



UNIVERSITAS INDONESIA

**KEGEMPAAN WILAYAH JAKARTA PUSAT, JAKARTA
TIMUR DAN JAKARTA UTARA**

SKRIPSI

**MUHAMMAD IQBAL
040501045Y**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KEGEMPAAN WILAYAH JAKARTA PUSAT, JAKARTA
TIMUR DAN JAKARTA UTARA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**MUHAMMAD IQBAL
040501045Y**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
DEPOK
JANUARI 2010**

ii

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Muhammad Iqbal

NPM : 040501045Y

Tanda Tangan : 

Tanggal : 1 Februari 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Muhammad Iqbal
NPM : 040501045Y
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kegempaan Wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Widjojo A Prakoso, Ph.D ()

Penguji : Dr. Ir. Damrizal Damoerin, M.Sc ()

Penguji : Ir. Sjahril A. Rahim MEng. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Februari 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga tercurah kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW, kepada keluarga Beliau, dan para Sahabatnya. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ir. Widjojo A. Prakoso, Ph.D. sebagai pembimbing yang sangat berjasa dalam memberikan pengetahuan dan pengalaman beliau selama proses pengerjaan skripsi ini dan juga selama proses belajar saya selama kuliah di kampus tercinta Universitas Indonesia;
- (2) Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan dosen lainnya yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang tak ternilai;
- (3) Teguh Priyono, ST. sebagai teman seperjuangan dalam menyusun skripsi ini yang sangat rajin dan bersemangat dalam menyelesaikan skripsi ini dan selalu menjadi orang yang mengingatkan saya ketika saya malas mengerjakan skripsi;
- (4) Yustian Heri Suprpto, ST. yang telah banyak membantu dalam pencarian data di Lab. Mektan dan telah mengajarkan saya mengoperasikan software GINT, dan juga telah memberikan banyak masukan dalam pengerjaan skripsi ini;
- (5) Seluruh staf Departemen Teknik Sipil dan Laboratorium Mekanika Tanah, yang telah banyak membantu demi kelancaran pembuatan skripsi;
- (6) Kedua orang tua saya yang telah memberikan doa, nasihat, dan bimbingan yang tiada habis- habisnya semenjak saya kecil agar saya menjadi anak yang berbakti dan bermanfaat bagi keluarga, agama dan bangsa;
- (7) Ir. Pandita, dari Dinas P2B DKI Jakarta yang telah memberikan data penyelidikan tanah sebagai sumber data dalam skripsi ini;

- (8) Ka Ana, Tante Jaja, Tante Ipah dan Tante Apip, sebagai orang yang sangat berjasa dan selalu memberikan bantuan kepada saya disaat saya membutuhkan bantuan selama perkuliahan;
- (9) Mas Kiki, Mas Uin, Mba Ina, dan kakak-kakak ku yang telah memberikan banyak bantuan dan dorongan kepada saya, dan juga Billy adik saya semoga rajin belajar dan menjadi anak yang soleh;
- (10) Mia Baraqbah, sebagai sahabat yang menjadi semangat dan sumber inspirasi saya dan telah banyak memberikan doa untuk saya;
- (11) Ipin, Hastomi, Mehdi, Imam, Randi yang telah merelakan kamar-kamarnya untuk menjadi tempat singgah melepas lelah sekaligus menjadi tempat mengerjakan tugas-tugas kuliah, bantuan kalian tidak akan terlupakan;
- (12) Gustowo Suprayugi, Nintyo Tri Haryono, rumah kalian menjadi saksi perjuangan kita dalam mengerjakan tugas-tugas kuliah;
- (13) Teman-teman sekaligus keluarga besar sipil 2005, teman seperjuangan dari awal masuk, terimakasih atas semua kesenangan dan kesulitan yang telah kita hadapi bersama;
- (14) Teman teman Teknik 2005 semua atas semangat yang tak ada henti yang menginspirasi saya;
- (15) Dan semua yang tak bisa disebutkan disini, kalian semua sangat berarti.

Akhir kata, saya berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknik sipil.

Depok, 1 Februari 2010



Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal

NPM : 040501045Y

Program Studi : Teknik Sipil

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Kegempaan Wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara”

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 1 Februari 2010

Yang menyatakan



(Muhammad Iqbal)

ABSTRAK

Nama : Muhammad Iqbal
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Kegempaan Wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara

Dampak kerusakan akibat gempa bumi berbeda-beda pada setiap lokasi yang mengalami gempa tergantung kepada lapisan tanah lokasi tersebut. Pada skripsi ini dilakukan *ground response analysis* yang menghasilkan nilai percepatan puncak gempa di permukaan, khususnya pada wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara berdasarkan data penyelidikan tanah pada daerah tersebut. Nilai percepatan puncak untuk wilayah Jakarta Pusat berkisar antara 0.2 g – 0.34 g, Jakarta Timur 0.18 g – 0.3 g, dan Jakarta Utara 0.22 g – 0.36 g. Hasil akhir dari skripsi ini adalah mikrozonasi percepatan puncak permukaan DKI Jakarta, sehingga dapat diketahui daerah-daerah yang memiliki risiko besar jika terjadi gempa bumi.

Kata Kunci:

Gempa bumi, mitigasi, *ground response analysis*, mikrozonasi

ABSTRACT

Name : Muhammad Iqbal
Study Program : Civil Engineering
Title : Earthquake Hazard of Central Jakarta, East Jakarta and North Jakarta

Earthquake effect will be different in every place where the earthquake pass away depend on soil characteristic at the area. Ground response analysis was done to know how big the amplitude in ground surface, especially in Central Jakarta, East Jakarta and North Jakarta, based on soil investigation data at the area. Peak ground acceleration values in Centarl Jakarta are 0.2 g – 0.34 g, East Jakarta 0.18 g – 0.3 g, and North Jakarta 0.22 g – 0.36 g. Final result from this thesis is mikrozonation of DKI Jakarta peak ground acceleration, so that we know where area with the big risk are.

Key words:

Earthquake, mitigation, ground response analysis, microzonation

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ixx
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. DESKRIPSI MASALAH.....	3
1.3. MAKSUD DAN TUJUAN	3
1.4. RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. PENDAHULUAN	5
2.2. PEMBAGIAN WILAYAH GEMPA INDONESIA.....	5
2.3. SNI 03-1726-2002 (REVISI 1989) TATA CARA PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG	7
2.3.1. Ruang Lingkup.....	7
2.3.2. Ringkasan.....	7
2.3.3. Pasal-Pasal Berkaitan.....	10
2.4. TEORI DASAR GROUND RESPONSE ANALYSIS	18
2.4.1. Transfer Function.....	18
2.4.2. Input Ground Motion	19
2.4.3. Input Parameter Dinamik Tanah.....	24
2.4.4. Modulus Reduction Curve dan Dumping Curve	25
2.5. MIKROZONASI.....	26
2.5.1. Batasan-batasan level zonasi.....	27
2.5.2. Peta Chasanudin et. al.	29
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1. PENDAHULUAN	30
3.2. MENGUMPULKAN DATA TANAH	31
3.3. ANALISA GROUND RESPONSE ANALYSIS	31
3.4. MEMBUAT PETA MIKROZONASI	32
3.5. MEMBUAT KONTUR GEMPA	33
BAB IV PENENTUAN PARAMETER TANAH SEBAGAI INPUT DATA	34
4.1. PENDAHULUAN	34

4.2. PENGUMPULAN DATA TANAH	34
4.3. PEMBUATAN DATABASE TANAH	34
4.4. GENERALISASI DATA TANAH DALAM MENETUKAN INPUT PARAMETER TANAH	36
4.5. PENENTUAN PARAMETER INPUT DINAMIKA TANAH.....	39
4.5.1. Penentuan Modulus Reduction Dan Damping Curve.....	39
4.5.2. Shear moduli (G_{max}).....	40
4.5.3. Shear wave velocity (V_s).....	42
4.6. PENENTUAN INPUT MOTION.....	42
BAB V ANALISIS HASIL PERCEPATAN PUNCAK GEMPA DI PERMUKAAN	46
5.1. PENDAHULUAN	46
5.2. PROSES PENGOLAHAN DATA	46
5.3. INPUT DATA	46
5.4. OUTPUT DATA.....	48
5.5. PETA MIKROZONASI GEMPA DKI JAKARTA	53
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1. KESIMPULAN.....	60
6.2. SARAN.....	61
DAFTAR REFERENSI.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagan Kegiatan Penelitian	30
Gambar 4. 2 Pembagian Lapisan Tanah	38
Gambar 4. 3 Korelasi Unit Weight Terhadap N-SPT	39
Gambar 4. 4 Ko Dikorelasikan Dengan OCR.....	41
Gambar 4. 5 Korelasi OCR Terhadap N-SPT.....	42
Gambar 4. 6 Time Histories Zona Sumber Gempa Megathrust (T = 0.2 Detik) Dengan Periode Ulang 500 Tahun.....	43
Gambar 4. 7 Time Histories Zona Sumber Gempa Shallow Crustal (T = 0.2 Detik) Dengan Periode Ulang 500 Tahun.....	43
Gambar 4. 8 Acceleration-Time Histories gempa megathrust periode 0.2 detik.....	44
Gambar 5. 1 Hasil Pengopersian SHAKE2000 Pada Proyek Pintu Timur Ancol Dengan Gempa Megathrust	49
Gambar 5. 2 Grafik Perubahan Percepatan Gempa Sampai di Permukaan Tanah Akibat Gempa Megathrust.....	49
Gambar 5. 3 Hasil Pengopersian SHAKE2000 Pada Proyek Pintu Timur Ancol Dengan Gempa Shallow Crustal.....	50
Gambar 5. 4 Grafik Perubahan Percepatan Gempa Sampai di Permukaan Tanah Akibat Gempa Shallow Crustal	50
Gambar 5. 5 Perbandingan Frekuensi Alami Tanah Dengan Frekuensi Gempa Megathrust	51
Gambar 5. 6 Perbandingan Frekuensi Alami Tanah Dengan Frekuensi Gempa Shallow Crustal.....	52
Gambar 5. 7 Peta Mikrozonasi Gempa Jakarta Untuk Sumber Gempa Megathrust Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun	56
Gambar 5. 8 Nilai Percepatan Puncak DKI Jakarta Sumber Gempa Megathrust Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun	57
Gambar 5. 9 Peta Mikrozonasi Gempa Jakarta Untuk Sumber Gempa Shallow Crustal Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun.....	58
Gambar 5. 10 Nilai Percepatan Puncak DKI Jakarta Sumber Gempa Megathrust Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Keutamaan I Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan	9
Tabel 2. 2 Jenis-jenis tanah	12
Tabel 2. 3 Percepatan Puncak Pada Batuan Dasar dan Muka Tanah Masing- Masing Wilayah Gempa Indonesia	14
Tabel 2. 4 Spektrum Respons Gempa Rencana	16
Tabel 2. 5 Time Histories Yang Direkomendasikan	21
Tabel 2. 6 Beberapa Korelasi Empiris Antara N-Spt Dengan Parameter Dinamik Tanah (Barros, 1994)	25
Tabel 2. 7 Penggunaan data untuk tiga level zonasi	28
Tabel 3. 1 Data-Data Yang Diperlukan Dari Pengeboran Lapangan	31
Tabel 4. 1 Daftar nama proyek	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Klasifikasi Modulus Reduction dan Damping Curve Apabila	39
Tabel 4. 3 Klasifikasi Modulus Reduction Dan Damping Curve Apabila Nilai PI Tidak Diketahui	40
Tabel 4. 4 Percepatan Puncak Batuan Dasar Dan Percepatan Puncak Muka	44
Tabel 5. 1 Generalisasi Data Pintu Timur Ancol	47
Tabel 5. 2 Damping Curve dan Moduli Pintu Timur Ancol	47
Tabel 5. 3 Input Tanah Pintu Timur Ancol Untuk Setiap Layer	48
Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Percepatan Puncak Gempa Pada Permukaan Tanah 53	
Tabel 5. 5 Titik Kordinat Lokasi Penyeldikan Dan Percepatan Puncak Gempa Di Permukaan	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Indonesia adalah negara di Asia Tenggara, terletak di garis khatulistiwa dan berada di antara benua Asia dan Australia serta diantara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Posisi Indonesia terletak pada koordinat 6°LU - 11°08'LS dan dari 95°BB - 141°45'BT. Indonesia adalah negara berpenduduk terbesar keempat di dunia dengan populasi sebesar 222 juta jiwa pada tahun 2006. Pulau terpadat penduduknya adalah pulau Jawa, di mana setengah populasi Indonesia hidup.

Berdasarkan posisinya di permukaan bumi, Indonesia merupakan daerah pertemuan 3 lempeng tektonik besar, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasific. Oleh karena itu, sangat besar kemungkinan terjadi gempa di Indonesia. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusa Tenggara, sedangkan dengan Pasific di utara Irian dan Maluku Utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tabrakan terkumpul sampai suatu titik dimana lapisan bumi tidak lagi sanggup menahan tumpukan energi sehingga lepas berupa gempa bumi.

DKI Jakarta sebagai ibu kota negara, terletak pada 6°11' LS 106°50' BT, dengan jumlah penduduk 8.792.000 jiwa (2004), tidak luput dari kemungkinan terjadinya gempa bumi. Gempa terbesar yang pernah terjadi di Jakarta disebutkan oleh Willard A. Hanna dalam buku Hikayat Jakarta yang diterbitkan Yayasan Obor tahun 1988 adalah gempa yang terjadi pada 4 dan 5 November 1699. Gempa tersebut menyebabkan kerusakan gedung-gedung, mengacaukan persediaan air, dan memporak-porandakan sistem persediaan air bersih.

Berdasarkan catatan Belanda yang dikumpulkan oleh Newcomb dan McCann pada 1987, gempa besar juga pernah terjadi pada 27 Februari 1903. Gempa tersebut diperkirakan berkekuatan 8 Skala Richter jika dilihat dari bentuk kerusakannya. Sesudah itu, tak ada lagi laporan gempa yang sangat besar dan merusak di Jakarta.

Selain itu juga pernah terjadi gempa-gempa lain yang dirasakan oleh warga Jakarta diantaranya guncangan keras gempa berkekuatan 6,2 Skala Richter pada hari Rabu 19 Juli 2006 dengan pusat gempa di Selat Sunda, tepatnya Pulau Panaitan di selatan Ujung Kulon pada koordinat 6,54 derajat Lintang Selatan dan 105,2 derajat Bujur Timur di kedalaman 48 kilometer, namun getarannya terasa di Jakarta hingga 3 MMI.

Di Jakarta terdapat patahan yang tidak aktif memanjang dari Ciputat hingga kawasan Kota. Meskipun patahan ini tidak aktif, bukan tidak mungkin dapat kembali bergejolak setelah sekian lama. Aktifnya kembali patahan yang lama tidur bisa dipicu aktivitas di zona penunjaman maupun dari patahan-patahan lain yang berdekatan. Aktivitas subduksi memang terus berlangsung sampai sekarang. Di sekitar Jakarta juga tersebar patahan-patahan aktif seperti patahan Cimandiri di Sukabumi dan Baribis di Kuningan.

Fakta adanya patahan di Jakarta dan gempa-gempa yang terjadi menunjukkan bahwa bukan tidak mungkin sewaktu-waktu dapat terjadi bencana gempa bumi besar di Jakarta yang dapat menghancurkan bangunan-bangunan dan merenggut banyak nyawa manusia. Kerugian akibat gempa bumi tidak langsung disebabkan oleh gempa bumi, namun disebabkan oleh kerentanan bangunan sehingga terjadi runtuhnya bangunan, kejatuhan peralatan dalam bangunan, kebakaran, tsunami dan tanah longsor. Faktor kerentanan bangunan sangat erat hubungannya untuk perhitungan bencana gempa bumi di masa yang akan datang.

Faktor gempa bumi tak dapat dielakkan tapi harus dihadapi dengan merencanakan bangunan beserta lingkungannya yang tahan terhadap gempa bumi. Prediksi gempa bumi sampai sekarang masih dalam taraf penelitian sehingga faktor mitigasi lebih penting untuk mencegah kerugian dan bencana yang lebih besar. Untuk itu diperlukan analisa resiko yang mencakup parameter gempa bumi, bangunan dan geologi setempat dimana bangunan atau perencanaan kota berada. Analisa ini memerlukan kerjasama antara masing-masing profesional; Geofisikawan, Insinyur sipil dan Geologi.

1.2. DESKRIPSI MASALAH

Bencana alam terfokus pada korban manusia beserta miliknya. Peristiwa alam yang *extreem* (tsunami setinggi 20 m misalnya) tidak masuk dalam kategori bencana alam apabila tidak menelan korban. Karena itu bencana alam bergantung pada dua faktor yang harus ada yaitu peristiwa alam dan penduduk.

DKI Jakarta sebagai ibukota Indonesia merupakan pusat segala aktivitas pemerintahan, juga sebagai pusat perdagangan dan perkantoran yang tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya gempa. Para peneliti telah berusaha dengan segala metode untuk memprediksi gempa. Sayangnya sampai saat ini belum dapat ditemukan cara yang pasti untuk memprediksi gempa secara tepat, teliti dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Oleh karena ketidakmampuan manusia untuk memprediksi gempa bumi maka hal yang harus dilakukan adalah mitigasi bencana.

Bangunan atau gedung-gedung yang digunakan masyarakat umum dan direncanakan sebagai bangunan tahan gempa, pada umumnya memerlukan biaya yang sangat mahal. Oleh karena itu, diperlukan adanya peta di daerah DKI Jakarta yang menunjukkan letak-letak yang berbahaya bagi bangunan apabila terjadi gempa. Hal ini berkaitan dengan kondisi tanah setempat karena besarnya gempa saat sampai di permukaan dipengaruhi juga oleh kondisi tanahnya. Sehingga dengan adanya peta gempa ini akan dapat membuat pembangunan-pembangunan menjadi efektif dan aman terhadap bahaya gempa karena pembangunan disesuaikan dengan kondisi resiko yang dapat dialami oleh bangunan apabila dibangun di tempat tersebut.

1.3. MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini dimaksudkan dan bertujuan untuk:

1. Membuat database dari data bore log yang sudah ada untuk beberapa titik di daerah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara.
2. Membuat peta mikrzonasi gempa untuk daerah DKI Jakarta khususnya daerah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara.

3. Membuat peta kontur gempa di wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara.

1.4. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi untuk wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara dengan menggunakan data-data borlog yang telah didapat sebelumnya dari sejumlah titik pengeboran di daerah tersebut.
2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan program SHAKE2000 dalam melakukan *ground respon analysis* data tanah yang ada untuk mendapatkan *peak ground acceleration* atau percepatan puncak.
3. Pemetaan dilakukan berdasarkan kumpulan data bor log yang terdapat di Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil FTUI dan dari sumber lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai sumber-sumber pustaka dan teori-teori terkait yang akan dijadikan referensi dalam melakukan penelitian kegempaan wilayah DKI Jakarta khususnya Jakarta Timur, Jakarta Pusat dan Jakarta Utara ini. Kegempaan wilayah Indonesia akan dipaparkan terlebih dahulu untuk melihat kegempaan wilayah Indonesia secara umum. Standar yang mengatur pendirian bangunan tahan gempa juga akan dipaparkan agar penelitian yang dilakukan dapat sesuai dengan standar di Indonesia yang selanjutnya dapat digunakan dalam aplikasi mitigasi bencana gempa. Selain itu akan dibahas pula teori dasar mengenai peta mikrozonasi dan juga contoh-contoh peta mikrozonasi yang telah dibuat sebelumnya.

2.2. PEMBAGIAN WILAYAH GEMPA INDONESIA

Prediksi gempa bumi meliputi parameter lokasi, waktu dan skala gempa bumi tersebut. Ketiga parameter tersebut harus ada, sehingga penanggulangan bencana bisa dilakukan dengan tepat dan proporsional. Sayangnya sampai saat ini prediksi gempa yang tepat dan teliti belum bisa dipertanggung jawabkan secara ilmiah, karena tanda-tandanya (precursor) tidak pasti. Gejala yang banyak diamati berdasarkan pada sifat-sifat batuan yang mengalami stress akibat tekanan yang ditimbulkan dari pergerakan lempeng tektonik. Gejala tersebut terlihat pada perubahan posisi satu titik relatif terhadap titik lainnya yang diamati dengan menggunakan Global Positioning System (GPS). Perubahan posisi tersebut bisa terlihat nyata setiap tahunnya, namun belum bisa dipakai untuk prediksi gempa. Gejala lainnya adalah perubahan muka air tanah, elektromagnetis, seismisitas, kecepatan gelombang, dsb. Semuanya tetap belum bisa dipakai sebagai tanda yang jelas untuk prediksi gempa bumi.

Karena prediksi gempa bumi belum sempurna, maka lebih tepat digunakan forecasting yang mencakup luasan daerah, kisaran waktu maupun kisaran skala sebagai penanggulangan bencana ataupun analisa resiko gempa bumi.

Berdasarkan sejarah kekuatan sumber gempa, aktifitas gempa bumi di Indonesia bisa dibagi dalam 6 daerah aktifitas:

1. Daerah sangat aktif. Magnitude lebih dari 8 mungkin terjadi di daerah ini. Yaitu di Halmahera, pantai utara Irian.
2. Daerah aktif. Magnitude 8 mungkin terjadi dan magnitude 7 sering terjadi. Yaitu di lepas pantai barat Sumatra, pantai selatan Jawa, Nusa Tenggara, Banda.
3. Daerah lipatan dan retakan. Magnitude kurang dari 7 mungkin terjadi. Yaitu di pantai barat Sumatra, kepulauan Sunda, Sulawesi tengah.
4. Daerah lipatan dengan atau tanpa retakan. Magnitude kurang dari tujuh bisa terjadi. Yaitu di Sumatra, Jawa bagian utara, Kalimantan bagian timur.
5. Daerah gempa kecil. Magnitude kurang dari 5 jarang terjadi. Yaitu di daerah pantai timur Sumatra, Kalimantan tengah.
6. Daerah stabil, tak ada catatan sejarah gempa. Yaitu daerah pantai selatan Irian, Kalimantan bagian barat.

Pembagian daerah aktif gempa bisa juga ditinjau dari data makro atau intensitas gempa yang pernah dirasakan. Peta intensitas gempa Bengkulu pada tanggal 4 Juni 2000 adalah satu kasus data makro yang langsung bisa dikaitkan dengan bangunan. Beberapa kasus gempa merusak merupakan data makro yang menghasilkan peta intensitas regional seperti yang pernah dilakukan oleh J.Murjaya dan G.Ibrahim pada tahun 1998.

Pada peta tersebut, daerah yang terkena dampak gempa bumi dibagi menjadi 4 daerah:

1. Daerah dengan intensitas MMI IX atau lebih
2. Daerah dengan intensitas MMI VII-VIII
3. Daerah dengan intensitas MMI V-VI
4. Daerah dengan intensitas MMI < V

Pembagian ini masih bersifat regional, dengan perkataan lain bahwa untuk analisa resiko gempa pada suatu bangunan yang terletak pada suatu tempat di satu kota, memerlukan analisa mikro yang memasukkan beberapa unsur seperti lapisan tanah tempat bangunan, ketebalan lapisan, respon tanah dan bangunan terhadap

getaran dsb. Pada penelitian ini difokuskan pada proses pemetaan yang dapat digunakan untuk melakukan analisa mikro tersebut. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan data tanah yang telah ada. Setiap data tanah yang ada akan diperlukan dalam menganalisa respon tanah terhadap gempa, dan jika hasil analisa tersebut dikumpulkan akan menghasilkan peta kontur gempa.

2.3. SNI 03-1726-2002 (REVISI 1989) TATA CARA PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK RUMAH DAN GEDUNG

2.3.1. Ruang Lingkup

Standar ini merupakan revisi dari SNI 03 -1726-1989 (Tata Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung) yang meliputi; Ketentuan Umum, perencanaan umum struktur gedung, perencanaan struktur gedung tak beraturan, kinerja struktur gedung, pengaruh gempa pada struktur bawal, pengaruh gempa pada unsure sekunder, unsur arsitektur dan instalasi mesin listrik.

2.3.2. Ringkasan

Standar ini dimaksudkan sebagai persyaratan minimum perencanaan Syarat-syarat perencana struktur gedung tahan gempa yang ditetapkan dalam standar ini tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut:

1. Gedung dengan sistem struktur yang tidak umum atau yang masih memerlukan pembuktian tentang kelayakannya;
2. Gedung dengan system isolasi landasan (*base isolation*) untuk meredam pengaruh gempa terhadap struktur atas;
3. Bangunan Teknik Sipil seperti Jembatan, bangunan air, dinding, dan dermaga pelabuhan, anjungan lepas pantai dan bangunan non gedung lainnya;
4. Rumah tinggal satu tingkat dan gedung-gedung non-teknis lainnya.

Standar ini bertujuan agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan menurut standar dapat berfungsi:

- a. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat;
- b. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki;
- c. Membatasi ketidak nyamanan penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang;
- d. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

Gempa ringan adalah Gempa yang kemungkinan terjadinya sekali saja atau dengan probabilitas sekitar 60 % dalam kurun waktu umur gedung. Hal ini berarti bahwa untuk umur gedung biasa 50 tahun, periode ulang gempa ringan adalah 50 tahun juga. Standar ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh Gempa Rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisis diambang keruntuhan. Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10 % selama umur gedung 50 tahun. Untuk berbagai kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung; selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan Faktor Keutamaan I menurut persamaan $I = I_1 I_2$

Tabel 2. 1 Faktor Keutamaan I Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan, dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti ru-mah sakit, instalasi air bersih, pembang-kit tenaga listrik, pusat penyelamatan da-lam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Catatan : Untuk semua struktur bangunan gedung yang ijin penggunaan diterbitkan sebelum berlakunya Standar ini maka Faktor keutamaan I, dapat dikalikan 80 %.

dimana I_1 adalah faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probalitis terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan I_2 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Faktor-faktor Keutamaan I_1, I_2 dan I ditetapkan menurut tabel 2.1.

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan antara lain :

- Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkay atau 40 m.
- Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan kalaupun memepunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari

25 % dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan. Dan lain-lain.

Faktor daktilitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisis di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan strukltur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama δ_y , yaitu :

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \leq \mu_m$$

dalam persamaan tersebut μ adalah nilai faktor daktilitas untuk strukktur gedung yang berperilaku elastic penuh, sedangkan μ_m adalah nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh system struktur gedung bersangkutan menurut pasal 4.3.4 dalam standar ini

2.3.3. Pasal-Pasal Berkaitan

- **Pasal 4: Ketentuan umum**
- **Pasal 4.1: Gempa rencana dan kategori gedung**
- **Pasal 4.1.1:** Standar ini menentukan pengaruh Gempa Rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh Gempa Rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Gempa Rencana ditetapkan mempunyai perioda ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun.
- **4.1.2** Untuk berbagai kategori gedung, bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan, pengaruh Gempa Rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu Faktor Keutamaan I menurut persamaan :

$$I = I_1 I_2 \quad (1)$$

di mana I_1 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu

selama umur gedung, sedangkan I_2 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Faktor-faktor Keutamaan I_1 , I_2 dan I ditetapkan menurut Tabel 2.1.

- **Pasal 4.6: Jenis tanah dan perambatan gelombang gempa**
- **Pasal 4.6.1:** Kecuali bila lapisan tanah di atas batuan dasar memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan dalam Pasal 4.6.3, pengaruh Gempa Rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar menurut Tabel 2.3. Akselerogram gempa masukan yang ditinjau dalam analisis ini, harus diambil dari rekaman gerakan tanah akibat gempa yang didapat di suatu lokasi yang mirip kondisi geologi, topografi dan seismotektoniknya dengan lokasi tempat struktur gedung yang ditinjau berada. Untuk mengurangi ketidak-pastian mengenai kondisi lokasi ini, paling sedikit harus ditinjau 4 buah akselerogram dari 4 gempa yang berbeda, salah satunya harus diambil Gempa El Centro N-S yang telah direkam pada tanggal 15 Mei 1940 di California.
- **Pasal 4.6.2:** Batuan dasar adalah lapisan batuan di bawah muka tanah yang memiliki nilai hasil Test Penetrasi Standar N paling rendah 60 dan tidak ada lapisan batuan lain di bawahnya yang memiliki nilai hasil Test Penetrasi Standar yang kurang dari itu, atau yang memiliki kecepatan rambat gelombang geser v_s yang mencapai 750 m/detik dan tidak ada lapisan batuan lain di bawahnya yang memiliki nilai kecepatan rambat gelombang geser yang kurang dari itu.
- **Pasal 4.6.3:** Jenis tanah ditetapkan sebagai Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Jenis-jenis tanah

Jenis tanah	\bar{v}_s (m/det) Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata	\bar{N} Nilai hasil test Peneterasi Standar rata-rata	S_u (kPa) Kuat geser niralir rata-rata
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$S_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq S_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$S_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

Dalam Tabel 2.2 nilai \bar{v}_s , \bar{N} dan S_u adalah nilai rata-rata berbobot besaran itu dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya yang harus dihitung menurut persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i / v_{si}} \quad (2)$$

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i / S_{ui}} \quad (3)$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m t_i / N_i} \quad (4)$$

di mana t_i adalah tebal lapisan tanah ke- i , v_{si} adalah kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke- i , N_i nilai hasil Test Penetrasi Standar lapisan tanah ke- i , S_{ui} adalah kuat geser niralir lapisan tanah ke- i dan m adalah jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar.

Selanjutnya, dalam Tabel 2.2, PI adalah Indeks Plastisitas tanah lempung, W_n adalah kadar air alami tanah dan S_u adalah kuat geser niralir lapisan tanah yang ditinjau.

- **Pasal 4.6.4:** Yang dimaksud dengan jenis Tanah Khusus dalam Tabel 2.2 adalah jenis tanah yang tidak memenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel tersebut. Di samping itu, yang termasuk dalam jenis Tanah Khusus adalah juga tanah yang memiliki potensi likuifaksi yang tinggi, lempung sangat peka, pasir yang tersementasi rendah yang rapuh, tanah gambut, tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dengan ketebalan lebih dari 3 m, lempung sangat lunak dengan PI lebih dari 75 dan ketebalan lebih dari 10 m, lapisan lempung dengan $25 \text{ kPa} < S_u < 50 \text{ kPa}$ dan ketebalan lebih dari 30 m. Untuk jenis Tanah Khusus percepatan puncak muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa menurut Pasal 4.6.1.
- **Pasal 4.7: Wilayah gempa dan spektrum respons**
- **Pasal 4.7.1:** Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, di mana Wilayah Gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian Wilayah Gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh Gempa Rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap Wilayah Gempa ditetapkan dalam Gambar 1 dan Tabel 2.3.

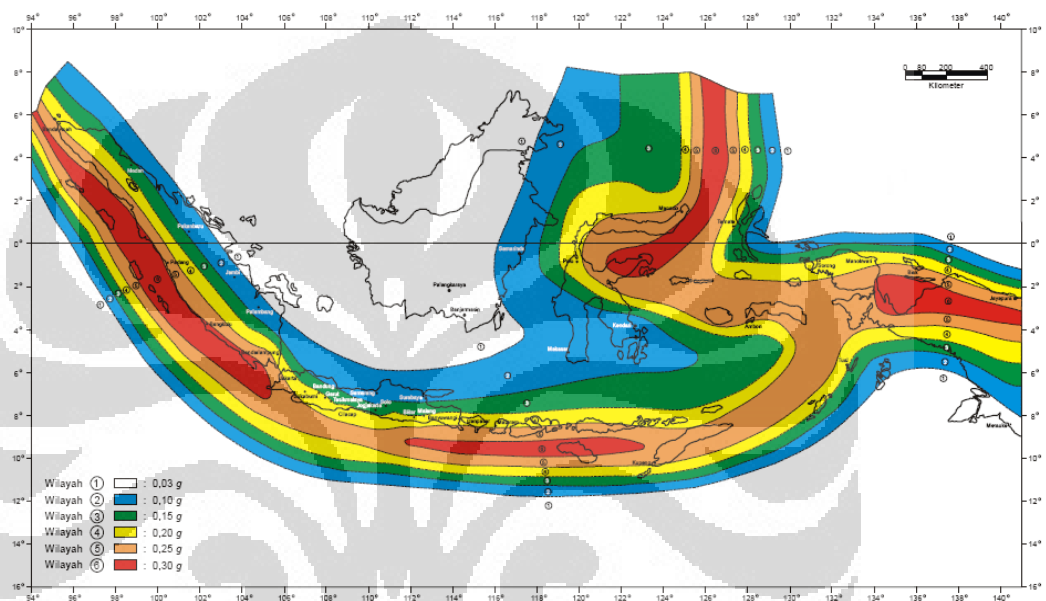
Pasal 4.7.2: Apabila percepatan puncak muka tanah A_0 tidak didapat dari hasil analisis perambatan gelombang seperti disebut dalam Pasal 4.6.1, percepatan puncak muka tanah tersebut untuk masing-masing Wilayah Gempa dan untuk masing-masing jenis tanah ditetapkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Percepatan Puncak Pada Batuan Dasar dan Muka Tanah Masing-Masing Wilayah Gempa Indonesia

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah A_0 ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

- **Pasal 4.7.3:** Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah A_0 untuk Wilayah Gempa 1 yang ditetapkan dalam Gambar 1 dan Tabel 2.3 ditetapkan juga sebagai percepatan minimum yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin kekekaran (robustness) minimum dari struktur gedung tersebut.
- **Pasal 4.7.4:** Untuk menentukan pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung, yaitu berupa beban geser dasar nominal statik ekuivalen pada struktur beraturan menurut Pasal 6.1.2, gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik ragam pertama pada struktur gedung tidak beraturan menurut Pasal 7.1.3 dan gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik seluruh ragam yang berpartisipasi pada struktur gedung tidak

beraturan menurut Pasal 7.2.1, untuk masing-masing Wilayah Gempa ditetapkan Spektrum Respons Gempa Rencana C-T seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Dalam gambar tersebut C adalah Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik. Untuk $T = 0$ nilai C tersebut menjadi sama dengan A_0 , di mana A_0 merupakan percepatan puncak muka tanah menurut Tabel 2.3.



Gambar 2. 1 Wilayah Gempa Indonesia Dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Dengan Perioda Ulang 500 Tahun

- **Pasal 4.7.5:** Mengingat pada kisaran waktu getar alami pendek $0 < T < 0,2$ detik terdapat ketidak-pastian, baik dalam karakteristik gerakan tanah maupun dalam tingkat daktilitas strukturnya, Faktor Respons Gempa C menurut Spektrum Respons Gempa Rencana yang ditetapkan dalam Pasal 4.7.4, dalam kisaran waktu getar alami pendek tersebut, nilainya tidak diambil kurang dari nilai maksimumnya untuk jenis tanah yang bersangkutan.
- **Pasal 4.7.6:** Dengan menetapkan percepatan respons maksimum A_m sebesar

$$A_m = 2,5 A_0 \quad (5)$$

dan waktu getar alami sudut T_c sebesar 0,5 detik, 0,6 detik dan 1,0 detik untuk jenis tanah berturut-turut Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, maka dengan memperhatikan Pasal 4.7.4 dan Pasal 4.7.5. Faktor Respons Gempa C ditentukan oleh persamaan-persamaan sebagai berikut :

- untuk $T < T_c$:

$$C = A_m \quad (6)$$

- untuk $T > T_c$:

$$C = \frac{A_r}{T} \quad (7)$$

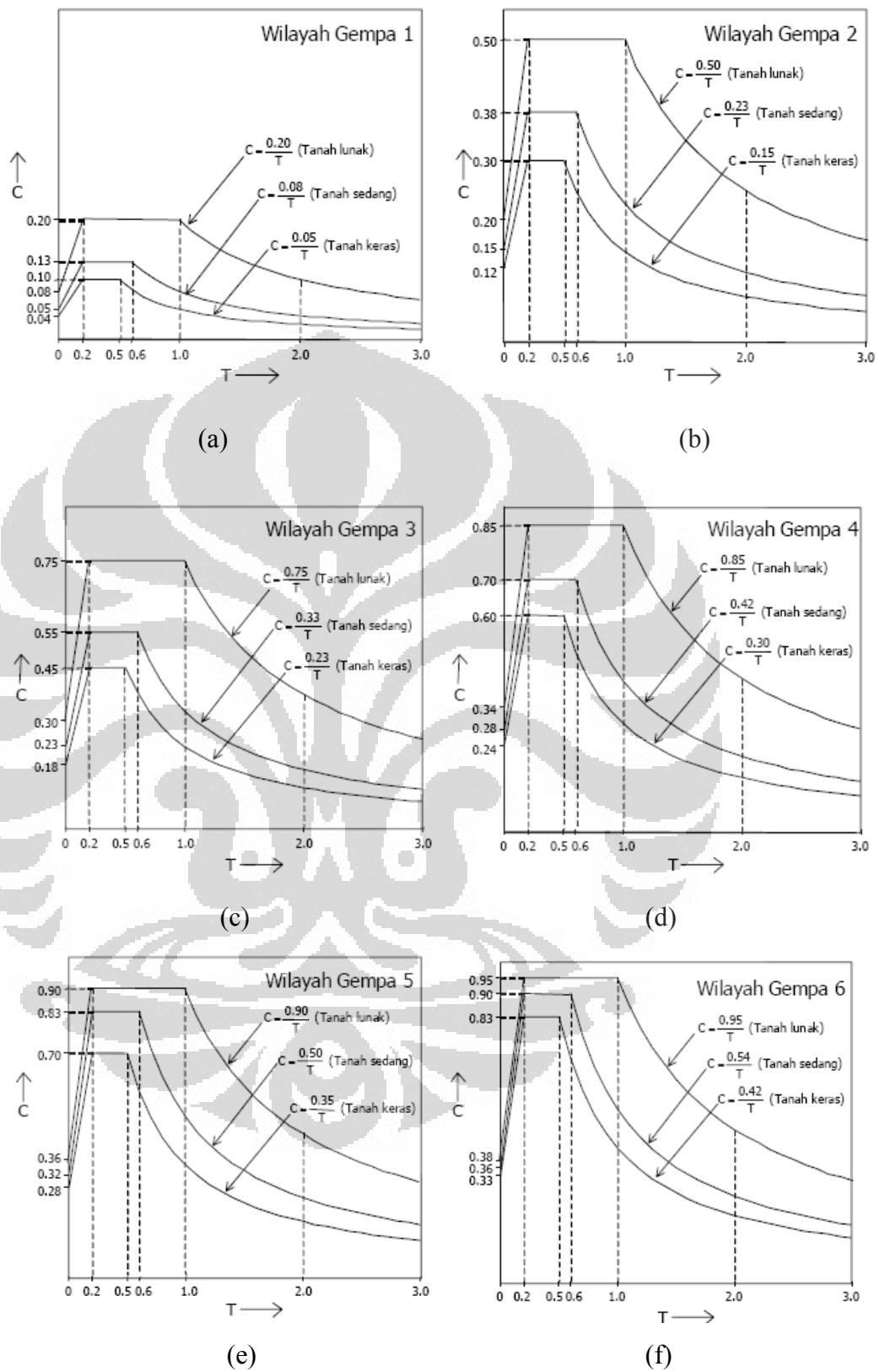
Dengan

$$A_r = A_m T_c \quad (8)$$

Dalam Tabel 2.4, nilai-nilai A_m dan A_r dicantumkan untuk masing-masing Wilayah Gempa dan masing-masing jenis tanah.

Tabel 2. 4 Spektrum Respons Gempa Rencana

Wilayah Gempa	Tanah Keras $T_c = 0,5$ det.		Tanah Sedang $T_c = 0,6$ det.		Tanah Lunak $T_c = 1,0$ det.	
	A_m	A_r	A_m	A_r	A_m	A_r
1	0,10	0,05	0,13	0,08	0,20	0,20
2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50
3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75
4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85
5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90
6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95



Gambar 2. 2 Respons Spektrum Gempa Rencana

2.4. TEORI DASAR GROUND RESPONSE ANALYSIS

Ground response analysis adalah analisa yang dilakukan untuk mendapatkan percepatan puncak gempa pada permukaan tanah berdasarkan getaran dari gempa tertentu dan berdasarkan karakteristik lapisan tanah di bawahnya. Proses utama yang dilakukan adalah mengubah/mentransformasi data gempa yang didapat dari *accelerograf* yang masih dalam bentuk *time domain* ke dalam bentuk *frequency domain*, kemudian membuat suatu *transfer function* yang merepresentasikan karakteristik suatu lapisan tanah dalam bentuk *frequency domain* pula, lalu membandingkan antara letak puncak percepatan gempa dan puncak dari *transfer function* tersebut, besar percepatan gelombang akibat gempa pada permukaan itu sendiri didapatkan dengan mengalikan percepatan gempa dengan percepatan *transfer function* dalam bentuk *frequency domain* tersebut dan akhirnya, jika letak kedua puncak tersebut berdekatan maka dapat terjadi amplifikasi sehingga dapat menghasilkan percepatan puncak yang besar pada tanah permukaan.. Proses seperti di atas itulah yang akan dilakukan di dalam program SHAKE. Berikut akan dijelaskan lebih detil mengenai proses *ground response analysis* dan juga parameter-parameter apa saja yang diperlukan untuk melakukan analisa tersebut dengan program SHAKE.

2.4.1. Transfer Function

Persamaan dari fungsi transfer ini didapatkan dari persamaan deformasi horizontal dari permukaan tanah yang diselesaikan dengan menggunakan deret Fourier dan menghasilkan persamaan umum seperti pada gambar 2.3.

Transfer function adalah suatu fungsi yang menggambarkan tentang frekuensi alami (*natural frequency*) dari tanah. Parameter yang berhubungan dengan *transfer function* adalah ketebalan tanah, *impedance ratio*, dan *wave number*. *Impedance ratio* adalah perbandingan antara kekerasan batuan dasar dengan lapisan tanah di atasnya.

$$\frac{G_s^* k_s^*}{G_r^* k_r^*} = \alpha_z^*$$

Dimana: $G^* = \text{complex shear modulus} = G (1+2i\zeta)$

$\zeta = \text{damping ratio of soil}$

$k^* = \text{complex wave number} = k (1+i\zeta)$

$k = \omega / v_s$

Transfer Function

wave number:
 • 1 / shear wave vel.
 • damping

wave number

$$F(\omega) = \frac{1}{\cos k_s^* H + i \alpha_z^* \sin k_s^* H}$$

Ketebalan tanah

Ketebalan tanah

impedance ratio
 = soil / rock
 properties

Gambar 2. 3 Persamaan Transfer Fungsi

sedangkan *wave number* berhubungan dengan *damping ratio*/ratio peredaman dan berbanding terbalik dengan *shear wave velocity*. Dari persamaan fungsi transfer di atas dapat di perhatikan bahwa semakin besar *damping ratio* maka amplifikasi yang terjadi akan semakin kecil, dan semakin tinggi *impedance ratio* maka amplifikasi yang terjadi akan semakin kecil pula.

2.4.2. Input Ground Motion

Salah satu data kegempaan yang diperlukan dalam analisis kegempaan, yaitu analisis *site specific response spectra* dan *dynamic soil-structure interaction*, adalah data riwayat waktu percepatan *time-histories* (TH). Sampai saat ini, data riwayat waktu percepatan *strong motion* di batuan dasar masih sangat sedikit sehingga pada umumnya dalam analisis tersebut

digunakan data TH gempa dari negara lain. Bahkan dalam SNI 03-1726-2002 direkomendasikan untuk menggunakan 4 buah akselerogram dari 4 gempa yang berbeda, yang salah satunya harus diambil dari data gempa Elcentro N-S (1940). Sedangkan pemakaian data TH yang diambil dari negara atau lokasi lain belum tentu sesuai diterapkan untuk semua lokasi atau kondisi di Indonesia.

Mengingat data TH memegang peranan yang penting untuk mendapatkan hasil analisis dinamik yang akurat, maka pemilihan data TH ini harus sesuai dengan kondisi geologi, seismologi dan target parameter pergerakan batuan dasar (*ground motion parameters*), seperti percepatan gempa maksimum, kandungan frekuensi, dan durasi.

Secara umum ada dua metode untuk mendapatkan data TH (USACE, 1999), yaitu: 1) menggunakan data TH yang pernah direkam didekat lokasi studi, dan 2) menggunakan data TH buatan (*artificial time histories*). Kelebihan metoda pertama adalah data yang digunakan dapat dianggap paling representatif untuk lokasi studi karena data tersebut berasal dari gempa alami yang diakibatkan oleh mekanisme gempa dan kondisi geologi di sekitar lokasi studi. Pada pendekatan ini data accelerogram cukup diskalakan dengan suatu faktor koreksi untuk menyesuaikan dengan hasil analisis hazard kegempaan di lokasi studi. Permasalahan yang timbul adalah hampir seluruh kota-kota besar di Indonesia tidak memiliki data TH yang representatif untuk digunakan dalam analisis kegempaan. Sehingga untuk kasus ini data TH didapatkan dengan menggunakan metoda kedua.

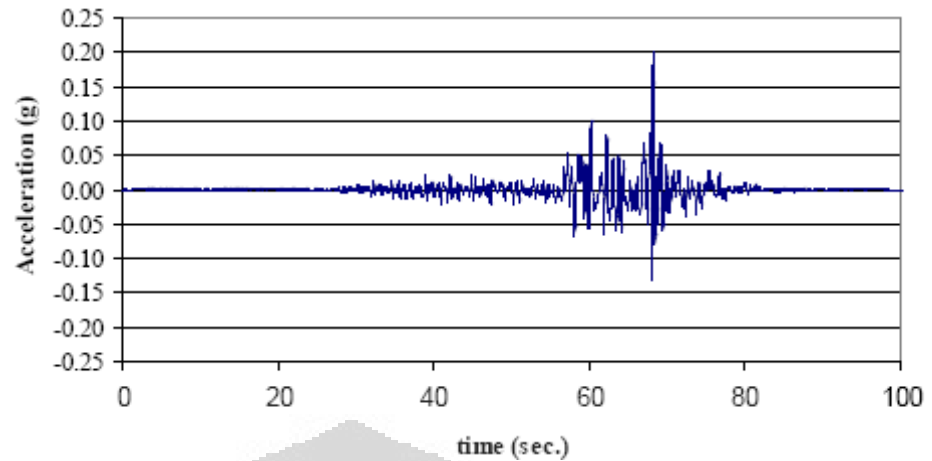
Analisis pembuatan data time histories yang representatif digunakan untuk kota Jakarta telah dilakukan oleh Masyhur Irsyam, dkk. dalam studi Yang berjudul “Usulan Ground Motion untuk Batuan Dasar Kota Jakarta dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun untuk Analisis Site Specific Response Spectra” yang telah ditampilkan dalam acara Seminar dan Pameran HAKI 2008 yang bertemakan Pengaruh Gempa dan Angin Terhadap Struktur. Di dalam studi tersebut disebutkan bahwa secara umum analisis pembuatan data time history tersebut terbagi menjadi empat (4) tahap, yaitu

analisis *seismic hazard*, analisis deagregasi, pemilihan data time histories yang mendekati karakteristik hasil deagregasi, dan analisis *spectral matching*.

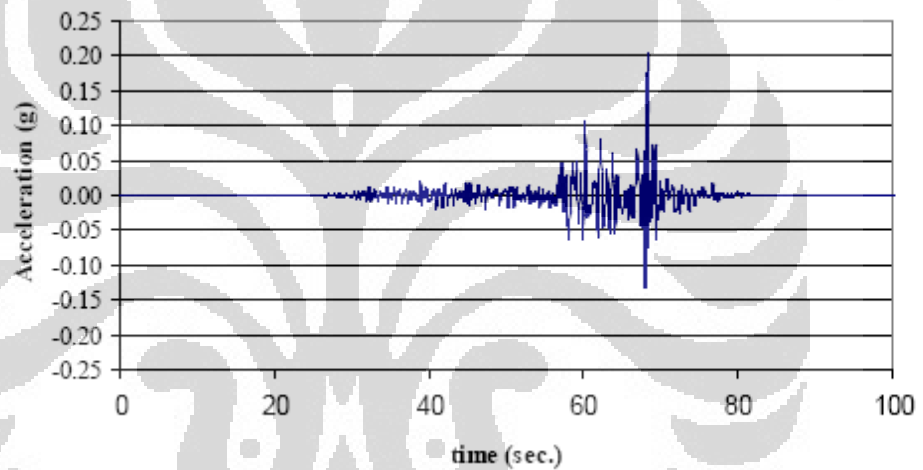
Analisis *seismic hazard* yang telah dilakukan oleh Irsyam dkk. (2007 dan 2008) dengan menggunakan model sumber gempa 3-D menunjukkan bahwa PGA di batuan dasar kota Jakarta adalah 0.2g. Nilai ini lebih tinggi dari nilai PGA di dalam SNI 03-1726-2002 yang nilainya 0.15g. Berdasarkan hasil analisis deagregasi, tiga set data gempa aktual telah dipilih dalam studi ini untuk merepresentasikan gelombang gempa di batuan dasar akibat beberapa mekanisme yang berbeda. Data TH gempa Kocaeli 1999, gempa Mammoth Lakes 1980, dan gempa Landers 1992 dipilih untuk merepresentasikan sumber gempa megathrust dan benioff, sumber gempa background, dan sumber gempa shallow crustal. Berdasarkan hasil analisis *spectral matching* terhadap response spectra yang telah diskalakan, maka diperoleh 8 *ground motion* untuk kota Jakarta yang dapat digunakan sebagai *input motion* dalam analisis *site specific response spectra*.

Tabel 2. 5 Time Histories Yang Direkomendasikan

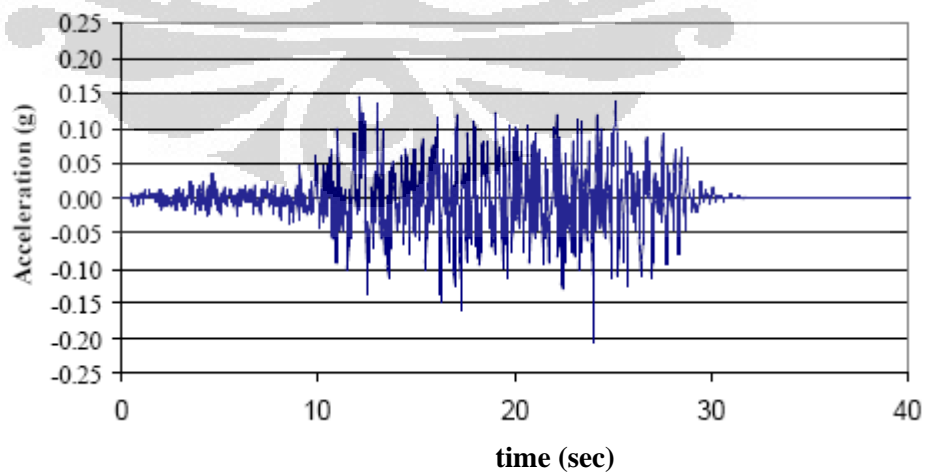
Sumber Gempa	Kejadian	Magnituda	Jarak (km)	Sumber Data
Megathrust Zone	Kocaeli, 1999	7.5	227	ERD
Benioff Zone				
Background Zone	Mammoth lakes, 1980	5.7	15	CDMG
Shallow Crustal	Landers, 1992	7.3	69	CDMG



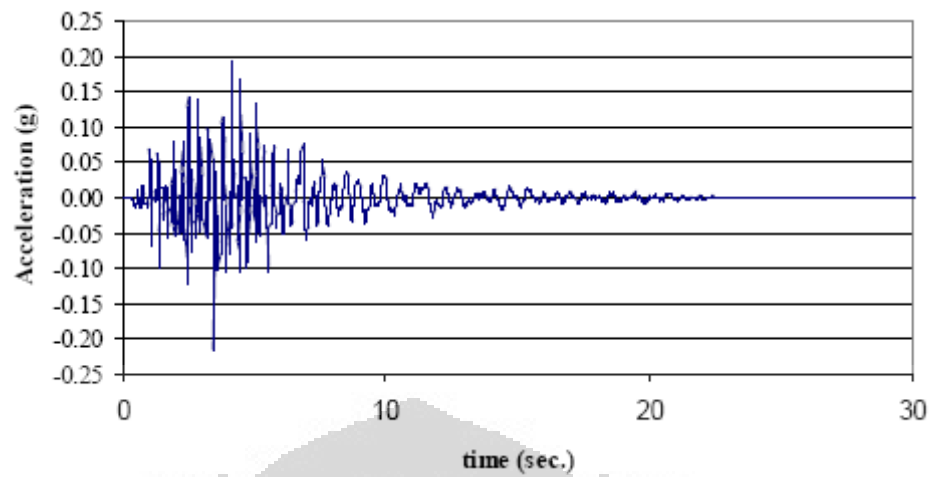
Gambar 2. 4 Time-Histories Zona Sumber Gempa Megathrust
($T=0,2$ Detik)



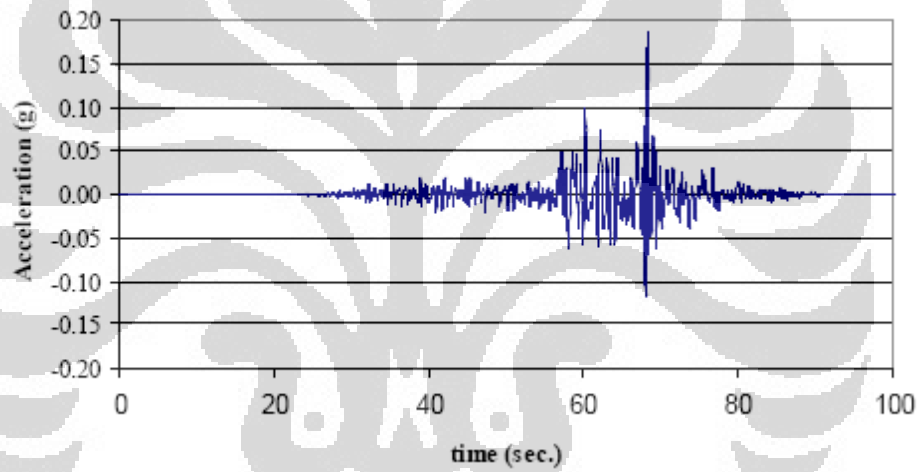
Gambar 2. 5 Time-Histories Zona Sumber Gempa Benioff ($T=0,2$ Detik)



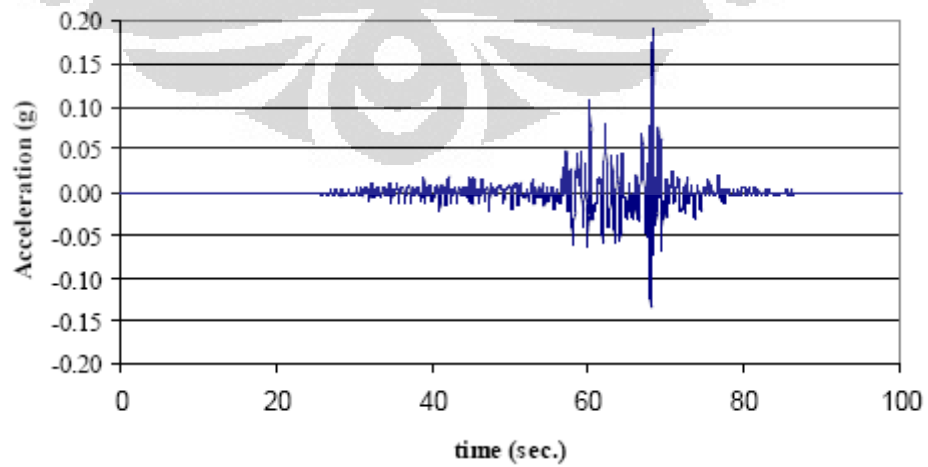
Gambar 2. 6 Time-Histories Zona Sumber Gempa Shallow Crustal
($T=0,2$ Detik)



Gambar 2. 7 Time -Histories Zona Sumber Gempa Background
(T=0,2 Detik)

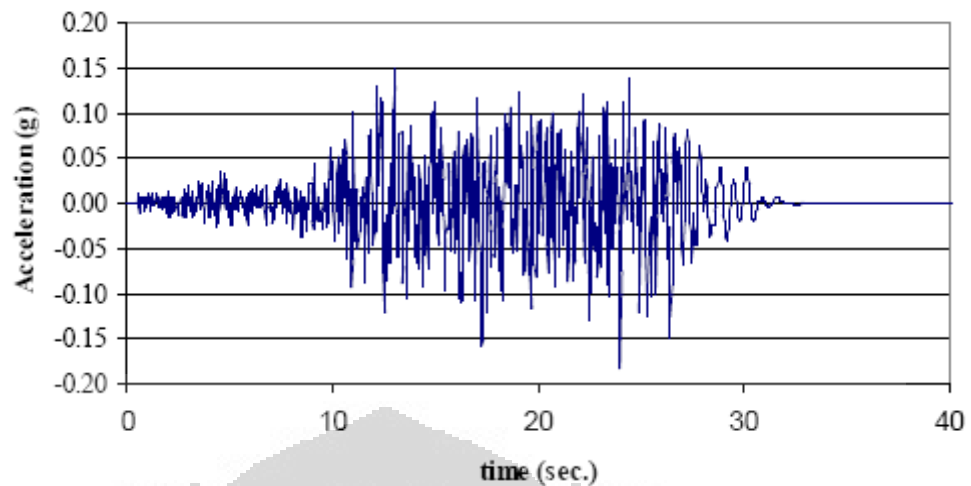


Gambar 2. 8 Time-Histories Zona Sumber Gempa Megathrust
(T=1,0 Detik)

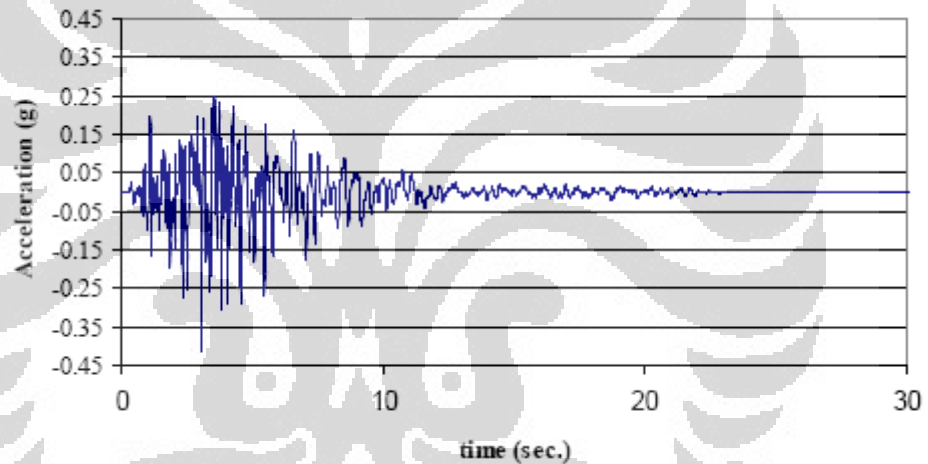


er Gempa Benioff (T=1,0 Detik)

Ga
mb
ar
2. 9
Ti
me-
His
tori
es
Zo
na
Su
mb



Gambar 2. 10 Time-Histories Zona Sumber Gempa Shallow Crustal (T=1,0detik)



Gambar 2. 11 Time-Histories Zona Sumber Gempa Background (T=1,0 Detik)

2.4.3. Input Parameter Dinamik Tanah

Di dalam melakukan analisa dengan menggunakan program SHAKE diperlukan input parameter dinamik berupa modulus geser dinamik (G_{max}) dan juga kecepatan gelombang geser (v_s). Modulus geser dinamik biasanya dikorelasikan dengan kecepatan gelombang geser (v_s) pada regangan yang kecil ($\pm 10^{-4}$ %) sebagai:

$$G_{\max} = v_s^2 \frac{\gamma}{g}$$

γ = unit weight

g = percepatan gravitasi

Besarnya kecepatan gelombang geser atau modulus geser dinamik dapat ditentukan berdasarkan korelasi empiris dengan menggunakan data pengujian lapangan seperti N-SPT. Beberapa korelasi empiris dengan harga N-SPT ditunjukkan pada tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Beberapa Korelasi Empiris Antara N-Spt Dengan Parameter Dinamik Tanah (Barros, 1994)

Reference	Correlation G_{\max} (kPa)	Correlation v_s (m/s)	Soil Type
Ohsaki & Iwasaki (1973)	$G_{\max} = 11500 N^{0,8}$		All (Japan)
Ohta & Goto (1978)		$v_s = 85,3 N^{0,341}$	All (Japan)
Imai & Tonouchi (1982)	$G_{\max} = 14070 N^{0,68}$	$v_s = 96,9 N^{0,314}$	All (Japan)
Seed et. al. (1983)	$G_{\max} = 6220 N$		Sand (USA)
Sykora & Stokoe (1983)		$v_s = 101 N^{0,29}$	Sand (USA)

Nilai kecepatan gelombang geser sendiri tidak perlu dihitung karena nilai tersebut akan muncul dalam program SHAKE setelah nilai γ dan G_{\max} telah dimasukkan.

2.4.4. Modulus Reduction Curve dan Dumping Curve

Modulus reduction curve, dumping curve merupakan data yang dibutuhkan untuk input dalam SHAKE. Terdapat banyak alternatif pilihan kurva yang

Universitas Indonesia

dapat dipilih untuk input ini. Namun pada beberapa pilihan kurva diperlukan nilai *Placticity Index* (PI). Karena nilai PI tidak dapat diperoleh dari hasil penyelidikan laboratorium untuk setiap lapisan tanah, maka pemilihan *modulus reduction curve* dan *dumping curve* dipilih sesuai dengan jenis tanah untuk masing-masing lapisan. Begitu juga untuk tanah pasir (*sand*).

2.5. MIKROZONASI

Bencana gempa tidak dapat diketahui kapan terjadinya dan seberapa besar. Namun, berdasarkan sifat atau karakteristik lapisan tanah di suatu daerah dapat diketahui seberapa besar pengaruh gempa pada tanah tersebut. Dengan melakukan analisis sifat tanah ini di setiap wilayah Jakarta maka dapat dihasilkan sebuah peta mikrozonasi. Peta ini dapat digunakan untuk menunjukkan letak-letak yang berbahaya bagi bangunan apabila terjadi gempa sebagai awal dari mitigasi bencana.

Peta mikrozonasi adalah peta mengenai karakteristik tanah yang membagi suatu wilayah menjadi zona-zona mengenai jenis tanahnya. Pada peta mikrozonasi terdapat zona-zona untuk daerah tertentu dan bisa juga terdapat informasi mengenai percepatan gempa maksimum terkoreksi dengan periode ulang tertentu untuk daerah tertentu. Peta mikrozonasi gempa kota Jakarta dibuat dengan membagi kota Jakarta menjadi zona wilayah berdasarkan data aktual mengenai lapisan tanah setempat yang didapat dari sejumlah titik data pemboran dan data laboratorium.

Keamanan terhadap gempa meliputi 2 aspek, yaitu ketahanan struktur bangunan dari kehancuran akibat gaya dinamik, dan keamanan daerah itu sendiri terhadap fenomena geoteknik seperti amplifikasi, longsor dan *liquefaction*. Untuk melakukan mitigasi terhadap resiko gempa bumi dan untuk memastikan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi, maka telah dibuat peraturan-peraturan/*design codes* oleh banyak negara di dunia yang memasukkan gaya dinamik sebagai pertimbangan. Beberapa diantaranya menggunakan metode *zoning maps* berdasarkan perkiraan-perkiraan geologi yang termasuk kedalam bagian dari *building codes* atau regulasi/peraturan.

Perkiraan terhadap fenomena geoteknik yang spesifik ini dibuat dengan cara yang bervariasi pada beberapa negara, tetapi jarang sekali yang dijadikan standar sebagai pendekatan dalam pembuatan regulasi atau *codes requirement*. Perhatian terhadap keamanan daerah dari gempa bumi mulai meningkat terutama untuk daerah-daerah yang rawan gempa bumi. Kasus yang banyak berkembang adalah tentang bencana longsor skala besar dan *liquefaction* yang mengakibatkan keruntuhan tanah.

Sebagai respon untuk menanggulangi hal tersebut, maka dilakukan upaya-upaya antara lain mengidentifikasi dan menilai suatu bencana geoteknik, dan merepresentasikannya ke dalam bentuk peta. Secara singkat dapat dikatakan bahwa hasil/*outcome* dari perkiraan-perkiraan tersebut ditampilkan dalam bentuk peta yang memperlihatkan potensi gempa di beberapa daerah yang berbeda-beda.

Zoning map digunakan dengan cara yang bervariasi untuk membantu melakukan mitigasi bencana geoteknik diantaranya seperti di bawah ini:

1.1. Perencanaan tata guna lahan (*land use planning*)

Dengan mengkombinasikan *zoning map* dengan peraturan/*guidance* level resiko yang relevan yang diperbolehkan terhadap suatu area lokal. Jika resiko terhadap gempa besar maka diperlukan investigasi geoteknik yang lebih detail untuk mengetahui perkiraan geoteknik selanjutnya dan untuk menerapkan suatu tindakan mitigasi membatasi pemakaian lahan.

2.1. Pelaksanaan tindakan mitigasi

Telah dijelaskan bahwa diperlukan suatu standar untuk pendekatan dalam melakukan perkiraan-perkiraan bencana geoteknik. *Zoning map* ini diharapkan dapat bermanfaat dalam membuat suatu standar pendekatan tersebut sehingga dapat melakukan tindakan mitigasi yang tepat.

2.5.2. Batasan-batasan level zonasi

Berdasarkan ISSMGE *Technical Committe for Geotechnical Earthquake Engineerng*, tiga tingkat pendekatan yang digunakan untuk melakukan zonasi pada tiga jenis fenomena geoteknik digambarkan seperti yang ada pada tabel 2.8. di bawah ini:

Tabel 2. 7 Penggunaan data untuk tiga level zonasi

	Tingkat-1	Tingkat-2	Tingkat-3
Gerakan Tanah	Catatan gempa (<i>historical earthquakes</i>) dan informasi yang ada	<i>Microtremor</i>	Investigasi geoteknik
	Peta Geologi	<i>Simplified geotechnical study</i>	<i>Ground response analysis</i>
	Wawancara penduduk sekitar		
Ketidakstabilan Lereng	Catatan gempa (<i>historical earthquakes</i>) dan informasi yang ada	Foto udara dan <i>remote sensing</i>	Investigasi geoteknik
	Peta Geologi dan Peta Geomorfologi	<i>fields studies</i>	Analisis
		<i>data vegetasi dan penyerapan air</i>	
Liquefaction	Catatan gempa (<i>historical earthquakes</i>) dan informasi yang ada	Foto udara dan <i>remote sensing</i>	Investigasi geoteknik
	Peta Geologi dan Peta Geomorfologi	<i>fields studies</i>	Analisis
		Wawancara dengan penduduk sekitar	
Skala Pemetaan	1:1,000,000 - 1:50,000	1:100,000 - 1:10,000	1:25,000 - 1:5,000

2.5.1. Peta Chasanudin et. al.

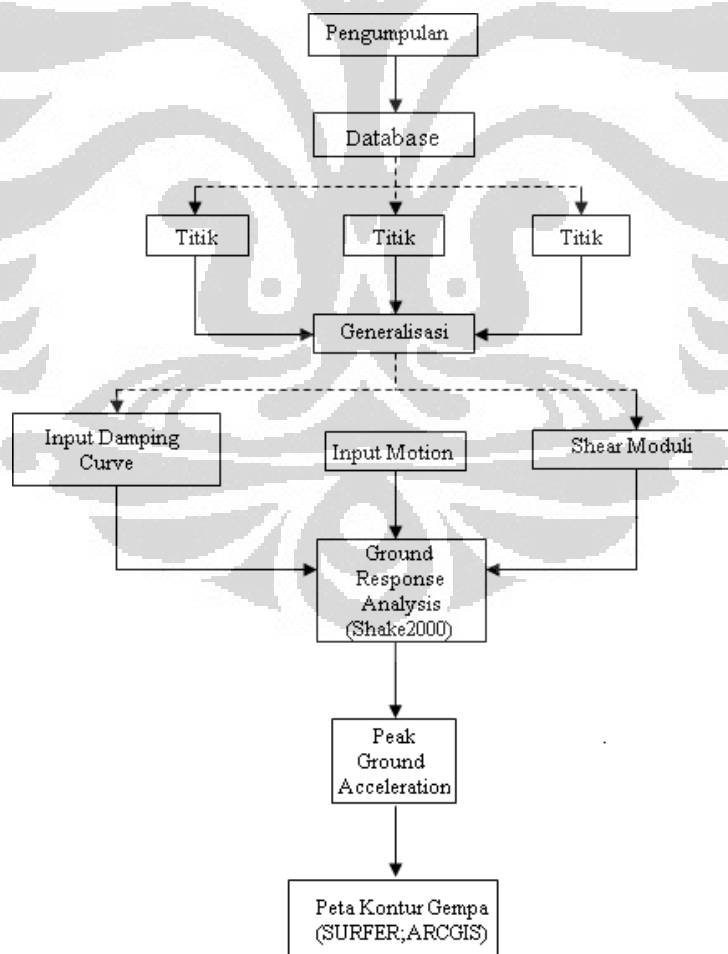
Sebagai referensi dalam membuat peta mikrozonasi gempa kota Jakarta pada penelitian ini adalah peta mikrozonasi gempa kota Jakarta yang dibuat oleh tim peneliti dari Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Bandung. Tim tersebut terdiri dari Ahmad Muzni Chasanudin, Christian Hariadi Girsang, Theo F. Najooan, dan Paulus Pranomo Rahardjo. Di bawah ini merupakan poin-poin penting dari penelitian Chasanudin et. al. dalam membuat peta mikrozonasi gempa kota Jakarta.

- Parameter dinamik tanah ditentukan berdasarkan uji SPT, parameter dinamik tersebut beserta parameter dinamik gempa lainnya diolah
- menggunakan program SHAKE untuk mendapatkan respon yang diperlukan.
- Analisis statistik gempa dilakukan dengan model statistik GUTTENBERG RITCHER.
- Menggunakan data akselerograf dari daerah lain, yaitu data gempa Denpasar (1978) El-Centro S-E (1940) dan Taft E-W (1952) yang disesuaikan perlapisan tanahnya dengan Kota Jakarta menggunakan cara yang dilakukan oleh SEED & KIFFER (1969).
- Melakukan analisis respon dinamik kota Jakarta pada 65 titik yang tersebar pada 5 wilayah kota Jakarta. Sebelum melakukan analisis, profil tanah disederhanakan menggunakan metode OHSAKI dan SAKAGUCHI (1972).
- Nilai modulus geser tanah didapatkan melalui rumus empiris yang diusulkan oleh OSAKI dan IWASAKI dan faktor redaman yang digunakan untuk taksiran awal redaman diambil 5 %.
- Pengolahan menggunakan program SHAKE untuk mendapatkan nilai percepatan maksimum permukaan tanah yang kemudian digunakan untuk menghasilkan peta mikrozonasi gempa kota Jakarta.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. PENDAHULUAN

Seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan peta mikrozonasi dan peta konturnya yang dapat digunakan untuk mitigasi bencana gempa. Untuk itu diperlukan sebuah metode penelitian yang direncanakan dengan baik agar hasil akhir yang didapat sesuai dengan tujuan tersebut. Metode penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini secara umum dapat dilihat pada flow chart yang ada pada gambar 3.1. dan akan dijelaskan secara lebih rinci pada sub-sub bab dalam bab ini. Mortar yang diuji dengan alat *hammer* memiliki mutu yang lebih kecil dibandingkan dengan mortar fiber. Tabel 4.1 dibawah ini adalah angka hasil uji hammer. Angka angka ini kemudian dirata-ratakan dan dikonversikan kedalam satuan Mega Pascall.



Gambar 3. 1 Bagan Kegiatan Penelitian

3.2. MENGUMPULKAN DATA TANAH

Untuk membuat peta gempa diperlukan data tanah yang selanjutnya akan di analisis seberapa besar efek yang akan terjadi jika gempa melewati daerah tersebut. Untuk itu diperlukan data tanah yang meliputi seluruh daerah yang akan dibuat peta gempanya. Data tanah yang digunakan secara garis besar terbagi menjadi dua, yaitu data lapangan yang di dapat dari pengeboran lapangan dan juga data laboratorium dari tes di laboratorium. Data-data yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Data-Data Yang Diperlukan Dari Pengeboran Lapangan

Borehole data (soil column, drilling log)	Location Date and time Strata, depth, thickness SPT N-values Groundwater levels Name of drillers and company
--	---

Data-data tersebut dipeoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Data tersebut adalah hasil investigasi tanah dan tes laboratorium rutin yang selama ini terkumpul.

3.3. ANALISA GROUND RESPONSE ANALYSIS

Gelombang gempa merambat cepat pada lapisan batuan atau tanah keras dengan kecepatan dan percepatan tertentu yang sulit untuk diprediksi. Selain itu gelombang gempa juga merambat dari lapisan tanah keras menuju permukaan. Selama perjalanannya menuju permukaan gelombang gempa mengalami perubahan percepatan tergantung pada lapisan tanah yang dilaluinya. Semakin lunak tanah yang dilalui maka percepatan akhir gelombang tersebut pada saat mencapai permukaan akan semakin besar. *Ground response analysis* adalah analisa yang digunakan untuk mendapatkan *peak ground acceleration* atau percepatan puncak gempa yang dapat terjadi pada tanah tersebut oleh sebuah gempa standar yang digunakan.

3.4. MEMBUAT PETA MIKROZONASI

Peta adalah gambaran suatu wilayah dengan skala tertentu beserta informasi yang terdapat di dalamnya. Seperti yang diketahui kebanyakan orang, peta dapat dilihat dalam bentuk lembaran kertas nyata atau *hard copy*, dan juga dapat dilihat menggunakan bantuan komputer dalam bentuk *soft copy*. Peta *soft copy* inilah yang dimaksud dengan peta digital.

Peta digital itu sendiri terbagi ke dalam dua jenis, peta raster dan peta vektor. Peta raster adalah peta yang ditampilkan dalam bentuk pixel. Semakin banyak pixel maka gambar peta akan semakin halus dan tajam. Hal seperti ini adalah sama seperti yang digunakan dalam foto digital. Biasanya peta ini disimpan dalam bentuk JPG, BMP, dan lain-lain.

Peta kedua adalah peta vektor. Peta vektor adalah peta yang terbentuk dari kumpulan titik-titik. Kelebihannya adalah peta ini dapat memperbesar dan memperkecil gambar dengan halus. Gambar yang terbentuk akan tetap terlihat bagus dan tajam karena digambar menggunakan metode kumpulan titik-titik tersebut. *Software* yang biasa digunakan untuk membuat gambar seperti ini adalah 'AutoCAD' yang menyimpan file dalam bentuk 'dwg'. Peta dalam bentuk inilah yang digunakan dalam penelitian ini.

Kelebihan lainnya dari peta vektor adalah setiap area di peta tersebut mempunyai kordinat yang pasti. Kordinat suatu area tidak akan bergeser atau berubah pada peta yang sama. Kelebihan inilah yang dapat dimanfaatkan untuk mengetahui lokasi pasti tempat data tanah diambil sehingga dapat mempermudah baik dalam pembuatan dan lebih efektif dan efisien dalam penggunaan atau pemakaian. Sehingga pada akhirnya akan mempermudah proses analisa suatu daerah khususnya dalam kegunaan wilayah. Data-data tanah yang telah didapatkan selanjutnya dapat disimpan sesuai dengan kordinat tempat pengambilan tanah tersebut. Dengan demikian dapat mempermudah melihat alur *pattern* penyebaran tanah, sifat tanah secara umum pada suatu daerah. Sehingga apabila sudah bisa melihat sifat tanah pada setiap daerah dapat mempermudah dalam menganalisis pengaruh gempa pada daerah tersebut.

Dalam proses ini, semua data tanah, baik itu data lapangan maupun pengujian laboratorium, dimasukkan atau disimpan untuk setiap daerah masing-masing

Universitas Indonesia

dengan menggunakan software ArcGIS. Pada software ini data akan tersimpan pada setiap kordinatnya masing-masing. ArcGIS juga menyediakan tampilan yang bermacam-macam sehingga dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan. Misalnya hanya menampilkan gambar petanya saja, namun ketika di klik pada suatu area pada tempat tersebut maka dapat terlihat data yang tersimpan pada kordinat tersebut. Dapat juga ditampilkan dalam bentuk jejeran potongan borlog yang memperlihatkan *pattern* lapisan tanah seperti sebuah tampang lapisan tanah yang terlihat dari samping. Data tanah yang berupa N-SPT setelah dilakukan *ground response analysis* akan menghasilkan kumpulan data percepatan puncak, yang selanjutnya akan membentuk peta mikrozonasi yang dimaksud.

3.5. MEMBUAT KONTUR GEMPA

Setelah peta mikrozonasi selesai dibuat, maka selanjutnya dapat dibuat menjadi peta kontur. Peta kontur dibuat dengan menghubungkan daerah-daerah yang memiliki percepatan puncak yang sama dengan sebuah garis. Tidak semua percepatan puncak dihubungkan oleh garis, tetapi hanya beberapa percepatan yang masuk ke dalam interval percepatan puncak yang diinginkan. Setelah semua interval telah tersambung maka didapatkanlah peta kontur gempa yang dapat digunakan untuk mitigasi bencana dalam mendisain suatu bangunan.

BAB IV

PENENTUAN PARAMETER TANAH SEBAGAI INPUT DATA

4.1. PENDAHULUAN

Dalam proses perhitungan percepatan puncak gempa di permukaan tanah diperlukan input parameter tanah dan input motion gempa yang digunakan. Dalam melakukan *ground response analysis*, parameter tanah harus ditentukan untuk setiap titik yang akan dilakukan *ground response analysis* tersebut. Setiap titik tanah terdiri atas beberapa lapisan tanah yang berbeda-beda dan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda juga. Untuk itu perlu dilakukan proses generalisasi pada setiap lapisan tanah untuk menentukan parameter yang digunakan pada lapisan tersebut. Dalam bab ini akan dibahas proses penentuan parameter tanah secara detail mulai dari pengumpulan data tanah, pembuatan data base, proses generalisasi data tanah, dan penentuan parameter dinamik tanah. Selain itu, dalam bab ini juga akan dibahas mengenai penentuan input motion berdasarkan data riwayat waktu percepatan time-histories (TH) gempa di Jakarta yang dibuat oleh Masyhur Irsyam dkk.

4.2. PENGUMPULAN DATA TANAH

Dalam penelitian ini, informasi data-data yang akan digunakan seperti data penyelidikan tanah yang berbentuk bore log dibuatkan database dengan *tool* bantuan yaitu GINT beserta data tanah laboratorium yang kemudian akan dilakukan generalisasi data untuk setiap wilayah proyek tempat penyelidikan tanah. Dari data penyelidikan didapatkan informasi tanah yang akan digunakan menjadi input data tanah, dan data tanah laboratorium yang akan digunakan sebagai penentuan input parameter dinamika tanah, serta data gempa DKI Jakarta yang telah dibuat oleh Masyhur Irsyam dkk sebagai input motion.

4.3 PEMBUATAN DATABASE TANAH

Data-data borlog dan hasil pengujian laboratorium didapatkan dari beberapa sumber yang berbeda, dan tersedia dalam format yang berbeda-beda. Sebagian besar data borlog berbentuk hardcopy. Oleh karena itu, data-data borlog

tersebut perlu untuk dikumpulkan kembali dalam bentuk softcopy dan dibentuk dalam satu format agar data-data tersebut terdokumentasi dengan baik.

Tabel 4.1 Daftar Nama Proyek

No.	Nama Proyek	Alamat	Kotamadya
1	Gedung Mall Duren Sawit	Jl. Pendidikan	Jakarta Timur
2	BKT Paket 26	Pondok Kopi	Jakarta Timur
3	Renovasi Kantor Blok I KBN Cakung	Cakung	Jakarta Timur
4	Bangunan Perkantoran	Jl. Otto Iskandar Dinata No.60	Jakarta Timur
5	Casablanca East Residence	Jl. Pahlawan Revolusi	Jakarta Timur
6	Gedung Pelayanan Dephan	Jl. Medan Merdeka Barat	Jakarta Pusat
7	Gedung C Bank Indonesia	Jl. M. H. Thamrin	Jakarta Pusat
8	Grand Treva International Hotel	Jl. Prapatan 20/22, Senen	Jakarta Pusat
9	Singapore International School	Jl. KH. Wahid Hasyim	Jakarta Pusat
10	Masjid Hayam Wuruk	Jl. Hayam Wuruk	Jakarta Pusat
11	PT. Sainath Office	Kemayoran	Jakarta Pusat
12	Proyek Aparteman Juanda	Jl. Ir. Juanda II-44	Jakarta Pusat
13	Graha Reformed Millenium	Kemayoran	Jakarta Pusat
14	The City Center	Kemayoran	Jakarta Pusat
15	Mandala Multifinance		Jakarta Pusat
16	Office Tanah Abang III	Tanah Abang	Jakarta Pusat
17	Dermaga 108	Tanjung Priok	Jakarta Utara
18	PT. KBN Marunda	Marunda	Jakarta Utara
19	Gedung Parkir Mega Mall Pluit	Pluit	Jakarta Utara
20	Pembangunan Tanki Timbun BBM 1500 KL	Koja, Tanjung Priuk, UPPDN III	Jakarta Utara
21	Pintu Timur Ancol	Taman Impian Jaya Ancol	Jakarta Utara
22	Jalan Tol Cibitung - Cilincing Sta 33+200	Cilincing	Jakarta Utara
23	Jalan Tol Cibitung - Cilincing Sta 31+675	Cilincing	Jakarta Utara
24	Gedung Parkir KWK	Jl. Jenderal A. Yani	Jakarta Utara

Universitas Indonesia

Data tanah yang digunakan sebagian besar bersumber dari Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UI dan beberapa diantaranya berasal dari luar Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UI. Data tanah tersebut merupakan data penyelidikan lapangan dari tahun yang berbeda-beda dimulai dari tahun 1988 hingga tahun 2008 dan data bore log tersebut yang dipergunakan dibatasi hanya data bor yang mencapai kedalaman minimal 30 m. Data bore log yang dikerjakan sebelum tahun 2004 masih dikerjakan secara manual sehingga data ini perlu dibuatkan database tanah dengan menggunakan tool GINT. Data-data yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Pengubahan format boring log kedalam bentuk softcopy dilakukan dengan menggunakan software GINT. Cara kerja software ini adalah dengan mengubah data-data dalam bentuk worksheet pada software Microsoft Excel menjadi satu jenis format bor log. Hasil bor log yang didapatkan dapat disimpan dalam bentuk file.pdf

Informasi dari data borlog yang dipindahkan ke worksheet antara lain:

1. Deskripsi Tanah: meliputi jenis klasifikasi tanah, warna tanah, plastisitas tanah, konsistensi dan kepadatan tanah.
2. N-SPT: adalah banyak pukulan tanah untuk penurunan setiap 15 cm. pengujian ini dilakukan 3 x 15 cm pada setiap kedalaman ± 2 m. nilai N yang digunakan adalah jumlah pukulan 15 cm kedua dan ketiga.
3. Elevasi muka air tanah
4. Data pengeboran: nama proyek, lokasi, tanggal pengeboran, petugas pengeboran, dsb.

Setelah data terdokumentasi ke dalam worksheet, data tersebut akan diubah menjadi boring log dengan menggunakan software GINT sehingga data-data tersebut tersimpan dalam format yang sama.

4.4. GENERALISASI DATA TANAH DALAM MENETUKAN INPUT PARAMETER TANAH

Titik uji penyelidikan tanah pada suatu proyek biasanya lebih dari satu titik. Setiap titik pengeboran mempunyai satu data bor log. Namun perhitungan peak ground acceleration tidak dilakukan untuk setiap titik bor karena pada umumnya

informasi dari bor log yang berada pada satu proyek tidak jauh berbeda. Oleh karena itu, akan dilakukan proses generalisasi data-data bor log pada satu proyek menjadi satu data borlog. Disamping mempermudah proses perhitungan, proses generalisasi ini juga dilakukan agar hasil yang didapatkan lebih sederhana sehingga dapat diinterpretasikan dengan baik.

Proses generalisasi ini dilakukan secara manual yaitu dengan memperhatikan persamaan-persamaan deskripsi tanah antara beberapa borlog dan melakukan beberapa proses rata-rata. Proses generalisasi dilakukan pada beberapa data berikut:

1. Stratifikasi tanah.

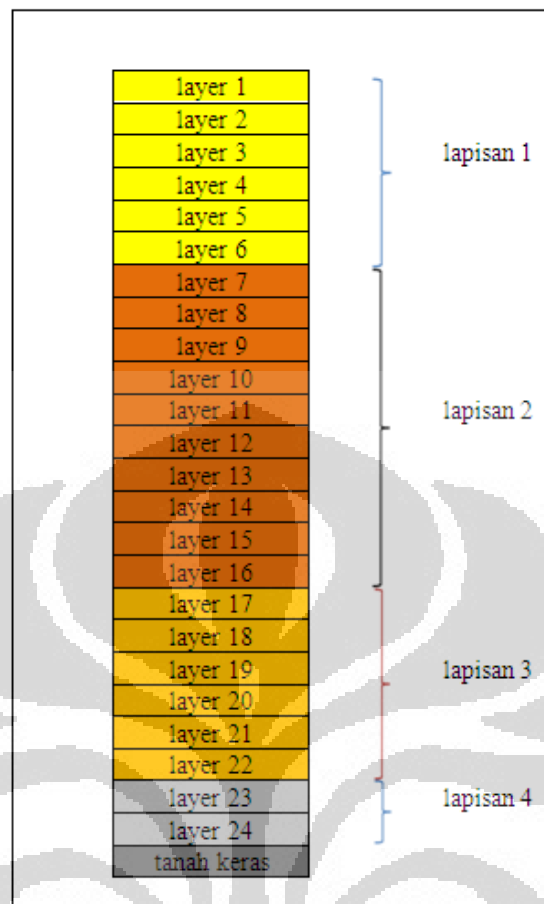
Generalisasi stratifikasi tanah dilakukan pada setiap lapisan tanah. Lapisan-lapisan tanah yang memiliki deskripsi yang sama atau hampir sama digolongkan kedalam satu lapisan. Deskripsi tanah yang diperhatikan persamaannya yaitu jenis tanah, warna, konsistensi atau kekerasan, dan plastisitas.

2. Elevasi muka air tanah

Pada setiap borlog terdapat elevasi muka air tanah yang berbeda. Nilai generalisasi elevasi muka air tanah dilakukan dengan proses rata-rata.

3. Nilai N-SPT

Nilai N-SPT pada borlog biasanya didapatkan untuk setiap interval kedalaman 2 m. Namun elevasi pengujian N-SPT pada setiap interval 2 m tersebut tidaklah sama pada bor yang berbeda. Untuk itu dibuat suatu interval baru yang menlingkupi beberapa nilai N-SPT pada elevasi yang berdekatan. Kemudian dilakukan generalisasi nilai N-SPT dengan proses rata-rata pada interval tersebut. Lapisan tanah pada interval baru tersebut disebut layer tanah. Pada stratifikasi tanah bor log yang telah digeneralisasi terdapat beberapa lapisan tanah yang berbeda-beda, pada satu lapisan tanah terdapat beberapa layer, dan pada satu layer terdapat satu nilai N-SPT.

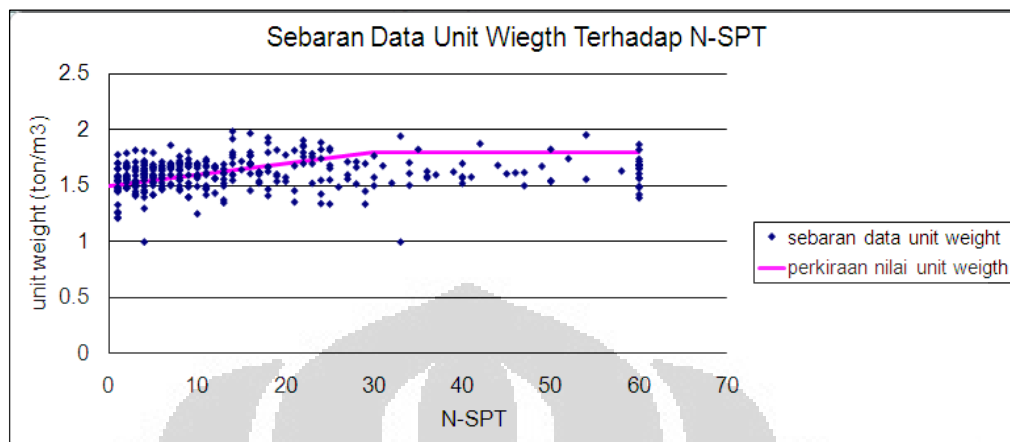


Gambar 4. 1 Pembagian Lapisan Tanah

4. Data-data laboratorium

Data-data laboratorium yang dibutuhkan dalam proses perhitungan peak ground acceleration yaitu unit weight (γ_{wet}) dan Plasticity Index (PI). Data-data tersebut didapatkan dari pengujian laboratorium. Pengujian laboratorium dilakukan pada setiap sample undisturb yang diperoleh dari pengeboran lapangan. Sample undisturb diambil pada kedalaman yang berbeda-beda dan juga interval pengambilan yang tidak tentu. Oleh karena itu generalisasi tidak dapat dilakukan untuk setiap layer. Generalisasi dilakukan dengan melakukan proses rata-rata data tersebut untuk setiap lapisan. Apabila pada suatu proyek tidak terdapat data pengujian laboratorium sama sekali, maka diperlukan suatu metode yang dapat dipertanggungjawabkan untuk menentukan nilai *unit weight* dan PI. Nilai PI ditentukan dengan perkiraan berdasarkan jenis tanahnya. Sedangkan nilai unit

weight ditentukan berdasarkan nilai sebaran nilai unit weight terhadap nilai N-SPT. Persebaran data tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Korelasi Unit Weight Terhadap N-SPT

4.5. PENENTUAN PARAMETER INPUT DINAMIKA TANAH

4.5.1. Penentuan Modulus Reduction Dan Damping Curve

Dalam menentukan modulus reduction dan damping curve diperlukan nilai Plasticity index (PI) untuk setiap jenis tanah. Untuk penentuan modulus reduction dan damping curve berdasarkan nilai plasticity index dan jenis tanahnya, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Klasifikasi Modulus Reduction dan Damping Curve Apabila Nilai PI Diketahui

Jenis Tanah	Nilai PI	Modulus Reduction dan Damping Ratio
Clay, Silt, Silty	0<PI<22	Soil PI=15 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Clay, Clayey Silt,	22<PI<40	Soil PI=30 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Sandy Silt, Silty	40<PI<75	Soil PI=50 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Sand	75<PI<100	Soil PI=100 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Sand	-	Sand Average (Seed & Idriss, 1970)

Nilai Plasticity index (PI) untuk setiap jenis tanah yang digunakan sebagai penentuan modulus reduction dan damping curve juga terbatas sama halnya seperti nilai unit weight. Oleh karena itu untuk mengatasi masalah keterbatasan nilai Plasticity Index (PI) digunakan asumsi dalam menentukan modulus reduction dan damping curve pada tabel 4.3.

Tabel 4. 2Klasifikasi Modulus Reduction Dan Damping Curve Apabila Nilai PI Tidak Diketahui

Jenis Tanah	Modulus Reduction dan Damping Ratio
Clay Silty Clay, Clayey Silt	Soil PI=30 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Silt	Soil PI=15 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Sandy Silt, Silty Sand	Soil PI=0 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Sand	Sand Average (Seed & Idriss, 1970)

Untuk Jenis tanah Silty Sand dan Sandy Silt yang memiliki data plasticity index, menggunakan dua parameter modulus reduction dan damping curve, hal ini karena beberapa nilai Plasticity index jenis tanah Silty Sand ataupun Sandy silt yang terdapat pada laporan uji laboratorium mempunyai nilai yang sangat besar ($PI > 30$). Hal ini, kemungkinan pada saat uji atterberg limit kandungan Sand tertahan pada saringan No.40 yang akan jadi sampel uji, sehingga nilai Plasticity index yang didapat tidak menggambarkan kondisi tanah di lapangan. Jadi, untuk beberapa lokasi yang memiliki lapisan tanah jenis Silty Sand ataupun Sandy Silt akan memiliki dua hasil percepatan puncak gempa.

4.5.2. Shear moduli (G_{max})

Shear moduli dihitung di dalam software berdasarkan persamaan yang tersedia. Persamaan yang dipilih adalah:

$$G_{max} = 1000 \left[20(N_{1,60})^{1/3} \right] (\sigma_m)^{1/2}$$

$$G_{max} = \text{maximum shear modulus}$$

$N_{1,60}$ = N-value measured in SPT test delivering 60% of the theoretical free fall energy of the drill rod, and corrected for an effective overburden pressure of 1 ton/square foot

$$\sigma_m = \text{effective mean principle test}$$

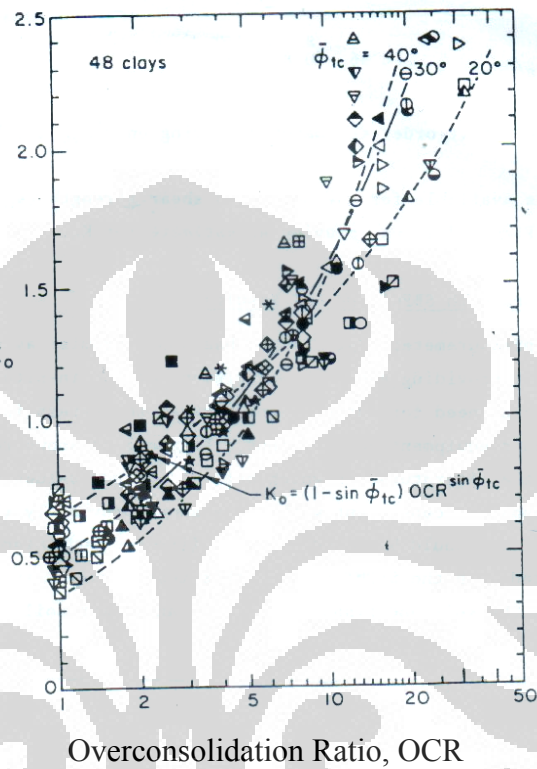
$$\sigma_m = \left(\frac{1+2K_0}{3} \right) \sigma_v'$$

$$K_0 = \text{at - rest earth pressure coefficient}$$

$$\sigma_v' = \text{effective vertical stress}$$

Reference: Seed, H.B.; Wong, R.T.; Idriss, I.M. and Tokimatsu, K. (1986)

Persamaan tersebut membutuhkan nilai parameter K_0 dan N-SPT. Nilai K_0 didapatkan dari korelasi dengan nilai *Over Consolidated Ratio* (OCR). Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 3 K_0 Dikorelasikan Dengan OCR

Source: Data from Mayne and Kulhawy (1).

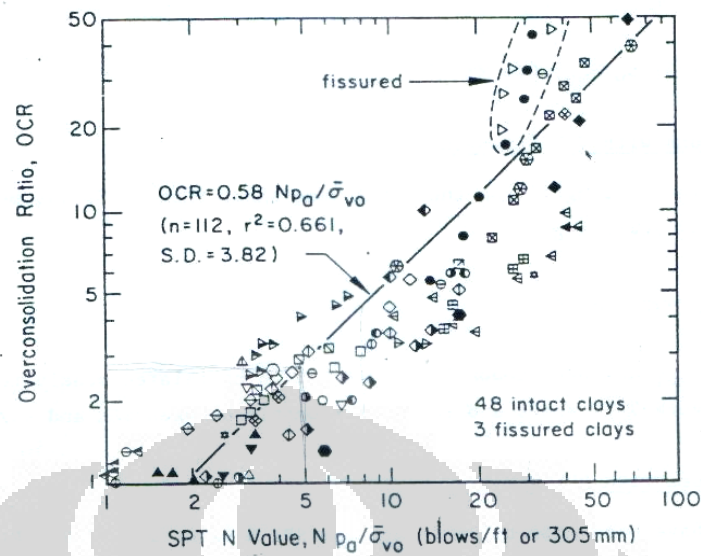
$$K_0 = (1 - \sin \phi_{tc}) OCR^{\sin \phi_{tc}}$$

$$\phi = 25^\circ$$

$$K_0 = (1 - \sin \phi_{tc}) \sqrt{OCR}$$

$$K_0 = 0.58 \sqrt{OCR}$$

Sedangkan nilai OCR ditentukan menggunakan korelasi dengan nilai N-SPT dan tegangan vertical efektif. Seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4. 4 Korelasi OCR Terhadap N-SPT

$$OCR = 0,58 \frac{N \cdot P_a}{\bar{\sigma}_{v_0}}$$

P_a = tekanan atmosfer = 100 kPa

4.5.3. Shear wave velocity (V_s)

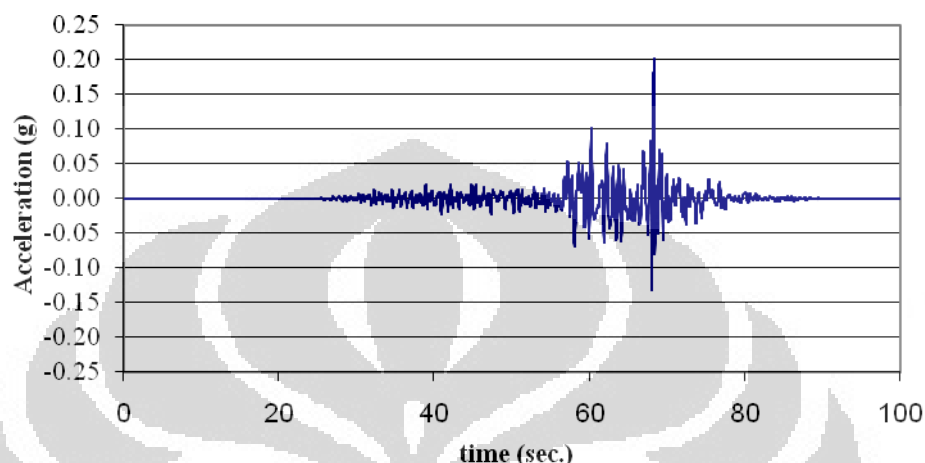
Pada proses perhitungan menggunakan SHAKE 2000, parameter *Shear wave velocity* hanya digunakan pada lapisan tanah keras. Nilai *Shear wave velocity* untuk tanah keras ditentukan berdasarkan SNI 03-1726 -2003. Menurut SNI tersebut, kecepatan gelombang geser rata-rata untuk tanah keras adalah lebih besar dari 350 m/s. Nilai kecepatan gelombang geser yang digunakan pada perhitungan ini adalah 1200 fps (feet/second). Nilai ini lebih besar dari 350 m/s \approx 1148.28 fps.

4.1. PENENTUAN INPUT MOTION

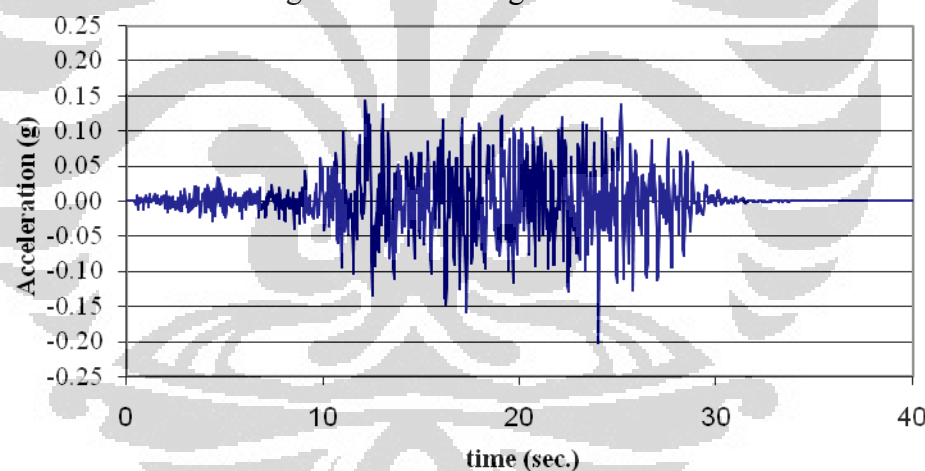
Input motion yang digunakan dalam penelitian ini adalah data riwayat waktu percepatan gempa dalam time-histories (TH) yang dibuat oleh Masyhur Irsyam dkk dengan periode ulang gempa 500 tahun, yang merupakan data TH buatan.

Universitas Indonesia

Data TH yang dipakai ada dua (2) buah yaitu time histories sumber gempa Megathrust dengan periode 0.2 detik ($T = 0.2$ detik) dan time histories zona sumber gempa Shallow crustal dengan periode 0.2 detik ($T = 0.2$ detik). Grafik percepatan gempa dengan time histories gempa tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5. dan gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Time Histories Zona Sumber Gempa Megathrust ($T = 0.2$ Detik) Dengan Periode Ulang 500 Tahun.



Gambar 4. 6 Time Histories Zona Sumber Gempa Shallow Crustal ($T = 0.2$ Detik) Dengan Periode Ulang 500 Tahun.

Namun percepatan puncak gempa di batuan dasar yang seharusnya sebesar 0.2 g untuk zona sumber gempa Megathrust ($T = 0.2$ detik) dan Shallow Crustal ($T = 0.2$ detik), dipergunakan percepatan puncak gempa sebesar 0.18 g. Angka tersebut didapatkan dari nilai percepatan puncak muka tanah Jakarta yang terletak pada wilayah gempa 3 sesuai dengan SNI 03-1726-2002 seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini.

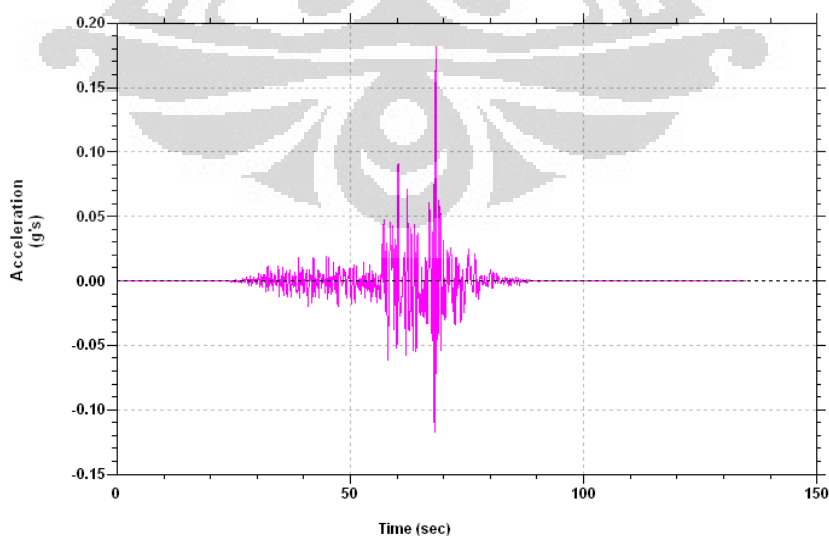
Tabel 4. 3 Percepatan Puncak Batuan Dasar Dan Percepatan Puncak Muka

Tanah Untuk Masing-Masing Wilayah Gempa Indonesia

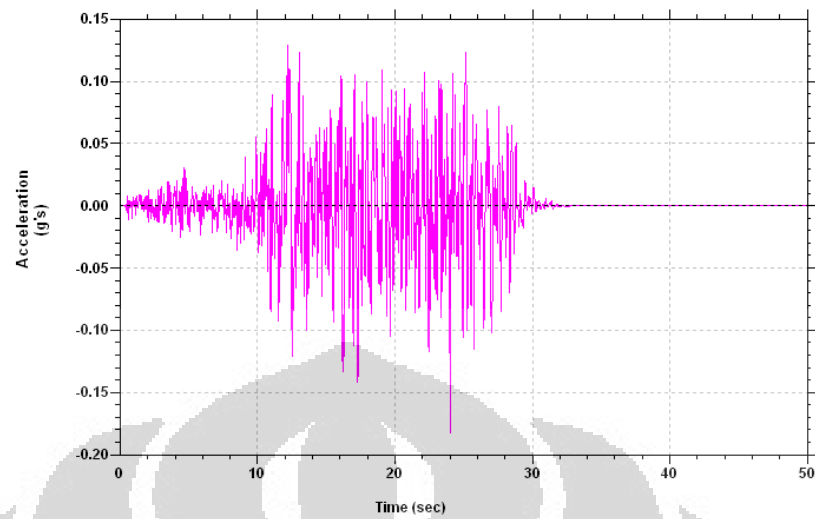
Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar (g)	Percepatan puncak muka tanah A_0 (g)			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

Pengambilan percepatan puncak gempa sebesar 0.18 g pada SNI tersebut adalah karena lapisan batuan dasar (bedrock) wilayah DKI Jakarta, dimana gempa tersebut menjalar, berada pada kedalaman 200-300 meter di bawah permukaan tanah, sedangkan informasi data yang tersedia hanya sampai kedalaman ± 30 meter sehingga asumsi yang digunakan adalah gempa tersebut menjalar pada kedalaman 30 meter dengan percepatan puncak sebesar 0.18 g. Percepatan puncak ini bukanlah percepatan puncak gempa sebenarnya pada lapisan batuan dasar tetapi adalah perkiraan yang telah ditetapkan sebagai SNI.

Grafik percepatan puncak gempa zona sumber gempa Megathrust dan Shallow Crustal dengan percepatan puncak sebesar 0.18 g dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8.



Gambar 4. 7 Acceleration-Time Histories gempa megathrust periode 0.2 detik



Gambar 4. 8. Acceleration-Time Histories gempa megatruster periode 0.2 detik

BAB V

ANALISIS HASIL PERCEPATAN PUNCAK GEMPA DI PERMUKAAN

5.1. PENDAHULUAN

Secara garis besar, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mengenai percepatan gempa yang terjadi di permukaan dengan data gempa dengan periode ulang 500 tahun yang dibuat oleh Masyhur Irsyam dkk, dengan menggunakan *tool* utama SHAKE 2000. Untuk itu digunakan data-data berupa data tanah laboratorium dan data *bor log*, serta data gempa yang telah dikembangkan oleh Masyhur Irsyam dkk, dari data tersebut akan dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan SHAKE 2000 dan menghasilkan percepatan gempa di permukaan yang merupakan output dari penelitian ini. Hasil percepatan gempa di permukaan tersebut kemudian di plot ke dalam peta Jakarta dengan *tool* bantuan Arc-GIS dan *tool* bantuan SURFER untuk membuat kontur percepatan gempa di permukaan.

5.2. PROSES PENGOLAHAN DATA

Data penyelidikan tanah lapangan yang telah dibuahkan database dengan bantuan GINT yang terdiri dari beberapa titik untuk satu wilayah penyelidikan dilakukan generalisasi data seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, sehingga didapatkan satu data *bor log* untuk satu wilayah penyelidikan. Data uji laboratorium juga dilakukan generalisasi. Dari informasi yang didapat dari data penyelidikan tanah lapangan dan uji laboratorium, digunakan untuk input data dan diproses dengan SHAKE 2000 bersama dengan input motion yang telah ditentukan sehingga menghasilkan output data berupa percepatan puncak gempa di permukaan.

5.3. INPUT DATA

Data bore log dan uji laboratorium yang terdiri dari beberapa titik di setiap wilayah penyelidikan lapangan, yang lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran, dilakukan generalisasi data sehingga menghasilkan satu informasi data tanah yang merupakan general data dari titik-titik tersebut.

Hasil generalisasi tersebut dan penggunaannya sebagai input data dapat dilihat pada pembahasan berikut yang akan difokuskan pada satu titik, yaitu Pintu Timur Ancol.

- Pintu Timur Ancol.

Informasi titik bor yang didapat untuk lokasi ini terdiri dari 2 titik dan beberapa data uji laboratorium yang dapat dilihat lebih lengkap pada lampiran. Dari informasi tersebut dilakukan generalisasi data sehingga didapatkan hasil untuk input data yang dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Generalisasi Data Pintu Timur Ancol
Pintu Timur Ancol

Kedalaman	Jenis Tanah	N-SPT rata-rata	unit weight (t/m ³)	PI
0 - 8.5	Silty Clay	1	1.57	25.37
8.5 – 19	Clayey Sand	31	1.62	35.87
19 – 30	Sand	56	1.8	-

Dari informasi Plasticity Index (PI) ini digunakan untuk menentukan damping curve dan modulus reduction untuk jenis tanah di atas, dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Damping Curve dan Moduli Pintu Timur Ancol

Jenis Tanah	PI	Damping & Moduli
Silty Clay	25.37	Soil with PI=30 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Clayey Sand	35.87	Soil with PI=30 (Vucetic & Dobry, JGE 1/91)
Sand	-	Sand Avg. G/Gmax - SAND, Average (Seed & Idriss 1970)

Untuk input tanah dibuat per layer disesuaikan dengan pengambilan data N-SPT dari penyelidikan tanah lapangan. Input tanah dapat dilihat pada tabel 5.3.

Nilai K_0 didapat dengan perhitungan dengan menggunakan rumus yang telah dijelaskan, hasil ini digunakan untuk menentukan nilai G_{max} yang dihitung secara otomatis oleh program SHAKE 2000 sesuai dengan rumus menentukan G_{max} di atas.

Tabel 5. 3Input Tanah Pintu Timur Ancol Untuk Setiap Layer

m.a.t = 1.5 m

depth	Layer	lapisan	Thickness	unit weight (KN/m3)	N	Ko
3	1	1	3	15.7	1	0.91022
6	2	1	3	15.7	1	0.692806
8.5	3	1	2.5	15.7	2	0.832351
11	4	2	2.5	15.28	7	1.433328
14	5	2	3	16.2	23	2.202597
16	6	2	2	16.2	46	2.882764
19	7	2	3	18	51	2.533735
22	8	3	3	18	60	2.557355
24	9	3	2	18	60	2.425443
26	10	3	2	18	56	2.254326
28	11	3	2	18	56	2.174854
30	12	3	2	18	48	1.947216

5.4. OUTPUT DATA

Input data tanah bersama dengan input motion diproses dengan SHAKE 2000 akan menghasilkan nilai percepatan gempa di permukaan. Input motion yang digunakan pada penelitian ini dengan periode ulang 500 tahun dan menggunakan dua buah input motion yaitu sumber gempa Megathrust dengan periode gempa 0.2 detik dan sumber gempa Shallow Crustal dengan periode gempa 0.2 detik. Karena menggunakan dua buah input motion maka didapatkan pula dua hasil percepatan gempa di permukaan untuk setiap titik wilayah penyelidikan. Dan dikarenakan beberapa titik wilayah penyelidikan ada yang menggunakan dua parameter modulus reduction dan damping curve, maka untuk titik tersebut didapatkan dua hasil percepatan gempa untuk setiap input motion.

Pada wilayah penyelidikan yang kita bahas yaitu Pintu Timur Ancol, didapatkan hasil percepatan puncak gempa sebesar 0.36 g untuk input motion sumber gempa Megathrust, sedangkan untuk input motion sumber gempa Shallow Crustal didapatkan nilai percepatan puncak gempa di permukaan sebesar 0.28 g. Hasil ini dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2 untuk input motion sumber gempa Megathrust dan gambar 5.3 dan 5.4 untuk input motion sumber gempa Shallow Crustal.

Lebih jelasnya hasil percepatan gempa dapat dilihat pada bentuk tabel yang dapat dilihat pada lampiran.

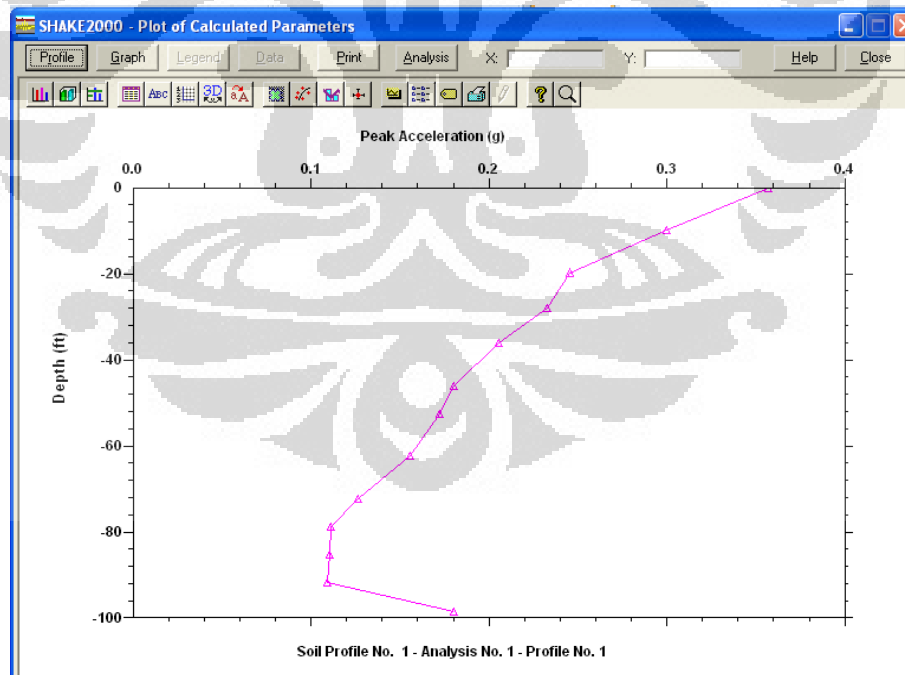
SHAKE2000 - Summary of Results of First Output File

File: C:\PROGRAM FILES\SHAKE2000\OUTPUT\BI.GRF
 Project: Soil Profile No. 1
 Deposit: Analysis No. 1 - Profile No. 1
 Earthquake: G:\SKRIPSI\INPUTMOTION\MEGATRUST1.EQ

Soil column data:
 Period: .5 sec
 Vs: 780 ft/sec

Layer No.	Depth (ft)	Unit Weight (kcf)	Damping Used (%)	Shear Modulus (ksf)	Maximum Strain (%)	Maximum Stress (psf)	Shear Wave Velocity (fps)	Depth to Acceleration (ft)	Peak Acceleration (g)	G/Gmax Curve	Damping Curve
1	4.92	.098	6	308.1	.05291	163.03	318.1711	0	.35686	Soil PI=30	Soil PI=30
2	14.76	.098	8.8	268.8	.16088	432.38	297.1868	9.84	.29378	Soil PI=30	Soil PI=30
3	23.78	.098	8	466.6	.11983	559.17	391.55	19.68	.24524	Soil PI=30	Soil PI=30
4	31.98	.095	6.3	1163.9	.05845	680.32	628.093	27.88	.2329	Soil PI=30	Soil PI=30
5	41	.101	5.2	2587	.03283	849.43	908.1664	36.08	.20558	Soil PI=30	Soil PI=30
6	49.2	.101	4.6	4169	.02394	998.18	1152.878	45.92	.18009	Soil PI=30	Soil PI=30
7	57.4	.112	4.7	4374.6	.02626	1148.9	1121.471	52.48	.17206	Soil PI=30	Soil PI=30
8	67.24	.112	10.2	3315.3	.04	1326.04	976.2934	62.32	.15578	Sand Avg.	Sand Avg.
9	75.44	.112	10.4	3387.4	.04256	1441.57	986.8523	72.16	.12638	Sand Avg.	Sand Avg.
10	82	.112	10.8	3250.5	.04685	1522.99	966.7051	78.72	.11135	Sand Avg.	Sand Avg.
11	88.56	.112	10.9	3318.7	.04777	1585.2	976.7938	85.28	.11082	Sand Avg.	Sand Avg.
12	95.12	.112	11.5	2980	.05454	1625.14	925.6079	91.84	.10908	Sand Avg.	Sand Avg.
13	Base							98.4	.18		
	Outcrop							0	0		

Gambar 5. 1 Hasil Pengopersian SHAKE2000 Pada Proyek Pintu Timur Ancol Dengan Gempa Megatrust



Gambar 5. 2 Grafik Perubahan Percepatan Gempa Sampai di Permukaan Tanah Akibat Gempa Megatrust

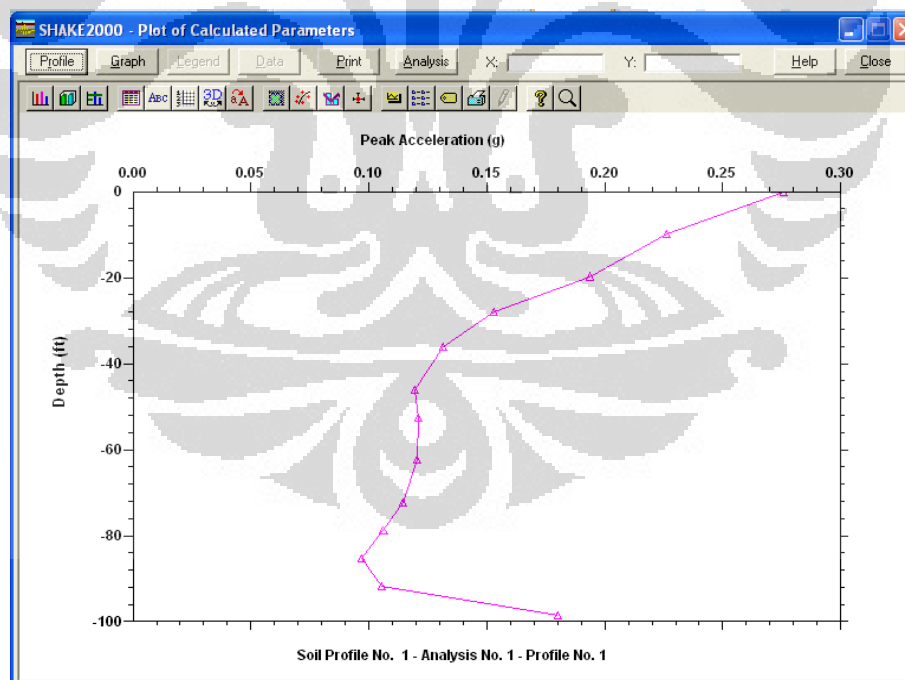
SHAKE2000 - Summary of Results of First Output File

File: C:\PROGRAM FILES\SHAKE2000\OUTPUT\BI.GRF
 Project: Soil Profile No. 1
 Deposit: Analysis No. 1 - Profile No. 1
 Earthquake: G:\SKRIPSI\INPUTMOTION\SALLOWCRUSTAL02FIX.EQ

Soil column data:
 Period: .48 sec
 Vs: 825 ft/sec

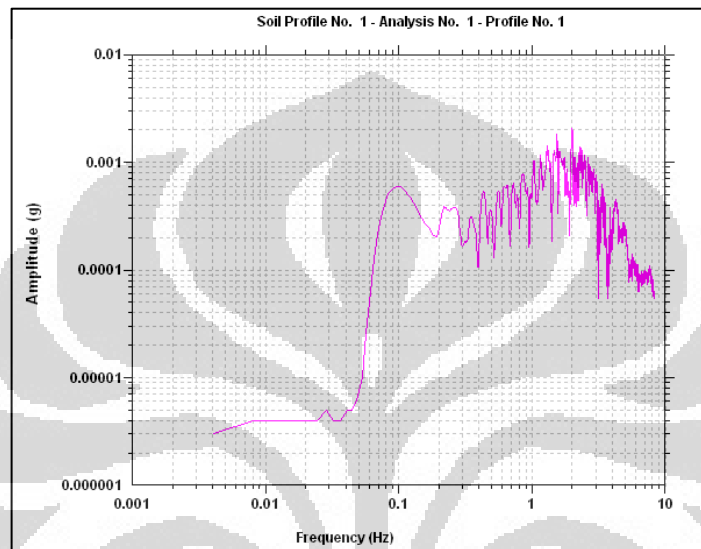
Layer No.	Depth (ft)	Unit Weight (kcf)	Damping Used (%)	Shear Modulus (ksf)	Maximum Strain (%)	Maximum Stress (psf)	Shear Wave Velocity (fps)	Depth to Acceleration (ft)	Peak Acceleration (g)	G/Gmax Curve	Damping Curve
1	4.92	.098	5.5	328	.04026	132.05	328.2856	0	.27583	Soil PI=30	Soil PI=30
2	14.76	.098	7.7	309.9	.10594	328.31	319.0992	9.84	.22614	Soil PI=30	Soil PI=30
3	23.78	.098	7.5	497.4	.09781	486.51	404.2665	19.68	.1938	Soil PI=30	Soil PI=30
4	31.98	.095	5.8	1218.9	.04719	575.26	642.762	27.88	.15292	Soil PI=30	Soil PI=30
5	41	.101	4.5	2723.9	.02358	642.24	931.886	36.08	.1317	Soil PI=30	Soil PI=30
6	49.2	.101	3.9	4364.6	.01696	740.04	1179.613	45.92	.11952	Soil PI=30	Soil PI=30
7	57.4	.112	4	4595.7	.01819	836.11	1149.462	52.48	.12084	Soil PI=30	Soil PI=30
8	67.24	.112	8.299999	3880.5	.02455	952.48	1056.24	62.32	.12066	Sand Avg.	Sand Avg.
9	75.44	.112	8.4	4013.9	.02535	1017.4	1074.242	72.16	.11453	Sand Avg.	Sand Avg.
10	82	.112	8.6	3916.1	.02692	1054.35	1061.074	78.72	.10619	Sand Avg.	Sand Avg.
11	88.56	.112	8.6	4027.2	.02692	1084.14	1076.02	85.28	.09706	Sand Avg.	Sand Avg.
12	95.12	.112	9.3	3598.5	.0321	1154.97	1017.138	91.84	.10567	Sand Avg.	Sand Avg.
13	Base							98.4	.18		
	Outcrop							0	0		

Gambar 5. 3 Hasil Pengopersian SHAKE2000 Pada Proyek Pintu Timur Ancol Dengan Gempa Shallow Crustal

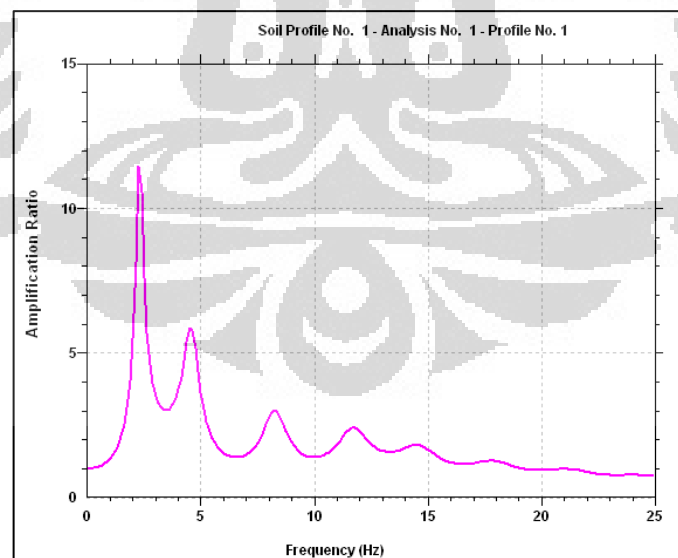


Gambar 5. 4 Grafik Perubahan Percepatan Gempa Sampai di Permukaan Tanah Akibat Gempa Shallow Crustal

Hasil percepatan gempa tergantung kepada frekuensi alami (*natural frequency*) dari tanahnya dan tergantung kepada gelombang gempa yang terjadi. Jika amplitudo maksimum gelombang gempa terjadi pada frekuensi yang sama atau hampir sama dengan amplitude maksimum frekuensi alami dari tanah maka dapat terjadi amplifikasi. Berikut akan diperlihatkan frekuensi alami dari tanah dibandingkan dengan gelombang gempa *megatrust* dan *shallow crustal*.

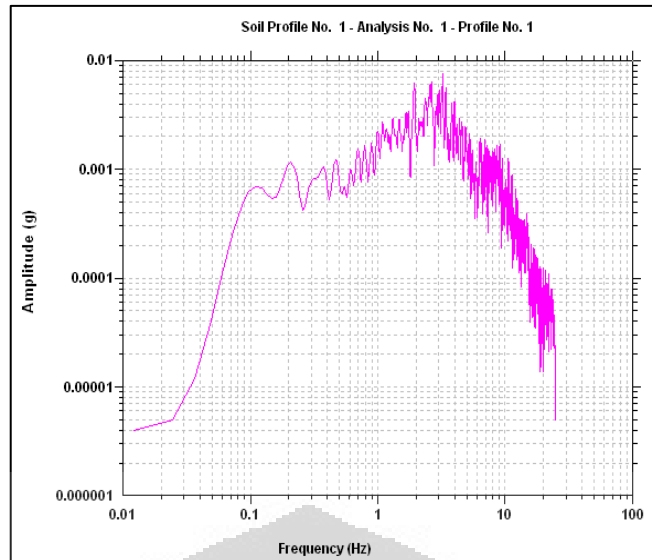


(a)

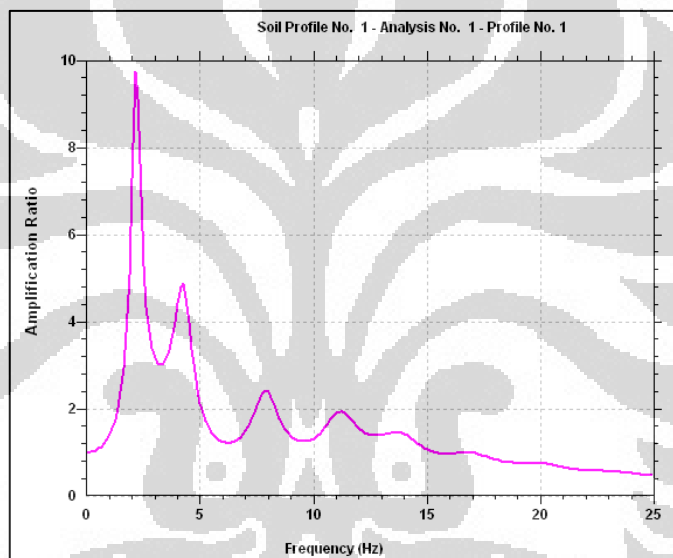


(b)

Gambar 5. 5 Perbandingan Frekuensi Alami Tanah Dengan Frekuensi Gempa Megatrust



(a)



(b)

Gambar 5. 6 Perbandingan Frekuensi Alami Tanah Dengan Frekuensi Gempa Shallow Crustal

Setelah dilakukan perhitungan untuk semua data, di dapatkan hasil perhitungan percepatan puncak permukaan tanah untuk titik-titik proyek yang telah ditentukan adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 4 Hasil Perhitungan Percepatan Puncak Gempa Pada Permukaan Tanah

No.	Proyek	Sallowcrustal		Megatrust	
		Run 1	Run 2	Run 1	Run 2
1	BI	0.2	0.2	0.17	0.24
2	Aparemen Juanda	0.24	0.26	0.28	0.3
3	Tanki Timbun BBM	0.22		0.23	
4	Tol Cibitung-Cilincing 33+200	0.26		0.29	
5	Tol Cibitung-Cilincing 31+675	0.27	0.27	0.28	0.28
6	KBN Cakung	0.26		0.3	
7	Mall Kelender	0.18		0.19	
8	Dermaga 108	0.24		0.29	
9	Perkantoran Otista	0.22		0.25	
10	BKT 26	0.23		0.28	
11	Parkir timur Ancol	0.28		0.36	
12	KBN Marunda	0.28		0.33	
13	Grand Treva	0.22	0.21	0.26	0.19
14	Gedung Matraman	0.24	0.24	0.3	0.28
15	Singapore Int'l School	0.3		0.34	
16	Pelayanan DepHan	0.25	0.22	0.27	0.24
17	Mega Mall Pluit	0.26		0.3	
18	Casablanca East Residence	0.24	0.23	0.26	0.25
19	Office Tanah Abang III	0.24		0.26	
20	Graha Reformed Millenium	0.24		0.33	
21	The City Center	0.23		0.24	
22	Gedung Parkir KWK	0.27		0.33	
23	Mandala Multifinance	0.24		0.27	

Amplitudo maksimum dari gempa *megatrust* terletak pada frekuensi sekitar 2 Hz dan amplitude maksimum dari gempa *shallow crustal* terletak pada frekuensi sekitar 3 Hz. Kedua gelombang ini akan mengalami amplifikasi yang besar pada tanah yang memiliki amplitudo maksimum yang sama atau mendekati 2 Hz dan 3 Hz dan pada umumnya tanah yang mempunyai amplitude maksimum pada frekuensi tersebut adalah tanah lunak.

5.5. PETA MIKROZONASI GEMPA DKI JAKARTA

Dari hasil percepatan puncak gempa di permukaan yang telah didapat dan digabungkan dengan percepatan puncak gempa di permukaan yang didapat oleh

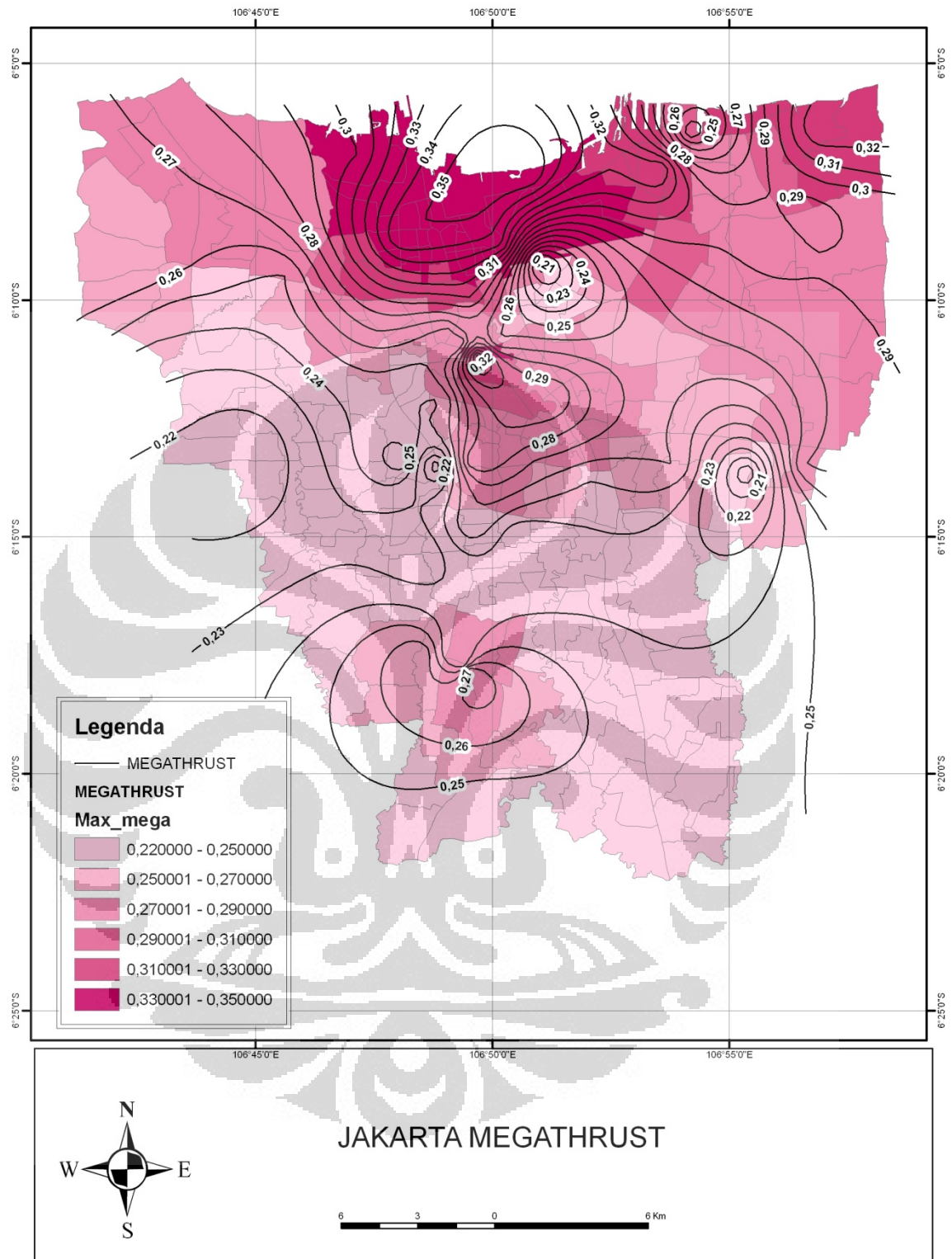
peneliti lain di wilayah Jakarta Barat dan Jakarta Selatan, maka dapat di plot ke dalam peta Jakarta sesuai dengan kordinat titik penyelidikan dengan tool bantuan ARC-GIS dan dengan tool bantuan SURFER dibuat sebuah kontur percepatan puncak gempa di permukaan. Kontur tersebut kemudian digunakan kembali sebagai layer pada ARC-GIS. Hasil dari peta kontur gempa DKI Jakarta dapat dilihat pada gambar 5.7 untuk sumber gempa Megathrust dan gambar 5.8 untuk sumber gempa Shallow Crustal.

Nilai percepatan puncak gempa di permukaan untuk sumber gempa Megathrust paling besar dengan nilai antara 0.32-0.35 g berada di sebagian besar wilayah Jakarta Utara dan beberapa wilayah Jakarta Pusat. Untuk wilayah Jakarta Selatan sebagian besar percepatan puncak gempa di permukaan berkisar antara 0.21-0.29 g. Untuk wilayah Jakarta Timur 0.21-0.29 g, hanya bagian utaranya yang berkisar antara 0.29-0.32 g. Untuk wilayah Jakarta Barat berkisar antara 0.24-0.26 g, dan bagian utaranya lebih besar berkisar antara 0.26-0.29 g.

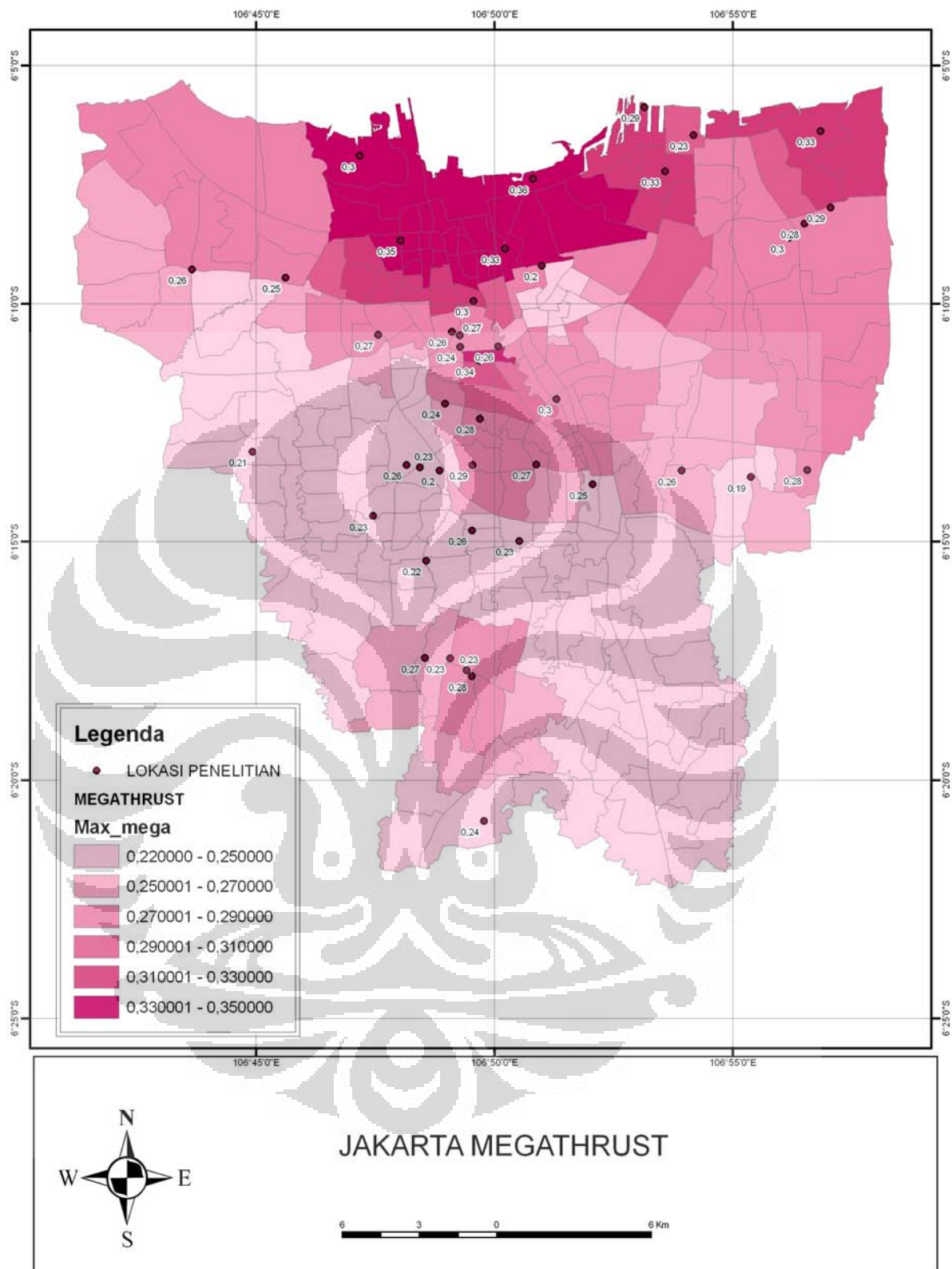
Nilai percepatan puncak gempa di permukaan untuk sumber gempa Shallow Crustal paling besar dengan nilai antara 0.26-0.29 g berada di sebagian besar wilayah Jakarta Utara dan beberapa wilayah Jakarta Timur bagian utara. Untuk wilayah Jakarta Selatan sebagian besar percepatan puncak gempa di permukaan berkisar antara 0.215-0.23 g. untuk wilayah Jakarta Barat 0.245-0.26 g. Untuk wilayah Jakarta Pusat berkisar antara 0.22-0.28 g.

Tabel 5. 5 Titik Kordinat Lokasi Penyeldikan Dan Percepatan Puncak Gempa Di Permukaan

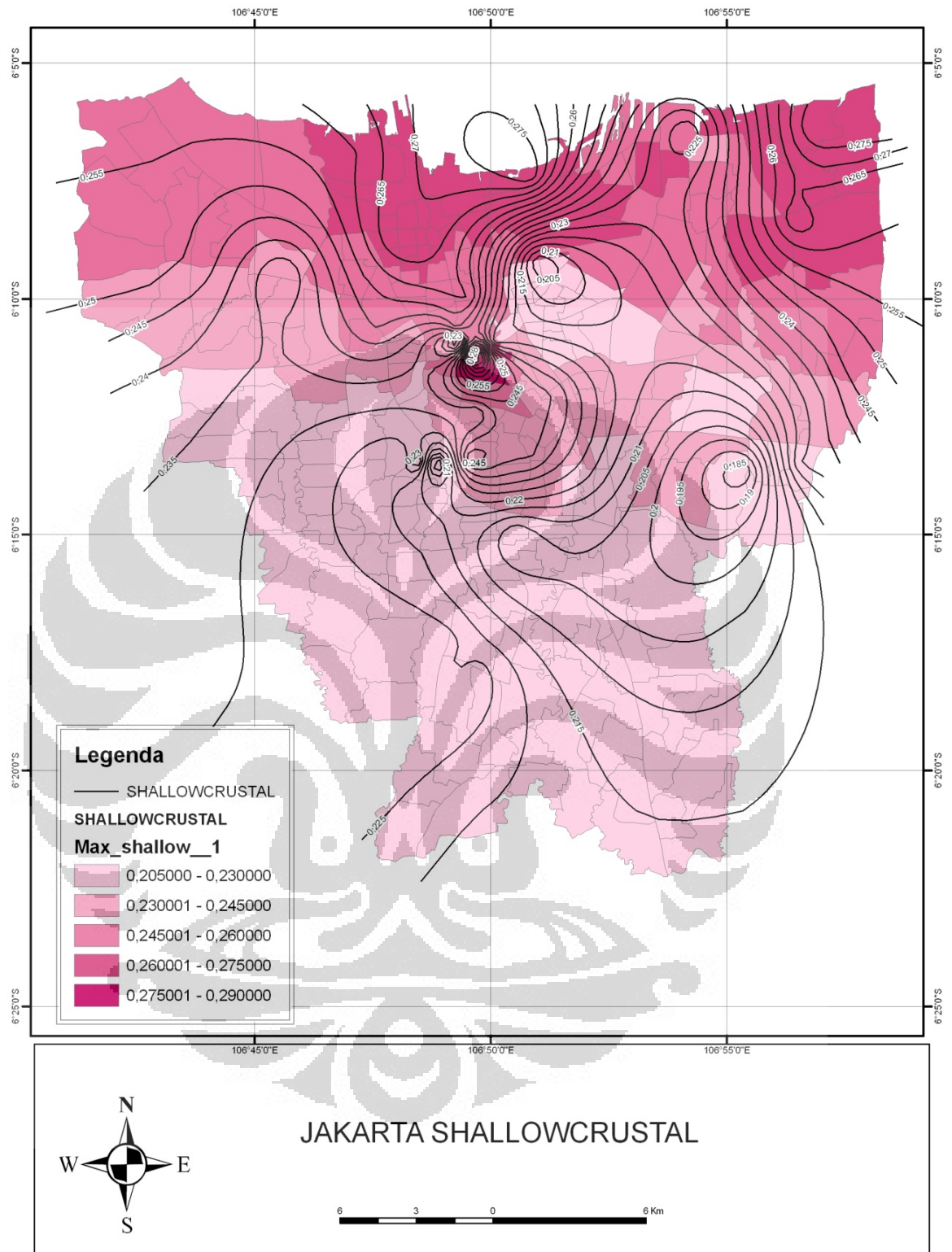
No.	Proyek	Kordinat		Sallowcrustal	Megatrust
1	BI	6°10'53.99" S	106°49'17.07" E	0.2	0.24
2	Apartemen Juanda	6°09'56.50" S	106°49'33.31" E	0.26	0.3
3	Tanki Timbun BBM	6°06'27.37" S	106°54'10.45" E	0.22	0.23
4	Tol Cibitung-Cilincing 33+200	6°07'58.65" S	106°57'03.27" E	0.26	0.29
5	Tol Cibitung-Cilincing 31+675	6°08'19.04" S	106°56'30.23" E	0.27	0.28
6	KBN Cakung	6°08'37.07" S	106°56'10.48" E	0.26	0.3
7	Mall Kelender	6°13'38.45" S	106°55'23.05" E	0.18	0.19
8	Dermaga 108	6°05'52.06" S	106°53'09.04" E	0.24	0.29
9	Perkantoran Otista	6°13'47.67" S	106°52'03.78" E	0.22	0.25
10	BKT 26	6°13'29.71" S	106°56'33.69" E	0.23	0.28
11	Stasiun Angke	6°08'40.47" S	106°48'02.02" E	0.27	0.35
12	Sainath Office	6°09'11.86" S	106°50'59.81" E	0.2	0.2
13	Parkir timur Ancol	6°07'22.61" S	106°50'48.67" E	0.28	0.36
14	KBN Marunda	6°06'22.11" S	106°56'50.63" E	0.28	0.33
15	Grand Treva	6°10'53.52" S	106°50'04.96" E	0.22	0.26
16	Gedung Matraman	6°11'59.95" S	106°51'18.07" E	0.24	0.3
17	Singapore Int'l School	6°11'12.10" S	106°49'41.08" E	0.3	0.34
18	Pelayanan DepHan	6°10'39.92" S	106°49'16.48" E	0.25	0.27
19	Mega Mall Pluit	6°06'53.28" S	106°47'10.56" E	0.26	0.3
20	JORR	6°09'16.45" S	106°43'38.83" E	0.25	0.26
21	SAM-SAT SUDIN	6°09'26.84" S	106°45'37.07" E	0.23	0.25
22	Sucofindo	6°14'59.03" S	106°50'31.22" E	0.2	0.23
23	Apartemen Kuningan	6°13'23.03" S	106°49'32.62" E	0.25	0.29
24	Hotel Clarion	6°13'22.46" S	106°50'52.70" E	0.24	0.27
25	Bapindo	6°13'26.31" S	106°48'26.09" E	0.24	0.23
26	Puri Matari III	6°12'24.75" S	106°49'41.54" E	0.23	0.28
27	Kemang Village	6°15'23.91" S	106°48'33.99" E	0.22	0.22
28	Bank Exim	6°13'29.93" S	106°48'50.79" E	0.19	0.2
29	Menara Wikaraga	6°10'39.38" S	106°47'33.57" E	0.25	0.27
30	Dep Pertanian	6°17'42.05" S	106°49'24.95" E	0.22	0.23
31	Asrama UI	6°20'50.92" S	106°49'46.95" E	0.22	0.24
32	Graha Matra	6°17'26.87" S	106°49'04.17" E	0.23	0.23
33	Robert Susanto Office	6°17'49.11" S	106°49'31.42" E	0.23	0.28
34	Gedung DIKTI	6°13'23.10" S	106°48'09.43" E	0.22	0.26
35	CITY center	6°12'05.70" S	106°48'57.94" E	0.23	0.24
36	Office Tanah Abang	6°10'35.39" S	106°49'06.34" E	0.24	0.26
37	Casablanca East Res	6°13'30.38" S	106°53'55.39" E	0.24	0.26
38	Graha Reformed Mil	6°08'50.61" S	106°50'13.13" E	0.24	0.33
39	Gedung parkir KWK	6°07'12.93" S	106°53'34.9" E	0.27	0.33
40	MetroTV	6°12'66.36" S	106°44'55.26" E	0.22	0.21
41	Ratu Prabu	6°17'26.53" S	106°48'32.34" E	0.23	0.27
42	Plaza Mayestik	6°14'27.48" S	106°47'27.12" E	0.22	0.23
43	Blue Bird	6°14'45.56" S	106°49'31.75" E	0.23	0.26



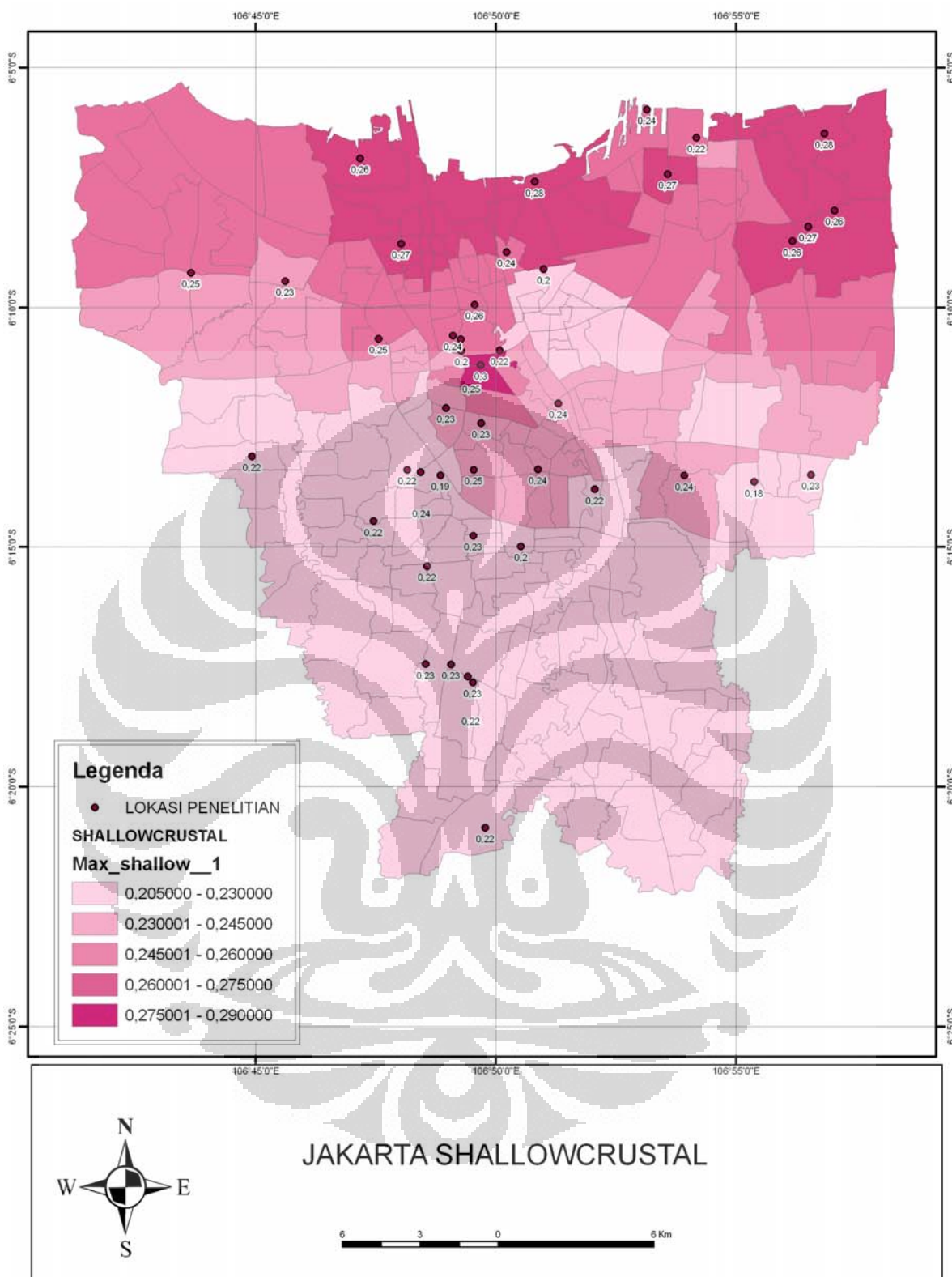
Gambar 5. 7 Peta Mikrozonasi Gempa Jakarta Untuk Sumber Gempa Megathrust Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun



Gambar 5. 8 Nilai Percepatan Puncak DKI Jakarta Sumber Gempa Megathrust Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun



Gambar 5. 9 Peta Mikrozonasi Gempa Jakarta Untuk Sumber Gempa Shallow Crustal Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun



Gambar 5. 10 Nilai Percepatan Puncak DKI Jakarta Sumber Gempa Megathrust Dengan Periode Ulang Gempa 500 Tahun

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- 1.2. Didapatkan sekumpulan data base penyelidikan tanah untuk wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara dalam bentuk atau format yang sama.
- 2.2. Didapatkan nilai percepatan puncak gempa di permukaan untuk titik-titik proyek yang telah ditentukan.
- 3.2. Didapatkan peta kontur percepatan puncak gempa di permukaan untuk seluruh wilayah DKI Jakarta setelah hasil perhitungan percepatan puncak pada penelitian ini yaitu wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Timur dan Jakarta Utara digabung dengan hasil perhitungan percepatan puncak yang telah dilakukan oleh Teguh Priyono untuk wilayah Jakarta Barat dan Jakarta Selatan.
- 4.2. Nilai percepatan puncak pada permukaan tanah di daerah Jakarta Utara akan lebih besar di banding daerah lainnya karena frekuensi alami tanahnya hampir sama dengan frekuensi gempa yang terjadi, baik *megatruster* maupun *shallow crustal*.
- 5.2. Amplitudo maksimum dari gempa *megatruster* terletak pada frekuensi sekitar 2 Hz dan amplitudo maksimum dari gempa *shallow crustal* terletak pada frekuensi sekitar 3 Hz. Kedua gelombang ini akan mengalami amplifikasi yang besar pada tanah yang memiliki amplitudo maksimum yang sama atau mendekati 2 Hz dan 3 Hz dan pada umumnya tanah yang mempunyai amplitudo maksimum pada frekuensi tersebut adalah tanah lunak.

6.2. SARAN

Penelitian mengenai kegempaan ini masih dirasa belum sempurna dan masih bisa dikembangkan lagi. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat terlaksana secara lebih baik adalah sebagai berikut :

1. Data penyelidikan lapangan dan laboratorium yang didapat pada laporan ini belum tersebar merata di daerah Jakarta. Untuk itu perlu ditambahkan titik-titik pengambilan data penyelidikan lapangan sehingga mikrozonasi yang dibuat menjadi lebih akurat.
2. Dalam penelitian ini terdapat penggunaan asumsi untuk data yang tidak terdapat pengujian laboratoriumnya, sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya digunakan data penyelidikan tanah yang lebih lengkap untuk mengurangi asumsi-asumsi yang digunakan
3. Terdapat dua input motion buatan Masyhur Irsyam yang belum digunakan dalam proses ground response analysis yaitu sumber gempa Benioff dan sumber gempa Background. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik digunakan empat (4) sumber gempa sebagai input motion sehingga memenuhi syarat dalam SNI 03-1726-2002.

DAFTAR REFERENSI

KRAMER, STEVEN L (1996). "Geotechnical Earthquake Engineering," Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.

SNI 03-1726-2003. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung,"

Manual For Zonation on Seismic Geotechnical Hazard (1999). Technical Committee For Earthquake Geotechnical Engineering. TC4, ISSMGE.

Irham, Masyhur, dkk. "Gelombang Gempa DKI Jakarta". Proceeding Seminar dan Pameran HAKI 2008. "Pengaruh Gempa dan Angin Terhadap Struktur"

<http://crisiscenter.jakarta.go.id>

<http://kompas.com>, "Ancaman Dari Selat Sunda Waspadalah Jakarta"

Updated: Kamis 20 juli 2006

<http://kompas.com>. "BMG: Patah Di Jakarta Tidak Aktif", Updated: 14 Juni 2006

<http://detikhot.com> "Jakarta Rawan Gempa Patahannya Sepanjang Ciputat-Kota" edisi: Sabtu 24 Januari 2009.

"Daerah Rawan Gempa Tektonik di Indonesia". Artikel oleh Fauzi M.Sc. Ph.D. Pusat Gempa Nasional BMG.

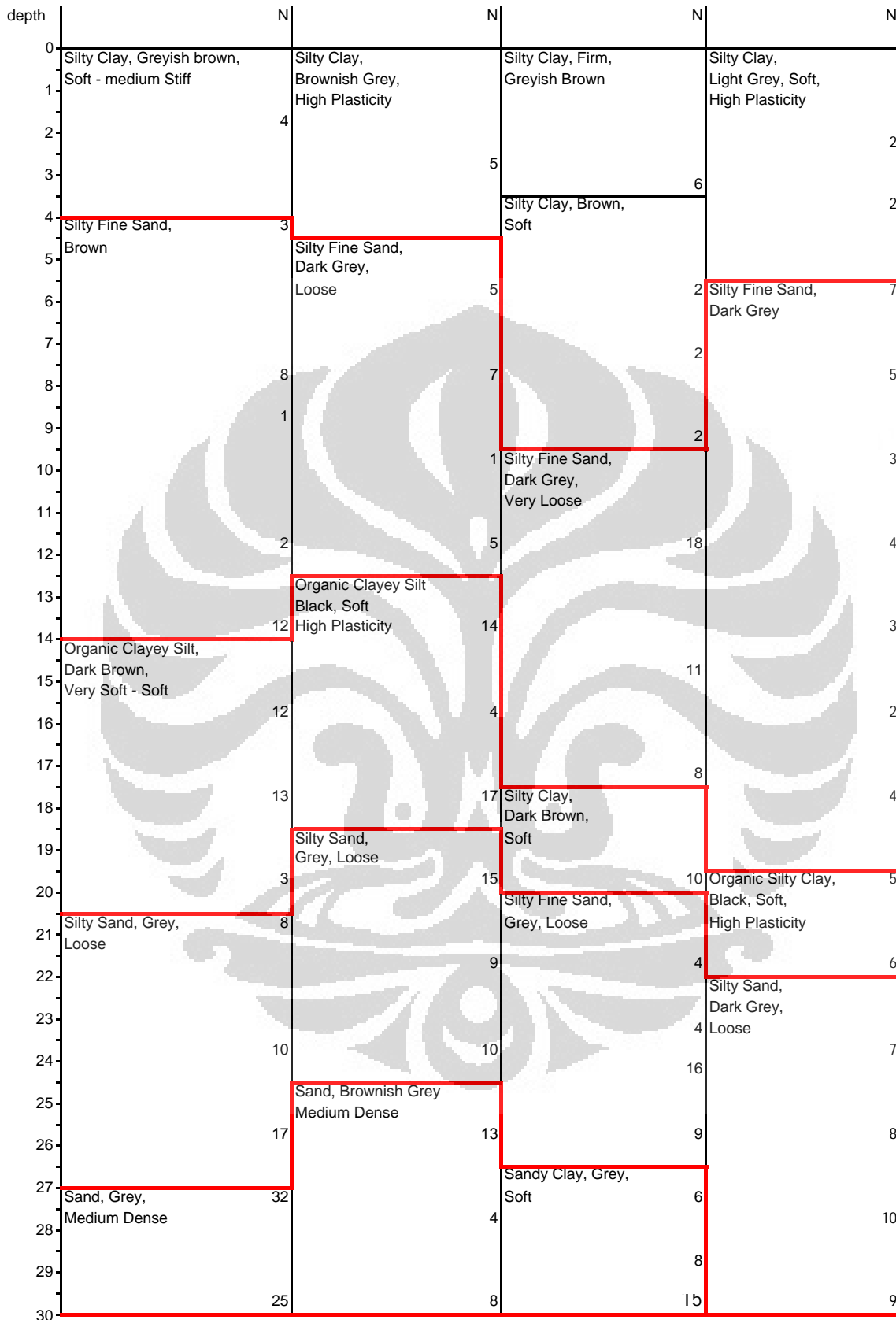
GRAHA REFORMED MILENIUM

depth	mat = 0.9 m	mat = 0.8 m	mat = 0.65 m	mat = 0.5 m
0	Clayey Silt, Yellowish Grey, Very Soft, High Plasticity	Clayey Silt, Greyish Brown, Very Soft - Stiff, High Plasticity	Clayey Silt, Yellowish Brown, Soft - Very Soft, High Plasticity	Clayey Silt, Yellowish Brown, very Soft - Medium High Plasticity
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7	Clayey Silt, Blackish Grey, Soft -Stiff, High Plasticity			
8				
9				
10	Cemented Silt, Hard, Yellowish Brown			
11	Clayey Silt, Brownish Grey, Very Stiff	Sandy Silt, Yellowish Brown, Hard	Sand, Yellowish Brown Very Dense	
12				
13	Sandy Silt, Yellowish Brown, Hard			
14				
15	Sand, Black, Very Dense	Sand, Black, Very Dense	Sand, Brownish Black Very Dense	Clayey Silt, very Stiff Yellowish Brown,
16				
17				
18	Sand, Black, Very Dense			
19	Sand, Black, Very Dense			
20				
21	Clayey Silt, Blackish Grey, Stiff, High Plasticity	Clayey Silt, Grey, very stiff - stiff, High Plasticity	Clayey Silt, Grey, Very Stiff - Hard, High Plasticity	Sand, Black, Very Dense
22				
23				
24				
25				
26				
27		Clayey Silt, Blacksh Grey, Very Stiff - Hard High Plasticity		
28				
29	Sand, Black, Very Dense			
30				

PROYEK PINTU TIMUR ANCOL

depth	N	N
0		
1	Silty Clay and Sand Dark grey, Soft Low Plasticity	Silty Clay, Dark Brown Stiff, high plasticity
2		1
3		1
4		1
5		
6	1	1
7	Clayey Sand, Ligth grey, very soft Low Plasticity	Silty Clay, Light Grey, Very Soft, High Plasticity
8		2
9		
10	8	5
11	Clayey Sand, white to light grey, medium stiff, Low Plasticity	Clayey Sand, Brownish Grey, Stiff, non plasticity
12	10	13
13	Sand and Clay, Yellowish grey, hard, Low Plasticity	Sandy Clay, Greyish brown, very hard, non plasticity
14	32	60
15		
16	24	60
17	Clayey Sand, Brownish grey, very dense, Low Plasticity	Clayey Sand, Greyish brown, very dense non plasticity
18	60	60
19	Sand, Dark Brown, very dense, non plasticity	Sand, Dark brown to grey very dense, non plasticity
20	60	60
21	Sand, Dark Brown to Black very dense, non plasticity	Sand, Dark Grey, very dense, non plasticity
22	60	60
23		
24	60	52
25		
26	60	53
27		
28	60	36
29		
30	60	32

BKT PAKET 26

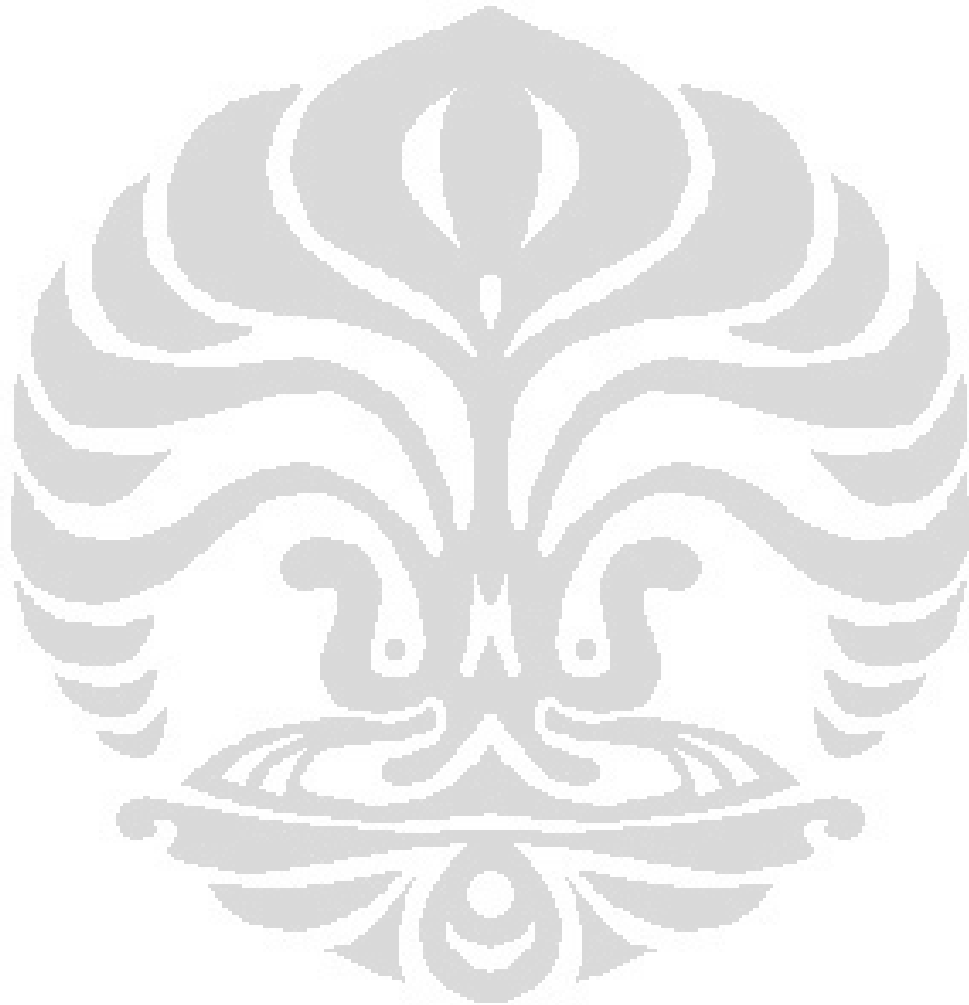


BKT PAKET 26

depth	N	N	N	N	N
0					
1	Silty Clay, Redish Brown to Yellowish, Very Soft, High Plasticity	Silty Clay, Dark Brown, Very Soft, High Plasticity	Silty Clay, Dark Brown, Soft, High Plas	Silty Clay, Brown, Soft, High Plasticity	Silty Clay, Yellowish Red Very Soft, High Plasticity
2		3	2	3	8
3		Silty Sand, Dark Brown to Yellowish Soft, High Plasticity	Silty Clay, Yellowish Brown, Soft, High Plasticity	Silty Clay, Yellowish Brown to Red, Soft, High Plasticity	Silty Clay, Yellowish Brown, Soft, High Plasticity
4	Clayey Silt, Yellowish Brown, Soft to Medium Non Plasticity	6	7	3	2
5		Silty Clay, Brownish Grey, Very Soft, Low Plasticity	Silty Clay, Yellowish Brown, Soft, High Plasticity	Silty Clay, Soft Yellowish Brown	
6	Silty Sand, Yellowish Grey, Stiff, Non Plasticity	9	3	11	6
7			Silty Sand, Yellowish Brown, Stiff, Non Plasticity	Brown to Yellowish Soft, Non Plasticity	Clayey Sand, Brown, Loose Non Plasticity
8		11			
9	Silty Fine Sand, Redish Brown to Grey Medium Dense Non Plasticity	29	12	7	6
10		36	12	6	19
11					
12			14		
13	Silty Sand, Dark Brown, Very Dense, Non Plasticity	60	14	8	19
14					
15	Silty Sand, Dark Brown, Very Dense, Non Plasticity	60	60	60	60
16					
17	Silty Sand, Light Grey Very Dense, Non Plasticity	58	60	60	60
18		60			
19					
20	Silty Sand, Grey to Dark Grey Very Dense Non Plasticity	50	60	60	60
21					
22		60	60	60	60
23					
24					
25	Fine Sand to Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity	60	60	60	60
26					
27	Clayey Sand, Dark Grey, Dense, Non Plasticity	37	34	60	60
28					
29		26	42	42	49
30					
		27	32	41	46
					27

Gedung Pelayanan Dep. Han.

depth	N	N	N
0	mat = 1.25 m	mat = 1.1 m	mat = 1.65 m
0	Silty Clay, Brown and Grey, Soft	Silty Clay, Blackish Brown, Medium Stiff	Silty Clay, black, Soft
1			
2	6	6	5
3	3		
4			
5		5	3
6			3
6	Fine Sandy Silt, Blackish Brown, medium - very dense		
7	1	3	
7			3
8		Fine Sandy Silt, Brown, Loose - Dense	Fine Sandy Silt, Brown, Very Loose
8	14		
9			10
9			Gravelly Sandy Silt, Brown Very Loose
10			
11	9		12
12			Fine Sand, Black, Medium-Very Dense
13	66		20
14	31		63
15	40		25
16			65
16	Fine Sand, Brown, Dense		
17	32		
18		Gravelly Sand, Brown, Medium Dense	
18	28		30
19			
19		Clayey Silt, Grey, Very Stiff	24
20	13		
20		Clayey Silt, Grey, Stiff	
21			
21		Silty Clay, Black, Stiff	13
22			
22			13
23	10		21
24			
24	Fine Sandy Silt, black, very dense		
25			
25	Gravelly Sand, Black, Very Dense		23
26			
26		Fine Sandy Clayey Silt, Black, Dense	47
27			
27		Sand, Black, Very Dense	
28	50		50
28			
28			80
29	50		39
29			
29			42
30			
30			

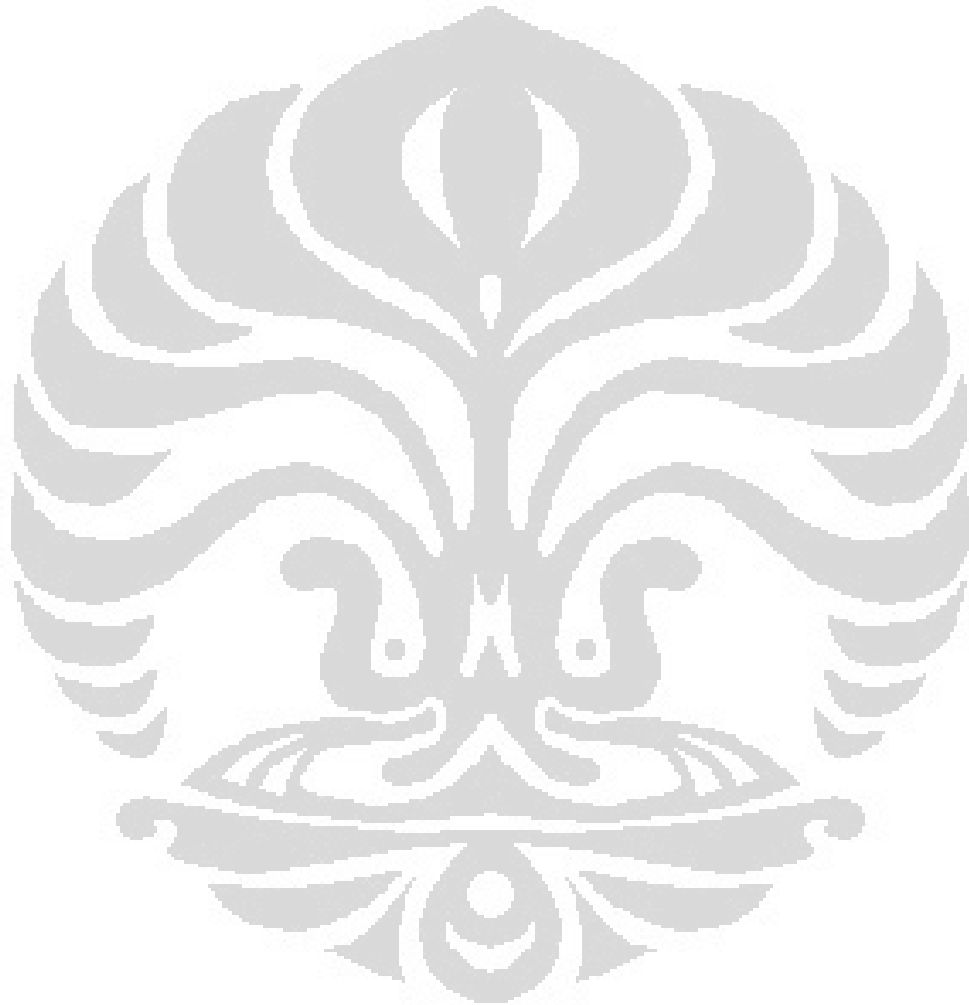


DERMAGA 108

depth	N	N	N	N
0				
1	Fine Sand, Dark Grey Soft to Medium Non Plasticity	Clayey Sand, Black, Medium stiff, Non Plasticity	Sand and Coarse Sand	Fine Sand and Sand, Dark Brown to Grey, Very Loose, Non Plasticity
2		Silty Clay, Light Grey, Soft, High Plasticity		
3				
4			Sandy Clay, Black, Soft, Medium Plasticity	
5	Silty Clay, Ligth Grey Very Soft High Plasticity			
6				
7		Silty Clay, Yellowish Grey, Very Stiff, High Plasticity	Silty Clay, Light Grey, Very Soft, High Plasticity	Silty Clay, Grey to Dark Grey, Very Soft, High Plasticity
8	Silty Sand, Dark Brown, Medium Dense, Non Plasticity			
9		Sand, Grey to Dark Grey Very Dense, Non Plasticity		
10				
11	Weakly Cemented Sand Dark Brown, Very Dense Non Plasticity	Sand, Yellowish Grey, Very Dense, Non Plasticity		
12				Clayey Silt, Brown, Soft, Non Plasticity
13				Clayey Silt and Fine Sand,
14				Greyish Brown, Stiff, Low Plasticity
15	Firne Sand, Dark Brown, Very Dense			
16	Sand, Black, Very Dense Non Plasticity	Silty Clay, Light Grey, Very Hard, Low Plasticity	Sand, Brownish Grey, Dense, Non Plasticity	Cemented Clayey Sand Dark Brown, Very Dense, Non Plasticity
17				
18	Sandy Clay, Grey, Very Hard, Non Plasticity	Sandy Clay, Grey, Very Hard, Low Plasticity		
19				Weakly Cemented Sand Black, Very Dense
20		Sandy Clay, Grey, Very Hard, Low Plasticity		
21	Weakly Cemented Sand Dark Brown, very Stiff			
22	Weakly Cemented Clay, Dark Brown, Very Hard Non Plasticity			Clay, Black, Very Dense, Non Plasticity
23		Silty Fine Sand, Brownish Grey, Medium Dense, Non Plasticity		
24	Fine Sand and Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity		Weakly Cemented Sand Black, Very Dense, Non Plasticity	
25				Cemented Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity
26		Silty Clay, Grey, Very Stiff, High Plasticity		
27	Silty Clay, Grey, Very Stiff, Low Plasticity			
28				
29			Silty Clay, Dark Grey, Hard, Low Plasticity	Weakly Cemented Clay, Dark Grey, Very Hard
30				

Grand Treva International Hotel

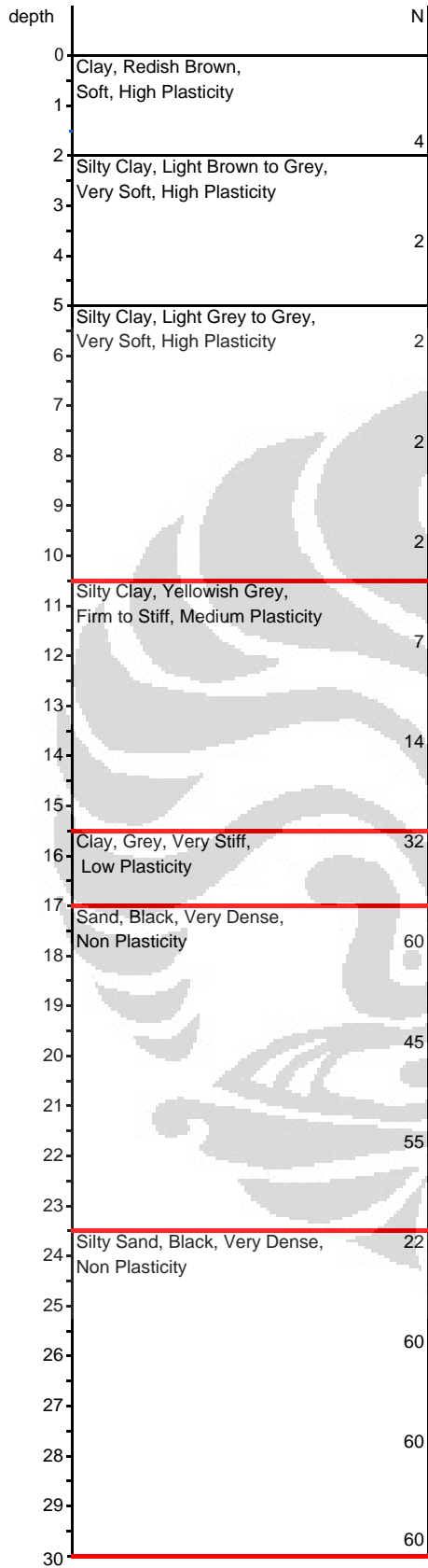
depth	N	N	N
0			
0	mat = 0.85 m	mat = 1 m	mat = 1 m
0	Silty Clay, Brown, Medium Stiff, High Plasticity	Silty Clay, Brown Medium Stiff	Silty Clay, Brown Medium Stiff
1			
2	3		4
3	4		2
4	2		2
5		3	
6		11	3
6	Silty Fine Sand, Black, Loose	Silty Fine Sand, Black Very Loose	Silty Fine Sand, Black
7	2		4
8	Silty Clay, Black Very Soft		
9	2	1	3
10	Silty Clay, Black Very Soft	Silty Clay, Black Very Soft	
11	1	1	1
12	2	3	1
13	1	2	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1		
21	1	1	4
22	1	2	8
23		Fine Sand, Grey Medium Dense	
24	4	4	14
25	4		19
26	1	1	
26	Silty Sand, Blackish Grey Loose		37
27	5	4	
28	5	5	35
29	8	12	23
30	8		



APARTEMEN JUANDA

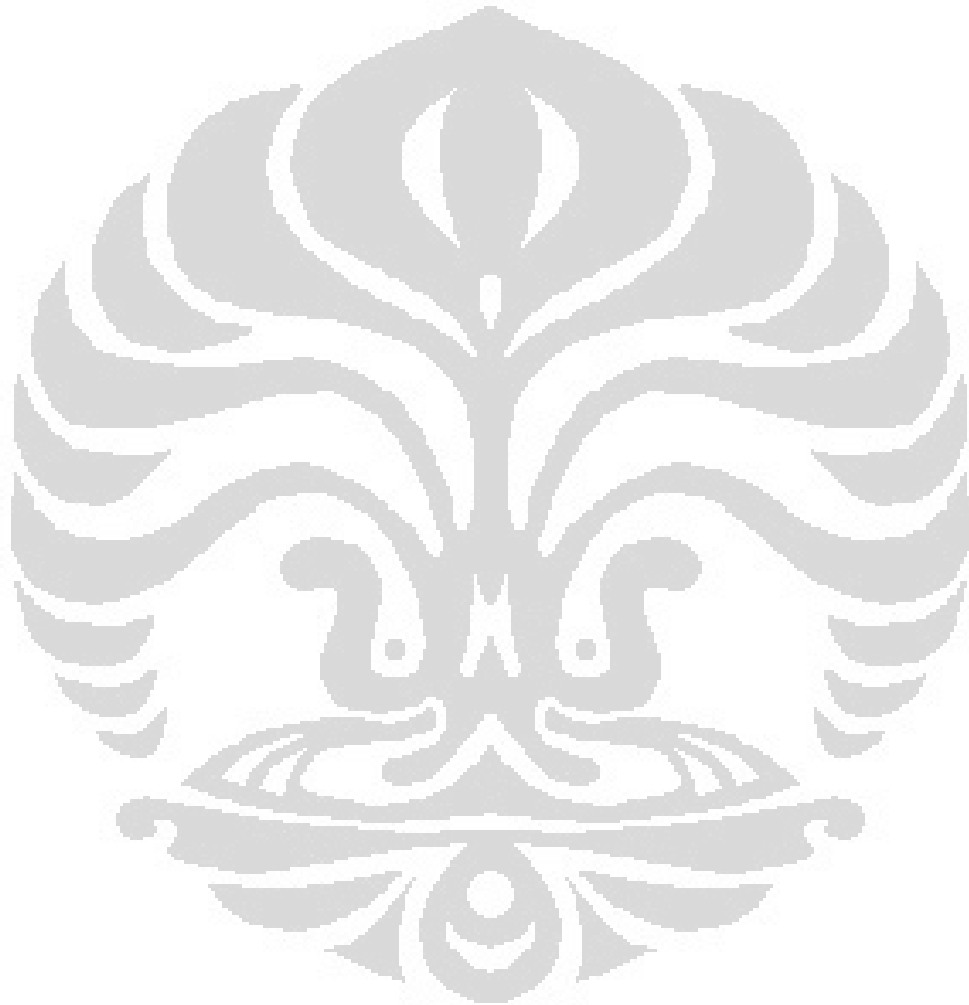
depth	mat = 0.3 m	N	mat = 0.9 m	N	mat = 0.5 m	N
0	Silt, Very Soft, Brown		Silty Clay, Brown, Very Soft,		Silty Clay, Brown	
1				2		1
2		2	Silty Clay, Brown, Very Soft,			
3	Fine Sand, Black, Very Loose					
4		8	Clayey Silt, Black, Soft			0
5				3		
6	Silt, Greyish Brown, Very Soft - Medium		Fine Sand, Black, Very Loose			2
7		1	Clayey Silt, Grey, Stiff - Very Stiff			
8				9		5
9		6				
10	Clayey Silt, Brown, Very Stiff	18		8	Clayey Silt, Brown, Hard	6
11			Sandy Silt, Black, Very Stiff			
12		28		15	Silty Sand, Black, Dense	11
13				23		10
14		25	Clayey Silt, Brown, Very Stiff		Silty Clay, Brownish Grey	17
15	Sandy Silt, Brown, Hard			16		
16	Silt, Brown, Hard	70		18	Cemented Silt, Greyish Brown,	79
17		68		38		
18	Silty Sand, Brown, Very Dense	46	Fine Sand, Black, Medium Dense		Sandy Silt, Yellowish Brown Dense	77
19		50	Fine Sand, Brown, Dense	19		14
20	Sand, Black, Dense			42		23
21				33	Fine Sand, Brown	
22		44	Silty Clay, Grey, Hard			
23	Silt, Grey, Very Stiff			19	Silty Clay, Grey, Dense	
24		23				17
25		21	Sandy Silt, Grey, Very Hard	15		
26					Cemented Sandy Silt, Dark Grey	29
27				60	Silty Clay, Brown	44
28			Silty Clay, Dense, Greyish Brown			
29				33		26
30						

KBN CAKUNG



KBN MARUNDA

depth	N	N	N
0	mat = 0.2 m	mat = 0.2 m	mat = 0.2 m
0	Clay, Red, Firm, High Plasticity	Clay, Red, Soft to Firm, High Plasticity	Clay, Red, Firm, High Plasticity
1	Silty Fine Sand, Dark Grey, Soft to Firm	1	1
2		Fine Sand, Dark Grey, Loose	2
3			6
4		10	6
5			
6	Clay, Grey, Soft to Firm High Plasticity	2	5
7			3
8		3	4
9			2
10		4	6
11			
12		3	9
13			2
14		4	15
15			10
16	Sand, Dark Grey, Medium Dense	10	19
17			17
18		18	25
19			19
20	Silty Sand, Yellowish Grey, Very Dense	60	60
21			end of bor
22		60	
23			53
24	Silty Clay, Grey, Very Hard	38	60
25			
26		52	60
27	Sand, Black, Very Dense		60
28		60	60
29			
30		60	



Gedung Parkir (Blok T) Kantor Wali Kota Jakarta - Utara

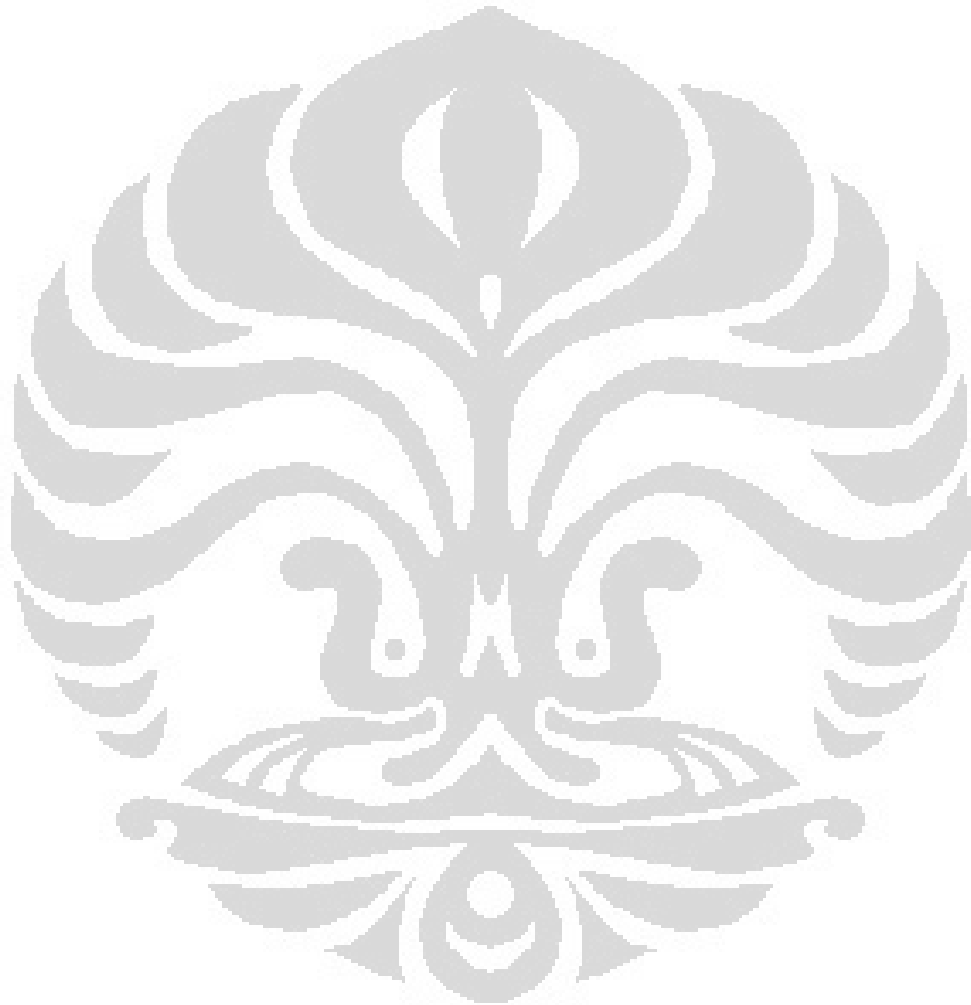
depth	N	N	N
0	mat = 0.7 m	mat = 0.7 m	
0	Clayey Silt, Redish Brown, Very Soft, High Plasticity	Silty Clay, Brownish Red, Very Soft, High Plasticity	Silty Clay, Very Soft
1			
2			
2			
3			
3		Clayey Silt, Yellowish Black, Very Soft, High Plasticity	Silty Clay, Yellowish Grey, Very Soft, Low Plasticity
4			0
4	Silty Clay, Grey, Very Soft, High Plasticity		
5			
5			
6			
6	Clayey Silt, Grey, Very Soft, High Plasticity		
7			
7		Clayey Silt, Brownish Grey, Very Soft - Medium High Plasticity	
8			
8			Clayey Silt, Grey, Very Soft, High Plasticity
9			
9			
10			
10			
11			
11			
12			
12			
13			
13	Clayey Silt, Blackish Grey, Very Soft - Medium, High Plasticity		
14			
14			
15			
15			
16			
16			
17			
17	Sandy Silt, Brown, Hard	Silty Sand, Greyish Brown, Very Dense	Sandy Silt, Greyish Brown, Hard
18			
18			
19			
19			
20			
20	Sand, Black, Very Dense	Cemented Sand, Very Dense	Silty Clay, Grey, Hard
21			
21	Cemented Silt, Grey, Hard	Sand, Black, Very Dense	Cemented Silt, Grey, Hard
22			
22			
23			
23			
24			
24			
25			
25			
26			
26	Cemented Sand, Blackish Brown, Very Dense		
27			
27	Cemented Sand, Black, Very Dense	Cemented Sand, Blackish Grey, Very Dense	Cemented Sandy Silt, Grey, Hard
28			
28			
29			
29			
30			

MAL KELENDER

depth	N	N	N	N	N
0					
1	Silty Clay, Dark Brown, Soft, Sand Stone 60	Silty Clay, Dark Grey Soft, High Plasticity	Silty Clay, Dark Grey, Stiff, High Plasticity	Silty Clay, Dark Grey, Very Stiff	Silty Clay, Dark Grey, Very Stiff, High Plasticity 12
2	Clayey Silt, Light Brown, Very Stiff, Low Plasticity 28	Sandy Clay, Light Brown, Very Stiff Low Plasticity 37	Sand Stone, Dark Brown Silty Clay, Light Grey to Yellowish Hard, Medium Plasticity 34	Sand Stone 40 Dark Brown, Dense, Non Plasticity 50	Cemented Sand, Dark Brown, Dense 31
3	Silty Sand, Very Dense, Non Plasticity 56	Sand, Light Grey, Very Dense, Non Plasticity 60		Sand, Black Very Dense, Non Plasticity 55	Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity 49
4		Sand and Coarse Sand, Black Very Dense, Non Plasticity 60	Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity 31		
5					
6					
7					
8					
9	Silty Clay, Dark Grey, Very Hard, Low Plasticity 40				Sand, Dark Grey Very Dense, Non Plasticity 60
10					
11					
12	Fine Sand to Sand Black, Very Dense Non Plasticity 60		Sandy Clay, Black, Very Dense Non Plasticity 60	Sandy Clay, Black Very Hard, High Plasticity 30	
13					
14					
15		Fine Sand, Black, Medium Dense, Non Plasticity 22			
16	Sandy Gravel, Very Dense, Black, Non Plasticity 60	Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity 60	Sand, Black, Very Dense Non Plasticity 60		
17					
18					
19	Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity 60				
20		Fine Sand, Black, Very Dense, Non Plasticity 60		Sand, Black, Dense, Non Plasticity 32	Fine Sand, Black, Dense Non Plasticity 50
21					
22					
23		Clayey Sand, Dark Grey, Dense, Low Plasticity 42			
24		Clay, Yellowish Grey, Very Hard, Medium Plasticity 58			
25	Silty Clay, Yellowish Grey, Very Hard, High Plasticity 47				
26					
27					
28					
29					
30					

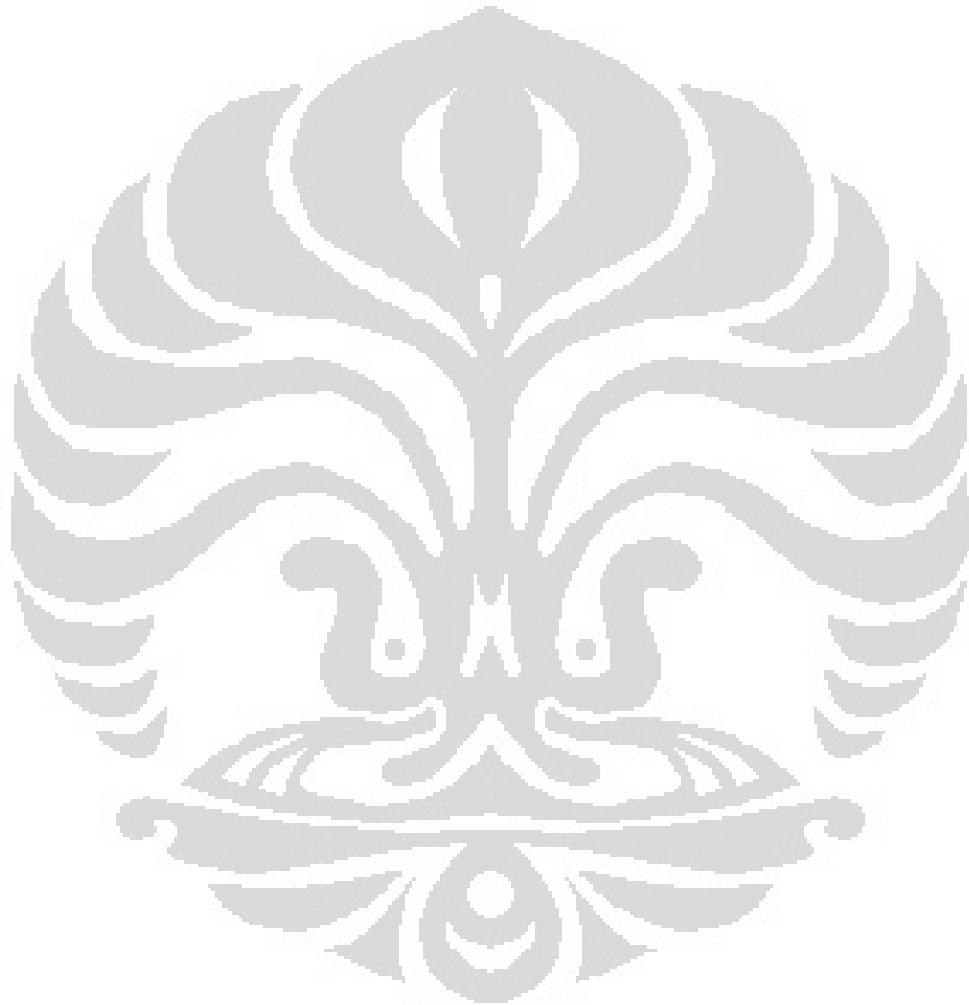
PROYEK GEDUNG JL MATRAMAN

depth	N	N
0	mat = 4.3 m	mat = 4.5 m
1	Clayey Silt, Red, Grey, Soft, High Plasticity	Clayey Silt, Medium Stiff, Red
2	11	4
3		7
4	2	
5	Clayey Silt, Grey, Brown, Soft, High Plasticity	
6	2	3
7		
8	2	7
9		
10	Fine Sandy Silt, Brown, Yellow, Stiff - Hard	Clayey Silt, Brown, Grey, Soft - Medium
11	11	8
12	18	11
13	30	12
14		
15	31	62
16		
17	33	47
18		
19	74	68
20		
21	60	74
22		
23	55	82
24		
25	96	75
26		
27	48	82
28		
29	29	75
30		
31	32	32
32		
33	25	61
34		
35	21	29
36		



MEGA MALL PLUIT

depth	N	N
mat = 0.9 m		mat = 0.95 m
Silty Clay, Grey and Brown Very Soft		Silty Clay, Brown, Very soft
1		
2	2	1
3	1	1
4		
5	1	1
6	1	
7		
8	1	1
9	1	1
10		
11	1	1
12		
13	5	6
14	6	4
15	9	8
16		
Fine Sand, Brown, Medium Dense	20	Silty Fine Sand, Brown, Medium Dense 25
18		
Fine Sandy Silt, Brown, Very Dense	50	Silt, Brown, Hard 46
19		
Cemented Silt, Brown, Very Hard	50	49
20		
21	50	66
22		
Gravelly Sand, Dark Grey, Very Dense	50	50
23		
24	50	20
25		
Silty Clay, Grey, Stiff - Very Stiff	15	Silty Clay, Grey, Stiff - Very Stiff 16
26		
27	10	10
28		
29	24	23
30		



Office Tanah Abang III

depth	N	N	N	N
	mat = 2.1 m	mat = 2.35 m	mat = 2.05 m	
0	Silty Clay, Greyish Brown, Medium Stiff, High Plasticity	Clay, Greyish Brown, Stiff, High Plasticity	Silty Clay, Greyish Brown, Stiff, High Plasticity	
1				
2		8	9	11
3		5	8	11
4				
5	Clayey Silt, Redish Brown, Stiff, Low Plasticity	Silty Clay, Greyish Brown, Medium Stiff, High Plasticity	Clayey Silt, Brown, Soft, High Plasticity	1
6		4	3	2
7				
8		3	2	8
9	Sandy Silt, Greyish Brown, Medium Stiff, Low Plasticity	5	6	4
10				
11		8	5	15
12		16	27	60
13				
14	Clayey Silt, Light Brown, Hard, Medium Plasticity	Silty Sand, Greyish Brown, Very Dense	60	35
15		34	60	60
16		50	60	60
17		37	50	60
18	Silty Sand, Black, Very Dense	50	50	50
19				
20		50	60	50
21		50	50	50
22		50	36	60
23				
24		33	34	21
25				
26		31	30	24
27		32	24	32
28				
29		31	24	27
30	Silty Clay, Grey to Black, Low Plas	27	22	24
		Clayey Silt, Brownish Black		

PERKANTORAN JL. OTISTA

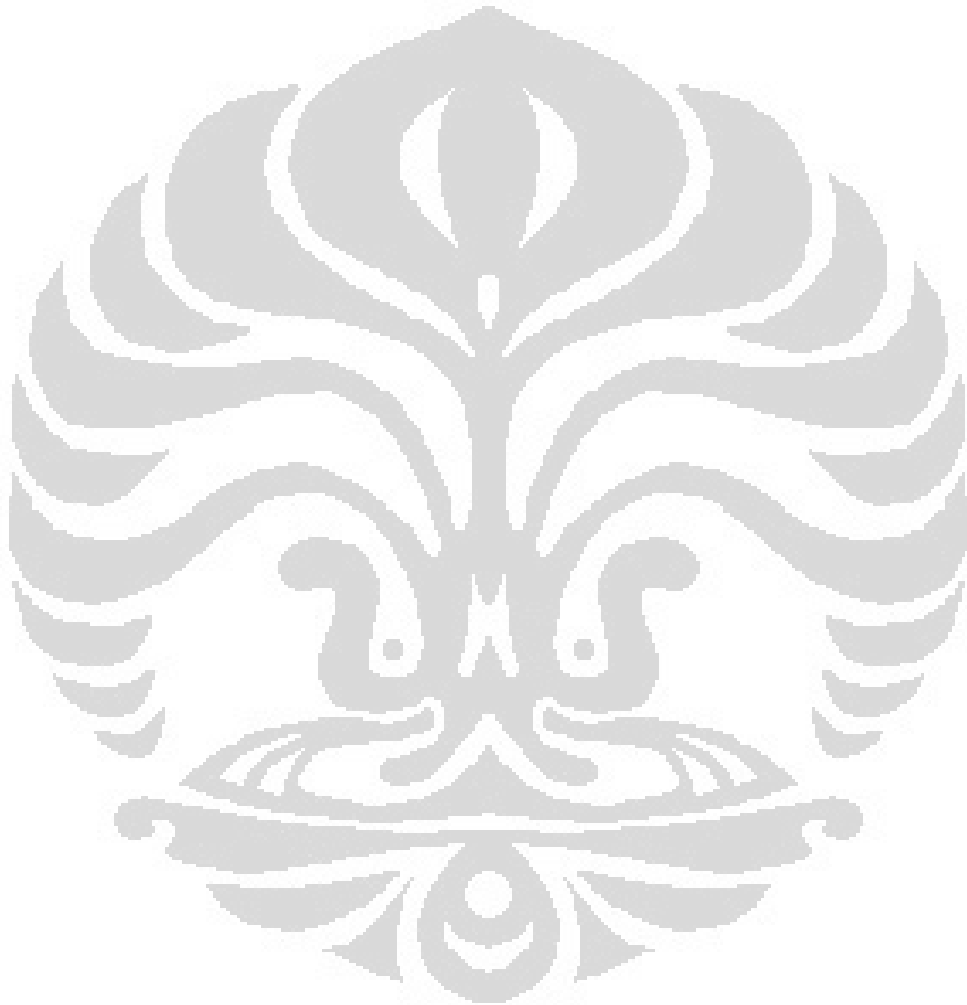
depth	N	N	N
0			
1	Clay , Brown, Firm, Low Plasticity	Silty Clay, Brown, Stiff, Non Plasticity	Silty Clay, Redish Brown Firm, High Plasticity
2	Silty Clay, Yellowish Brown, Firm High Plasticity	7	10
3			6
4		Clay, Dark Brown, Stiff, High Plasticity	Silty Clay, Dark Brown, Soft, Medium Plasticity
5		5	8
6			4
7	Clayey Silt, Yellowish Brown, Firm, Low Plasticity	Clayey Silt, Redish Brown, Stiff, Non Plasticity	Silty Sand and Coarse Sand Yellowish Brown, Medium Dense, Non Plasticity
8		7	5
9			11
10		Clayey Silt, Brown, Soft,	Silty Sand, Black, Dense, Non Plasticity
11	Clayey Silt, Grey, Firm to Stiff, Low Plasticity	13	15
12			24
13		Sand, Black, Medium Dense Non Plasticity	Silty Sand, Brown to Black, Dense, Non Plasticity
14	Organic, Black, Soft	9	12
15	Silty Sand, Black, Dense		59
16		3	20
17			36
18		37	39
19		Silty Sand, Brown, Dense, Non Plasticity	Cemented Clay, Dark Grey, Very Hard, Non Plasticity
20	Sand, Brown, Dense Non Plasticity	65	48
21			60
22		Silty Sand, Brown, Very Dense, Non Plasticity	Sand, Black, Dense, Non Plasticity
23		50	61
24			60
25		Clayey Silt, Brown, Hard, Non Plasticity	
26	Clay, Brown, Hard,	47	62
27			60
28		Silty Sand, Brown, Dense	Sand, Very Dense, Non Plasticity
29		60	28
30		Sand, Black, Non Plasticity	
			60
			Silt, Black, Non Plasticity
		60	51
			56
		Clayey Silt, Grey, Stiff, Non Plasticity	
		60	31
			20
		Sand, Black, Non Plasticity	
		60	60

SAINATH OFFICE

depth	N	N	N
0	mat = 3.1 m	mat = 3.45 m	mat = 2.3 m
0	Silty Clay, Brown, High Plasticity	Clayey Silt, Brownish Grey, Medium Plasticity	Silty Sand, Blackish Grey,
1			
2	22		14
3	5		39
4			15
4			Silty Clay, Brown, Grey, High Plasticity
5	9	9	
5	Clayey Silt, Brownish Grey High Plasticity	Silty Clay, Brownish Grey, High Plasticity	
6	13	31	23
6			Silt, Grey, High Plasticity
7		15	46
8			47
8			Silt, Brownish Grey, High Plasticity
9			53
9	41	26	53
9	Clayey Silt, Brownish Grey, High Plasticity		
10			37
11	15	37	37
11			Silty Sand, Brown, Dense - Very Dense
12	18	45	53
13			57
14	22	57	57
15			59
15			59
16	24	55	59
16			Silty Sand, Blackish Grey Medium - Dense
17			60
17			60
18	58	35	60
18			53
19	47	27	53
20			28
21	34	21	28
21			24
22	21	17	24
22			17
23			17
23	14	14	17
23			18
24			18
24			28
25	18	21	18
26			28
27	19	22	28
28			32
28	21	21	32
29			
30	20		

SINGAPORE INTERNATIONAL SCHOOL

depth	N	N
0	mat = 0.9 m	mat = 0.95 m
1	Sandy Silt, Blackish Grey, Very Soft	Clayey Silt, Grey, Very Soft
2		
3		Silt, Blackish Brown, Very Soft
4	Clayey Silt, Greysih Brown, Very Soft	
5		
6		
7	Clayey Silt, Blackish Brown, Very Soft - Soft	
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15	Silty Clay, Grey, Medium Stiff	Clayey Silt, Grey, Soft
16		
17	Silty Clay, Stiff, Grey	Clayey Silt, Blackish Brown, Stiff
18		
19	Clayey Silt, Blackish Brown, Very Stiff	Clayey Silt, Grey, Very Stiff
20		
21	Clayey Silt, Blackish Brown, Very Stiff	Clayey Silt, Blackish Brown, Very Stiff
22		
23	Clayey Silt, Grey, Very Stiff	Clayey Silt, Grey, Very Stiff
24		
25		Clayey Silt, Brown, Hard
26	Clayey Silt, Yellowish Brown, Hard	Sandy silt, Hard - Very Hard, Grey
27		
28		
29		
30		



Tanki Timbun BBM

depth	N	N	N
0 mat = 0.5 m Clay, Yellowish Red Stiff		Clay, Red, Stiff, High Plasticity	Clay, Red
1			
2 Sand, Brown, Loose trace Silt	3	Sand, Brown, Loose, trace Silt	9
3			
4			5
5	2		
6			Silty Clay, Grey, Soft, Medium Plasticity
7 Silty Clay, Grey, Soft, trace thine lense Sand, Low Plasticity	1	Silty Clay, Grey, Soft, Medium Plasticity	4
8			
9			4
10 Silty Clay, Redish Brown, Stiff, High Plasticity	2		
11			2
12	2		
13	2		
14			4
15	4	Silty Clay, Grey, Soft, High Plasticity	Silty Clay, Grey, Soft to Firm, Medium Plasticity
16	5		
17			3
18	5		7
19 Silty Clay, Redish Brown, Stiff, High Plasticity	15	Silty Clay, Brownish Grey, Soft, High Plasticity	21
20			
21	12		
22		Silty Clay, Brown, trace Lense Sand, Low Plasticity	33
23			
24	16		25
25	20		
26			42
27 Cemented Silt, Grey, Dense, trace Sand	45	Cemented Sand, Grey, Dense	49
28	51		
29			62
30	54		

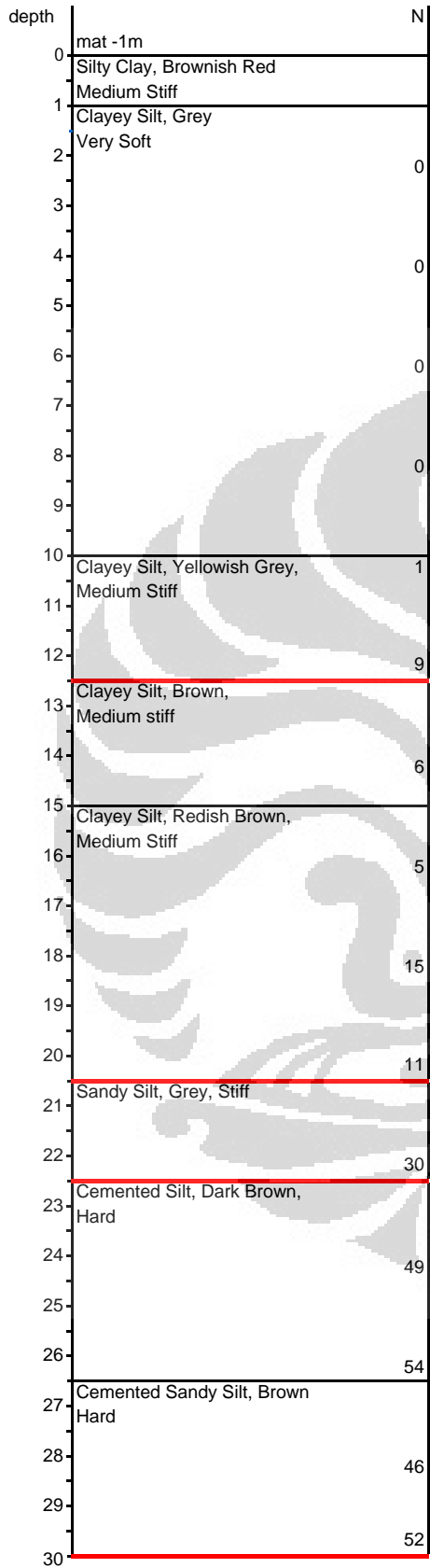
THE CITY CENTER

depth	N	N
	mat = 8.05 m	mat = 5.2 m
0	Silty Clay, Redish Brown Stiff - medium Stiff, High Plasticity	Clayey Silt, Redish Brown, Medium Stiff, High Plasticity
1		7
2		9
3		8
4		5
5		6
6		
7		Silty Clay, Redish Brown, Medium Stiff, High Plasticity
8		7
9		Clayey Silt, Brownish Grey, medium Stiff, High Plasticity
10	Clayey Silt, Brown, Soft, High Plasticity	4
11	Silty Clay, Light Grey, Soft, High Plasticity	4
12		14
13	clayey Silt, Brownish Grey, Soft - Very Stiff High Plasticity	4
14		18
15		21
16		60
17	Cemented Silt, Brownish Grey, Hard, Low Plasticity	42
18		46
19	Fine Sandy Silt, Brownish Grey Very Dense, Low Plasticity	60
20		Sand, Grey and Brown, Very Dense
21	Sandy Silt, Brownish Grey, Very Dense, Low Plasticity	60
22		Sand, Grey and Brown, Very Dense
23		60
24		Clayey Silt, Brown, Hard
25	Cemented Silt, Grey, Very Hard, Low Plasticity	60
26		48
27		46
28		60
29		60
30		60

TOL CIBITUNG-CILINCING STA 33+200

depth		N
0	mat -0.7m	
0	Silty Clay, Brown, Soft,	
1		
2		3
3	Clayey Silt, Dark Grey, Soft	
4		1
5	Silty Clay, Dark Grey, Very Soft	
6		1
7		
8		1
9		
10		1
11		
12		1
13		
14	Silty Clay, Brownish Grey, Medium Stiff	11
15	Clayey Silt, Brown, Hard	
16		39
17		
18	Cemented Silt, Brown, Hard	51
19		
20		60
21		
22		42
23		
24		58
25	Cemented Sand, Blackish Grey, Very Dense	
26		60
27		
28		60
29		
30		

TOL CIBITUNG-CILINCING STA 31+675



LAMPIRAN

Proyek Gedung C Bank Indonesia

m.a.t 1.2 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	5.5	5.5	Silty Clay	36.03	Soil PI 30	Soil PI 30	15.6	5
2	8	2.5	Silty fine Sand	53.4	Soil PI 0	Soil PI 50	13.5	6
3	12	4	Silty fine Sand		Soil PI 0	Soil PI 50	13.5	4
4	14.8	2.8	Silty fine Sand		Soil PI 0	Soil PI 50	13.5	9
5	19	4.2	Clayey Silt	43.07	Soil PI 50	Soil PI 50	14.7	8
6	22	3	Silty Sand	31.86	Soil PI 0	Soil PI 30	17.7	8
7	25.2	3.2	Silty Sand		Soil PI 0	Soil PI 30	17.7	10
8	28	2.8	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	15.5	14
9	30	2	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	15.5	16

Tanki Timbun BBM, Koja, Jakut

m.a.t 0.5 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	1.6	1.6	Clay	13.08	Soil PI 15	-	18.4	4
2	4	2.4	Sand	-	Sand Avg	-	17	5
3	5.9	1.9	Sand	-	Sand Avg	-	16.17	2
4	8	2.1	Silty Clay	30.24	Soil PI 30	-	15.6	3
5	10	2	Silty Clay		Soil PI 30	-	15.6	3
6	13	3	Silty Clay		Soil PI 30	-	15.6	2
7	16	3	Silty Clay		Soil PI 30	-	15.6	3
8	19	3	Silty Clay		Soil PI 30	-	15.6	5
9	22	3	Clayey Silt	-	Soil PI 30	-	15.54	16
10	24	2	Clayey Silt	-	Soil PI 30	-	15.13	17
11	26.7	2.7	Clayey Silt	-	Soil PI 30	-	16.51	30
12	30	3.3	Cemented Sand	-	Sand Avg	-	18.16	54

Apartemen
Juanda

m.a.t 0.6 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	2	2	Silty Clay	24.35	Soil PI 30	Soil PI 30	16	1
2	4.6	2.6	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	16	3
3	8.3	3.7	Clayey Silt	45	Soil PI 0	Soil PI 50	14.7	4
4	11	2.7	Silty Clay	31.84	Soil PI 30	Soil PI 30	15	10
5	13.2	2.2	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	15	17
6	15	1.8	Sandy Silt	30	Soil PI 0	Soil PI 30	14.75	19
7	18	3	Sandy Silt		Soil PI 0	Soil PI 30	14.75	57
8	20	2	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	14.5	31
9	22	2	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	14.5	28
10	25	3	Silty Clay	34.85	Soil PI 30	Soil PI 30	15.6	33
11	28	3	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	15.6	34
12	30	2	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	16.37	28

Sainath Office

m.a.t 3.3 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Clayey Silt	38	Soil PI 30	-	15.8	25
2	5	2	Clayey Silt		Soil PI 30	-	15.8	12
3	7.5	2.5	Clayey Silt		Soil PI 30	-	15.8	21
4	10	2.5	Clayey Silt		Soil PI 30	-	17.4	47
5	12	2	Clayey Silt	35	Soil PI 30	-	17.4	34
6	14.5	2.5	Clayey Silt		Soil PI 30	-	17.4	35
7	17	2.5	Silty Sand		-	Soil PI 0	-	18
8	19	2	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	52
9	21.5	2.5	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	35
10	24	2.5	Clayey Silt	48	Soil PI 30	-	15.3	19
11	27	3	Clayey Silt		Soil PI 30	-	15.3	18
12	30	3	Clayey Silt		Soil PI 30	-	15.3	23

tol cibitung cilincing
 Sta 33+200
 m.a.t 0.7 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Silty Clay	44	Soil PI 50	-	15.8	3
2	6	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.8	1
3	8	2	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.8	1
4	10	2	Silty Clay		Soil PI 50	-	17.4	1
5	13	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	17.4	1
6	15	2	Silty Clay		Soil PI 50	-	17.4	11
7	17	2	Cemented Silt	-	Soil PI 0	-	18	39
8	19	2	Cemented Silt	-	Soil PI 0	-	18	51
9	21	2	Cemented Silt	-	Soil PI 0	-	18	60
10	23	2	Cemented Silt	-	Soil PI 0	-	15.3	42
11	25	2	Cemented Silt	-	Soil PI 0	-	15.3	59
12	27	2	Cemented Sand	-	Sand Avg	-	15.3	60
13	30	3	Cemented Sand	-	Sand Avg	-	15.3	60

tol cibitung cilincing
 Sta 31+675
 m.a.t 1 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Clayey Silt	28.61	Soil PI 30	Soil PI 30	15.1	1
2	6	3	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.1	1
3	9	3	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.1	1
4	12.5	3.5	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.1	5
5	15.2	2.7	Clayey Silt	-	Soil PI 30	Soil PI 30	17.4	6
6	18	2.8	Clayey Silt	-	Soil PI 30	Soil PI 30	17.4	5
7	20.5	2.5	Clayey Silt	-	Soil PI 30	Soil PI 30	18	13
8	22.5	2	Sandy Silt	-	Soil PI 30	Soil PI 0	18	30
9	25	2.5	Cemented Silt	-	Soil PI 0	Soil PI 15	18	49
10	27	2	Cemented Silt	-	Soil PI 0	Soil PI 15	15.3	54
11	30	3	Cemented Silt	-	Soil PI 0	Soil PI 15	15.3	49

Kantor KBN Cakung

Jl.Cacing

Sta 31+675

m.a.t 1.5 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	2	2	Silty Clay	43	Soil PI 50	-	16.6	4
2	5	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	16.6	2
3	10.5	5.5	Silty Clay		Soil PI 50	-	16.6	2
4	13	2.5	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	18.6	7
5	15.5	2.5	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	18.6	14
6	17	1.5	Clay	-	Soil PI 30	-	17.4	32
7	19	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	60
8	21	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	45
9	23.5	2.5	Sand	-	Sand Avg	-	18	55
10	26	2.5	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	15.3	41
11	30	4	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	15.3	60

Mal Kelender

Duren Sawit, Jaktim

m.a.t 1.68 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	1.34	1.34	Silty Clay	34	Soil PI 30	-	16.6	6
2	4	2.66	Cemented Sand		Soil PI 30	-	16.6	44
3	6.2	2.2	Cemented Sand		Soil PI 30	-	16.6	51
4	9	2.8	Sand	-	Sand Avg	-	18.6	60
5	12	3	Sand	-	Sand Avg	-	18.6	48
6	14	2	Sand	-	Sand Avg	-	17.4	55
7	17	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	56
8	20	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	51
9	23	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	46
10	26.8	3.8	Sand	-	Sand Avg	-	15.3	44
11	30	3.2	Silty Clay	-	Soil PI 50	-	15.3	41

GEDUNG PERKANTORAN

Jl. Otista

m.a.t 2.83 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Silty Clay	26.74	Soil PI 30	-	16.9	8
2	5.33	2.33	Silty Clay		Soil PI 30	-	16.9	6
3	8	2.67	Clayey Silt	17.24	Soil PI 15	-	16.1	5
4	10	2	Clayey Silt		Soil PI 15	-	16.1	8
5	12	2	Clayey Silt		Soil PI 15	-	16.1	17
6	14	2	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	17.6	26
7	17	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	32
8	20	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	58
9	22	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	57
10	25	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	56
11	28	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	56
12	30	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	48

BKT Paket 26

Pondok Kopi, Jak-Tim

m.a.t 3.25 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	15.6	4
2	5	2	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	15.6	5
3	8	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	16	7
4	10	2	Clayey Silt	-	Soil PI 30	-	15	14
5	13	3	Clayey Silt	-	Soil PI 30	-	15	22
6	16	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	60
7	19	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	60
8	22	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	58
9	25	3	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	60
10	27	2	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	49
11	30	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	18	39

Dermaga 108
 Tanjung Priok
 m.a.t 0 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	4.5	4.5	Clayey Sand	60.78	Soil PI 50	-	15.24	5
2	7	2.5	Silty Clay	46.43	Soil PI 50	-	15.28	3
3	10	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.28	7
4	13	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.28	24
5	16	3	Cemented Sand		26.97	Sand Avg	-	16.5
6	18	2	Cemented Sand	Sand Avg		-	16.5	40
7	20	2	Cemented Sand	Sand Avg		-	16.5	50
8	24	4	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	18	48
9	27	3	Cemented Sand	-	Soil PI 0	-	18	44
10	30	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	18	41

Pintu Timur Ancol
 m.a.t 1.5 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Silty Clay	25.37	Soil PI 30	-	15.7	1
2	6	3	Silty Clay		Soil PI 30	-	15.7	1
3	8.5	2.5	Silty Clay		Soil PI 30	-	15.7	2
4	11	2.5	Clayey Sand		Soil PI 30	-	15.28	7
5	14	3	Clayey Sand	35.87	Soil PI 30	-	16.2	23
6	16	2	Clayey Sand		Soil PI 30	-	16.2	46
7	19	3	Clayey Sand		Soil PI 30	-	18	51
8	22	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	60
9	24	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	60
10	26	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	56
11	28	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	56
12	30	2	Sand	-	Sand Avg	-	18	48

CASABLANCA EAST RESIDENCE

m.a.t 8.4 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Clayey Silt	30.62	Soil PI 30	Soil PI 30	16.17	4
2	6	3	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	16.17	6
3	9	3	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	16.17	5
4	12	3	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	16.17	17
5	15	3	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	16.17	29
6	18	3	Sand Silt	18.66	Soil PI 15	Soil PI 0	15.74	60
7	21	3	Sand Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	15.74	60
8	24	3	Sand Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	15.74	62
9	27	3	Sand Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	15.74	60
10	29.4	2.4	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	18	60
11	30	0.6	Sand Silt	-	Soil PI 0	Soil PI 0	18	60

Kantor Wali Kota

Jakarta Utara

m.a.t 0.7 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	4	4	Clayey Silt	40.7	Soil PI 50	-	15.53	1
2	9	5	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.53	1
3	14	5	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.53	1
4	17	3	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.53	8
5	20	3	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	53
6	22	2	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	47
7	25	3	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	45
8	27	2	Cemented Sand	-	Sand Avg	-	18	48
9	30	3	Cemented Sand	-	Sand Avg	-	18	60

The City Center
 Jl. KH Mas Mansyur
 m.a.t 6.6 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	4	4	Clayey Silt	41.87	Soil PI 50	-	15.65	8
2	7	3	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.65	5
3	11	4	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.65	7
4	14.75	3.75	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.65	26
5	17	2.25	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	44
6	20	3	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	55
7	23	3	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	57
8	26	3	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	56
9	30	4	Cemented Silt	-	Soil PI 15	-	18	60

GRAHA REFORMED MILLENIUM
 Komplek Kemayoran Blok B14 Kav.1
 m.a.t 0.7 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	2	2	Clayey Silt	31.55	Soil PI 30	-	16.28	2
2	5	3	Clayey Silt		Soil PI 30	-	16.28	2
3	8	3	Clayey Silt		Soil PI 30	-	16.28	2
4	12	4	Clayey Silt		Soil PI 30	-	16.28	25
5	14.4	2.4	Sandy Silt	-	Soil PI 0	-	18	39
6	17	2.6	Sand	-	Sand Avg	-	18	64
7	21	4	Sand	-	Sand Avg	-	18	51
8	24	3	Clayey Silt	39.32	Soil PI 15	-	17	17
9	27	3	Clayey Silt		Soil PI 15	-	12	12
10	30	3	Clayey Silt		Soil PI 30	-	30	30

Office Tanah Abang III
m.a.t 2.17 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Silty Clay	49.64	Soil PI 50	-	15.59	9
2	6	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.59	5
3	9	3	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.59	4
4	12.5	3.5	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.59	16
5	15	2.5	Sandy Silt	-	Soil PI 0	-	18	43
6	18.5	3.5	Sandy Silt	-	Soil PI 0	-	18	52
7	21	2.5	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	53
8	25	4	Silty Sand	-	Soil PI 0	-	18	42
9	27	2	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	17	28
10	30	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	17	28

Proyek Gedung
Jl. Matraman
m.a.t 4.4 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Clayey Silt	26.62	Soil PI 30	Soil PI 30	15.44	8
2	5	2	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.44	4
3	7	2	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.44	2
4	9	2	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.44	4
5	11.35	2.35	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	15.44	10
6	12.25	0.9	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	14.75	14
7	13.75	1.5	Clayey Silt		Soil PI 30	Soil PI 30	14.75	21
8	15.25	1.5	Sandy Silt	14	Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	46
9	16.75	1.5	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	40
10	18.25	1.5	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	60
11	19.75	1.5	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	60
12	21.25	1.5	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	58
13	22.625	1.375	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	60
14	23.875	1.25	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	40
15	24.65	0.775	Sandy Silt		Soil PI 15	Soil PI 0	14.75	44
16	27	2.35	Clayey Silt	16.19	Soil PI 15	Soil PI 15	14.75	31
17	29	2	Clayey Silt		Soil PI 15	Soil PI 15	14.75	30
18	30.5	1.5	Clayey Silt		Soil PI 15	Soil PI 15	14.75	41

KBN Marunda

m.a.t 0.2 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	1.3	1.3	Clay	20	Soil PI 30	-	15.1	1
2	3	1.7	Sandy Clay	33.66	Soil PI 30	-	15.36	1
3	5	2	Sandy Clay		Soil PI 30	-	15.36	7
4	7.5	2.5	Sandy Clay		Soil PI 30	-	15.36	3
5	10.5	3	Silty Clay		45.63	Soil PI 50	-	16
6	13	2.5	Silty Clay	Soil PI 50		-	16	5
7	17.3	4.3	Silty Clay	Soil PI 50		-	16	12
8	20.5	3.2	Sand	-	Sand Avg	-	18	40
9	23.5	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	56
10	27	3.5	Sand	-	Sand Avg	-	18	52
11	30	3	Sand	-	Sand Avg	-	18	60

Mega Mall Pluit

m.a.t 0.2 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m ³)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	15.2	1
2	5.5	2.5	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	15.2	1
3	8.5	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	15.2	1
4	11.5	3	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	15.2	1
5	16	4.5	Silty Clay	-	Soil PI 50	-	15.2	6
6	17.65	1.65	Sand	-	Sand Avg	-	17.2	22
7	20	2.35	Silt	-	Soil PI 15	-	18	49
8	22	2	Silt	-	Soil PI 15	-	18	58
9	24.77	2.77	Silt	-	Soil PI 15	-	18	42
10	28	3.23	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	16.5	13
11	30	2	Silty Clay	-	Soil PI 30	-	16.5	19

GRAND TREVA INTERNATIONAL HOTEL

m.a.t 0.9 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	2.5	2.5	Silty Clay	33.07	Soil PI 30	Soil PI 30	16.1	4
2	3.75	1.25	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	16.1	3
3	5	1.25	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	16.1	2
4	6	1	Silty Clay		Soil PI 30	Soil PI 30	16.1	6
5	8	2	Silty Fine Sand	34.97	Soil PI 30	Soil PI 0	16.2	2
6	8.75	0.75	Silty Fine Sand		Soil PI 30	Soil PI 0	16.2	2
7	11	2.25	Silty Clay	49.3	Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	1
8	12.75	1.75	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	2
9	14.25	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	1
10	15.75	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	1
11	17.25	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	1
12	18.75	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	1
13	20.25	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	1
14	21.75	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	2
15	23.25	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	4
16	24.75	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	7
17	26.42	1.67	Silty Clay	Soil PI 50	Soil PI 50	15.5	7	
18	27.75	1.33	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	15.9	15
19	29	1.25	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	15.9	15
20	30	1	Sand	-	Sand Avg	Sand Avg	15.9	14

Gedung Pelayanan Dephan
 m.a.t 1.33 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	2.75	2.75	Silty Clay	47.47	Soil PI 50	-	15.37	6
2	4.5	1.75	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.37	3
3	6	1.5	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.37	4
4	6.5	0.5	Silty Clay		Soil PI 50	-	15.37	2
5	8.75	2.25	Sandy Silt	46.6	Soil PI 50	-	15.53	8
6	10.25	1.5	Sandy Silt		Soil PI 50	-	15.53	10
7	11.75	1.5	Sandy Silt		Soil PI 50	-	15.53	10
8	13.25	1.5	Sandy Silt		Soil PI 50	-	15.53	40
9	14.75	1.5	Sandy Silt		Soil PI 50	-	15.53	41
10	16.25	1.5	Sandy Silt		Soil PI 50	-	15.53	35
11	17.75	0.925	Sandy Silt		Soil PI 50	-	15.53	43
12	19.9	2.075	Sandy Silt	76.53	Soil PI 50	-	15.53	27
13	20.75	0.65	Silty Clay		Soil PI 100	-	15.53	19
14	22	2.1	Silty Clay		Soil PI 100	-	14.72	13
15	23.5	1.5	Silty Clay		Soil PI 100	-	14.72	12
16	25.07	1.57	Silty Clay		Soil PI 100	-	14.72	31
17	26.75	1.68	Sand		Sand Avg	-	18	54
18	28	1.25	Sand		Sand Avg	-	18	57
19	29.5	1.5	Sand		Sand Avg	-	18	44
20	30	0.5	Sand	-	Sand Avg	-	18	40

Singapore International School
 m.a.t 1.33 m

layer	depth (m)	thickness (m)	Lapisan	PI rata-rata	modulus reduction & damping ratio		unit weight (KN/m3)	N SPT
					Run 1	Run 2		
1	3	3	Clayey Silt	72.01	Soil PI 50	-	14.23	1
2	4.625	1.625	Clayey Silt		Soil PI 50	-	14.23	1
3	6.875	2.25	Clayey Silt		Soil PI 50	-	14.23	1
4	9	2.125	Clayey Silt		Soil PI 50	-	14.23	1
5	11	2	Clayey Silt		Soil PI 50	-	14.23	2
6	13	2	Clayey Silt		Soil PI 50	-	14.23	2
7	14.8	1.8	Clayey Silt		Soil PI 50	-	14.23	2
8	17	2.2	Clayey Silt	42.5	Soil PI 50	-	15.95	5
9	18.75	1.75	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.95	14
10	20.5	1.75	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.95	15
11	22.75	2.25	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.95	24
12	24.8	2.05	Clayey Silt		Soil PI 50	-	15.95	25
13	26.75	1.95	Sandy Silt	36	Soil PI 30	-	18	32
14	28.75	2	Sandy Silt		Soil PI 30	-	18	41
15	30	1.25	Sandy Silt		Soil PI 30	-	18	41