal batuapung yang diendapkan di lingkungan yang berbeda-beda. Kendala lain yang ditemukan di lapangan adalah keterbatasan

kedalaman penetrasi bor. Oleh karena itu apabila sedimennya sangat tebal maka sangat tidak mungkin pemboran mampu mencapai batuan alas. Selain kendala yang disebut di atas terdapat juga masalah untuk mencapai lokasi-lokasi pemboran di daerah tertentu karena belum tersedianya prasarana jalan, sehingga harus dilakukan dengan berjalan kaki. Selain prasarana jalan yang sangat minim, kondisi jalan yang hanya berupa tanah timbunan sangat sulit dilalui pada musim penghujan. Jalannya sangat licin karena umumnya terbuat dari bahan lempung

Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat  $105^{\circ} 45' 00'' - 106^{\circ} 00' 00''$  BT dan  $06^{\circ} 15' 00'' - 06^{\circ} 30' 00''$  LS (Gambar 1). Daerah ini tercakup di dalam Peta Geologi Lembar Anyer Jawa Barat Skala 1 : 100.000, dan secara kepomong prajaan daerah penelitian bagian utara termasuk ke dalam Kabupaten Serang sedangkan bagian selatan termasuk kedalam Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten.



Gambar 2. Morfologi Daerah Penelitian Berdasarkan Genesanya

Tataan Geologi

Geomorfologi

Morfologi daerah penelitian ini berdasarkan Bentuk Asal Kejadiannya dapat dibagi menjadi (Gambar 2):

- Bentuk Asal Vulkanik (Volcanic Origin)
- Bentuk Asal Marine (Marine Origin)
- Bentuk Asal Fluvial (Fluvial Origin) dan
- Bentuk Asal Fluvio-vulkanik

Bentukan Asal Gunungapi dapat dipisahkan menjadi: Bentuk Kerucut Gunungapi (V-1), Lereng Kaki Gunungapi (V-2), Lereng Kaki Gunungapi Terdenudasi Kuat (V-3), dan Dataran Antar Gunung (V-4). Bentuk Asal Fluvio-volcanic direpresentasikan oleh Lahar (VF). Sedangkan bentuk Asal Marine dipisahkan menjadi Bentuk Dataran Pantai (M-1), dan Pematang Pantai (M-2). Sementara itu Bentuk Asal Fluvial dikelompokkan menjadi Dataran Aluvial (F-1) dan Rawa Buri (back swamp (F-2)).

Stratigrafi

Proses sedimentasi di daerah penelitian dimulai sejak Miosen akhir (Santoso dr., 1991) menghasilkan endapan perselingan batupasir, napal, dan batu lempung diendapkan pada lingkungan darat hingga laut dangkal yang dikenal dengan Formasi Bojongmanik. Formasi Bojongmanik ini kemudian ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Cipacar (Pliosen Tengah – Pliosen Akhir), diendapkan pada lingkungan darat-laut, terutama disusun oleh tufa batu apung pisolit dan batupasir tufa. Dengan demikian terdapat rumpang pengendapan (non depositional) selama Pliosen Awal – Pliosen Tengan. Tahap selanjutnya terjadi penurunan dan diendapkan lah Formasi Cipacar.

Selanjutnya pada Plistosen Awal Formasi Bojong menindih Formasi Cipacar dan Formasi Bojongmanik secara tidak selaras. Formasi Bojong ini umumnya terdiri atas napal pasiran, lempung pasiran dan tuf yang diendapkan pada lingkungan darat – laut dangkal. Setelah proses pengendapan

Formasi Bojong kemudian dilanjutkan oleh kegiatan gunung api yang semakin meningkat yang direpresentasikan oleh kehadiran produk Gunungapi Gede (Qpg), Batuan Gunungapi Danau Tua (Qpd), Tufa Banten Bawah (Qptb), Batuan Gunungapi Muda (Qvd), Tuf Banten Atas (Qvtb), batuan Gunungapi Karang (Qvk), Batuan Gunungapi Muda (Qhv). Fakta tersebut menjelaskan bahwa selama Plistosen – Holosen proses geologi yang terjadi didominasi oleh kegiatan vulkanisme.

Batuan yang termuda di daerah ini adalah Batugamping koral (Ql) Endapan Sungai dan Pantai (Qa), Endapan Rawa Danau (Qr), dan Kolovium (qk) berumur Holosen – Resen.

Kehadiran batugamping koral ini menjadi sangat fenomenal karena dapat dipergunakan sebagai petunjuk terjadinya genang laut yang disebabkan oleh proses tektonik fase ke tiga yaitu proses penurunan atau naiknya permukaan laut.

#### Tektonik

Lumban Batu drr, 2012 (dalam persiapan) telah membahas struktur dan tektonik daerah ini berdasarkan interpretasi citra satelit dan data geologi bawah permukaan yang diperoleh dengan melakukan pemboran dangkan (hand auger). Berdasarkan tataan stratigrafi tersebut di atas dinyatakan bahwa proses geologi di daerah ini telah dipengaruhi oleh tektonik berupa pengangkatan dan penurunan sebanyak tiga fase yang dicirikan oleh adanya perulangan lingkungan pengendapan darat hingga laut dangkal dan ketidak selarasan masing-masing sebanyak tiga kali.

Fase pertama ditandai oleh terjadinya pengangkatan dan perlipatan pada Formasi Bojongmanik yaitu pada Kala Miosen–Pliosen. Fase kedua yaitu pada Kala Plio-Plistosen, terjadi lagi proses pengangkatan dan perlipatan pada Formasi Cipacar disertai oleh kegiatan gunungapi. Kemudian daerah ini mengalami penurunan pada Kala Plistosen awal sehingga membentuk cekungan dangkal. Cekungan tersebut diisi oleh Formasi Bojong.

Kegiatan vulkanisme semakin meningkat yang berpusat di Gunung Gede dan Gunung Danau Tua. Puncak kegiatan erupsi gunungapi terjadi pada Plistosen Tengah yang menghasilkan Tufa Banten Bawah, dan membentuk kaldera Danau Tua seluas 200 km<sup>2</sup>. Gunung Danau Tua kembali meletus (Plistosen tengah – Akhir) yang menghasilkan Tufa

Banten Atas dan Batuan Gunungapi Muda dan membentuk kaldera baru disebelah barat laut dari kaldera tua dengan luas kurang lebih 90 km<sup>2</sup>. Selanjutnya diduga terjadi beberapa sesar turun dan sesar bongkah dengan arah barat-timur, barat laut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

Tektonik Fase ketiga yaitu pada akhir Plistosen yang dicirikan oleh hadirnya batugamping koral menutupi batuan volkanik muda. Menyangkut kehadiran kompleks gunungapi yang terdapat di bagian utara daerah penelitian diasumsikan sebagai daerah yang mengalami ungkitan yang menyebabkan daerah selatannya mengalami penurunan. Pendapat ini didasarkan kepada konfigurasi pantai di bagian utara berbentuk irregular dan mengalami erosi (abrasi) sementara konfigurasi pantai di bagian selatan yang mengalami penurunan berbentuk lurus dan diikuti pengendapan sedimen. Data lain yang menguatkan pendapat tersebut didukung oleh terjadinya genang laut di bagian selatan yang diperkirakan sebagai akibat dari penurunan batuan alas. Naiknya permukaan laut diindikasikan oleh kehadiran endapan laut dekat pantai yang menutupi endapan rawa. Endapan rawa tersebut dialasi oleh endapan pre Holosen yang terdiri atas pelapukan material gunungapi. Umur dari endapan rawa tersebut menunjukkan umur 9840 ± 300 BP. Kenaikan permukaan laut ini berakhir hingga terbentuknya endapan pasir pematang pantai dan bersamaan dengan pembentukan endapan pasir pematang pantai tersebut terbentuk pula endapan rawa paya yang berumur 5710 y ± 130 BP dan 4010 y ± 160 BP. Fakta di lapangan juga mendukung pendapat di atas yang menyatakan bahwa daerah penelitian ini merupakan daerah yang mengalami penurunan. Hal ini ditunjukkan oleh fakta bahwa endapan alur sungai purba sangat sulit ditemukan. Indikasi ini menandakan bahwa gaya yang bekerja di daerah ini adalah gaya vertikal, sehingga alur sungai menjadi stacking tidak mengalami pergeseran. Lain halnya apabila gaya yang bekerja gaya horizontal maka alur sungai akan mengalami pergeseran.

#### Evaluasi Kerentanan Pelulukan

Seed dan Idris (1971), Seed drr., (1983), memperkenalkan cara atau metode dalam melakukan evaluasi potensi pelulukan. Akan tetapi dalam penelitian ini, evaluasi dibatasi terhadap kerentanan pelulukan (*liquefaction susceptibility*), berdasarkan geologi bawah permukaannya. Ada

beberapa faktor yang sangat penting untuk mengkaji proses kejadian bencana alam pelulukan. Faktor - faktor tersebut antara lain adalah litologi, (besar butir, pemilahan butir, kesarangan butir, bentuk butir, densitas), posisi kedalaman airtanah dangkal, kegempaan (jarak titik pusat gempa bumi, besaran gempa bumi (*magnitudo*) sejarah kejadian pelulukan, lingkungan pengendapan, (Lumban Batu, 2004).

Sebanyak 59 titik pemboran diperoleh selama penelitian lapangan (Gambar 1), total kedalaman pemboran 264.19 m, dan kedalaman rata – rata mencapai 4.47 m. Karakteristik litologi setiap titik bor direkam kedalam log bor (penampang bor) dengan skala 1 : 100. Berikut ini disajikan data-data hasil-hasil pemboran tersebut:

## *Litologi*

Lingkungan pengendapan batuan dapat dibedakan ke dalam 5 (enam) satuan yang berbeda yaitu:

- a. Tanah penutup
- b. Endapan fluvial
  - Endapan Limpah Banjir (*flood plain deposits*)
  - Endapan Cekungan Banjir (*flood basin deposits*)
  - Endapan Alur sungai purba (*palaeo channel deposit*)
- c. Endapan Rawa (*swamp*)
- d. Endapan laut dekat pantai (*near shore deposit*)
  - Endapan dataran pantai (*beach sand*)
  - Endapan pematang pantai (*beach ridges*)
- e. Endapan laut (*marine deposits*)
- f. Batuan Vulkanik pre Holosen

Berikut ini masing masing lingkungan pengendapan tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

### *Tanah Penutup*

Tanah penutup merupakan bagian teratas dari susunan batuan yang terbentuk di daerah penelitian. Pada umumnya ketebalan tanah penutup berkisar antara 10 cm – 40 cm. Batuannya pada umumnya terdiri atas lanau, lempung pasir atau pasir lempungan, berwarna kelabu hingga kecoklatan. Pada umumnya satuan ini merupakan tanah yang sudah mengalami gangguan (*disturbed soil*) sehingga kadang-kadang dapat ditemukan berbagai jenis fragmen batuan seperti pecahan genting, dan material lainnya seperti plastik dan lain lain.

### *Endapan Fluvial*

#### *Endapan Cekungan Banjir (flood basin deposits)*

Satuan ini sangat plastis dan pejal sehingga sangat sulit untuk ditembus oleh bor terutama apabila endapan ini cukup tebal. Secara umum satuan ini terdiri atas lanau, lempung dan sedikit pasir lempungan, berwarna kelabu kecoklatan, coklat kekuning-kuningan sampai coklat kemerahan. Pada umum satuan ini, memperlihatkan bercak-bercak oksidasi dengan warna kecoklatan, (*mottling*) yang dianggap sebagai akibat dari adanya pengaruh dari fluktuasi permukaan air tanah. Di bagian atas nampak mengandung sedikit fragmen sisa –sisa tumbuhan (*plant remain*) dan semakin jarang ke arah bawah. Endapan ini merupakan akumulasi dari berbagai proses pengendapan yang berasal dari limpahan alur sungai yang bercampur dengan fasies rawa. Menurut Cohen dr. (2003), lingkungan cekungan banjir merupakan wilayah dataran rendah, dimana pengaruh pasokan dari material sungai sangat kecil. Litologinya terdiri dari lempung lanau, pasir, lempung lanauan dan lempung pasir, berwarna coklat kekuningan – kelabu kekuningan, kelabu gelap, tidak menampakkan perlapisan, dengan pemisahan butir tidak sempurna, lunak hingga padat, dan lengket. Endapan cekungan banjir menyebar di seluruh daerah penelitian

#### *Endapan Limpah / dataran Banjir*

Terdiri dari lempung pasir, sering berupa perselingan antara endapan lapisan tipis pasir dan lempung. Endapan ini memiliki batas yang jelas dengan lapisan organik yang menindihnya, dimana lapisan organik merupakan fasies endapan rawa. Di bagian bawah dari endapan dataran banjir ini disusun oleh pasir berukuran halus sampai sedang, sering dijumpai lapisan pasir atau lempung tufan dan material vulkanik primer dan sekunder berupa pecahan batuan beku, piroklastik dan mineral sekunder. Warna fasies ini dipengaruhi oleh tingkat kandungan humusnya, komposisi dari pasir, dan kandungan lempungnya, sehingga warnanya beragam mulai coklat hingga kelabu tua-kehitaman. Konkresi besi, karbonat dan konkresi mangan banyak dijumpai, akan tetapi di daerah yang air permukaannya dangkal, dan endapan ini berubah menjadi lempung berbercak kuning kemerahan.

### Endapan Alur Sungai

Fasies ini berwarna coklat, kuning hingga kelabu gelap-hitam kecoklatan, berukuran mulai dari kerakal-kerikil hingga pasir lempungan, membulat tanggung sampai sangat menyudut; terdiri dari kuarsa, felspar, dan pecahan batuan dengan butiran tak teratur kadang-kadang butiran menghalus ke arah atasnya; tak berlapis, mengandung unsur organik / sisa-sisa potongan kayu dan daun-daunan, berhumus dengan ketebalan antara 25 cm – 50 cm. Endapan ini terdapat pada CBT 01, dengan ketebalan 0.70 m, dan penyebarannya sangat terbatas.

### Endapan Rawa (swamp)

Satuan ini dapat dibedakan dengan satuan lainnya berdasarkan konsistensi dan banyaknya kandungan organik. Batuannya beragam mulai dari lanau organik bersifat lempungan sampai lempung organik dan biasanya berwarna gelap, jarang dijumpai pasir, sedangkan kandungan lanau sangat beragam mulai dari sedikit sampai sedang. Secara umum batuannya terutama terdiri atas lempung lanauan, lempung berwarna kelabu gelap hingga kehitam-hitaman. Lempung organik berwarna kelabu kebiruan hingga kecoklatan, lengket, bersifat lunak mengandung banyak sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan, sisa-sisa potongan kayu busuk, humus, serta sedikit gambut dan sisa-sisa organik berwarna coklat kehitaman. Pada kedalaman tertentu terdapat adanya kantong-kantong pasir dan laminasi pasir yang sangat tipis dengan ketebalan yang bervariasi antar 5 cm – 10 cm berwarna coklat kehitam-hitaman. Endapan ini ditemukan pada BT 01, BT 02, dan BT 08, BT 09

### Endapan Laut Dekat Pantai (near shore deposits)

Litologi endapan ini dicirikan oleh lempung-lempung lanauan, lunak, mengandung sisa tumbuhan dan humus berwarna kelabu gelap, sering berselingan dengan lapisan tipis lanau pasiran, yang banyak mengandung pecahan-pecahan moluska, ketebalan lapisan pasir antara 2-5 cm)

Secara umum batuannya terdiri atas lempung berwarna kelabu kehijauan, bersih, sangat plastis, lunak, mengandung fosil foraminifera dan pecahan cangkang kerang (moluska). Pada kedalaman tertentu terdapat laminasi dari pasir berbutir halus – sedang, berwarna kelabu kecoklatan. Secara umum satuan ini tidak memperlihatkan struktur sedimen

(masif). Endapan ini kemudian dapat dibedakan menjadi endapan dataran pantai (*beach sand*) dan endapan pasir pematang pantai (*beach ridges*).

Endapan pasir dataran pantai tersebar dari utara hingga ke selatan daerah penelitian. Di bagian selatan terdiri atas pasir yang banyak mengandung cangkang kerang berbutir lebih kasar dengan pemilahan jelek, serta jenuh air. Satuan ini membentuk dataran pantai agak bergelombang lemah. Satuan ini di alasi oleh endapan laut dekat pantai berupa lempung, lunak mengandung fosil moluska dan gastropoda. Sedangkan di bagian utara disusun oleh pasir yang terbentuk oleh material pecahan-pecahan cangkang dan koral, setempat sudah tersemenkan oleh calsit dan memperlihatkan perlapisan semu. Satuan ini membentuk morfologi bergelombang lemah. Sementara itu endapan pematang pantai tersebar lebih ke arah daratan. Di lapangan sulit mengetahui penyebaran pasir pematang pantai secara tepat. Karena satuan ini sudah dikelola penduduk secara intensif sebagai sawah, ladang dan perkampungan. Akan tetapi melalui citra satelit yang tersedia dapat digambarkan secara global pertumbuhan dan distribusi dari pematang pantai tersebut

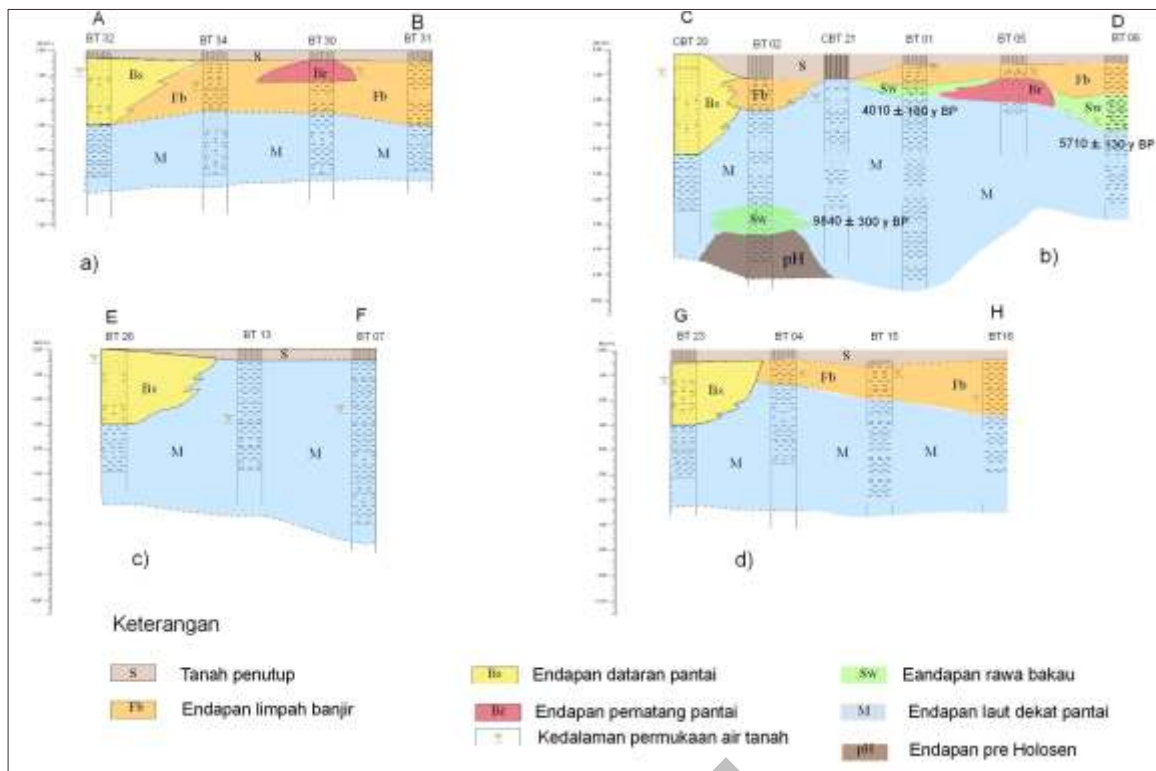
### Endapan Laut Lepas Pantai (off shore deposits)

Endapan ini didominasi oleh lempung, lunak, berwarna kelabu hitam hingga kelabu kehijauan, di interkalasi oleh lapisan tipis lanau-pasir halus yang mengandung banyak pecahan-pecahan moluska, makin dalam warna lempung semakin hijau dan lunak. Selain itu satuan. mengandung fosil foraminifera kecil dan fragmen cangkang –cangkang moluska. (*broken shell*), masif tidak memperlihatkan adanya struktur sedimen.

### Endapan pre Holosen (pre Holosen Deposit)

Satuan ini adalah merupakan satuan batuan yang mengalasi endapan Holosen tersebut di atas. Di bagian selatan penelitian satuan ini terdiri atas pelapukan dari vulkanik muda yang berwarna coklat kemerah-merahan, sangat plastis/pejal (liat) dan padat. Di bagian atas dicirikan oleh bercak kemerahan, setempat mengandung granule berupa sisa dari batuan asalnya

Berdasarkan data tersebut, di daerah penelitian, yang berpotensi untuk mengalami pelulukan adalah endapan pasir pematang pantai (*beach ridges*) dan



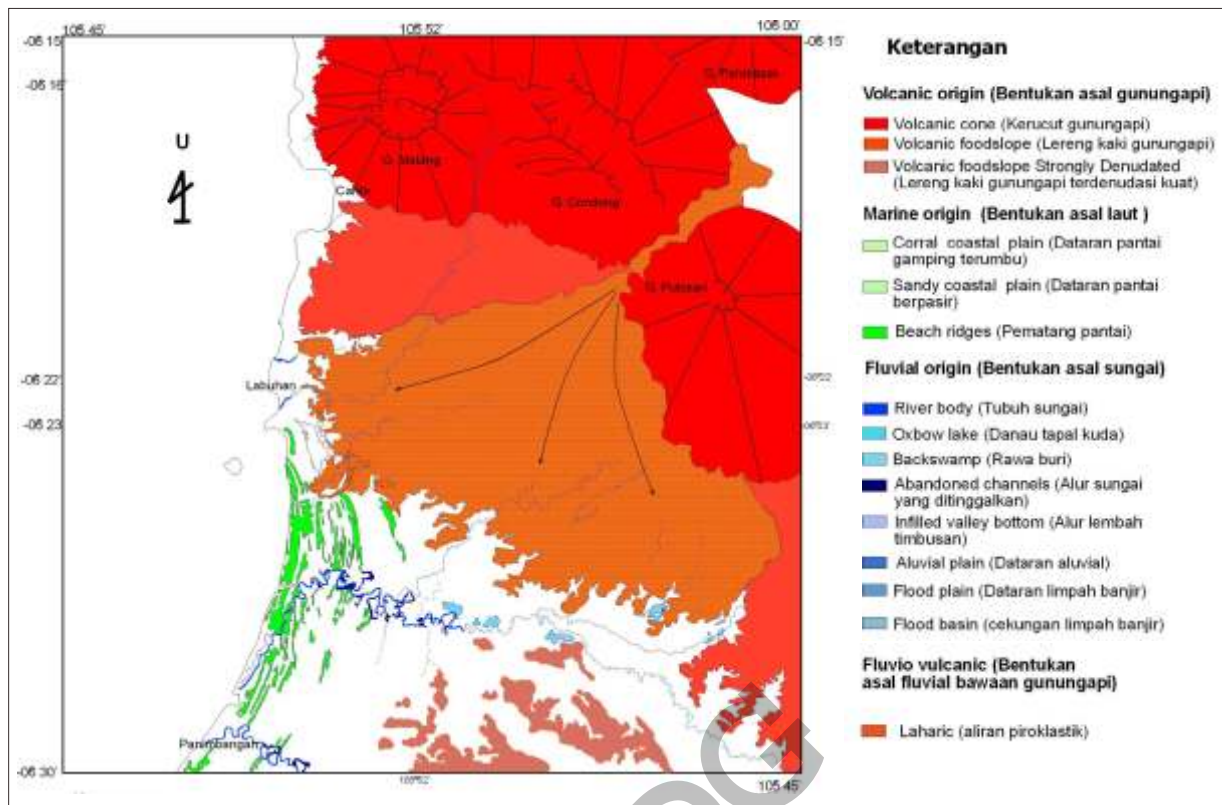
Gambar 3. Penampang korelasi titik pemboran melalui A-B, C-D, E-F, G-H

endapan pasir dataran pantai (*beach sand*), serta endapan sungai purba (*paleo channel*). Sifat fisik endapan tersebut pada umumnya masih urai, jenuh air dan belum mengalami kompaksi. Sementara itu endapan rawa, endapan laut dekat pantai, dan endapan laut lepas pantai umumnya terdiri atas lempung, lanau dan lempung lanauan. Jenis endapan ini tidak dikategorikan kedalam endapan yang rentan terhadap pelulukan. Demikian juga halnya dengan endapan dataran banjir dan endapan cekungan banjir yang umumnya terdiri atas perselang selingan antara lempung dan lanau dan lapisan pasir tipis. Seed *et al.*, (1983), menyatakan bahwa sedimen lempung tidak akan mengalami pelulukan apabila diguncang oleh gempa bumi. Sama halnya dengan endapan dataran banjir dan endapan cekungan banjir yang mengandung lapisan pasir berupa perselang selingan antara lempung dan lanau dan lapisan pasir tipis juga termasuk kategori tidak rentan terhadap pelulukan. Youl dan Perkin (1978) menyebutkan bahwa pasir (*clean sand*) dan pasir lanauan (*silty sand*) yang diendapan di lingkungan alur sungai lebih rentan dibandingkan dengan perselang selingan antara pasir kasar dan gravel yang diendapkan pada lingkungan kipas aluvial.

Untuk mengetahui gambaran runtunan batuan, maka beberapa penampang pemboran dibuat dengan arah timur – barat. Penampang tersebut antara lain Penampang A-B, C-D, E-F, dan G-H (Gambar 3 a, b, c, dan d). Berdasarkan korelasi penampang titik pemboran tersebut dapat diketahui perkembangan lapisan rentan pelulukan secara vertikal. Sedangkan untuk penyebaran secara mendatar (*horizontal*) diketahui dari citra satelit. (Gambar 4). Dalam gambar tersebut, endapan yang diduga mempunyai kerentanan tinggi terhadap bencana pelulukan ialah endapan dataran pantai berpasir, pematang pantai, dataran aluvial, dataran limpah banjir alur sungai purba, dan alur lembah timbusan.

Pada Gambar 3a, yaitu penampang A-B, terlihat bahwa lapisan pasir rentan pelulukan terdiri atas endapan pasir pantai (*beach sand*), dan endapan pasir pematang pantai (*beach ridges*). Endapan pasir pantai lebih tebal bila dibandingkan dengan pasir pematang pantai, oleh karena itu potensi tingkat kerusakan akan lebih tinggi pada dataran pantai, walaupun kejadian pelulukan di daerah pematang pantai lebih berpotensi. Hal ini disebabkan karena kisaran butir pasir pematang pantai lebih halus dan pemilahan butir yang baik. Penampang C-D,





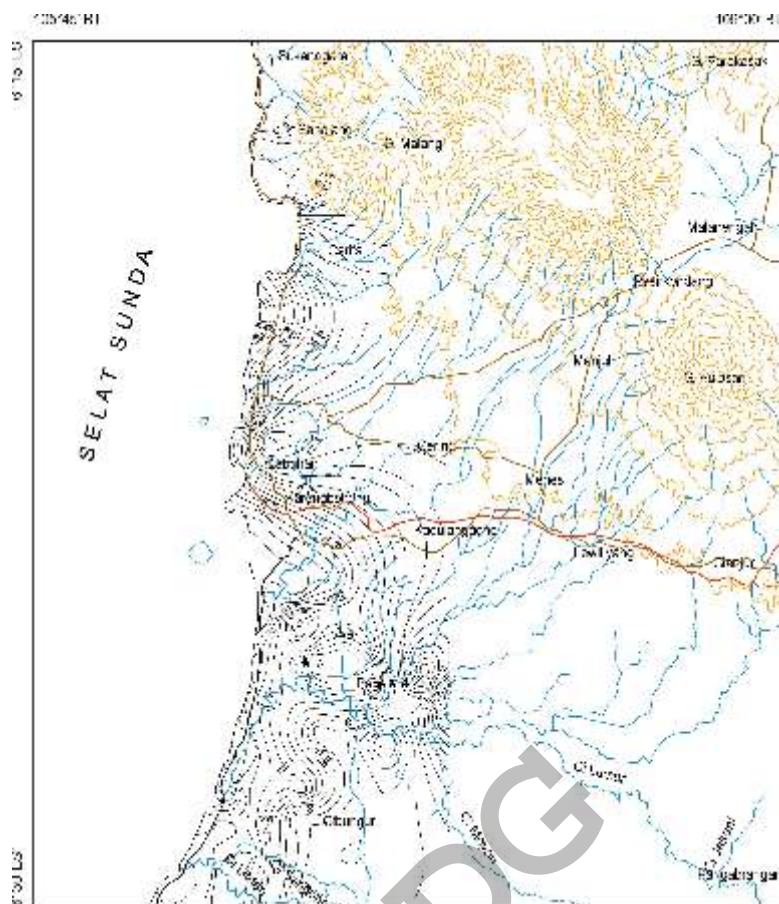
Gambar 4. Peta Geologi Foto Daerah Labuhan Pandeglang Propinsi Banten ( Lumban Batu dan Poedjopradjitno, 2012)

menunjukkan kondisi potensi pelulukan yang sama dengan penampang A-B. Akan tetapi variasi perkembangan fasies pengendapan berbeda. Pada penampang C-D terlihat batuan alas dari endapan Holosen (pHs) berupa material vulkanik lapuk, lengket, mengandung granule dari batupung, kemudian di atasnya terdapat endapan rawa paya (Sw) berumur  $9840 \pm 300$  y. BP (titik bor O2). Berdasarkan data tersebut kondisi lingkungan pengendapan pada saat itu adalah darat. Kemudian secara berangsur-angsur endapan rawa paya ini ditutupi oleh endapan laut dekat pantai (M). Suatu indikasi bahwa permukaan laut naik hingga terbentuk endapan pematang pantai (Br) pada titik bor O5. Endapan rawa paya pada titik bor O8, diperkirakan terbentuk segera setelah endapan pematang pantai terbentuk, berumur  $5710 \pm 130$  y. BP. Kemudian secara berangsur angsur permukaan laut turun dan terbentuklah endapan rawa paya (Titik bor O1) berumur  $4010 \pm 160$  y. BP (Lumban Batu, drr. 2012). Penampang E-F dan G-H terletak lebih ke arah

selatan, nampaknya mendekati titik pusat cekungan (*depo-center*), tidak memperlihatkan adanya variasi perkembangan fasies pengendapan. Diperkirakan kondisi disini relatif lebih stabil. Posisi stratigrafi lapisan pasir rentan pelulukan, secara umum ditutupi dan dialasi oleh endapan yang mempunyai tingkat permeabilitas yang rendah. Oleh karena itu apabila lapisan pasir mengalami guncangan oleh gempa bumi, maka akan terjadi peningkatan tekanan air antar pori (*pore water pressure*), yang pada akhirnya menjadikan lapisan pasir tersebut seperti cair (*liquefied*), dan sebagai konsekuensinya daya dukung lahan menjadi hilang sehingga bangunan, ataupun infrastruktur di atasnya mengalami kerusakan akibat amblasan dasar bangunan.

#### *Kedalaman Air Tanah Dangkal*

Kedudukan permukaan air bawah tanah merupakan salah satu faktor penting untuk diketahui. Sebab lapisan pasir yang jenuh air adalah batuan yang



Gambar 5. Konfigurasi kontur kedalaman air tanah dangkal di daerah penelitian

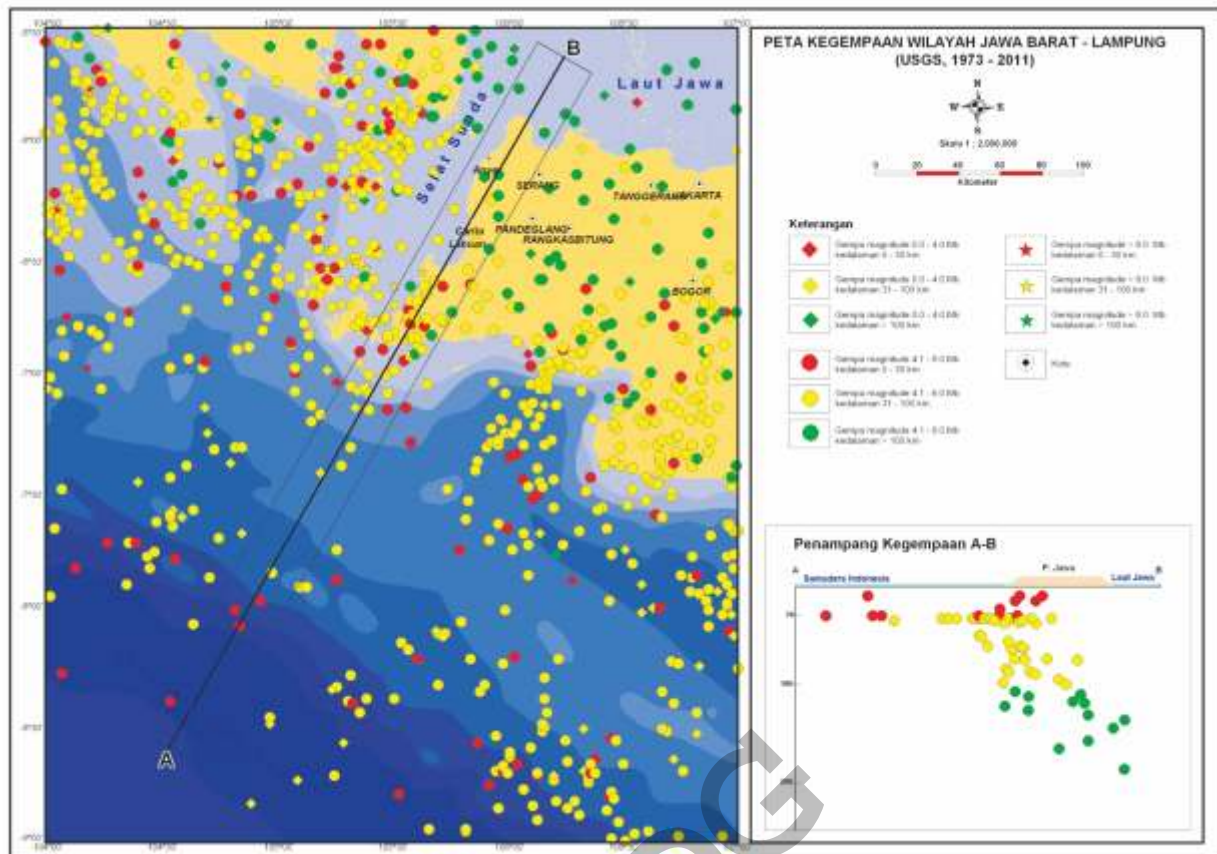
mempunyai potensi untuk mengalami pelulukan. Oleh karena itu hubungan antara kedalaman permukaan air tanah dangkal dengan kedudukan/kedalaman lapisan pasir rentan pelulukan perlu untuk diketahui. Pengukuran kedalaman permukaan muka air tanah dangkal dapat dilakukan pada saat pemboran. Berdasarkan data tersebut dibuatlah peta kedalaman konfigurasi permukaan air tanah dangkal (Gambar 5). Dengan demikian posisi stratigrafi lapisan pasir rentan pelulukan terhadap posisi permukaan air tanah dangkal dapat diketahui.

Kedalaman air tanah dangkal di daerah dataran pantai berkisar 0.8 m – 1.3. m, dan semakin ke arah barat (daratan) kedalaman air semakin dalam yaitu antara 1.3 m – 2.8 m. Kondisi sedemikian terlihat mulai dari Panimbang di selatan dan menerus hingga ke Cibungurgardu – Tegalpanjang. Di sekitar Labuhan posisi permukaan air tanah agak dalam yaitu antara 1.1 m – 2.8 m, demikian halnya dengan daerah Pantai Carita. Kemudian semakin ke arah utara yaitu daerah Ciganjur posisi permukaan air tanah dangkan

kembali menjadi dangkal (0.8 m – 1.3 m). Dengan kondisi air tanah yang demikian maka dapat dipastikan bahwa hampir seluruh lapisan pasir rentan pelulukan pada umumnya terletak dibawah permukaan air tanah dangkal tersebut. Dengan kondisi seperti itu, lapisan pasir tersebut menjadi jenuh air.

#### *Kegempaan*

Faktor lain yang sangat penting untuk di kaji adalah kegempaan di wilayah telitian. Berdasarkan data kegempaan yang dihimpun sejak tahun 1973 hingga sekarang (NEIC, USGS) menunjukkan adanya variasi karakteristik kegempaan di daerah ini baik itu menyangkut kedalaman, jarak titik pusat gempa dan kekuatan gempa (*magnitudo*) (Gambar 6). Sebaran titik pusat gempa berdasarkan kedalaman di daerah penelitian memperlihatkan adanya pengaruh kuat dari kegiatan subduksi. Kedalaman gempa dari arah selatan ke arah utara secara berangsur angsur berubah



Gambar 6. Sebaran kegempaan di daerah penelitian yang dikontrol oleh aktivitas zona subduksi dan sesar aktif (USGS, NEIC 1973 – 2011)

menjadi lebih dalam. Kondisi ini dapat dilihat lebih jelas pada profil gempa (A-B) yang dibuat mulai dari zona subduksi hingga ke Laut Jawa melalui daerah penelitian (Gambar 6). Gempa dangkal di daerah P. Jawa tidak berkaitan dengan kegiatan subduksi yang letaknya jauh di selatan. Pola kegempaan ini berkaitan erat dengan dengan sesar aktif atau teraktifkan kembali. Sebaliknya umumnya gempa dalam berkaitan dengan kegiatan subduksi.

Oleh karena itu, lajur sumber gempa di daerah penelitian bersumber dari Lajur Sumber Gempa Subduksi dan Lajur Sumber Gempa Sesar Aktif. Sesar aktif yang diketahui sebagai lajur sumber gempa di daerah ini adalah Zona Sesar Mentawai, Zona Sesar Semangko, Zona Sesar Ujung Kulon, Zona Sesar Pelabuhan Ratu – Cimandiri.

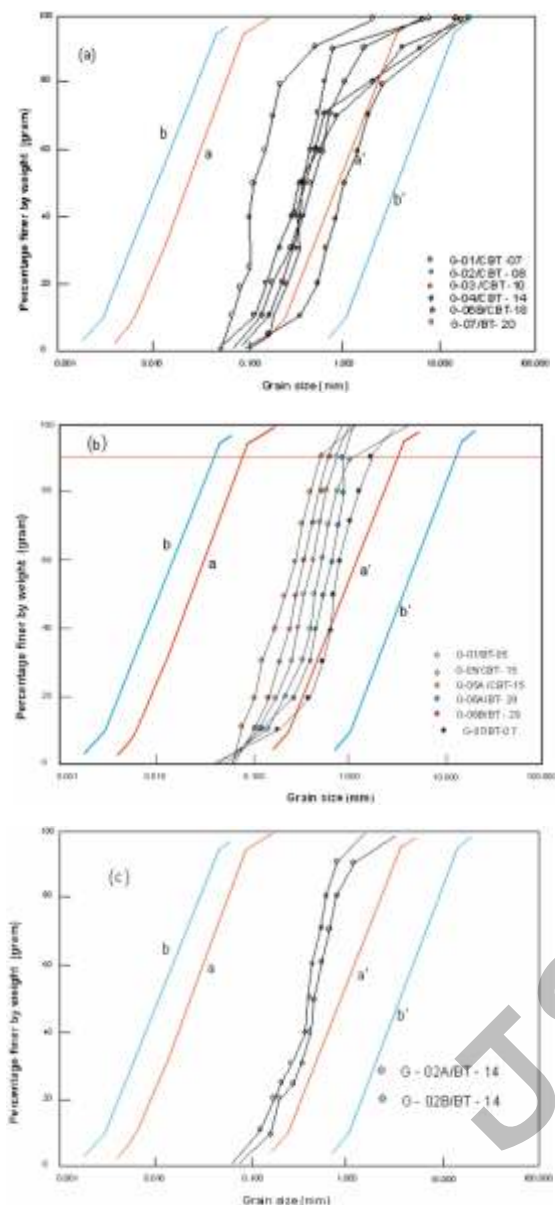
Di daerah penelitian gempa yang dihasilkan oleh aktivitas subduksi adalah gempa dalam > 100 km dengan kekuatan gempa berkisar dari 4.1 mb – 7.0 mb. Dengan data tersebut acaman pelulukan yang dipicu oleh gempa sebagai hasil aktivitas subduksi

tidaklah begitu berbahaya. Yang perlu mendapat perhatian khusus adalah gempa yang bersumber dari kegiatan sesar aktif, yang pada umumnya menghasilkan gempa dangkal.

#### Analisis butir

Analisis besar butir adalah analisis ayakan kering (*dry sieved analysis*). Contoh pasir yang dianalisis adalah klastik halus sampai kasar berwarna kelabu sampai kelabu kehitaman. Hasil analisis besar butir menunjukkan bahwa endapan pasir pematang pantai terdiri atas lanau 5.25 %, pasir halus 65 %, dan pasir sedang 29.75 %. Komposisi distribusi besar butir tersebut menunjukkan bahwa pasir pematang pantai didominasi oleh pasir halus dengan kisaran besar butir pasir halus – sedang dan bentuk butir membundar – membundar tanggung. Berdasarkan distribusi besar butir tersebut endapan pasir pematang pantai ini sangat berpotensi untuk mengalami pelulukan.

Percontoh batuan dari lingkungan dataran pantai diambil sepanjang pantai mulai dari utara hingga ke



Gambar 7. Hasil analisis distribusi besar butir pasir dataran pantai (a) pasir pematang pantai (b), dan pasir endapan sungai purba (c) diplot ke dalam diagram Tsuchida 1970. Ke tiga endapan pasir tersebut termasuk rentan terhadap pelulukan. Pasir pematang pantai mempunyai pemilahan butir yang lebih baik dibandingkan dengan pasir dataran pantai.  
a – a Zona kerentanan tinggi  
b - b Kemungkinan mengalami pelulukan

selatan. Percontoh bersifat jenuh air dan sangat urai. Kadang-kadang percontoh mewakili pasir yang terdiri atas pasir kuarsa dengan kandungan lithik dan mineral hitam, kemudian adapula tersusun dari pasir koral dan lithik yang tersementasi oleh kalsit. Endapan pasir dataran pantai berbutir sedang – kasar dengan kandungan lanau dari 3.55 %, pasir halus 33.79 %, pasir sedang 47.43 %, pasir kasar 11.46

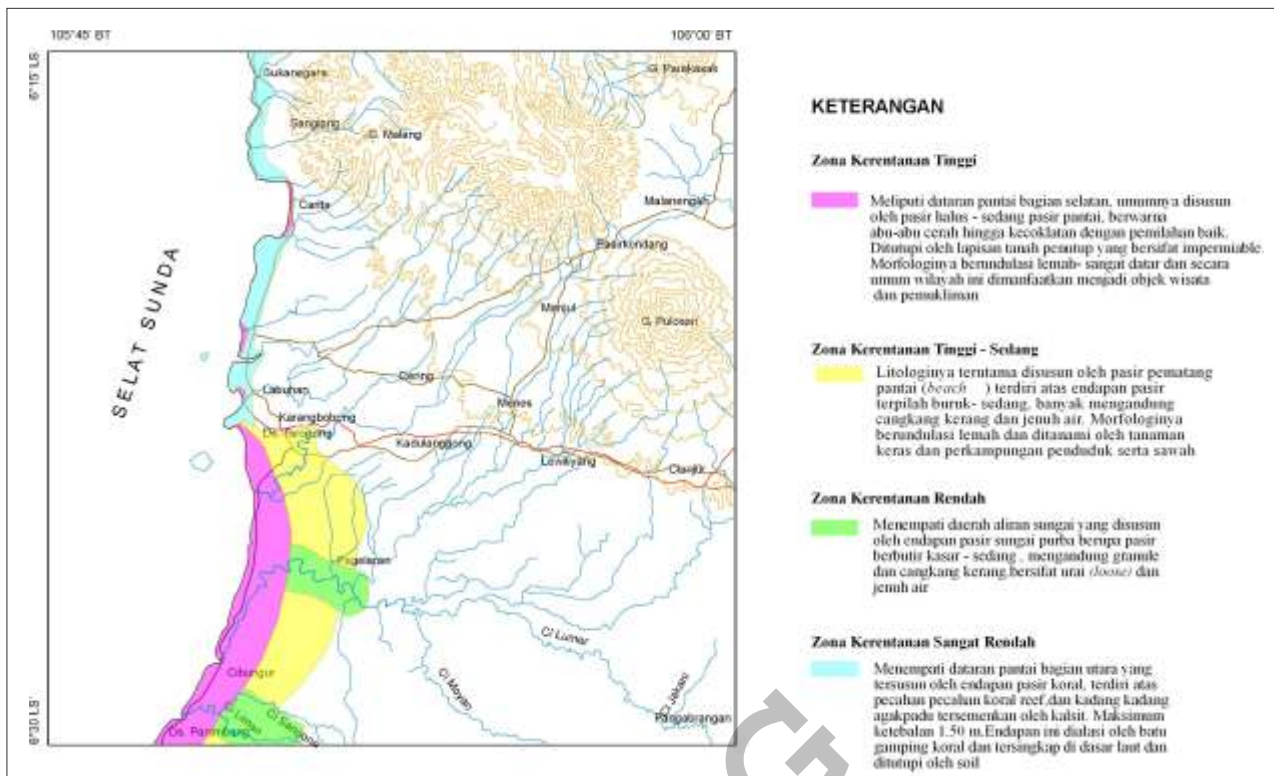
% dan kerikil 3.75%. Kisaran butir endapan dataran pantai ini menunjukkan pemilahan butir yang buruk dengan bentuk butir membundar – membundar tanggung. Dibandingkan dengan pasir pematang pantai, endapan pasir dataran pantai ini lebih kasar dengan pemilahan butir yang buruk. Sementara itu endapan pasir alur sungai purba terdiri atas lanau 3%, pasir halus 32 %, pasir sedang 62.5 %, pasir kasar 1.0 % dan kerikil 1.5 %. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa endapan pasir alur sungai purba didominasi pasir berbutir sedang (62.5 %), sementara pemilahan butir tergolong buruk dan bentuk butir menyudut tanggung – membundar tanggung. Ketiga jenis endapannya tersebut tergolong kepada pasir halus, menengah dan kasar. Wang 1979, menyebutkan endapan yang berpotensi mengalami pelulukan adalah endapan yang berbutir halus ( $> 0.005\text{mm}$ ) dengan kandungan air  $> 0.9$ . Selanjutnya disebutkan bahwa bentuk butir yang membundar baik (*well rounded*) dengan keseragaman butir yang baik (*well sorted*), mempunyai kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk butir menyudut tanggung – menyudut (*sub angular – angular*).

Hasil analisis distribusi besar butir percontoh endapan pasir pantai, pematang pantai dan endapan sungai purba kemudian di plot kedalam diagram Tsuchida (1971), dan menunjukkan bahwa endapan pasir dari ke tiga lingkungan pengendapan tersebut mempunyai tingkat kerentanan tinggi terhadap pelulukan yaitu masuk ke dalam zona a-a (Gambar 7 a,b,c)

### Penjaluran Kerentanan Pelulukan

Bencana pelulukan dapat menimbulkan gerakan tanah tegak (*vertical displacement/ movement*), mendatar (*lateral spreading*), dan amblesan (*settling*) (Plafker, G dan Galloway, P, 1989) mengakibatkan bangunan atau infrastruktur di atasnya mengalami kerusakan atau amblas ke dalam permukaan tanah seperti yang diperlihatkan oleh Gempabumi Padang 30 September 2009. Untuk menghindari kerugian yang lebih besar akibat bencana pelulukan/pelulukan maka perlu dilakukan usaha-usaha pencegahan (mitigasi) dengan cara menyediakan peta yang menggambarkan tingkat kerentanan pelulukan.

Berdasarkan data geologi bawah permukaan, dan geologi permukaan dilengkapi dengan data analisis laboratorium dan kedudukan permukaan air tanah dangkal maka tingkat kerentanan pelulukan di



Gambar 8. Peta zonasi potensi kerentanan pelulukan daerah Labuhan Kabupaten Pandeglang, Propinsi Banten

daerah Labuhan dan sekitarnya, dapat dipisahkan menjadi Zona Kerentanan Pelulukan Tinggi, Zona Kerentanan Pelulukan Tinggi - Sedang dan Zona Kerentanan Pelulukan Rendah (Gambar 8)

Berikut ini masing masing tingkat kerentanan pelulukan di wilayah ini akan dibahas sebagai berikut:

#### *Zona Kerentanan Tinggi*

Wilayah ini dibentuk oleh endapan pasir dataran pantai (*beach sand*). Litologinya terutama disusun oleh pasir berbutir halus berwarna hijau ke kelabuan, terpilah dengan baik mengandung cangkang kerang dan jenuh air. Pada umumnya membentuk morfologi berundulasi lemah dan ditutupi oleh tanaman keras seperti kelapa, mangga, pohon jati dan pemukiman penduduk. Identifikasi morfologi yang menunjukkan bahwa daerah ini merupakan pematang pantai sangat sulit dikenali di lapangan. Karena daerah ini sudah merupakan pemukiman dan perkebunan yang dikelola secara intensif. Hal ini disebabkan kandungan

air tanahnya cukup memadai untuk kebutuhan rumah tangga. Oleh karena itu dengan menggunakan citra satelit sangat membantu untuk melokalisir penyebaran dari pematang pantai tersebut.

Secara umum wilayah ini dimanfaatkan menjadi objek wisata. Oleh karena itu di daerah ini banyak dijumpai hotel, cottage dan vila, serta pemukiman penduduk. Sebaran zona kerentanan tinggi terbatas hanya di sepanjang pantai bagian selatan yaitu mulai dari daerah Desa Panimbang Kecamatan Panimbang di selatan hingga ke daerah Desa Tarogong Kecamatan Labuhan di utara. Kemudian secara setempat terdapat di sekitar pantai Carita

#### *Zona Kerentanan Tinggi - Sedang*

Wilayah ini disusun oleh endapan pasir pematang pantai (*beach ridges*), berbutir sedang (*medium grained sand*), berwarna coklat kemerah-merahan dengan pemilahan butir buruk, dengan bentuk butiran menyudut tanggung. Ketebalan pasir berkisar dari 1 m – 4 m, membentuk morfologi berundulasi lemah

(*slightly undulated*). Lapisan rentan pelulukan tersebut dialasi dan ditutupi oleh lapisan yang permeabilitasnya relatif rendah. Korelasi dari penampang titik pemboran memperlihatkan bahwa lapisan pasir dataran pantai tersebut di alasi oleh endapan laut dekat pantai. Menurut Ishihara (1985 dalam Matti 1991) pelulukan yang berpotensi menimbulkan kerusakan lahan (*ground failure*) yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di atasnya harus mempunyai perbandingan ketebalan antara lapisan penutup dengan lapisan pasir 1 : 2.

### Zona Kerentanan Rendah

Wilayah ini termasuk daerah alur sungai purba (*palaeo channel deposit*), danau tapal kuda (*oxbow lake*), dataran banjir (*flood plain*), dan alur lembah timbunan (*infilled valley bottom*). Pada umumnya batuanannya berupa pasir halus – kasar dengan pemilahan buruk, dan bentuk butir bersudut tanggung – bersudut. Kondisi endapannya jenuh air, urai belum mengalami kompaksi. Endapan pasir rentan pelulukan tidak begitu tebal sekitar 0.5 – 1.5 m dengan penyebaran yang sangat terbatas hanya sekitar aliran sungai.

### Zona Kerentanan Sangat Rendah

Wilayah ini tersebar di sepanjang pantai bagian utara, dimulai dari Desa Tarogong, Kecamatan Labuhan di selatan hingga ke Desa Sukanegara di utara. Secara umum membentuk morfologi pedataran hingga bergelombang sangat rendah dan dimanfaatkan sebagai daerah tujuan wisata. Banyak dijumpai fasilitas akomodasi seperti hotel, villa dan pemukiman.

Batuan penyusunnya terutama terdiri atas pasir koral yaitu pasir yang terdiri atas pecahan – pecahan koral. Setempat memperlihatkan perlapisan semu. Daerah ini sangat sulit untuk ditembus bor. Ketebalan maksimum dari endapan ini berkisar antara 1-3 m.

Potensi bencana pelulukan terjadi pada wilayah yang terbatas, namun bencana geologi lainnya seperti bencana akibat guncangan gempa perlu diwaspadai. Hal ini disebabkan oleh endapan yang menyusun daerah ini terdiri dari terutama endapan yang belum mengalami kompaksi. Endapan seperti ini mempunyai sifat dapat menggandakan amplitudo gempa, sehingga efek guncangan yang ditimbulkannya menjadi lebih besar.

Selain bencana yang terkait dengan kegempaan terlihat juga adanya beberapa fenomena geologi berupa pengikisan abrasi pantai. Abrasi terutama terjadi di daerah Labuhan ke arah utara. Sementara ke arah selatannya terjadi pengendapan. Kondisi ini dapat ditafsirkan bahwa bagian utara pantai mengalami pengangkatan sedangkan bagian selatan merupakan bagian yang turun. (Lumban Batu., dan Soemantri., 2012 dalam persiapan)

### Kesimpulan

- Daerah penelitian merupakan daerah yang berkembang dengan pesat, karena di wilayah ini terdapat objek wisata berupa pantai yang berpasir putih. Oleh karena itu di dataran pantai terdapat fasilitas akomodasi yang cukup memadai berupa hotel, cottage, villa dan lain sebagainya. Sebagian kecil dikelola menjadi tambak udang yang cukup potensial sebagai salah satu sumber pendapatan daerah
- Potensi kejadian gempa bumi dapat terjadi dipicu oleh Lajur Sumber Gempa Subduksi dan Lajur Sumber Gempa Sesar Aktif. Sesar aktif yang diketahui sebagai lajur sumber gempa di daerah ini adalah Zona Sesar Mentawai, Zona Sesar Sumatera, Zona Sesar Ujung Kulon, Zona Sesar Pelabuhan Ratu – Cimandiri
- Endapan Kuartar di wilayah ini dapat dibagi kedalam lingkungan pengendapan sebagai berikut:
  - Tanah penutup
  - Endapan fluvial
    - Endapan Limpah Banjir (*flood plain deposits*)
    - Endapan Cekungan Banjir (*flood basin deposits*)
    - Endapan alur sungai purba (*palaeo channel deposit*)
  - Endapan Rawa (*swamp*)
  - Endapan laut dekat pantai (*near shore deposit*)
    - Endapan dataran pantai (*beach sand*)
    - Endapan pematang pantai (*beach ridges*)
  - Endapan laut (*marine deposits*)
  - Batuan Vulkanik pre Holosen

- Endapan yang berpotensi mengalami pelulukan direpresentasikan oleh endapan ataran pantai, endapan pasir pematang pantai, dan pasir alur sungai. Posisistratigrafis endapan pasir rentan pelulukan berada di bawah muka air tanah dangkal sehingga endapan pasir tersebut tetap jenuh air
- Tingkat kerentanan pelulukan Daerah Labuhan dan sekitarnya dapat dipisahkan menjadi Wilayah Kerentanan Pelulukan Tinggi, Wilayah Tinggi-Sedang, Wilayah Kerentanan Pelulukan Sedang dan Wilayah Kerentanan Pelulukan Rendah
- Selain bencana geologi berupa potensi kerentanan pelulukan, terlihat adanya bencana erosi pantai / abrasi di bagian pantai utara mulai

dari labuhan hingga ke Desa Sukanegara, sedangkan di bagian selatan yaitu mulai dari Labuhan ke arah Panimbang terlihat gejala pengendapan/sedimentasi

#### *Ucapan Terima Kasih*

*Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua anggota tim penelitian atas kerja kerasnya untuk mengumpulkan data di lapangan. Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada Sonny Mawardi, atas bantuannya dalam menyediakan citra indera jauh. Juga kepada Yayan Sofyan dan Robby Setianegara terimakasih atas bantuannya. Kepada rekan-rekan di Kelompok Fungsional Dinamika Kwartir Pusat Survei Geologi Bandung khususnya Herman Moechtar, Herman Mulyana terimakasih atas masukan dan koreksinya.*

#### Acuan

- Bemellen, R.W, van, 1949. *The Geology of Indonesia*, v. I-A, Martinus Nijhoff, the Hague, 732 p
- Borcherdt, R.D., 1975. Studies for seismic zonation of the San Francisco Bay region: U.S. Geological Survey Professional Paper 941-A, p. A1-A102
- Cohen, K.M., Gouw, M.J.P., Holten, J.P., 2003. Fluvio-deltaic floodbasin deposits recording differential subsidence within a coastal prism (central Rhine-Meuse Delta, The Netherlands. Dalam Blum, M.D., Marriott, S.B. Dan Leclair, S.F. (eds.), *Fluvial Sedimentology VII*. Int. Assoc. of Sedimentologist, Blackwell Scientific, 40-68.
- DuPre Ž, W.R., and Tinsley, J.C., 1990, Geologic controls on liquefaction-induced ground failure in the Monterey Bay area, California, during the Loma Prieta earthquake, October 17, 1989: *Geological Society of America, Abstract with Programs*, v. 22, no. 7, p. A188.
- Georg Plafker and Jhonn P.Galloway, 1989. Lesson Learned from the Loma Prieta, California, Earthquake of October 17, 1989. *U.S. Geological Survey Circular* 1045
- Matti J.C, 1991. Liquefaction Susceptibility in the San Bernardino Valley and Vicinity, South California; A Regional Evaluation *U.S Geological Bulletin* 1898.
- Holzer T.L., T.L. Yould, T.C Hanks 1989. Dynamic of Liquefaction During the 1987 Superstition Hills, California, Earthquake. *Science* vol. 244 p 1-116
- Lumban Batu U.M, 2004. Kajian Potensi Bencana Pelulukan (Liquefaction) di Daerah Semarang dan Sekitarnya. *Jurnal Sumber Daya Geologi Vol. 1 No. 1*. Pusat Survei Geologi
- Lumbanbatu U.M., dan Hidayat, S., 2007. Evaluasi Awal Kerentanan Pelulukan / Likuefaksi daerah Kendal dan sekitarnya, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Indonesia, II (3)* Hal 159-176. Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral
- Lumban Batu, U.M. , Soemantri, P., 2012. Fenomena Geologi Kwartir Daerah Labuhan, Kabupaten Pandegalang Propinsi Banten. Proses penerbitan Jurnal Geologi Indonesia, Badan Geologi Bandung
- Obermier S.F. 1988. Liquefaction Potential in the Central Mississippi Valley. *U.S. Geological Survey Bulletin* 1832. United State Government Printing Office.

- Obermeier S.F, R.B Jacobson,, J.P Smoot, R.E Weem, G.S. Gohn, J.E. Monroe and D.S. Powars 1990. Earthquake-Induced Liquefaction Features in the Coastal Setting of South Carolina and in the Fluvial Setting of the New Madrid Seismic Zone. *U.S Geological Survey Professional Paper 1505*. United States Government Printing Office, Washington
- Obermier S.F, J.R. Martin, A.D Frankel, T.L. Youd, P.J. Munson, C.A. Munson, and E.C. Pond 1993. Liquefaction Evidence for One or More Strong Holocene Earthquakes in the Wabash Valley of Southern Indiana and Illinois, with a Preliminary Estimate of Magnitude. *U.S. Geological Survey Professional Paper 1536*. United States Government Printing Office Washington
- Rusmana E., K. Suwitodirdjo dan Suharsono 1986. Report on the Geology of Serang Quadrangle, Java, Scale 1 : 100.000. *Geological Research and Development Center*
- Santosa S., 1991. *Peta Geologi Lembar Anyer, Jawa Barat Skala 1 : 100.000* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung
- Sowers J.M, Jay S. Noller, and William R. Lettis 2007. Map Showing Quaternary Geology and Liquefaction Susceptibility, Napa, California, 1 : 1000.000 Quadrangle: A Digital Database. *U.S. Geological Survey Open File Report 98-460*
- Seed, H.B., dan Idris I.M., 1971. Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential: Proceeding of the American Society of Civil Engineering, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, v.97, no SM 9.
- Seed H.B. and I.M. Idriss 1982. *Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes* Earthquake Engineering Research Institute
- Seed, H.B., Idriss, I.M., and Arango, Ignatio, 1983. Evaluation of liquefaction potential using field performance data. *Jurnal of the Geotechnical Engineering Division*, Vol. 109, No. 3, pp. 458-482
- Tinsley J.C, T.L. Yuod, D.M. Perkins, and A.T.F. Chen 1995. Evaluating Liquefaction Potential. *U.S Geological Survey Propessional Paper 1360*
- Tsuchida 1970. Evaluation of liquefaction potential of sandy deposits and measurement against liquefaction induced damage. *Proceeding of the annual seminar of the Port and Harbour Research Institute*
- Yould T.L. dan Perkin D.M., 1978. Mapping liquefaction-induced ground failure potential: *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE.*, vol. 104, no.GT4
- Wang., 1979. Which soils are liquefaction susceptible? <http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/html/susceptible2.html>: