

**POLA WILAYAH BAHAYA LIKUIFAKSI DI PROVINSI
D.I.YOGYAKARTA
(STUDI KASUS GEMPABUMI YOGYAKARTA 27 MEI 2006)**

SKRIPSI

**ROBIATUL ADAWIYAH
0304060711**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Robiatul Adawiyah

NPM : 0304060711

Tanda Tangan : *Ziyahaf*

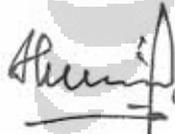
Tanggal : 14 Juli 2008

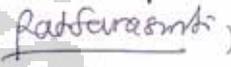
HALAMAN PENGESAHAN

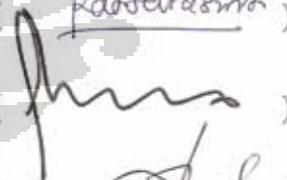
Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Robiatul Adawiyah
NPM : 0304060711
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi di Provinsi D.I.
Yogyakarta (Studi Kasus : Gempabumi Yogyakarta
27 Mei 2006)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Drs. Supriatna, MT ()

Pembimbing : Dra. Ratna Saraswati, MS ()

Penguji : Dr. Rer.nat. Eko Kusratmoko, MS ()

Penguji : Drs. Tjiong Giok Pin, MSi ()

Penguji : Dr. Djoko Harmantyo, MS ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 14 Juli 2008

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobbil Alamin, puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang mengabulkan segala do'a, yang tak pernah lengah menjaga Hamba-hambanya, oleh karena rahmat, kasih dan sayangNya yang tak terhingga maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Tak lupa penulis ucapkan rasa terimakasih yang mendalam kepada;

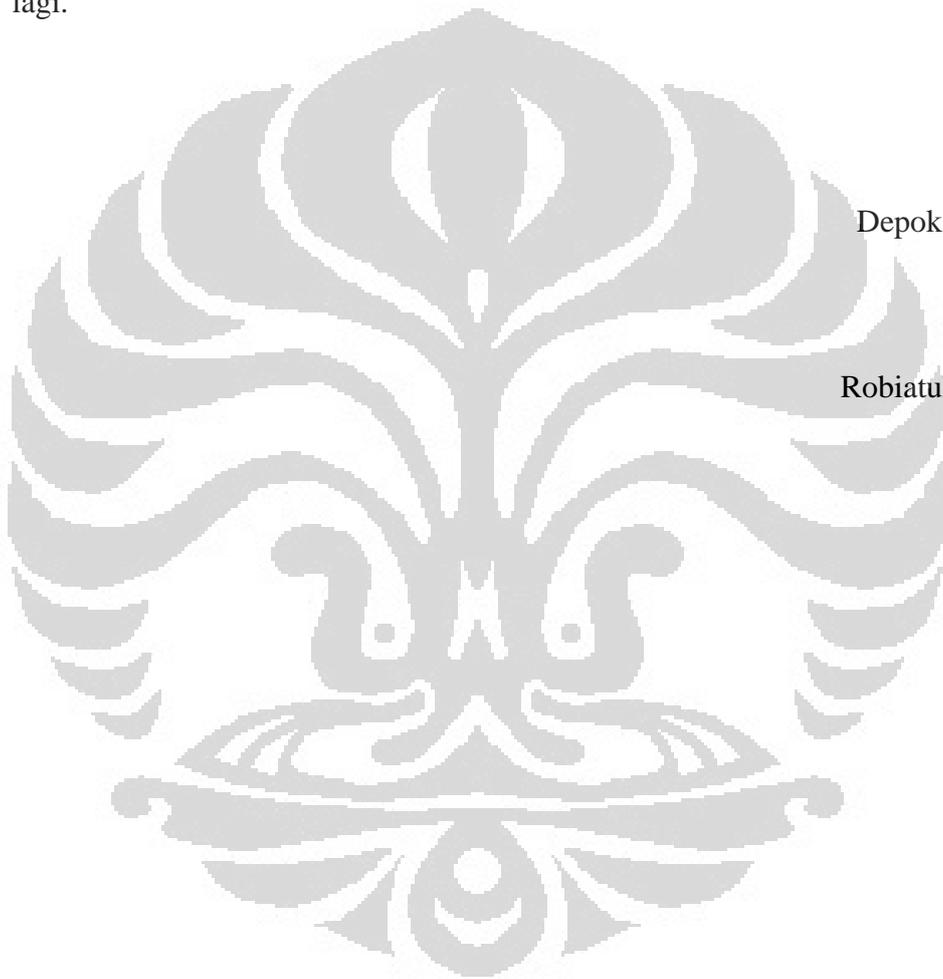
1. Dr.rer.nat. Eko Kusratmoko, Ms selaku Ketua Departemen Geografi FMIPA UI dan ketua sidang.
2. Drs. Hari Kartono, Ms selaku pembimbing akademik.
3. Drs. Supriatna, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Dra. Ratna Saraswati, MS selaku Dosen Pembimbing II yang tak pernah henti memberi masukan, saran dan perbaikan pada tataran konsep dan teknis selama menjalani masa penulisan
4. Drs. Tjong Giok Pin, Msi selaku dosen penguji I dan Dr. Djoko Harmantyo, Ms selaku dosen penguji II yang senantiasa memberikan masukan dan saran untuk perbaikan tulisan.
5. Kedua orang tua penulis dan ketiga adik penulis (Husna, Zulaikho dan Ubadah) yang tak pernah putus memberi dukungan moril dan finansial, sehingga penulis dapat melalui hari-hari yang sulit dalam masa penulisan.
6. Orang-orang yang berjasa membantu penulis dalam mendapatkan data-data dan literatur yang dibutuhkan dalam rangka penulisan antara lain: Bpk. Supartoyo staff Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Gempa (DVMBG) Bandung, Bpk. Sunaryo Kepala Pusat Geofisika BMG Jakarta dan Bpk. Ahmad sebagai asistennya, Bpk. Danang, Mas Satriyo dkk staff Bagian Perencanaan Wilayah Bappeda D.I.Yogyakarta. Henry geologi Unpad, Marin Alfianda geografi UI.
7. Dosen, staff dan karyawan Departemen Geografi UI yang membantu kelancaran seminar dan skripsi. Ruqoyyah dkk, Puput, Gina dan mba Nina yang bersedia memberi tumpangan gratis selama mencari data-data di Bandung dan di D.I.Yogyakarta, seluruh teman-teman di SALAM UI, IAR 49, FARHANAH, seluruh teman-teman angkatan 2004 (Corry atas

segala bantuan pengerjaan peta, diskusi konsep dan teknis pembuatan tulisan, Rahma atas bantuan pencarian peta di Bandung, Erika atas bantuannya menemani survey di D.I.Yogyakarta, Novi atas bantuan Print , Jilid dan menu “Padang “spesial). Angkatan 2003, 2005, 2006 dan 2007.

Tulisan ini tidak lepas dari kekurangsempunaan, maka penulis mengharapkan masukan, saran dan kritik yang menjadikan tulisan ini lebih baik lagi.

Depok, Juli 2008

Robiatul Adawiyah



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Robiatul Adawiyah
NPM : 0304060711
Program Studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

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

“ Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi di Provinsi D.I. Yogyakarta (Studi Kasus Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006) “

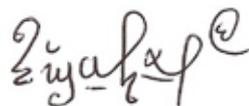
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 14 Juli 2008

yang menyatakan:



(Robiatul Adawiyah)

ABSTRAK

Nama : Robiatul Adawiyah
Program Studi : Geografi
Judul : Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi di Provinsi D.I. Yogyakarta
(Studi Kasus : Gempabumi Yogyakarta 27 Mei 2006)

Gempabumi yang terjadi di Yogyakarta 27 Mei 2006 merupakan gempabumi besar dengan kekuatan $M_w : 6, 2$. Selain menyebabkan kematian sekitar 5000-an jiwa, juga menyebabkan kerusakan infrastruktur serta mengakibatkan kerusakan geologi berupa hilangnya kekuatan tanah atau likuifaksi. Penelitian ini ingin mengungkapkan kaitan kejadian likuifaksi dengan geologi dan indeks keburukan likuifaksi serta pola wilayah bahaya likuifaksi di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan spasial (keruangan). Hasil penelitian menunjukkan sebaran titik kejadian likuifaksi cenderung mengelompok di tengah wilayah penelitian, sebarannya mengikuti : sebaran jenis batuan endapan Gunungapi Merapi muda, sebaran umur batuan kuartar. Seluruh titik kejadian likuifaksi dijumpai pada jarak kurang dari enam kilometer dari sesar utama dan sesar minor. Sebaran kejadian likuifaksi tidak selalu dijumpai pada wilayah dengan nilai LSI yang besar. Wilayah bahaya likuifaksi terbagi menjadi : wilayah bahaya likuifaksi sangat tidak aman, tidak aman, dan wilayah aman.

Kata Kunci:
Gempabumi, likuifaksi, LSI (Liquefaction Severity Index)

ABSTRACT

Name : Robiatul Adawiyah
Study Program : Geography
Title : Spatial Pattern of Liquefaction Severity in Yogyakarta Special Province (Case Study : The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006)

The Yogyakarta earthquake of May 27, 2006 has magnitude $M_w : 6,2$. This earthquake caused about 5000 died people and destroyed infrastructures also liquefaction. Focus of this study is interrelation between liquefaction occurrence and geological condition and liquefaction severity index (LSI). This research is descriptive and spatial approach. The research shows that distribution of liquefaction occurrence is clustered in the centre part of Yogyakarta Special Province, it is related to young volcanic deposits of Merapi Volcano distribution and Quarternary deposits distribution. Liquefaction occurrence is situated within 6 km distance from the major and minor fault zone. The distribution of liquefaction occurrence it isn't related to liquefaction severity index (LSI).

Keywords:
Earthquake, Liquefaction, LSI (Liquefaction Severity Index)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR FOTO	xi
DAFTAR PETA	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	3
1.4.1 Tahapan penelitian	4
1.4.2 Variabel dan Data Penelitian	5
1.4.3 Cara Pengumpulan Data	5
1.4.4 Pengolahan Data	7
1.4.5 Analisa Data	10
2 TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Gempa Bumi dan Mekanisme Kejadian Gempa Bumi	11
2.2 Gejala Lapangan Sebagai Akibat Gempa Bumi	13
2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat atau Lemahnya Gempabumi yang berpengaruh terhadap muka bumi	14
2.4 Magnituda dan Jarak Horizontal	14
2.5 Likuifaksi	17
2.5.1 Gejala Likuifaksi	18
2.5.2 Indeks kerusakan Likuifaksi / Liquefaction Severity Index (LSI)	21
3 GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN	23
3.1 Letak Geografis dan Administrasi	23
3.2 Morfologi	23
3.3 Geologi	24
3.3.1 Litologi dan Stratigrafi	24
3.3.2 Struktur Geologi	28
3.4 Sejarah Kegempaan Daerah D.I.Yogyakarta dan Sekitarnya	29
3.5 Gambaran Umum Bencana Gempa Bumi Yogyakarta Tahun 2006	32

4 HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Sebaran Titik Kejadian Likuifaksi	35
4.1.1 Retakan Tanah dan Jalan.....	35
4.1.2 Keluar Pasir-pasir Halus/ lumpur disertai air (<i>sand boils</i>)	36
4.1.3 Kekeruhan Sumur Wilayah Likuifaksi	38
4.2 Kaitan Nilai Indeks Keburukan Likuifaksi/Liquefaction Severity Indeks (LSI) dengan Sebaran kejadian Likuifaksi.....	38
4.3 Kaitan Geologi dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi.....	41
4.3.1 Kaitan Jenis Batuan dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi	42
4.3.2 Kaitan Umur Batuan dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi	43
4.3.3 Kaitan Jarak sesar Utama dan Sesar Minor dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi.....	44
4.4 Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi berdasarkan Sebaran Titik Kemunculan Efek Likuifaksi.....	46
4.4.1 Wilayah Bahaya Likuifaksi Sangat Tidak Aman	46
4.4.2 Wilayah Bahaya Likuifaksi Tidak Aman	47
4.4.3 Wilayah Aman Bahaya Likuifaksi	48
5 KESIMPULAN	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Matriks Wilayah Bahaya Likuifaksi	9
1.2 Likuifaksi dan Pengaruhnya yang Terlihat di Permukaan	21
1.3 Litologi Daerah Penelitian	25
1.4 Kelas Bahaya Likuifaksi	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Tahapan Penelitian	4
2.1 Ilustrasi jarak horizontal dari pusat gempa	6
1.2 Amblas bangunan	19
2.2 Peretakan Tanah	19
3.2 <i>Sand boils</i>	20
1.3 Pusat gempabumi merusak dan struktur geologi Pulau Jawa	30
2.3 Patahan-Patahan di onshore (Pulau Jawa)	31
3.3 Seismisitas gap dan Seismisitas tahun 2006 di selatan Jawa	31
4.3 Pusat Gempa Yogyakarta 27 Mei Tahun 2006	33
5.3 Pantulan Gelombang Gempabumi Yogyakarta	33
1.4 Grafik Hubungan Nilai LSI Terhadap Jarak Horizontal dari sumber Gempa	39
2.4 Grafik Jumlah Kejadian Likuifaksi diklasifikasikan berdasar nilai LSI	40
3.4 Grafik Jumlah Kejadian Likuifaksi Dengan Jenis Batuan	43
4.4 Grafik Jumlah Kejadian Likuifaksi dengan Umur Batuan	43
5.4 Grafik Jumlah Kejadian Likuifaksi dengan Jarak dari sesar	45

DAFTAR FOTO

Foto	Halaman
1.4 Lokasi kemunculan Kejadian Likuifaksi di Jembatan Kembang Sari, Bantul	35
2.4 Bekas <i>Sandboils</i> (titik 8) di Kecamatan Jetis, Bantul.	36
3.4 Bekas <i>Sandboils</i> (titik 9) di Kecamatan Jetis, Bantul.	36
4.4 Bekas <i>Sandboils</i> (titik 10) di Kecamatan Jetis, Bantul.	37

DAFTAR PETA

Peta 1. Administrasi D.I.Yogyakarta
Peta 2. Geologi D.I.Yogyakarta
Peta2a. Umur Batuan D.I.Yogyakarta
Peta2b. Jarak Dari Sesar D.I.Yogyakarta
Peta 3. Nilai Indeks Keburukan Likuifaksi (LSI) D.I.Yogyakarta
Peta 4. Wilayah Likuifaksi D.I.Yogyakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto-foto Kejadian Gempabumi Yogyakarta 27 mei 2007
Lampiran 2. Litologi dan Stratigrafi Daerah Penelitian
Lampiran 3. Lokasi Kemunculan Efek Likuifaksi
Lampiran 4. Perhitungan Nilai LSI
Lampiran 5. Contoh Perhitungan Nilai LSI

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempa hampir setiap saat terjadi di Indonesia dan dari seluruh kejadian gempa bumi yang terjadi di dunia, sekitar sepuluh persen terkonsentrasi di Indonesia setiap tahunnya, baik dengan kekuatan sangat kecil dan hanya tercatat oleh instrumen pencatat gempa maupun gempa besar yang merusak dan dapat dirasakan oleh manusia (Prihantarto, 2005).

Beberapa contoh gempa tersebut adalah gempa Bengkulu tahun 2002, gempa Aceh di penghujung tahun 2004, gempa Nias di tahun 2005, menyusul di tahun berikutnya tahun 2006 berturut-turut gempa Yogyakarta dan gempa Pangandaran. Frekuensi kejadian gempa yang tinggi di Indonesia tersebut disebabkan posisi Indonesia yang terletak pada pertemuan tiga buah lempeng yang terus menerus bergerak, yaitu lempeng aktif Samudra Indo-Australia, lempeng Samudra Pasifik dan lempeng Eurasia.

Sebagai wilayah yang rawan gempa, daerah-daerah tersebut sangat didominasi endapan yang berumur kuartar dan masih bersifat lepas atau belum padu, terutama endapan holosen akhir. Sedimen lepas tersebut umumnya dari endapan bekas sungai seperti endapan dataran sungai, endapan delta sungai, endapan rawa dan endapan kipas alluvial. Sedimen kuartar itu sendiri menempati hampir 35% dari seluruh wilayah daratan Indonesia, dimana perkembangan pembangunan cenderung terkonsentrasi di wilayah ini. Endapan belum padu tersebut merupakan daerah yang rentan terhadap retakan akibat proses likuifaksi, dimana likuifaksi merupakan salah satu faktor utama penyebab kerusakan bangunan dari suatu peristiwa gempa bumi (Kertapati, 1998).

Likuifaksi itu sendiri disebutkan oleh badan survey geologi Amerika Serikat (*USGS*) sebagai fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa. Lapisan tanah tersebut berubah menjadi seperti cairan sehingga tak mampu menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya. (www.usgs.gov)

USGS dalam situsnya menyebutkan bahwa faktor-faktor yang menjadi syarat terjadinya likuifaksi adalah tanah bersifat kurang padu (tidak padat), lapisan tanah jenuh air dan terjadi getaran yang kuat. (www.usgs.gov). Oleh Tohari disebutkan bahwa getaran gempabumi yang menjadi syarat terjadinya likuifaksi bermagnituda diatas lima ($M_w > 5$).

Wilayah D.I Yogyakarta, tak luput dari pengaruh gempa yang bersumber dari laut akibat sistem aktivitas zona subduksi dari tumbukan antara lempeng Samudera Indo – Australia dan lempeng Benua Eurasia dan di darat akibat pergerakan sistem sesar aktif (Supartoyo, 2006). Tercatat bahwa gempabumi diawali pada tanggal 10-6-1867 yang menimbulkan kerusakan bangunan di Yogyakarta, Klaten hingga Surakarta. Terakhir adalah gempabumi tanggal 27-5-2006 yang bersumber di darat mengakibatkan bencana di beberapa Kabupaten/Kotamadya di D.I.Yogyakarta serta Jawa Tengah dengan Korban jiwa lebih dari 5.600 orang.

Mengingat beberapa Kabupaten di D.I. Yogyakarta merupakan daerah konsentrasi permukiman, maka dirasakan penting upaya untuk meneliti pola wilayah likuifaksi sebagai salah satu efek kerusakan setelah gempa berdasarkan kejadian gempa berkekuatan besar yang pernah terjadi di D.I.Yogyakarta tahun 2006 dengan mengaitkannya pada aspek fisik wilayah setempat.

1.2 Masalah

1. Bagaimana kaitan kejadian likuifaksi dengan geologi dan indeks keburukan likuifaksi di Daerah Istimewa Yogyakarta?
2. Bagaimana pola wilayah bahaya likuifaksi di Daerah Istimewa Yogyakarta?

1.3 Batasan Masalah

- Pola wilayah (*Spatial Pattern*) adalah bentuk organisasi keruangan suatu obyek berdasarkan pengaruh tertentu .

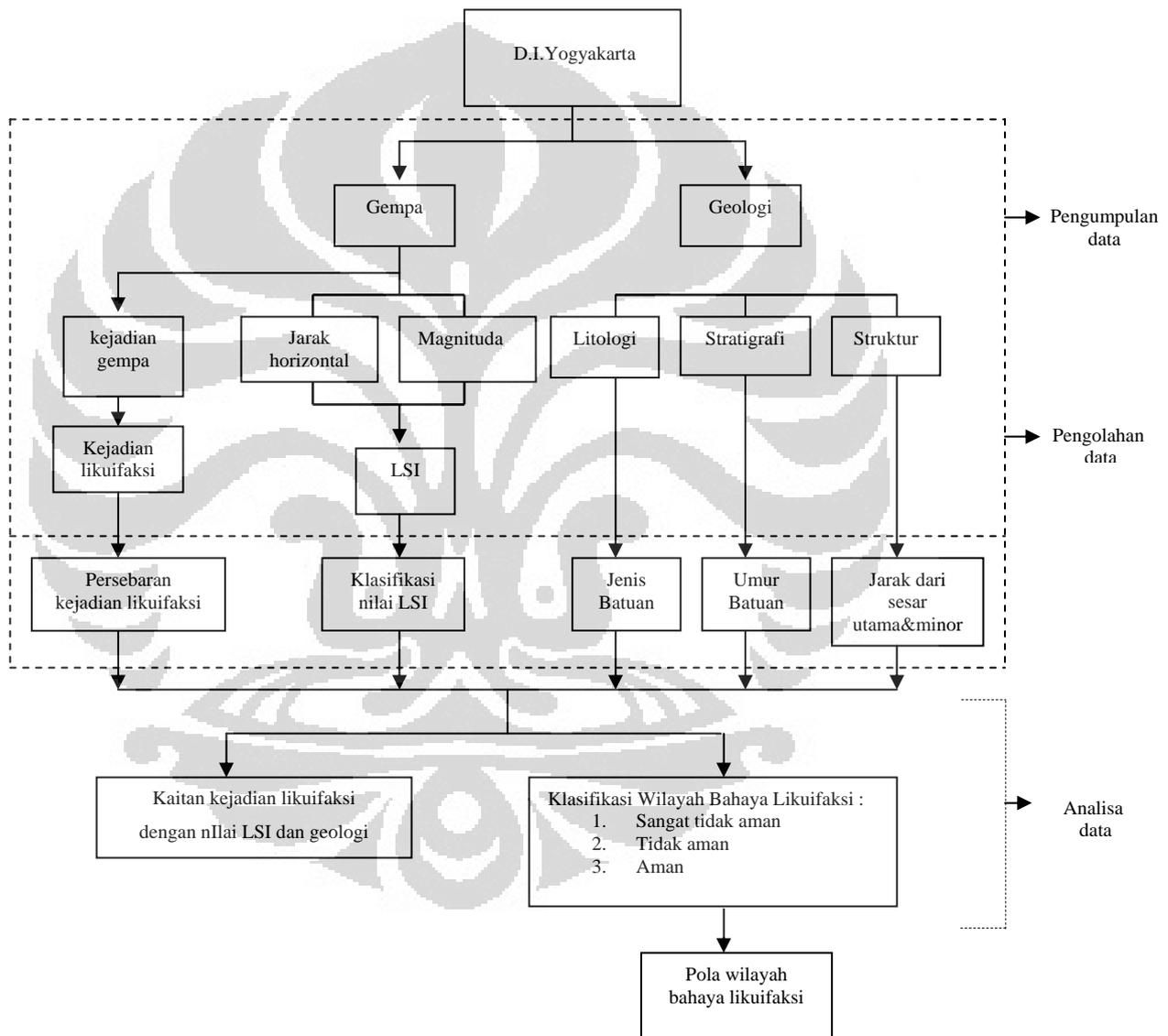
- Pola wilayah bahaya likuifaksi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah bentuk persebaran wilayah bahaya likuifaksi yang dihasilkan dari indeks keburukan likuifaksi dan geologi.
- Likuifaksi adalah hilangnya kekuatan tanah yang telah jenuh air dan berlaku seperti cairan (likuid) disebabkan oleh getaran gempabumi dimana gempabumi yang terkait dengan likuifaksi pada penelitian ini ialah gempa tektonik yang indikatornya berupa :
 1. Pencelahan/retakan pada tanah, dan jalan.
 2. Penurunan tanah atau amblesan pada bangunan, jembatan maupun jalan dan miringnya bangunan.
 3. Munculnya *sand boil* (lumpur pasir) ke permukaan tanah
- Indeks Keburukan Likuifaksi/*Liquefaction Severity Indeks* (LSI) adalah nilai yang menunjukkan tingkat bahaya atau keburukan likuifaksi suatu daerah, yang berkisar antara 0-100. Nilai ini di hitung dengan persamaan logaritma berdasar jarak horizontal dan kekuatan gempabumi.
- Jarak horizontal gempabumi (R) adalah jarak dari pusat gempabumi ke titik kerusakan yang diukur dalam satuan kilometer.
- Magnituda adalah ukuran kekuatan gempabumi, pada penelitian ini magnituda yang digunakan adalah magnituda momen, yang dapat menggambarkan besarnya energi sumber gempabumi.
- Geologi dalam penelitian ini berupa jenis batuan, umur batuan dan jarak dari sesar utama dan sesar minor.

1.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan keruangan, dan daerah penelitian adalah Provinsi D.I.Yogyakarta yang berada pada koordinat $110^{\circ}00'$ - $110^{\circ} 50'$ BT dan $07^{\circ}33'$ - $08^{\circ} 12'$ LS.

1.4.1 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu pengumpulan data, pengolahan data dan analisa data.



Gambar 1.1 Tahapan Penelitian

1.4.2 Variabel dan Data

- Kejadian likuifaksi di permukaan (retakan pada tanah dan jalan, penurunan tanah atau amblesan, *sand boil* / lumpur pasir).
- Indeks Keburukan Likuifaksi (LSI) yang didapatkan dari kegempaan, dengan parameter yang digunakan berupa: jarak horizontal dari pusat gempa ke titik kerusakan (R) dan nilai kekuatan gempa atau magnituda.
- Geologi yang akan diuraikan menjadi jenis batuan, umur batuan dan jarak dari sesar utama dan minor.

1.4.3 Cara Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data sekunder dan pengamatan lapang, selain itu dilakukan studi literatur dalam menunjang pencarian referensi yang terkait dengan bahasan penelitian. Studi literatur tersebut diperoleh baik dari buku referensi, jurnal, prosiding, tesis, skripsi maupun internet. Adapun data skunder yang dikumpulkan dari beberapa instansi terkait antara lain :

a. **Data kejadian likuifaksi di daerah penelitian**

Berupa jenis dan lokasi absolut kejadian likuifaksi yang diperoleh dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Gempa (PVMBG) dan dari pengamatan lapang, adapun langkah dalam pengamatan lapang diuraikan sebagai berikut:

Pengamatan lapang dilakukan pada tanggal 11-14 Mei 2008 untuk mendapatkan informasi dan data mengenai kejadian likuifaksi selain bersumber dari data PVMBG. Perlu diingat sebelum pengamatan lapang dilakukan, terdapat tahap persiapan. Pada tahap ini dipersiapkan alat dan bahan untuk pengamatan dilapangan, bahan yang dipersiapkan adalah :

1. Global Potisioning System (GPS) merk Garmin tipe *legend* seri 79864476 (untuk memplot titik kejadian likuifaksi).
2. Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 tahun 1999 lembar 1408-223 Yogyakarta, lembar 1408-224 Timoho, lembar 1408-221 Bantul, lembar 1408-222 Imogiri.
3. Data titik-titik kejadian likuifaksi yang pernah diamati sebelumnya.

4. Tabel isian posisi absolut titik-titik kejadian likuifaksi dan jenis likuifaksi yang muncul di permukaan.
5. Kamera digital (untuk dokumentasi pengamatan lapangan).

Setelah semua alat dan bahan untuk pengamatan lapang dipersiapkan, kemudian ditetapkan lokasi kecamatan, desa atau kelurahan yang akan dituju.

Cara pengamatan lapang dilakukan dengan menelusur daerah untuk mengambil koordinat titik- titik munculnya kejadian likuifaksi pada kecamatan, desa atau kelurahan dan menyesuaikan koordinat titik kejadian likuifaksi yang telah diamati sebelumnya, untuk mendapat gambaran kejadian efek likuifaksi di daerah penelitian.

Hal tersebut dilakukan baik dengan cara melihat sisa kenampakan kejadian likuifaksi setelah gempa bumi secara langsung bila masih ada atau dengan bertanya pada masyarakat bila kenampakan telah tiada.

b. Data nilai Indeks Keburukan Likuifaksi (LSI)

Data tersebut didapatkan dengan menghitung nilai LSI dari persamaan logaritma LSI. Nilai LSI tersebut berkaitan dengan parameter kegempaan berupa: jarak horizontal dari pusat gempa bumi ke titik kerusakan (R) dan nilai kekuatan gempa atau magnituda.

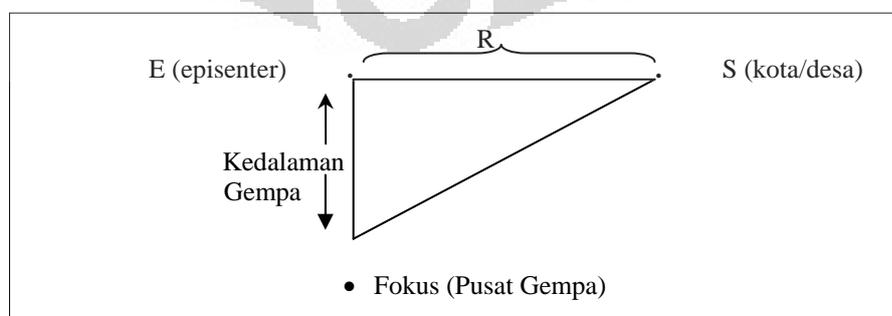
Untuk mendapatkan nilai indeks LSI maka dilakukan perhitungan berdasar persamaan berikut

$$\text{Log (LSI)} = -2.94 - 1.3 \text{ Log R} + 1.02 \text{ Mw} \dots \dots \dots (1.1)$$

Sumber: Kertapati (1998), dimodifikasi dari Youd dan Perkins (1987)

Dimana : R = Jarak horizontal dari sumber energi gempa (km),

Mw = Momen Magnituda (besaran kekuatan gempa)



Gambar 1.2. Ilustrasi Jarak Horizontal dari Pusat Gempabumi

Sumber : Bradja, 1983 dalam Hasmar, 1998

Sedangkan mencari jarak horizontal (R) yaitu dengan memasukkan koordinat episenter dan koordinat S(kota/desa) Formulasinya adalah :

$$\text{Cos ES (R) : } \sin\Phi \text{ E } \sin\Phi \text{ S} + \cos\Phi \text{ E } \cos\Phi \text{ S } \cos (\text{LE-LS})\dots\dots\dots(1.2)$$

Sumber: Hariyanto, 2000

Dimana: E = koordinat bujur episenter ,

S = koordinat bujur kota/desa ,

LE= koordinat lintang episenter dan

LS= koordinat lintang kota/desa

R dalam satuan derajat cosinus di konversi kedalam satuan kilometer dengan mengalikan 111,413 untuk setiap 1⁰. Koordinat bujur dan lintang episenter gempa bumi Yogyakarta yang didapatkan dari Bappeda DIY yang mengacu pada Badan Survey Geologi Amerika Serikat (USGS) adalah 110⁰29'BT dan 8⁰ 01'LS.

c. Data jenis batuan, umur batuan dan struktur geologi berupa zona sesar utama dan sesar minor

Ketiga data tersebut informasinya didapatkan dari interpretasi peta geologi lembar Yogyakarta tahun pembuatan 1992 skala 1:100.000 yang diperoleh dari Pusat Lingkungan Geologi (PLG).

1.4.4 Pengolahan Data

Seluruh data yang berbasis spatial dimasukkan kedalam sistem database dan disusun melalui sistem GIS dengan menggunakan software ArcView 3.3.

Peta dasar yang digunakan :

- a) Peta administrasi yang berasal dari peta rupa bumi Indonesia skala 1:25.000 dan titik episenter gempa tahun 2006, dibuat dengan plotting lokasi titik episenter berdasarkan koordinat DD (*decimal degree*).
- b) Peta geologi yang didalamnya terdapat informasi jenis batuan, stratigrafi dan struktur geologi

Sedangkan pengolahan data yang berasal dari data primer dan sekunder menghasilkan:

c) Peta persebaran titik-titik kejadian likuifaksi

Dibuat dengan plotting lokasi titik-titik kejadian likuifaksi berdasarkan koordinat DD (*decimal degree*) dan ditampilkan pada setiap peta variabel.

d) Peta wilayah nilai LSI

Dibuat dengan bantuan *extension spatial analys* dan *image analys* berdasarkan distribusi wilayah nilai LSI pada daerah penelitian yang telah dihitung dengan persamaan logaritma LSI. Nilai-nilai tersebut dibagi kedalam enam kelas berdasarkan tingkat bahaya likuifaksi, mulai dari nilai 0-5, 5-10, 11-30, 31-50, 51-70, >70.

e) Peta umur batuan

Dibuat berdasarkan klasifikasi umur batuan yang diinterpretasi dari peta geologi pada daerah penelitian. Pembagian umur batuan tersebut yaitu : batuan berumur kuartar dan batuan berumur tersier.

f) Peta jarak dari sesar

Dibuat dengan *membuffer* (membuat daerah penyangga) pada jarak yang diinginkan, jarak dari sesar terhadap titik kejadian likuifaksi yang digunakan dalam penelitian ini ialah tiga kilometer, yaitu jarak 0-3 km, 3-6 km dan > 6km.

g) Peta wilayah bahaya likuifaksi

Dihasilkan dari Peta wilayah nilai LSI yang di overlay dengan peta geologi (jenis batuan, umur batuan dan jarak dari sesar). Hasil overlay dari keempat peta tersebut diklasifikasikan menjadi wilayah bahaya likuifaksi: sangat tidak aman, tidak aman dan aman. Adapun matriks untuk mendapatkan wilayah bahaya likuifaksi seperti disebutkan di bawah ini.

Tabel 1.1. Matriks Wilayah Bahaya Likuifaksi dibuat berdasarkan Jumlah Kejadian Likuifaksi

Variabel	Klasifikasi		
	Sangat tidak aman	Tidak aman	Aman
LSI	I3	I1, I2	I4, I5, I6
Jenis Batuan	B4	B14	B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13, B15, B16, B17
Umur Batuan	U2	U1	U1
Jarak dari Sesar	S3	S2	S1

Sumber : Pengolahan Data 2008

Keterangan :

LSI : I1 = 0-5, I2 = 6-10, I3 = 11-30, I4 = 31-50, I5 = 51-70, I6 = >70

Jenis Batuan : B1 = Aluvium, B2 = Koluvium, B3 = Endapan Longsoran G. api Merapi, B4 = Endapan G. Api Merapi muda, B5 = Endapan G. api Merapi Tua, B6 = Formasi Kebobutak, B7 = Formasi Sentolo, B8 = Formasi Wonosari, B9 = Andesit, B10 Formasi Kepek, B11 = Formasi Jonggrangan, B12 = Formasi Nglanggrang, B13 = Formasi Nanggulan, B14 = Formasi Semilir, B15 = Formasi Sambipitu, B16 = Formasi Mandalika, B17 = Formasi Oyo

Umur Batuan : U1 = tertier, U2 = Kwartir

Jarak dari Sesar : S1 = 0-3 km, S2 = 3-6 km, S3 = >6 km

1.4.5 Analisa Data

Analisa yang dilakukan untuk menjawab permasalahan penelitian adalah :

1. Analisis spasial dilakukan dengan cara menggambarkan kaitan persebaran titik-titik kejadian likuifaksi dengan variabel nilai LSI dan geologi (jenis batuan, umur batuan dan jarak dari sesar utama dan sesar minor)
2. Analisa overlay antara peta wilayah nilai LSI dan peta geologi yang membentuk wilayah bahaya likuifaksi. Kemudian mendeskripsikan pola wilayah bahaya likuifaksi pada daerah penelitian



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempabumi dan Mekanisme Kejadian Gempabumi

Gejala gempabumi sangat mempengaruhi kehidupan manusia di daerah yang sering mengalami gejala ini. Berlainan dengan gunung api-gunung api yang diketahui sumber bahayanya maka asal gempa bumi tidak nampak oleh manusia. Dengan tiba-tiba bumi bergetar dan dengan mendadak pula jatuh korban manusia yang tidak sedikit. Dalam suatu pencatatan kejadian gempa bumi didapatkan informasi antara lain: (a) Waktu kejadian gempa bumi (*Origin Time*) dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*). (b) Lokasi Episenter, dimana episenter adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempa bumi (Bolt, 1993 dalam Purwanti, 2002) lokasi episenter dibuat dalam koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan derajat bujur. (c) Pusat gempa (*focus*) atau lebih dikenal sebagai hipofocus atau hiposenter, yaitu suatu titik di bawah tanah dimana pertama kali energi gempa tersebar. (d) Kedalaman sumber gempa (*focus depth*), ialah jarak vertikal dari permukaan tanah ke focus, dinyatakan oleh besaran jarak dalam satuan kilometer.

Gempabumi dibedakan oleh Katili (1963) dalam beberapa jenis antara lain berdasarkan pusat sumber gempabumi, yaitu gempabumi yang berpusat di darat atau dikenal dengan gempa daratan dan gempabumi yang berpusat di lautan atau gempa lautan. Pembagian gempabumi dapat juga dilakukan berdasarkan jarak episentral. Gempa setempat dimaksudkan untuk gempa dengan jarak episentral kurang dari 10.000 km, sedangkan gempabumi dengan jarak episentral 10.000 km disebut sebagai gempabumi jauh, selanjutnya gempabumi sangat jauh berjarak episentral lebih dari 10.000 km.

Selain itu pembagian gempabumi didasarkan atas dalamnya fokus atau jarak antara episentrum dan hiposentrum. Jika dalamnya fokus sekitar 50 km maka digolongkan ke dalam gempa dangkal, sedangkan gempa intermedier merupakan

gempa dengan kedalaman fokus 100-300 km, untuk gempa dalam kedalamannya 300-700 km

Kemudian, Sandy (1996) menyatakan berdasarkan sebab-akibatnya maka gempabumi bisa karena tebing runtuh atau longsor, volkanisme ataupun tektonik. Gempa vulkanik merupakan gempa yang disebabkan oleh peledakan gunung api, pada umumnya adalah gempa yang lemah dan hanya terasa di sekitar gunung api itu saja. Rata-rata dari keseluruhan gempa, gempa vulkanik hanya berjumlah 7%, dan berikutnya gempa runtuh, dimana gempa ini jarang sekali ditemukan, sekitar 3% dari jumlah seluruh gempabumi.

Biasanya gempa runtuh ini dapat ditemukan pada daerah kapur atau daerah pertambangan. Selain itu terdapat gempa tektonik yang disebabkan oleh pergeseran yang tiba-tiba dalam bumi, dapat terjadi jika terbentuk patahan-patahan yang baru, atau terjadi pergeseran sekitar patahan. Sejumlah 90% dari kejadian gempa adalah gempa tektonik (Katili,1963).

Sedangkan pada tahun 1978 Zen *dkk.* (lihat Hasmar,1998) menyatakan gempa bumi tektonik sebagai gerakan yang tiba-tiba atau suatu rentetan gerakan tiba-tiba dari tanah dan bersifat *transient* yang berasal dari suatu daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah.

Mekanisme terjadinya gempabumi tektonik berupa adanya energi yang dilepaskan oleh pusat gempa saat terjadinya patahan dari lempeng benua, sehingga terjadinya deformasi pada kulit bumi. Kulit bumi bukan merupakan satu lantai batuan yang masif, namun merupakan satu mozaik, dipotong oleh beribu-ribu sampai berjuta-juta celahan-celahan dan robekan-robekan. Kulit bumi terdiri dari blok-blok batuan yang bentuknya tak tentu, blok-blok batuan ini terdiri dari massa yang sangat besar ukurannya, sampai beratus ribu mil. Benda-benda yang seakan kompak ini satu sama lain dipisahkan oleh celah-celah dan retak-retak atau belahan-belahan dalam batuan bumi yang padat. Dalam bidang celah inilah kadang-kadang terjadi pergeseran yang dapat mengakibatkan gempabumi yang hebat.

Setelah tekanan itu mencapai kekuatan sedemikian rupa, sehingga dapat mengatasi gesekan-gesekan tahanan. Sepanjang patahan yang ada, maka blok-blok yang bersebelahan dengan patahan akan menjadi lurus kembali secara *elastic*

rebound, atau dengan kata lain terjadinya gempa bumi disini disebabkan oleh pelepasan kekuatan yang berada dalam bumi yang dikumpulkan serta disimpan dari waktu ke waktu dalam batuan. Batuan yang bersifat kenyal mampu menyimpan energi yang telah terkumpul dan apabila energi yang terkumpul dalam batuan tersebut telah melewati batas kekenyalan batuan, maka energi yang besar itu akan dilepaskan sebagai gempa. Dalam hal ini energi potensial dirubah menjadi energi gerak.

2.2 Gejala Lapangan Sebagai Akibat Gempabumi

Selama gempa bumi, biasanya terjadi perubahan-perubahan pada lapisan tanah. Pada umumnya pergeseran-pergeseran dan sesaran-sesaran itu berlaku didalam bumi, akan tetapi efeknya dapat diamati diatas permukaan bumi. Pergeseran-pergeseran ini sering juga nampak diatas permukaan bumi, berjurusan mendatar, vertikal atau menunjam.

Selain itu efek yang nampak dipermukaan antara lain penurunan maupun kenaikan pesisir pantai, longsor-longsor tanah di daerah-daerah yang terdiri dari batuan lepas sering juga terjadi sebagai sebab yang langsung dari gempa bumi. Longsoran-longsoran ini dapat menyebabkan perubahan-perubahan jalannya sungai-sungai, terjadinya danau karena pembendungan sungai oleh tanah yang longsor ataupun pemotongan aliran sungai.

Celah-celah dan belahan-belahan tanah juga sering terjadi selama gempa bumi yang biasanya akan terisi kembali dengan tanah-tanah yang lepas terdapat pula gejala lain ialah pelengkungan kerak bumi yang berjalan secara lambat sekali dan biasanya mengawali suatu kejadian gempabumi yang besar, besar kemungkinan bahwa sebelum terjadi guncangan keras, telah bergerak bongkahan-bongkahan batuan secara lambat.

Segala gejala-gejala tersebut adalah sebab langsung dan bukan akibat dari suatu gempabumi. Sebab langsung (pergeseran, penggeseran tanah, dll) adalah pengerjaan primer sedangkan akibat gempabumi (kebakaran) adalah pengerjaan sekunder dari gempabumi.

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kuat atau Lemahnya Gempabumi yang Berpengaruh Terhadap Muka Bumi

1. Jarak dari episentrum

Saat terjadi gempabumi terdapat proses pelepasan energi, bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempabumi antara lain adalah energi deformasi dan energi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume sesudah terjadinya gempa bumi, seperti tanah naik, tanah turun dan pergeseran batuan. Sedangkan energi gelombang akan menggetarkan medium elastis disekitarnya dan akan menjalar ke segala arah. Energi yang menjalar ini akan mengalami pengurangan karena adanya faktor penyerapan pada wilayah yang dilaluinya, dengan demikian pengaruh gempabumi di suatu tempat akan menurun menjauhi episentrumnya (Ibrahim dan Subarjo, 2005).

2. Kedalaman gempabumi dan kekuatan gempabumi (magnituda)

Untuk pengaruh getaran gempabumi akan tergantung oleh kedalaman sumber gempabumi dan kekuatannya (magnituda), semakin dangkal sumber gempabumi dan disertai semakin besarnya kekuatan gempa maka wilayah yang terkena efek gempa semakin luas.

3. Kondisi geologi setempat

Efek gempa bumi juga di pengaruhi oleh faktor kondisi geologi setempat, misalnya wilayah yang labil (lunak) akan mempunyai resiko lebih besar daripada wilayah stabil (batuan keras). Karena pergeseran tanah yang disebabkan oleh gempabumi pada tanah yang lebih lunak lebih besar daripada pada tanah yang keras. Pada wilayah yang labil atau lunak ini biasanya mempunyai sifat batuan yang umumnya lepas, urai dan belum padu. Sehingga jika terjadi gempa bumi akan bersifat memperkuat efek getaran gempa bumi di permukaan (amplifikasi), sehingga kerusakan akibat gempa bumi akan semakin besar (Supartoyo, 2006).

2.4 Magnituda dan Jarak Horizontal

Parameter gempa yang akan digunakan sebagai analisa dalam penelitian ini adalah magnituda dan jarak horizontal. Konsep magnituda gempabumi sebagai skala kekuatan relatif hasil dari pengukuran fase amplituda dikemukakan pertama

kali oleh K.Wadati dan C.Rithcer (Lav,T dan Wallace,T. C, 1995 dalam Purwanti, 2002)

Kekuatan gempabumi dinyatakan dengan besaran magnituda dalam skala logaritma basis sepuluh. Suatu harga magnituda diperoleh sebagai hasil analisa tipe gelombang seismik tertentu (berupa rekaman tanah yang tercatat paling besar) dengan memperhitungkan koreksi jarak stasiun pencatat ke episenter. Dewasa ini ada empat jenis magnituda yang umum digunakan sebagai ukuran kekuatan gempa yaitu magnituda lokal, magnituda badan, magnituda permukaan dan magnituda momen. Untuk lebih jelasnya berikut ini akan diuraikan perbedaan diantara keempat magnituda tersebut.

1) **Magnituda Lokal (ML)**

Magnituda Lokal pertama kali di perkenalkan oleh Richter di awal tahun 1930-an dengan menggunakan data kejadian gempa bumi di daerah California yang direkam oleh seismogram Woods-Anderson. Menurutnya dengan menggunakan jarak episenter ke seismograf dan mengukur amplituda maksimum dari sinyal yang tercatat di seismograf maka dapat dilakukan pendekatan untuk mengetahui besarnya gempa bumi yang terjadi. Rumusannya adalah sebagai berikut

$$ML: \log a + 3 \log \Delta - 2.92 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

a : amplituda getaran tanah (μm)

Δ : jarak stasiun pencatat ke sumber gempa bumi (km) ,

$\Delta \leq 600$ km

Saat ini persamaan ML sangat jarang digunakan karena penggunaan seismograf Woods-Anderson yang tidak umum. Selain itu penggunaan kejadian gempabumi yang terbatas pada wilayah California dalam menurunkan persamaan empiris membuat jenis magnituda ini paling tepat di gunakan di wilayah tersebut. Karena itu dikembangkan jenis magnituda yang lebih tepat untuk penggunaan yang lebih luas dan umum.

2) **Magnituda *Body* (mb)**

Terbatasnya penggunaan magnituda lokal untuk jarak tertentu membuat dikembangkannya tipe magnituda yang bisa digunakan secara luas. Salah satunya

adalah m_b atau magnituda *body*. Magnituda ini didefinisikan berdasarkan catatan amplituda dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi.

$$m_b: \log (a/T) + Q (h, \Delta) \dots \dots \dots (2.2)$$

a : amplituda getaran (μm), T : periode getaran (detik) dan

$Q (h, \Delta)$: koreksi jarak

3) Magnituda Permukaan

Selain magnituda *body* diperkenalkan juga magnituda permukaan. Magnituda tipe ini didapatkan sebagai hasil pengukuran terhadap gelombang permukaan. Untuk jarak $\Delta > 600$ km, seismogram gelombang panjang didominasi oleh gelombang permukaan. Gelombang ini biasanya memiliki periode sekitar 20 detik. Amplituda gelombang sangat tergantung dengan jarak Δ dan kedalaman sumber gempa (h). Gempa bumi dalam tidak menghasilkan gelombang permukaan, karena itu persamaan M_s tidak memerlukan koreksi kedalaman. Magnituda ini mempunyai rumus

$$m_s: \log a + \alpha \log \Delta + \beta \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan a : amplituda maksimum dari pergeseran tanah horizontal pada periode 20 detik, Δ : jarak(km) α dan β adalah koefisien dan konstanta yang didapatkan dari pendekatan empiris.

Persamaan ini hanya digunakan untuk kedalaman gempa sekitar 60 km. Hubungan m_s dan m_b dapat dinyatakan:

$$m_b: 2.5 + 0.63 M_s \dots \dots \dots (2.4)$$

4) Magnituda Momen

Kekuatan gempa bumi sangat berkaitan dengan energi yang dilepaskan oleh sumber gempa bumi. Pelepasan energi ini berbentuk gelombang yang menjalar ke permukaan dan bagian dalam bumi. Dalam penjarannya energi ini mengalami pelemahan karena absorpsi dari batuan yang dilaluinya, sehingga energi yang sampai ke stasiun pencatat kurang dapat menggambarkan energi gempa bumi di hiposenter. Berdasarkan teori *elastic Rebound* diperkenalkan istilah momen seismik (*seismic moment*). Momen seismik ini dapat diestimasi dari dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis karakter gelombang gempa bumi yang direkam di stasiun pencatat (Bolt, 1993). Hubungan antara momen seismik dan magnituda dapat diketahui,

$$\text{Log } M_0 = 1,5 M_s + 16,1 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana M_0 adalah momen seismik dan M_s adalah magnituda permukaan yang dinyatakan dalam skala Richter.

Kanamori (1977) dalam Ibrahim dan Subarjo (2005) memperkenalkan magnituda momen yaitu suatu tipe magnituda yang berkaitan dengan momen seismik namun tidak tergantung dari besarnya magnituda permukaan, dimana

$$M_w = (\log M_0) - 10,73 \dots \dots \dots (2.6)$$

1,5

M_w ialah magnituda momen sedangkan M_0 adalah momen seismik.

Dalam penelitian ini digunakan ukuran kekuatan gempa berupa magnituda momen. Selain menggunakan magnituda momen dalam penelitian ini digunakan jarak horizontal yang merupakan jarak lurus dari pusat gempa yang diproyeksikan ke permukaan atau episenter ke titik dapat berupa titik kota atau desa yang mengalami kerusakan akibat gempabumi, diasumsikan setiap tempat memiliki peluang yang sama dalam menerima gelombang gempa.

2.5 Likuifaksi

Dalam peristiwa gempa bumi, umumnya diikuti serentetan guncangan tanah, penyesaran tanah dan terkadang diikuti Tsunami. Guncangan tanah dan penyesaran tanah pada lingkungan geologi tertentu salah satunya akan menyebabkan likuifaksi. Proses ini dapat menyebabkan bangunan rusak, retak atau runtuh, kerusakan bangunan akibat likuifaksi ini dikatakan sebagai akibat kegagalan tanah (Kertapati, 1998)

Youd (1980) dalam Kertapati (1998) meninjau dari beberapa kerusakan berat/kerusakan total pada bangunan karena peretakan tanah akibat proses likuifaksi bahwa kerusakan ringan terjadi pada pergeseran tanah sejauh 50-100 mm, kerusakan yang memerlukan perbaikan ringan atau kerusakan sedang terjadi akibat pergeseran tanah sejauh 120-600 mm, dan kerusakan berat dengan pergeseran tanah sejauh lebih dari 760 mm.

Perubahan sifat tanah dari sifat solid menjadi sifat seperti likuid yang terjadi pada tanah jenuh air diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori dan pengurangan tegangan efektif tanah dan sekaligus juga mengurangi kekuatan

geser tanah yang bersangkutan. Apabila tanah kehilangan kekuatan gesernya sama sekali, maka akan terjadi likuifaksi.

Likuifaksi disebutkan oleh badan Survei Geologi Amerika Serikat (*USGS*) sebagai proses terlepasnya lapisan tanah yang telah jenuh air dan berlaku seperti cairan (likuid) disebabkan oleh getaran gempa bumi. Getaran gempa bumi menyebabkan peningkatan tekanan air pada tanah, sehingga partikel-partikel tanah kehilangan kontak satu sama lain, kemudian hilanglah kekuatan tanah dan menjadikannya berlaku seperti cairan atau likuid.

Sedangkan menurut Siddiq (1996) likuifaksi didefinisikan sebagai menurunnya (*ambles*) permukaan tanah berpasir dan diikuti naiknya air ke permukaan tanah akibat gempa bumi, sehingga likuifaksi dapat mengakibatkan hilangnya daya dukung tanah, yang dapat diikuti ambruknya segala bangunan yang berada di atasnya.

Prakash (1981) dalam Zulfikar (2005) memberikan definisi likuifaksi sebagai hilangnya kekuatan tanah pasir jenuh dan gembur (*loose*) akibat meningkatnya tekanan air pori. Akibat kehilangan seluruh kekuatannya, maka tanah akan berlaku seperti fluida. Senada dengan Prakash, Hasmar (1998) menyebutkan istilah likuifaksi sebagai proses terjadi naiknya tekanan air pori dan akibatnya menurunnya tekanan efektif tanah pada lapisan pasir yang jenuh air secara mendadak akibat gempa bumi tektonik.

Faktor-faktor yang menjadi syarat terjadinya likuifaksi pada suatu wilayah disebutkan oleh *USGS* adalah:

1. Tanah bersifat lepas (tidak padat)
2. Lapisan tanah telah jenuh dengan air tanah.
3. Terjadi getaran yang kuat. Getaran tersebut menjadikan tanah rentan mencair, dalam hal ini getaran diartikan sebagai gempa bumi.

2.5.1 Gejala Likuifaksi

A. Kehilangan Daya Dukung Terhadap Bangunan yang Ada di Atasnya

Derajat kerusakan bangunan pada suatu gempa bumi bergantung pada keadaan subsoil setempat. Gerakan yang dipancarkan pada suatu bangunan bergantung pada bagaimana bangunan



tersebut didukung oleh tanah. Hubungan antara bangunan dan tanah dapat berupa penyerapan energi atau dapat pula berbentuk mengubah gerakan pada dasar bangunan hampir serupa dengan gerakan umum tanah di sekitarnya. Setiap

Gambar 2.1. Amblas bangunan

Sumber: <http://www.ce.washington.edu/%7Eliquefaction/html/quakes/loma/sandboils.html>

kelebihan energi kinetik yang tidak terserap akan mengakibatkan kerusakan. Disamping itu kerusakan-kerusakan juga dapat ditimbulkan oleh perubahan pembagian tegangan tanah atau perubahan-perubahan sifat mekanis tanah pada waktu gempa bumi, misalnya pasir yang jenuh dan tanah liat yang sensitif akan berbahaya jika digetarkan oleh getaran-getaran gempa, pasir yang jenuh dan berada pada kondisi kepadatan tanah kritis dapat mengakibatkan likuifaksi atau mencair dan pengaliran tanah (*soil flow*). Untuk bangunan dengan waktu getar panjang dan makin baik keadaan tanah, makin besar kerusakan bangunan-bangunan dengan waktu getar pendek. Hal tersebut karena timbulnya resonansi antara bangunan dan tanah. Waktu getar tanah disamping ditentukan oleh lunak atau kerasnya tanah ditentukan juga oleh letak kedekatan dengan episenter dan magnituda. Ilustrasi amblas bangunan dapat terlihat pada gambar 2.1.

B. Perpindahan Lateral Pada Permukaan Datar yang Terlihat Berupa Retakan



Retakan pada kejadian gempa besar dapat digolongkan ke dalam 2 jenis, yaitu *ground fracturing* dan *ground faulting*. Dimana

Gambar 2.2. Peretakan Tanah

Sumber: <http://www.ce.washington.edu/%7Eliquefaction/html/quakes/alaska/crack.html>

ground fracturing berupa retakan tanah saja, dengan panjang peretakan mulai dari beberapa meter hingga ribuan meter, sedangkan *ground faulting* selain retak tanah juga mengalami pergeseran, tentunya pergeserannya dalam skala kecil biasanya terukur dalam satuan millimeter. Peretakan dan pergeseran tanah pada proses likuifaksi ini dapat menimbulkan kerusakan bangunan. Ilustrasi peretakan tanah dapat terlihat pada gambar 2.2.

C. Munculnya *Sandboils* (Lumpur Pasir) ke Permukaan Tanah



Endapan lumpur pasir, kadang-kadang disebut kawah lumpur (*sand craters*) yang berasosiasi dengan beberapa kejadian gempa bumi. Kemunculannya di permukaan dicirikan dengan keluarnya pasir-pasir halus atau sejumlah gundukan pasir dari patahan. Namun keluarnya lumpur pasir ini tidak selalu disebabkan

Gambar2.3.*Sandboils*

<http://www.ce.washington.edu/%7Eliquefaction/html/quakes/loma/sandboils.html>

karena kejadian gempa bumi. Pada kejadian gempa bumi mekanisme terjadinya sand boils disebabkan oleh memancarnya aliran air pori yang mengalami kelebihan tekanan akibat guncangan gempa dan kemudian muncul ke permukaan (Keller E.A.dan N.Pinter, 1996). Ilustrasi *sandboils* dapat terlihat pada gambar 2.3.

Tabel 2.1. Likuifaksi dan pengaruhnya yang terlihat di permukaan

Tipe bencana	Daerah Rentan	Daerah Pengaruh	Efek Sampingan	Pengaruh
Likuifaksi	Endapan Darat	Delta sungai EndapanTepi sungai Endapan Rawa Tanah timbunan	Pencelahan Lumpur pasir Penurunan/amblesan	Bangunan miring/turun/rusak Rusak/hilangtanah pertanian Keruh air tanah
	Endapan Pantai	Endapan Pantai Tanah timbunan Pematang sungai pematang pantai	Pencelahan Lumpur pasir Penurunan/amblesan	Bangunan miring/turun/rusak Rusak/hilang tanah pertanian Keruh air tanah

Sumber: Kertapati (1998)

2.5.2 Indeks kerusakan Likuifaksi / Liquefaction Severity Index (LSI)

Selama berlangsungnya gempa, akan terjadi penjalaran gelombang yang akan sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat. Efek dari penjalaran gelombang akan bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Untuk melihat karakteristik dari efek tersebut dalam satu lokasi Youd dan Perkins (1987) mengusulkan pengukuran dengan Indeks Keburukan Likuifaksi/*Liquefaction Severity Index* (LSI).

LSI merupakan fungsi dari goncangan gempa, goncangan gempa sendiri sangat terkait dengan amplituda dan durasi gempa, kemudian youd dan perkins (1987) menambahkan hasil evaluasinya terhadap berbagai kejadian gempa di Amerika menyatakan bahwa buruknya gempa bergantung pada jarak sumber energi gempa. Sehingga akhirnya mereka membuat persamaan empiris untuk

perhitungan LSI yang digunakan di bagian barat Amerika dan Alaska dengan persamaan empiris:

$$\mathbf{Log\ LSI = -3.49 - 1.86\ log\ R + 0,98\ Mw \dots\dots\dots(2.7)}$$

Kemudian oleh Kertapati(1998) persamaan empiris tersebut di modifikasi yang dimungkinkan untuk diberlakukan di Indonesia:

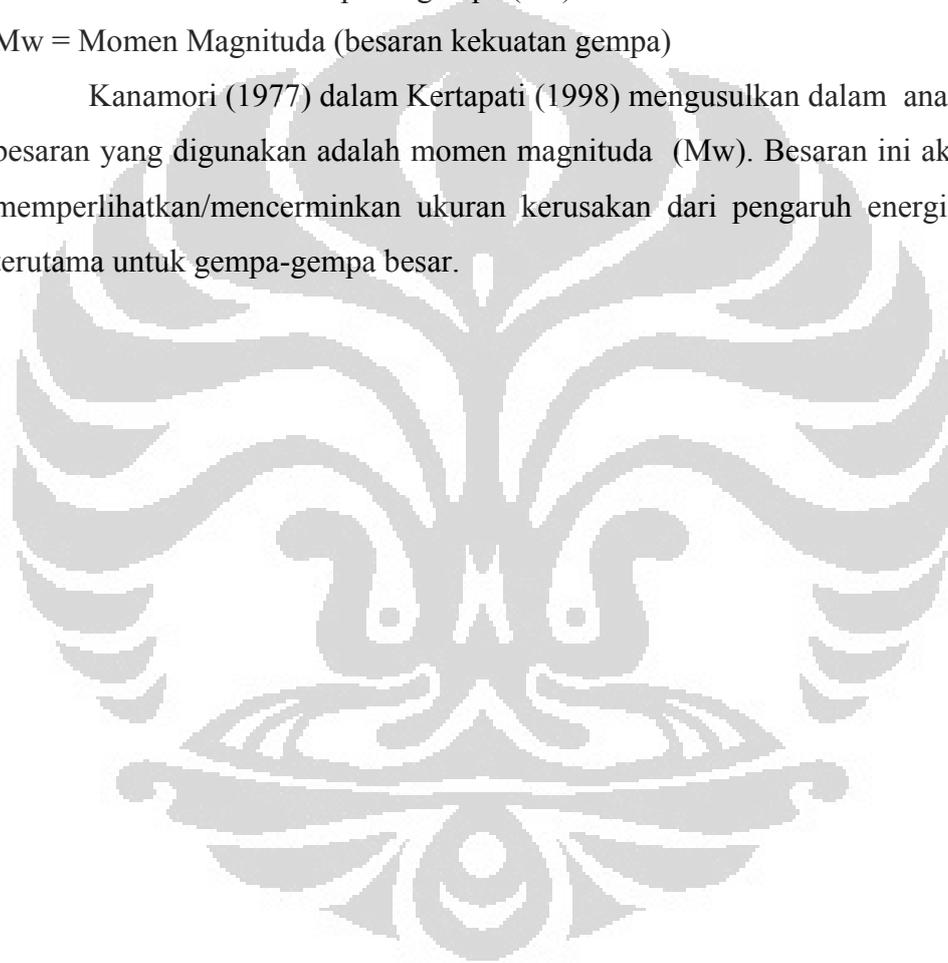
$$\mathbf{Log\ (LSI) = -2.94 - 1.3\ Log\ R + 1.02\ Mw \dots\dots\dots(2.8)}$$

Dimana ,

R = Jarak horizontal ke pusat gempa (km)

Mw = Momen Magnituda (besaran kekuatan gempa)

Kanamori (1977) dalam Kertapati (1998) mengusulkan dalam analisis LSI besaran yang digunakan adalah momen magnituda (Mw). Besaran ini akan lebih memperlihatkan/mencerminkan ukuran kerusakan dari pengaruh energi gempa, terutama untuk gempa-gempa besar.



BAB 3

GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

3.1 Letak Geografis dan Administrasi

Daerah penelitian adalah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Wilayah penelitian secara geografis terletak pada koordinat antara $07^{\circ}33'$ - $08^{\circ}12'$ lintang selatan dan $110^{\circ}00'$ - $110^{\circ}50'$ bujur timur.

Daerah penelitian terletak di pulau Jawa bagian tengah, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Purworejo, sebelah barat laut berbatasan dengan Kabupaten Magelang, sebelah timur laut berbatasan dengan Kabupaten Klaten, sebelah tenggara berbatasan dengan kabupaten Wonogiri dan pada bagian selatan dibatasi Samudera Hindia. (Lihat peta 1).

Daerah penelitian terbagi dalam empat kabupaten dan satu kotamadya, yaitu Kabupaten Sleman yang meliputi 17 Kecamatan dan 86 Desa, Kabupaten Kulon Progo yang meliputi 12 kecamatan dan 88 desa, Kabupaten Bantul yang meliputi 17 kecamatan yang dibagi menjadi 75 desa dan Kabupaten Gunung Kidul yang meliputi 18 kecamatan dan 144 desa dan Kota Yogyakarta.

3.2 Morfologi

Hampir separuh daerah D.I.Yogyakarta, terutama bagian barat daya-selatan dan timur merupakan dataran yang tertutup aluvium dan rempah-rempah gunungapi Merapi muda. Sementara bagian baratnya atau tepatnya daerah Kulon Progo memiliki morfologi perbukitan. Pada bagian lain dari D.I.Yogyakarta terdapat Suatu lembah memanjang yang dinamakan terban Bantul terbentang dari Yogyakarta ke arah selatan dan sebuah sesar utama di kaki pegunungan selatan sepanjang aliran Kali Opak. Lembah ini mencakup dataran aluvium Yogyakarta yang termasuk jalur fisiografi Solo. Lebih jauh ke arah tenggara bentang alam merupakan pegunungan. Di timur laut bentang alam mempunyai bentuk kerucut gunung Merapi, kecuali bagian lereng baratnya yang berubah bangun oleh sesar

serta kegiatan gunung Merapi. Lembah-lembah yang terbentuk di lerengnya terisi oleh aliran lava dan rempah-rempah gunung api. Aliran lava dan rempah-rempah yang lebih tua terdapat pada bagian timur laut gunungapi itu.

Secara garis besar fisiografi daerah penelitian terbagi kedalam empat bagian, yaitu : pegunungan selatan, gunungapi Merapi, dataran rendah antara pegunungan selatan dan pegunungan Kulon Progo, antara Pegunungan Kulon Progo dan dataran rendah selatan.

3.3 Geologi

3.3.1 Litologi dan Stratigrafi

Batuan yang menyusun wilayah D.I. Yogyakarta secara umum dapat dibedakan menjadi endapan permukaan, batuan sedimen yang berselingan dengan batuan vulkanik serta batuan terobosan. Batuan endapan permukaan terdiri dari endapan rombakan gunungapi, endapan aluvium dan endapan koluvium. Sedangkan batuan terobosan berupa andesit.

Daerah Penelitian memiliki tujuh belas jenis batuan yang berumur kuarter dan tersier, batuan yang berumur kuarter tersebut penyusunnya adalah batuan endapan permukaan aluvium (Qa), endapan permukaan koluvium (Qc), endapan rombakan bahan vulkanik yang berdampingan dengan endapan aluvium sungai atau dikenal dengan endapan gunungapi Merapi muda (Qmi) dan endapan longsoran dari gunungapi Merapi (na). Sedangkan batuan yang berumur tersier penyusunnya berupa batuan sedimen yang berselingan dengan batuan vulkanik dan batuan terobosan.

Batuan sedimen yang berselingan dengan batuan vulkanik antara lain formasi nglanggrang (Tmn), formasi sambipitu (Tms), formasi semilir (Tmse), formasi sentolo (Tmps), formasi wonosari (Tmwl), formasi jonggrangan (Tmj), formasi kepek (Tmpk), formasi kebobutak (Tmok) dan formasi nanggulan (Teon). Untuk melihat persebaran batuan tersebut pada daerah penelitian lihat peta 2.

Tabel 3.1 Litologi daerah penelitian

Jenis Batuan	Luas Wilayah (Ha)	Persentase Luas (%)
Aluvium	1708	5,78
Koluvium	101	0,34
Endapan Longsor G. api Merapi	8,83	0,03
Endapan G. api Merapi Muda	8838,5	29,90
Endapan G. api Merapi Tua	59,8	0,20
Formasi Kebobutak	2162	7,31
Formasi Sentolo	1518	5,14
Formasi Wonosari	8874	30,02
Andesit	398,5	1,35
Formasi Kepek	252,3	0,85
Formasi Jonggrangan	79,4	0,27
Formasi Nglanggrang	1348,3	4,56
Formasi Semilir	1180,2	3,99
Formasi Nanggulan	3,54	0,01
Formasi Sambipitu	502,5	1,71
Formasi Mandalika	1479,4	5,00
Formasi Oyo	1050	3,55
Jumlah	29564,24	100

Sumber: Pengolahan data dari Peta geologi lembar Yogyakarta

Endapan aluvium (Qa) memiliki komposisi kerakal, pasir, lanau dan lempung sepanjang sungai yang besar dan dataran pantai, batuan ini menempati daerah pesisir selatan daerah penelitian dan di beberapa bagian sebelah timur daerah penelitian yaitu sekitar Kali Winongo kecil dan Kali Opak, serta sebelah barat laut daerah penelitian yaitu sekitar Kali Progo dengan luasan 1708.34 ha atau 5.78 % dari luas keseluruhan daerah penelitian.

Endapan koluvium (Qc) merupakan rombakan yang tak terpisahkan dari formasi Kebobutak. Batuan ini menempati daerah bagian barat daerah penelitian bersisian langsung dengan formasi kebobutak dengan luasan 100.49 ha atau 0.34% dari luas keseluruhan daerah penelitian.

Endapan longsor (ladu) dari awan panas dari gunungapi merapi (na) .Endapan longsor yang terdapat pada lereng barat gunungapi Merapi ini terbentuk dari letusan januari 1969 dengan luasan 8.83ha atau 0.03% dari luas keseluruhan daerah penelitian.

Sementara endapan gunungapi merapi muda (Qmi) merupakan batuan endapan rombakan gunungapi dihasilkan oleh erupsi gunungapi Merapi di Kota Yogyakarta. Susunannya berupa tuf, abu, breksi, aglomerat dan leleran lava tak terpisahkan. Hasil pelapukannya membentuk lereng bagian bawah dan dataran yang meluas di sebelah selatan terutama terdiri dari endapan aluvium rombakan vulkanik yang terkerjakan kembali oleh alur-alur yang berasal dari endapan semula di lereng bagian atas. Batuan ini mendominasi hampir seluruh bagian tengah daerah penelitian yang membentang arah utara-selatan dengan persentase luas sebesar 29.90% dari luas daerah penelitian atau seluas 8838.51 ha .

Endapan gunungapi merapi tua (Qmo) susunannya berupa breksi, aglomerat dan leleran lava termasuk andesit dan basal yang mengandung olivin yang tidak dijumpai pada andesit yang lebih muda. Batuan ini terdapat pada bagian utara daerah penelitian dengan persentase luas sebesar 0.20% dari luas daerah penelitian atau seluas 59.79Ha.

Formasi sentolo (Tmps) berupa batu gamping dan batu pasir napalan, yang bagian bawahnya terdiri dari konglomerat alas yang ditutupi oleh napal tufan dengan sisipan tuf kaca. Batuan ini kearah atas berangsur-angsur berubah menjadi batu gamping berlapis bagus yang kaya akan foraminifera. Beberapa spesies yang khas seperti *Globigerinatella insueta* CHUSMAN and *STAINFORTH*, *Globigerinoides sicanus* DE STEFANI ditemukan pada bagian bawah formasi ini oleh Kadar pada tahun 1975 yang kemudian menyatakan bahwa fosil-fosil tersebut di atas mewakili umur miosen bawah. Kesimpulan yang didapatkan bahwa umur fosil ini sekitar awal miosen sampai pliosen dengan ketebalan kira-kira 950 meter. Batuan ini menempati bagian tengah, barat dan sedikit bagian barat laut daerah penelitian dengan persentase luas sebesar 5.14% dari luas daerah penelitian atau seluas 1518.22 ha.

Formasi Jonggrangan (Tmj) yang tersusun atas konglomerat napal tufan dan batu pasir gampingan dengan sisipan lignit batu gamping berlapis dan batu

gamping koral. Ketebalan formasi sekitar 250 m. Batuan ini menempati bagian barat dari daerah penelitian. Batuan jenis ini meliputi 0.27% dari luas daerah penelitian atau seluas 79.37 ha.

Formasi Nglanggrang (Tmn) yang tersusun atas breksi vulkanik, breksi aliran, aglomerat, lava dan tuf. Breksi yang pejal dan berlapis tersingkap dengan baik di tebing lembah Kali Oyo. Pada bagian singkapan ini terdapat tuf dengan perlapisan bersusun. Sebagian besar satuan ini telah melapuk menjadi tanah berwarna coklat kemerahan. Ketebalan di bukit barat daya Patuk antara 500-700 meter, tetapi di sepanjang Kali Oyo dan diselatannya ketebalannya lebih besar. Batuan ini menempati bagian timur dari daerah penelitian dan tersebar melintang sepanjang Kali Oyo. Batuan jenis ini meliputi 4.56% dari luas daerah penelitian atau seluas 1348.32 ha.

Formasi sambipitu (Tms) memiliki komposisi tuf, serpih, batu lanau, batu pasir dan konglomerat yang kaya akan fosil. Formasi ini telah lama dianggap berumur miosen bawah ditunjukkan dengan adanya sisa fauna plangton *globigerinoides* dan *globorotaria* di atas alas formasi ini. Batuan ini menempati bagian timur daerah penelitian bersisian di arah timur dari formasi Nglanggrang dan meliputi 4.56% dari luas daerah penelitian atau seluas 1348.32 ha.

Formasi semilir (Tmse) merupakan perselingan antara breksi-tuf, breksi batu apung, tuf dasit, tuf andesit serta batu lempung tufan. Ketebalan lapisan ini diperkirakan sekitar 1200 meter. Batuan ini menempati bagian timur hingga timur laut daerah penelitian bersisian di arah barat dari formasi Nglanggrang dan meliputi 3.99% dari luas daerah penelitian atau seluas 1180.24ha.

Formasi wonosari (Tmw1) terdiri dari komposisi batu gamping terumbu, kalkarenit dan kalkarenit tufan. Batuan ini menempati sebagian besar bagian timur hingga ke selatan daerah penelitian. Di bagian selatan batu gamping terumbu yang massif terdapat pada topografi karst. Sebagian ataupun seluruh formasi ini dapat dinasabahkan dengan formasi oyo disebelah timur. Sifat tufan pada formasi ini kearah utara semakin besar. Formasi ini mempunyai kisaran maksimum dari miosen tengah sampai pliosen bawah. Ketebalan formasi ini diperkirakan 800 meter. Batuan ini memiliki persentase luas sebesar 30.02% dari luas daerah penelitian atau seluas 8874.22 ha.

Satuan formasi kepek (Tmpk) termasuk kedalam jenis batuan sedimen yang berselingan dengan batuan vulkanik, memiliki komposisi napal dan batu gamping berlapis, terletak pada bagian timur dari daerah penelitian, dengan luasan sebesar 252.32 ha atau 0.85% dari seluruh luas wilayah penelitian.

Satuan formasi kebobutak (Tmok) juga termasuk kedalam jenis batuan sedimen yang berselingan dengan batuan vulkanik, yang tersusun atas breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat, dan sisipan aliran lava andesit terletak pada bagian timur arah utara daerah penelitian dan bagian barat daerah penelitian. Batuan ini memiliki persentase luas sebesar 7.31% dari luas daerah penelitian atau seluas 2161.70 ha.

Satuan formasi nanggulan (Teon) yang tersusun atas batuan pasir dengan sisipan lignit, napal pasiran, batuan lempung dengan kongkresi limonit, sisipan napal dan batu gamping, batupasir dan tuf. Batuan ini terletak pada bagian tengah daerah penelitian. Batuan ini memiliki persentase luas sebesar 0.01% dari luas daerah penelitian atau seluas 3.54 ha.

Satuan formasi Oyo. Batuan ini terletak pada bagian timur daerah penelitian. Batuan ini memiliki persentase luas sebesar 3.55% dari luas daerah penelitian atau seluas 1050.07 ha

Satuan formasi Mandalika. Batuan ini terletak pada bagian timur daerah penelitian. Batuan ini memiliki persentase luas sebesar 5.00% dari luas daerah penelitian atau seluas 1479.39 ha

Untuk batuan terobosan pada daerah penelitian ditemukan jenis batuan andesit (a) yang berkomposisi antara andesit hipersten sampai andesit-augit-horenblenda dan trakiandesit. Batuan ini tersebar di bagian barat daya dan barat laut daerah penelitian dengan persentase luas sebesar 1.35% dari luas daerah penelitian atau seluas 398.45 ha.

3.3.2 Struktur Geologi

Pola struktur geologi yang berkembang di daerah Yogyakarta merupakan hasil interaksi Lempeng Samudera Hindia - Australia yang menyusup ke bawah Lempeng Benua Eurasia. Sebagian dari Lempeng Benua ini merupakan daratan Pulau Jawa. Penunjaman yang hampir tegak lurus antar lempeng tersebut di

sebelah selatan Pulau Jawa, membentuk sistem struktur kompresif berupa struktur perlipatan dan pensesaran.

Sistem perlipatan berkembang dengan sumbu lipatan berarah timur laut – barat daya dapat dijumpai di sebelah tenggara Kota Yogyakarta. Suatu seri perlipatan berupa sinklin dan antiklin dapat dijumpai di wilayah Wates hingga Wonogiri. Sistem perlipatan ini tersingkap pada formasi sentolo yang berupa batu gamping dan batu pasir napalan. Dari data geofisika diketahui bahwa sistem sesar utama di wilayah Yogyakarta adalah sistem sesar berarah timur laut-barat daya, tersebar mulai dari sebelah barat Parang Tritis, Bantul hingga Prambanan. Sistem sesar utama ini telah terpotong oleh suatu sistem sesar geser kecil-kecil dengan arah barat-timur. Suatu sistem sesar yang berkembang dengan arah barat laut-tenggara berupa sesar geser mengangan dapat dijumpai di sebelah selatan Kota Yogyakarta.

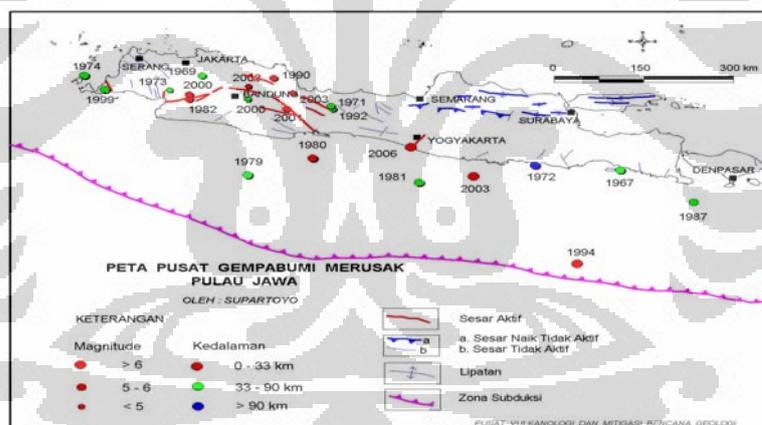
Dari sejarah gempabumi yang pernah melanda daerah ini, gempabumi tektonik yang terjadi di wilayah ini umumnya berasal dari zona penunjaman. Sebelum kejadian gempabumi tanggal 27 Mei 2006 belum diketahui apakah sistem sesar yang ada di daratan Yogyakarta merupakan sesar aktif, karena selama belum pernah ada pusat gempa yang berasosiasi dengan pergerakan sesar aktif di darat. Akan tetapi dengan kejadian gempabumi tanggal 27 Mei 2006 yang diikuti oleh gempabumi susulan setelahnya yang bersumber pada zona sesar berarah barat daya-timur laut (lihat peta 2b), dapat disimpulkan bahwa sesar tersebut merupakan sesar aktif.

3.5 Sejarah Kegempaan Daerah D.I.Yogyakarta dan Sekitarnya.

Dari data katalog gempabumi merusak Indonesia dan peta wilayah rawan gempabumi Indonesia yang disusun oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, wilayah Yogyakarta merupakan salah satu wilayah rawan gempabumi merusak. Data yang berhasil dihimpun diawali pada gempabumi tanggal 10-6-1867 yang menimbulkan kerusakan bangunan di Yogyakarta, Klaten hingga Surakarta. Korban jiwa akibat gempabumi ini tercatat 5 orang. Pada tanggal 23-7-1943 terjadi gempabumi tektonik yang mengakibatkan korban jiwa 213 orang,

2096 orang luka – luka. Kerusakan bangunan melanda wilayah Yogyakarta, Klaten hingga Surakarta.

Pada tanggal 13-1-1981 terjadi gempa bumi tektonik yang bersumber di laut akibat aktivitas zona subduksi mengakibatkan pondasi hotel Ambarukmo retak. Diduga sejumlah bangunan tua juga mengalami retakan dinding. Masyarakat kota Yogyakarta merasakan getaran gempa bumi tersebut cukup kuat. Terakhir adalah gempa bumi tanggal 27-5-2006 yang bersumber di darat mengakibatkan bencana di wilayah Bantul, Prambanan dan Klaten. Korban jiwa lebih dari 5.600 orang. Melihat dari dari kerusakan akibat gempa bumi tanggal 10-6-1867, 23-7-1943 dan 27-5-2006, dimana kerusakan melanda wilayah Yogyakarta, Klaten hingga Surakarta, kemungkinan besar disebabkan oleh pergerakan sistem sesar di wilayah Yogyakarta yang berarah barat daya-timur laut.

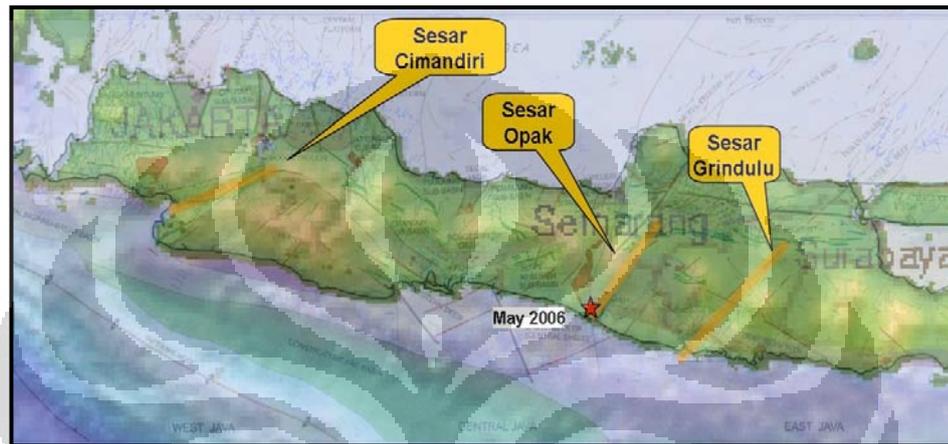


Gambar 3.1. Pusat gempa bumi merusak dan struktur geologi Pulau Jawa

Sumber : Supartoyo, 2005.

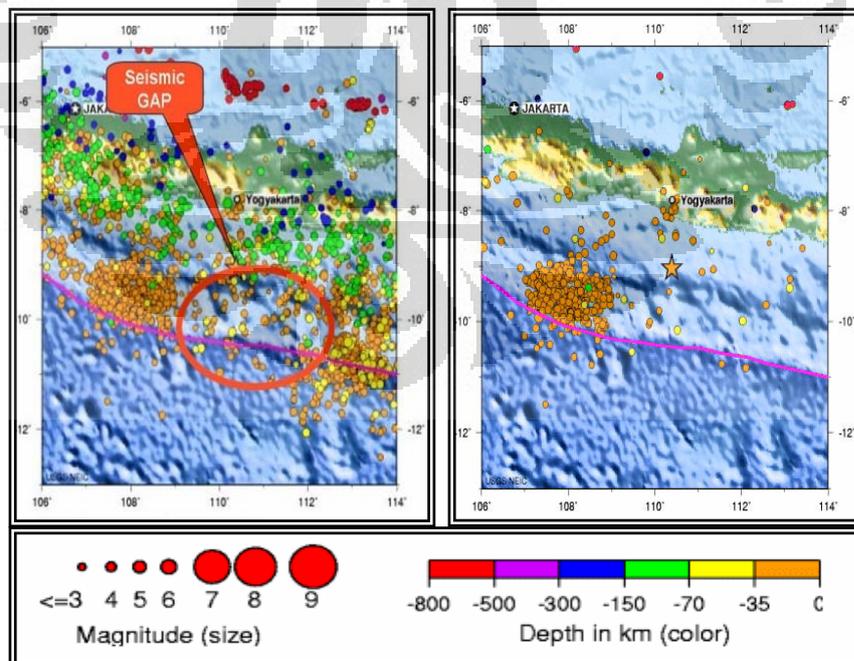
Untuk penjelasan mengenai gempa merusak di daerah D.I.Y dan sekitarnya dan secara umum di Jawa, bahwa gempa-gempa di Jawa yang disebabkan oleh patahan-patahan dangkal akan lebih mengkhawatirkan dibandingkan gempa-gempa di Sumatra. Patahan-patahan yang berbahaya di Jawa yang aktif ini banyak tertutup oleh endapan muda, atau berimpitan dengan endapan muda yang berpotensi untuk memantul atau amplifikasi getaran gempa.

Amplifikasi ini sangat berbahaya dan mungkin akan sangat bersifat merusak. Patahan-patahan di Pulau Jawa (*onshore*) sepertinya dapat diteruskan ke laut selatan (Samudera Indonesia) ada kemungkinan menerusnya patahan-patahan di pulau ini yang menerus ke laut selatan. Patahan-patahan di *onshore* (Pulau Jawa) berkaitan dengan adanya *seismic gap* di selatan Jawa.



Gambar 3.2. Patahan-Patahan di onshore (Pulau Jawa)

Sumber : rovicky.wordpress.com/2006/09/22/sesar-sesar-di-selatan-jawa/



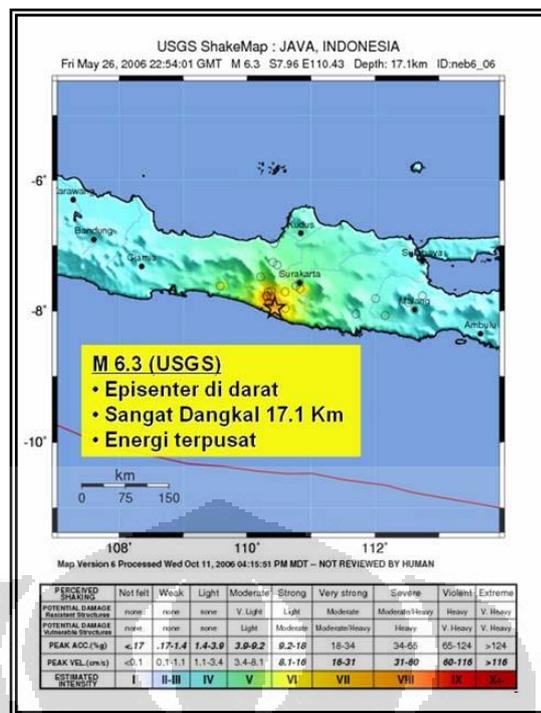
Gambar 3.3. *Seismic Gap* dan seismisitas tahun 2006 di selatan Jawa

sumber: rovicky.files.wordpress.com/seismic-gap.jpg

Daerah *Seismic Gap* adalah daerah dimana daerah ini merupakan daerah yg sangat mungkin merupakan pusat-pusat gempa (misal daerah zona patahan, atau zona kegempaan) tetapi tidak terlihat ada gempa selama beberapa waktu (puluhan tahun) terakhir. Pada gambar 8 terlihat di sebelah barat dan timur dari tempat yg dilingkari terjadi gempa-gempa lemah (4-5 SR). Daerah yg dilingkari seolah-olah merupakan gap (selang) didalam zona yg sangat mungkin menjadi pusat-pusat gempa. Daerah *seismic gap* ini sangat mungkin merupakan daerah yang saat ini memiliki tegangan sangat tinggi, mekanisme gempa itu mirip ketapel. Saat ketapel itu ditarik kemudian dilepas tenaganya, seperti halnya pada gempabumi kalau gempa ini ditekan dan kemudian akan dilepaskan tekanannya saat gempa. Jadi daerah yang tidak memiliki rekaman gempa diperkirakan daerah yg sedang mengumpulkan tenaga. Dapat terlihat pada gambar berikutnya yakni gempa-gempa tahun 2006 dimana banyak terjadi gempa kecil-kecil dan berulang-ulang, Gempa-gempa disebelah barat dan timur seismic gap ini telah melepaskan tenaganya dengan gempa kecil-kecil. Tenaga berupa tekanan (*stress*) yang ada di daerah seismic gap ini dapat dilepaskan sedikit-sedikit atau besar sekaligus.

3.4 Gambaran Umum Bencana Gempa Bumi Yogyakarta Tahun 2006

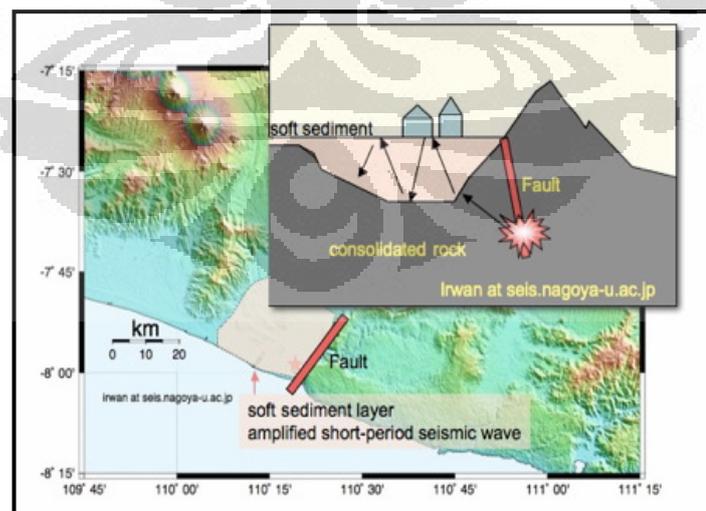
Gempabumi Yogyakarta berkekuatan 6,2 Mw terjadi pada hari sabtu, tanggal 27 Mei 2006 jam 5:53:58 pagi, kedalaman gempabumi Yogyakarta hanya 17.1 Km, sangat dangkal sekali. Energi Gempabumi di Yogyakarta ini terlihat terpusat. Sehingga sangat terlihat bahwa getaran gempabumi Yogyakarta sangat terpusat pada tempat yang sangat sempit.



Gambar3.4.Pusat Gempa Yogyakarta 27 Mei tahun 2006

Sumber : rovicky.wordpress.com/2007/09/20/ramalan-gempa-cnn/

Pada gempa ini lamanya gempabumi Yogyakarta yang hanya berkekuatan 6.2 Mw ini dapat terekam hingga hampir 1 menit goyongannya, padahal biasanya gempa sebesar itu hanya terasa selama 20-30 detik saja. gempabumi Yogyakarta yang bergetar cukup lama ini karena adanya *bounced wave*, atau pantulan getaran-getaran gempa seperti yang terdapat pada gambar di bawah ini.

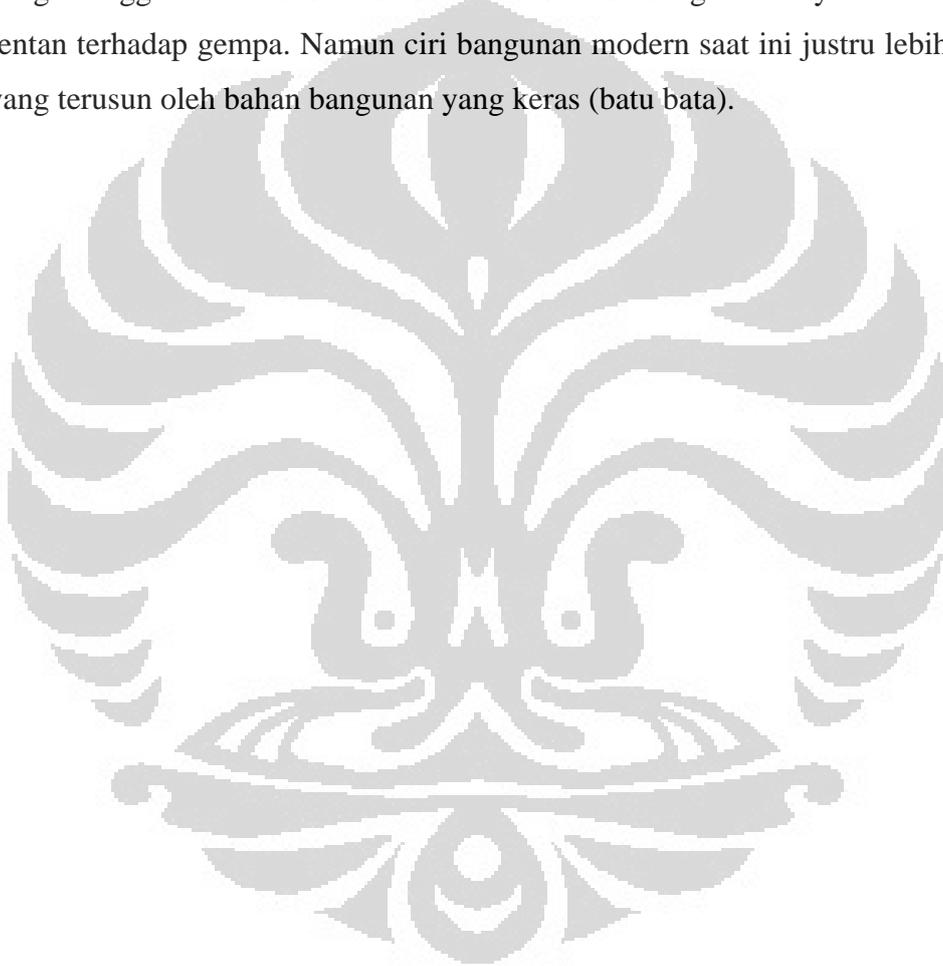


Gambar3.5.Pantulan Gelombang Gempabumi Yogyakarta

Hal inilah yang dapat menjelaskan penyebaran getaran gempabumi Yogyakarta tidak menyebar ke seluruh penjuru.

Gempabumi Yogyakarta menyebar ke arah timur karena batuan kerasnya berada di sebelah timur dari pusat gempa. Sedangkan ke arah barat gelombang gempabumi Yogyakarta terpantul-pantul hingga menyebabkan kerusakan hebat. Korban pada gempabumi Yogyakarta tercatat sejumlah lebih dari 5000 orang yang meninggal. Hal tersebut karena lokasinya berada pada tempat yang padat penduduknya.

Selain itu bangunan-bangunan di Yogyakarta dan sekitarnya sudah banyak yang menggunakan konstruksi batu. Konstruksi bangunan kayu memang lebih rentan terhadap gempa. Namun ciri bangunan modern saat ini justru lebih banyak yang terusun oleh bahan bangunan yang keras (batu bata).



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sebaran Titik Kejadian Likui-faksi

Kemunculan kejadian likuifaksi dan efek sampingan likuifaksi pada wilayah penelitian keseluruhannya ditemui di Kabupaten Bantul dan tersebar pada beberapa kecamatan, diantaranya Kecamatan Bantul, Kecamatan Piyungan, Kecamatan Pleret, Kecamatan Banguntapan, Kecamatan Jetis, keccamatan Bambang Lipuro, Kecamatan Imogiri, Kecamatan Banguntapan.

Kejadian likuifaksi yang ditemukan pada daerah penelitian antara lain persebaran lateral berupa retakan pada tanah dan jalan, keluarnya pasir-pasir halus/ lumpur disertai air (*sand boils*) dan keruhnya air sumur. Sedangkan untuk amblesan atau penurunan tanah tidak ditemukan pada daerah penelitian.

4.1.1 Retakan Tanah dan Jalan

a) Retakan tanah di sekitar Jembatan

Kembang Sari (titik 1). Terdapat pada Kelurahan /Desa Kembang Sari, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, dengan lintang $7^{\circ}.82'$, bujur $110^{\circ}.48'$, elevasi 110 m dpl, panjang retakan 3-5 m. Keretakan dapat diamati pada sisi utara jembatan.



Foto 4.1. Lokasi kemunculan Kejadian Likui-faksi di Jembatan Kembang Sari, Bantul.

Sumber : Dokumentasi pribadi 13 mei 2008

Retakan ini terjadi di Kelurahan/Desa Keputren, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, pada lintang $-7^{\circ}.90'$, bujur $110.40'$, dan panjang retakan 3-5 m.

- c) Retakan tanah di Kelurahan /Desa Grojogan, Kecamatan Banguntapan (titik 3), Kabupaten Bantul. Berlokasi pada lintang $-7^{\circ}.83'$ bujur $110^{\circ}.38'$ dengan panjang retakan 15 m.
- d) Retakan tanah di Kelurahan /Desa Kanutan, Kecamatan Bambang Lipuro, Kabupaten Bantul (titik 4). Lintang $-7^{\circ}.95'$. Bujur $110^{\circ}.30'$. Panjang retakan 30 m.
- e) Retakan tanah di Dusun Kertan, Desa Sumber Agung, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul (titik 5) dengan lintang $-7^{\circ}.89'$ dan bujur $110^{\circ}.37'$ pada elevasi 53 m. Panjang retakan hingga mencapai 3 m dan lebar sekitar 2 mm.
- f) Retakan pada Jalan (titik 6), terjadi pada Jalan Dongkelan. Desa Sabdodadi, Kecamatan Bantul, Kabupaten Bantul dengan lintang $-7^{\circ}.59'$ dan bujur $110^{\circ}.35'$ pada elevasi 36 m. Keretakan terjadi dekat dengan Kali Winongo kecil.

4.1.2 Keluar Pasir-pasir Halus/ lumpur disertai air (*sand boils*)

- a) *Sand boils* di Kelurahan /Desa Kembang Sari, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, lintang $-7^{\circ}.83'$ bujur $110^{\circ}.50'$ (titik 7)
- b) *Sand boils* di Dusun Kertan, Kelurahan /Desa Sumber Agung, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul. Pada lokasi tersebut terdapat 3 titik munculnya *sand boils* yang berdekatan, yaitu:
 - Pada lintang $-7^{\circ}.90'$, bujur $110^{\circ}.36'$, elevasi 53 m (titik 8)



Foto 4.2. Bekas *Sandboils* (titik 8) di Kecamatan Jetis, Bantul.

Sumber : Dokumentasi pribadi 13 mei 2008

- Pada lintang $-7^{\circ}.89'$, bujur $110^{\circ}.36'$, elevasi 53 m (titik 9)



Foto4.3.Bekas *Sandboils* (titik 9) di Kecamatan Jetis, Bantul.

Sumber : Dokumentasi pribadi 13 mei 2008

- Pada lintang $-7^{\circ}.89'$, bujur $110^{\circ}.37'$, elevasi 53 m (titik 10)



Foto 4.4.Bekas *Sandboils* (titik 10) di Kecamatan Jetis, Bantul.

Sumber : Dokumentasi pribadi 13 mei 2008

Ketiga *sandboils* ini berada pada kebun milik warga, kemunculannya didahului dengan semburan air setinggi 2 meter, kemudian diikuti keluarnya pasir dan lumpur selama 15 menit.

- c) *Sand boils* di Dusun Kertan, Kelurahan /Desa Sumber Agung, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul. Meskipun berada pada dusun yang sama, namun lokasi titik

munculnya *sand boils* agak berjauhan dari titik sebelumnya yaitu terletak pada lintang $-7^{\circ}.90'$, bujur $110^{\circ}.39'$, elevasi 66 m dpl. (titik 11).

d) *Sand boils* di Kelurahan /Desa Wukir Sari, Kecamatan

Imogiri, Kabupaten Bantul. Lokasi terletak pada lintang $-7^{\circ}.90'$, bujur $110^{\circ}.389'$, elevasi 50 m dpl. Munculnya *sand boils* ini baru terjadi beberapa hari setelah kejadian gempa, saat akan membangun rumah dan menggali tanah lalu muncul semburan air disertai dengan lumpur pasir (titik 12).

4.1.3 Kekeruhan sumur

Keruhnya sumur setelah gempa, disebutkan oleh Kertapati sebagai pengaruh likuifaksi. Kekeruhan sumur setelah gempa dapat dijumpai di Dusun Kertan, Desa Sumber Agung, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul dengan lintang $-7^{\circ}.89'$, bujur $110^{\circ}.37'$ dan elevasi 54 m. Sesaat setelah gempa, ketinggian air sumur naik kemudian dangkal seketika dan air sumur berubah warna keruh bahkan airnya hitam dan berpasir. Hal tersebut terjadi selama sepekan.

4.2 Kaitan Nilai Indeks Keburukan Likuifaksi/Liquefaction Severity Indeks (LSI) dengan Sebaran Kejadian likuifaksi

Nilai indeks keburukan likuifaksi (LSI) merupakan gambaran tingkat bahaya likuifaksi pada suatu daerah, dihasilkan dari perhitungan matematis logaritma yang memasukkan nilai kekuatan gempa dan jarak horizontal dari suatu lokasi ke pusat sumber gempa. Dari peta 3 diperlihatkan nilai indeks keburukan likuifaksi yang beragam untuk daerah penelitian. Nilai LSI tersebut di bedakan ke dalam 6 kelas yaitu kelas bernilai 0-5, 5- 10, kelas dengan nilai 11-30, kelas dengan nilai 31-50, kelas dengan nilai 51-70 dan kelas dengan nilai lebih dari 70

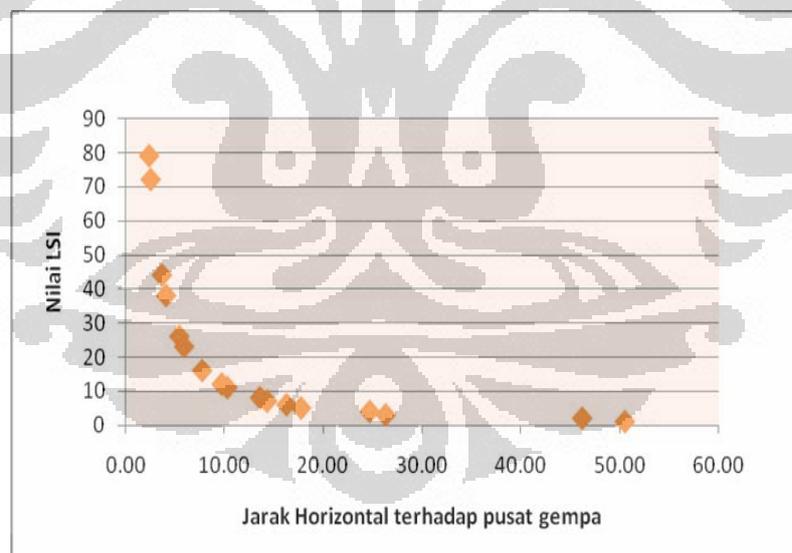
Wilayah dengan nilai LSI >70 merupakan wilayah dengan nilai LSI tertinggi yang wilayahnya masih berdekatan dengan pusat gempa episenter disebelah selatan daerah penelitian.

Untuk wilayah dengan nilai LSI 51-70 juga menempati bagian selatan dari daerah penelitian, wilayah dengan nilai LSI 31-50 menempati bagian selatan

dari daerah penelitian dengan luasan yang lebih besar dari kedua wilayah nilai LSI sebelumnya, sedangkan wilayah dengan nilai LSI 11-30 mulai meluas keberadaannya, mulai memasuki bagian tengah, barat dan timur dari wilayah penelitian.

Wilayah dengan nilai LSI 6-10 menempati sebagian besar bagian barat, bagian tengah dan bagian timur daerah penelitian serta untuk untuk wilayah dengan nilai LSI 0-5 terdapat pada bagian paling utara, sebagian barat dan sebagian bsar bagian timur daerah penelitian Persebaran wilayah nilai indeks keburukan likufaksi (LSI) dapat dilihat pada peta 3.

Seperti di sebutkan sebelumnya bahwa nilai LSI dipengaruhi oleh kekuatan gempa dan jarak horizontal suatu lokasi dari sumber gempa, maka dari hasil perhitungan nilai LSI berdasarkan persamaan logaritma LSI diperlihatkan hubungan nilai LSI dengan jarak horizontal dari sumber gempabumi pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Nilai LSI Terhadap Jarak Horizontal Dari Sumber Gempa

Sumber: Pengolahan Data 2008

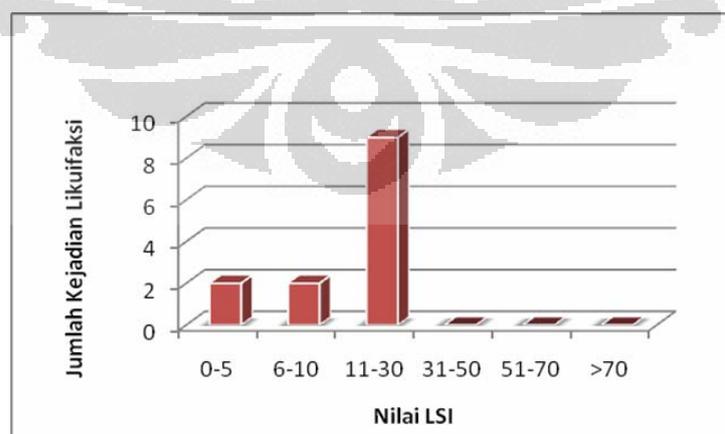
Terdapat kecenderungan penurunan nilai LSI terhadap penambahan jarak horizontal dari sumber gempa, atau dengan kata lain semakin jauh jarak

horizontal suatu lokasi dari sumber gempa, maka lokasi tersebut akan memiliki nilai LSI yang semakin rendah dan begitupun sebaliknya.

Dari perhitungan nilai LSI tersebut digambarkan bahwa lokasi-lokasi yang berjarak horizontal terhadap sumber gempa kurang dari 5 km akan memiliki kisaran nilai LSI 30 hingga mendekati nilai LSI 100. Sedangkan lokasi-lokasi yang berjarak horizontal terhadap sumber gempa antara 5-15 km akan memiliki kisaran nilai LSI 30 sampai dengan 10, dan lokasi-lokasi yang berjarak horizontal terhadap sumber gempa lebih dari 15 km memiliki nilai LSI kurang dari 10 dan mendekati nilai 0.

Setelah mendapat gambaran wilayah nilai LSI berdasarkan persamaan logaritma LSI selanjutnya akan melihat keterkaitan sebaran kejadian likuifaksi dengan nilai LSI dengan menampakan titik fakta kejadian likuifaksi pada wilayah nilai LSI.

Dari keseluruhan kejadian likuifaksi yang berjumlah tiga belas kejadian, ditemukan bahwa kejadian likuifaksi sebanyak sembilan titik muncul pada wilayah dengan nilai LSI 11-30, kemudian kejadian likuifaksi yang terdapat pada wilayah dengan nilai LSI 6-10 sebanyak 2 titik kejadian, begitupun halnya dengan wilayah dengan nilai LSI 0-5 muncul sebanyak 2 kejadian likuifaksi. Hasil yang didapatkan bahwa persebaran titik-titik kejadian likuifaksi kecenderungannya tidak mengikuti wilayah nilai LSI yang semakin tinggi.



Gambar4.2. Grafik jumlah kejadian likuifaksi diklasifikasikan berdasar nilai LSI

Sumber: Pengolahan data 2008

Selanjutnya untuk mendapatkan kelas wilayah bahaya likuifaksi disusun secara kualitatif matriks hasil penampalan titik kejadian likuifaksi pada wilayah nilai LSI

1. Kelas bahaya likuifaksi sangat tidak aman, wilayah dengan nilai LSI 11-30
2. Kelas bahaya likuifaksi tidak aman, wilayah dengan nilai LSI 6-10 dan 0-5
3. Kelas bahaya likuifaksi aman, wilayah dengan nilai LSI 31-50, 51-70, >70

Tabel 4.1. Kelas Bahaya Likuifaksi

Nilai LSI	Luas Wilayah (Ha)	Efek Likuifaksi	Kelas Bahaya Likuifaksi
0-5	185402.3	2 Kejadian	Tidak Aman
6-10	82458.8	2 Kejadian	Tidak Aman
11-30	45213.4	9 Kejadian	Sangat Tidak Aman
31-50	3045.2	Tidak ada Kejadian	Aman
51-70	438.3	Tidak ada Kejadian	Aman
>70	1267.3	Tidak ada Kejadian	Aman

Sumber: Pengolahan data 2008

4.3 Kaitan Geologi dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi

Kondisi geologi yang dimaksud dalam penelitian berupa jenis batuan, stratigrafi dan kehadiran struktur yaitu zona sesar/patahan. Jenis batuan yang memiliki struktur halus berupa pasir dan dapat meloloskan air dan bersifat lepas-lepas lagi tebal, batuan dengan sifat ini cenderung tidak memiliki kohesi

(ikatan antar butir) yang kuat, maka tingkat kemudahan tergoncang oleh getaran gempa lebih besar dan bersifat meneruskan getaran, sehingga pada saat terjadi gempa bangunan atau infrastruktur yang ada di atasnya akan lebih mudah hancur dan hal inilah yang meningkatkan bahaya likuifaksi pada suatu daerah, semakin halus struktur batuan akan semakin besar bahaya likuifaksi.

Selain itu stratigrafi atau perlapisan dan umur batuan tersebut diendapkan juga turut berkontribusi dalam meningkatkan nilai wilayah likuifaksi. Batuan dengan umur kuartar akan lebih besar pengaruhnya dibandingkan dengan batuan dengan umur selain itu. Semakin muda umur batuan atau perlapisan batuan, maka sifat batuan itu akan semakin lepas atau tidak padu yang berarti semakin besar bahaya likuifaksi.

Sedangkan struktur yang terlihat sangat dominan pada daerah penelitian adalah adanya zona sesar/ patahan yang memanjang arah barat daya-timur laut daerah penelitian (lihat peta 2). Garis patahan umumnya merupakan daerah yang relatif lebih lemah dari daerah sekitarnya.

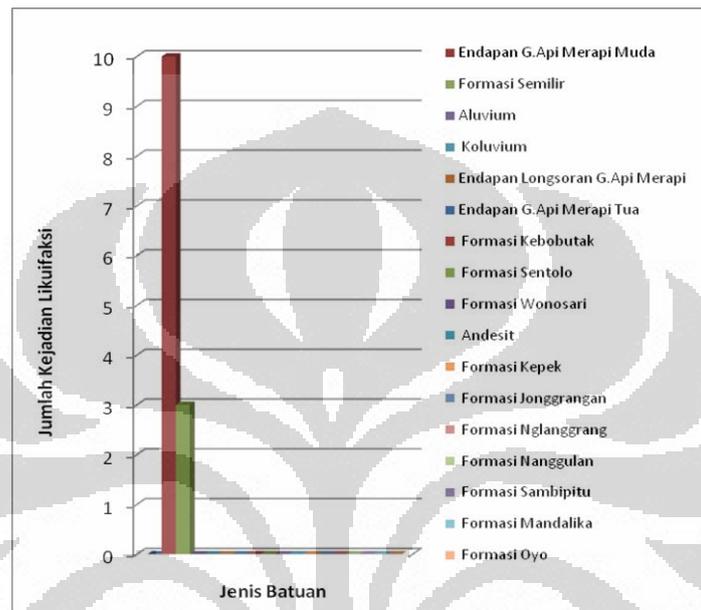
Pada daerah sekitar garis patahan terdapat kemungkinan lebih banyak terdapat air, sehingga pada garis patahan lebih lembab dari daerah sekitarnya (Turus,1995 dalam Fitri, 1997). Kemungkinan tersebut dapat pula dijadikan pertimbangan terhadap besarnya bahaya likuifaksi, salah satu syarat terjadinya likuifaksi adalah telah jenuhnya tanah oleh air, maka daerah sekitar garis patahan yang mengandung lebih banyak air mungkin akan lebih banyak ditemui Kejadian likuifaksi.

4.3.1 Kaitan Jenis batuan dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi

Kejadian likuifaksi dapat dikaitkan dengan litologi atau jenis batuan dan umur batuan, maka didapatkan bahwa kejadian likuifaksi terbanyak sejumlah sepuluh kejadian ditemukan pada jenis batuan endapan gunungapi Merapi muda (Qmi) yang tersusun atas tuf, abu, breksi, aglomerat dan leleran lava tak terpisahkan. Batuan ini merupakan batuan endapan hasil rombakan gunungapi merapi. Dikarenakan susunan batuan yang terdiri atas tuf, abu dan leleran lava tak terpisahkan ini maka jenis batuan ini memiliki struktur batuan yang remah dan

mudah lepas. Kondisi batuan seperti inilah menjadikan wilayah tersebut memiliki tingkat bahaya likuifaksi sangat tidak aman.

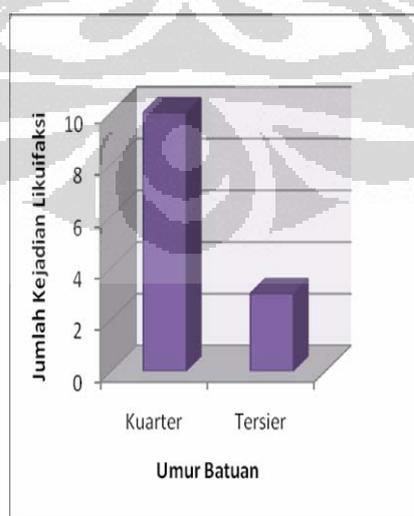
Dapat dijumpai pula kejadian likuifaksi pada jenis batuan satuan formasi semilir (Tmse) merupakan perselingan antara breksi-tuf, breksi batu apung, tuf dasit, tuf andesit serta batu lempung tufan.



Gambar 4.3. Grafik jumlah kejadian likuifaksi berdasarkan jenis batuan

Sumber: Pengolahan Data 2008

4.3.2 Kaitan Umur Batuan dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi



Gambar 4.4. Grafik jumlah kejadian likuifaksi berdasarkan umur batuan

Sumber: Pengolahan Data 2008

Pada daerah penelitian dijumpai wilayah yang memiliki umur batuan kuarter dan tersier. Batuan berumur tersier tersebar di bagian timur daerah penelitian dan pada bagian barat daerah penelitian. Sedangkan wilayah dengan umur batuan kuarter mendominasi bagian barat daerah penelitian yang membentang arah utara-selatan (lihat peta 2a).

Umur batuan pada suatu daerah dalam konteks gempa bumi dan kejadian likuifaksi menggambarkan respons suatu daerah terhadap gelombang gempa bumi dan tingkat bahaya likuifaksi pada suatu daerah. Semakin tua umur batuan maka tingkat kepekaan terhadap respons getaran gempa akan semakin tinggi dan tingkat bahaya terhadap likuifaksi semakin tinggi pula. Maka daerah dengan jenis umur batuan kuarter akan lebih tinggi bahayanya daripada wilayah dengan umur batuan tertier.

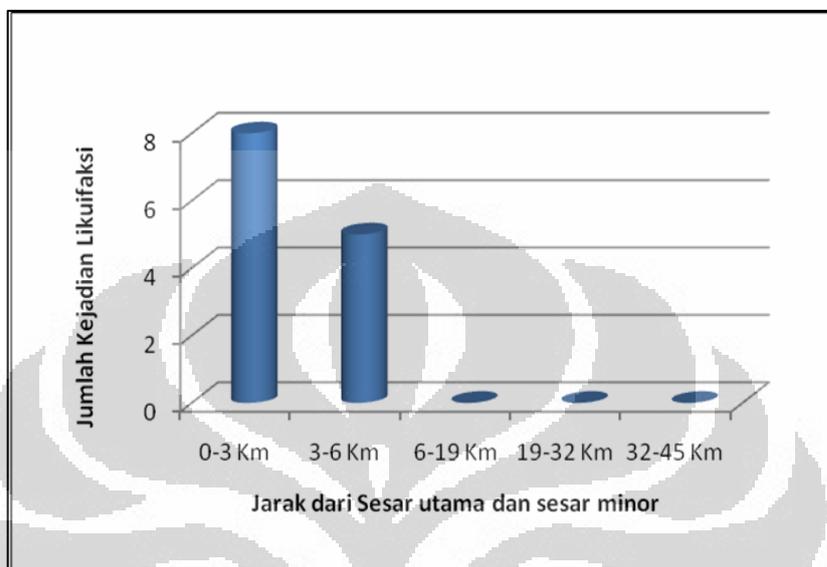
Keterkaitan sebaran titik-titik kejadian likuifaksi dengan umur batuan dapat terlihat seperti pada gambar 14. Kejadian likuifaksi dijumpai pada wilayah dengan umur batuan kuarter sebanyak sepuluh kejadian. Pada wilayah dengan umur batuan tertier ditemukan tiga titik kejadian likuifaksi, batuan berumur tersier dirincikan lagi dalam kala miosen akhir hingga oligosen awal.

4.3.3 Kaitan Jarak dari Sesar utama dan sesar minor dengan Sebaran Kejadian Likuifaksi

Terkait dengan keberadaan zona sesar, analisa jumlah kejadian likuifaksi dikaitkan dengan seberapa jauh atau dekat jarak titik-titik kejadian likuifaksi dengan buffer patahan. Buffer merupakan zona/ area penyangga dengan jarak yang diinginkan. Dalam penelitian ini dibuat jarak terjauh dari garis patahan adalah empat puluh lima kilometer dengan jarak antar buffer yang dibuat adalah tiga kilometer. Jarak antar buffer senilai tiga kilometer tersebut dibuat agar dapat melihat perbedaan jumlah kejadian likuifaksi pada berbagai macam jarak dari garis patahan.

Jumlah kejadian likuifaksi bila dikaitkan dengan jarak dari zona sesar utama dan beberapa sesar minor di sekitarnya, maka akan didapatkan pada jarak tiga kilometer pertama dari sesar utama dan minor ditemukan delapan titik

kejadian likuifaksi, kemudian pada jarak tiga kilometer kedua didapati sejumlah lima titik kejadian likuifaksi, pada jarak tiga kilometer berikutnya hingga ke kilometer empat puluh lima tidak ditemukan kejadian likuifaksi



Gambar 4.5. Grafik Jumlah Kejadian Likuifaksi dengan Jarak dari sesar

Sumber: Pengolahan data 2008

Dari keterkaitan antara kejadian likuifaksi dengan geologi, maka untuk mendapatkan kelas wilayah likuifaksi disusun secara kualitatif matriks jumlah kejadian likuifaksi dengan geologi (jenis batuan, umur batuan dan jarak dari sesar).

Kelas wilayah likuifaksi dengan jenis batuan:

1. Kelas sangat tidak aman, wilayah dengan jenis batuan berupa endapan gunungapi Merapi muda (Qmi)
2. Kelas sedang tidak aman, wilayah dengan jenis batuan formasi semilir (Tmse)
3. Kelas aman, wilayah dengan jenis batuan Koluvium, endapan longsoran G. api Merapi, endapan G. api Merapi tua, formasi kebobutak, formasi sentolo, formasi Wonosari, andesit, formasi kepek, formasi jonggrangan, formasi nglanggrang, formasi nanggulan, formasi sambipitu, formasi mandalika, formasi oyo

Kelas wilayah likuifaksi dengan umur batuan:

1. Kelas sangat tidak aman, wilayah dengan umur batuan kuarter
2. Kelas tidak aman, wilayah dengan umur batuan tersier

Kelas wilayah likuifaksi dengan Jarak dari sesar:

1. Kelas sangat tidak aman, wilayah dengan jarak dari sesar sejauh tiga kilometer
2. Kelas tidak aman, wilayah dengan jarak dari sesar sejauh enam kilometer
3. Kelas aman, wilayah dengan jarak dari sesar lebih dari enam kilometer.

4.4 Pola Wilayah Bahaya Likuifaksi Berdasarkan Sebaran Titik Kejadian Likuifaksi

Dalam proses pengolahan data menjadi wilayah –wilayah likuifaksi, data-data yang merupakan variabel pembentuk wilayah likuifaksi setelah diolah dan diklasifikasikan, kemudian dioverlaykan. Hasil overlay tersebut diolah data tabularnya sesuai dengan nilai yang dimiliki oleh masing-masing kelas dari variabel yang berpotongan kemudian didapatkan nilai wilayah likuifaksi berdasarkan nilai entitas yang dimilikinya.

Variabel-variabel yang menentukan wilayah likuifaksi saling berkaitan satu sama lain, bukan berdiri sendiri-sendiri. Penilaian tiap variabel dilakukan secara kualitatif bukan dibobotkan dan selanjutnya dilakukan pengolahan ke dalam matriks wilayah likuifaksi yang didapatkan berdasarkan *overlay* dari variabel-variabel tersebut diatas.

Wilayah Likuifaksi yang diperoleh dari hasil pengolahan data terbagi menjadi 3 kelas, yaitu wilayah likuifaksi tinggi, wilayah likuifaksi sedang dan wilayah likuifaksi rendah, dengan luasan terbesar yaitu wilayah likuifaksi rendah dan luasan terkecil wilayah likuifaksi tinggi.

4.4.1 Wilayah Bahaya Likuifaksi Sangat Tidak Aman

Wilayah likuifaksi sangat tidak aman tersebar memanjang di bagian tengah daerah penelitian yang meliputi bagian timur laut Kabupaten Sleman,

bagian timur laut dan tengah Kabupaten Bantul. Pola yang terbentuk pada kelas wilayah likuifaksi tinggi dikarenakan oleh sumbangan faktor kondisi geologi berupa batuan dengan umur kuartar dengan jenis batuan berupa endapan gunung api merapi muda yang disusun oleh tuf abu dan leleran lava yang tak terpisahkan oleh karena itu memiliki struktur remah, lepas-lepas dan ikatan antar partikel lemah sehingga mudah tergetarkan saat terjadi guncangan gempa.

selain itu ditentukan pula oleh kedekatan jarak dari jalur sesar yang melintang arah barat daya- timur laut yang hanya berjarak sekitar tiga kilometer, diketahui pula bahwa pada daerah sekitar garis patahan adalah daerah yang relatif mengandung air lebih banyak, maka saat terjadi gempabumi kondisi yang banyak air dan akan lebih mudah jenuh akan mengalami proses likuifaksi lebih cepat dan dengan jumlah kemunculan efek likuifaksi yang lebih banyak dibandingkan daerah sekitarnya meskipun nilai LSI yang terdapat pada wilayah ini bervariasi mulai dari 0-5, 6-10 bahkan hingga 31-50.

1.4.2. Wilayah Bahaya Likuifaksi Tidak Aman

Wilayah likuifaksi tidak aman memperlihatkan pola penyebaran memanjang ke arah timur laut dan menuju ke bagian barat daerah penelitian. Meliputi seluruh Kota Yogyakarta, bagian barat kabupaten Gunung Kidul. Bagian barat, timur dan selatan kabupaten Bantul

Hal yang menjadi penentu dalam terbentuknya pola sebaran wilayah likuifaksi yang berada pada sebelah timur daerah penelitian adalah masih terhitung dalam jarak yang relatif sangat dekat dengan sesar minor kurang lebih sekitar satu kilometer sehingga efek likuifaksi tetap dapat muncul pada bagian terlemah dari daerah tersebut, meskipun terbilang berumur tersier, namun kala batuan tersebut ialah Miosen akhir hingga oligosen awal, yang masih lebih muda dari jenis batuan lain, sehingga kemungkinan kemunculan efek likuifaksi masih bisa dimungkinkan. Sementara nilai LSI lebih bervariasi, dengan semua kelas termasuk kedalam kelas wilayah likuifaksi ini.

Sedangkan pada wilayah likuifaksi sedang di arah barat atau tepatnya di timur Kulon Progo lebih dikarenakan oleh kondisi geologis berupa jenis batuan

aluvium yang berumur kuartar dan bersifat sangat remah yang bisa mengamplifikasi atau meneruskan getaran, dapat menaikkan dan menurunkan tingkatan dari tiap kelas wilayah, sedangkan untuk jarak dari patahan dapat menaikkan maupun menurunkan kelas wilayah likuifaksi, misalnya kelas jarak dari garis sesar yang telah diklasifikasi ke dalam matriks kualitatif sebagai kelas aman dan bertampalan dengan jenis batuan dan umur batuan serta nilai LSI yang berpotensi meningkatkan bahaya likuifaksi wilayah tersebut akan dikelaskan sebagai wilayah likuifaksi tidak aman, nilai LSI pada kelas wilayah likuifaksi sedang ini variasinya lebih sedikit daerah dengan nilai LSI 0-5 tidak dijumpai pada wilayah ini.

4.4.3 Wilayah Aman Bahaya Likuifaksi

Pada wilayah aman bahaya likuifaksi terbentang secara luas di bagian timur, utara dan barat laut daerah penelitian. Pada bagian barat daerah penelitian terbentuk pola wilayah likuifaksi yang merupakan kombinasi faktor jenis batuan dan umurnya. Jenis batuan berupa batuan perselingan antara batuan sedimen dengan batuan vulkanik yang bersifat kompak karena usianya tergolong zaman tertier, jenis batumannya berupa batuan dengan satuan formasi nglanggrang, sentolo dan jonggrangan. Selain itu terdapat pula batuan terobosan andesit yang memiliki sifat relatif lebih keras atau kompak. Pada wilayah ini Nilai LSI relatif rendah yaitu 11-30 dan 0-5 menentukan penurunan kelas ini menjadi wilayah likuifaksi rendah.

Berlanjut ke bentangan arah timur daerah penelitian, seluruh faktor yang berkombinasi membentuk wilayah ini adalah faktor-faktor yang menjadikan wilayah ini memiliki tingkat aman bahaya terhadap likuifaksi setelah kejadian gempa bumi, berupa kombinasi jenis batuan dengan umur tertier dengan satuan formasi kepek nglanggrang, wonosari, mandalika dan formasi oyo, serta jarak dari patahan yang cukup jauh bahkan pada wilayah ini ditemukan jarak terjauh yaitu empat puluh lima kilometer terhadap garis sesar.

BAB 5

KESIMPULAN

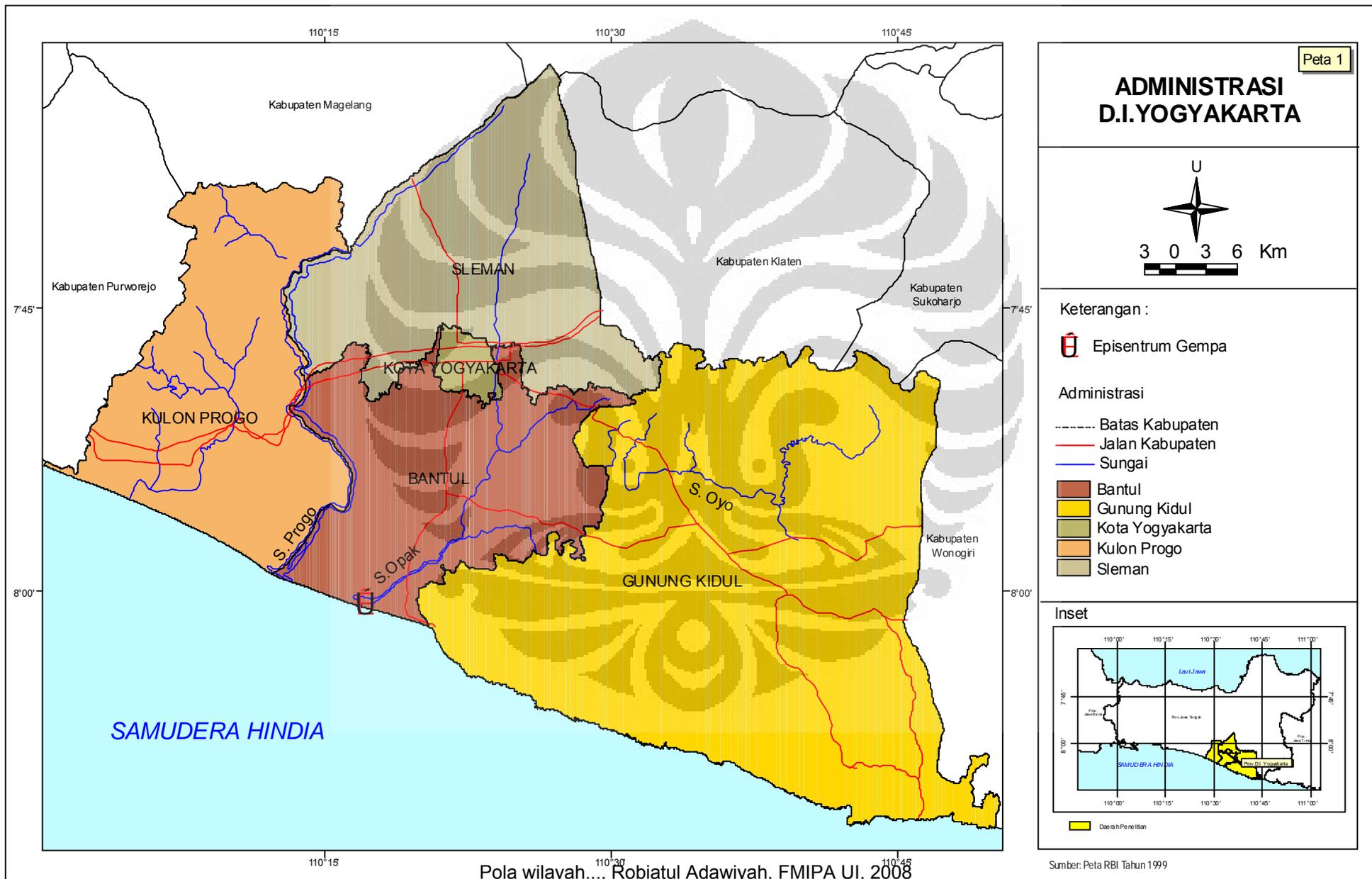
Sebaran titik-titik kejadian likuifaksi cenderung mengelompok di bagian tengah wilayah penelitian. Sebaran tersebut mengikuti sebaran jenis batuan endapan Gunungapi Merapi muda yang memiliki struktur remah dan lemah ikatan antar partikelnya. Selain itu sebaran titik kejadian likuifaksi mengikuti sebaran umur batuan kuarter yang memperbesar pengaruh getaran gempa (amplifikasi) dan meningkatkan jumlah kejadian likuifaksi. Seluruh titik kejadian likuifaksi dapat ditemukan pada jarak kurang dari enam kilometer dari garis sesar utama dan sesar minor. Sedangkan sebaran kejadian likuifaksi tidak selalu dijumpai pada wilayah dengan nilai LSI yang besar.

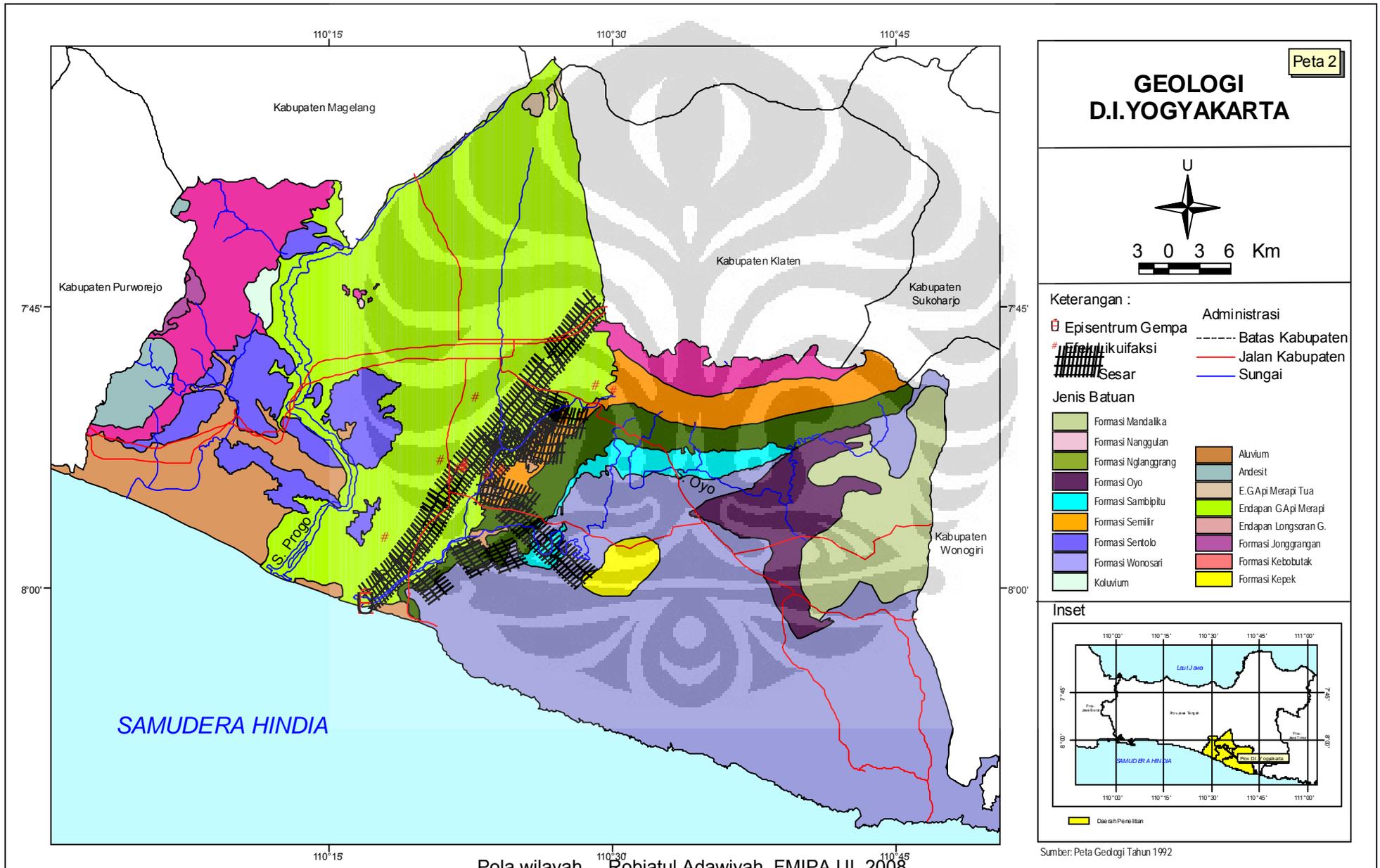
Wilayah bahaya likuifaksi pada daerah penelitian dibagi kedalam tiga kelas: wilayah sangat tidak aman dari bahaya likuifaksi dengan pola persebaran di bagian tengah daerah penelitian, wilayah tidak aman dari bahaya likuifaksi dengan pola persebaran dibagian tengah hingga ke timur daerah penelitian dan wilayah aman bahaya likuifaksi dengan pola persebaran bagian barat, timur dan utara daerah penelitian.

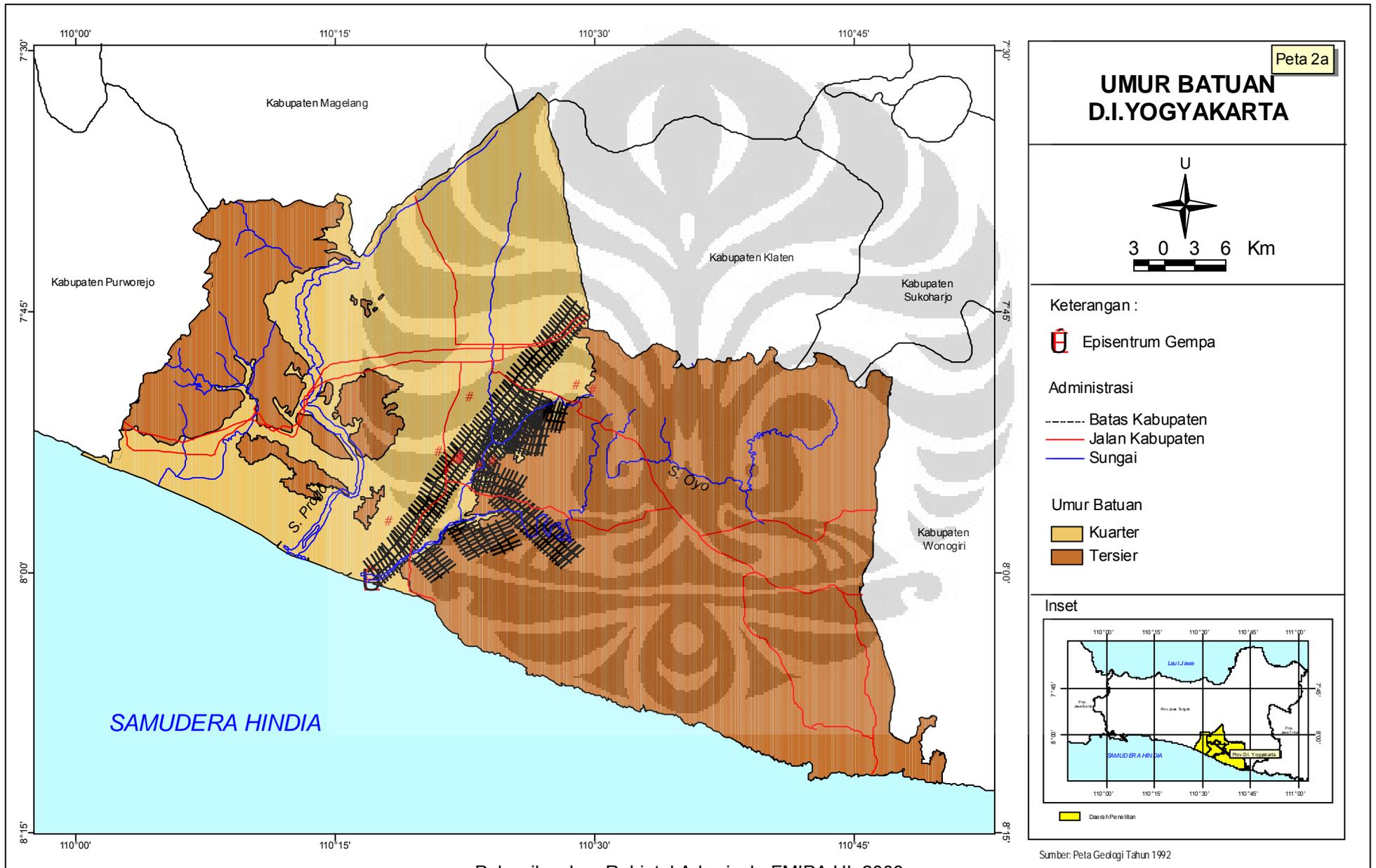
DAFTAR PUSTAKA

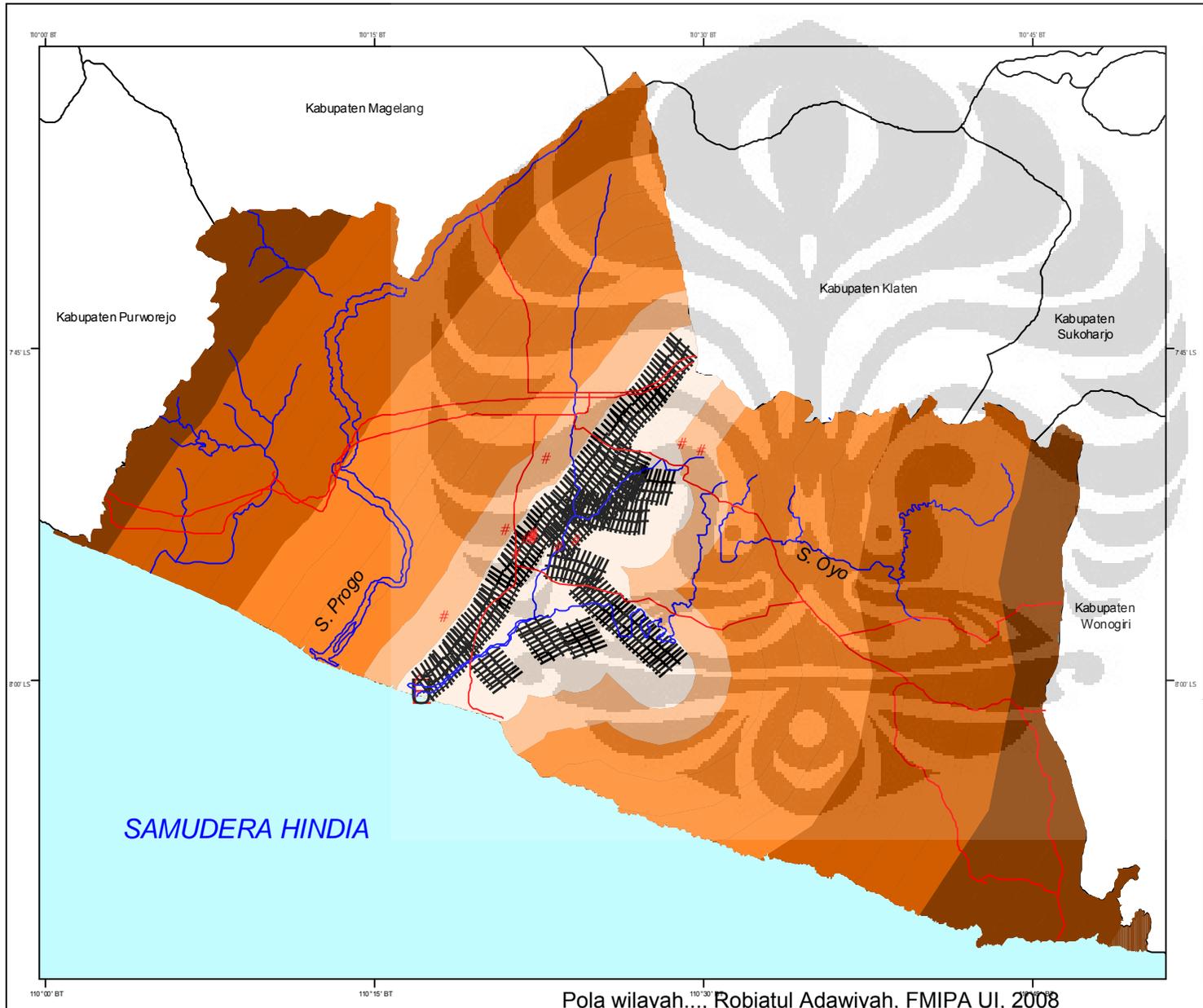
- Djanasoedirdja, S., R. Najoran, Soetjiono, Carlina.1998. Peta Resiko Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Maumere dan Sekitarnya. *Jurnal Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia*. Bandung.
- Hariyanto, 2000. *Pengaruh Gempabumi dan Tsunami di Pulau Flores dan sekitarnya* Skripsi Sarjana Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.
- Hasmar, H.A.H.1998. *Evaluasi Karakteristik dan Parameter gempa untuk Gempa Tektonik Blitar 1998*. *Jurnal Teknisia*.3(10):80-89.
- Ibrahim, G. & Subarjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Katili, J.A.& Marks, P.1963.*Geologi*. Departemen Urusan Research Nasional, Jakarta.
- Keller.E.A.& N.Pinter.1996.*Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and landscape*. Prentice Hall. New Jersey.
- Kertapati, E.K.1998. Penggunaan Metode Pemetaan Liquefaction Severity Index (LSI) untuk Meringankan Bencana Gempa Bumi Di Indonesia:dengan Studi Kasus di Sulawesi Utara. *Prosiding Geoteknik di Indonesia Menjelang Millenium ke-3*,14-15 Januari, Bandung.
- Prihartanto.2005. Konfigurasi Dasar Untuk Pengembangan Sistem Pendukung Keputusan Penanggulangan Bencana Alam Gempa Bumi dan Tsunami di Indonesia.*Jurnal Alami (air, lahan, lingkungan dan mitigasi bencana) Mitigasi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami*, volume 10/2005, (2); 48-52. Jakarta: P3TPSLK BPPT.
- Purwanti,R.R.Y.2002.*Hubungan Empiris Magnitudo Gempa Bumi dan Luasan Daerah Isoleismal Wilayah Selat Sunda dan Sekitarnya*.Skripsi Sarjana Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Nasional, Jakarta.
- Sandy, I M.1996. *Republik Indonesia Geografi Regional*.Jurusan Geografi FMIPA UI.Jakarta.
- Siddiq, S.1996.Kerusakan Bangunan akibat Gempa Hansyin, Hyogo-Ken Selatan,

- Hanshin-Kobe ,Jepang: 17 Januari 1995. *Jurnal Teknisia* .1(1):17-27.
- Supartoyo. 2006. Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia Tahun 1629-2006(Edisi Ketiga). Bandung: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Zulfikar, F. 2005. *Pengaruh Frekuensi Rendah terhadap Potensi Likuifaksi Pasir kwarsa dengan Triaksial Siklik*. Tesis Sarjana Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Anonim, 2008. "crack".
<http://www.ce.washington.edu/%7Eliquefaction/html/quakes/alaska/crack.html> (12 Juni 2008, 10.18)
- _____, 2008. "Sandboils".
<http://www.ce.washington.edu/%7Eliquefaction/html/quakes/loma/sandboils.html> (12 Juni 2008, 10.14)
- Rovicky, 2007. "Pusat Gempa Yogyakarta"
rovicky.wordpress.com/2007/09/20/ramalan-gempa-cnn/
- _____, 2006. "Seismic gap"
rovicky.files.wordpress.com/seismic-gap.jpg
- _____, 2006. "Sesar-sesar di selatan Jawa"
rovicky.wordpress.com/2006/09/22/sesar-sesar-di-selatan-jawa/
- _____, 2007. "Tilted building".
<http://www.ce.washington.edu/%7Eliquefaction/selectpiclique/nigata64/tiltedbuilding.jpg> (12 Juni 2008, 10.25)
- _____, 2008. <http://www.usgs.gov/about/liquefaction> (11 Desember 2007, 10.53)
- _____, 2007. [http://www.usgs.gov/factors of liquefaction](http://www.usgs.gov/factors_of_liquefaction) (11 Desember 2007,10.54)



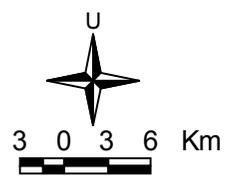






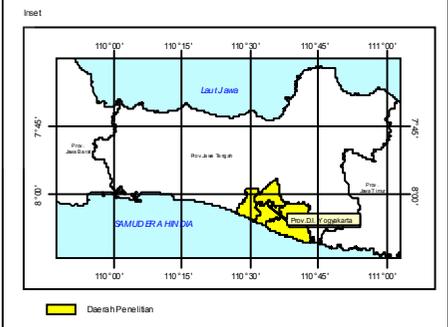
Peta 2b

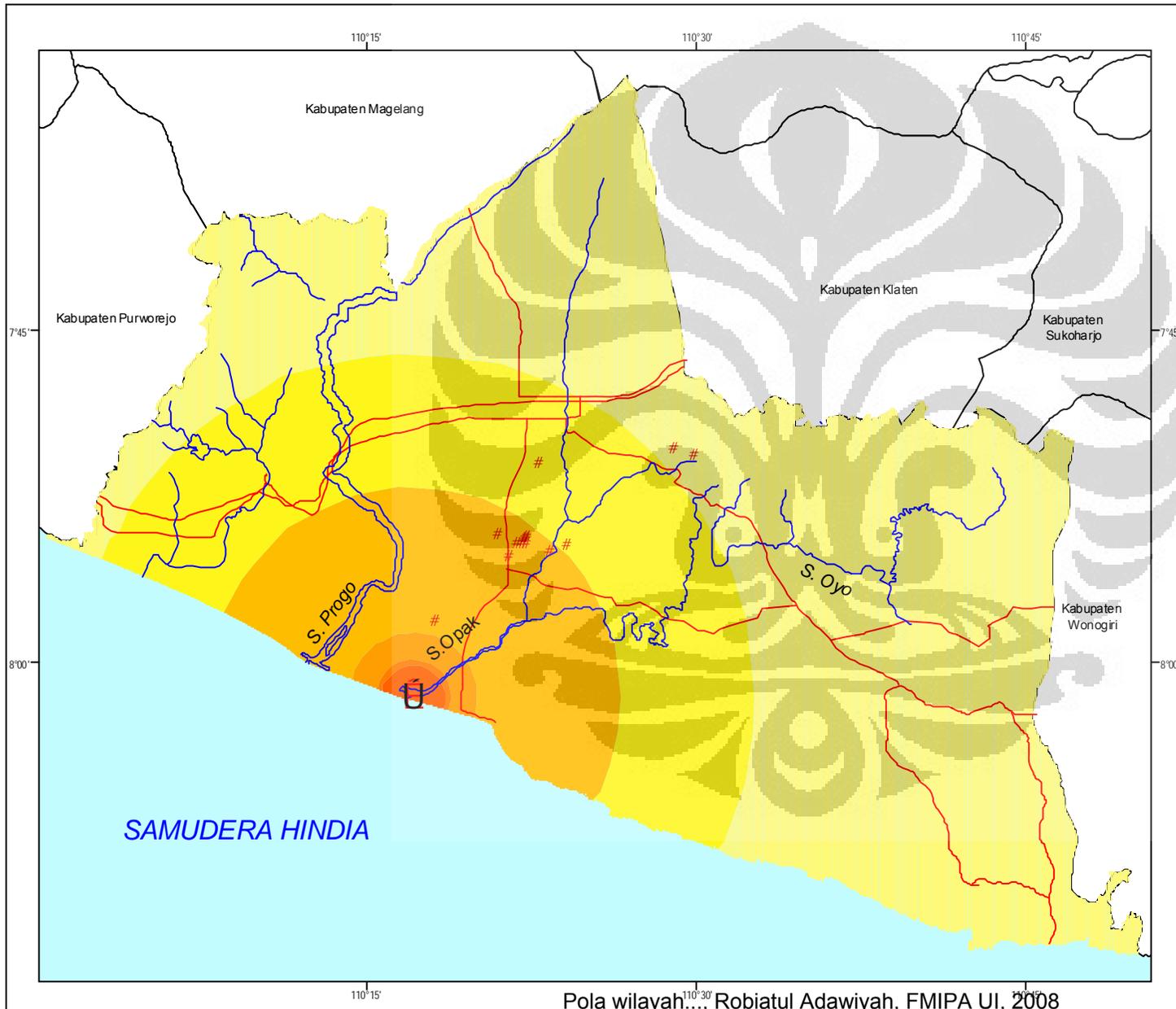
JARAK DARI SESAR D.I.YOGYAKARTA



Keterangan :

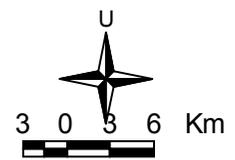
- Pusat Gempa
 - Epikufaksi
 - Sesar
 - Batas Kabupaten
 - Jalan Kabupaten
 - Sungai
- | Buffer Sesar | |
|--------------|------------|
| | 0 - 3 Km |
| | 3 - 6 Km |
| | 6 - 19 Km |
| | 19 - 32 Km |
| | 32 - 45 Km |





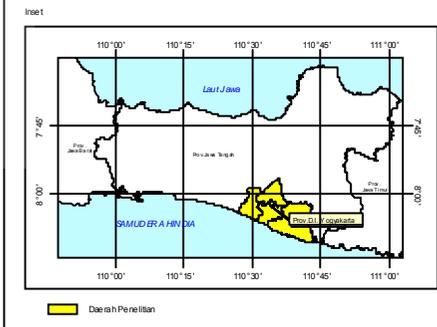
Nilai LSI
D.I.YOGYAKARTA

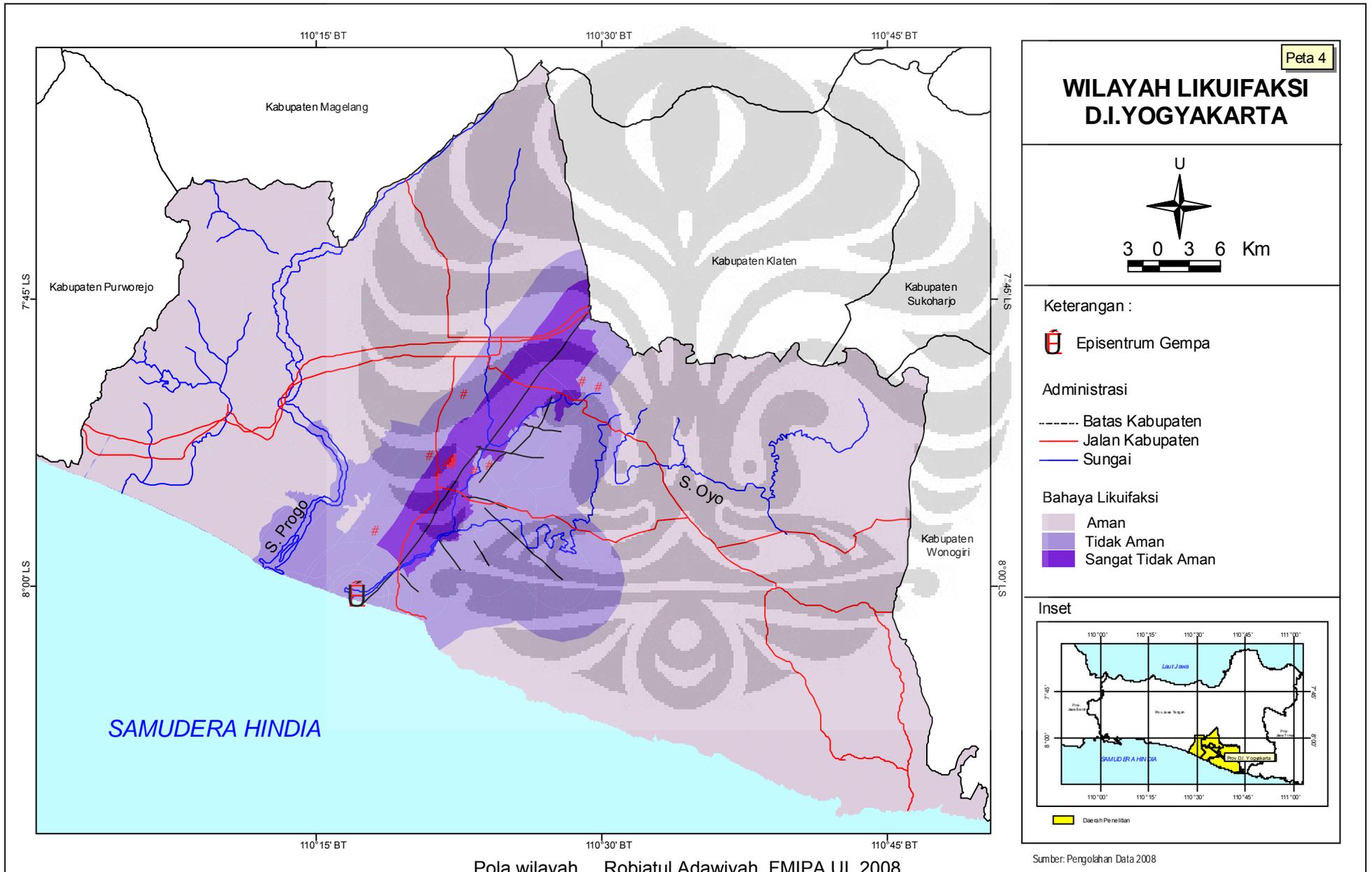
Peta 3



Keterangan :

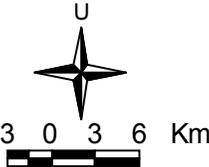
- Episentrum Gempa
 - # Efek Likuifaksi
 - Batas Kabupaten
 - Jalan Kabupaten
 - Sungai
- | Nilai LSI |
|-----------|
| 0-5 |
| 6-10 |
| 11-30 |
| 31-50 |
| 51-70 |
| >70 |





Peta 4

WILAYAH LIKUIFAKSI D.I.YOGYAKARTA



Keterangan :

Episentrum Gempa

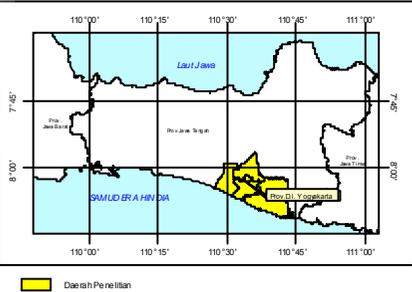
Administrasi

- Batas Kabupaten
- Jalan Kabupaten
- Sungai

Bahaya Likuifaksi

- Aman
- Tidak Aman
- Sangat Tidak Aman

Inset



Sumber: Pengolahan Data 2008

**Foto-Foto Kejadian Gempabumi Yogyakarta 27 mei 2006
dan Gejala Likuifaksi**



Pelulukan (*liauefaction*) di Kelurahan Sanggrahan. Kecamatan Prambanan. *



Ruko yang dibangun pada batuan lunak mengalami kerusakan akibat gempabumi di Jalan Parang Tritis Km 13.*



Kerusakan penduduk pada zona sesar dengan latar belakang gawir yang merupakan cermin sesar di Parang Tritis. *

(Lanjutan)



Rumah penduduk yang roboh pada zona sesar dengan latar belakang bukit segitiga facet di dusun Guyangan, desa Wonolelo, Plered, Bantul. *



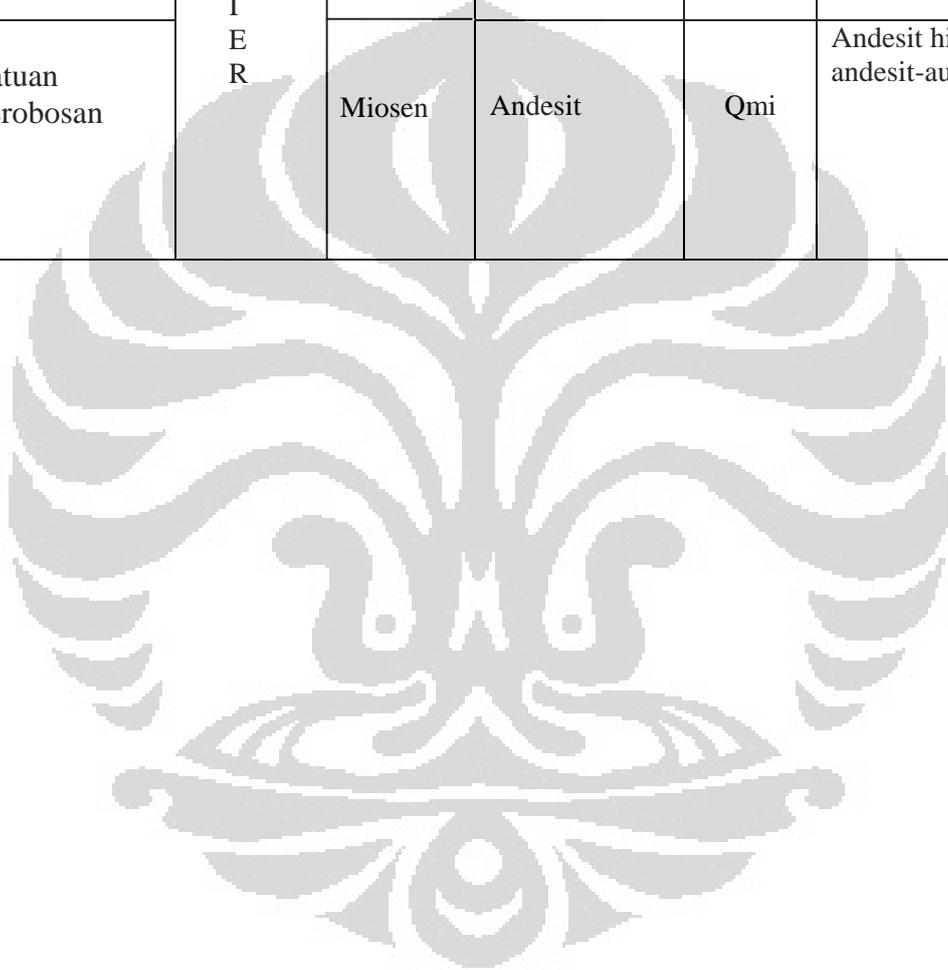
Longsor akibat gempa bumi di desa Wonolelo, Kecamatan Plered, Bantul. *

* Sumber : Dokumentasi Pusat Vulkanologi Mitigasi dan Bencana Gempabumi (PVMBG) Bandung pada pemeriksaan lapang setelah gempa bumi Yogyakarta 27 mei 2006. Didokumentasikan pada Juni 2006.

Litologi dan stratigrafi daerah penelitian

	Zaman	Kala	Jenis Batuan	Simbol	Batuan Penyusun
1. Endapan Permukaan	K U A R T E R		Endapan permukaan aluvium	Qa	Kerakal, pasir, lanau dan lempung
2. Endapan G.Api Merapi masa kini			Endapan G.api merapi muda	Qmi	Tuf,abu,breksi,aglomerat dan leleran lava tak terpisahkan
3. Batuan Sedimen dan volkanik berselingan	T E R S I E R	Pliosen s.d. Miosen	Formasi Kepek	Tmpk	Napal dan batu gamping berlapis
		Pliosen s.d. Miosen	Formasi Sentolo	Tmps	Batu gamping dan batupasir napalan, yang bagian bawahnya terdiri dari konglomerat alas yang ditutupi oleh napal tufan dengan sisipan tuf kaca.
		Pliosen s.d. Miosen	Formasi Wonosari	Tmwl	Batu gamping terumbu,kalkarenit dan kalkarenit tufan
		Miosen s.d. Oligosen	Formasi Sambipitu	Tms	Tuf, serpih, batu lanau, batu pasir dan konglomerat yang kaya akan fosil
		Miosen s.d. Oligosen	Formasi Nglanggrang	Tmn	Breksi volkanik,breksi aliran,aglomerat,lava dan tuf.
		Miosen s.d. Oligosen	Formasi Kebobutak	Tmok	Breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan lava andesit
		Miosen s.d. Oligosen	Formasi Semilir	Tmse	Breksi-tuf, breksi batu apung, tuf dasit, tuf andesit serta batu lempung tufan

	Zaman	Kala	Jenis Batuan	Simbol	Batuan Penyusun
Batuan Sedimen dan Volkanik Berselingan	T E R T I E R	Miosen-oligosen	Formasi Kebobutak	Tmok	Breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit
		oligosen-eosen	Formasi Nanggulan	Teon	Batu pasir dengan sisipan lignit, napal, pasiran, batu lempung dengan kongresi limonit, sisipan napal dan batu gamping
4. Batuan Terobosan		Miosen	Andesit	Qmi	Andesit hipersten sampai andesit-augit-hornblenda.



Lokasi Kemunculan kejadian Likuifaksi

Titik	Jenis	Lokasi				Lintang	Bujur	Elevasi (m dpl)	Ket
		Tempat	Kelurahan/Desa	Kecamatan	Kabupaten				
1	Retakan Tanah	Jembatan Kembang sari	Kembangsari	Piyungan	Bantul	-7.827	110.48	110	Panjang 3-5 m, keretakan pada sisi utara jembatan menyebabkan kerusakan parah dibandingkan dengan sisi selatannya
2	Retakan Tanah	Jalan Parang Tritis	Keputren	Pleret	Bantul	-7.9	110.40		Panjang 3-5 m
3	Retakan Tanah		Grojogan	Banguntapan	Bantul	-7.83	110.38		Panjang 15 m
4	Retakan Tanah		Kanutan	Bambang Lipuro	Bantul	-7.95	110.30		Panjang 30 m
5	Retakan Tanah	Kertan	Sumber agung	Jetis	Bantul	-7.893	110.37	53	Panjang 3 m, lebar 2mm, terjadi penurunan tanah ditandai dengan adanya aliran air yang menbanjiri daerah ini
6	Retakan Jalan	Jalan Dongkelan	Sabdodadi	Bantul	Bantul	-7.59	110.35	36	Keretakan terjadi dekat dengan Kaliwinongo kecil
7	Keluar Pasir ² halus (sand boils)		Kembangsari	Piyungan	Bantul	-7.83	110.50		

8	Keluar Pasir2 halus (sand boils)	Kertan	Sumber agung	Jetis	Bantul	-7.90	110.36	53	tinggi semburan 2 m, lamanya 15 menit
9	Keluar Pasir2 halus (sand boils)	Kertan	Sumber agung	Jetis	Bantul	-7.89	110.36	53	tinggi semburan 2 m, lamanya 15 menit
10	Keluar Pasir2 halus (sand boils)	Kertan	Sumber agung	Jetis	Bantul	-7.89	110.37	53	tinggi semburan 2 m, lamanya 15 menit
11	Keluar Pasir2 halus (sand boils)	Kertan	Sumber agung	Jetis	Bantul	-7.90	110.39	66	
12	Air semburan		Wukir sari	Imogiri	Bantul	-7.9	110.389	50	Saat ingin membangun rumah terjadi semburan air
13	Sumur Keruh	Kertan	Sumber agung	Jetis	Bantul	-7.89	110.37	54	Airnya hitam dan berpasir selama sepekan, pada saat gempa air sumur naik kemudian dangkal seketika

Perhitungan Nilai LSI

Lampiran 4

No	Kabupaten	Kecamatan	Koordinat		R	Lsi
			Bujur	Lintang		
1	Kulon Progo	Galur	110.20	-7.95	10.26	11
2	Kulon Progo	Lendah	110.23	-7.91	7.72	16
3	Kulon Progo	Sentolo	110.22	-7.86	9.71	12
4	Kulon Progo	Panjatan	110.16	-7.92	14.89	7
5	Kulon Progo	Temon	110.06	-7.89	26.04	3
6	Kulon Progo	Kokap	110.10	-7.83	22.27	4
7	Kulon Progo	Wates	110.13	-7.88	18.51	5
8	Kulon Progo	Pengasih	110.15	-7.83	17.07	6
9	Kulon Progo	Girimulyo	110.15	-7.75	18.54	5
10	Kulon Progo	Nanggulan	110.20	-7.78	13.39	5
11	Kulon Progo	Samigaluh	110.16	-7.68	19.27	5
12	Kulon Progo	Kalibawang	110.23	-7.69	14.04	7
13	Sleman	Tempel	110.32	-7.66	13.94	8
14	Sleman	Minggir	110.35	-7.73	11.69	9
15	Sleman	Moyudan	110.25	-7.78	9.93	12
16	Sleman	Godean	110.30	-7.76	9.73	12
17	Sleman	Gamping	110.32	-7.78	9.50	12
18	Sleman	Seyegan	110.30	-7.73	10.88	10
19	Sleman	Mlati	110.35	-7.74	12.40	9
20	Sleman	Depok	110.41	-7.77	16.29	6

21	Sleman	Berbah	110.45	-7.81	19.44	5
22	Sleman	Prambanan	110.50	-7.78	25.04	4
23	Sleman	Kalasan	110.47	-7.74	22.63	4
24	Sleman	Ngemplak	110.45	-7.71	21.29	4
25	Sleman	Ngaglik	110.41	-7.71	17.72	5
26	Sleman	Sleman	110.34	-7.70	13.22	8
27	Sleman	Turi	110.38	-7.63	17.80	5
28	Sleman	Pakem	110.42	-7.62	20.93	4



Contoh Perhitungan Nilai LSI

Misal :

Menghitung Nilai LSI untuk Kecamatan Galur Kabupaten Kulon Progo

Diketahui : titik Koordinat Kecamatan Galur adalah $110^{\circ}20'$ BT dan $7^{\circ}95'$ LS

titik Koordinat pusat gempa bumi adalah $110^{\circ}29'$ BT dan $8^{\circ}01'$ LS

Nilai Kekuatan Gempabumi sebesar $M_w = 6.2$

Maka langkah pertama yang akan dilakukan untuk menghitung nilai LSI adalah dengan mencari jarak horizontal terhadap pusat gempa bumi. Rumusan yang digunakan adalah:

$$\cos ES (R) : \sin \Phi E \sin \Phi S + \cos \Phi E \cos \Phi S \cos (LE-LS)$$

Dimana: E = koordinat bujur episenter ,

S = koordinat bujur kota/desa ,

LE= koordinat lintang episenter dan

LS= koordinat lintang kota/desa

$$\cos ES (R) : \sin 110^{\circ}29' \sin 110^{\circ}20' + \cos 110^{\circ}29' \cos 110^{\circ}20' \cos (8^{\circ}01' - 7^{\circ}95')$$

$$\cos ES (R) : 0.9999987$$

$$R : 0.0924 \times 111.413 \text{ km} = 10.29 \text{ km} = \mathbf{11 \text{ km}}$$

Langkah berikutnya adalah mencari nilai LSI. Rumusan yang digunakan adalah:

$$\log (LSI) = -2.94 - 1.3 \log R + 1.02 M_w$$

R = Jarak horizontal dari sumber energi gempa (km),

M_w = Momen Magnituda (besaran kekuatan gempa)

$$\log (LSI) = -2.94 - 1.3 \log 11 + 1.02 (6.2)$$

$$\mathbf{LSI = 11}$$