

**ANALISA PERBANDINGAN PERCEPATAN TANAH DAN INTENSITAS  
DAMPAK GEMPA YOGYAKARTA 19 NOVEMBER 2009 DENGAN  
METODE GUTENBERG - RICHTER DAN MC.GUIRRE**

Skripsi  
untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



diajukan oleh  
**Sayyidah**  
**05620003**

Kepada  
PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

2011

**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
Di Yogyakarta

*Assalaamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Sayyidah  
NIM : 05620003  
Judul Skripsi : "Analisa Perbandingan Percepatan Tanah Dan Intensitas Dampak Gempa Yogyakarta 19 November 2009 Dengan Metode Gutenberg - Richter Dan Mc.Guirre."

sudah dapat diajukan kembali kepada Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan / Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pembimbing I



Nugroho Budi Wibowo, M.Si  
NIP. 198402232008011011

Yogyakarta, 17 Januari 2011  
a.n Pembimbing II



Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si  
NIP. 197710252005011004



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/343/2011

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Analisa Perbandingan Percepatan Tanah dan Intensitas Dampak Gempa Yogyakarta 19 November 2009 dengan Metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

Nama : Sayyidah

NIM : 05620003

Telah dimunaqasyahkan pada : 27 Januari 2011

Nilai Munaqasyah : B

Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

Nugroho Budi Wibowo, M.Si  
NIP. 19840220 200801 1 011

Penguji I

Ari Sungkowo, S.Si  
NIP.19760710 200604 1 003

Penguji II

Lita Rahmasari, M.Sc

Yogyakarta, 18 Februari 2011

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Prof. Dr. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D  
NIP.19580919 198603 1 002

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sayyidah

NIM : 05620003

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 18 Januari 2011

Yang menyatakan



Sayyidah

NIM. 05620003

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan rasa syukur seagung-agungnya kepada Allah SWT atas segala rahmat, kasih sayang dan petunjuk-Nya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Tak lupa, shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia dan memberikan tauladan kepada seluruh umatnya.

Skripsi ini disusun berdasarkan studi pustaka dan hasil penelitian di BMKG Yogyakarta. Skripsi ini penulis ajukan guna menyelesaikan kurikulum Program Strata I (SI) Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. H. Akh. Minhaji, M.A, Ph.D selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas pemberian kesempatan pada penulis untuk melakukan studi ini.
2. Bapak Drs. Murtono, M.Si selaku penasehat akademik atas bimbingan dan arahnya selama kegiatan perkuliahan.
3. Bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si selaku pembimbing I atas motivasi, bimbingan, arahan dan ilmu yang diberikan kepada peneliti dengan penuh kesabaran.
4. Bapak Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si selaku pembimbing II dan ketua prodi Fisika atas motivasi, bimbingan, arahan dan masukan yang diberikan kepada penulis.

5. Bapak Ari Sungkowo, S.Si dan Ibu Lita Rahmasari, M.Sc selaku penguji skripsi yang telah memberikan saran, kritik dan dorongan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Fisika, dan Staf Tata Usaha Fakultas Sains dan Teknologi atas bimbingan dan pelayanan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi hingga selesai.
7. Segenap karyawan dan staf kantor BMKG atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Mama Amin dan mimi Wamroh tercinta yang telah memberikanku semangat, kasih sayang dan pengorbanannya selama ini. Serta adikku Wawan yang telah memberikan warna dalam hidupku.
9. Kepada kedua sahabatku Jabrik dan Noy yang selama ini telah setia menjadi sahabat terbaikku yang tak pernah lelah memberikan aku semangat, kasih sayang, masukkan dan segala keceriaan selama ini. Serta semua pihak yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun dari para pembaca sangat penulis harapkan. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater dan bagi semua pihak.

Yogyakarta, 18 Februari 2011

Penulis

Sayyidah

## *PERSEMBAHAN*

*Skripsi ini penulis persembahkan teruntuk kedua orang tuaku tercinta, Mama dan mimi yang telah bekerja keras untuk ini semua.*

*Skripsi ini juga penulis persembahkan bagi almamaterku tercinta*

*Prodi Fisika*

*Fakultas Sains dan Teknologi*

*UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَب

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”*  
*(QS: Al-Insyiroh (94) : 5-8)*

*Ketika satu pintu tertutup, pintu lain terbuka; namun terkadang kita melihat dan menyesali pintu tertutup tersebut terlalu lama hingga kita tidak melihat pintu lain yang telah terbuka.*

*\*\*\*\*\* Alexander Graham Bell \*\*\*\*\**



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>INTISARI</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1 Latar Belakang Masalah .....	1
I.2 Rumusan Masalah dan Batasan Masalah .....	5
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	7
I.4 Keaslian Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
II.1 Tinjauan Pustaka .....	9
II.2 Landasan Teori .....	11
II.2.1 Kondisi geologi DIY .....	11
II.2.2 Penjalaran Gelombang Seismik .....	12
II.2.3 Sesar .....	16
II.2.4 Magnitudo .....	17
II.2.5 Intensitas Gempabumi .....	20
II.2.6 Percepatan Getaran Tanah .....	23
II.2.7 Pendekatan Empiris .....	25
II.2.8 Metode Interpolasi Grid dari data titik .....	26

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	29
III.3 Prosedur Penelitian .....	30
III.4 Pengolahan Data .....	31
III.5 Diagram Alir .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
IV.1 Hasil Penelitian.....	41
IV.1.1 Model percepatan tanah dan intensitas metode Gutenberg- Richter.....	42
IV.1.2 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Gutenberg–Richter.....	43
IV.1.3 Model percepatan tanah dan intensitas metode Mc.Guirre.....	45
IV.1.4 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metodeMc.Guirre .....	46
IV.2 Pembahasan.....	48
IV.2.1 Model percepatan tanah dan intensitas metode Gutenberg – Richter.....	48
IV.2.2 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Gutenberg–Richter.....	49
IV.2.3 Validasi model metode Gutenberg-Richter .....	50
IV.2.4 Model percepatan tanah dan intensitas metode Mc.Guirre.....	52
IV.2.5 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Mc.Guirre .....	53
IV.2.6 Validasi model Mc.Guirre .....	53
IV.2.7 Evaluasi model metode Gutenberg-Richter dan Mc.Guirre .....	56

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	62
V.1 Kesimpulan .....	62
V.2 Saran .....	63
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	64
 <b>LAMPIRAN</b> .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Tabel Sejarah gempa di DIY setelah gempa 27 Mei 2006.....	3
Tabel 1.2	Tabel Tinjauan Pustaka .....	8
Tabel 2.1	Tabel Skala MMI ( <i>modified mercalli intensity</i> ).....	22
Tabel 4.1	Tabel Data grid metode Gutenberg - Richter yang divalidasi sesuai dengan data lapangan .....	50
Tabel 4.2	Tabel Data grid Mc.Guirre yang divalidasi sesuai dengan data lapangan .....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta episenter gempa bumi di Daerah Istimewa Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009 .....	6
Gambar 2.1	Peta geologi Yogyakarta dan sekitarnya .....	11
Gambar 2.2	Penjalaran gelombang <i>P</i> .....	15
Gambar 2.3	Penjalaran gelombang <i>S</i> .....	15
Gambar 2.4	Penjalaran gelombang <i>Love</i> .....	16
Gambar 2.5	Penjalaran gelombang <i>Rayleigh</i> .....	16
Gambar 2.6	Jenis-jenis sesar .....	17
Gambar 2.7	IDW pada program ArcView GIS 3.3 .....	28
Gambar 3.1	Tampilan awal program ArcView GIS 3.3 .....	33
Gambar 3.2	Tampilan peta DIY serta legendanya .....	33
Gambar 3.3	Interpolasi grid untuk nilai percepatan tanah .....	34
Gambar 3.4	Interpolasi grid untuk nilai intensitas .....	34
Gambar 3.5	Pengaturan skala pada peta nilai percepatan tanah .....	35
Gambar 3.6	Tampilan awal pembuatan layout .....	35
Gambar 3.7	Peta pada layout .....	36
Gambar 3.8	Peta pada layout dengan garis equatornya .....	36
Gambar 3.9	Peta pada layout dengan legendanya .....	37
Gambar 3.10	Tampilan akhir peta pada layout dengan legendanya .....	37
Gambar 3.11	Pengaturan skala pada peta nilai intensitas .....	38
Gambar 3.12	Diagram alir penelitian .....	39
Gambar 3.13	Diagram alir penelitian setelah validasi .....	40
Gambar 4.1	Model grid dengan jarak $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$ .....	42
Gambar 4.2	Model Percepatan Tanah pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg – Richter .....	43
Gambar 4.3	Model Intensitas pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg – Richter .....	43
Gambar 4.4	Model percepatan tanah validasi pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg – Richter .....	44

Gambar 4.5	Model intensitas validasi pada gempabumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg - Richter .....	45
Gambar 4.6	Model percepatan tanah pada gempabumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre .....	46
Gambar 4.7	Model intensitas pada gempabumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre.....	46
Gambar 4.8	Model percepatan tanah validasi pada gempabumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre .....	47
Gambar 4.9	Model intensitas metode Mc.Guirre validasi pada gempabumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre .....	48
Gambar 4.10	Grafik perbandingan percepatan tanah sebelum dan sesudah validasi metode Gutenberg - Richter .....	51
Gambar 4.11	Grafik perbandingan intensitas sebelum dan sesudah validasi metode Gutenberg – Richter .....	52
Gambar 4.12	Grafik perbandingan percepatan tanah sebelum dan sesudah validasi metode Mc.Guirre .....	55
Gambar 4.13	Grafik perbandingan intensitas sebelum dan sesudah validasi metode Mc.Guirre.....	56
Gambar 4.14	Grafik perbandingan nilai percepatan tanah validasi dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre .....	60
Gambar 4.15	Grafik perbandingan nilai intensitas validasi dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre.....	61

**ANALISA PERBANDINGAN PERCEPATAN TANAH DAN INTENSITAS  
DAMPAK GEMPA YOGYAKARTA 19 NOVEMBER 2009 DENGAN  
METODE GUTENBERG - RICHTER DAN MC.GUIRRE**

Sayyidah

05620003

**INTISARI**

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan zona percepatan tanah dan intensitas pada gempa yang terjadi di DIY pada tanggal 19 November 2009. Gempa ini terletak pada episenter  $8.89^{\circ}$  LS dan  $110.551^{\circ}$  BT, dan *origin time* 15 : 35 : 09.35 WIB yang dirasakan di daerah Piyungan III MMI. Analisa percepatan tanah dan intensitas gempa menggunakan metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre. Tujuan penelitian ini antara lain, menentukan besarnya percepatan tanah dan intensitas di wilayah DIY dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre berdasarkan gempa 19 November 2009, mengetahui zona intensitas dan percepatan tanah di DIY setelah gempa 19 November 2009, serta mengetahui perbedaan intensitas dan percepatan tanah dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre.

Hasil penelitian yang diperoleh dengan menggunakan metode Gutenberg - Richter setelah validasi menunjukkan bahwa variasi percepatan tanah wilayah Sleman dan Kulon Progo dan kota Yogyakarta percepatan tanahnya sebesar 3,16 gal sampai dengan 4 gal, Bantul percepatan tanahnya berkisar 4 gal sampai dengan 4,28 gal, sedangkan Gunung Kidul percepatan tanahnya 4,28 gal sampai dengan 5,12 gal. Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta intensitasnya sebesar III MMI. Bantul intensitasnya berkisar III MMI sampai dengan IV MMI sedangkan untuk daerah Gunung Kidul intensitasnya IV MMI.

Hasil penelitian yang diperoleh dengan menggunakan metode Mc.Guirre setelah validasi menunjukkan bahwa variasi percepatan tanah wilayah Sleman, Kulon Progo, dan Yogyakarta percepatan tanahnya sebesar 3,55 gal sampai dengan 5,24 gal dan Bantul percepatan tanahnya sebesar 5,24 gal sampai dengan 5,81 gal. Sedangkan Gunung Kidul percepatan tanahnya 5,81 gal sampai dengan 7,5 gal. Sleman, Kulon Progo, kota Yogyakarta dan Bantul intensitasnya sebesar III MMI, dan Gunung Kidul intensitasnya IV MMI.

*Kata Kunci: Percepatan tanah, Intensitas, Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang Masalah

Kepulauan Indonesia merupakan salah satu wilayah di dunia yang memiliki struktur tektonik yang kompleks dan unik. Hal ini dikarenakan kepulauan Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik besar (*triple junction plate*), yaitu Lempeng Indo-Australia, yang relatif bergerak ke utara, lempeng Eurasia yang relatif bergerak ke selatan, dan lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke barat. Pergerakan lempeng-lempeng tektonik ini menjadi salah satu penyebab tingginya aktivitas kegempaan dan kegunungapian di Indonesia. Daerah Istimewa Yogyakarta terletak 250 km dari pertemuan lempeng aktif di selatan Jawa, daerah perbatasan lempeng ini merupakan zona seismisitas yang aktif.<sup>1</sup> Beberapa gempa bumi yang pernah terjadi merupakan akibat dari pergeseran lempeng-lempeng Eurasia dan Indo-Australia yang cukup berpengaruh pada daerah Jawa bagian selatan termasuk Daerah Istimewa Yogyakarta, sehingga pada beberapa kasus daerah ini merupakan area rentan terkena gempa tektonik.

Gempa paling besar yang pernah dialami Daerah Istimewa Yogyakarta yang tercatat oleh BMKG yaitu gempa pada tanggal 24 Juli 1943 dengan magnitudonya 8,1 SR dan gempa yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 dengan skala 5,9 SR gempa tersebut terjadi pada kedalaman dangkal di lempeng Sunda di

---

<sup>1</sup> Issac B dan Molnar p. *Mantle Earthquake Mechanisms And The Sinking Of The Lithosphere Nature*. 1969. Hal.223,



atas zona lempeng Indo-Australia.<sup>2</sup> Akibatnya gempa ini menyebabkan korban jiwa meninggal cukup banyak dan kerusakan yang cukup parah terutama di sebelah selatan DIY dan sebagian wilayah Jawa Tengah. Data terakhir korban gempa DIY dan JATENG tertanggal 27 Juni 2006 pukul 14:00 WIB yang diperoleh dari media center SATKORLAK DIY tercatat korban meninggal mencapai 5.778 jiwa, terdiri dari 4.715 jiwa dari 5 kabupaten di wilayah DIY, dan 1.063 jiwa di 6 kabupaten di wilayah Jawa Tengah. Sedangkan korban luka ringan dan berat akibat gempa ini mencapai 37.883 orang. Pada infrastruktur bangunan, tercatat 139.859 unit rumah roboh atau rusak berat, 190.0253 unit rusak sedang dan 278.124 unit mengalami kerusakan ringan. Selain itu juga tercatat ribuan fasilitas umum lain seperti rumah ibadah, sekolah dan bangunan milik pemerintah mengalami kerusakan.<sup>3</sup>

Berdasarkan observasi awal penelitian ini, gempa besar yang terjadi di DIY setelah gempa 27 Mei 2006 adalah gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 dengan magnitudo 4,8 SR, PGA sebesar 0,7560748 cm/s<sup>2</sup> (gal) dari data *acceleograph* BMKG. Gempa tersebut dipilih oleh peneliti karena terdapat informasi data gempa dirasakan di wilayah Yogyakarta dan Piyungan sebesar III MMI. Gempa bumi besar lainnya yang terjadi di DIY diantaranya yaitu dapat kita lihat pada tabel 1.2 di bawah ini,

---

<sup>2</sup> Kirbani Sri Brotopuspito. *Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006*. 2006

<sup>3</sup> <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2006/usneb6/>

Tabel 1.2 Sejarah gempa di DIY setelah gempa 27 Mei 2006.<sup>4</sup>

No.	Kejadian gempa	Magnitudo (SR)
1	20 Agustus 2008	5,2
2	16 November 2008	4,7
3	17 November 2008	4,6
4	31 Desember 2008	4,1
5	7 September 2009	6,1
6	28 Januari 2010	5,2
7	10 Februari 2010	6,1
8	3 Maret 2010	4,3
9	12 Desember 2010	5,8
10	18 Desember 2010	4

Gempa bumi umumnya diakibatkan oleh deformasi batuan akibat adanya sesar. Parameter sumber gempa bumi meliputi : letak episenter (pusat gempa), hiposenter (kedalaman), waktu kejadian (*origin time*) dan magnitudo. Episenter, hiposenter dan *origin time* gempa disebut sebagai parameter kinematik, karena untuk menentukannya hanya diperlukan pengukuran waktu penjalaran gelombang, sedangkan magnitudo disebut sebagai parameter dinamik karena untuk menentukannya diperlukan pengukuran amplitudo dan periode. Parameter

<sup>4</sup> [http://www.bmg.go.id/BMKG\\_Pusat/Geofisika/GempaDirasakan.bmkg](http://www.bmg.go.id/BMKG_Pusat/Geofisika/GempaDirasakan.bmkg)

percepatan gelombang seismik ini sering disebut percepatan tanah, dan merupakan salah satu parameter yang penting dalam seismologi teknik.

Gelombang seismik akan tercatat oleh seismometer sebagai seismogram yang mempresentasikan osilasi partikel di titik stasiun seismik tersebut. Seismometer adalah sensor yang mengkonversi gerakan tanah ke dalam bentuk sinyal. Rancangan dan pengembangan sistem perekaman seismik disebut seismometri. Tidak ada seismograf tunggal yang dapat merekam semua sinyal tersebut mengakibatkan instrumen yang berbeda telah berganti – ganti sehingga tercipta instrumen yang lebih spesifik untuk merekam rentang dinamis dan rentang frekuensi yang berbeda gelombang-gelombang seismik. *Ground motion* mempunyai rentang frekuensi dari percepatan tanah berfrekuensi sangat tinggi terletak di dekat sumber gempa sampai dengan frekuensi yang sangat rendah terletak jauh dari sumber gempa.<sup>5</sup>

Bahaya kegempaan (*hazard*) adalah kejadian alam berupa gempa bumi yang menghasilkan gerakan tanah, sehingga menimbulkan kerusakan di permukaan bumi. Resiko gempa (*risk*) adalah akibat dari *hazard* terhadap kehidupan dan properti. Resiko gempa dapat dikurangi dengan usaha manusia, sebaliknya *hazard* tidak bisa.<sup>6</sup> Waktu terjadinya gempa adalah waktu pertama sekali terjadinya *rupture* atau *break* di titik hiposenter yang biasanya dalam waktu universal UTC atau waktu lokal. Pemakaian UTC lebih baik karena waktu yang dipakai pada jaringan global dan regional memakai waktu ini.

---

<sup>5</sup> Afnimar. *Seismologi*. 2009, hal.32

<sup>6</sup> Afnimar. *Seismologi*. 2009, hal.5

Besar kecilnya percepatan tanah menunjukkan resiko gempa bumi. Dari setiap gempa yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat. Nilai percepatan tanah yang dihitung pada penelitian yang sudah pernah dilakukan oleh Kirbani Sri Brotopuspito, Tiar Prasetya dan Ferry Markus Widigdo serta penelitian yang dilakukan oleh I Putu Agus Swastika dan I Made Ady Suardana adalah nilai percepatan tanah maksimum. Tujuan penelitiannya yaitu mengetahui kerusakan akibat getaran gempa bumi terhadap bangunan-bangunan di setiap tempat.

Pendekatan empiris untuk menentukan besarnya percepatan tanah dan intensitas dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, sedangkan pengukuran langsung dapat dilakukan dengan menggunakan *acceleograph* yang dipasang pada titik pengamatan. Dikarenakan tidak semua tempat dipasang alat *acceleograph*, maka dalam menentukan besarnya nilai percepatan getaran tanah maksimum dilakukan dengan menggunakan pendekatan empiris yaitu dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre. Hal ini dikarenakan parameter yang dibutuhkan pada kedua metode tersebut tersedia pada data gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009.

## **I.2 Perumusan Masalah dan Batasan Masalah**

### **I.2.1 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah menganalisa nilai percepatan tanah yang terjadi akibat gempa bumi, sebagai referensi penelitian masa depan. Dikarenakan tidak semua tempat

dipasang alat *acceleograph*, maka dalam menentukan besarnya nilai percepatan tanah yaitu menggunakan pendekatan empiris. Selain menghitung nilai percepatan tanah, peneliti juga menghitung besarnya intensitas yang terjadi pada gempa bumi tersebut. Dengan diketahuinya nilai percepatan tanah dan intensitas maka peneliti juga dapat membuat zona percepatan tanah dan intensitas yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta akibat gempa 19 November 2009. Penelitian ini menggunakan data gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009. Gempa ini terletak pada episenter  $8.89^{\circ}$  LS dan  $110.551^{\circ}$  BT, dengan magnitudonya 4,8 SR dan *origin time* 15:35:09.35 WIB. Seperti tampak pada gambar 1.1 berikut ini,



Gambar 1.1 Peta episenter gempa bumi di Daerah Istimewa Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009

### I.2.2 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, pada penelitian ini menggunakan data gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009, dengan menggunakan pendekatan empiris yaitu metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre.

### **I.3 Tujuan Penelitian dan Manfaat Penelitian**

#### **I.3.1 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah

1. Menentukan besarnya percepatan tanah dan intensitas di wilayah DIY dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre, berdasarkan data gempa 19 November 2009.
2. Mengetahui zona percepatan tanah dan intensitas di DIY setelah gempa 19 November 2009.
3. Mengetahui perbedaan intensitas dan percepatan tanah dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre.

#### **I.3.2 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan informasi daerah-daerah mana saja yang rawan terjadi gempa dan dampak dari gempa tersebut.
2. Sebagai sumber referensi bagi peneliti, dosen, mahasiswa yang ingin melakukan dan mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

### **I. 4 Keaslian Penelitian**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis sebagai referensi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Tabel 1.1 Tinjauan pustaka

NO.	Karakteristik subjek dan objek penelitian	
1.	Peneliti	Kirbani Sri Brotopuspito, Tiar Prasetya, Ferry MarkusWidigdo
	Judul penelitian	Percepatan Getaran Tanah Maksimum Derah Istimewa Yogyakarta 1943-2006
	Tujuan	Membuat peta percepatan getaran tanah
	Lokasi penelitian	DIY
	Metode	Kanai
	Hasil	Sebagian besar wilayah DIY memiliki periode dominan tanah yang kurang dari 0,5 s. Variasi percepatan getaran tanah maksimum untuk DIY berdasarkan gempa bumi 1943–2006 berkisar antara 38,682 gal sampai dengan 531,619 gal
	keterangan	jurnal
2.	Peneliti	I Putu Agus Swastika dan I Made Ady Suardana
	Judul penelitian	Sistem Informasi Geografis Potensi Bahaya Gempa bumi Di Propinsi Bali.
	Tujuan	Membuat sistem yang dapat memberikan informasi tentang daerah-daerah yang berpotensi bahaya gempa bumi di propinsi Bali
	Lokasi penelitian	Propinsi Bali
	Metode	Gutenberg - Richter
	Hasil	Kecamatan Seririt merupakan kecamatan yang memiliki percepatan tanah paling besar dengan nilai percepatan tanahnya 97,5051592923225 gal ( $\text{cm/s}^2$ ). Kemudian kecamatan Banjar dengan nilai percepatan tanah 88,3005444505233 gal ( $\text{cm/s}^2$ ). Kabupaten Buleleng merupakan kabupaten yang memiliki percepatan tanah yang paling besar dengan 49,3713410739289 gal ( $\text{cm/s}^2$ ). Kemudian kabupaten Denpasar dengan percepatan tanah 33,3614053597611 gal ( $\text{cm/s}^2$ ).
	keterangan	Jurnal

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

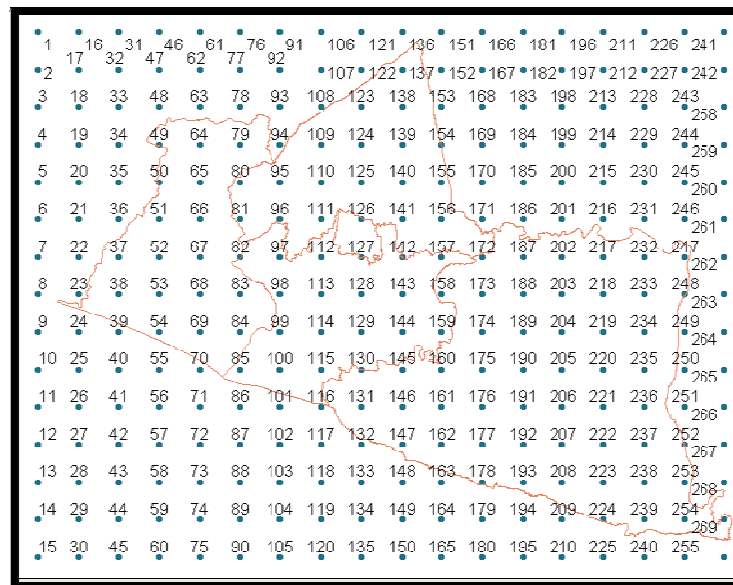
#### IV.1 Hasil Penelitian

Gempa Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009 Pukul 15: 35: 09,35 WIB dengan episenter  $8.89^{\circ}$  LS dan  $110.551^{\circ}$  BT, magnitudo 4,8 SR dan kedalaman 10 km terasa pada beberapa propinsi dengan beragam intensitas. Proses penentuan besarnya intensitas di propinsi Yogyakarta secara empiris dapat dihitung menggunakan pendekatan Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre. Penentuan besarnya intensitas dengan dua metode ini pada dasarnya ditentukan oleh besaran nilai magnitudo dan jarak suatu lokasi terhadap pusat gempa. Pembuatan model intensitas dilakukan dengan terlebih dahulu membuat model grid sebagai dasar pemetaan. Grid tersebut yang akan dijadikan model besarnya intensitas pada suatu daerah.

Model grid yang dibuat menggunakan jarak  $0,05^{\circ} \times 0,05^{\circ}$  sehingga sebagian besar kawasan propinsi DIY tercover oleh model grid tersebut (lihat pada gambar 4.1). Proses penentuan nilai intensitas pada masing – masing grid mengikuti proses penentuan intensitas dengan metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre. Proses tersebut dimulai dari perhitungan jarak antara grid dengan episenter ( $d(ic)$ ), perhitungan intensitas pada sumber gempa ( $I_0(ic)$ ), perhitungan intensitas pada suatu daerah/grid ( $I_x(ic)$ ) dan pembuatan model intensitas dengan metode interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*). Proses validasi model interpolasi yang telah dibuat dilakukan dengan memodelkan interpolasi



berdasarkan data intensitas yang dirasakan oleh masyarakat. Data tersebut diambil dari data skala intensitas gempa terasa BMKG Pusat (PGN).



Gambar 4.1 Model grid dengan jarak  $0,05^\circ \times 0,05^\circ$

#### IV.1.1 Model percepatan tanah dan intensitas metode Gutenberg - Richter

Hasil perhitungan jarak grid ke episenter ( $d_{ic}$ ) menunjukkan variasi jarak dari 73,3 km dengan lokasi grid pada koordinat  $8.23^\circ$  LS dan  $110.53^\circ$  BT, sampai dengan jarak 163,7 km pada koordinat  $7.53^\circ$  LS dan  $109.98^\circ$  BT. Perhitungan nilai percepatan tanah dengan metode Gutenberg - Richter diperoleh 10,53 gal sampai dengan 22,04 gal (lihat pada gambar 4.2). Nilai intensitas diperoleh nilai V MMI (lihat pada gambar 4.3), skala intensitas V MMI yaitu getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk. Barang pecah belah, jendela dan sebagainya pecah, barang-barang terpelanting, pohon, tiang, dan lain-lain tampak goyang, bandul lonceng dapat berhenti.



Gambar 4.2 Model percepatan tanah pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg - Richter



Gambar 4.3 Model intensitas pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg – Richter

#### IV.1.2 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Gutenberg – Richter

Hasil perhitungan jarak grid ke episenter ( $d_{ic}$ ) menunjukkan variasi jarak dari 73,3 km dengan lokasi grid pada koordinat  $8.23^{\circ}$  LS dan  $110.53^{\circ}$  BT sampai

dengan jarak 163,7 km pada koordinat  $7.53^{\circ}$  LS dan  $109.98^{\circ}$  BT. Perhitungan nilai intensitas menggunakan metode Gutenberg - Richter diperoleh nilai III MMI. Berdasarkan tabel skala MMI, intensitas III MMI yaitu getaran dirasakan nyata di dalam rumah, terasa seakan-akan ada truk lewat. Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta intensitasnya sebesar III MMI. Bantul intensitasnya berkisar III MMI sampai dengan IV MMI dan Gunung Kidul intensitasnya IV MMI, seperti tampak pada gambar 4.5. Intensitas IV MMI yaitu pada siang hari dirasakan oleh banyak orang di dalam rumah, diluar hanya oleh orang tertentu saja. Barang pecah belah, jendela, pintu, gemerincing, dinding berbunyi karena pecah- pecah.

Dari jarak yang telah disebutkan di atas diperoleh nilai percepatan tanah dengan menggunakan metode Gutenberg - Richter yaitu 3,16 gal sampai dengan 5,12 gal. Wilayah Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta percepatan tanahnya sebesar 3.16 gal sampai dengan 4 gal. Percepatan tanah wilayah Bantul berkisar 4 gal sampai dengan 4.28 gal dan Gunung Kidul percepatan tanahnya 4.28 gal sampai dengan 5.12 gal, seperti tampak pada gambar 4.4.



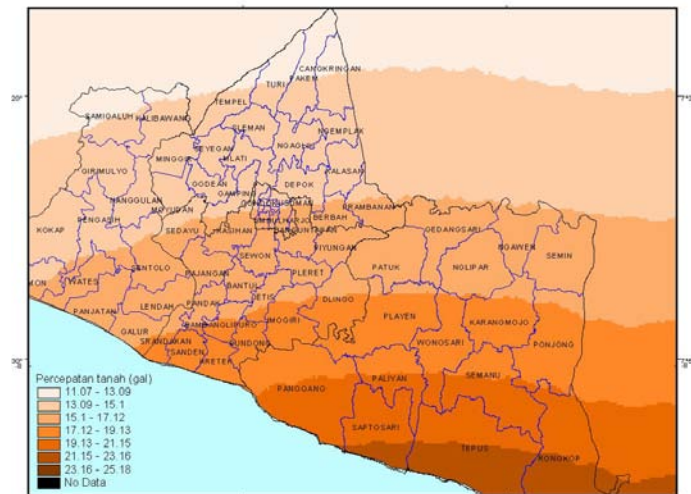
Gambar 4.4 Model percepatan tanah validasi pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg - Richter



Gambar 4.5 Model intensitas validasi pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Gutenberg - Richter

#### IV.1.3 Model percepatan tanah dan intensitas metode Mc.Guirre

Hasil perhitungan jarak grid ke episenter dari metode Mc.Guirre menunjukkan variasi jarak dari 75,98 km dengan lokasi grid pada koordinat  $8.23^{\circ}$  LS dan  $110.53^{\circ}$  BT, sampai dengan jarak 164,9 km pada koordinat  $7.53^{\circ}$  LS dan  $109.98^{\circ}$  BT. Perhitungan nilai percepatan tanah dengan metode Mc.Guirre diperoleh 11,07 gal sampai dengan 25,18 gal (lihat pada gambar 4.6) dan untuk nilai intensitas tersebut diperoleh nilai V MMI sampai dengan VI MMI (lihat pada gambar 4.7). Berdasarkan tabel skala MMI, intensitas V MMI yaitu getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk. Barang pecah belah, jendela, dan sebagainya pecah, barang-barang terpelanting, pohon, tiang, dan lain-lain tampak goyang, bandul lonceng dapat berhenti. Intensitas VI MMI yaitu getaran dirasakan oleh semua orang, kebanyakan terkejut dan lari keluar. Plester dinding jatuh dan cerobong asap pabrik rusak, kerusakan ringan.



Gambar 4.6. Model percepatan tanah pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre



Gambar 4.7 Model intensitas pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre

#### IV.1.4 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Mc.Guirre

Hasil perhitungan jarak grid ke episenter ( $d_{ic}$ ) menunjukkan variasi jarak dari 73,3 km dengan lokasi grid pada koordinat  $8.23^{\circ}$  LS dan  $110.53^{\circ}$  BT. Sampai

dengan jarak 163,7 km pada koordinat  $7.53^{\circ}$  LS dan  $109.98^{\circ}$  BT. Perhitungan nilai intensitas pada sumber gempa menggunakan Mc.Guirre diperoleh nilai III MMI (lihat pada gambar 4.9). Berdasarkan tabel skala MMI, intensitas III MMI yaitu getaran dirasakan nyata di dalam rumah, terasa seakan-akan ada truk lewat. Sebagian besar wilayah Sleman dan Kulon Progo dan kota Yogyakarta intensitasnya berkisar III MMI sampai dengan IV MMI, sedangkan untuk daerah Bantul dan Gunung Kidul intensitasnya III sampai dengan IV MMI. Pada daerah Piyungan nilai intensitasnya III MMI.

Dari jarak yang telah disebutkan di atas diperoleh nilai percepatan tanah dengan menggunakan metode Mc.Guirre yaitu 3,55 gal sampai dengan 7,5 gal. Sleman, Kulon Progo, dan Yogyakarta percepatan tanahnya sebesar 3.55 gal sampai dengan 5.24 gal. Percepatan tanah wilayah Bantul sebesar 5.24 gal sampai dengan 5.81 gal dan Gunung Kidul percepatan tanahnya 5.81 gal sampai dengan 7.5 gal. Seperti tampak pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Model percepatan tanah validasi pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre



Gambar 4.9 Model intensitas validasi pada gempa bumi tanggal 19 November 2009 di wilayah DIY metode Mc.Guirre

## IV.2. PEMBAHASAN

### IV.2.1 Model percepatan tanah dan intensitas metode Gutenberg – Richter

Dari hasil penelitian diperoleh nilai percepatan tanah sebesar 11,16 gal sampai dengan 14,95 gal pada sebagian besar wilayah Sleman dan Kulon Progo. Pada wilayah Kulon Progo bagian selatan, kota Yogyakarta dan Sleman bagian selatan nilai percepatan tanahnya berkisar 14,95 gal sampai dengan 16,21 gal. Pada wilayah Bantul dan Gunung Kidul diperoleh nilai percepatan tanahnya 16,21 gal sampai dengan 19,99 gal, dan besarnya percepatan tanah pada wilayah Piyungan 14,93 gal sampai dengan 15,08 gal, untuk variasi percepatan tanah pada wilayah DIY (lihat pada gambar 4.2). Distribusi percepatan tanah dari yang besar sampai dengan kecil yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, hal ini dikarenakan letak episenter

gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 terletak di tenggara DIY pada kedalaman 10 km.

Besar nilai intensitas wilayah Sleman dan Kulon Progo, kota Yogyakarta, Bantul dan Gunung Kidul adalah V MMI. Pada gambar 4.3 terlihat distribusi intensitasnya dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY.

#### **IV.2.2 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Gutenberg – Richter**

Dari hasil penelitian diperoleh nilai percepatan tanahnya sebesar 3,16 gal sampai dengan 4 gal untuk wilayah Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta. Pada wilayah Bantul percepatan tanahnya sebesar 4 gal sampai dengan 4,28 gal dan Gunung Kidul percepatan tanahnya 4,28 gal sampai dengan 5,12 gal, untuk variasi percepatan tanah setelah divalidasi pada wilayah DIY (lihat pada gambar 4.4). Distribusi percepatan tanah dari yang besar sampai dengan kecil yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, hal ini dikarenakan letak episenter gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 terletak di tenggara DIY pada kedalaman 10 km.

Sebagian besar wilayah Sleman, Kulon Progo, dan kota Yogyakarta intensitasnya sebesar III MMI. Bantul berintensitas III MMI sampai dengan IV MMI dan Gunung Kidul berintensitas IV MMI. Distribusi intensitasnya yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, seperti tampak pada gambar 4.5.



### IV.2.3 Validasi model metode Gutenberg - Richter

Proses validasi model dilakukan dengan mengganti input model awal sesuai dengan data lapangan yang telah tersedia pada buletin *acceleograph*. Validasi model dilakukan pada beberapa grid dan daerah Piyungan nomor gridnya yaitu; 127, 142 dan 157, seperti pada Tabel 1.1. Input model yang telah diperbaiki digunakan untuk membuat model baru dengan metode Gutenberg - Richter.

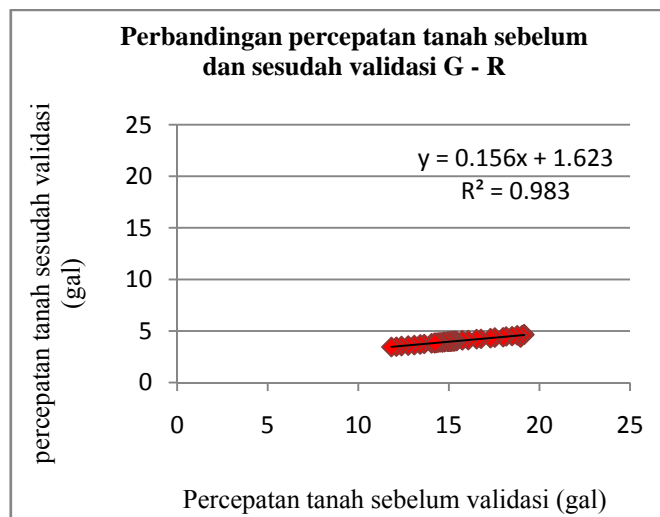
Tabel 4.1 Data grid metode Gutenberg - Richter yang divalidasi sesuai dengan data lapangan (Sumber : Hasil analisa model dan data lapangan, 2010)

No	No Grid	Data Awal (MMI)	Data Baru (MMI)
1	127	5	3
2	142	5	3
3	157	5	3

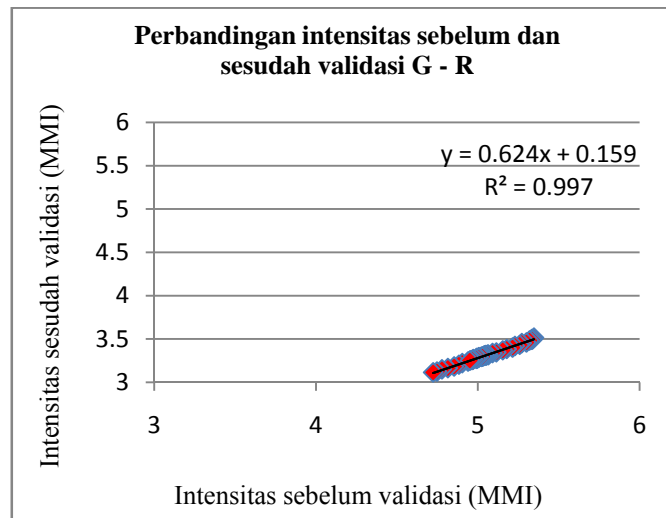
Grafik pada gambar 4.10 diperoleh dengan membandingkan data grid input model sebelum dan setelah divalidasi. Data grid yang digunakan untuk analisa regresi sebanyak 50 pasang data percepatan tanah dan intensitas. Hasil analisa regresi perbandingan percepatan tanah sebelum dan setelah divalidasi menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,983, berarti perbandingan percepatan tanah sebelum dan setelah divalidasi 98,3% kedua variabel tersebut saling berpengaruh dan 1,7 % dipengaruhi oleh faktor lain seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan. Hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai model awal dan nilai model setelah validasi. Bentuk persamaan hubungan kedua model tersebut adalah

$y = 0,156x + 1,623$ , yang identik dengan persamaan garis lurus  $y = mx + c$ . Persamaan ini memiliki arti, jika nilai percepatan tanah sebelum validasi sebagai  $x$  besar maka nilai percepatan tanah setelah validasi sebagai  $y$  pun besar.

Hasil analisa regresi untuk perbandingan intensitas sebelum dan sesudah validasi menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,996 (lihat pada gambar 4.11). Untuk perbandingan nilai intensitas tersebut berarti 99,6% kedua variabel tersebut saling berpengaruh dan 0,4% dipengaruhi oleh seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan. Hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan faktor lain, seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan antara nilai model awal dan nilai model setelah validasi. Bentuk persamaan hubungan kedua model tersebut adalah  $y = 0,624x - 0,159$ , artinya jika nilai intensitas sebelum validasi sebagai  $x$  besar maka nilai intensitas setelah validasi sebagai  $y$  pun besar.



Gambar 4.10 Grafik perbandingan percepatan tanah sebelum dan sesudah validasi metode Gutenberg - Richter



Gambar 4.11 Grafik perbandingan intensitas sebelum dan sesudah validasi metode Gutenberg – Richter

#### IV.2.4 Model Percepatan Tanah dan Intensitas metode Mc.Guirre

Dari hasil penelitian diperoleh percepatan tanahnya yaitu 11,07 gal sampai dengan 17,12 gal untuk wilayah Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta. Nilai percepatan tanah untuk wilayah Bantul sebesar 17,12 gal sampai dengan 21,15 gal, dan Gunung Kidul percepatan tanahnya 19,13 gal sampai dengan 25,18 gal, untuk variasi percepatan tanah pada wilayah DIY (lihat pada gambar 4.6). Distribusi percepatan tanah dari yang besar sampai dengan kecil yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, hal ini dikarenakan letak episenter gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 terletak di tenggara DIY pada kedalaman 10 km.

Besarnya intensitas DIY, sebagian besar wilayah Sleman, Kulon Progo kota Yogyakarta, dan Bantul berintensitas V MMI. Wilayah Gunung Kidul berintensitas VI MMI. Seperti tampak pada gambar 4.7, distribusi intensitasnya yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY.

#### **IV.2.5 Model percepatan tanah dan intensitas hasil validasi metode Mc.Guirre**

Dari hasil penelitian diperoleh percepatan tanahnya yaitu 3,55 gal sampai dengan 5,24 gal pada sebagian besar wilayah Sleman dan Kulon Progo dan kota Yogyakarta. Pada wilayah Bantul percepatan tanahnya berkisar 5,24 gal sampai dengan 5,81 gal. Sedangkan untuk daerah dan Gunung Kidul percepatan tanahnya 5,81 gal sampai dengan 7,5 gal, untuk variasi percepatan tanah pada wilayah DIY (lihat pada gambar 4.8). Distribusi percepatan tanah dari yang besar sampai dengan kecil yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, hal ini dikarenakan letak episenter gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 terletak di tenggara DIY pada kedalaman 10 km.

Sebagian besar wilayah Sleman, Kulon Progo, kota Yogyakarta dan Bantul berintensitas berkisar III MMI. Gunung Kidul berintensitas IV MMI. Seperti tampak pada gambar 4.9, distribusi intensitasnya yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY.

#### **IV.2.6 Validasi model Mc.Guirre**

Proses validasi model dilakukan dengan mengganti input model awal sesuai dengan data lapangan yang telah tersedia pada buletin *acceleograph*. Validasi model dilakukan pada beberapa grid dan daerah Piyungan nomor gridnya yaitu; 127, 142 dan 157, seperti pada Tabel 1.1. Input model yang

telah diperbaiki digunakan untuk membuat model baru dengan metode Mc.Guirre.

Tabel 4.2 Data grid Mc.Guirre yang divalidasi sesuai dengan data lapangan  
(Sumber : Hasil analisa model dan data lapangan, 2010)

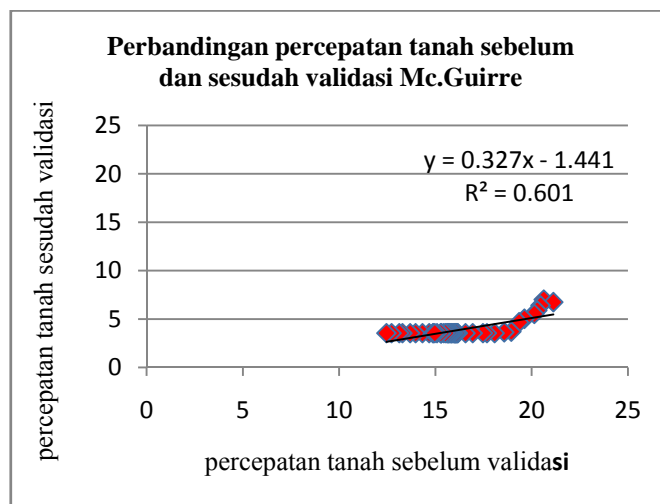
No	No Grid	Data Awal (MMI)	Data Baru (MMI)
1	127	5	3
2	142	5	3
3	157	5	3

Grafik pada gambar 4.12 diperoleh dengan membandingkan data grid input model sebelum dan setelah divalidasi. Data grid yang digunakan untuk analisa regresi sebanyak 50 pasang data percepatan tanah dan intensitas. Hasil analisa regresi untuk perbandingan percepatan tanah sebelum dan setelah divalidasi menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,601, berarti perbandingan nilai percepatan tanah sebelum dan setelah divalidasi tersebut 60,1% kedua variabel tersebut saling berpengaruh dan 39,9% dipengaruhi oleh faktor lain, seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan.

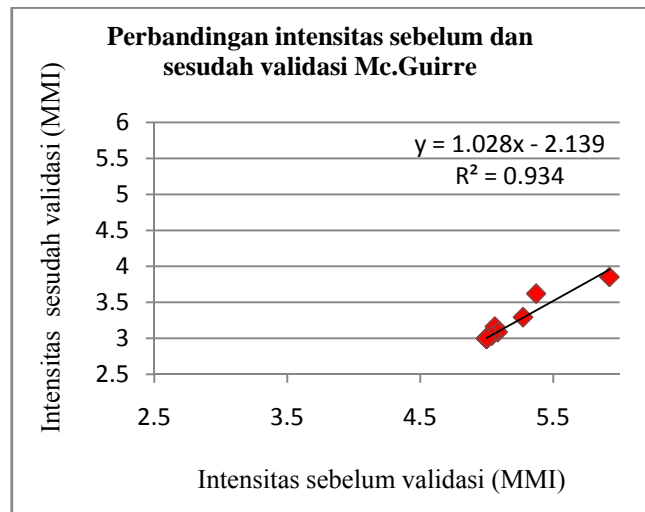
Hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai model awal dan nilai model setelah validasi. Bentuk persamaan hubungan kedua model tersebut adalah  $y = 0,327x + 1,441$ , yang identik dengan persamaan garis lurus  $y = mx + c$ . Persamaan ini memiliki arti, jika nilai percepatan tanah sebelum validasi sebagai x besar maka nilai percepatan tanah setelah validasi sebagai y pun besar.

Hasil analisa regresi untuk perbandingan nilai intensitas sebelum dan sesudah validasi menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,934 (lihat

pada gambar 4.13), berarti perbandingan nilai intensitas sebelum dan setelah divalidasi tersebut 93,4% kedua variabel tersebut saling berpengaruh dan 6,6% dipengaruhi oleh faktor lain, seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan. Hal ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai model awal dan nilai model setelah validasi. Bentuk persamaan hubungan kedua model tersebut adalah  $y = 1,028x - 2,139$ , artinya jika nilai intensitas sebelum validasi sebagai x besar maka nilai intensitas setelah validasi sebagai y pun besar.



Gambar 4.12 Grafik perbandingan percepatan tanah sebelum dan sesudah validasi metode Mc.Guirre



Gambar 4.13 Grafik perbandingan intensitas sebelum dan sesudah validasi metode Mc.Guirre

#### IV.2.7 Evaluasi model metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre

Data yang digunakan untuk perbandingan dua metode ini yakni metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre, yaitu data yang mewakili semua titik data pada model metode Gutenberg - Richter maupun Mc.Guirre yang sudah divalidasi. Pada model hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya sedikit perbedaan pada model intensitas Gutenberg - Richter dan model intensitas Mc.Guirre. Dikarenakan keterbatasan pada pengumpulan data, dan dari buletin BMKG tidak setiap daerah memiliki nilai intensitasnya sehingga yang tercantum hanyalah intensitas DIY dan Piyungan yakni sebesar III MMI.

Pada model hasil penelitian intensitas dengan metode Gutenberg - Richter maupun Mc.Guirre terdapat zona daerah gelap – terang. Daerah gelap menunjukkan bahwa daerah tersebut termasuk daerah dengan nilai intensitas tinggi dan daerah terang merupakan daerah dengan nilai intensitas rendah.

Demikian halnya pada model hasil penelitian percepatan tanah dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre terdapat zona daerah terang – gelap. Hal ini sama seperti pada model intensitas yaitu daerah gelap menunjukkan nilai percepatan tanah yang besar sedangkan daerah yang terang menunjukkan nilai percepatan tanah yang kecil.

Dari hasil penelitian diperoleh percepatan tanahnya yaitu 3,16 gal sampai dengan 4 gal pada wilayah Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta. Pada wilayah Bantul percepatan tanahnya sebesar 4 gal sampai dengan 4,28 gal dan Gunung Kidul percepatan tanahnya 4,28 gal sampai dengan 5,12 gal, untuk variasi percepatan tanah setelah divalidasi pada wilayah DIY (lihat pada gambar 4.4). Distribusi percepatan tanah dari yang besar sampai dengan kecil yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, hal ini dikarenakan letak episenter gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 terletak di tenggara DIY pada kedalaman 10 km.

Sebagian besar wilayah Sleman, Kulon Progo, dan kota Yogyakarta berintensitas III MMI. Bantul berintensitas III MMI sampai dengan IV MMI dan Gunung Kidul berintensitas IV MMI. Distribusi intensitasnya yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY, seperti yang tampak pada gambar 4.5.

Dari hasil penelitian diperoleh dengan metode Mc.Guirre, percepatan tanahnya yaitu 3,55 gal sampai dengan 5,24 gal pada wilayah Sleman, Kulon Progo dan kota Yogyakarta. Pada wilayah Bantul percepatan tanahnya berkisar 5,24 gal sampai dengan 5,81 gal. Sedangkan untuk wilayah Gunung



Kidul percepatan tanahnya 5,81 gal sampai dengan 7,5 gal, untuk variasi percepatan tanah setelah divalidasi pada daerah DIY (lihat pada gambar 4.8). Distribusi percepatan tanah dari yang besar sampai dengan kecil yaitu dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY. Hal ini dikarenakan letak episenter gempa bumi pada tanggal 19 November 2009 terletak di tenggara DIY pada kedalaman 10 km.

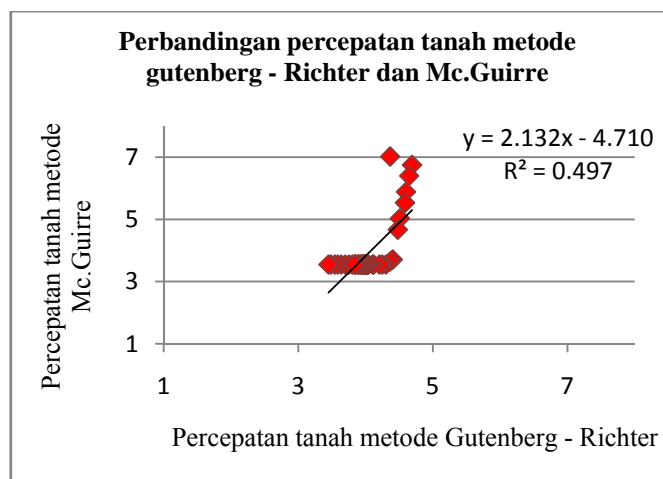
Sebagian besar wilayah Sleman, Kulon Progo, kota Yogyakarta dan Bantul intensitasnya berkisar III MMI, sedangkan Gunung Kidul intensitasnya IV MMI. Gambar 4.9 menunjukkan distribusi intensitas wilayah DIY dari arah tenggara menuju arah barat laut DIY.

Grafik pada gambar 4.14 diperoleh dengan membandingkan data grid input model setelah divalidasi dengan menggunakan metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre. Data grid yang digunakan untuk analisa regresi sebanyak 50 pasang data percepatan tanah dan intensitas. Hasil analisa regresi menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,497 untuk perbandingan nilai percepatan tanah antara metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre. berarti perbandingan nilai percepatan tanah antara metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre tersebut 49,7% kedua variabel tersebut saling berpengaruh dan 50,3 % dipengaruhi oleh faktor lain, seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan. Hal ini menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara besarnya percepatan tanah model Gutenberg - Richter dan nilai model Mc.Guirre. Bentuk persamaan hubungan kedua model tersebut adalah  $y = 2,132x - 4,710$ , artinya jika nilai percepatan tanah dengan

metode Gutenberg – Richter sebagai  $x$  besar maka nilai percepatan tanah dengan metode Mc.Guirre sebagai  $y$  pun besar. Nilai percepatan tanah pada metode Mc.Guirre lebih kecil dibandingkan dengan besarnya percepatan tanah dengan metode Gutenberg–Richter.

Hasil analisa regresi untuk perbandingan intensitas antara metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,295 (lihat pada gambar 4.15). Hal ini berarti bahwa perbandingan nilai intensitas antara metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre tersebut 29,5%, kedua variabel tersebut saling berpengaruh dan 70,5% dipengaruhi oleh faktor lain, seperti terbatasnya data yang tersedia di lapangan. Data ini menunjukkan perbedaan yang signifikan antara besarnya intensitas model Gutenberg - Richter dan nilai model Mc.Guirre. Bentuk persamaan hubungan kedua model tersebut adalah  $y = 0,874x + 0,143$ , artinya jika nilai intensitas dengan metode Gutenberg – Richter sebagai  $x$  besar maka nilai intensitas dengan metode Mc.Guirre sebagai  $y$  pun besar. Nilai yang lebih mendekati nilai di lapangan yaitu metode Gutenberg - Richter, karena parameter yang dibutuhkan tersedia pada data gempa yang terjadi di daerah Yogyakarta pada tanggal 19 November 2009. Pada metode Mc.Guirre nilai yang diperoleh kurang mendekati kenyataan di lapangan, hal ini dikarenakan nilai intensitas pada metode Mc.Guirre diperoleh dari konversi besarnya nilai percepatan tanah yang dikonversikan kedalam besarnya skala MMI. Nilai intensitas pada metode Mc.Guirre dan Gutenberg – Richter setelah divalidasi sama yaitu berkisar III MMI sampai dengan IV MMI, akan tetapi terdapat

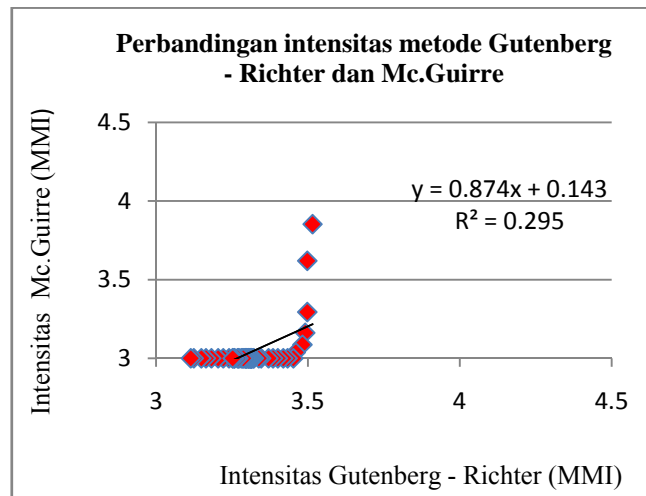
perbedaan yaitu pada metode Gutenberg - Richter wilayah Bantul intensitasnya III MMI sampai dengan IV MMI, sedangkan dengan metode Mc.Guirre wilayah Bantul intensitasnya III MMI. Secara umum nilai percepatan getaran tanah akan lebih besar pada batuan yang lebih keras.<sup>46</sup> Dalam kaitannya dengan intensitas, tidak terdapat hubungan yang cukup berarti antara perhitungan PGA dengan nilai intensitas, hal ini disebabkan oleh nilai intensitas merupakan hasil pengamatan langsung di lapangan yang menggambarkan tingkat kerusakan akibat getaran gempa bumi sedangkan PGA yang digunakan dalam penelitian merupakan pemodelan matematis dan tidak cukup banyak menggambarkan percepatan getaran tanah yang terjadi. PGA nya rendah sedangkan intensitasnya sangat besar. Hal ini disebabkan banyak faktor yang mempengaruhi seperti tingkat respon tanah terhadap getaran, durasi (lama) bergetarnya *ground motion*, dan pertimbangan apakah faktor jarak benar - benar berpengaruh terhadap *ground motion* atau tidak.<sup>47</sup>



Gambar 4.14 Grafik perbandingan nilai percepatan tanah validasi dengan metode Gutenberg - Richter dan Mc.Guirre

<sup>46</sup> Trifunac and Brady. 1975, vol 65 no.1

<sup>47</sup> Hardian Syahputra. 2007, hal.36



Gambar 4.15 Grafik perbandingan nilai intensitas validasi dengan metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

1. Model awal metode Gutenberg – Richter yang dihasilkan menunjukkan intensitas yang terasa di DIY yaitu V MMI, dan besarnya percepatan tanah 11,16 gal sampai dengan 19,99 gal. Hasil validasi model menunjukkan adanya perubahan yaitu intensitasnya hanya III sampai dengan IV MMI. Sedangkan nilai percepatan tanahnya yaitu 3,16 gal sampai dengan 5,12 gal.
2. Model awal metode Mc.Guirre yang dihasilkan menunjukkan nilai intensitas yang terasa di DIY V sampai dengan VI MMI dan percepatan tanahnya 11,07 gal sampai dengan 25,18 gal. Hasil validasi model menunjukkan adanya perubahan yaitu intensitasnya hanya III sampai dengan IV MMI, sedangkan nilai percepatan tanahnya yaitu 3,55 gal sampai dengan 7,5 gal.
3. Evaluasi model menggunakan analisa regresi sederhana, menunjukkan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,497 untuk perbandingan nilai percepatan tanah dan nilai koefisien regresi ( $R^2$ ) sebesar 0,295 untuk perbandingan nilai intensitas.
4. Metode Gutenberg – Richter nilai percepatan tanahnya lebih mendekati kenyataan di lapangan. Sedangkan Mc.Guirre nilainya kurang mendekati nilai di lapangan.
5. Nilai intensitas pada metode Gutenberg – Richter dan Mc.Guirre setelah divalidasi sama yaitu berkisar III MMI sampai dengan IV MMI, akan tetapi

terdapat perbedaan yaitu pada metode Gutenberg - Richter wilayah Bantul intensitasnya III MMI sampai dengan IV MMI, sedangkan dengan metode Mc.Guirre wilayah Bantul intensitasnya III MMI.

## **V.2 Saran**

1. Pada penelitian ini lebih baik menggunakan metode Gutenberg – Richter.
2. Penelitian sebaiknya diadakan secara langsung di daerah penelitian tersebut agar mendapat data yang lebih akurat.
3. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut lagi tentang intensitas dan percepatan tanah di suatu daerah dengan metode – metode lainnya.
4. Dalam menentukan data penelitian hendaklah menggunakan data gempa dengan nilai magnitudo yang besar agar hasilnya lebih bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. 2009. *Seismologi*. ITB; Bandung.
- Grunthal G (ed). 1993. *European Macroseismic scale 1992 (up-dated MSK scale)*. Cahiers du Européen de Géodynamique et de Seismologie; Luxembourg. Vol.7, 79pp.
- Gamma Design Software. 2005. *Interpolation in GS+*. <http://www.geostatistics.com/OverviewInterpolation.html> (23 Juni 2008).
- <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqinthenews/2006/usneb6/> diakses tanggal 21 Desember 2010
- [http://www.bmg.go.id/BMKG\\_Pusat/Geofisika/GempaDirasakan.bmkg](http://www.bmg.go.id/BMKG_Pusat/Geofisika/GempaDirasakan.bmkg) diakses pada tanggal 27 Desember 2010
- Issac B dan Molnar p. 1969. *Mantle Earthquake Mechanisms And The Sinking Of The Lithosphere Nature*.
- Kirbani Sri Brotopuspito, Tiar Prasetya dan Ferry Markus Widigdo." *Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006*" jurnal Geofisika 2006.
- Lay Thorne and Wallace Terry C. 1995. *Modern Global Of Seismology*. Academic Press; U.S.A.
- Magetsari Aziz Noer. 1995. Geologi Fisik. Lab. Geologi Dinamis Teknik Geologi ITB; Bandung
- Milsom John. 2003 . *Field Geophysics*. Third edition., University college; London.
- NCGIA. 2007. *Interpolation: Inverse Distance Weighting*. <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/spherekit/inverse.html> (23 Juni 2008)
- Pramono Gatot h. 2008. *Akurasi Metode Idw Dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi*. Forum Geografi, Vol. 22, No. 1, Juli 2008: 97 – 110
- Santoso, djoko. 2002. "*Pengantar teknik Geofisika*" ITB ; Bandung.
- Saputro Nanang Eko. 2007." *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah maksimum(PGA) akibat dari Gempa utama Yogyakarta 27 Mei 2006 Dan Susulannya Dengan Metode Kanai Pendekatan Sumber Garis Untuk Gempa utama dan Sumber titik Untuk Gempa susulan.*" Skripsi F.MIPA UGM Yogyakarta.
- Subardjo Pri Haryadi. 1993. *Attenuasi Intensitas Gempa Flores 12 Desember 1992*, Proceeding PIT HAGI, Jakarta.
- Subardjo .2008. "*Parameter Gempa bumi*" materi diklat teknis peningkatan kemampuan observasi Geofisika tahun 2008 dilingkungan badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.

- Sulaeman Cecep, Lestari Cendekia Dewi dan wahyu triyoso. *Karakterisasi sumber gempa Yogyakarta 2006 berdasarkan data GPS*. jurnal geologi Indonesia volume 3 no.1 Maret 2008: 49-56)
- Swastika I Putu Agus dan I Made Ady Suardana. 2005. *Sistem Informasi Geografis Potensi Bahaya Gempa bumi di Propinsi Bali*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV; Surabaya.
- Trifunac and Brady. 1979 "On the correlation of seismic Intensity Scale with the peaks of recorded strong ground motion." Bulletin of the Seismological Society of America vol 65 no.1.
- Udias Agustin. 1999. Principle Of Seismology. Cambridge University; U.K.
- Watson, D.F. & Philip G.M. 1985. *A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation*. Geo-Processing 2: 315-327.
- Wikipedia. 2008. *Interpolasi*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Interpolation> (23 Juni 2008).



## LAMPIRAN DATA

### 1. Metode Gutenberg – Richter

NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)
1	109.98	-7.53	3	3.1623	31	110.08	-7.53	3.0251	3.2238
2	109.98	-7.58	3.0323	3.2417	32	110.08	-7.58	3.0585	3.3076
3	109.98	-7.63	3.0648	3.3235	33	110.08	-7.63	3.0922	3.3941
4	109.98	-7.68	3.0974	3.4077	34	110.08	-7.68	3.126	3.4835
5	109.98	-7.73	3.1301	3.4943	35	110.08	-7.73	3.1601	3.5757
6	109.98	-7.78	3.1628	3.5833	36	110.08	-7.78	3.1943	3.6708
7	109.98	-7.83	3.1956	3.6746	37	110.08	-7.83	3.2286	3.7688
8	109.98	-7.88	3.2284	3.7682	38	110.08	-7.88	3.2631	3.8698
9	109.98	-7.93	3.2611	3.864	39	110.08	-7.93	3.2975	3.9736
10	109.98	-7.98	3.2937	3.9619	40	110.08	-7.98	3.332	4.0802
11	109.98	-8.03	3.3261	4.0617	41	110.08	-8.03	3.3665	4.1896
12	109.98	-8.08	3.3583	4.1632	42	110.08	-8.08	3.4008	4.3015
13	109.98	-8.13	3.3901	4.266	43	110.08	-8.13	3.435	4.4157
14	109.98	-8.18	3.4214	4.3699	44	110.08	-8.18	3.4689	4.532
15	109.98	-8.23	3.4522	4.4743	45	110.08	-8.23	3.5023	4.6499
16	110.03	-7.53	3.0131	3.1941	46	110.13	-7.53	3.0361	3.2512
17	110.03	-7.58	3.0459	3.2758	47	110.13	-7.58	3.07	3.3369
18	110.03	-7.63	3.079	3.36	48	110.13	-7.63	3.1042	3.4257
19	110.03	-7.68	3.1123	3.4468	49	110.13	-7.68	3.1387	3.5174
20	110.03	-7.73	3.1456	3.5363	50	110.13	-7.73	3.1733	3.6123
21	110.03	-7.78	3.1791	3.6284	51	110.13	-7.78	3.2082	3.7102
22	110.03	-7.83	3.2127	3.7231	52	110.13	-7.83	3.2432	3.8114
23	110.03	-7.88	3.2463	3.8204	53	110.13	-7.88	3.2785	3.9158
24	110.03	-7.93	3.28	3.9203	54	110.13	-7.93	3.3138	4.0234
25	110.03	-7.98	3.3135	4.0226	55	110.13	-7.98	3.3492	4.1342
26	110.03	-8.03	3.347	4.1272	56	110.13	-8.03	3.3846	4.2482
27	110.03	-8.08	3.3802	4.2339	57	110.13	-8.08	3.42	4.3652
28	110.03	-8.13	3.4132	4.3424	58	110.13	-8.13	3.4553	4.4851
29	110.03	-8.18	3.4458	4.4525	59	110.13	-8.18	3.4904	4.6077
30	110.03	-8.23	3.4779	4.5636	60	110.13	-8.23	3.5253	4.7325

NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)
61	110.18	-7.53	3.046	3.276	96	110.28	-7.78	3.2417	3.8068
62	110.18	-7.58	3.0804	3.3636	97	110.28	-7.83	3.2786	3.9161
63	110.18	-7.63	3.1151	3.4544	98	110.28	-7.88	3.3157	4.0294
64	110.18	-7.68	3.1501	3.5483	99	110.28	-7.93	3.3532	4.147
65	110.18	-7.73	3.1853	3.6456	100	110.28	-7.98	3.3909	4.2689
66	110.18	-7.78	3.2208	3.7462	101	110.28	-8.03	3.4289	4.3952
67	110.18	-7.83	3.2565	3.8503	102	110.28	-8.08	3.4672	4.5261
68	110.18	-7.88	3.2924	3.958	103	110.28	-8.13	3.5056	4.6615
69	110.18	-7.93	3.3285	4.0692	104	110.28	-8.18	3.5441	4.8014
70	110.18	-7.98	3.3648	4.184	105	110.28	-8.23	3.5827	4.9459
71	110.18	-8.03	3.4011	4.3024	106	110.33	-7.53	3.0687	3.3336
72	110.18	-8.08	3.4376	4.4244	107	110.33	-7.58	3.1042	3.4256
73	110.18	-8.13	3.474	4.5498	108	110.33	-7.63	3.1401	3.5212
74	110.18	-8.18	3.5103	4.6784	109	110.33	-7.68	3.1763	3.6205
75	110.18	-8.23	3.5465	4.8101	110	110.33	-7.73	3.2129	3.7237
76	110.23	-7.53	3.0548	3.2981	111	110.33	-7.78	3.2499	3.8308
77	110.23	-7.58	3.0896	3.3874	112	110.33	-7.83	3.2872	3.9422
78	110.23	-7.63	3.1247	3.48	113	110.33	-7.88	3.3249	4.0578
79	110.23	-7.68	3.1602	3.576	114	110.33	-7.93	3.3629	4.178
80	110.23	-7.73	3.1959	3.6754	115	110.33	-7.98	3.4013	4.3029
81	110.23	-7.78	3.232	3.7785	116	110.33	-8.03	3.4399	4.4325
82	110.23	-7.83	3.2683	3.8854	117	110.33	-8.08	3.4789	4.5671
83	110.23	-7.88	3.3049	3.996	118	110.33	-8.13	3.5182	4.7068
84	110.23	-7.93	3.3417	4.1106	119	110.33	-8.18	3.5577	4.8516
85	110.23	-7.98	3.3787	4.2291	120	110.33	-8.23	3.5973	5.0016
86	110.23	-8.03	3.416	4.3517	121	110.38	-7.53	3.0738	3.3466
87	110.23	-8.08	3.4533	4.4783	122	110.38	-7.58	3.1096	3.4397
88	110.23	-8.13	3.4908	4.6089	123	110.38	-7.63	3.1457	3.5365
89	110.23	-8.18	3.5283	4.7434	124	110.38	-7.68	3.1822	3.637
90	110.23	-8.23	3.5657	4.8816	125	110.38	-7.73	3.2192	3.7415
91	110.28	-7.53	3.0624	3.3173	126	110.38	-7.78	3.2565	3.8502
92	110.28	-7.58	3.0975	3.4081	127	110.38	-7.83	3.2942	3.9633
93	110.28	-7.63	3.1331	3.5023	128	110.38	-7.88	3.3323	4.0809
94	110.28	-7.68	3.1689	3.6001	129	110.38	-7.93	3.3708	4.2033
95	110.28	-7.73	3.2052	3.7015	130	110.38	-7.98	3.4096	4.3305

NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)
131	110.38	-8.03	3.4489	4.463	166	110.53	-7.53	3.0814	3.3661
132	110.38	-8.08	3.4885	4.6007	167	110.53	-7.58	3.1175	3.4608
133	110.38	-8.13	3.5284	4.744	168	110.53	-7.63	3.1541	3.5592
134	110.38	-8.18	3.5687	4.8929	169	110.53	-7.68	3.191	3.6616
135	110.38	-8.23	3.6093	5.0477	170	110.53	-7.73	3.2284	3.7683
136	110.43	-7.53	3.0777	3.3565	171	110.53	-7.78	3.2663	3.8793
137	110.43	-7.58	3.1136	3.4503	172	110.53	-7.83	3.3046	3.995
138	110.43	-7.63	3.1499	3.5479	173	110.53	-7.88	3.3433	4.1156
139	110.43	-7.68	3.1867	3.6494	174	110.53	-7.93	3.3825	4.2412
140	110.43	-7.73	3.2238	3.755	175	110.53	-7.98	3.4221	4.3722
141	110.43	-7.78	3.2614	3.8649	176	110.53	-8.03	3.4622	4.5089
142	110.43	-7.83	3.2994	3.9793	177	110.53	-8.08	3.5028	4.6516
143	110.43	-7.88	3.3378	4.0984	178	110.53	-8.13	3.5438	4.8004
144	110.43	-7.93	3.3767	4.2224	179	110.53	-8.18	3.5854	4.9559
145	110.43	-7.98	3.4159	4.3515	180	110.53	-8.23	3.6274	5.1183
146	110.43	-8.03	3.4556	4.4861	181	110.58	-7.53	3.0813	3.3659
147	110.43	-8.08	3.4957	4.6262	182	110.58	-7.58	3.1174	3.4605
148	110.43	-8.13	3.5362	4.7723	183	110.58	-7.63	3.1539	3.5589
149	110.43	-8.18	3.5771	4.9245	184	110.58	-7.68	3.1909	3.6613
150	110.43	-8.23	3.6184	5.0831	185	110.58	-7.73	3.2283	3.7679
151	110.48	-7.53	3.0802	3.363	186	110.58	-7.78	3.2661	3.8789
152	110.48	-7.58	3.1162	3.4574	187	110.58	-7.83	3.3044	3.9946
153	110.48	-7.63	3.1527	3.5555	188	110.58	-7.88	3.3431	4.1151
154	110.48	-7.68	3.1896	3.6577	189	110.58	-7.93	3.3823	4.2407
155	110.48	-7.73	3.2269	3.764	190	110.58	-7.98	3.4219	4.3717
156	110.48	-7.78	3.2647	3.8746	191	110.58	-8.03	3.462	4.5083
157	110.48	-7.83	3.3029	3.9899	192	110.58	-8.08	3.5026	4.6508
158	110.48	-7.88	3.3415	4.11	193	110.58	-8.13	3.5436	4.7996
159	110.48	-7.93	3.3806	4.2351	194	110.58	-8.18	3.5851	4.955
160	110.48	-7.98	3.4201	4.3655	195	110.58	-8.23	3.6271	5.1173
161	110.48	-8.03	3.4601	4.5015	196	110.63	-7.53	3.0799	3.3622
162	110.48	-8.08	3.5005	4.6433	197	110.63	-7.58	3.1159	3.4565
163	110.48	-8.13	3.5414	4.7913	198	110.63	-7.63	3.1524	3.5546
164	110.48	-8.18	3.5827	4.9457	199	110.63	-7.68	3.1892	3.6566
165	110.48	-8.23	3.6244	5.1068	200	110.63	-7.73	3.2266	3.7629

NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat (°)	Long (°)	I (MMI)	a (gal)
201	110.63	-7.78	3.2643	3.8734	236	110.73	-8.03	3.4476	4.4586
202	110.63	-7.83	3.3025	3.9886	237	110.73	-8.08	3.4871	4.5958
203	110.63	-7.88	3.3411	4.1085	238	110.73	-8.13	3.5269	4.7386
204	110.63	-7.93	3.3801	4.2335	239	110.73	-8.18	3.5671	4.8869
205	110.63	-7.98	3.4196	4.3637	240	110.73	-8.23	3.6076	5.041
206	110.63	-8.03	3.4595	4.4995	241	110.78	-7.53	3.0678	3.3312
207	110.63	-8.08	3.4999	4.6412	242	110.78	-7.58	3.1032	3.423
208	110.63	-8.13	3.5407	4.7889	243	110.78	-7.63	3.139	3.5184
209	110.63	-8.18	3.582	4.943	244	110.78	-7.68	3.1752	3.6175
210	110.63	-8.23	3.6237	5.1038	245	110.78	-7.73	3.2118	3.7204
211	110.68	-7.53	3.0771	3.3551	246	110.78	-7.78	3.2487	3.8273
212	110.68	-7.58	3.113	3.4489	247	110.78	-7.83	3.2859	3.9383
213	110.68	-7.63	3.1493	3.5464	248	110.78	-7.88	3.3235	4.0536
214	110.68	-7.68	3.1861	3.6477	249	110.78	-7.93	3.3615	4.1734
215	110.68	-7.73	3.2232	3.7532	250	110.78	-7.98	3.3997	4.2978
216	110.68	-7.78	3.2607	3.8629	251	110.78	-8.03	3.4383	4.427
217	110.68	-7.83	3.2987	3.9771	252	110.78	-8.08	3.4772	4.561
218	110.68	-7.88	3.3371	4.096	253	110.78	-8.13	3.5163	4.7001
219	110.68	-7.93	3.3759	4.2197	254	110.78	-8.18	3.5557	4.8442
220	110.68	-7.98	3.4151	4.3486	255	110.78	-8.23	3.5952	4.9933
221	110.68	-8.03	3.4547	4.4829	256	110.83	-7.53	3.0612	3.3144
222	110.68	-8.08	3.4947	4.6227	257	110.83	-7.58	3.0964	3.405
223	110.68	-8.13	3.5351	4.7684	258	110.83	-7.63	3.1318	3.499
224	110.68	-8.18	3.5759	4.9201	259	110.83	-7.68	3.1676	3.5965
225	110.68	-8.23	3.6171	5.0782	260	110.83	-7.73	3.2038	3.6976
226	110.73	-7.53	3.0731	3.3448	261	110.83	-7.78	3.2402	3.8026
227	110.73	-7.58	3.1088	3.4377	262	110.83	-7.83	3.277	3.9115
228	110.73	-7.63	3.1449	3.5343	263	110.83	-7.88	3.3141	4.0244
229	110.73	-7.68	3.1814	3.6346	264	110.83	-7.93	3.3515	4.1415
230	110.73	-7.73	3.2183	3.739	265	110.83	-7.98	3.3891	4.2629
231	110.73	-7.78	3.2555	3.8475	266	110.83	-8.03	3.427	4.3887
232	110.73	-7.83	3.2932	3.9603	267	110.83	-8.08	3.4651	4.5189
233	110.73	-7.88	3.3312	4.0776	268	110.83	-8.13	3.5034	4.6535
234	110.73	-7.93	3.3696	4.1996	269	110.83	-8.18	3.5417	4.7927
235	110.73	-7.98	3.4084	4.3265	270	110.83	-8.23	3.5802	4.9361

## 2. Metode Mc.Guirre

NO	Lat(°)	Long(°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat(°)	Long(°)	I (MMI)	a (gal)
1	109.98	-7.53	3	3.55	31	110.08	-7.53	3	3.55
2	109.98	-7.58	3	3.55	32	110.08	-7.58	3	3.55
3	109.98	-7.63	3	3.55	33	110.08	-7.63	3	3.55
4	109.98	-7.68	3	3.55	34	110.08	-7.68	3	3.55
5	109.98	-7.73	3	3.55	35	110.08	-7.73	3	3.55
6	109.98	-7.78	3	3.55	36	110.08	-7.78	3	3.55
7	109.98	-7.83	3	3.55	37	110.08	-7.83	3	3.55
8	109.98	-7.88	3	3.55	38	110.08	-7.88	3	3.55
9	109.98	-7.93	3	3.55	39	110.08	-7.93	3	3.55
10	109.98	-7.98	3	3.55	40	110.08	-7.98	3	3.55
11	109.98	-8.03	3	3.55	41	110.08	-8.03	3	3.55
12	109.98	-8.08	3	3.55	42	110.08	-8.08	3	3.55
13	109.98	-8.13	3	3.55	43	110.08	-8.13	3	3.55
14	109.98	-8.18	3	3.55	44	110.08	-8.18	3	3.55
15	109.98	-8.23	3	3.55	45	110.08	-8.23	3	3.55
16	110.03	-7.53	3	3.55	46	110.13	-7.53	3	3.55
17	110.03	-7.58	3	3.55	47	110.13	-7.58	3	3.55
18	110.03	-7.63	3	3.55	48	110.13	-7.63	3	3.55
19	110.03	-7.68	3	3.55	49	110.13	-7.68	3	3.55
20	110.03	-7.73	3	3.55	50	110.13	-7.73	3	3.55
21	110.03	-7.78	3	3.55	51	110.13	-7.78	3	3.55
22	110.03	-7.83	3	3.55	52	110.13	-7.83	3	3.55
23	110.03	-7.88	3	3.55	53	110.13	-7.88	3	3.55
24	110.03	-7.93	3	3.55	54	110.13	-7.93	3	3.55
25	110.03	-7.98	3	3.55	55	110.13	-7.98	3	3.55
26	110.03	-8.03	3	3.55	56	110.13	-8.03	3	3.55
27	110.03	-8.08	3	3.55	57	110.13	-8.08	3	3.55
28	110.03	-8.13	3	3.55	58	110.13	-8.13	3	3.55
29	110.03	-8.18	3	3.55	59	110.13	-8.18	3	3.55
30	110.03	-8.23	3	3.55	60	110.13	-8.23	4	7.5

NO	Lat(°)	Long(°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat(°)	Long(°)	I (MMI)	a (gal)
61	110.18	-7.53	3	3.55	96	110.28	-7.78	3	3.55
62	110.18	-7.58	3	3.55	97	110.28	-7.83	3	3.55
63	110.18	-7.63	3	3.55	98	110.28	-7.88	3	3.55
64	110.18	-7.68	3	3.55	99	110.28	-7.93	3	3.55
65	110.18	-7.73	3	3.55	100	110.28	-7.98	3	3.55
66	110.18	-7.78	3	3.55	101	110.28	-8.03	3	3.55
67	110.18	-7.83	3	3.55	102	110.28	-8.08	3	3.55
68	110.18	-7.88	3	3.55	103	110.28	-8.13	3	3.55
69	110.18	-7.93	3	3.55	104	110.28	-8.18	4	7.5
70	110.18	-7.98	3	3.55	105	110.28	-8.23	4	7.5
71	110.18	-8.03	3	3.55	106	110.33	-7.53	3	3.55
72	110.18	-8.08	3	3.55	107	110.33	-7.58	3	3.55
73	110.18	-8.13	3	3.55	108	110.33	-7.63	3	3.55
74	110.18	-8.18	3	3.55	109	110.33	-7.68	3	3.55
75	110.18	-8.23	3	3.55	110	110.33	-7.73	3	3.55
76	110.23	-7.53	3	3.55	111	110.33	-7.78	3	3.55
77	110.23	-7.58	3	3.55	112	110.33	-7.83	3	3.55
78	110.23	-7.63	3	3.55	113	110.33	-7.88	3	3.55
79	110.23	-7.68	3	3.55	114	110.33	-7.93	3	3.55
80	110.23	-7.73	3	3.55	115	110.33	-7.98	3	3.55
81	110.23	-7.78	3	3.55	116	110.33	-8.03	3	3.55
82	110.23	-7.83	3	3.55	117	110.33	-8.08	3	3.55
83	110.23	-7.88	3	3.55	118	110.33	-8.13	4	7.5
84	110.23	-7.93	3	3.55	119	110.33	-8.18	4	7.5
85	110.23	-7.98	3	3.55	120	110.33	-8.23	4	7.5
86	110.23	-8.03	3	3.55	121	110.38	-7.53	3	3.55
87	110.23	-8.08	3	3.55	122	110.38	-7.58	3	3.55
88	110.23	-8.13	3	3.55	123	110.38	-7.63	3	3.55
89	110.23	-8.18	3	3.55	124	110.38	-7.68	3	3.55
90	110.23	-8.23	3	3.55	125	110.38	-7.73	3	3.55
91	110.28	-7.53	3	3.55	126	110.38	-7.78	3	3.55
92	110.28	-7.58	3	3.55	127	110.38	-7.83	3	3.55
93	110.28	-7.63	3	3.55	128	110.38	-7.88	3	3.55
94	110.28	-7.68	3	3.55	129	110.38	-7.93	3	3.55
95	110.28	-7.73	3	3.55	130	110.38	-7.98	3	3.55

NO	Lat(°)	Long(°)	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat(°)	Long(°)	I (MMI)	a (gal)
131	110.38	-8.03	3	3.55	166	110.53	-7.53	3	3.55
132	110.38	-8.08	3	3.55	167	110.53	-7.58	3	3.55
133	110.38	-8.13	4	7.5	168	110.53	-7.63	3	3.55
134	110.38	-8.18	4	7.5	169	110.53	-7.68	3	3.55
135	110.38	-8.23	4	7.5	170	110.53	-7.73	3	3.55
136	110.43	-7.53	3	3.55	171	110.53	-7.78	3	3.55
137	110.43	-7.58	3	3.55	172	110.53	-7.83	3	3.55
138	110.43	-7.63	3	3.55	173	110.53	-7.88	3	3.55
139	110.43	-7.68	3	3.55	174	110.53	-7.93	3	3.55
140	110.43	-7.73	3	3.55	175	110.53	-7.98	3	3.55
141	110.43	-7.78	3	3.55	176	110.53	-8.03	3	3.55
142	110.43	-7.83	3	3.55	177	110.53	-8.08	3	3.55
143	110.43	-7.88	3	3.55	178	110.53	-8.13	3	3.55
144	110.43	-7.93	3	3.55	179	110.53	-8.18	4	7.5
145	110.43	-7.98	3	3.55	180	110.53	-8.23	4	7.5
146	110.43	-8.03	3	3.55	181	110.58	-7.53	3	3.55
147	110.43	-8.08	3	3.55	182	110.58	-7.58	3	3.55
148	110.43	-8.13	4	7.5	183	110.58	-7.63	3	3.55
149	110.43	-8.18	4	7.5	184	110.58	-7.68	3	3.55
150	110.43	-8.23	4	7.5	185	110.58	-7.73	3	3.55
151	110.48	-7.53	3	3.55	186	110.58	-7.78	3	3.55
152	110.48	-7.58	3	3.55	187	110.58	-7.83	3	3.55
153	110.48	-7.63	3	3.55	188	110.58	-7.88	3	3.55
154	110.48	-7.68	3	3.55	189	110.58	-7.93	3	3.55
155	110.48	-7.73	3	3.55	190	110.58	-7.98	3	3.55
156	110.48	-7.78	3	3.55	191	110.58	-8.03	3	3.55
157	110.48	-7.83	3	3.55	192	110.58	-8.08	3	3.55
158	110.48	-7.88	3	3.55	193	110.58	-8.13	4	7.5
159	110.48	-7.93	3	3.55	194	110.58	-8.18	4	7.5
160	110.48	-7.98	3	3.55	195	110.58	-8.23	4	7.5
161	110.48	-8.03	3	3.55	196	110.63	-7.53	3	3.55
162	110.48	-8.08	3	3.55	197	110.63	-7.58	3	3.55
163	110.48	-8.13	4	7.5	198	110.63	-7.63	3	3.55
164	110.48	-8.18	4	7.5	199	110.63	-7.68	3	3.55
165	110.48	-8.23	4	7.5	200	110.63	-7.73	3	3.55

NO	Lat <sup>o</sup> ()	Long <sup>o</sup> ()	I (MMI)	a (gal)	NO	Lat <sup>o</sup> ()	Long <sup>o</sup> ()	I (MMI)	a (gal)
201	110.63	-7.78	3	3.55	236	110.73	-8.03	3	3.55
202	110.63	-7.83	3	3.55	237	110.73	-8.08	3	3.55
203	110.63	-7.88	3	3.55	238	110.73	-8.13	4	7.5
204	110.63	-7.93	3	3.55	239	110.73	-8.18	4	7.5
205	110.63	-7.98	3	3.55	240	110.73	-8.23	4	7.5
206	110.63	-8.03	3	3.55	241	110.78	-7.53	3	3.55
207	110.63	-8.08	3	3.55	242	110.78	-7.58	3	3.55
208	110.63	-8.13	4	7.5	243	110.78	-7.63	3	3.55
209	110.63	-8.18	4	7.5	244	110.78	-7.68	3	3.55
210	110.63	-8.23	4	7.5	245	110.78	-7.73	3	3.55
211	110.68	-7.53	3	3.55	246	110.78	-7.78	3	3.55
212	110.68	-7.58	3	3.55	247	110.78	-7.83	3	3.55
213	110.68	-7.63	3	3.55	248	110.78	-7.88	3	3.55
214	110.68	-7.68	3	3.55	249	110.78	-7.93	3	3.55
215	110.68	-7.73	3	3.55	250	110.78	-7.98	3	3.55
216	110.68	-7.78	3	3.55	251	110.78	-8.03	3	3.55
217	110.68	-7.83	3	3.55	252	110.78	-8.08	3	3.55
218	110.68	-7.88	3	3.55	253	110.78	-8.13	4	7.5
219	110.68	-7.93	3	3.55	254	110.78	-8.18	4	7.5
220	110.68	-7.98	3	3.55	255	110.78	-8.23	4	7.5
221	110.68	-8.03	3	3.55	256	110.83	-7.53	3	3.55
222	110.68	-8.08	3	3.55	257	110.83	-7.58	3	3.55
223	110.68	-8.13	4	7.5	258	110.83	-7.63	3	3.55
224	110.68	-8.18	4	7.5	259	110.83	-7.68	3	3.55
225	110.68	-8.23	4	7.5	260	110.83	-7.73	3	3.55
226	110.73	-7.53	3	3.55	261	110.83	-7.78	3	3.55
227	110.73	-7.58	3	3.55	262	110.83	-7.83	3	3.55
228	110.73	-7.63	3	3.55	263	110.83	-7.88	3	3.55
229	110.73	-7.68	3	3.55	264	110.83	-7.93	3	3.55
230	110.73	-7.73	3	3.55	265	110.83	-7.98	3	3.55
231	110.73	-7.78	3	3.55	266	110.83	-8.03	3	3.55
232	110.73	-7.83	3	3.55	267	110.83	-8.08	3	3.55
233	110.73	-7.88	3	3.55	268	110.83	-8.13	3	3.55
234	110.73	-7.93	3	3.55	269	110.83	-8.18	4	7.5
235	110.73	-7.98	3	3.55	270	110.83	-8.23	4	7.5