

## KAJIAN AWAL KELAS SITUS UNTUK PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG DI DKI JAKARTA Site Class Preliminary Study for Seismic Design of Building in DKI Jakarta

<sup>1</sup>Fahmi Aldiamar, <sup>2</sup>M. Ridwan, <sup>3</sup>Rusli, <sup>4</sup>Asrurifak, <sup>5</sup>Masyhur Irsyam, <sup>6</sup>Widya Yunita

<sup>1</sup>Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Jl. A.H. Nasution No. 264, Bandung, 40294,

<sup>2,3</sup>Pusat Litbang Pemukiman, Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan, Kabupaten Bandung 40393

<sup>4,5,6</sup>Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

<sup>1</sup>E-mail : fahmi.aldiamar@pusjatan.pu.go.id

<sup>2</sup>E-mail : eqofi@yahoo.com

<sup>3</sup>E-mail : ruslibdg@yahoo.com

<sup>4</sup>E-mail : m\_asrurifak@yahoo.com

<sup>5</sup>E-mail : masyhur@bdg.centrin.net

<sup>6</sup>E-mail : nuni.widyayunita@ymail.com

Diterima : 27 Maret 2013; Disetujui : 30 Juli 2013

### Abstrak

Untuk kebutuhan perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung, diperlukan parameter disain berupa percepatan puncak dan spektra disain di permukaan tanah. Untuk mendapatkan parameter tersebut diperlukan klasifikasi kelas situs, sehingga parameter gempa di permukaan dihasilkan dari percepatan di batuan dasar atau pada kelas situs B (SB) dikalikan dengan faktor koefisien situs. Klasifikasi kelas situs ditentukan oleh SNI 1726 : 2012 untuk lapisan tanah setebal 30 m dapat ditentukan berdasarkan nilai uji penetrasi standar ( $\bar{N}$ ), kecepatan rambat gelombang geser ( $\bar{V}_s$ ) atau kuat geser niralir ( $\bar{S}_u$ ). Mengingat umumnya uji penetrasi standar dilakukan di Indonesia, maka pada tulisan ini disampaikan evaluasi kelas situs berdasarkan data penetrasi standar hingga kedalaman 30 m yang dikumpulkan dari kegiatan microzonasi Jakarta yang dilakukan oleh kerjasama antara Badan Meterologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Pusat Litbang Pemukiman, Pemerintah DKI dan Institut Teknologi Bandung. Analisis awal menggunakan metode fungsi berbasis radial dengan fungsi spline Kernel pada data uji penetrasi standar di DKI Jakarta menunjukkan bahwa hampir keseluruhan area Jakarta Utara dan Jakarta Pusat masuk dalam kategori kelas situs E (tanah lunak) dengan nilai  $\bar{N} < 15$ , sedangkan beberapa bagian di Jakarta Barat, Timur dan Selatan terlihat area dengan nilai  $\bar{N} > 15$  yang menunjukkan bahwa beberapa area di daerah tersebut masuk dalam kategori kelas situs D (tanah sedang).

**Kata Kunci :** Uji penetrasi standar, kelas situs, Jakarta, parameter gempa, percepatan puncak di permukaan

### Abstract

Seismic design parameter such as peak acceleration and spectral response at ground surface are needed in seismic design for building structure. To obtain those parameter, site class determination is needed, where peak ground acceleration at ground surface obtain from peak ground acceleration at bedrock or site class B seismic parameter multiplied with site coefficient. Site class determination according to SNI 1726 : 2012 for soil layer 30 m in depth can be based on Standard Penetration Test value ( $\bar{N}$ ), shear wave velocity ( $\bar{V}_s$ ) or undrained shear strenght ( $\bar{S}_u$ ). Standard penetration test is common and usually used in geotechnical investigation in Indonesia, therefore in this paper evaluation on site class according to standard penetration test until 30 m in depth using data base collected from microzonation of Jakarta project carried out by cooperation between Indonesian Agency for Meteorology, Climatologi and Geophysic, Research Institute for Human Settlements, DKI Jakarta Government and Bandung Institute of Technology. Preliminary analysis using radial basis functions method with completely regularized spline Kernel function on DKI Jakarta standard penetration data base showed that almost all of the area in North Jakarta and Central Jakarta is classified as Site Class E (soft soil) where  $\bar{N} < 15$ , while some parts in west, east and south Jakarta show areas with  $\bar{N} > 15$ , which indicate that some of those regions are classified as Site Class D (medium soil).

**Keyword :** Standard penetration test, site class, Jakarta, seismic parameter, peak acceleration at ground surface

## PENDAHULUAN

Indonesia berada pada kondisi seismotektonik yang aktif, dimana berdasarkan katalog gempa USGS (USGS/NEIC (PDE) 1973-2013) dalam 10 tahun terakhir saja tercatat beberapa gempa besar seperti gempa Aceh (2004), gempa Yogyakarta (2006), gempa Padang (2009). Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan hilangnya ribuan jiwa, runtuh dan rusaknya ribuan infrastruktur dan bangunan, serta keluarnya dana triliunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi, seperti yang terjadi di Sumatera Barat dimana pembiayaan untuk rehabilitasi dan rekonstruksi mencapai Rp. 20,86 triliun (Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2009).

Untuk meningkatkan performa konstruksi bangunan gedung terhadap gempa, pada tahun 2010 dilakukan proses kaji ulang standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung yang sebelumnya telah disusun pada tahun 2002 (SNI 03-1726-2002). Pada proses kaji ulang tersebut disepakati untuk mengacu pada referensi utama ASCE 07-2010 untuk perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan gedung.

Untuk kebutuhan perencanaan ketahanan gempa struktur bangunan, diperlukan parameter disain berupa parameter percepatan disain di permukaan tanah. Untuk mendapatkan parameter tersebut diperlukan klasifikasi kelas situs, sehingga parameter gempa di batuan dasar atau pada kelas situs B (SB) dapat dikalikan dengan faktor amplifikasi untuk mendapatkan parameter percepatan disain di permukaan tanah.

Berdasarkan ASCE 07-2010, klasifikasi kelas situs dapat diperoleh menggunakan salah satu dari 3 (tiga) parameter, yaitu parameter nilai penetrasi standar, nilai kecepatan gelombang geser atau nilai kuat geser niralir pada tanah dengan ketebalan 30 m dari permukaan tanah. Saat ini kegiatan microzonasi DKI Jakarta yang merupakan kegiatan kerjasama antara Badan Meteorologi Klimatologi

dan Geofisika (BMKG), Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) Kementerian Pekerjaan Umum, Pemerintah Daerah DKI Jakarta dan Institut Teknologi Bandung dilakukan untuk mengetahui kondisi tanah, kondisi kedalaman batuan dasar (*bedrock*), kondisi kegempaan dan kondisi struktur bangunan gedung untuk kebutuhan evaluasi dan pengembangan standar perencanaan gedung dan infrastruktur lainnya yang spesifik dengan kondisi DKI Jakarta.

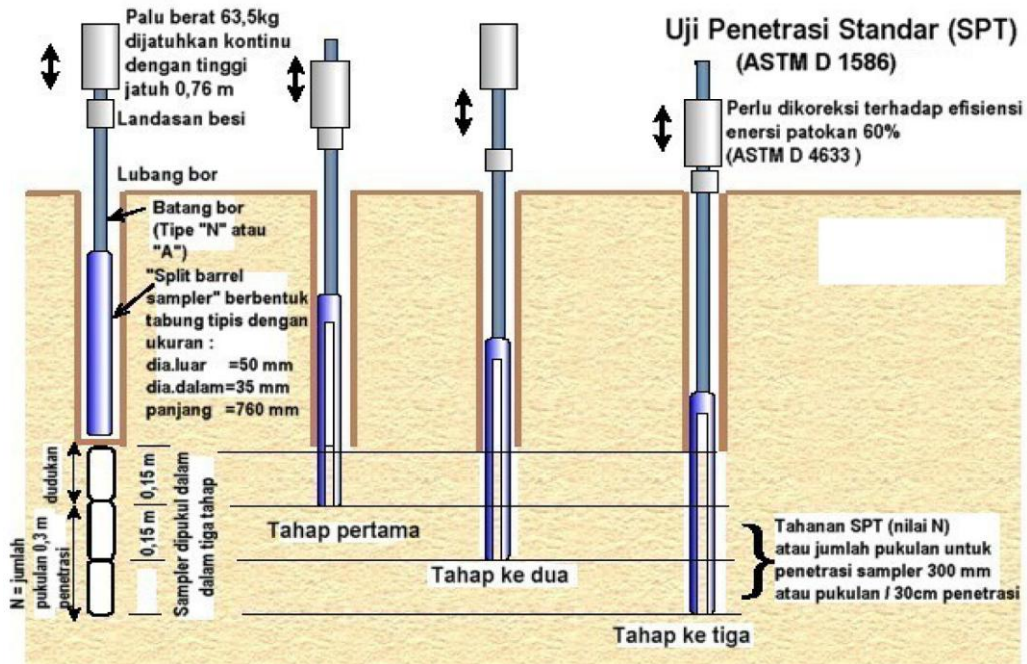
Pemilihan DKI Jakarta sebagai daerah kajian didasarkan pada tingkat kepadatan penduduk, jumlah bangunan gedung dan lokasi strategis DKI Jakarta sebagai pusat pemerintahan di Indonesia. Pada tulisan ini akan dibahas kajian awal microzonasi Jakarta dengan fokus kajian berupa kelas situs DKI Jakarta berdasarkan data sekunder dan primer yang telah terkumpul hingga saat ini.

### Prinsip Dasar Uji Penetrasi Standar

Uji penetrasi standar adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan dengan mengacu pada standar uji SNI 4153 : 2008 (BSN, 2008).

Uji penetrasi standar terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m.

Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga ditambahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan penetrasi standar (dinyatakan dalam jumlah pukulan / 0,3 m). Skema urutan uji penetrasi standar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Urutan Uji Penetrasi Standar (BSN, 2008)

**Parameter Kelas Situs**

Persamaan-persamaan yang dijelaskan dibawah ini umumnya digunakan untuk menentukan profil situs hingga kedalaman 30 m. Profil terdiri dari lapisan tanah yang berbeda, untuk dipilah dan dipisahkan menjadi lapisan-lapisan yang diidentifikasi menggunakan nomor yang berkisar antara 1 hingga *n* pada lapisan yang paling bawah, dimana total jumlah *n* adalah total ketebalan lapisan tanah hingga kedalaman 30 m.

Nilai rata-rata  $\bar{V}_s$ ,  $\bar{N}$  atau  $\bar{S}_u$  hingga kedalaman 30 m dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i/v_{si}} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- $\sum_{i=1}^n d_i$  = jumlah ketebalan lapisan tanah hingga kedalaman 30 m
- $d_i$  = tebal lapisan tanah ke-*i* (m),
- n* = jumlah lapisan tanah hingga kedalaman 30 m.
- $v_{si}$  = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-*i* (m/detik),
- i* = lapisan antara 1 dan *n*

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n d_i/N_i} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

$N_i$  = nilai hasil uji Penetrasi Standar yang didapatkan langsung dari lapangan, berupa tumbukan tak terkoreksi pada lapisan tanah ke-*i* yang tidak melebihi kedalaman 30m,

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^k d_i}{\sum_{i=1}^k d_i/S_{ui}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

$S_{ui}$  = kuat geser niralir lapisan tanah ke-*i* tidak melebihi 240 kPa.

Setelah profil situs hingga kedalaman 30 m diketahui, maka kelas situs dapat ditentukan dengan mengacu pada kriteria yang diperlihatkan pada Tabel 1.

**METODE**

Mengingat data yang tersedia adalah data uji penetrasi standar, maka penentuan klasifikasi kelas situs yang akan dibahas pada tulisan ini hanya didasarkan pada nilai penetrasi standar menggunakan persamaan 2. Langkah-langkah evaluasi kelas situs untuk DKI Jakarta adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data lapangan di DKI Jakarta yang terdiri dari data tanah dan uji penetrasi standar.
2. Perhitungan  $\bar{N}$  berdasarkan data pengujian lapangan langsung (data primer) dan data sekunder.

**Tabel 1** Kelas Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (Batuan keras)	$\bar{V}_s > 1500$	N/A	N/A
SB (Batuan)	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
SD (Tanah sedang)	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
SE (Tanah lunak)	$\bar{V}_s < 175$	$15 < \bar{N}$	$\bar{S}_u < 50$
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik-situs)	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air (<math>w</math>) <math>\geq 40\%</math>, dan</li> <li>3. Kuat geser niralir <math>\bar{S}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol> Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan &gt; 3m)</li> <li>- Plastisitas tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math>m</li> </ul>		

Sumber : (BSN, 2012)

3. Pembuatan peta kelas situs di DKI Jakarta menggunakan piranti lunak *Geographic Information System* (GIS).

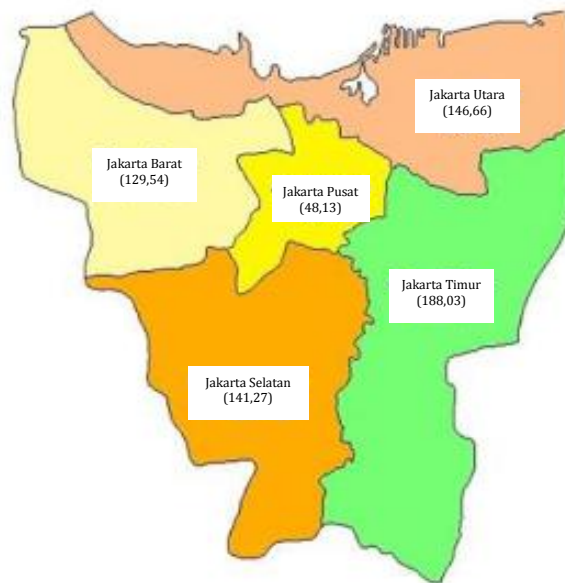
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Batas administrasi daerah dan luas wilayah DKI Jakarta yang dijadikan peta dasar pembagian wilayah DKI Jakarta dalam evaluasi mengacu pada laporan keterangan pertanggungjawaban gubernur Provinsi DKI Jakarta tahun 2011 seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

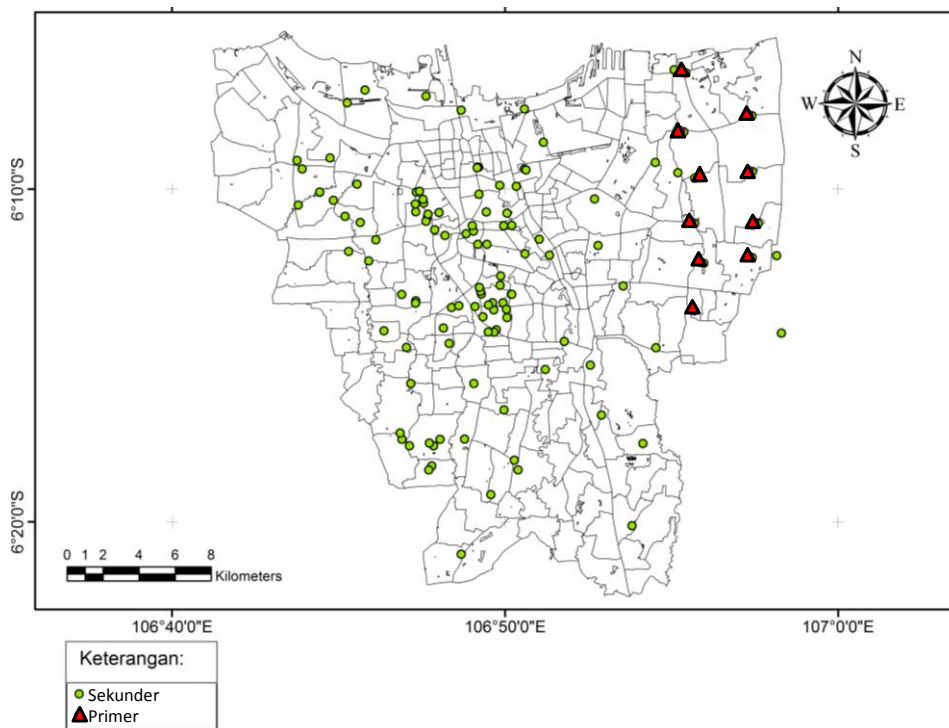
Analisis awal menggunakan metode fungsi berbasis radial dengan fungsi *spline Kernel* pada 130 data pemboran teknik di DKI Jakarta, dimana 120 data merupakan data sekunder yang didapatkan dari DKI Jakarta dan 10 data merupakan data primer pemboran teknik yang dilakukan oleh Pusat Litbang Pemukiman hingga kedalaman 30m. Lokasi penyelidikan lapangan yang terdiri dari data sekunder dan data primer dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan pemilahan terhadap jumlah data dan rentang nilai  $\bar{N}$  (lihat Gambar 3), diketahui bahwa 72% data memiliki nilai  $\bar{N} < 15$ , sedangkan 28% data memiliki nilai  $\bar{N} > 15$ . Metode interpolasi nilai  $\bar{N}$  menggunakan bantuan piranti lunak Arc Map untuk menghasilkan zonasi berdasarkan rentang nilai  $\bar{N}$  menunjukkan perkiraan area sebaran dengan rentang nilai antara 0-30 diperlihatkan pada gambar 5.

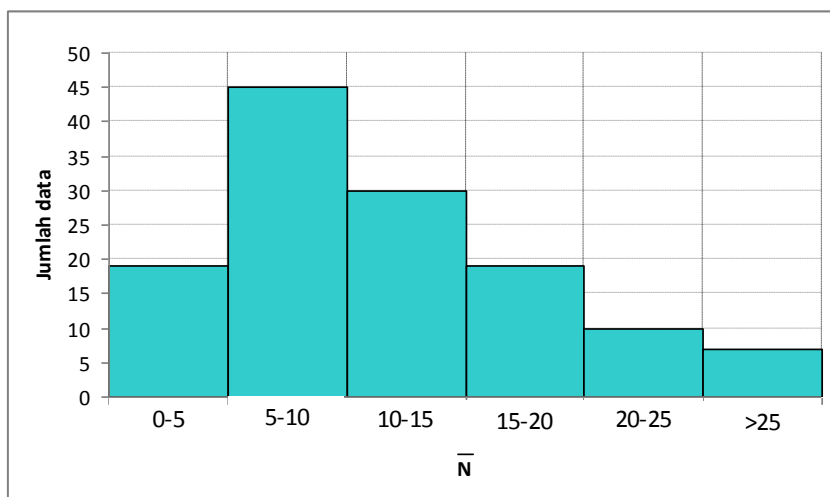
Mengacu pada kriteria kelas situs SNI 1726 : 2012 (lihat Tabel 1), hasil interpolasi menunjukkan bahwa Jakarta Utara dan Jakarta Pusat memiliki nilai  $\bar{N} < 15$ . Hal ini menggambarkan bahwa daerah tersebut masuk dalam kategori kelas situs E (tanah lunak). Sedangkan pada beberapa bagian di Jakarta Timur, Barat dan Selatan terlihat area dengan nilai  $\bar{N} > 15$  yang menunjukkan bahwa beberapa lokasi pada daerah tersebut masuk dalam kategori kelas situs D (tanah sedang). Untuk lebih jelasnya, pembagian kelas situs untuk DKI Jakarta dapat dilihat pada Gambar 5.



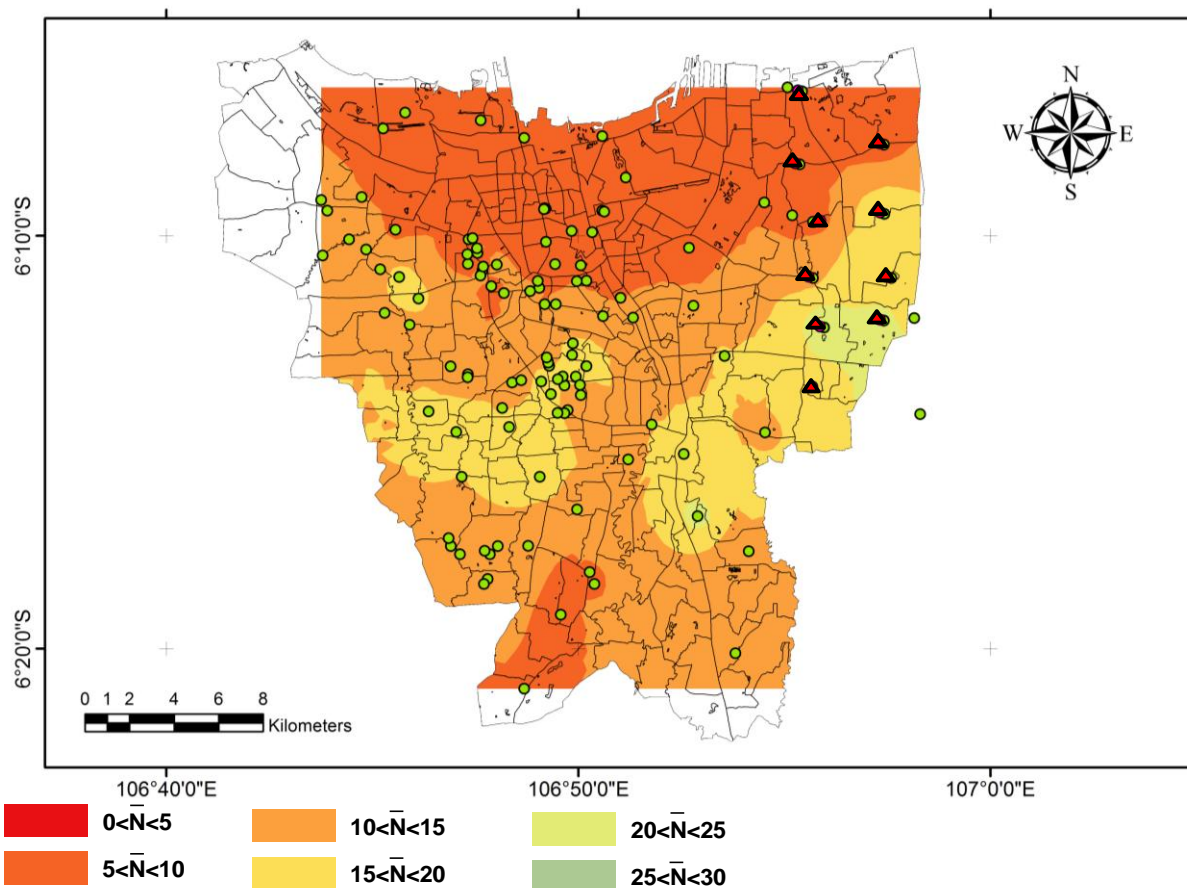
**Gambar 1** Peta Pembagian Wilayah DKI Jakarta (Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 2011)



**Gambar 2** Sebaran Data Tanah (Data Sekunder dan Primer) di DKI Jakarta

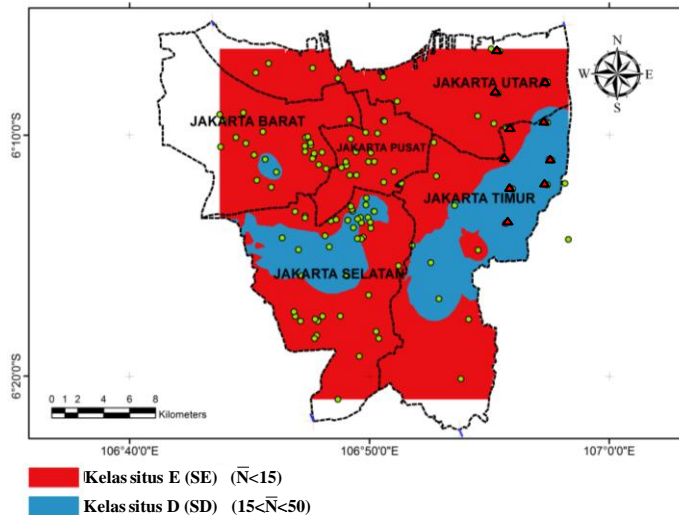


Gambar 3 Distribusi Sebaran Data terhadap Nilai  $\bar{N}$



Gambar 4 Area Interpolasi Nilai Penetrasi Standar pada Rentang Nilai  $0 \leq \bar{N} \leq 30$





Gambar 5 Pembagian Kelas Situs DKI Jakarta Berdasarkan Data  $\bar{N}$

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Analisis awal menggunakan metode *radial basis functions* dengan *completely regularized spline Kernel function* pada data uji penetrasi standar di DKI Jakarta menunjukkan bahwa bagian Jakarta Utara dan Jakarta Pusat hampir keseluruhan daerahnya masuk dalam kategori kelas situs E (tanah lunak) dengan nilai  $\bar{N} < 15$ .

Beberapa bagian di Jakarta Barat, Timur dan Selatan terdapat area dengan nilai  $\bar{N} > 15$  yang menunjukkan bahwa beberapa area di daerah tersebut masuk dalam kategori kelas situs D (tanah sedang).

Area kelas situs yang dihasilkan pada tulisan ini dapat memberikan gambaran awal bagi perencana dalam penentuan parameter percepatan disain di permukaan tanah dengan menggunakan faktor koefisien situs yang sesuai dengan kelas situs di lokasi yang akan dikaji.

### Saran

Kajian awal klasifikasi kelas situs ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian microzonasi Jakarta, sehingga penambahan data tanah yang mengisi lokasi DKI Jakarta yang belum memiliki data akan melengkapi peta klasifikasi kelas situs yang disampaikan pada tulisan ini.

Kegiatan microzonasi perlu pula dilakukan pada kota-kota lain di Indonesia untuk memberikan gambaran kondisi geoteknik dan kegempaan yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini disusun berdasarkan data yang dikumpulkan oleh Tim Microzonasi Jakarta yang merupakan kerjasama antara Badan Meterologi,

Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Pusat Litbang Permukiman, Pemerintah DKI dan Institut Teknologi Bandung. Penulis mengucapkan terima kasih atas semua dukungan, saran, dan bimbingan kepada semua anggota Tim Microzonasi Jakarta dalam penyusunan tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers (ASCE), 2010. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, No. 7 : ISBN 978-0-7844-1115-5.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1726 : 2012, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, SNI 4153 : 2008, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, SNI 03-1726-2002, Jakarta.
- Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2009. Rencana aksi rehabilitasi dan rekonstruksi wilayah pascabencana gempa bumi di Provinsi Sumatera Barat tahun 2009-2011, [http : //xa.yimg.com/kq/groups/20509893/1880474589/name/RAN-Rehab-Rekon-Sumbar.pdf/](http://xa.yimg.com/kq/groups/20509893/1880474589/name/RAN-Rehab-Rekon-Sumbar.pdf/) (diakses 17 April 2013).
- Pemerintah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 2011. Laporan pertanggungjawaban Gubernur Provinsi DKI Jakarta Tahun 2010, [http : //www.bappeda.jakarta.go.id/download/LKPJ%202010.pdf/](http://www.bappeda.jakarta.go.id/download/LKPJ%202010.pdf/) (diakses 17 April 2013).
- USGS/NEIC (PDE) 1973-2013 earthquake database catalog, [http : //earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic\\_rect.php](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic_rect.php) (diakses 16 mei 2013).