

LAPORAN PENELITIAN

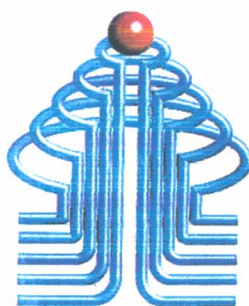
KAJIAN GEOLOGI, GEOTEKNIK DAN HAZARD

ANALYSIS PROYEK BANK INDONESIA, SURAKARTA,

JAWA TENGAH

Dikerjakan Oleh :

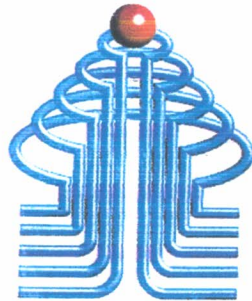
Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN



ISTN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
2011

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**



ISTN

**KAJIAN GEOLOGI, GEOTEKNIK DAN
HAZARD ANALYSIS PROYEK BANK
INDONESIA, SURAKARTA, JAWA TENGAH**

Dikerjakan Oleh:

Ir .Idrus M.Sc, (Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Ismail Djunaedy, M.T

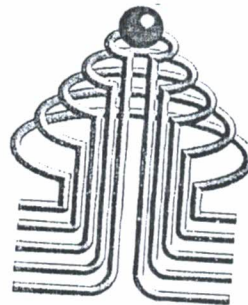
**Program Studi Teknik Sipil
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jakarta 2011**

LAPORAN PENELITIAN

KAJIAN GEOLOGI, GEOTEKNIK DAN HAZARD
ANALYSIS PROYEK BANK INDONESIA , SURAKARTA,
JAWA TENGAH

Dikerjakan Oleh :

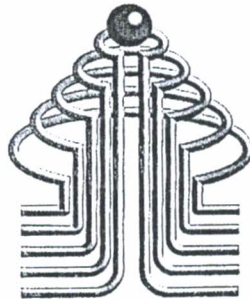
Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN



ISTN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
J A K A R T A
2011

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**



ISTN

**KAJIAN GEOLOGI, GEOTEKNIK DAN HAZARD
ANALYSIS PROYEK BANK INDONESIA ,
SURAKARTA, JAWA TENGAH**

Dikerjakan Oleh:

Ir .Idrus M.Sc, (Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Sipil

A circular official stamp of the Department of Civil Engineering (Jurusan Teknik Sipil) is overlaid with a handwritten signature. The signature is written in black ink and appears to be 'Marsiano MT'. The stamp contains text around its perimeter, including 'JURUSAN TEKNIK SIPIL' and 'INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER'.

Ir. Marsiano MT

Program Studi Teknik Sipil
Institut Sain dan Teknologi Nasional
Jakarta 2011

DAFTAR ISI

Hal

PENDAHULUAN	1
I. KAJIAN GEOLOGI	2
1.1 Peta geologi Lembar Surakarta-Girintolo-Jawa	2
1.2 Geologi Tata Lingkungan	4
1.2.1 Air tanah	4
1.2.2 Banjir	7
1.2.3 Daya Dukung	11
1.2.4 Kecepatan angin	12
1.3 Morfologi	12
1.3.1 Satuan Morfologi Daratan	12
1.3.2 Satuan Morfologi Pebukitan Bergelombang	12
1.3.3 Satuan Morfologi Kaki Gunung Api	12
1.3.4 Satuan Morfologi "karst"	14
1.4 Stratigrafi	14
1.4.1 Tatanan Stratigrafi	14
1.4.2 Endapan Permukaan	16
1.4.3 Batuan Sedimen dan Gunung Api	16
1.4.4 Batuan Beku	17
1.4.5 Batuan Malihan	17
1.5 Struktur Tektonika	17
1.6 Tsunami Hazard	19
II. KAJIAN GEOTEKNIK	19
2.1 Kondisi Lapisan Tanah	19
2.2 Parameter Laboratorium	23
2.3 Shear Wave Velocity Test	25
2.4 Liquefaction Potential	26
2.5 Pumping Test	31
III. ASPEK-ASPEK HAZARD ANALYSIS	34
3.1 Gempa	34
3.2 Gunung Api	37
3.3 Banjir	38
3.4 Longsor	39
IV. KESIMPULAN	41
REFERENSI	42

KAJIAN GEOLOGI , GEOTEKNIK DAN HAZARD ANALYSIS
PROYEK : PEKERJAAN PERENCANAAN GEDUNG BANK INDONESIA
SURAKARTA, Jawa Tengah.
Jurusan Teknik Sipil FTSP-ISTN
Oleh : Idrus Ir MSc (Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil ISTN)

PENDAHULUAN

Sehubungan dengan perencanaan bangunan Gedung bank Indonesia di Surakarta, maka untuk menunjang perencanaan tersebut perlu dilakukan kajian mengenai kondisi geologi, geoteknik dan hazard analysis (analisa potensi bencana) dari bangunan tersebut. Hal ini dilakukan mengingat begitu pentingnya bangunan ini dalam pergerakan ekonomi, sehingga diperlukan kajian tersebut

Pada Kesempatan pertemuan ilmiah kali ini kami sampaikan kajian Geology, Geoteknik dan Hazard Analysis pada wilayah Surakarta khususnya untuk bahan perencanaan gedung Bank Indonesia cabang Surakarta di Jl. Jenderal Sudirman, Surakarta, Jawa Tengah.

Untuk kajian geologi ini meliputi :

1. Peta Wilayah Jawa tengah dan Surakarta
2. Geologi Tata Lingkungan, yang meliputi kajian airtanah, peta banjir, daya dukung tanah serta data kecepatan angin kota Surakarta.
3. Fisiografi dan Morphologi
4. Stratigrafi
5. Struktur dan Tektonika wilayah Surakarta dan sekitarnya terutama tentang Neotektonik dan kegempaan
6. Tsunami Hazard

Untuk kajian Geoteknik meliputi aspek-aspek antara lain :

1. Kondisi lapisan tanah gedung bank Indonesia cabang Surakarta yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah berupa : Lithology lapisan (geology profile) lapisan tanah dan bahasan tentang hasil uji Standard Penetration Test (N-SPT), Shear Strength Parameter dan Shear Wave Velocity dari uji Down Hole Test untuk mengklasifikasikan lapisan tanah guna perencanaan bangunan tahan gempa.
2. Liquefaction Potensial.

Untuk aspek-aspek Hazard Analysis meliputi :

1. Gempa
2. Gunung berapi
3. Banjir
4. Tanah longsor
5. Angin
6. Dll

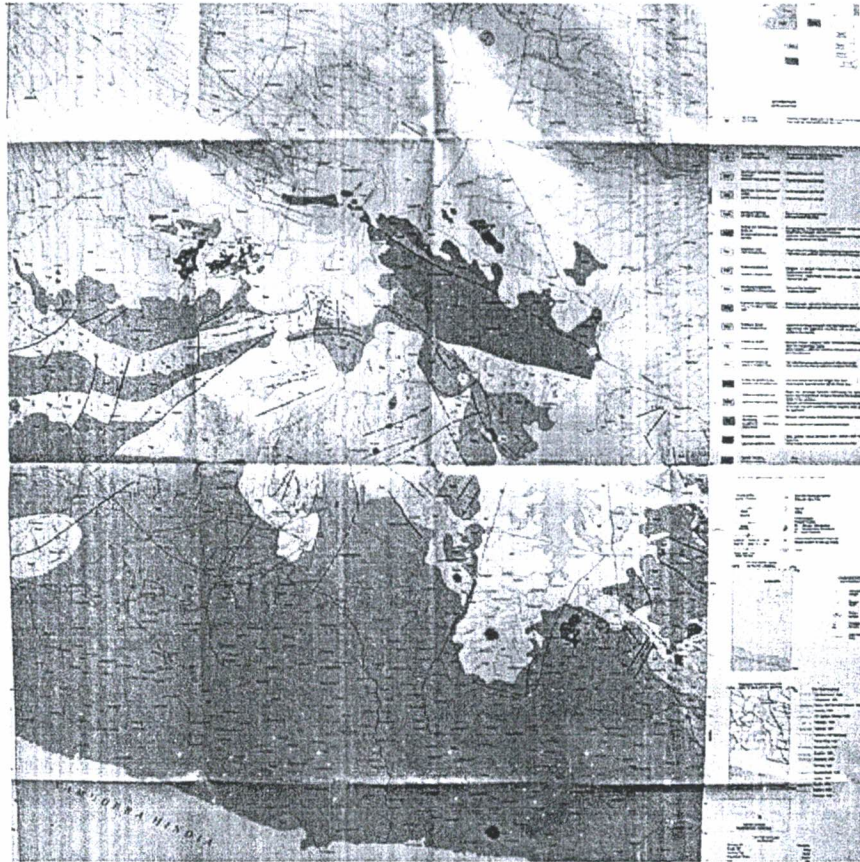
I. KAJIAN GEOLOGI

1.1. PETA GEOLOGI LEMBAR SURAKARTA – GIRITONTRO- JAWA.

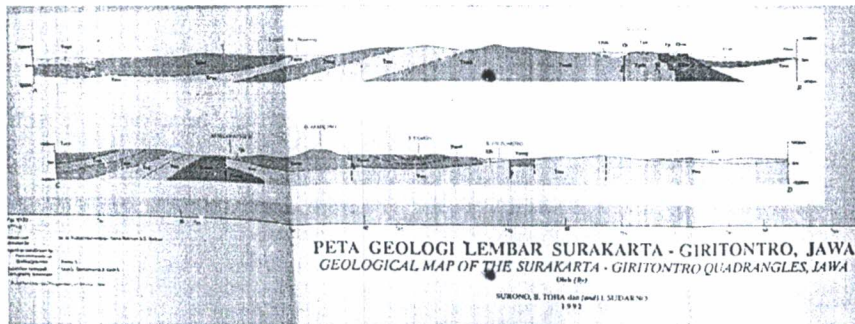
Peta Geologi Jawa Tengah dan Surakarta yang diperoleh dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, telah dikeluarkan pada tahun 1992 oleh Surono, B.Toha dan I Sudarno berupa Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritronto seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 1 : Peta Geologi Lembar Jawa Tengah



Gambar 2 : Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritronto, Jawa



Gambar 3 : Potongan Geologi Lembar Surakarta-Giritronto

Secara umum kondisi geologi daerah kota Surakarta pada umumnya merupakan Alluvium yang dapat berupa : Lempung, Lumpur, Lanau , Pasir, Krikil, Krakal, dan Berangkal, yang terbentuk pada Kwartir Halosen. Sebelah timur kota surakarta merupakan batuan gunung api Lawu berupa Breksi gunung api, lava dan tuf. Sedangkan sisi barat dan sebagian utara Surakarta merupakan batuan gunung api Merapi berupa Breksi gunung api, lava dan tuf. Sebelah selatan kota Surakarta merupakan formasi mandalika berupa lava dasit-andesit dan tuf dasit dengan retas diorit (Dacite-andesitic lavas and dacitic tuff with dioritic dykes)

1.2. GEOLOGI TATA LINGKUNGAN

Bersumber dari penelitian Penyelidikan Geologi Lingkungan daerah Surakarta dan Sekitarnya oleh Dandun M, Achmad Ruchyadi dari Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, tahun 1988, tentang sumber daya air, bahwa potensi sumber daya air cukup besar, terutama pada daerah cekungan antar gunung yang merupakan daerah pendataran, baik berupa air permukaan maupun air tanah. Sedangkan pada daerah perbukitan yang terdapat dibagian selatan , potensi sumber daya air sangat kurang hingga pada musim kemarau daerah ini kekurangan air untuk keperluan sehari-hari ataupun keperluan lainnya. Kebutuhan air bersih bagi penduduk Kotamadya Surakarta pada saat ini dilayani sebagian oleh PDAM yang sumber airnya diambil dari mataair Cokrotulung yang terdapat pada daerah Kabupaten Klaten. Berdasarkan data dari PDAM Kotamadya Surakarta, mata air tersebut mempunyai debit 1500lt/detik, dimana Pemerintah Kotamadya Surakarta dewasa ini telah meyadap sebesar lebih dari 400 lt/detik yang dialirkan melalui pipa-pipa dan ditampung pada dua buah reservoir di kartasura dan Jebres-Solo.

1.2.1 Air Tanah

Air tanah dari penelitian diatas dijumpai berupa airtanah bebas dan air tanah tertekan yang mempunyai potensi cukup produktif, terutama didaerha pedataran yang disusun oleh endapan alluvium dan endapat gunung api muda. Keadaan ini antara lain disebabkan oleh luasnya daerah peresapan yang dirdapat di lereng Gunung Lawu bagian barat dan lereng Gunung Merapi bagian timur, serta perbukitan sedimen didaeraha utara, yang mempunyai curah hujan cukup tinggi yaitu mulai dari 2000 mm hingga 3500 mm per tahun, serta adanya perbedaan ketinggian antara daerah pedataran tersebut dengan daerah peresapan air.

Keadaan airtanah dibagian Kota Surakarta ke arah utara dan bagian selatan mempunyai potensi yang kecil sekali, bahkan dapat dikatakan sulit akan air bila musim kemarau. Keadaan ini disebabkan antara lain oleh daerahnya yang berbukit-bukit dengan lembah yang lebar dan dalam yang disusun oleh batuan gunung api tua dan batuan sedimen yang bersifat kurang meluluskan air. Dari daata pengeboran yang telah dilakukan di daerah Nogosari dan Tuban, dijumpai adanya beberapa akuifer yang dimulai pada kedalaman 20 meter sampai 150 meter, dengan ketebalan antara 5 meter sampai 15

meter. Jenis akuifer ini berupa batu pasir yang mempunyai permeabilitas rendah, sehingga potensi airtanah disini relatif kecil.

Namun pada daerah pengujian pengeboran yang dilakukan di lokasi Bank Indonesia Cabang Surakarta di Jalan Jend. Sudirman Surakarta, Permeabilitasnya cukup besar, dengan demikian kuantitas air cukup memadai.

Didaerah pedataran alluvium dan vulkanik, kedudukan muka air tanah bebas umumnya relatif dangkal, berkisar antara 1 meter sampai dengan 7 meter dari permukaan tanah untuk dipadataran alluvium. Sedangkan untuk daerah pedataran vulkani antara 1 meter sampai dengan 8 meter dari permukaan tanah setempat. Potensi air tanah bebas didaerah ini cukup besar, hal ini dapat dilihat dari banyaknya pemukiman penduduk yang tersebar didaerah ini, dimana air tanah untuk keperluan sehari-hari diambil dari sumur gali yang terdapat hampir disetiap rumah penduduk.

Didaerah kaki Gunung Lawu bagian barat yang tersusun oleh endapan gunung berapi muda, air tanah bebasnya mempunyai kedalaman yang bervariasi tergantung dari letak topography (lembah atau dataran tinggi). Didaerah lembah muka air tanahnya relatif dangkal antara 4 meter sampai dengan 8 meter. Sedangkan pada daerah dengan letak topography yang tinggi, muka air tanahnya ditemui pada kedalaman 10 meter sampai dengan 20 meter.

Didaerah perbukitan sedimen yang disusun oleh batu pasir tufaan, tufa, dan konglomerat, batu lempung dan napal, letak muka air tanah relatif dalam, yaitu dari 10 meter dari permukaan tanah setempat. Secara sporadis terdapat juga muka air tanah yang dangkal pada kedalaman 4 meter hingga 6 meter. Potensi airtanah di daerah ini kecil, karena banyak alur-alur erosi yang dalam, sehingga seolah-olah berfungsi sebagai pengering air tanah didaerah tersebut.

Kualitas air tanah bebas ini berdasarkan hasil analisa laboratorium dari 10 buah contoh air yang diambil pada lokasi yang berbeda-beda dilapangan, menurut Departemen Kesehatan RI contoh air tersebut dapat dipergunakan sebagai air minum.

Dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 : hasil analisis laboratorium contoh air tanah

HASIL ANALISIS CONTOH AIR

PENGIRIM : Seksi Geologi Lingsiungan Regional
 BERSAMA DARI : SURABAYA

No/Urut	Kode Contoh	Lokasi Contoh Air	Ked.	MAK	Kek.	Waktu	Isap	DHR.	pH	KES.	Ca	Mg	Fe	Mn	K	Na	Li	CO ₃	HCO ₃	CO ₂	SO ₄	NO ₂	NO ₃	SiO ₂	Zn	TDS	
			m	m	m	m	m	mg/cm		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
1	SG 1	Ds. Karanganyar	12 m	4 m	20.0	0.0	14	330	8.90	7.6	29.8	14.6	0.00	0.00	5.5	31.0	0.10	11.2	111.4	0.0	25.0	38.1	0.08	17.0	24.3	15.0	180
2	SG 2	Sulawesi Selatan, Kp. Tegul Hsejo	5 m	4.3 m	20.0	0.0	14	289	8.40	8.2	47.0	10.3	0.00	0.00	2.5	15.0	0.10	8.9	176.1	0.0	11.6	0.0	0.01	28.0	20.3	4.4	110
3	SG 3	Ds. Selogiri - Wonorejo	12 m	11 m	60.0	0.6	14	290	8.70	11.1	21.1	3.1	0.00	0.00	1.0	35.0	0.00	11.7	203.4	0.0	16.9	31.0	0.01	10.5	10.7	8.6	120
4	SG 4	Ds. Tawung	9 m	3 m	10.0	0.0	14	460	8.70	12.3	31.1	31.0	0.01	0.00	5.5	119.0	0.20	11.3	326.0	0.0	60.0	100.0	0.08	19.8	10.7	30.9	864
5	SG 5	Ds. Senus (G. Kidul)	24 m	21 m	5.0	0.0	14	870	8.80	8.4	39.9	12.0	0.01	0.00	3.5	117.0	0.20	8.4	209.0	0.0	59.2	46.2	0.07	11.0	24.3	28.1	120
6	SG 6	Ds. Tegayon - Ngawen (G. Kidul)	25 m	18 m	5.0	0.0	14	387	9.00	9.3	50.2	10.5	0.00	0.00	1.5	45.0	0.00	20.1	243.2	0.0	11.3	0.0	0.10	12.5	22.4	6.3	120
7	SG 7	(Antasri) Ds. Cempol - Ks. Abanti	9 m	2 m	30.0	0.0	14	517	8.17	9.8	40.5	12.7	0.01	0.00	2.0	47.0	0.20	14.0	260.5	0.0	8.1	45.2	0.08	21.0	22.4	8.7	120
8	SB 1	Klaren (Airtanahirtelan)			0.0	0.0	14	207	8.61	5.8	18.8	13.4	0.02	0.00	5.0	22.0	0.10	14.5	112.2	0.0	23.9	9.5	0.06	10.5	5.9	21.0	172
9	SG 9	Kp. Basak - Boyolali	12 m	10 m	0.0	0.0	14	315	9.07	7.3	32.6	11.5	0.01	0.00	3.0	28.0	0.20	11.2	160.4	0.0	18.9	0.0	0.07	12.0	24.3	10.0	264
10	SG 10	Ds. Waru - Surakarta	11 m	8 m	10.0	0.0	14	611	8.54	11.8	48.7	26.8	0.00	0.00	18.5	40.0	0.40	7.3	220.2	0.0	48.8	30.9	0.17	11.0	14.8	13.9	312
11	SG 11	Ds. Pulir Klaren	7 m	6 m	20.0	0.0	14	554	8.72	14.0	33.0	28.3	0.00	0.00	2.5	35.0	0.20	10.1	219.5	0.0	68.2	21.6	0.10	11.3	14.8	9.6	468
12	SG 12	Ds. Clodogan - Wonorejo	13 m	11 m	45.0	0.0	14	897	8.13	10.8	44.6	19.7	0.02	0.00	4.5	31.0	0.10	0.0	231.7	4.2	31.4	14.3	0.10	11.5	17.4	36.3	220

Surabaya, 6 Oktober 1997
 RTTALIA SPKSI ANALISIS AIR

Dr. R. DUNAFER ROSALI
 NIP. 10060157

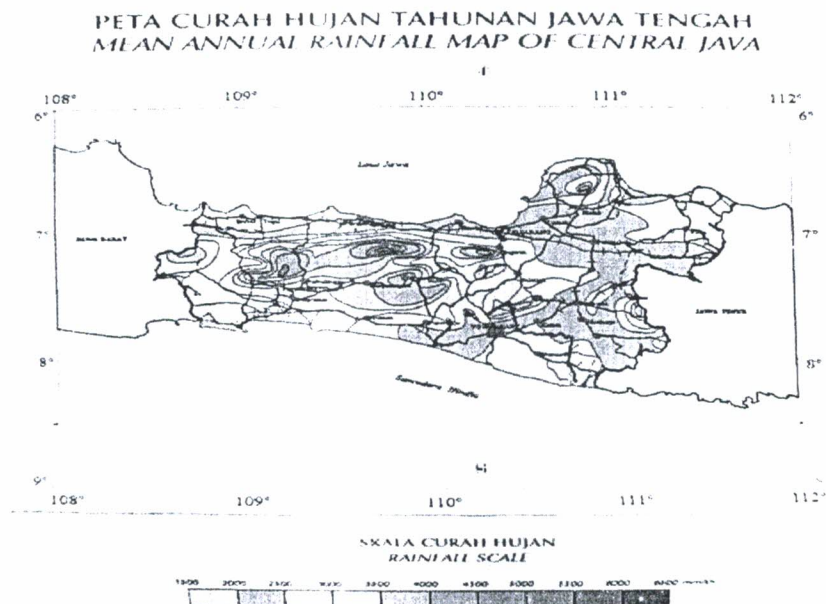
1.2.2 Banjir

Pada daerah Kotamadya Surakarta dan sekitarnya, banjir pada umumnya terjadi karena meluapnya Sungai Bengawan Solo dan Sungai Dengkeng, terutama setelah turun hujan cukup besar di daerah hulu. Berdasarkan data dan informasi Pemerintah Daerah setempat dan dari Proyek Bengawan Solo, banjir terjadi pada musim penghujan (dimana curah hujan rata-rata di daerah hulu mencapai 2100 mm/tahun), terjadi pada daerah sepanjang daerah aliran Sungai Bengawan Solo, menggenangi daerah yang lebih rendah, seperti dibagian timur dan selatan Kota Surakarta, disekitar Combongan dan beberapa tempat lainnya (lihat gambar)

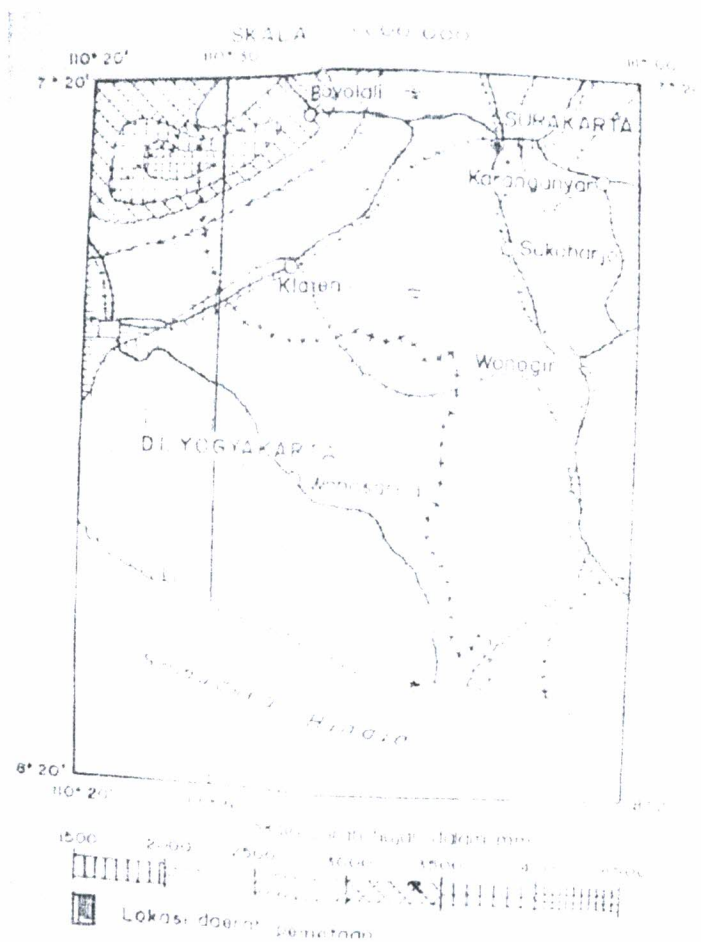
Banjir tersebut merupakan banjir rutin yang terjadi hampir setiap tahun. Sedangkan banjir besar biasanya terjadi dalam periode ulang 8 tahun. Banjir besar pernah terjadi pada tahun 1966 (sebelum waduk wonogiri dibangun), debit yang tercatat di daerah curug 2200 m³/detik, dengan tinggi muka air sungainya mencapai 11,90 meter, sehingga menyebabkan jebolnya tanggul penangkis banjir yang melindungi Kota Surakarta dari luapan Sungai Bengawan Solo. Banjir ini menyebabkan sebagian besar pusat Kota Surakarta digenangi air. Pada banjir tersebut, air di depan Gedung Bank Indonesia Surakarta mencapai 60 s/d 80 cm diatas muka tanah.

Setelah waduk Wonogiri dibangun, pada saat terjadi banjir 1984, yang merupakan periode ulang 8 tahun, luas genangan menjadi lebih kecil yaitu kurang lebih 10.300 ha (dibandingkan tahun 1966 33.000 ha), yang meliputi daerah Kotamadya Surakarta, Sukoharjo dan Kabupaten Klaten seluas 4.900 ha serta Kabupaten Sragen seluas 5.400 ha, dengan lamanya genangan selama 2 hari. Debit Sungai Bengawan Solo yang terukur di Jurug pada waktu banjir 1984 sebesar 1.100 m³/detik, dengan tinggi kenaikan muka air di Sungai mencapai 7,40 meter.

Dari penjelasan diatas adanya waduk Wonogiri dapat mengurangi banjir besar di daerah aliran Bengawan Solo hilir sebesar 1.100 m³/detik pada tahun 1984 dibandingkan 2.200 m³/detik pada tahun 1966.



Gambar 4 : Peta Curah Hujan di Jawa Tengah



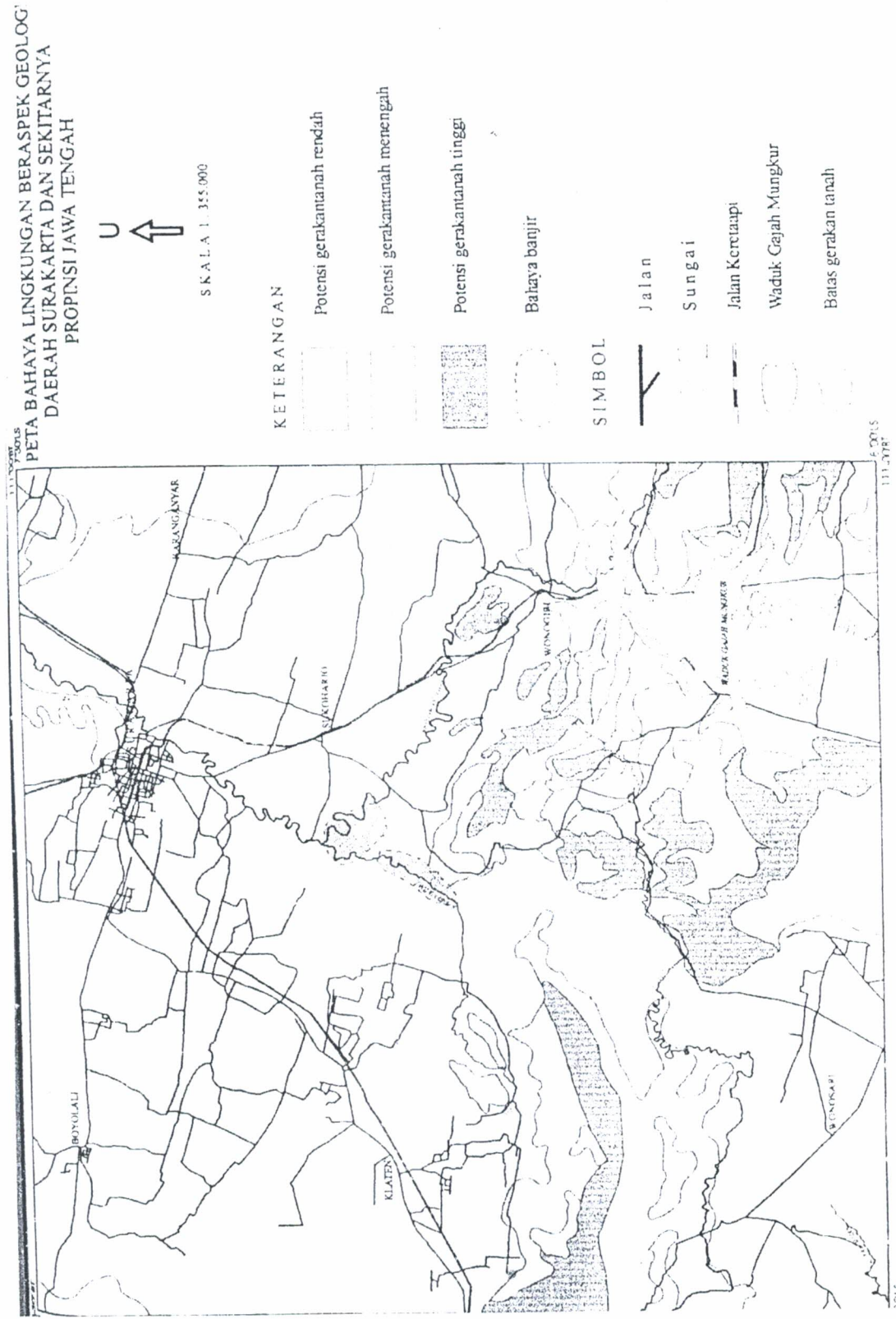
Gambar 5 : Peta Curah Hujan di Surakarta dan sekitarnya

Dalam pembagian zona wilayah curah hujan, daerah Surakarta-Wonogiri dan sekitarnya dapat dibagi menjadi 4 (empat) zona wilayah curah hujan tahunan sebagai berikut:

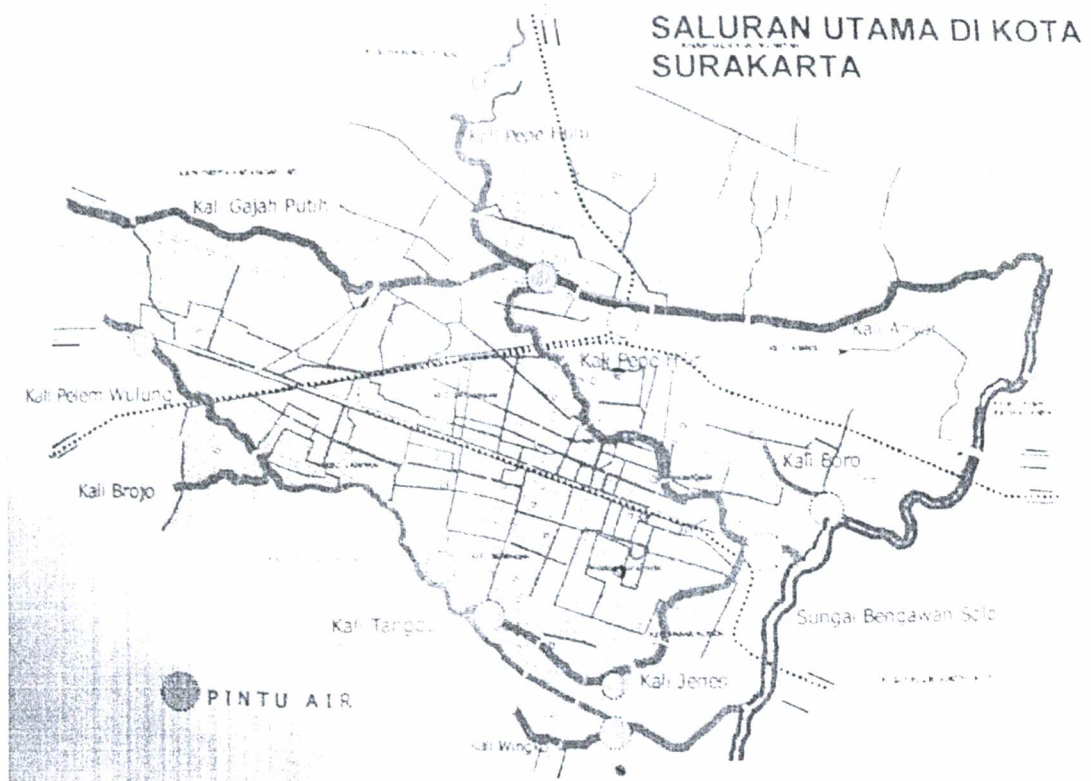
- Zona wilayah I, mempunyai curah hujan antara 2000-3000 mm, meliputi daerah sekitar Surakarta, Boyolali, Klaten, Karanganyar, Sukoharjo, Wonosari dan sekitarnya
- Zona wilayah II, mempunyai curah hujan antara 3000-4000 mm, meliputi daerah sebelah utara Wonogiri, sebelah selatan Sukoharjo, sebelah timur Klaten, sebelah barat Wonosari dan daerah pegunungan selatan.
- Zona wilayah III, mempunyai curah hujan antara 4000-5000 mm, meliputi daerah bagian barat Boyolali (kaki lereng bawah Gunung Merapi)
- Zona wilayah IV, mempunyai curah hujan antara 5000-6000 mm, meliputi daerah sebelah barat Boyolali (kakki lereng bawah Gunung Merapi)

(sumber: Peta Zona Kerentanan Gerakan tanah Lembar Surakarta dan Gritontro, Jateng oleh Herry Purnomo, Sugalang, 1993)

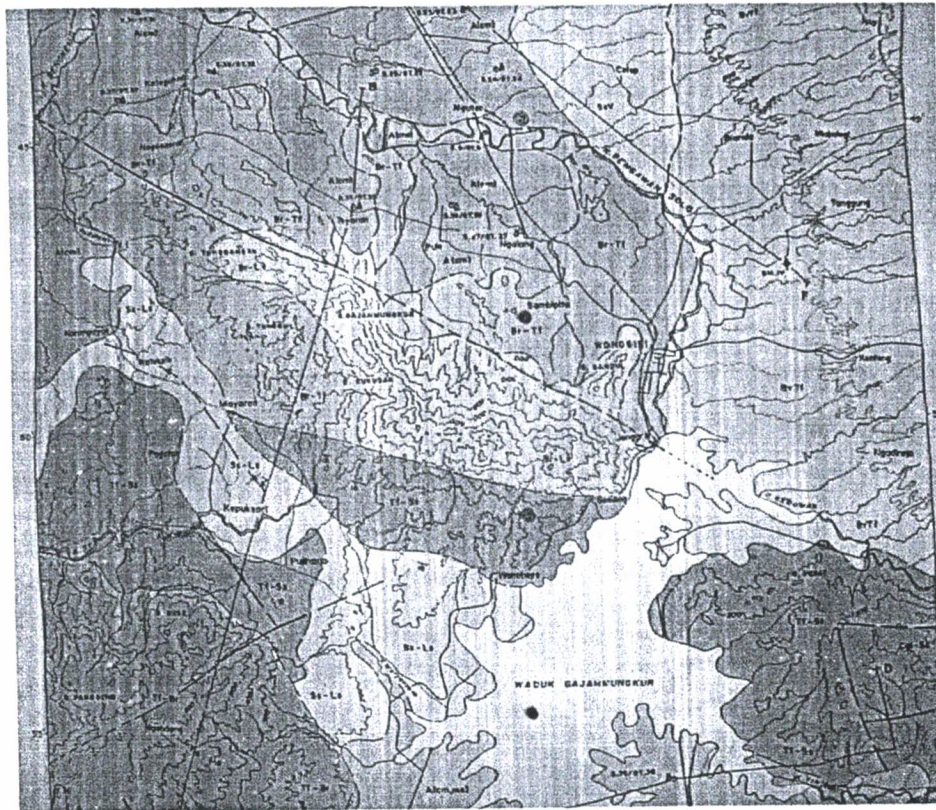
Gambar 6 : Peta Bahaya Lingkungan beraspek Geologi (Banjir, Gerakan Tanah)



Gambar 7 : Saluran Utama di Kota Surakarta (Suber : Sudin Drainage Kota Surakarta)



1.2.3 Daya Dukung



KETERANGAN :

A (ms)

Endapan limpah banjir, tebal berdasarkan data sondir dan pemboran antara 3,0 m sampai lebih dari 15,40 m. Endapan ini disusun dari atas ke bawah adalah Lanau pasir, lanau lempungan dan pasir lempungan - lanauan. Lanau pasir berwarna coklat muda, sangat lunak - teguh dan plastisitas sedang - tinggi, ketebalan 1,00 - 2,80 m, kisaran nilai konus 1 - 20 kg/cm². Lanau lempungan berwarna kuning kecoklatan - kelabu, lunak - kaku dan plastisitas sedang - tinggi, ketebalan 1,20 - 3,80 m, kisaran nilai konus 5 - 40 kg/cm². Pasir lempungan - lanauan berwarna abu-abu kecoklatan - kuning kecoklatan, pasir halus - kasar, mengandung kerikil, lepas - padat, ketebalan 1,40 - 4,60 m, kisaran nilai konus 6 - 80 kg/cm². Hasil laboratorium mekanika tanah dari tanah lempung pasir - lanau pasir adalah $G_s = 2,526 - 2,757 \text{ g/cm}^3$, $\gamma_m = 1,749 - 1,813 \text{ g/cm}^3$, $W_n = 29,80 - 42 \%$, Group simbol CL - MH, $c = 0,12 - 0,60 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 6,64 - 10,36^\circ$, $C_v = 2,4 \times 10^{-3} - 3,1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{det}$, $C_c = 0,203 - 0,272$.

A (cm)

Endapan aluvial sungai tebalnya (berdasarkan data sondir dan pemboran) antara 2,60 - sampai lebih dari 13,60 m. Endapan ini tersusun oleh lempung lanauan - lanau pasir berselingan dengan lempung pasir dan ke arah bawah didasari oleh pasir lanauan. Lempung lanauan berwarna abu-abu kecoklatan - kehitaman, lunak - kaku, setempat kerikil dan pasir, plastisitas sedang - tinggi, ketebalan antara 1,6 - 7,40 m, kisaran nilai konus 5 - 100 kg/cm². Lanau pasir berwarna abu-abu kecoklatan - kehitaman, lunak - kaku, setempat keras dan kerikil, plastisitas sedang - tinggi, ketebalan 2,00 - 6,00 m, kisaran nilai konus 10 - 125 kg/cm². Pasir berbutir halus - sedang, lanauan, padat, mempunyai nilai konus 80 - 150 kg/cm². Hasil laboratorium mekanika tanah dari tanah lanau lempungan - lanau pasir adalah $G_s = 2,511 - 2,739 \text{ g/cm}^3$, $\gamma_m = 1,491 - 1,726 \text{ g/cm}^3$, $W_n = 16,98 - 54,15 \%$, Group simbol MH - CH; $c = 0,08 - 0,27 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 4,265 - 20,106^\circ$, $C_v = 2,7 \times 10^{-3} - 9,5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{det}$, $C_c = 0,289 - 0,309$.

1.2.4 Kecepatan Angin

1.3 MORFOLOGI

Berdasarkan bentuk bentang alam dan batuan penyusunnya, morfologi daerah Surakarta dan sekitarnya dikelompokkan menjadi 4 (empat) satuan morfologi, yaitu :

1.3.1 Satuan Morfologi Dataran

Satuan morfologi ini menempati bagian tengah wilayah pemetaan yang tersebar pada beberapa tempat meliputi daerah Surakarta, Klaten, Sukoharjo, Woryantoro, Baturetno serta sepanjang lembah Bengawan Solo dan Kalo Oyo.

Satuan morfologi ini mempunyai ketinggian berkisar antara 50 meter sampai 200 meter di atas permukaan laut yang dibentuk oleh satuan alluvial. Sungai-sungai yang mengalir pada satuan morfologi ini umumnya berpola aliran sub dendritik sampai dendritik dengan stadia dewasa. Satuan morfologi ini mempunyai luas sekitar 20% dari seluruh daerah pemetaan.

1.3.2 Satuan Morfologi Pebukitan Bergelombang

Satuan morfologi ini menempati bagian tengah wilayah daerah pemetaan yang tersebar secara stempat-setempat, meliputi daerah Pegunungan Baturagung, Gunung Panggung, Gunung Payung, Gunung Gajahmungkur, Gunung Kukusan, Gunung Semiling dan Gunung Konang.

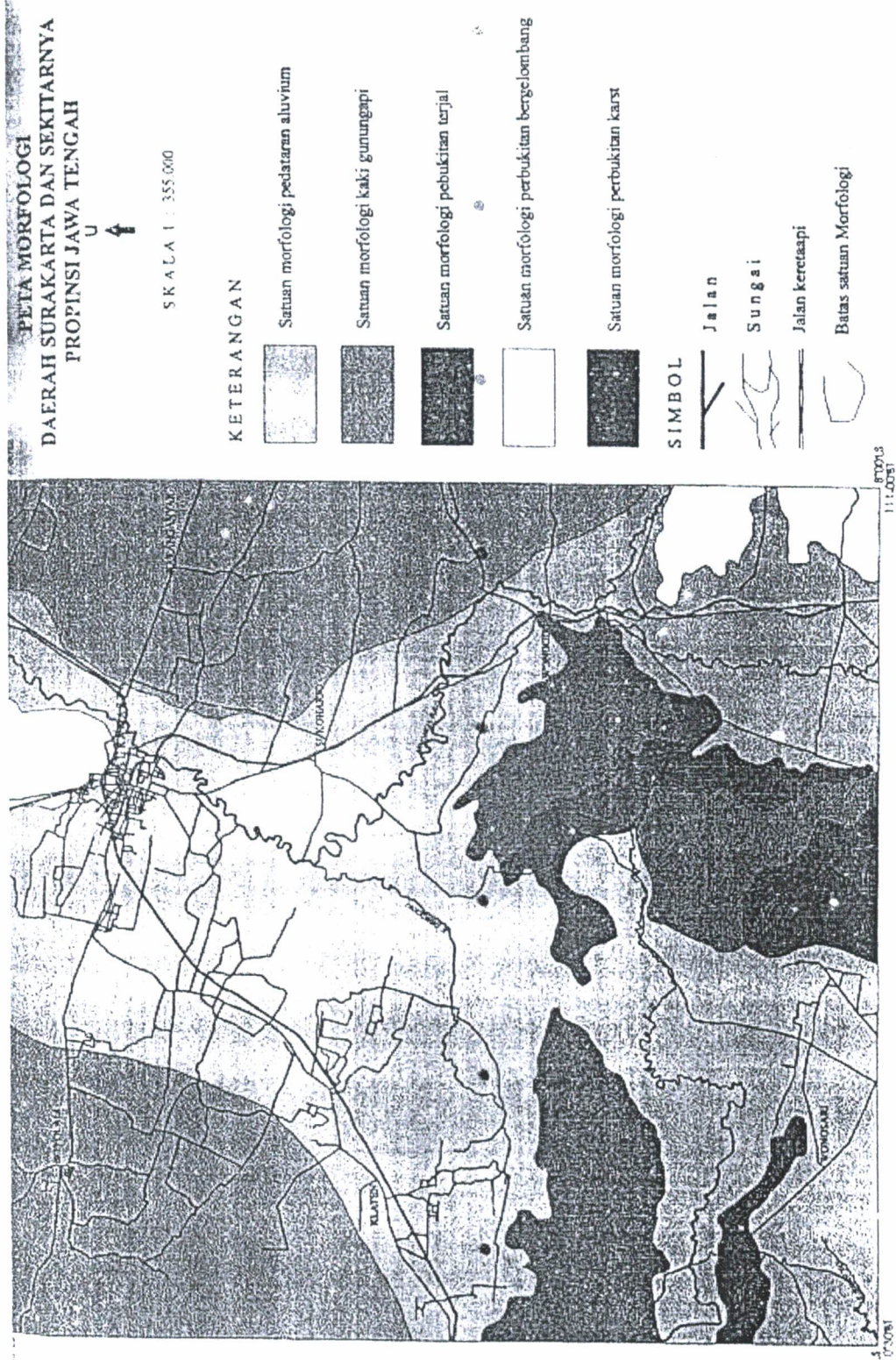
Satuan morfologi ini mempunyai ketinggian antara 100 meter sampai dengan 700 meter dari permukaan laut yang terbentuk oleh satuan batuan dari Formasi Nglanggran, Formasi Semilir, Formasi Kebobutak, Formasi Wuni dan Formasi Gamping-Wungkal. Sedangkan sungai-sungai yang mengalir umumnya berpola aliran hampir sejajar (sub paralel) dan sub dendritik. Satuan ini menempati luas sekitar 35% dari seluruh daerah pemetaan.

1.3.3 Satuan Morfologi Kaki Gunung Api

Satuan morfologi ini menempati bagian barat daya (kaki G. Merapi) dan timur (kaki G. Lawu) daerah pemetaan yang meliputi daerah sekitar Boyolali, Kemalang, Beji, Musuk dan Cepogo serta daerah Popongan, Badran, Mlokolegi dan Kenteng. Di bagian barat daya merupakan bagian lereng timur dari G. Merapi, sedangkan bagian timur merupakan lereng barat dari G. Lawu.

Satuan morfologi ini mempunyai ketinggian antara 200 meter sampai dengan 1100 meter di atas permukaan laut, yang dibentuk oleh satuan batuan G. Merapi dan Lawu. Sungai-sungai yang mengalir di daerah ini menunjukkan pola aliran semi radier serta sub paralel dan umumnya merupakan sungai temporer. Satuan Morfologi ini menempati luas sekitar 15 % dari seluruh luas pemetaan.

Gambar 9 : Peta Morfologi Daerah Surakarta dan Sekitarnya



1.3.4. Satuan Morfologi "Karst"

Satuan morfologi ini menempati daerah bagian selatan dari wilayah daerah pemetaan yang meliputi daerah Wonosari, Pracimantoro, Giritontro sampai daerah pantai selatan. Satuan morfologi ini mempunyai ketinggian antara 0 meter sampai 450 meter di atas permukaan laut, yang terbentuk oleh satuan batuan Formasi Wonosari-Punung. Kenampakan dari satuan morfologi ini membentuk kerucuk-kerucut perbukitan gamping dengan permukaan yang berongga. Sungai-sungai yang mengalir pada umumnya merupakan sungai bawah tanah yang bermuara dipantai selatan, disamping itu juga banyak didapatkan "dolena" dan gua-gua kapur. Satuan morfologi ini menempati luas sekitar 30% dari seluruh daerah pemetaan.

Berdasarkan bentuk bentang alam dan besarnya sudut kemiringan lereng medan, daerah pemetaan dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam) satuan kemiringan lereng medan yaitu :

Table 2 : Kisaran Kemiringan Lereng dan Satuan Morfologi

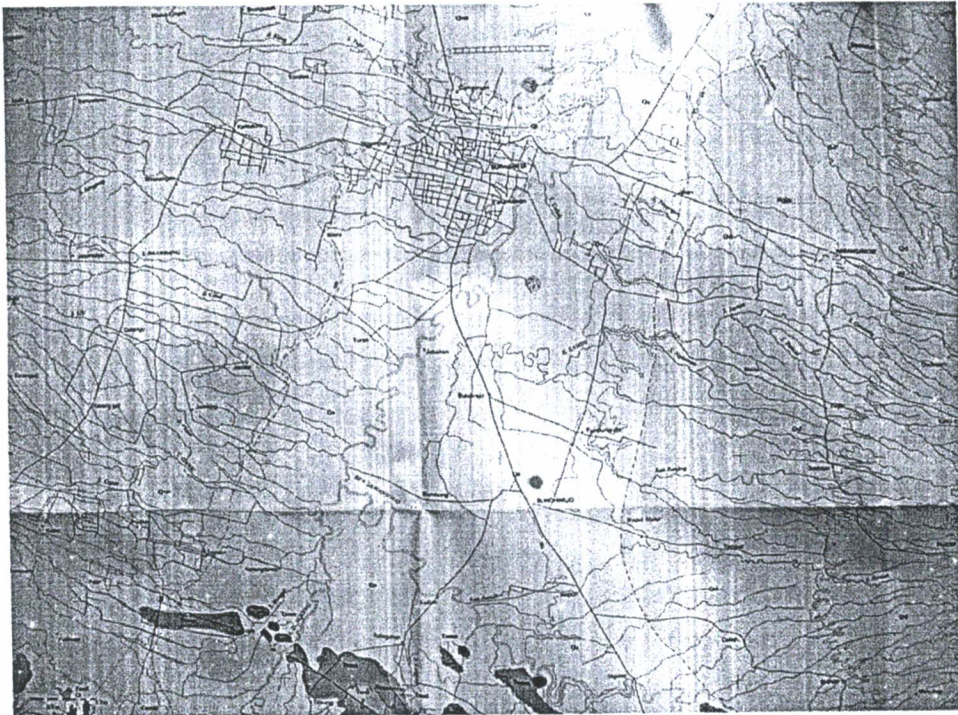
Keadaan Medan	Kemiringan Lereng		Satuan Morfologi
	%	Derajad	
Datar	0 - 5	0 - 3	Dataran
Landai	5 - 15	3 - 8,5	Perbukitan berelief halus
Agak Terjal	10 - 30	8,5 - 17	Perbukitan berelief sedang, karst daru Gunung Api
Terjal	30 - 50	17 - 27	Perbukitan berelief kasar, karst dan kaki Gunung Api
Sangat Terjal	50 - 70	27 - 36	Perbukitan berelief sangat kasar, karst.
Curam sampai Tegak	>70	>36	Perbukitan berelief tegak

(sumber: Peta Zona Kerentanan Gerakan tanah Lembar Surakarta dan Gritontro, Jateng oleh Herry Purnomo, Sugalang, 1993

1.4. STRATIGRAFI

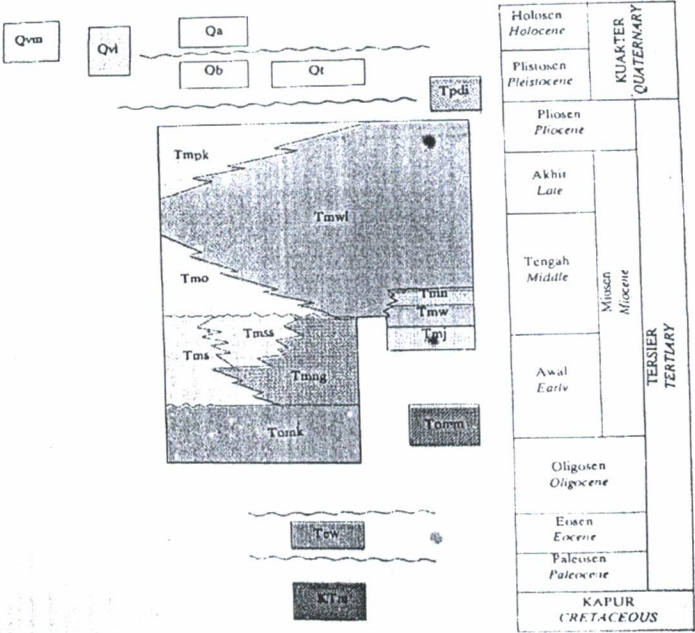
1.4.1. Tatanan Stratigrafi

Batuan tertua yang tersingkap di lembar ini adalah batuan malihan (KTm) yang diduga berumur Kapur -Paleosen Awal. Satuan ini terdiri dari sekis, pualam, batuan gunungapi malih, sedimen malih, dan batusabak. Tak selaras di atasnya terdapat Formasi Gunung Wungkal (Tew) yang terdiri dari batupasir, napal pasiran, batul lempung, dan lensa batu gamping, berumur Eosen Tengah- Eosen Akhir. Formasi gamping-Wungkal tertindih tak selaras oleh Formasi Kebobutak (TomK) yang berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal. Bagian bawah Formasi Kebo-Butak terdiri dari batupasir, batu lanau, batu lempung, serpih, tuf dan aglomerat. Sedangkan bagian atasnya terdiri dari perselingan antara batupasir dan lempung yang bersisipan tuf asam.



Gambar 10 : Peta Geologi Lembar Surakarta dam sekitarnya

KORELASI SATUAN PETA
CORRELATION OF MAP UNITS



Gambar 11 : Korelasi satuan peta

1.4.2. Endapan Permukaan

Qb Formasi Baturetno : Lempung hitam, lumpur lanau dan pasir.
Satuan ini berupa endapan danau yang diduga terbentuk karena aliran Bengawan Solo di selatan Wonogiri pada kala Plistosen Akhir. Staun ini terdampar mulai dari Wuryantoro dan di utara Baturetno. Sebagiaian besar endapan ini telah tergenang air Waduk Gajah Mungkur. Ketebalan satuan sampai 10 meter. Penamaan satuan berdasarkan singkapan yang baik disekitar Baturetno.

Qt Alluvium Tua : Konglomerat, batupasir, lanau dan lempung.
Pada satuan ini ditemukan struktur simpang siur "toreh dan isi", dan perlapisan bersusun. Satuan ini terdampar di utara kota Surakarta, di timur Grompol, di hulu S Oyo dan sbelah timur Kapuksari dan beberapa tempat yangb tidak terpetakan.
Ketebalan satuan maksimum 8 meter. Kedudukan menindih tidak selaras batuan yang lebih tua dan tertindih tak selaras oleh alluvium. Umumnya satuan ini berupa endapat undak sungai.

Qa Aluvium : Lempung , Lumpur, Lanau, Pair, Krikil, Kerakal dan Berangkal.
Satuan ini terdampar luas disepanjang lembah Bengawan Solo, hulu S. Oyo, dan di Ponjong sebelah timur Wonosari.
Ketebalan berkisar dari beberapa cm sampai dengan beberapa meter.

1.4.3. Batuan Sedimen dan Gunung Api

Tew Formasi Gamping-Wungkal : Batupasir, napal pasiran, Batulempung, dan Lensa Batugamping

Tomk Formasi Kebo-Butak : bagian bawah berupa batupasir berlapis baik, batulanau, Batulempung, serpih, tuf, dan aglomerat, bagian atasnya berupa perselingan Batupasir dan batulempung dengan sisipan tipis tuf asam.

Tomm Formasi Mandalika : Lava dasit sampai andesit, dan tuf dasitan, setempat retas Diorit.

Tms Formasi Semilir : tuf, breksi batuapung dasitan, batupasir tufan , dan serpih.

Tmng Formasi Nglanggran : Breksi gunung api, aglomerat, tuf , dan lava andesit-basal.

Tmj Formasi Jaten : batupasir kuarsa, batupasir tufan, batulanau, batulempung, Napal dan batugamping napalan.

Tmw Formasi Wuni : aglomerat dengan sisipan batupasir tufan dan batupasir kasar.

Tmss Formasi Sambipitu : Batupasir dan Batu lempung

Tmn Formasi Nampol : Konglomerat, batupasir konglomeratan, aglomerat, batulanau, Batu lempung dan tuf

Tmo Formasi Oyo : Napal Tufan, Tuf andesitan dan Batugamping konglomeratan.

Tmpk Formasi kapek : Napal dan Batu gamping berlapis

Qvl Batuan Gunungapi Lawu : Breksi Gunungapi, Lava dan Tuf

Qvm Batuan Gunung Api Merapi : Breksi Gunung Api, Lava dan Tuf

Tpi Diorit Pendul : Diorit

1.4.3 Batuan Beku

Tpi Diorit Pendul : Diorit

Satuan ini dikuasai oleh diorit dan setempat berupa sienit dan monzonit. Umur diorit ini Oligosen Akhir – Miosen Awal, sedangkan sebagian mengatakan umurnya pada Miosen Awal.

Satuan ini tersingkap di Pebukitan Jiwo sebelah selatan Klaten.

1.4.4 Batuan Malihan

KTm Batuan Malihan : Sekis, pualam batuan gunung api malih, sedimen malih, dan Batusabak.

Sekis, umumnya berupa sekis mika; setempat sekis grafit dan sekis garnet. Garnet pada sekis ini sampai bergaris tengah 1 cm.

Satuan ini hanya tersingkap di Perbukitan Jiwo ; tertindih tak selaras Formasi Gamping Wungkal dan diterobos Diorit Pendul.

1.5 STRUKTUR TEKTONIKA

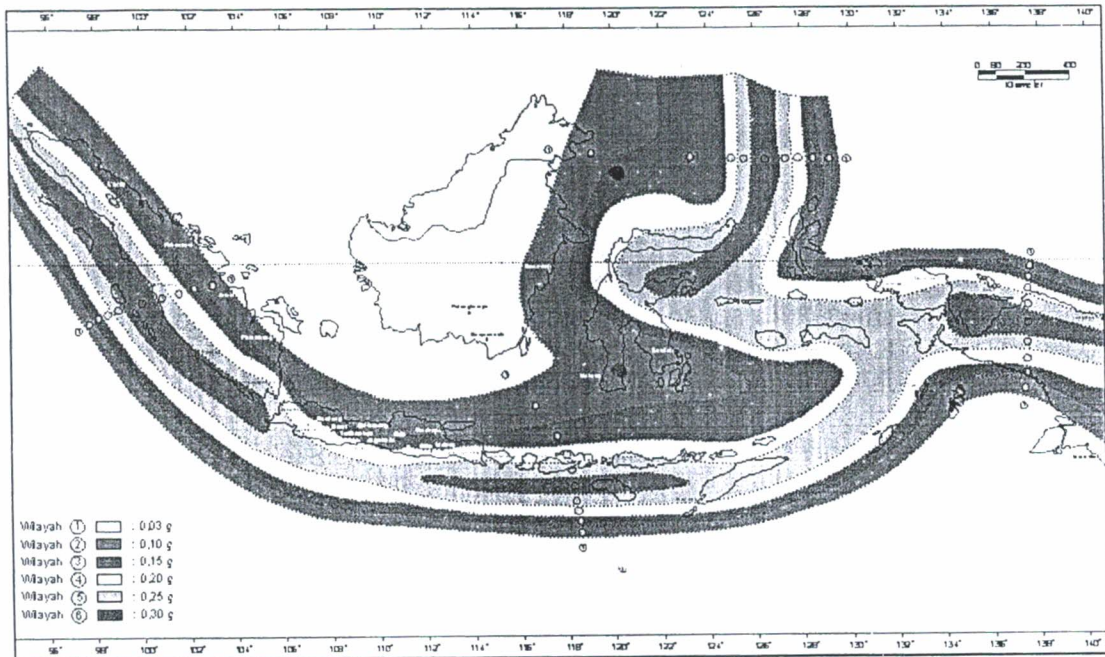
Berdasarkan peta isoseisme dari peraturan gempa SNI 03-1726-2002 wilayah Surakarta termasuk wilayah zona gempa III dan IV, dengan percepatan maksimum berkisar antara 0,15 – 0,20 g.

Pusat gempa berkisar antara 0 sampai dengan 65 km yang terletak disebelah selatan daerah pemetaan.

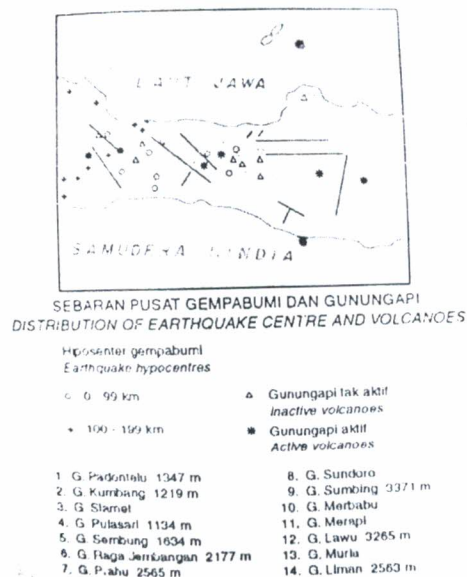
Gempa yang ditimbulkan dari hal tersebut diatas berupa gempa tektonik yang pada umumnya mempunyai kekuatan cukup besar. Disamping akan dapat terjadi gempa tektonik, di daerah pemetaan dapat pula terjadi gempa vulkanik meskipun kekuatan yang ditimbulkan lebih kecil bila dibandingkan dengan gaya tetktonik dan umumnya merupakan gempa lokal dan sifatnya sesaat.

Gempa vulkanik ini terjadi disebabkan karena di bagian barat laut dan bagian timur daerah Surakarta terdapat gunungapi yang masih aktif yaitu Gunung Merapi dan Gunung Lawu.

Berdasarkan dari data tersebut diatas. Ditinjau dari pengaruh kegempaan, maka daerah Surakarta bagian selatan akan memiliki tingkat kegempaan (seismicity) lebih tinggi dan semakin ke arah utara akan semakin mengecil. Oleh sebab itu sifat kegempaan yang dapat mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah terutama pada kekuatan antara 5 sampai 6 pada skala Richter, disamping itu sifat fisik tanah dan batuan dasar akan sangat berpengaruh pada masing-masing daerah.



Gambar 12 : Peta isoseisme berdasarkan SNI 03-1726-2002



Gambar 13 : Sebaran Pusat Gempa Bumi dan Gunung Api Jawa Tengah

1.6 TSUNAMI HAZARD

Melihat letak bangunan Bank Indonesia Cabang Surakarta cukup jauh dari pantai selatan Jawa (Samudra Indonesia) 70 km, dan berada pada elevasi lebih 50 meter dari permukaan laut, maka bencana tsunami tidak akan berdampak terhadap wilayah Kotamadya Surakarta pada umumnya.

II. KAJIAN GEOTEKNIK

Dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan pada lokasi bangunan Bank Indonesia Cabang Surakarta, Jawa Tengah berupa pengujian lapangan dan laboratorium, maka dapat dijelaskan kajian geoteknik sebagai berikut :

2.1. Kondisi Lapisan Tanah

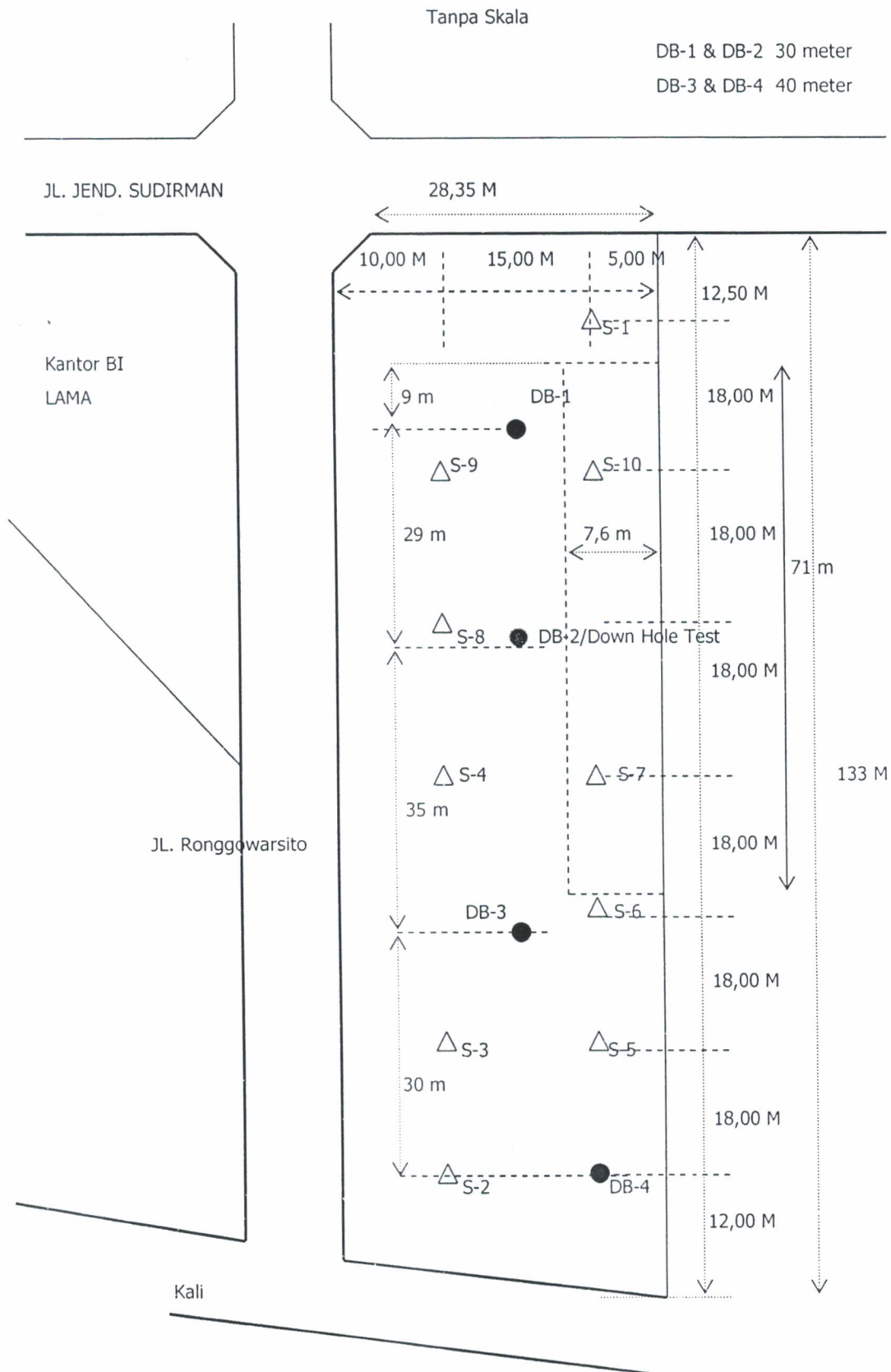
Telah dilakukan pengujian dilapangan berupa 4 titik pengeboran (2 titik @ 40 meter dan 2 titik @ 30 meter) serta 13 titik pengujian Cone Penetration Test / Sondir kapasitas 2,5 tonf, didapat hasil sebagai berikut :

- Dari permukaan tanah (elevasi 0,00) sampai dengan kedalaman elevasi -4,00 s/d -5,00 meter pada umumnya dijumpai lapisan Pasir bergradasi sedang, berwarna Abu-abu tua kehitaman dengan konsistensi sedang sampai padat (medium to dense consistency)
- Khusus pada daerah sisi Jl. Ronggowarsito disekitar titik DB-1 dari permukaan tanah hingga kedalaman -7,00 meter dijumpai lapisan Lempung warna bau-abu tua kemerahan dengan konsistensi sedang sampai kaku (medium to stiff consistency)
- Pada kedalaman -5,00 meter s/d -9,00 meter dijumpai lapisan tanah lanau berwarna abu-abu dengan konsistensi sangat kaku (khusus di daerah DB-4 konsistensi keras)
- Pada kedalaman -9,00 meter s/d (12,00 meter-18,00 meter) menipis kearah Jl. Ronggowarsito dijumpai lapisan Lempung abu-abu tua dengan konsistensi bervariasi antara sedang, kaku sampai keras. Khusus di titik DB-1 pada kedalaman -7,00 meter s/d -11,00 meter dijumpai lapisan lanau abu-abu dengan konsistensi sangat kaku.
- Pada kedalaman -12,00 meter s/d kedalaman antara -18,00 meter s/d -30,00 meter dijumpai lapisan lanau abu-abu dengan konsistensi keras. (hard consistency)
- Lapisan pasir abu-abu dengan ketebalan antara -3,00 meter s/d -13,00 meter dijumpai mulai pada kedalaman 11,00 meter sampai -30,00 meter hingga pada kedalaman -14,00 meter sampai - 33,00 meter. Konsistensi lapisan pasir keras sampai sangat keras (hard to very hard consistency)

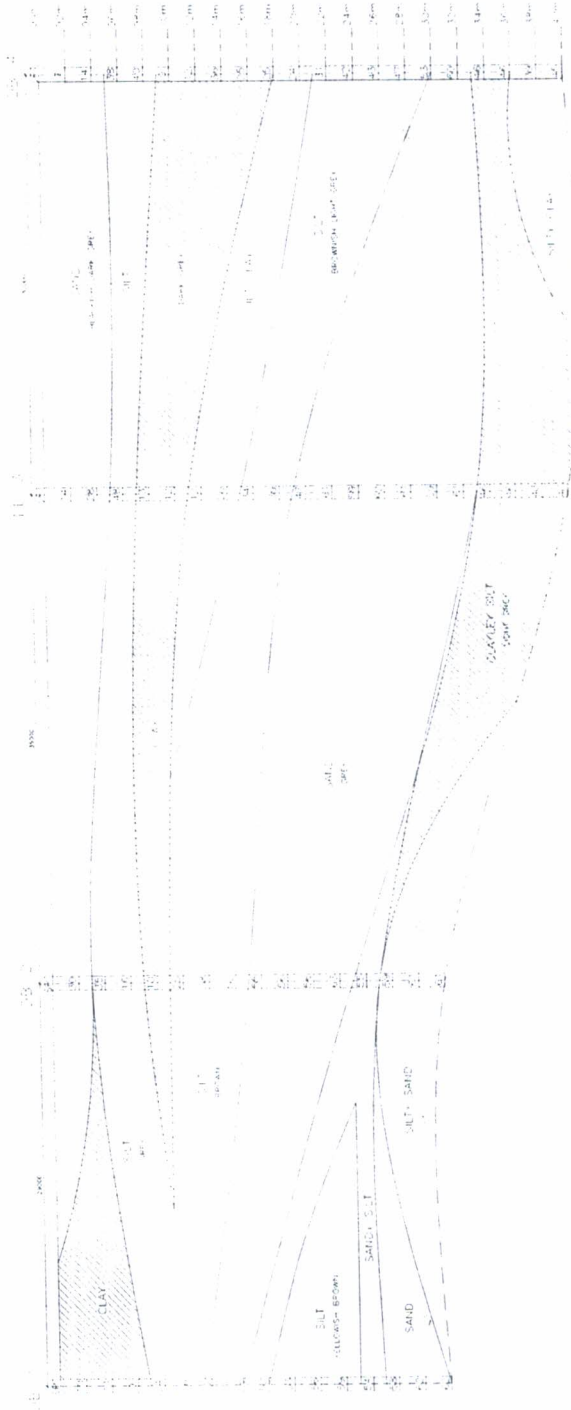
Dibawah lapisan pasir di titik DB-1 mulai kedalaman -14,00 meter s/d -25,00 meter dijumpai lapisan lanau dan lanau kepasiran dengan konsistensi keras (hard consistency)

- Dari hasil pengujian dilapangan yang meliputi 10 (sepuluh) titik CPT test , dan 4 (empat) titik uji Depth Booring , dapat dijelaskan kondisi lapisan tanah sebagai berikut .
- Sedangkan pada titik DB-3 dan DB-4 dibawah lapisan pasir pada kedalaman -33,00 meter s/d -40,00 meter dijumpai lapisan Lanau kelembungan warna abu-abu muda dengan konsistensi keras (hard consistency)
- Lapisan tanah pasir dan pasir kelanauan dengan konsistensi keras dijumpai pada kedalaman -26,00 meter s/d -30,00 meter didaerah titik DB-1 dan DB-2.
- Secara umum lapisan tanah keras yang ditunjukkan dengan nilai N-SPT > 30 dijumpai pada kedalaman antara 14,00 meter (DB-1) sampai -22,00 meter (DB-4). Dari timur ke arah barat letak lapisan tanah keras yang stabil ditemui tambah dalam.
- Muka air tanah dijumpai pada kedalaman -2,60 meter sampai -2,90 meter dari permukaan tanah yang diamati pada sumur bored dan sumur existing yang ada.

Gambar 14 : LAYOUT TITIK PENGUJIAN Depth Boring & CPT



Gambar 15 : Geologi Profile dari pengujian 4 bor dalam dan Uji SPT



GEOLOGY PROFILE
SCALE : NTS

PROJECT :	Geology Profile	Designed by :	Idrus, Ir, M.Sc	DRAWN :	SCALE :	DATE :	PAGE :
GEOLOGY PROFILE		REG NO :	1.2.500.2.31.09.03.000007	Adi	NTS	21	1/1
SITE :	GEDUNG BI, SOLO, JATENG.					DESEMBER	
						2009	

2.2. Parameter Laboratorium

Tabel 3 : Summary Parameter Laboratorium

Project	PERENCANAAN GEDUNG BANK INDONESIA		GEDUNG													
	CABANG SURAKARTA		DB-1					DB-2								
Location	.JL. JEND. SUDIRMAN SURAKARTA, JAWA TENGAH		Depth 1,50	Depth 3,5	Depth 5,5	Depth 9,5	Depth 2	Depth 5,5	Depth 7,5	Depth 1,50	Depth 3,5	Depth 5,5	Depth 9,5	Depth 2	Depth 5,5	Depth 7,5
ITEM OF TEST	PARAMETER	Unit														
INDEX PROPERTIES																
	Water Content (Wn)	%	33.74	52.61	55.47	60.33	33.73	43.500	53.51							
	Unit Weight of Soil (γ)	gr/cm ³	1.78	1.60	1.60	1.59	1.78	1.688	1.60							
	Unit Weight of Dry Soil (γ_d)	gr/cm ³	1.33	1.05	1.03	0.99	1.33	1.176	1.04							
	Specific Gravity	-	2.52	2.51	2.50	2.53	2.51	2.535	2.54							
	Void Ratio (e)	-	0.90	1.39	1.43	1.55	0.89	1.155	1.44							
	Porosity (n)	-	0.47	0.58	0.59	0.61	0.47	0.536	0.59							
	Degree of Saturation (Sr)	%	94.56	94.77	97.27	98.01	95.19	95.470	94.38							
	Liquid Limit (LL)	%	25.60	50.00	68	66.5	26.85	40.84	59.25							
	Plastic Limit (PL)	%	17.86	28.57	44.19	40.71	19.15	19.50	17.31							
	Plasticity Index (PI)	%	7.74	21.43	23.81	25.79	7.70	41.94	41.94							
GRAINED SIZE DISTRIBUTION																
	Gravel	%	9.54	4.99	1.37	2.02	1.41	3.13	6.11							
	Sand	%	16.36	14.97	15.75	19.10	18.24	36.53	36.36							
	Silt.	%	46.81	30.94	72.94	33.68	75.59	40.84	39.03							
	Clay	%	27.30	49.10	9.95	45.20	4.75	19.50	18.50							
	Organic Matter	%	-	-	-	-	-	-	-							
SHEAR STRENGTH PARAMETER																
Direct Shear Test																
	Cohesion Undrained (Cu)	Kg/cm ²	-	-	-	-	-	-	-							
	Angle of internal Friction (ϕ)	Degree	-	-	-	-	-	-	-							
Triaxial UU Test																
	Cohesion Undrained (Cu)	Kg/cm ²	0.43	0.14	0.18	0.07	0.21	0.64	0.64							
	Angle of Internal Friction (ϕ)	Degree	9.00	7.00	6	8	10	5	5							
Triaxial CU Test																
	Cohesion Undrained Total (Cu)	kN/m ²	31.31	29.42	26.32	32.02	10.26	10.26	10.26							
	Angle of Internal Friction Total (ϕ)	Degree	14.02	16.76	15.45	18.92	13.7	13.7	13.7							
	Cohesion Undrained Eff. (Cu')	kN/m ²	32.54	30.05	27.25	29.57	9.31	9.31	9.31							
	Angle of Internal Friction Eff. (ϕ')	Degree	18.73	21.81	20.22	25.14	18.39	18.39	18.39							
COMPRESSIBILITY																
	Praconsolidation Pressure (Pc)	Kg/cm ²	1.75	2.25	2.55	2.25	1.90	1.00	0.98							
	Compression Index (Cc)	-	0.340	0.400	0.240	0.400	0.445	0.390	0.520							
	Coef. Of Consolidation (Cv)	Cm ² /sec	4.58x 10 ⁻³	9.13x 10 ⁻³	9.13x 10 ⁻³	4.57x 10 ⁻³	6.81x 10 ⁻³	7.10 x 10 ⁻³	4.17 x 10 ⁻³							
	Rebound Index (Cr)	-	0.160	0.130	0.050	0.130	0.100	0.100	0.145							

PERENCANAAN GEDUNG BANK INDONESIA
CABANG SURAKARTA

JL. JEND. SUDIRMAN
SURAKARTA, JAWA TENGAH
PARAMETER

GEDUNG

Project	Location	ITEM OF TEST	Unit	DB-3			DB-4		
				Depth 7.5	Depth 9.5	Depth 11.5	Depth 9.5	Depth 13.5	Depth
INDEX PROPERTIES									
		Water Content (Wn)	%	47.84	53.779	54.208	48.952	31.386	
		Unit Weight of Soil (γ)	gr/cm ³	1.61	1.58	1.604	1.638	1.665	
		Unit Weight of Dry Soil (γ _d)	gr/cm ³	1.09	1.028	1.04	1.1	1.267	
		Specific Gravity	-	2.51	2.504	2.54	2.508	2.504	
		Void Ratio (e)	-	1.31	1.437	1.443	1.281	0.976	
		Porosity (n)	-	0.57	0.59	0.591	0.562	0.494	
		Degree of Saturation (Sr)	%	91.75	93.732	95.438	95.853	80.504	
		Liquid Limit (LL)	%	56.25	71.35	66.25	49.65	54.75	
		Plastic Limit (PL)	%	20.83	33.33	12.5	19.15	25	
		Plasticity Index (PI)	%	35.42	38.02	53.75	30.50	29.75	
GRAINED SIZE DISTRIBUTION									
		Gravel	%	1.05	8.90	3.56	5.24	2.88	
		Sand	%	16.65	12.76	30.69	16.45	13.13	
		Silt	%	32.21	55.84	58.26	42.61	38.99	
		Clay	%	50.10	22.50	7.50	35.70	45.00	
		Organic Matter	%	-	-	-	-	-	
SHEAR STRENGTH PARAMETER									
Direct Shear Test									
		Cohesion Undrained (Cu)	Kg/cm ²	-	-	-	-	-	
		Angle of Internal Friction (Ø)	Degree	-	-	-	-	-	
Triaxial UU Test									
		Cohesion Undrained (Cu)	Kg/cm ²	0.25	0.18	0.5	0.43	0.11	
		Angle of Internal Friction (Ø)	Degree	5	7	14	7	8	
Triaxial CU Test									
		Cohesion Undrained Total (Cu)	kN/m ²	31.25	9.29	19.26	15.09	32.07	
		Angle of Internal Friction Total (Ø)	Degree	14.79	18.01	14.38	16.98	21.19	
		Cohesion Undrained Eff. (Cu)	kN/m ²	34.41	14.57	17.12	12.92	36.78	
		Angle of Internal Friction Eff. (Ø')	Degree	18.76	21.68	19.68	22.35	25.6	
COMPRESSIBILITY									
		Praconsolidation Pressure (Pc)	Kg/cm ²	1.00	1.85	1.10	1.45	1.30	
		Compression Index (Cc)	-	0.6	0.61	0.36	0.55	0.585	
		Coef. Of Consolidation (Cv)	Cm ² /sec	4.69 x 10 ⁻³	13.01 x 10 ⁻³	7.25 x 10 ⁻³	4.09 x 10 ⁻³	4.16 x 10 ⁻³	
		Rebound Index (Cr)	-	0.15	0.12	0.14	0.16	0.055	

2.3 Shear Wave Velocity Test

Untuk mendapatkan parameter Kecepatan Rambat Gelombang Horizontal (S Wave) dan Vertikal (P Wave), maka dilakukan pengujian Down Hole Test pada titik DB-2. Lokasi titik pengujian dapat dilihat pada gambar 11. Hasil uji down hole test tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut :

Tabel 4 : Kecepatan Rambat Gelombang Horizontal (S Wave) Vs terhadap kedalaman

Depth	Travel time S (s)	Vs(m/s)	Tebal (m)	tebal/Vs
1	0.00650	153.85	1	0.0065
2	0.01300	153.85	1	0.0065
3	0.01950	153.85	1	0.0065
4	0.02580	158.73	1	0.0063
5	0.03210	158.73	1	0.0063
6	0.03840	158.73	1	0.0063
7	0.04470	158.73	1	0.0063
8	0.04900	232.56	1	0.0043
9	0.05330	232.56	1	0.0043
10	0.05760	232.56	1	0.0043
11	0.06190	232.56	1	0.0043
12	0.06620	232.56	1	0.0043
13	0.07050	232.56	1	0.0043
14	0.07450	250.00	1	0.004
15	0.07850	250.00	1	0.004
16	0.08250	250.00	1	0.004
17	0.08650	250.00	1	0.004
18	0.09050	250.00	1	0.004
19	0.09450	250.00	1	0.004
20	0.09850	250.00	1	0.004
21	0.10250	250.00	1	0.004
22	0.10650	250.00	1	0.004
23	0.11050	250.00	1	0.004
24	0.11450	250.00	1	0.004
25	0.11850	250.00	1	0.004
26	0.12250	250.00	1	0.004
27	0.12650	250.00	1	0.004
28	0.13050	250.00	1	0.004
29	0.13450	250.00	1	0.004
30	0.13850	250.00	1	0.004

Sum 30 0.1385

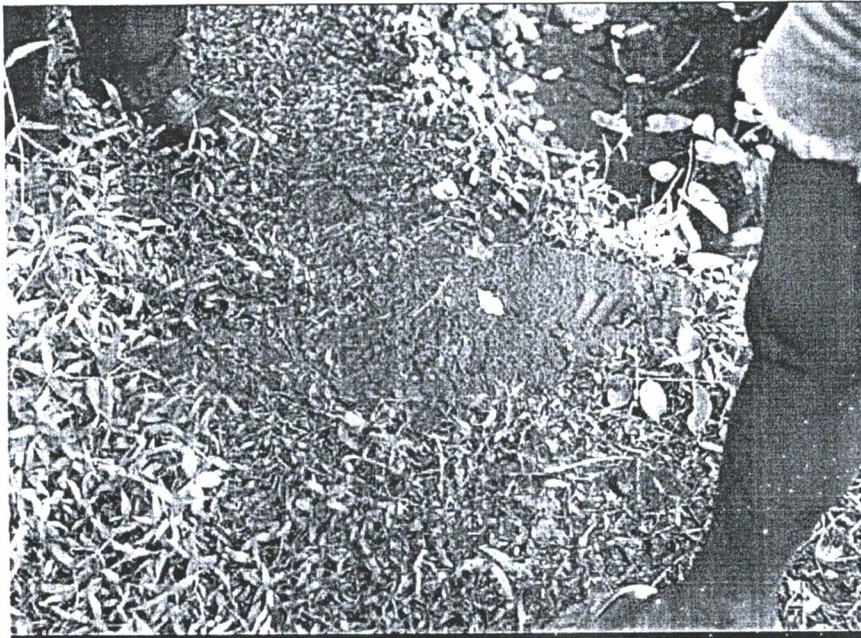
Vs average = 216.6065

Tabel 5 : Kecepatan Rambat Gelombang Vertical (P Waves) terhadap kedalaman

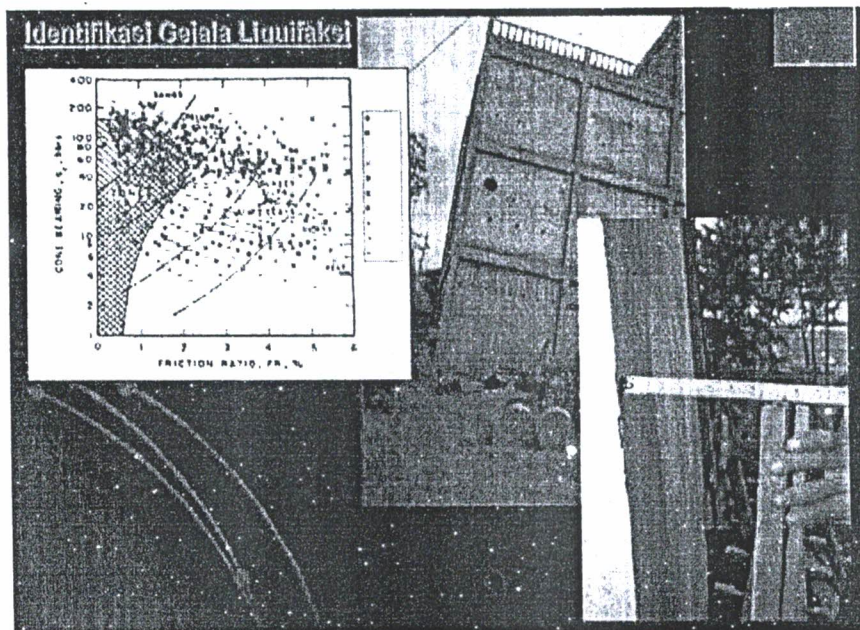
Depth	Travel time P (s)	Vp(m/s)
1	0.00195	512.00
2	0.00391	512.00
3	0.00586	512.00
4	0.00776	525.00
5	0.00967	525.00
6	0.01157	525.00
7	0.01348	525.00
8	0.01478	770.00
9	0.01608	770.00
10	0.01737	770.00
11	0.01867	770.00
12	0.01997	770.00
13	0.02127	770.00
14	0.02248	830.00
15	0.02368	830.00
16	0.02489	830.00
17	0.02609	830.00
18	0.02729	830.00
19	0.02850	830.00
20	0.02970	830.00
21	0.03091	830.00
22	0.03211	830.00
23	0.03332	830.00
24	0.03452	830.00
25	0.03573	830.00
26	0.03693	830.00
27	0.03814	830.00
28	0.03934	830.00
29	0.04055	830.00
30	0.04175	830.00
	Vp Average (m/sec)	745.53

2.4 Liquefaction Potential

Tanah pasir yang jenuh dengan kepadatan yang rendah sangat berpotensi terjadinya likuifaksi pada saat gempa bumi terjadi. Bila hal ini terjadi, maka tanah kehilangan kekuatan gesernya dan akan mengakibatkan kegagalan bangunan. Peristiwa terjadinya likuifaksi dapat dilihat pada daerah gempa dengan ciri-ciri bahwa air tanah meninggi, bahkan sampai terlihat dipermukaan tanah yang membawa sekaligus partikel-partikel pasirnya.



Gambar 16 : Peristiwa Likuifaksi Pada Gempa di Jogjakarta 2006



Gambar 17 : Akibat Likuifaksi Pada Saat Gempa di Aceh 2004

Peningkatan air pori yang berlebihan (u_{excess}) pada saat gempa berlangsung sehingga tekanan air pori tital (U) sama bahkan melebihi tegangan total tanah, sehingga tegangan effective tanah menjadi 0 (nol).

$$\sigma'_{\text{eff}} = \sigma_{\text{tot}} - \{ u_{\text{(hydrostatic)}} + u_{\text{excess}} \}$$

Potensi likuifaksi dapat dilihat dari parameter Standard Penetration Test (N SPT) pada lapisan pasir yang jenuh atau kepadatan relatif (D_r) dengan percepatan rambat gelombang dipermukaan a_{max} .

Sedangkan tegangan geser maximum (menurut Seed & Idris 1971) pada suatu kedalaman h tertentu dari permukaan tanah adalah

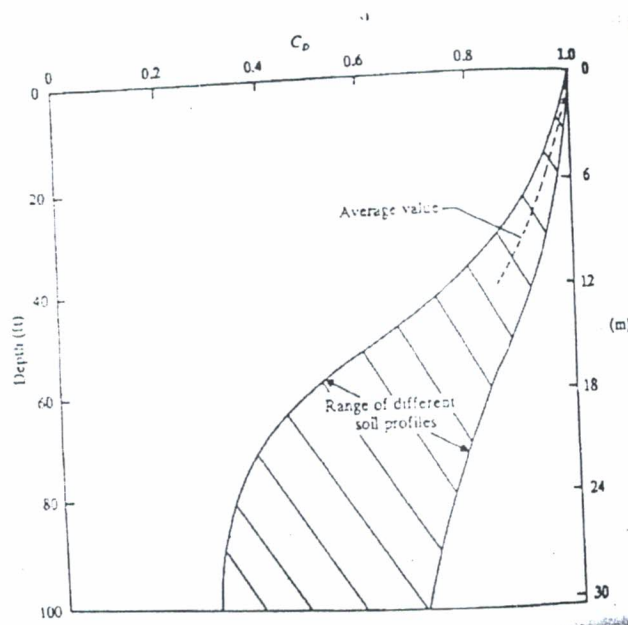
$$\zeta_{max} = \{ \gamma h / g \} \times a_{max}$$

dimana γ = berat isi tanah
 h = kedalaman yang ditinjau
 a_{max} = percepatan rambat gelombang dipermukaan

Karena tanah bukan material yang solid, maka persamaan diatas perlu dikoreksi menjadi :

$$\zeta_{max\ modif} = C_D [\{ \gamma h / g \} \times a_{max}]$$

dimana C_D adalah reduction factor yang diperoleh pada gambar 15 grafik berikut :



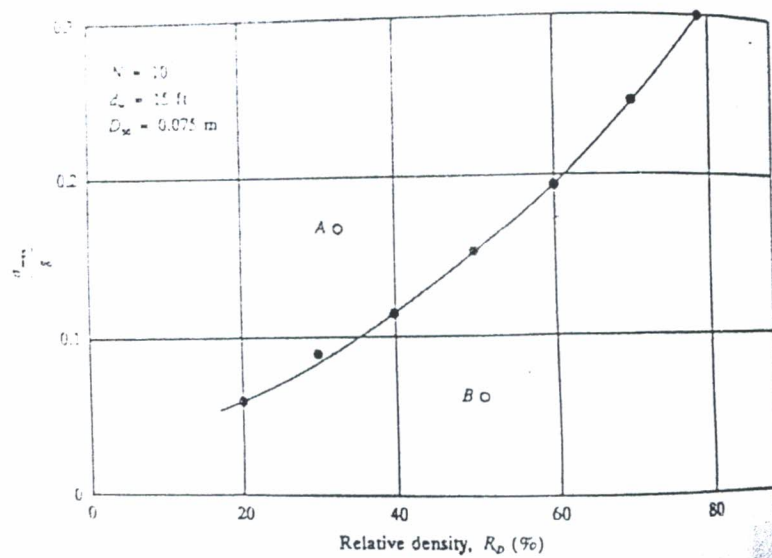
Gambar 18 : Reduction Factor terhadap kedalaman (Seed & Idrus 1971)

Tegangan geser rata-rata ζ_{av} menurut Seed & idrus 1971 adalah sbb :

$$\zeta_{av} = 0,65 \zeta_{max\ modif} = 0,65 C_D [\{ \gamma h / g \} \times a_{max}]$$

Tabel 6 : Significant Number of Stress Cycles N Corresponding to ζ_{av}

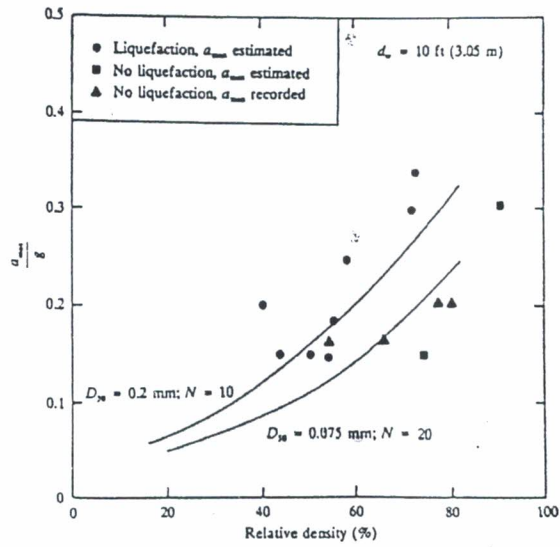
Earthquake magnitute	N
7	10
7,5	20
8	30



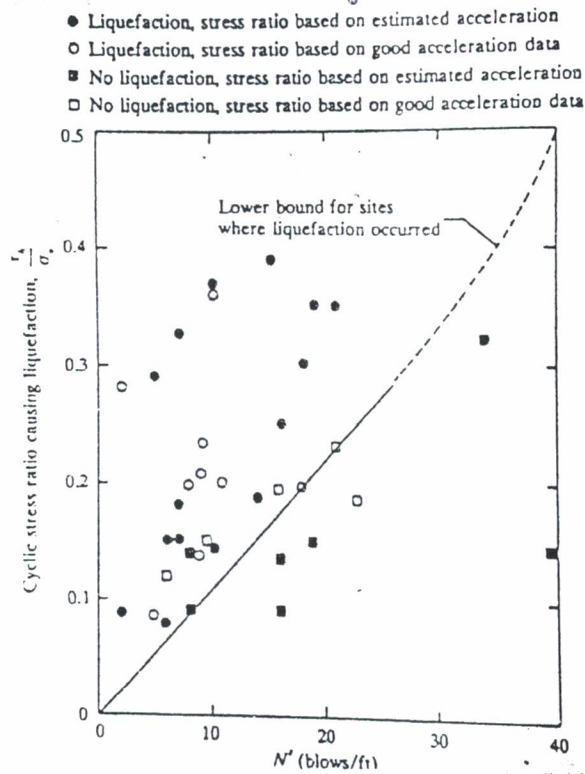
Gambar 19 : Hubungan antara densiti relatif D_r dengan a_{max}/g

Tabel 7 : Hubungan antara density relatif D_r lapangan dengan a_{max}/g

D_r (%) lapangan	Ratio Cr	a_{max}/g
20	0,54	0,0572
30	0,54	0,0856
40	0,54	0,1144
50	0,565	0,1497
60	0,61	0,1938
70	0,66	0,2449
80	0,705	0,2989



Gambar 20 : Potensial Likuifaksi untuk lapisan pasir dengan D_r tertentu dibawah permukaan tanah (Seed and Idris 1971)

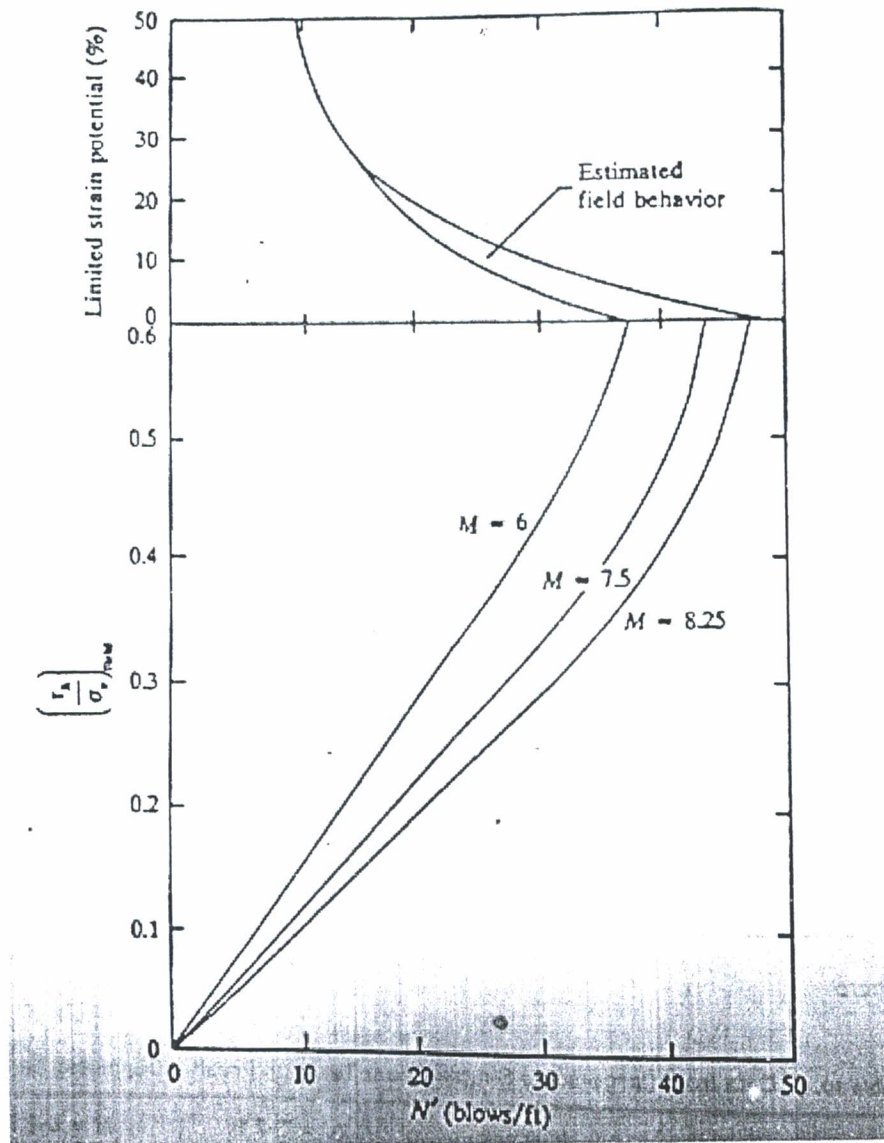


Gambar 21 :Potensi Likuifaksi pada tanah pasir pada nilai N' SPT Yang telah dikoreksi dengan $(\zeta h/\sigma_v)$ lapangan

N' SPT koreksi diperoleh dari $N' = C_N \times N$

$$C_N = \sqrt{\frac{1}{\sigma_v'}}$$

N = nilai Standard Penetration Test dari uji lapangan



Gambar 22 : Variasi $(\zeta_h/\sigma_v)_{field}$ terhadap N_{Spt} dan Skala Richter M

2.5. Pumping Test

Dari hasil uji i Pumping Test yang diperlukan untuk mendapatkan parameter dewatering, dilakukan dengan pemompaan pada Test Well dengan debit 300 l/menit dengan kedalaman Test Well 20 meter. Pengamatan penurunan muka air tanah pada saat pemompaan dilakukan pada 6 sumur pengamatan (observation well) dengan jarak masing-masing 1 , 2, 4, 6, 10 dan 30 meter dari titik Test Well. Parameter yang didapat adalah seperti tabel dibawah ini :

Tabel 8 : Permukaan air saat dimulainya pemompaan di TW dan OW

WELL NO	GROUND SURFACE	GROUND WATER LEVEL				GROUND WATER ELEVATION (m)
		9-Dec-09	10-Dec-09	11-Dec-09	AVERAGE	
TW	0.000	-3.320	-3.300	-3.310	-3.310	-3.310 from GS
OW1	0.000	-3.105	-3.165	-3.140	-3.137	-3.140 from GS
OW2	0.045	-3.150	-3.130	-3.110	-3.130	-3.110 from GS
OW3	0.000	-3.120	-3.000	-3.040	-3.053	-3.040 from GS
OW4	0.000	-3.170	-3.020	-3.040	-3.077	-3.040 from GS
OW5	0.000	-3.120	-2.990	-3.010	-3.040	-3.010 from GS
OW6	0.000	-3.000	-3.000	-3.050	-3.017	-3.050 from GS

Tabel 9 . Parameter Dewatering dari grafik hub draw down vs log waktu

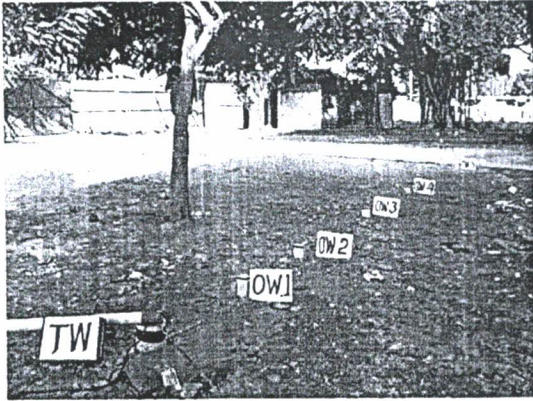
WELL NO	R (m)	$\Delta\delta$ (m)	t_0 (min)	T (m. μ /sec)	Cs
OW-1	1	0.765	11	1198.04	1.78
OW-2	2	0.66	22	1388.64	1.03
OW-3	4	0.63	22	1454.76	0.27
OW-4	6	0.48	32	1909.38	0.23
OW-5	10	0.45	20	2036.67	0.06
OW-6	30	0.44	30	2082.95	0.01

Tabel 10 : Parameter Dewatering dari grafik hub draw down vs jarak

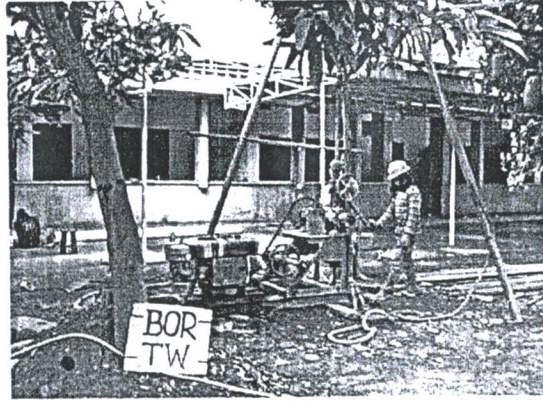
t (min)	R ₀ (m)	$\Delta\delta$ (m)	T (m. μ /sec)	Cs
1800	160	0.7	2619.00	0.025
2000	250	0.65	2820.46	0.012
3000	300	0.67	2736.27	0.012

Transmissivity (T) rata-rata = 2725,24 (m. μ /sec)

Standard deviasi = 101,18



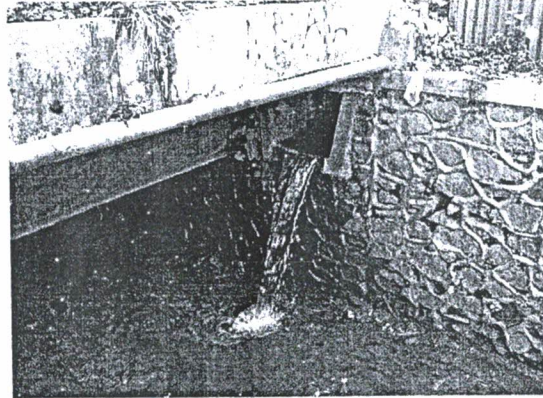
Titik Test Well dan Observation Well



Pengeboran Test Well



Pembacaan Muka air di TW



Saluran Pembuangan

Gambar 23 : Pelaksanaan Uji Pumping Test di Bank Indonesia Cabang Surakarta

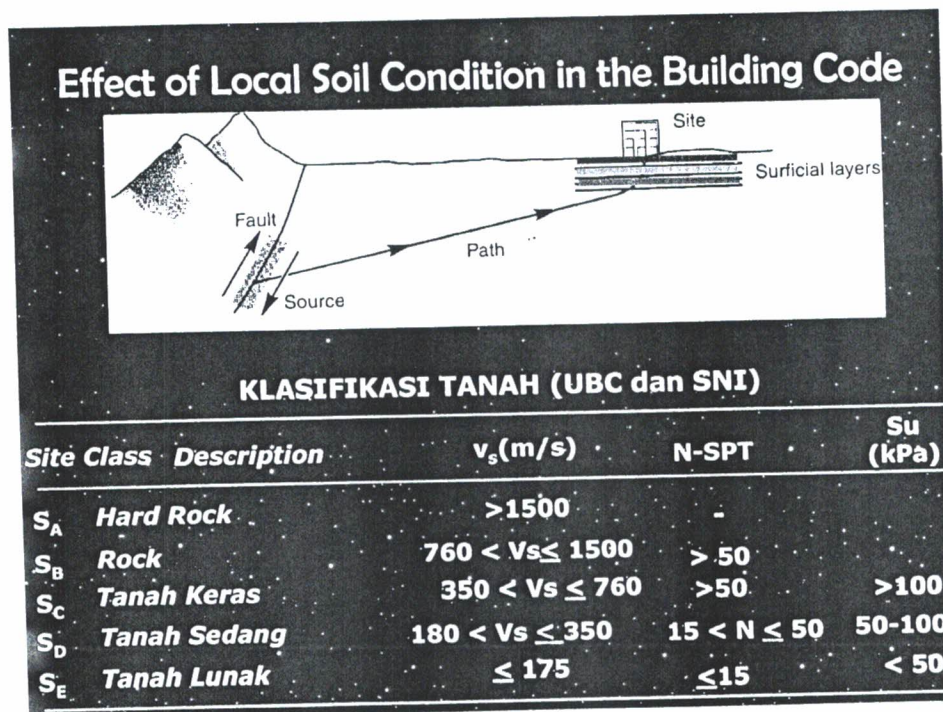
III. ASPEK-ASPEK HAZARD ANALYSIS

3.1. Gempa.

Untuk perencanaan bangunan tahan gempa, hal yang penting perlu diketahui adalah :

- Peta gempa (Seismic Hazard Map of Indonesia) berdasarkan SNI 03-1726-2002, bahwa wilayah Surakarta termasuk wilayah III dan IV, dengan percepatan rambat gelombang di batuan dasar adalah 0,15-0,20 g (gambar 12)
- Untuk mendapatkan percepatan rambat gelombang dipermukaan , maka diperlukan faktor pengaruh lokal, yaitu kondisi konsistensi tanah dari lapisan tanah dasar (bed rock) ke permukaan tanah. Untuk itu maka dilakukan pengeboran sampai kedalaman tanah keras (minimum 30 meter) dan dilakukan pengujian Standard Penetration Test, Shear Strenght Parameter, serta Shear Wave Velocity Test. Ketiga parameter tersebut yang menentukan faktor lokal yang dimaksud diatas, untuk menentukan apakah lapisan tanah dari lapisan bed rock ke permukaan berupa tanah keras, sedang maupun lunak (SNI 03-1726-2002) . Sedang menurut UBC ditambah Hard Rock dan Rock. Berikut ini adalah tabel 8 untuk menentukan jenis tanah apakah di bawah bangunan, untuk selanjutnya pada tabel 9 dapat ditentukan koefisien untuk mementukan percepatan dipermukaan tanah.

Tabel 8: Penentuan Kondisi Konsistensi lapisan tanah



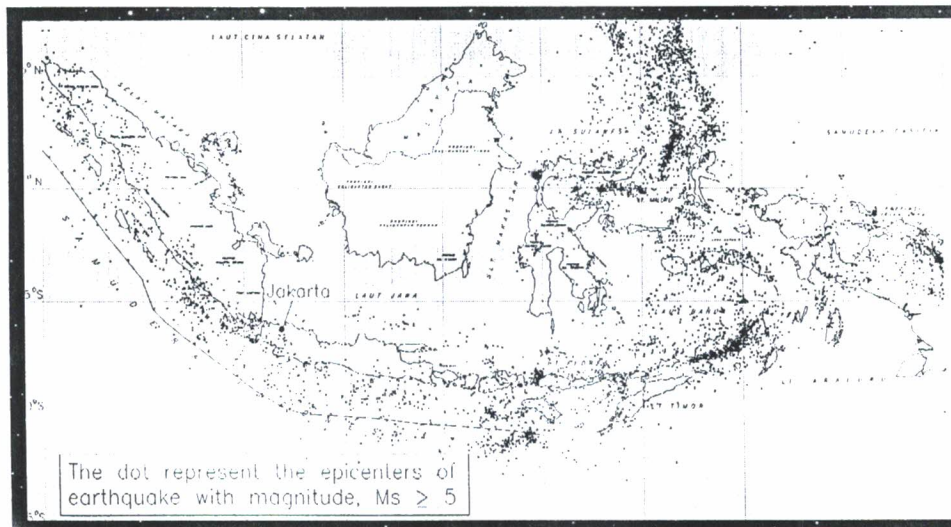
Tabel 9 : Faktor pembesaran untuk menentukan percepatan di permukaan

Faktor Pembesaran Percepatan di Permukaan

Site Class	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.20	Z=0.30
A <i>Hard Rock</i>	0.8	0.8	0.8	0.8
B <i>Rock</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
C <i>Hard Soil</i>	1.1	1.2	1.2	1.0
D <i>Medium Soil</i>	1.5	1.5	1.5	1.2
E <i>Soft Soil</i>	2.4	2.0	1.7	1.2

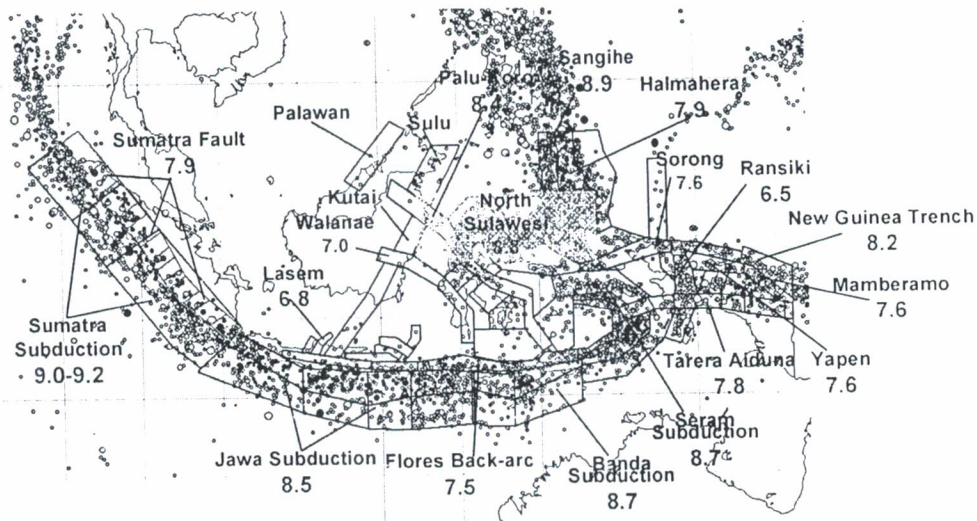
$S_D a_{\max \text{ surface}} = 0.15 \times 1.5 = 0.225 \text{ g}$
 $S_E a_{\max \text{ surface}} = 0.15 \times 2.0 = 0.300 \text{ g}$

- c. Peta Gempa di Indonesia, khususnya di Jawa Tengah, baik gempa tektonik maupun vulkanik, sebagai referensi perencana dalam menentukan atau pemilihan magnitud gempa untuk keperluan disain.



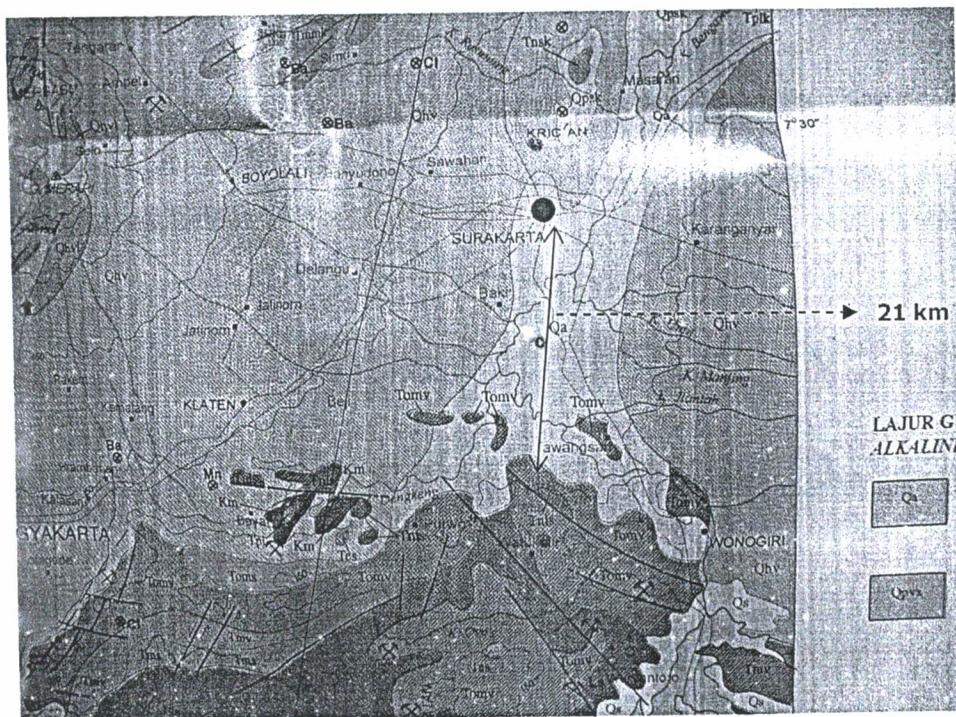
Gambar 24 : Titik – titik pusat gempa di Indonesia dengan SR > 5

Magnitudo Maksimum

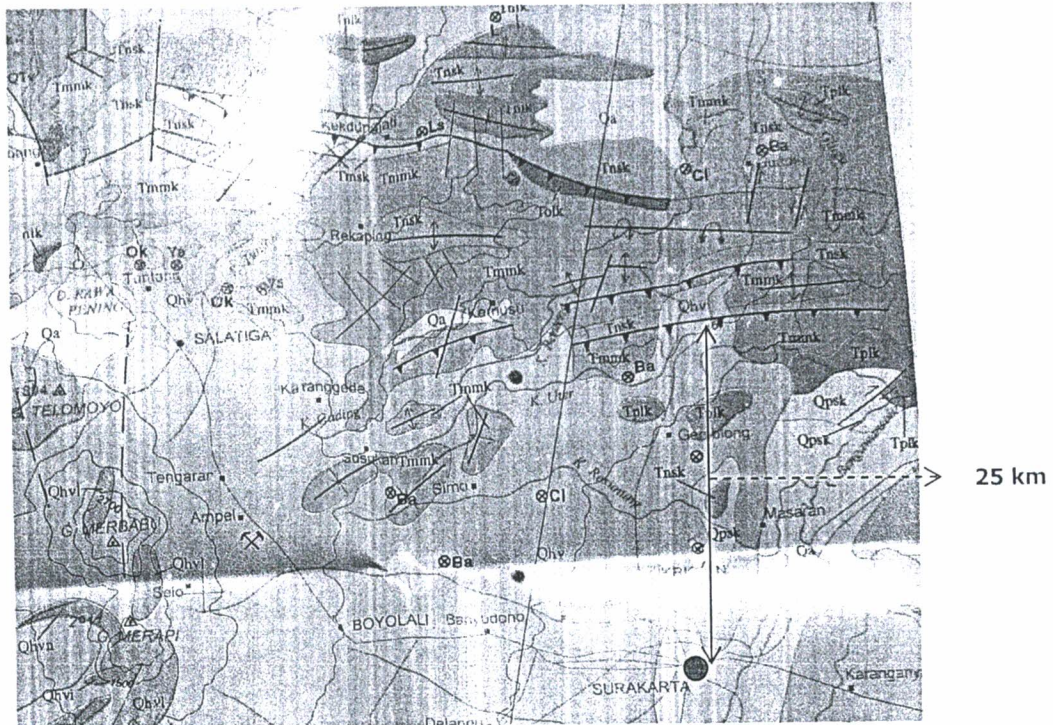


Gambar 25 : Magnitud Maksimum Gempa di Indonesia

- d. Sesar-sesar yang ada disekitar wilayah Kota Surakarta, dapat dilihat dari peta geologi lembar Surakarta dan Giritontro.



Gambar 26 : Jarak antara Gedung BI Surakarta dengan Sesar di Selatan

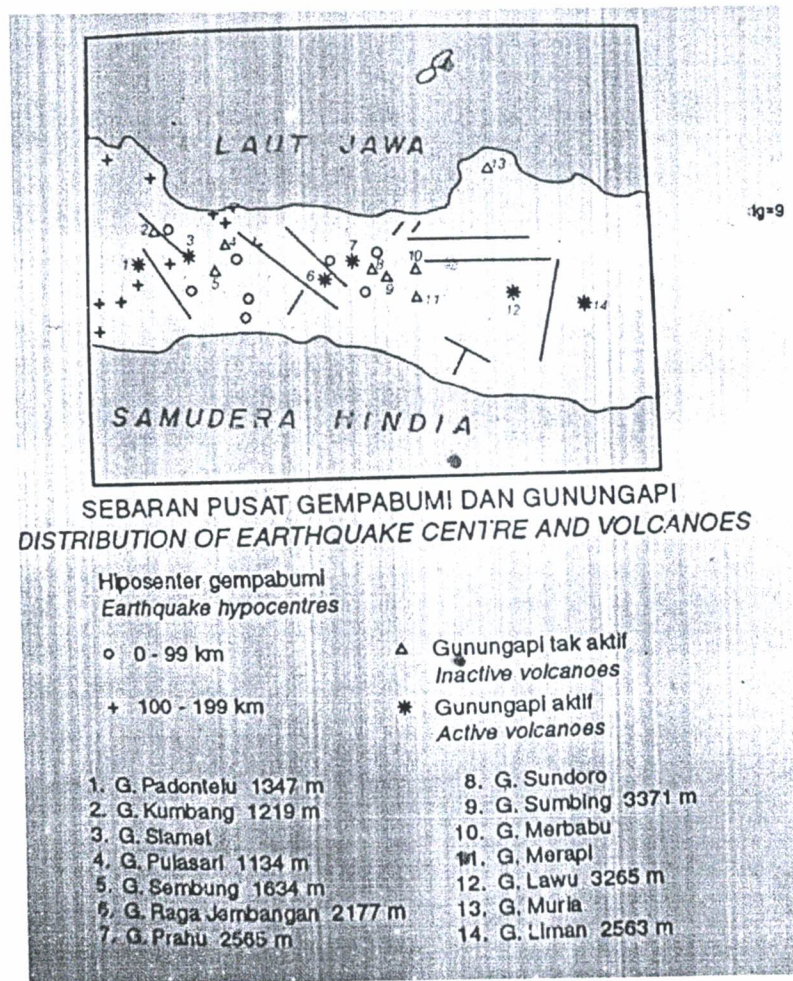


Gambar 27 : Jarak antara Gedung BI Surakarta dengan Sesar di Utara

3.2 Gunung Api

Pada daerah Kotamadya Surakarta terdapat dua gunung api yaitu Gunung Lawu disebelah timur dan Gunung Merapi disebelah barat. Kedua gunungapi tersebut membatasi hamparan dataran yang luas di bagian tengah. Menurut Benhunner (1949), Gunung Lawu termasuk kelas gunung type B, artinya sejak 1600 tidak pernah menunjukkan kegiatan berarti, namun masih ada kemungkinan dapat meletus lagi. Sedangkan Gunung Merapi, merupakan gunungapi type A, artinya sampai saat ini masih menunjukkan kegiatan aktif, sering memunculkan letusan-letusan yang mengeluarkan hujan abu serta awan pekat. Aktifitas Gung Merapi ini, yang perlu mendapatkan perhatian khusus adalah daerah-daerah pemukiman yang terletak di sekitar lembah-lembah sungai yang berhulu dari puncak Gunung Merapi, terutama pada saat musim hujan, karena dapat berpotensi banjir lahar.

Gempa Vulkanik yang berpusat pada kedua gunung tersebut memungkinkan namun hanya berdampak lokal dan tidak membahayakan, seperti dijelaskan sebelumnya.



Gambar 28 : Sebaran Pusat Gempabumi dan Gunungapi

3.3. Banjir

Untuk wilayah Kota Surakarta hujan yang terjadi tidak terlalu besar namun hujan yang jatuh sebagian besar menjadi aliran air permukaan. Saluran-saluran drainase tidak mampu menampung aliran air permukaan serta aliran air dari wilayah *upstream* terlalu tinggi mengakibatkan adanya hambatan aliran dalam masuk sistem sungai utama.

Berdasarkan analisis *flow direction*, daerah yang mempunyai kemampuan dalam menampung aliran air permukaan paling tinggi terdapat di Kabupaten Sragen, yaitu sekitar daerah Sidoredjo, Plupuh dan Masaran. serta untuk Kota Surakarta di sebagian wilayah Banjarsari Sehingga dapat dimungkinkan terjadi banjir yang berupa banjir luapan akibat akumulasi serta konsentrasi aliran pada tipologi lahan yang rendah dan datar.

Selain akumulasi dan konsentrasi aliran pada sistem sungai yang mengakibatkan luapan, adalah adanya cekungan-cekungan permukaan dapat digunakan sebagai identifikasi arah larian dari luapan air yang mengakibatkan adanya banjir genangan pada wilayah-wilayah tertentu.

Wilayah-wilayah yang mengalami akumulasi dan konsentrasi aliran terdapat pada daerah-daerah sebagian kecamatan Banjarsari, Jebres, Masaran, Sragen, Sambungmacan, tangen, dan Gesi. Daerah yang merupakan cekungan yang berpotensi untuk terjadinya genangan akibat adanya luapan sungai yaitu daerah Masaran, Sidoredjo, Plupuh dan Sebagian daerah Jebres

Peta potensi daerah banjir di surakarta dapat dilihat pada gambar 6 pada laporan ini.

3.4. Tanah Longsor

Potensi gerakan tanah pada daerah Surakarta dapat dilihat pada gambar 6. Potensi gerakan tanah dapat dibagi menjadi 3 zona:

- a. Potensi gerakan rendah
- b. Potensi gerakan sedang
- c. Potensi gerakan tinggi.

Kotamadya Surakarta termasuk dalam kategori zona potensi kerentanan gerakan tanah sangat rendah, sehingga gerakan tanah termasuk kelongsoran, minim terjadi mengingat kemiringan zone ini

0 s/d 3 % yang morfologinya berupa daratan.

Yang termasuk daerah ini adalah Surakarta, Wonosari, Baturetno, Eromoko, Sukoharjo , Lembah Bengawan Solo. Daerah ini berupa dataran alluvial yang menempati luas 40% luas seluruh daerah pemetaan.



KETERANGAN
EXPLANATION



Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah
Zone of very low susceptibility to landslide

Daerah yang mempunyai tingkat kerentanan sangat rendah untuk terkena gerakan tanah. Pada zona ini jarang atau hampir tidak pernah terjadi gerakan tanah, baik gerakan tanah lama maupun gerakan tanah baru, kecuali pada daerah tidak luas pada tebing sungai.

The zone has very low susceptibility to landslide evidences. The zone was rarely or never been subjected to landslide. There is no landmark of old or new landslide found in this zone, except on the small area on the river side.

Gambar 29 :Zona kerentanan gerakan tanah Surakarta dan sekitarnya

IV. KESIMPULAN

Dari kajian-kajian aspek geologi , geoteknik, pada kawasan Surakarta dan sekitarnya, khususnya pada lingkungan tapak Bank Indonesia di Jl. Jenderal Sudirman, Surakarta, Jawa Tengah, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Morfologi Kotamadya Surakarta adalah berupa dataran yang merupakan endapan alluvial berupa lempung, lumpur, pasir , krikil dan krakal.
2. Kondisi muka air tanah termasuk dangkal (di kawasan Bank Indonesia -3,00 meter dari permukaan tanah) dengan jumlah yang cukup banyak berada pada lapisan dengan tingkat permeabilitasnya yang sedang sampai tinggi.
3. Kualitas air tanah yang telah di uji laboratorium termasuk layak untuk dikonsumsi sebagai air minum.
4. Kota Surakarta merupakan kota yang berdekatan dengan Sungai Bengawan Solo, sehingga banjir yang terjadi, pada umumnya karena luapan Sungai Bengawan Solo dan terjadi pada umumnya di daerah aliran sungai tersebut.
5. Daya dukung tanah secara umum pada lapis permukaan tanah cukup baik.
6. Zona gempa untuk daerah Surakarta menurut SNI 03-1726-2002 termasuk wilayah 3 dengan percepatan di batuan dasar sebesar 0,15 g
7. Untuk mendapatkan percepatan di permukaan, maka kondisi lapisan tanahnya termasuk kategori SEDANG, yang disimpulkan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test, Shear Strength Parameter dan Shear Wave Velocity dengan Down hole test. $a_{surface} = 1,5 \times a_{max} = 1,5 \times 0,15 g = 0,225 g$.
8. Mengingat terdapat lapisan pasir dengan konsistensi sedang dengan nilai N- SPT sebagai berikut : DB-3 $N_1=14$ $N_2= 28$, DB-4 $N_1=7$ $N_2=14$, sehingga N rata-rata dari permukaan tanah hingga kedalaman -5,00 meter adalah $N_{ave} =15,75$, maka berpotensi untuk terjadinya Likuifaksi bila gempa terjadi dengan $SR>6$.
9. Dengan adanya potensi likuifaksi pada lapisan pasir hingga kedalaman 5,00 meter dari permukaan tanah, maka penggunaan pondasi dangkal akan mengakibatkan deformasi yang berarti pada bangunan bila likuifaksi terjadi, dan memungkinkan terjadinya kegagalan bangunan.
10. Untuk mengantisipasi terjadinya likuifaksi pada lapisan pasir, maka penggunaan pondasi dalam (bored pile) akan lebih mengamankan bangunan terhadap deformasi yang mengakibatkan kegagalan bangunan. Kedalaman pondasi bored pile harus memperhitungkan ketebalan lapisan yang akan likuifaksi, sehingga aman terhadap daya dukung dan stabilitas apa bila likuifaksi terjadi.
11. Untuk pembuatan basement, dimana kedalaman basemen lebih dalam dari muka air tanah (3,00 m) , maka diperlukan pekerjaan dewatering selama pekerjaan penggalian basemen dan konstruksi bangunan harus dilakukan.
12. Mengingat air juga berada pada lapisan pasir, dan pada lapisan pasir ini akan digali untuk keperluan basement, maka diperlukan dinding basment yang tidak hanya cukup stabil, namun harus dapat dipastikan tidak tembus air (kedap air).
13. Metoda konstruksi yang kami sarankan adalah dengan terlebih dahulu membuat dinding basemen yang dapat berupa Diaphragm Wall atau Soldier Pile yang dilanjutkan atau bersamaan dengan pembuatan pondasi bored pile yang selanjutnya dilakukan proses penggalian basemen dan pembuatan pile cap serta lantai basemen.

14. Perhitungan uplift load terhadap adanya permukaan tanah yang dangkal pada pekerjaan konstruksi harus dicermati, sehingga dapat diantisipasi dengan tetap melakukan pekerjaan dewatering selama konstruksi berlangsung, hingga berat bangunan dapat mengimbangi gaya uplift yang terjadi.
15. Pekerjaan bored pile dapat dilakukan dengan sistem coring, dengan full reinforcement dan dilakukan pengecoran dengan bantuan pipa tremi.
16. Elevasi banjir pada daerah lokal disekitar gedung Bank Indonesia menurut data serta informasi yang diterima dari kepada Drainage Perkotaan, bahwa peil banjir maximum terakhir pada elevasi kurang lebih + 49,00 meter (banjir 2006) . Elevasi ini mendekati elevasi puncak saluran di sisi barat lahan yang bersebelahan dengan lahan Bank Indonesia Cabang Surakarta.
17. Dengan data elevasi peil banjir tersebut diatas, maka untuk mengantisipasi luapan air dari saluran tersebut, kami satankan elevasi lantai bangunan minimal 1,50 meter sampai 2,00 meter diatas level tersebut yaitu pada elevasi + 50,50 meter sampai dengan 51,00 meter dengan elevasi lantai halaman +50,00 meter sampai dengan + 50,50 meter.

REFERENSI :

1. Geologi Lembar Surakarta Giritontro, Jawa, Suroso B, Toha, I Sudarno & S Wiryosujono, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, 1992
2. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Jawa Bagian Tengah, Djadja dan Bustami Usman, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2004
3. Peta Geologi lembar Jawa Bagian Tengah, TC Amin, N Ratman, S Gafoer, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, 1999
4. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Lembar Surakarta Dan Giritronto Jawa Tengah, Herry Purnomo, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 1993
5. Penyelidikan Geologi Lingkungan Daerah Surakarta dan Sekitarnya Propinsi Jawa Tengah, Dandum M, Achmad Ruchyadi, Agus Taufik, Yuswar Jubahar, Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan, 1998.
6. Principles of Soil Dynamic, Braja M Das, PWS-KENT Publishing Company, 1993.

