LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERCEPATAN TANAH AKIBAT GEMPA UNTUK KOTA BANDUNG DAN SEKITARNYA DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *"Line Source Probabilistics"*

(An Analysis Tremor-Due City of Bandung Using Line Source Probabilistics Approach)

Diajukan sebagai Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana Teknik Sipil Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

Andi Purnomo

No. Mhs. 00 511 367

Saleh Amanto

No. Mhs. 99 511 254

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Prof. Ir. H. Widodo, MSCE., Ph.D.
Dosen Pembimbing I

Tanggal: 15/7/04

Ir. Lalu Makrup, M.T.
Dosen Pembimbing II

Tanggal:

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini kami persembahkan kepada Orang Tua, kakak dan adik tercinta atas kesabaran, dorongan semangat, dan do'anya.

Serta untuk Seluruh umat manusia diseluruh alam semesta semoga dapat bermanfaat.

ANDY THANX TO :

ALLAH S.W.T,

RASULULLAH S.A.W.

Bpk. H. Achmad Bambang Istowo dan Ibu Hj. Winarti,

Agus Hariyadi S.T. beserta istri dan Anita Tri Kusuma,

Yang Tercinta, ***Aldita Ekasari,*** *makasih atas semua dorongan semangat, dan kasih sayangnya, meskipun bukan yang pertama tapi do'aku* ***engkaulah yang terakhir****....*

F 8, My best man ***Derry*** *"BLACK", keep on fighting BRO!*

Prof. Agus Wahyudi "The Programmer", Doan "lemot", Dimas "tai lalat"(miring mas!),

Ghani-Deep "Petingsing-man", Bayu, Karjo, Fandy, Gandhi AVISI, Indro-QT,

Sussy, Mas Wig Badminton dan Mba' Cici, Tante dan Om Karno, de Mima, Anak-anak PAKAR on 7,

Agus "Cah Mbantoel", Ari "si Moel", Sigit, Sapto, Harex, Yudhi "susu kurus",

Wiwid, Defit, Topeng,(aku duluan yach....), All My Friends at Math '99 UNDIP

Lia "dodol tapi cakep"(sumpah kaya' sinetron), Eru, Lele(pa kabar temenmu),

Dan semua pihak yang ***tidak akan*** *saya sebutkan satu-persatu.*

SALEH "AMAN" THANX TO :

ALLAH S.W.T, wa RASULULLAH S.A.W.

Bapak H. Soetojo dan Ibu Hj. Sri Sukempi,

Alm. Mas Navies (aku udah lulus nih)

Mas Ngarof + Mbak Tiwi

Mbak Pipin+ Mas Teguh

Mas Afiff "Aping" (semoga besok kita ketemu di Belanda)

Keponakan yang mungil-mungil Ichsan, Hafiidh, Saphira, Nasma

Mas Totok sekeluarga yang ngajak kerja di Medan

Jeng Heni "bu dokter cakep yang mebo" & Mas Hendrik

Andi (ganti judul TA lagi nggak?), Zuhdan (makasih Delphinya), Jodi (kapan nginep di hotelmu lagi?), Agus Iwan, Ari, Fajar Grasso (kapan ke semarang lagi?), Fajar Klaten, Satrio+Co2m, Bangun (mie ayam lagi yuk), Fida, Andri (ke laut lagi?), temen2 tk sd smp sma ftsp sadhar smile,

Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan

ANDI N SALEH mengucapkan terima kasih sedalam – dalamnya kepada :

ALLAH SWT, Alhamdullillah kami akhirnya dapat menyelesaiakan Tugas Akhir ini.
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil sebagai tempat menimba ilmu dan menambah pengalaman dalam khasanah dunia pendidikan.
TPSDP, atas kesempatan yang diberikan dalam STUDENT GRANT, berupa bantuan dana dan kesempatan mempresentasikan penelitian ini secara nasional.
Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D. , atas bimbingan dan dorongan untuk selalu berusaha mencari dan mencari, serta tambahan ilmu yang berlimpah.
Bapak Ir. Lalu Makrup, MT. , yang dengan kesabarannya membantu menyelesaikan persamaan-persamaan yang sangat kompleks.
Bapak Ir. H. Sarwidi, MSCE, Ph.D. , sebagai Dosen Tamu dalam siding dan pendadaran, pertanyaan yang mendasar dalam konsep sangat membantu kami dalam berinterospeksi diri.
Ibu Hj. Endang Tantrawati, MT, terima kasih telah memberikan bimbingan akademik kepada kami, masukan – masukan dan pertimbangan yang sangat berguna dalam kepada kami .
Seluruh karyawan – karyawati FTSP yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, atas bantuan dan kelancarannya dalam segala urusan akademik.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmt dan hidayat-Nya, Sholawat serta salam kepada Muhammad Rosul Allah beserta para kerabat da sahabat-sahabat Nabi. Atas rahmat Allah SWT kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul "**Analisis Percepatan Tanah Akibat Gempa untuk Kota Bandung dan Sekitarnya dengan menggunakan penfekatan *Line Source Probabilistics***" sebagai persyaratan untuk menyelesaikan jenjang strata satu (S1) di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, kami banyak menemui kesulitan yang timbul karena keterbatasan kemampuan kami, keterbatasan kemampuan teoritis dan pengalaman. Berkat dorongan dan bimbingan serta motivasi dari berbagau pihak akhirnya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan perhatiannya kepada kami.

1. Bapak Prof. Ir. H. Widodo, MSCE, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir dan selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. Lalu Makrup, MT., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. H. Sarwidi, MSc, Ph.D., selaku Dosen Tamu Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
5. Tim TPSD
6. Seluruh staff pengajar dan karyawan non-edukatif di Jurusan Teknik Sipil FTSP UII.
7. Ibu, Bapak, dan seluruh keluarga tercinta yang selalu mendukung, mendoakan dan memotivasi.
8. Rekan-rekan seperjuangan yang telah membantu penyusunan laporan ini.

Karena bantuan merekalah, penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik mungkin.

Penyusun yakin bahwasannya Tugas Akhir ini jauh dari suatu kesempurnaan, tentunya masih terdapat kekeliruan dan kekurangan. Oleh karenanya, penyusun menyampaikan permohonan maaf dan sekaligus mengharapkan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat seoptimal mungkin.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Juli 2004

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i

HALAMAN PENGESAHAN..... ii

HALAMAN PERSEMBAHAN..... iii

KATA PENGANTAR..... vi

DAFTAR ISI..... viii

DAFTAR TABEL..... xiii

DAFTAR GAMBAR..... xvi

ABSTRAKSI..... xx

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Perumusan Masalah 4

1.3 Batasan Masalah..... 5

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian..... 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 7

2.1 Pendahuluan..... 7

2.2 Keorisinilan penelitian..... 10

2.3 Dasar Teori..... 11

2.3.1 Distribusi Gempa di Indonesia..... 11

2.3.2 Definisi Jarak Pusat Gempa..... 13

2.3.3 Definisi Panjang Patahan..... 14

2.3.4 Definisi Periode Ulang..... 15

2.3.5 Probabilitas apercepatan Tanah Akibat Gempa 15

2.3.6 Atenuasi Percepatan Tanah yang Dipakai..... 20

2.3.6.a Mexican Atenuation..... 20

2.3.6.b Ambraseys & Bommer's..... 21

2.3.6.c Joyner & Boore (1981)..... 22

2.3.6.d Donovan (1972) 22

2.3.6.e Fukushima & Tanaka..... 23

2.3.6.f Youngs..... 23

2.3.7 Evaluasi dari bahaya gempa dilihat sebagai sumber titik (*point source*)..... 24

2.3.8 Evaluasi dari bahaya gempa dilihat sebagai garis patahan (*line source*)..... 29

2.3.9 Penyelesaian Persamaan 31

2.3.9.a Atenuasi Ambraseys & Bommer's..... 31

2.3.9.b Atenuasi Joyner & Boore (1981) 34

2.3.9.c Atenuasi Donovan 35

2.3.9.d Atenuasi Fukushima & Tanaka..... 36

2.3.9.e Atenuasi Young... 38

BAB III METODE PENELITIAN..... 41

3.1 Pendekatan model..... 41

3.1.1 Pemodelan Fisik..... 41

3.1.2 Pemodelan Analisis..... 41

3.2 Parameter Gempa..... 41

3.3 Metode Kajian..... 42

BAB IV KONSIDERAN PENELITIAN..... 46

4.1 Pengumpulan Data Masukan..... 46

4.2 Penyusunan Model..... 46

4.3 Uji Kesahihan dan Analisis Kepekaan..... 47

4.4 Jadwal Penelitian dan Usulan Biaya..... 48

BAB V ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN..... 49

5.1 Analisa Data..... 49

5.1.1 Penyeleksian Gempa dengan Jarak (R) dan Kedalaman (h) tertentu..... 50

5.1.2 Penyeleksian Data berdasarkan Parameter Gempa(mencari β dan N_0)..... 50

5.2 Perhitungan Percepatan Tanah Maksimum..... 55

5.2.1 Perhitungan manual..... 55

5.2.1.a Atenuasi Mexico..... 55

5.2.1.b Atenuasi Ambraseys & Bommer's..... 58

5.2.1.c Atenuasi Joyner & Boore (1981)..... 64

5.2.1.d Atenuasi Donovan (1972)..... 69

5.2.1.e Atenuasi Fukushima & Tanaka..... 73

5.2.1.f Atenuasi Young..... 79

5.3 Perhitungan Menggunakan Program..... 84

5.3.1 Pembukaan..... 85

5.3.2 Tab 1 (Data Gempa)..... 85

5.3.3 Tab 2 (Hitungan Percepatan)..... 87

5.3.4 Tab 3 (Grafik)..... 87

5.4 Analisis Gempa disekitar Kota Bandung (Sukabumi, Tasikmalaya dan Purwakarta)..... 88

BAB VI PEMBAHASAN..... 89

6.1 Pengaruh Fungsi Atenuasi Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum..... 89

6.2 Pengaruh Jarak Epicenter Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum..... 91

6.3 Pengaruh Kedalaman Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum... 93

6.4 Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum.. 95

6.4.1 Soft..... 95

6.4.2 Medium..... 96

6.3.3 Hard..... 97

6.5 Pengaruh Panjang Patahan Terhadap Nilai Percepatan Tanah maksimum..... 99

6.6 Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum Perbandingan hasil kota Bandung dengan Kota-kota di sekitarnya (Sukabumi, Tasikmalaya, Purwakarta)..... 101

6.7 Regresi exponensial..... 103

6.8. Verifikasi 104

6.8.1 Verifikasi program..... 104

6.8.2 Verifikasi Distribusi Poison..... 106

6.9 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu..... 107

6.9 Perbandingan dengan Penelitian Imron Widyatmoko dan Noor Rochman Widiyanto(2004)..... 107

6.9 Perbandingan dengan Penelitian Prof. Wiratman(1995)..... 107

6.10 Sasaran penelitian selanjutnya..... 110

BAB VII KESIMPULAN..... 111

7.1 Kesimpulan..... 111

7.2 Saran..... 112

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai konstanta fungsi atenuasi..... 45

Tabel 5.1 Tabel hasil seleksi data dengan R≤250 km, H≤100 km, Mb≥4..... 50

Tabel 5.2 Tabel perhitungan nilai β dan N_0 untuk kota Bandung..... 53

Tabel 5.3 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung dengan metode Atenuasi Mexico..... 57

Tabel 5.4 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan Atenuasi Ambraseys & Bommer's..... 63

Tabel 5.5 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan Atenuasi Joyner & Boore (1981)..... 68

Tabel 5.6 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan Atenuasi Donovan..... 72

Tabel 5.7 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan Atenuasi fukushima & tanaka..... 78

Tabel 5.8 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan Atenuasi Young..... 72

Tabel 6.1 perhitungan nilai percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi fungsi Atenuasi 89

Tabel 6.2 Tabel perhitungan nilai percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi jarak..... 91

Tabel 6.3 Tabel Variasi kedalaman vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung..... 93

Tabel 6.4.1 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah soft 95

Tabel 6.4.2 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah medium 96

Tabel 6.4.3 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah hard 97

Tabel 6.5 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung dengan variasi panjang patahan 100

Tabel 6.6 Tabel perbandingan nilai percepatan tanah anatar kota..... 102

Tabel 6.7 Tabel Perbandingan nilai percepatan tanah untuk kota Bandung..... 104

Tabel 6.8.1.a Perhitungan Percepatan Tanah untuk Kota Bandung dengan periode ulang 500 tahun..... 105

Tabel 6.8.1.b Perhitungan Percepatan Tanah Kota Purwakarta dengan periode ulang 500 tahun..... 105

Tabel 6.8.1.c Perhitungan Percepatan Tanah Kota Tasikmalaya dengan periode ulang 500 tahun..... 106

Tabel 6.8.1.d Perhitungan Percepatan Tanah Kota Sukabumi dengan periode ulang 500 tahun..... 106

Tabel 6.9.2.a Perbandingan Nilai Percepatan Tanah untuk Kota Bandung 108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Geometri pelat tektonik dunia dan lokasi epicenter..... 1

Gambar 2.1 Daerah distribusi gempa di Indonesia(Irsyam, 1999)..... 11

Gambar2.2 Intensitas gerakan tanah setempat, parameter gempa dan karakteristik daerah sumbernya (Wiratman, 1994)..... 17

Gambar 2.3Probabilitas fungsi kepadatan untuk magnitude gempa bumi(Cornell, 1968)..... 25

Gambar 2.4 Sumber gempa dianggap sebagai garis patahan *(line source)*..... 29

Gambar 2.5 Grafik uji jenis kejadian gempa untuk kota Bandung..... 40

Gambar 3.1a Flow chart penelitian fungsi atenuasi 43

Gambar 3.1b Flow chart penelitian fungsi atenuasi (lanjutan)..... 44

Gambar 5.1. kejadian gempa untuk kota Bandung..... 49

Gambar 5.2 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km 58

Gambar 5.3 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Ambresseys & Boomer's untuk jenis tanah soft, medium Hard..... 63

Gambar 5.4 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Joyner & Boore untuk jenis tanah soft, medium Hard..... 69

Gambar 5.5 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Donovan..... 72

Gambar 5.6 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Fukushima & Tanaka untuk jenis tanah soft, medium, hard..... 78

Gambar 5.7 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Young untuk jenis tanah soft, medium, hard..... 84

Gambar 5.8 Gambar Pembukaan..... 85

Gambar 5.9 Gambar Tab 1(Data Gempa)..... 86

Gambar 5.10 Gambar peringatan Tab1..... 86

Gambar 5.11 gambar Tab 2 (Hitungan Percepatan)..... 76

Gambar 5.12 Gambar Tab 3 (Grafik)..... 77

Gambar 6.1 Grafik periode ulang vs percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi fungsi Atenuasi..... 90

Gambar 6.2 Grafik periode ulang vs percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi jarak..... 92

Gambar 6.3 Grafik Variasi kedalaman vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung dengan batasan jarak≤250 km, panjang patahan = 20 km..... 94

Gambar 6.4.1 Grafik periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah soft dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan = 20 km..... 96

Gambar 6.4.2 Grafik periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah medium dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan = 20 km..... 97

Gambar 6.4.3 Grafik periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah hard dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan = 20 km..... 98

Gambar 6.5 periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung dengan variasi panjang patahan dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan=20 km..... 100

Gambar 6.6 Perbandingan nilai percepatan tanah anatar kota 103

Gambar 6.9.2.a Perbandingan hasil perhitungan penelitian Kota Bandung 108

Gambar 6.9.2.b Perbandingan hasil perhitungan penelitian Kota Purwakarta.... 109

Gambar 6.9.2.c Perbandingan hasil perhitungan penelitian Kota Sukabumi..... 109

Gambar 6.9.2.d Perbandingan hasil perhitungan penelitian Kota Tasikmalaya... 110

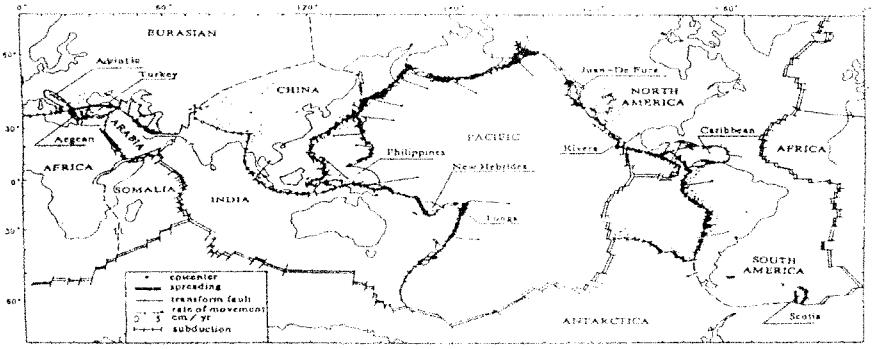
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa karena dilewati oleh dua jalur gempa dunia, yaitu *Circum Pacific Earthquake Belt* dan *Trans Asiatic Earthquake Belt.* Akibat adanya pertemuan dua jalur gempa dunia ini menyebabkan sebagian besar wilayah di Indonesia mempunyai risiko tinggi terhadap terjadinya gempa bumi sewaktu-waktu. Gempa bumi menimbulkan getaran yang sangat berpengaruh terhadap konstruksi bangunan. Oleh karena itu beban gempa perlu dimasukkan dalam perhitungan perencanaan bangunan.

Gempa-gempa besar yang sering terjadi di Indonesia biasanya terjadi karena pergeseran lempeng tektonik secara tiba-tiba yang mengakibatkan terlepasnya energi yang sangat besar. Pergeseran ini bisa terjadi pada daerah batas (pertemuan) dua lempeng, ataupun pada patahan yang tampak di permukaan bumi, seperti patahan San Andreas di California dan patahan Semangko di Sumatera.



Gambar 1.1 geometri pelat tektonik dunia dan lokasi epicenter
(Widodo, Teknik Gempa, 2000, hal 22)

Dari gambar 1.1 dapat dilihat bahwa mekanisme sumber gempa untuk pulau jawa merupakan gempa subdaksi. Gempa pada daerah subdaksi biasanya merupakan gempa dalam yang mempunyai gelombang permukaan yang lebih sedikit, sehingga memberikan spektrum respon yang lebih rendah pada periode tinggi. Oleh karena itu, kota Bandung dan sekitarnya sebagai obyek kota penelitian diasumsikan menggunakan mekanisme gempa subdaksi. Sebagaimana yang telah diusulkan oleh *Idriss* (1991), rumus-rumus atenuasi (akan dijelaskan lebih lanjut dalam bab selanjutnya)yang akan dipakai, untuk gempa subdaksi harus dipisahkan dari gempa patahan.

Dalam perencanaan bangunan, ada beberapa macam beban yang harus ditanggung oleh bangunan. Beban tersebut ada yang bersifat mendominasi dan tidak. Contoh beban yang mendominasi adalah beban gravitasi. Beban gravitasi adalah beban yang harus ditanggung oleh bangunan yang diakibatkan oleh adanya aktivitas diatas bangunan dan berat bangunan sendiri. Beban yang terjadi akibat aktivitas yang ada diatas bangunan biasa disebut beban hidup dan berat dari bangunan biasa disebut beban mati. Dalam perhitungan beban statik, beban gravitasi dapat dinyatakan sebagai beban *ultimit* (yaitu penggabungan perhitungan dari beban mati dan beban hidup setelah dikalikan dengan koefisien).

Beban sementara adalah beban yang tidak selamanya membebani bangunan. Ada beberapa macam beban sementara dan tiap beban tersebut memiliki karakter dan akibat yang berbeda-beda terhadap struktur, seperti beban gempa, beban angin, beban ledakan, dll. Beban gempa adalah bebab yang besar dan kapan terjadinya sangat sulit diprediksi dan merupakan salah satu beban horizontal yang

harus ditanggung oleh bangunan. Beban horizontal yang lain adalah beban angin, angin yang berkecepatan cukup tinggi dan menerpa suatu struktur/bangunan dapat diekivalenkan sebagai suatu gaya yang bekerja/menerpa sekaligus menggetarkan objek yang bersangkutan. Beban dinamik angin umumnya mempunyai frekuensi getaran yang rendah sehingga beban angin akan berpengaruh pada struktur-struktur yang mempunyai frekuensi yang rendah pula.

Dari beban-beban yang ada, perencana sering hanya memperhitungkan beban gravitasi dan beban gempa saja. Hal ini dikarenakan beban-beban tersebut sangat dominan mempengaruhi kekuatan suatu bangunan. Dalam perhitungannya, perencana mengkombinasikan antara kedua beban tersebut dalam beberapa kombinasi untuk mencari momen maksimum yang mungkin terjadi. Sehingga apabila terjadi gempa dengan kekuatan maksimum dan gedung dalam kondisi terpakai dalam kapasitas penuh, gedung tersebut tidak mengalami keruntuhan yang akan membahayakan pemakai.

Tinjauan dasar perencanaan struktur adalah adanya kekuatan dan kestabilan struktur dalam menahan segala kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Beban yang diperhitungkan adalah semua beban yang mungkin membebani struktur, baik beban statis maupun beban dinamis. Beban statis adalah beban yang diakibatkan oleh berat sendiri struktur dan beban luar yang bersifat tetap, sedangkan beban dinamis adalah beban luar yang bersifat sementara dan membebani struktur dan memiliki periode ulang tertentu, misalnya beban akibat angin, dan yang paling diperhitungkan adalah beban dinamis akibat gempa bumi.

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa penentuan percepatan tanah akibat gempa sangat penting untuk ditetapkan. **Riani (2001)** dan **Rochman Widiyanto dan Imron Widyatmoko (2004)** mencari nilai percepatan tanah dengan asumsi sumber gempa yang dipakai adalah sebagai titik. Hasil dari penelitian ini dibuat dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara nilai percepatan tanah dengan periode ulang tertentu. **Wiratman** dalam papernya mengasumsikan sumber gempa sebagai area.

Namun demikian, penelitian-penelitian terdahulu memiliki hasil yang sangat berbeda antara satu dengan yang lainnya meskipun mekanisme sumber gempanya sama yaitu gempa subdaksi. Oleh karena itu diperlukan penelitian secara probabilitas (kemungkinan) terjadinya gempa dalam periode ulang tertentu berdasarkan data historis untuk suatu daerah tertentu dengan metode yang lain yaitu dengan "***line source method***". Jadi penelitian ini sangat perlu untuk dilakukan sehingga dapat dibandingkan hasilnya dengan penelitian terdahulu, hasil yang mana dari keseluruhan penelitian yang lebih mendekati kenyataan.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan melihat latar belakang penelitian, maka sebagai *sample*, peneliti ingin melakukan penelitian untuk mencari besarnya percepatan tanah di Kota Bandung dan sekitarnya dikaitkan dengan nilai kemungkinan periode ulang gempa (5-1000 tahun) yang akan datang. Jadi dengan didapatkannya estimasi nilai percepatan tanah dengan periode ulang tertentu untuk daerah kota Bandung dan

sekitarnya apakah dapat didesain bangunan tahan gempa yang sesuai dengan umur bangunan yang direncanakan?

1.3 Batasan Masalah

Yang menjadi batasan pokok masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. periode ulang gempa yang dipakai adalah (5 -1000 tahun).
2. lokasi penelitian adalah kota Bandung dan sekitarnya (Tasikmalaya, Sukabumi, dan Purwakarta).
3. Atenuasi yang dipakai adalah Mexican atenution, atenuasi Joyner dan Boore (1981), atenuasi Ambraseys dan Bommer's, atenuasi Fukushima dan Tanaka, atenuasi Young dan atenuasi Donovan.
4. $M_0 = 4$
5. M (Magnitude) ≥ 4
6. R(jarak) ≤ 250 km.
7. Depth(kedalaman) ≤ 100 km.
8. Panjang patahan 100 km.
9. Probabilitas kejadian Gempa memiliki nilai melebihi percepatan tanah maksimum *(Y)* adalah 10 %.
10. Perhitungan nilai percepatan tanah dibuat dalam perhitungan manual (dengan bantuan program Excel), dan program Visual Basic.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya nilai percepatan tanah di Kota Bandung dan sekitarnya dengan berdasarkan atas faktor–faktor yang

ada akibat gempa dengan menggunakan beberapa fungsi atenuasi sehingga didapat estimasi nilai percepatan tanah untuk kota Bandung dan sekitarnya. Perhitungan yang dilakukan adalah menggunakan perhitungan secara manual dan program komputer. Perhitungan dengan membuat suatu program komputer dilakukan bertujuan untuk membantu mempermudah perhitungan dan mengkoreksi perhitungan secara manual.

Sedangkan manfaat dari riset ini adalah sebagai dasar pertimbangan dalam menentukan input percepatan tanah sebagai beban dinamik pada suatu bangunan, terutama bangunan tahan gempa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Ketidakpastian didalam desain beban akibat gempa bumi pada umumnya menjadi suatu masalah harus segera dicari penyelesaiannya. Ketidakpastian itu berupa waktu kejadian gempa, lokasi sumber gempa, ukuran atau besar kecilnya gempa, karakter gempa dan berapa kali suatu daerah akan mengalami gempa susulan pada rentan waktu tertentu. Studi yang intensif sudah mulai dilakukan dan banyak ditemukan metode-metode baru untuk mengatasi ketidakpastian tersebut. Tempat-tempat dimana suatu gempa akan terjadi secara kasar telah diketahui, namun untuk hal-hal yang tidak pasti lainnya masih sangat meraba-raba. Usaha-usaha untuk dapat memprediksi kejadian gempa terus dilakukan dan hasilnya telah mengalami banyak kemajuan, akan tetapi masih jauh dari kepastian.

Penelitian yang telah dilakukan untuk menyelidiki nilai percepatan tanah (Peak Ground Acceleration) berdasarkan sumber gempanya yaitu :

1. **Riani (2001), mengambil Tugas Akhir dengan judul Analisis Resiko Gempa Kota Yogyakarta dengan Pendekatan Probabilitas.**

   Pokok permasalahan yang diteliti oleh Riani (2001) adalah bagaimana memperkirakan besarnya percepatan gempa pada batuan dasar yang akan terjadi di Kota Yogyakarta dikaitkan dengan nilai kemungkinan periode ulang gempa (5-1000 tahun) yang akan datang. Sehingga didapatkan

besarnya percepatan gempa pada batuan dasar yang akan terjadi pada setiap periode ulang gempa (5-1000 tahun) dalam radius 500 km dari Kota Yogyakarta dengan menggunakan metode Gumbel dengan tujuh macam fungsi atenuasi. Dari data yang ada yang meliputi waktu kejadian (tahun), lokasi (lintang, bujur), kedalaman dan maginitude gempa kemudian diadakan penyeleksian data gempa. Agar diperoleh data gempa utama yang memenuhi persyaratan sebagai data gempa utama dalam radius 500 km dari kota Yogyakarta, dengan kedalaman maksimum 200 km dan momen magnitudenya minimal 5 serta memenuhi *Catalog Completeness*.

Dalam Tugas Akhir ini, Riani mencari nilai PGA kota Yogyakarta berdasarkan data gempa kota Yogyakarta dengan periode ulang tertentu. Dalam penelitian ini sumber gempa yang dipakai adalah diasumsikan sebagai titik. Hasil dari penelitian ini dibuat dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara nilai percepatan tanah dengan periode ulang tertentu. Hasil tersebut dikatakan kurang realistis karena nilai percepatan tanah masih sangat kecil dari yang seharusnya. hal ini dimungkinkan terjadi karena sumber gempa dianggap sebagai titik.

2. **Wiratman(1995), melakukan penelitian dan dikemukakan dalam papernya yang berjudul Key Features Of The Current Indonesia's Seismic Design Code, its Possible Future Revisions and Impact on Tall Buildings.**

   Dalam papernya, Wiratman sebagai President director PT. Wiratman & Associates, mengemukakan nilai PGA kota Jakarta berdasarkan data

gempa kota tersebut dengan periode ulang tertentu. Dalam penelitian ini sumber gempa yang dipakai adalah diasumsikan sebagai area. Setelah dibuat dalam bentuk grafik yang menyatakan hubungan antara nilai percepatan tanah dengan periode ulang tertentu, hasil dari penelitian ini sangat berbeda dengan hasil dari penelitian riani, meskipun kota yang diteliti berbeda, seharusnya tidak jauh berbeda karena sama-sama merupakan daerah gempa subdaksi.

3. **Noor Rochman Widiyanto dan Imron Widyatmoko(2004), mengambil Tugas Akhir dengan judul Analisis Percepatan Tanah Akibat Gempa Untuk Kota Bandung dan Sekitarnya Dengan Pendekatan *"Point Source Probabilistics"***

   Pokok permasalahan yang diteliti adalah mencari nilai percepatan tanah untuk kota Bandung dan sekitarnya dengan metode "***Point Source Probabilistics"***, tahap penyeleksian datanya dengan 3 tahap untuk I kota yang diteliti yaitu mencari data gempa yang terjadi dalam radius 200 Km, kedalaman pusat gempa maksimum 200 Km, dan momen magnitude gelombang badan (mb) minimum 5. Dalam penelitian ini peneliti juga mencari fungsi atenuasi berdasarkan variasi jenis tanah. Selain variasi jenis tanah peneliti juga mencari variasi jarak. Perhitungan percepatan tanah rencana yang dilakukan menggunakan Metode statistik jenis I (Distribusi Gumbel).

2.2 Keorisinilan penelitian

Perbedaan dengan peneliti terdahulu yaitu secara garis besar metode yang dipergunakan (anggapan sumber gempa) adalah berbeda. Peneliti yang pertama dan ketiga menggunakan anggapan sumber gempa berupa titik, untuk peneliti yang kedua menggunakan anggapan bahwa sumber gempa adalah area, sedangkan penelitian kali ini menggunakan anggapan sumber gempa sebagai garis.

Metode yang dipergunakan dari penelitian terdahulu juga berbeda dengan penelitian kali ini. Untuk penelitian yang dilakukan oleh Riani (2001), Noor Rochman Widiyanto dan Imron Widyatmoko (2004), menggunakan metode statistik jenis I (*Distribusi Gumbel*). Sedangkan penelitian kali ini menggunakan metode distribusi *Poison*.

Selain kedua perbedaan tersebut diatas, penelitian kali ini juga membuat program dengan bantuan software Visual Basic untuk mempercepat proses analisa data dan perhitungan nilai percepetan tanah. Selama ini belum ditemukannya penelitian serupa yang membuat program terutama menggunakan Visual Basic.

Karena anggapan sumber gempa yang berbeda, metode penelitian yang dipergunakan berbeda, dan dibuatnya program menggunakan software Visual Basic, maka penelitian kali ini dapat dipertanggungjawabkan keorisinilannya.

2.3 Dasar Teori

2.3.1 Distribusi Gempa di Indonesia

Menurut Hendrajaya[1)] (1990) penyebaran gempa bumi di wilayah Indonesia terkonsentrasi di daerah subdaksi. Pada busur kepulauan Sumatera-Jawa-Nusa Tenggara-Banda, lempeng tektonik Indo-Australia menghujam di bawah lempeng Eurasia, sedangkan di Indonesia Timur terdapat pergeseran konvergen antara lempeng Pasifik dengan ujung utara lempeng Australia dan subduksi lempeng Pasifik di bawah pinggiran lempeng Eurasia Tenggara.

Sepasang zona penunjaman lempeng tektonik merupakan daerah gempa sehingga kedalaman pusat gempa berkaitan dengan jauhnya penunjaman tersebut. Setiap tahunnya kepulauan Indonesia tercatat rata-rata sebanyak 460 gempa dengan magnitude sama atau lebih besar dari 4 skala Richter, berarti setiap hari terjadi rata-rata 1,26 kejadian gempa. Sebagian besar merupakan gempa dangkal (merusak) yaitu 60 %, gempa menengah sebanyak 35 % dan gempa dalam 5 %.



Gambar 2.1 Daerah distribusi gempa di Indonesia (Irsyam, 1999)

Peta penyebaran episenter gempa di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 2.1. Di Sumatera, sebagian besar episenter gempa dangkal tersebar di pantai barat mulai dari Aceh sampai Sumatera Selatan. Di bagian timur hampir tidak terdapat gempa sedangkan di daerah selat Sunda banyak ditemui pusat gempa. Gempa dangkal di pulau Jawa terutama tersebar di daerah lepas pantai selatan dan beberapa buah berlokasi di daratan Jawa Barat bagian selatan. Di Jawa-NusaTenggara-Banda gempa dangkal lebih terkonsentrasi di bagian selatan dan makin ke utara kedalamannya bertambah.

Wilayah Indonesia Timur mempunyai aktivitas kegempaan yang lebih tinggi dibanding Indonesia Barat. Gempa dengan berbagai kedalaman terdapat di daerah Laut Banda, daerah Halmahera, Sulawesi Utara dan Irian Jaya bagian utara.

Secara umum zona subdaksi di Indonesia dapat dibedakan atas 4 jenis :

1. Zona penunjaman pendek, terdapat di daerah Sumatera. Gempa terdalam yang tercatat disini adalah 200 km dengan sudut penunjaman 250°. Terbatasnya kedalaman gempa disebabkan. Lempeng Indo-Australia menghujam tidak tegak lurus di bawah lempeng Eurasia.
2. Zona penunjaman dalam dengan daerah aseismik, terdapat di Jawa sampai dengan Nusatenggara. Kedalaman pusat gempa disini mencapai 650 km dengan sudut penunjaman 50°. Pada kedalaman antara 250 - 550 km terdapat zona aseismik yang menyempit ke arah timur.
3. Zona subdaksi berbentuk cekung, terdapat di derah Laut Banda. Bentuk cekungan terjadi karena penunjaman lempeng dari arah utara, timur dan

selatan sehingga terjadi palung samudera membentuk setengah lingkaran. Gempa terdalam di zona ini 650 km dengan sudut penunjaman bervariasi dari 5° sampai 750°.

4. Zona subduksi berbentuk cembung, terdapat di daerah Halmahera. Penunjaman lempeng tektonik masing-masing dari arah barat dan arah timur membentuk zona subdaksi ini. Kedalaman gempa maksimum di bagian barat 635 km dan bagian timur 275 km, sedangkan sudut penunjaman di bagian barat berkisar 35° dan timur 550°.

Zona subdaksi di Indonesia bagian timur lebih kompleks dibanding Indonesia bagian barat sehingga frekuensi kejadian gempa di timur lebih besar daripada di barat. Berdasarkan kondisi geologi, daerah sumber gempa yang ada di Pulau Jawa dapat dibedakan menjadi zona subduksi dan zona kerak dangkal (shallow crustal). Zona subduksi adalah klarifikasi untuk semua kejadian gempa yang terjadi di batas pertemuan dua lempeng dengan mekanisme di mana salah satu lempeng menghujam ke bawah lempeng lainnya. Untuk Pulau Jawa pergerakan yang terjadi adalah lempeng Australia yang menghujam ke bawah lempeng Eurasia, tegak lurus terhadap palung Jawa. Kota yang akan diteliti(yaitu Bandung dan sekitarnya) termasuk dalam zona subdaksi sehingga persamaan atenuasinya juga merupakan atenuasi subdaksi.

2.2 Definisi Jarak Pusat Gempa[2)]

Spektrum respon pada batuan mempunyai bentuk yang berbeda tergantung jarak episenternya (near-field, mid-field, dan far-field). Jitno et. al.

---

2) Riana, A.T., 2001, "Analisis Resiko Gempa Kota Yogyakarta dengan Pendekatan Probabilitas".

(1995) menyajikan hasil analisis gempa Loma Prieta, yang dilakukan Mohraz (1992), yang memperlihatkan adanya pengaruh jarak episenter terhadap bentuk spektrum respon.

Gempa near-field memberikan respon yang tinggi pada perioda yang rendah tapi mengecil secara drastis dengan bertambahnya perioda. Di lain pihak, gempa *far-field* memberikan respon yang hampir sama besarnya dengan gempa *near-field* pada perioda rendah tetapi responnya terlihat konstan sampai perioda sekitar satu detik. Mohraz juga menemukan kecenderungan yang serupa pada bentuk spektrum respon pada tanah alluvium. Hal ini menunjukkan adanya perubahan rentang frekuensi gempa dengan semakin jauhnya suatu daerah yang ditinjau ke episenter.

Dari data gempa yang telah terjadi dalam kurun waktu 100 tahun terakhir memiliki lokasi tertentu(lintang dan bujur). Sehingga dapat dihitung jarak antara lokasi kejadian gempa tersebut dengan episenter menggunakan rumus :

$$R = \sqrt{((La - Lt).111)^2 + ((Ba - Bt).111)^2} \quad \text{.....(2.1)}$$

dimana R = jarak

La = Lintang asal(kota bandung dan sekitarnya)

Lt = Lintang target

Ba = Bujur asal(kota bandung dan sekitarnya)

Bt = Bujur target

2.3.3 Definisi Panjang patahan[3)]

Panjang patahan (km) merupakan panjang pelat tektonik yang mengalami pergerakan subdaksi yang diasumsikan sebagai sumber gempa.sedangkan batasan

3) Seismic scalling Relations,Haskell Source Model

untuk panjang patahan itu sendiri harus dihubungkan dengan skala kegempaan yang telah diketahui, hubungan dengan skala kegempaan tersebut dapat dilihat dalam persamaan berikut,

$$\log L = M_S / 2 - 1.94 \text{ untuk } 6.4 < M_S \leq 7.8 \quad \text{.....(2.2)}$$

Apabila diambil M_S sebesar 6.5, maka nilai panjang patahan adalah

Log L = 6.5/2 – 1.94

L =20 km

2.3.4 Definisi Periode Ulang[4)]

Setiap kejadian gempa mempunyai peluang untuk terjadi kembali dalam kurun waktu tertentu. Panjangnya kurun waktu itulah yang disebut periode ulang. Periode ulang yang dipakai sebagai dasar penelitian ini adalah periode ulang 500 tahun.. Menurut Paulay, dengan probabilitas $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun} \quad \text{.....(2.3)}$$

Nilai tersebut digunakan untuk wilayah gempa besar. Karena Indonesia termasuk dalam wilayah gempa besar (survival limit state) maka periode ulang yang dipakai adalah periode ulang 500 tahun. Bab probabilitas akan dibahas pada sub bab berikutnya.

2.3.5 Probabilitas Percepatan Tanah Akibat Gempa[5)]

Penentuan resiko gempa secara analitik telah dimungkinkan berkat sifat-sifat peristiwa gempa, sebagaimana halnya juga beberapa gejala alam lainnya seperti

---

4) Paulay, T., Priestley, M.J.N. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. John Wiley and Sons hal. 65.

5) Wangsadinata, Wiratman, 1994, "Resiko Gempa di Indonesia", Seminar sehari, PT. Wiratman & Associates, 5 Februari 1994.

banjir sungai, yang merupakan proses stokastik yang dapat direpresentasikan dengan suatu model matematik dari suatu sistem fisik tertentu yang berubah menurut hukum-hukum probabilitas. Karena itu, dengan mengetahui sejarah kegempaan suatu daerah yang diperoleh dari pengamatan atau rekaman di masa yang lalu, resiko tercapainya atau dilampauinya suatu intensitas gerakan tanah setempat tertentu di masa yang akan datang, dapat ditentukan dengan menerapkan kaidah-kaidah matematika statistik.

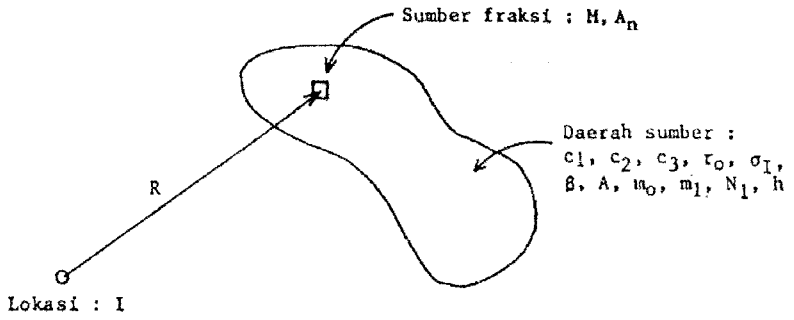
Puncak percepatan tanah yang diharapkan untuk lokasi tertentu dengan periode ulang rata–rata tertentu, akan didefinisi sebagai prosedur analisis perencanaan bangunan tahan gempa. Prosedur ini akan menggunakan perhitungan numerik integral ganda untuk menghitung secara keseluruhan efek gempa bumi dari semua sumber atenuasi gempa bumi berdasarkan dari jarak antara pusat sumber gempa bumi sampai dengan lokasi tertentu tersebut.

Dalam menganalisa resiko gempa bumi ada beberapa data yang harus telah diketahui. Pada dasarnya analisa ini mengolah intensitas gempa lokal(puncak percepatan tanah) untuk beberapa periode ulang rata–rata tertentu. Dalam perhitungan, beberapa data–data yang harus diketahui adalah :

1. Lokasi dimana analisa resiko gempa bumi akan dilakukan.
2. Area sumber gempa, masing-masing yang merupakan area dimana gempa bumi mungkin terjadi di sembarang tempat dalam batas magnitude tertentu dan dibatasi oleh karakterisik jenis gempa sebagai berikut :

a. frekuensi terjadinya gempa bumi tahunan dengan magnitude lebih besar dari batas minimum (Mo = 4).
b. magnitude gempa bumi maksimum yang diharapkan berdasarkan riwayat geologi dan mekanisme letak fokus yang tersebar luas.
c. distribusi frekuensi magnitude Gutenberg-Richter yang memberikan jumlah gempa bumi tahunan lebih besar dari yang diperkirakan.
d. Nilai rata–rata atenuasi, hubungan dari intensitas lokal sampai dengan magnitude dengan jarak pusat gempa. Dengan catatan standar deviasi dari data yang ada juga diketahui.

Menurut Wiratman(1994), apabila terjadi suatu gempa(gambar 2.2), intensitas gerakan tanah pada suatu lokasi tertentu I, dapat dinyatakan dalam satu atau beberapa parameter, seperti percepatan maksimum tanah, logaritma alami dari percepatan maksimum tanah, Modified Mercally Intensity (MMI), power spectral density, dll.



Gambar 2.2 Intensitas gerakan tanah setempat, parameter gempa dan karakteristik daerah sumbernya. (Wiratman, 1994)

Korelasi antara intensitas gerakan tanah setempat (I) dan magnitude (M) serta jarak sumber (R) dari suatu sumber titik dalam daerah sumber, telah dijabarkan oleh sejumlah penyelidik berdasarkan data pengamatan di masa yang lalu. Persamaan korelasi atau yang lebih dikenal dengan fungsi atenuasi, telah ditentukan dengan memakai metoda penyesuaian kuadrat terkecil terhadap data pengamatan yang tersebar. Dalam hal ini, fungsi-fungsi atenuasi rata-rata yang dipublikasikan dalam literatur pada umumnya mempunyai bentuk umum atau dapat dirubah menjadi bentuk umum.

Untuk tujuan desain struktur, sangat penting bahwa derajat getaran tanah didefinisikan sebagai suatu kode dalam suatu grafik puncak percepatan tanah. Desain percepatan respon spektrum berhubungan langsung dengan grafik puncak percepatan tanah. Hal ini merupakan penyederhanaan dari respon spektrum standar yang diadopsi menjadi bentuk yang ideal. Dengan mengambil keterangan kedalam perhitungan sebagai periode alam yang mendekati nol, nilai dari percepatan spektrum mendekati puncak nilai percepatan tanah.

Parameter yang paling penting dari semua analisa resiko gempa bumi adalah fungsi atenuasi, karena merupakan spesifikasi dari karakteristik daerah yang untuk Indonesia sendiri masih belum jelas nilainya. Meskipiun demikian, untuk nilai puncak percepatan tanah rata–rata dari fungsi atenuasi memiliki beberapa standar deviasi dari setiap data.

Dapat dituliskan dalam rumus logaritma umum sebagai berikut :

Bentuk Umum Persamaan Atenuasi

$$\ln a = \ln c_1 + c_2 M - c_3 \ln (R + r_0) \quad \text{.....(2.4)}$$

Dimana : a = nilai puncak percepatan tanah (cm/s^2)

M = magnitude (Richter)

R = jarak pusat gempa (Km)

Sedangkan c_1, c_2, c_3, r_0 adalah konstanta

Diketahui secara luas dan sangat terkenal bahwa nilai rata–rata dari fungsi atenuasi untuk puncak percepatan tanah yang diperkenalkan oleh *Donovan(1974).* Dari 678 data pergerakan kuat dari *accelerograph*, beliau menemukan bahwa standar deviasi dari data miliknya adalah sekitar $\sigma_{\ln a} = 0{,}84$.

Dengan nilai rata–rata fungsi atenuasi didapatkan dengan konsanta $c_1 = 1080$, $c_2 = 0.5$, $c_3 = 1.32$, $r_0 = 25$ maka *Donovan (1974)* memiliki nilai rata–rata fungsi atenuasi menjadi :

$$\ln a = 6.98 + 0.5\,M - 1.32 \ln (R + 25) \quad \text{.....(2.5)}$$

Dipercaya bahwa gempa bumi mewaliki sebuah perkiraan yang konservatif dari rata–rata puncak percepatan tanah di permukaan pada lokasi tertentu dengan 6 m atau lebih lapisan tanah yang terhampar diatas batuan dasar.

Perlu dicatat bahwa dalam memakai nilai rata–rata fungsi atenuasi yang dikemukakan *Donovan (1974)* dalam analisa resiko gempa, konstanta regional c_1, c_2, c_3 ,dan r_0 terkadang perlu dimodifikasi, hal itu perlu dilakukan dengan tujuan penyederhanaan. Jika akan digunakan pada jenis tanah yang berbeda, maka nilai dari c_1 yang harus disesuaikan, bersamaan dengan perubahan nilai konstanta tersebut maka nilai amplifikasi pergerakan permukaan harus diubah juga. Semakin tinggi nilai c_1 maka semakin signifikan perubahan nilai amplifikasi.

Sebagai tambahan, standar deviasi dari data mungkin perlu disesuaikan untuk mengakomodasi perbedaan penyebaran data.

2.3.6 Atenuasi Percepatan Tanah yang Dipakai[6)]

Percepatan tanah merupakan parameter gerakan tanah akibat gempa yang paling sering digunakan. Atenuasi percepatan tanah yang dipakai dalam penelitian ini adalah atenuasi untuk daerah subdaksi karena daerah yang akan diteliti terletak pada daerah subdaksi. Dipilihnya suatu perrcepatan tanah karena adanya suatu kenyataan bahwa suatu gaya akan terjadi pada suatu massa yang bergerak yang mempunyai percepatan. Sebagaimana parameter lain, percepatan tanah juga akan mengalami atenuasi yaitu berkurangnya nilai parameter gempa misalnya percepatan tanah karena jarak. Usulan atenuasi percepatan tanah akibat gempa dalam berbagai formulasi telah diteliti oleh para ahli geofisika sejak lama.

2.3.6.a Mexican Atenuation

$$Y = b_1 e^{b_2 M} R^{-b_3} \quad \text{.....(2.6)}$$

$$R = \sqrt{r^2 + h^2 + 20^2} \quad \text{.....(2.7)}$$

dengan Y = percepatan gerakan tanah (cm/dt^2)

r = epicenter distance (km)

h = depth of hypocenter (km)

b_1, b_2, b_3 = konstanta dengan nilai $b_1 = 2000$, $b_2 = 0.8$, $b_3 = 2.0$

Atenuasi ini dipakai karena daerah Mexico adalah daerah subdaksi.

---

6) Cornell, C.Allin, 1968, "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of The Seismological Society Of America Vol 58 no. 5 PP 1583-1606 Oktober 1968.

2.3.6.b Ambraseys & Bommer's

Persamaan atenuasi menurut Ambraseys and Bommer's

Untuk tanah menengah (*medium*)

$$\log Y = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \log R \quad \text{.....(2.8)}$$

$$R = \sqrt{\left(r_a^{\,2} + h^2\right)} \quad \text{.....(2.9)}$$

Untuk tanah lunak *(soft)* dan keras *(hard)*

$$\log Y = c_1 + c_2 M_s + c_3 R - \log R + c_4 S \quad \text{.....(2.10)}$$

Dengan Y = percepatan gerakan tanah (g)

R = jarak terdekat ke *repture* (km)

M_s = magnituda gelombang permukaan

r_a = epicenter distance (km)

h = depth of hypocenter (km)

S = untuk tanah lunak *(soft)* = *1*

untuk tanah keras *(hard)* = 0

a. untuk tanah sedang (medium)

a_1, a_2, a_3 = konstanta dengan nilai $a_1 = -0.87, a_2 = 0.217,$

$a_3 = -0.00117$

b. untuk tanah lunak (soft) dan keras (hard)

c_1, c_2, c_3, c_4 = konstanta dengan nilai $c_1 = a_1 = -0.88$, $c_2 = a_2 = 0.211,$

$c_3 = a_3 = -0.00084$, dan $c_4 = a_4 = 0.034$

Atenuasi ini dipakai karena atenuasi ini berlaku pada daerah subdaksi.

2.3.6.c Joyner & Boore (1981)

Persamaan atenuasi menurut Joyner & Boore *(1981)*

$$\log Y = C + d_1 M_w + d_2 R - \log R \quad \text{.....(2.11)}$$

$$R = \sqrt{r_j^{\,2} + 7{,}3^2} \quad \text{.....(2.12)}$$

dengan Y = percepatan gerakan tanah puncak (g)

M_w = momen magnituda

$C = d_3$ = untuk tanah lunak *(soft)* = -1,24

untuk tanah menengah *(medium)* = -1,02

untuk tanah keras *(hard)* = - 0,87

d_1, d_2 = konstanta dengan nilai

$d_1 = 0.249, \quad d_2 = -0.00255$

Atenuasi ini dipakai karena atenuasi ini berlaku pada daerah subdaksi.

2.3.6.d Donovan (1972)

Persamaan atenuasi menurut Donovan

$$\ln Y = n_1 + n_2 M - n_3 \ln(R + 25) \quad \text{.....(2.13)}$$

$$R = \sqrt{r^2 + h^2} \quad \text{.....(2.14)}$$

dengan Y = percepatan gerakan tanah puncak (cm/dt^2)

M = magnitude lokal (Richter)

r = epicenter distance (km)

h = depth of hypocenter (km)

n_1, n_2, n_3 = konstanta dengan nilai $n_1 = 7.20$, $n_2 = 0.5$, $n_3 = 1.5$

Atenuasi ini dipakai karena atenuasi ini berlaku pada daerah subdaksi.

2.3.6.e Fukushima & Tanaka

Persamaan atenuasi menurut Fukushima & Tanaka

$$\log y = 0{,}41M - \log\left(R + 0{,}032.10^{0.41M}\right) - 0{,}0034R - C \quad \text{.....(2.15)}$$

dengan Y = percepatan gerakan tanah puncak (cm/s^2)

M_s = momen magnitude

R = jarak terdekat ke *repture* (km)

C = untuk tanah lunak *(soft)* =1,45

untuk tanah menengah *(medium)* = 1,30

untuk tanah keras *(hard)* = 1,08

Atenuasi ini dipakai karena atenuasi ini berlaku pada daerah subdaksi.

2.3.6.f Young

Persamaan atenuasi menurut Young

$$\ln Y = C + 1.438M_W - 2.552\ln\left(R + 1.7818e^{0.554M_W}\right) +$$

$$0.00607H + 0.3846Z_t \quad \text{.....(2.16)}$$

Dengan Y = percepatan gerakan tanah (g)

R = jarak terdekat ke *repture* (km)

M_W = magnituda lokal (Richter)

R = Jarak terdekat ke rupture (km)

H = kedalaman (km)

Zt=Tipe sumber, 0 = untuk interface

1= untuk interslab

C = untuk tanah lunak *(soft)* = 0,58

untuk tanah menengah *(medium)* = 0,2418

untuk tanah keras *(hard)* = -0,26

Atenuasi ini dipakai karena atenuasi ini berlaku pada daerah subdaksi.

2.3.7 Evaluasi dari bahaya gempa dilihat sebagai sumber titik[7] (*point source*)

Metode ini merupakan gambaran sederhana dimana daerah gempa dapat dibatasi dan diasumsikan sebagai titik. Gempa bumi dapat terjadi secara acak tetapi dengan frekuensi kejadian rata-rata diberikan dengan persamaan-persamaan matematika.

Di dalam teori dari bahaya gempa sebagai beban taksiran, terkadang gempa bumi diasumsikan terjadi secara acak sebagai kejadian bebas. Hal ini belum tentu benar karena pengetahuan perilaku dari patahan secara geologi. Bagaimanapun,

jika asumsi dari metode ini dibuat, maka kejadian gempa bumi akan mengikuti distribusi *Poisson* yang kemudian kemungkinan pasti jumlah (*n)* gempa bumi yang melebihi magnitude (M_0) terjadi di setiap satu tahun dapat diperlihatkan dalam persamaan berikut :

$$P(n)=\frac{N_0^n e^{-N_0}}{n!} \qquad \text{.....(2.17a)}$$

dimana N_0 adalah frekuensi tahunan rata-rata gempa bumi yang lebih besar dari magnitude terkecil (M_0).

---

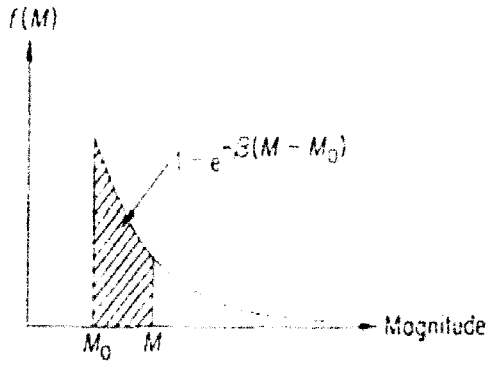
7) Cornell, C.Allin, 1968, "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of The Seismological Society Of America Vol 58 no. 5 PP 1583-1606 Oktober 1968.

$$N_0 = \frac{Filter_1}{Filter_2} \quad \text{.....(2.17b)}$$

Filter $_1$ = jumlah data yang memenuhi kriteria dalam radius tertentu (km), kedalaman tertentu (km)

Filter $_2$ = jumlah data yang memenuhi kriteria dalam radius tertentu (km), kedalaman tertentu (km) dan M≥4

Digambarkan seperti itu karena gempa bumi telah terjadi, maka probabilitas kepadatan dari magnitude (f(M)) akan menjadi fungsi pengurangan, seperti yang terlihat dalam gambar 2.3



Gambar 2.3. Probabilitas fungsi kepadatan untuk magnitude gempa bumi (Cornell, 1968)

Oleh karena itu, probabilitas dari magnitude yang berada diantara M_0 dan M adalah,

$$F(M) = \int_{M_0}^{M} f(M)dM \quad \text{.....(2.18)}$$

Bagaimanapun, Epstein dan Lomnitz (1966) menganjurkan bahwa model yang cocok untuk gempa bumi dapat diambil dalam bentuk :

$$F(M) = 1 - \exp\left[-\beta(M - M_0)\right] \quad \text{.....(2.19)}$$

dengan melihat persamaan diatas maka f(M) dapat diketahui dengan menurunkan persamaan (2.15). $d(F(M)) = d(1 - \exp[-\beta(M - M_0)])$

$$f(M) = d(1 - \exp[-\beta(M - M_0)])$$

$$= -\beta(-\exp[-\beta(M - M_0)])$$

$$= \beta(\exp[-\beta(M - M_0)]) \quad \text{.....(2.20)}$$

Dimana, koefisien $\beta = b \ln 10$ .....(2.21)

Sedangkan b dapat dicari dari analisa data gempa dalam kurun waktu 100 tahun kota Bandung yaitu, hubungan antara frekuensi dan ukuran gempa dinyatakan dalam bentuk,

$LogN = a + bM$ .....(2.21a)

dimana, M = ukuran gempa (magnitude).

N = jumlah gempa yang Magnitudenya ≥ 4 pada periode tertentu.

Dari persamaan (2.21a), untuk tujuan ploting data, maka cara yang umum dipakai adalah regresi *(fitting)*. Apabila nilai Log N = y, maka untuk i = 1,2,3,4,...,n secara umum persamaan (2.21a) dapat diubah menjadi,

$$y_i = a + bM_i \quad \text{.....(2.21b)}$$

Dengan cara least square method maka nilai a, b dapat dicari melalui persamaan,

$$\begin{bmatrix} n & \sum M_i \\ \sum M_i & \sum M_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum M_i y_i \end{bmatrix} \quad \text{.....(2.21c)}$$

Maka nilai dari a, b dapat dicari dari persamaan 2.21c yang kemudian dapat dipakai untuk mencari nilai β.

Probabilitas dari jumlah *(n)* yang pasti dari gempa bumi dan yang kurang dari *M* mungkin bisa didapat dari hasil hukum dari syarat yang dimiliki. Hal ini dapat dilihat dalam persamaan dibawah ini setelah memasukkan persamaan (2.17) dan (2.19) :

$$P(n|mag < M) = \left\{\frac{N_0^n e^{-N_0}}{n!}\right\}\{1 - \exp[-\beta(M - M_0)]\}^n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.22)$$

Maka probabilitas bahwa tidak ada gempa bumi yang terjadi dalam satu tahun yang akan melebihi *M* dapat dilihat dalam persamaan berikut ini :

$$P(M_{\max} < M) = \sum_{n=0}^{\infty}\left\{\frac{N_0^n e^{-N_0}}{n!}\right\}\{1 - \exp[-\beta(M - M_0)]\}^n$$

$$= \exp\{-N_0 \exp[-\beta(M - M_0)]\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.23)$$

Maka persamaan di atas akan menjadi distribusi probabilitas komulatif dari gempa bumi maksimum tahunan.

Kemungkinan terjadinya percepatan tanah maksimum tahunan *(Y_{max})* akan melebihi harga percepatan tanah tertentu *(Y)* pada suatu jarak (R) dari titik fokus perlu kita ketahui. Karena pergerakan tanah berhubungan langsung pada besar magnitude dan jarak titik fokus seperti pada persamaan-persamaan di atas, hal ini merupakan bukti bahwa nilai dari probabilitas ini akan sama dengan probabilitas magnitude maksimum tahunan (M_{max}) yang melebihi magnitude (*M*). Maka persamaannya menjadi :

$$P(Y_{\max} > Y) = P(M_{\max} > M)$$

$$= 1 - \exp\{-N_0 \exp[-\beta(M - M_0)]\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.24)$$

Sebagai contoh, untuk *mexican atenuation* seperti yang disebutkan pada persamaan (2.6) apabila dicari nilai percepatan tanahnya, perlu terlebih dahulu dicari persamaan M dari persamaan $Y = b_1 e^{b_2 M} R^{-b_3}$

$$(Y/b_1)R^{b_3} = e^{b_2 M}$$

$$\ln(Y/b_1)R^{b_3} = \ln e^{b_2 M}$$

$$Mb_2 = \ln(Y/b_1)R^{b_3}$$

$$M = (1/b_2)\ln\left[(Y/b_1)R^{b_3}\right] \quad \text{.....(2.25)}$$

Maka persamaan (2.24) dapat kita masukkan dalam persaman (2.24) sehingga dapat ditulis, $P(Y_{\max} > Y) = 1 - \exp\{-N_0 \exp[-\beta(M - M_0)]\}$

$$= 1 - \exp\left\{-N_0 \exp\left[-\beta\left((1/b_2)\ln\left[(Y/b_1)R^{b_3}\right] - M_0\right)\right]\right\}$$

$$= 1 - \exp\left[-N_0 e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2} Y^{-\beta/b_2} R^{-\beta b_3/b_2}\right] \quad \text{.....(2.26)}$$

persamaan diatas dapat disederhanakan bentuknya menjadi,

$$P(Y_{\max} > Y) = 1 - \exp\left[-N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma}\right] \quad \text{.....(2.26a)}$$

dimana, $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$ .....(2.26b)

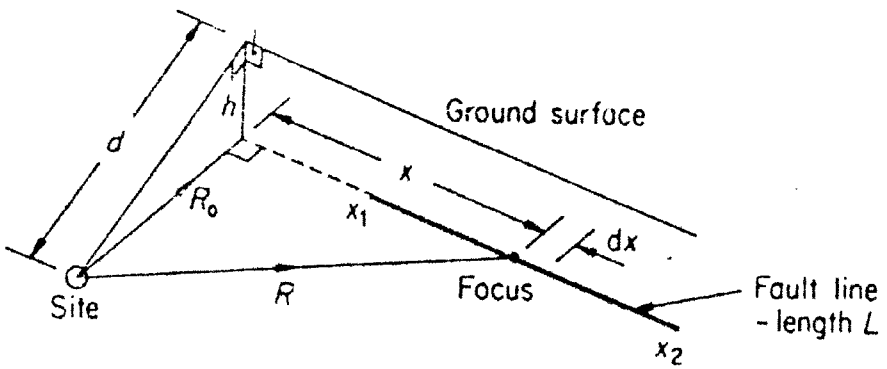
$$\gamma = \beta b_3 / b_2 \quad \text{.....(2.26c)}$$

Hal ini bisa jauh disederhanakan lagi dengan sesuatu yang tidak ada dalam kasus, besar magnitude gempa bumi yang diperlihatkan dalam tanda kurung menjadi sangat kecil. Oleh karena itu persamaan (2.26a) dapat ditulis menjadi,

$$P(Y_{\max} > Y) = N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma} \quad \text{.....(2.27)}$$

Persamaan diatas memberikan probabilitas dari pergerakan tanah yang melebihi harga tertentu dalam satu tahun. Kebalikannya akan menjadi periode ulang dari pergerakan tanah tersebut. Oleh karena itu, jika kita mengetahui umur rencana bangunan, mungkin kita dapat menentukan desain percepatan tanah dari persamaan (2.27). Bagaimanapun, percepatan tanah akan didapat hanya dalam syarat puncak percepatan, kecepatan, dan *displacement*. Informasi dari kandungan frekuensi tidak akan ada. Rekaman kekuatan percepatan nyata akan dapat diukur dengan harga puncak yang tersedia, dimana rekaman tersebut didapat pada lokasi-lokasi yang mempunyai karakteristik gempa tektonik yang sama pada tempat yang belum diketahui.

2.3.8 Evaluasi dari bahaya gempa dilihat sebagai garis patahan[8] (*line source*)



Gambar 2.4 Sumber gempa dianggap sebagai garis patahan *(line source)* (Cornell, 1968)

Sebuah garis patahan pada suatu kedalaman*(h)* dibawah permukan(gambar 2.4), jika frekuensi rata-rata dari kejadian gempa bumi yang melebihi dari gempa

8) Cornell, C.Allin, 1968, "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of The Seismological Society Of America Vol 58 no. 5 PP 1583-1606 Oktober 1968.

bumi terkecil(M_0), dinotasikan(N_0) pada sembarang tahun, maka frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah,

$$N = N_0/L \quad \text{.....(2.28)}$$

Ini mengasumsikan bahwa gempa bumi sama seperti terjadi pada sembarang tempat pada suatu garis patahan. Oleh karena itu, dengan menggunakan persamaan (2.27), probabilitas dari percepatan tanah pada suatu tempat yang melebihi $Y_{\max}$ yang disebabkan oleh gempa bumi yang terjadi pada suatu panjang dx diberikan dalam persamaan (2.29).

$$dP(Y_{\max} > Y) = NdxCY^{-\beta/b_2}R^{-\gamma} \quad \text{.....(2.29)}$$

Dengan mengintegralkan melaui panjang patahan, maka didapat

$$P(Y_{\max} > Y) = NCY^{-\beta/b_2}\int_{x_1}^{x_2} R^{-\gamma}dx \quad \text{.....(2.30)}$$

Tetapi karena $R^2 = x^2 + R_0^2$, maka didapat,

$$P(Y_{\max} > Y) = NCGY^{-\beta/b_2} \quad \text{.....(2.31)}$$

dimana syarat geometri adalah,

$$G = \int_{x_1}^{x_2}\left(x^2 + R_0^2\right)^{-\frac{\gamma}{2}}dx \quad \text{.....(2.32)}$$

maka didapat nilai percepatan tanah (Y) adalah,

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta} \quad \text{.....(2.33)}$$

Nilai N,C,G,dan β, dapat dihitung berturut-turut dengan menggunakan persamaan (2.28), persamaan (2.26b), persamaan (2.32) , dan persamaan (2.21). Sedangkan b_2 adalah konstanta. Apabila nilai $P(Y_{\max} > Y)$ ditetapkan, maka nilai

percepatan tanah pada persamaan (2.33) dapat dihitung. Syarat ini dapat dievalusi dengan menggunakan integeral numerik. Evaluasi dari bahaya gempa dilihat sebagai garis patahan inilah yang akan kita selesaikan permasalahannya.

2.3.9 Penyelesaian Persamaan

2.3.9.a Atenuasi Ambraseys & Bommer's

Persamaan (2.8) adalah persamaan Atenuasi Ambraseys & Bommer's untuk tanah medium, bila ditulis kembali adalah

$$\log Y = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \log R$$

Persamaan (2.10) adalah persamaan Atenuasi Ambraseys & Bommer's untuk tanah soft dan hard, bila ditulis kembali adalah

$$\log Y = c_1 + c_2 M_s + c_3 R - \log R + c_4 S$$

maka sebelum diaplikasikan kedalam persamaan probabilitas, persamaan (2.8) dan (2.10) perlu dibawa kebentuk seperti persamaan (2.25) dengan demikian,

a. Untuk tanah medium,

Persamaan Atenuasi Ambraseys & Bommer's untuk tanah medium dinyatakan dalam bentuk

$$\log Y = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \log R$$

Persamaan tersebut perlu ditransformasi ke dalam persamaan yang mirip dengan persamaan (2.25). Oleh karena itu

$$\ln Y = a_1(\ln 10) + a_2(\ln 10) M_s + a_3(\ln 10) R - \ln R$$

$$Y = e^{(a_1.(\ln 10))} e^{(a_3.(\ln 10).R)} e^{a_2(\ln 10) Ms} R^{-1}$$

$$Y = e^{((a_1.(\ln 10)) + (a_3.\ln 10.R))} e^{(a_2.(\ln 10) M_s)} R^{-1}$$

$$\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a3.(\ln 10)R))}}\right)R = e^{(a_2.(\ln 10)M_s)}$$

$$\ln\left(\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a3.(\ln 10)R))}}\right)R\right) = \ln e^{(a_2.(\ln 10)M_s)}$$

$$a_2(\ln 10)M_s = \ln\left[\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)R))}}\right)R\right]$$

$$M_s = \frac{1}{(a_2 \ln 10)}\ln\left[\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)R))}}\right)R\right] \quad \text{.....(2.34a)}$$

b. Untuk tanah soft & hard

Persamaan Atenuasi Ambraseys & Bommer's untuk tanah soft dan hard dinyatakan dalam bentuk

$$\log Y = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \log R + a_4 S$$

Persamaan tersebut perlu ditransformasi ke dalam persamaan yang mirip dengan persamaan (2.25). Oleh karena itu

$$\log Y = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \log R + a_4 S$$

$$\frac{\ln Y}{\ln 10} = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \frac{\ln R}{\ln 10} + a_4 S$$

$$\ln Y = a_1(\ln 10) + a_2(\ln 10)M_s + a_3(\ln 10)R - (\ln R) + a_a(\ln 10)S$$

$$Y = e^{(a_1.(\ln 10))}e^{(a_3.(\ln 10).R)}e^{a_2(\ln 10)Ms}R^{-1}e^{(a_4(\ln 10)S)}$$

$$Y = e^{((a_1.(\ln 10))+(a_3.\ln 10.R)+(a_4(\ln 10)S))}e^{(a_2.(\ln 10)M_s)}R^{-1}$$

$$\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a3.(\ln 10)R)+(a_4(\ln 10)S))}}\right)R = e^{(a_2.(\ln 10)M_s)}$$

$$\ln\left(\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a3.(\ln 10)R)+(a_4(\ln 10)S))}}\right)R\right) = \ln e^{(a_2.(\ln 10)M_s)}$$

$$a_2(\ln 10)M_s = \ln\left[\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)R)+(a_4(\ln 10)S))}}\right)R\right]$$

$$M_s = \frac{1}{(a_2 \ln 10)} \ln\left[\left(\frac{Y}{e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)R)+(a_4(\ln 10)S))}}\right)R\right] \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(34.b)$$

Maka persamaan (2.34.a) dan persamaan (2.34.b) sudah berbentuk seperti persamaan (2.25), sehingga dapat diaplikasikan kedalam persamaan probabilitas/persamaan (2.24),

$$M_s = M = (1/b_2)\ln\left[(Y/b_1)R^{b_3}\right]$$

dengan koefisien :

$b_1 = e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)G))}$ untuk tanah medium

$b_1 = e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)G)+(a_4(\ln 10)S))}$ untuk tanah soft & hard

$b_2 = a_2 \ln 10$

$b_3 = 1$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* pada lokasi penelitian dapat dicari berdasarkan persamaan Atenuasi Ambraseys & Bommer's, dengan cara yang sama seperti pada penyelesaian *Mexican Atemuation* (persamaan 2.26a, 2.26b, dan persamaan 2.26c), bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$P(Y_{\max} > Y) = 1 - \exp\left[-N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma}\right]$$

$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$$

$$\gamma = \beta b_3 / b_2$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* dapt diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.33, bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 \quad \beta}$$

2.3.9.b Atenuasi Joyner & Boore (1981)

Persamaan (2.11) adalah persamaan Atenuasi Atenuasi Joyner & Boore (1981), , bila ditulis kembali adalah

$$\log Y = C + d_1 M_w + d_2 R - \log R$$

Persamaan tersebut perlu ditransformasi ke dalam persamaan yang mirip dengan persamaan (2.25)

$$Y = e^{(C(\ln 10))} e^{(d_2.(\ln 10).R)} e^{d_1(\ln 10)Mw} R^{-1}$$

$$Y = e^{((C(\ln 10))+(d_2.(\ln 10).R))} e^{(d_1.(\ln 10)M_w)} R^{-1}$$

$$\left(\frac{Y}{e^{((C(\ln 10))+(d_2(\ln 10)R))}}\right) R = e^{(d_1.(\ln 10)M_w)}$$

$$\ln\left(\left(\frac{Y}{e^{((C(\ln 10))+(d_2(\ln 10)R))}}\right) R\right) = \ln e^{(d_1.(\ln 10)M_w)}$$

$$d_1(\ln 10)M_w = \ln\left[\left(\frac{Y}{e^{((C(\ln 10))+(d_2(\ln 10)R))}}\right) R\right]$$

$$M_w = \frac{1}{(d_1 \ln 10)} \ln\left[\left(\frac{Y}{e^{((C(\ln 10))+(d_2(\ln 10)R))}}\right) R\right] \quad \text{.....(2.35)}$$

Maka persamaan (2.35) sudah berbentuk seperti persamaan (2.25), sehingga dapat diaplikasikan kedalam persamaan probabilitas/persamaan (2.24),

$$M_w = M = (1/b_2)\ln\left[(Y/b_1)R^{b_3}\right]$$

dengan $b_1 = e^{((C(\ln 10))+(d_2(\ln 10)G))}$

$b_2 = d_1 \ln 10$

$b_3 = 1$

Dengan demikian nilai percepatan tanah (Y) pada lokasi penelitian dapat dicari berdasarkan persamaan Atenuasi Joyner & Boore (1981), dengan cara yang sama seperti pada penyelesaian *Mexican Atenuation* (persamaan 2.26a, 2.26b, dan persamaan 2.26c), bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$P(Y_{max} > Y) = 1 - \exp\left[-N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma}\right]$$

$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$$

$$\gamma = \beta b_3 / b_2$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* dapt diperoleh dengan menggunakan persaamaan 2.33, bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

2.3.9.c Atenuasi Donovan

Persamaan (2.13) adalah persamaan Atenuasi Donovan, bila ditulis kembali adalah

$$\ln Y = n_1 + n_2 M - n_3 \ln(R + 25)$$

Persamaan tersebut perlu ditransformasi ke dalam persamaan yang mirip dengan persamaan (2.25)

$$Y = e^{n_1} e^{n_2 M} (R + 25)^{-n_3}$$

$$\left(\frac{Y}{e^{n_1}}\right)(R + 25)^{n_3} = e^{(n_2 M)}$$

$$\ln\left(\left(\frac{Y}{e^{n_1}}\right)(R + 25)^{n_3}\right) = \ln e^{(n_2 M)}$$

$$n_2 M = \ln\left(\left(\frac{Y}{e^{n_1}}\right)(R + 25)^{n_3}\right)$$

$$M = \frac{1}{n_2}\ln\left(\left(\frac{Y}{e^{n_1}}\right)(R + 25)^{n_3}\right) \quad \text{.....(2.36)}$$

Maka persamaan (2.36) sudah berbentuk seperti persamaan (2.25), sehingga dapat diaplikasikan kedalam persamaan probabilitas/persamaan (2.24),

$$M = (1/b_2)\ln\left[(Y/b_1)R^{b_3}\right]$$

Dengan, $b_1 = e^{n_1}$

$b_2 = n_2$

$b_3 = n_3$

Dengan demikian nilai percepatan tanah*(Y)* pada lokasi penelitian dapat dicari berdasarkan persamaan Atenuasi Donovan, dengan cara yang sama seperti pada penyelesaian *Mexican Atenuation* (persamaan 2.26a, 2.26b, dan persamaan 2.26c), bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$P(Y_{\max} > Y) = 1 - \exp\left[-N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma}\right]$$

$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$$

$$\gamma = \beta b_3 / b_2$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* dapt diperoleh dengan menggunakan persaamaan 2.33, bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

2.3.9.d Atenuasi Fukushima & Tanaka

Persamaan (2.15) adalah persamaan Atenuasi Fukushima & Tanaka,

, bila ditulis kembali adalah

$$\log y = 0{,}41M - \log\left(R + 0{,}032.10^{0.41M}\right) - 0{,}0034R - C$$

Persamaan tersebut perlu ditransformasi ke dalam persamaan yang mirip dengan persamaan (2.25)

$$\log y = a_1 + a_2 M + a_3 R - \log(R+\Delta)$$

$$\frac{\ln y}{\ln 10} = a_1 + a_2 M + a_3 R - \frac{\ln(R+\Delta)}{\ln 10}$$

$$\ln y = a_1(\ln 10) + a_2(\ln 10)M + a_3(\ln 10)R - \ln(R+\Delta)$$

$$y = e^{a_1(\ln 10)} e^{a_2(\ln 10)M} e^{a_3(\ln 10)R} (R+\Delta)^{-1}$$

$$y = e^{a_1(\ln 10)+a_3(\ln 10)R} e^{a_2(\ln 10)M} (R+\Delta)^{-1}$$

$$\left(\frac{y}{e^{a_1(\ln 10)+a_3(\ln 10)R}}\right)(R+\Delta) = e^{a_2(\ln 10)M}$$

$$\ln\left(\left(\frac{y}{e^{a_1(\ln 10)+a_3(\ln 10)R}}\right)(R+\Delta)\right) = \ln\left(e^{a_2(\ln 10)M}\right)$$

$$a_2(\ln 10)M = \ln\left(\left(\frac{y}{e^{a_1(\ln 10)+a_3(\ln 10)R}}\right)(R+\Delta)\right)$$

$$M = \frac{1}{(a_2 \ln 10)} \ln\left(\left(\frac{y}{e^{a_1(\ln 10)+a_3(\ln 10)R}}\right)(R+\Delta)\right)$$

dengan

$$\Delta = 0{,}032.10^{0{,}41M}$$

$$M = \frac{1}{(a_2 \ln 10)} \ln\left(\left(\frac{y}{e^{a_1(\ln 10)+a_3(\ln 10)R}}\right)(R+0{,}032.10^{0{,}41M})\right) \quad \text{.....(2.37)}$$

Maka persamaan (2.37) sudah berbentuk seperti persamaan (2.25), sehingga dapat diaplikasikan kedalam persamaan probabilitas/persamaan (2.24),

$$M_s = M = (1/b_2)\ln\left[(Y/b_1)R^{b_3}\right]$$

dengan koefisien : $b_1 = e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)G))}$

$$b_2 = a_2 \ln 10$$

$$b_3 = 1$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* pada lokasi penelitian dapat dicari berdasarkan persamaan Atenuasi Fukushima & Tanaka, dengan cara yang sama seperti pada penyelesaian *Mexican Atenuation* (persamaan 2.26a, 2.26b, dan persamaan 2.26c), bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$P(Y_{\max} > Y) = 1 - \exp\left[- N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma}\right]$$

$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$$

$$\gamma = \beta b_3 / b_2$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* dapt diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.33, bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 \ \beta}$$

2.3.9.e Young

Persamaan (2.15) adalah persamaan Atenuasi Young, bila ditulis kembali adalah

$$\ln Y = C + 1.438 M_W - 2.552 \ln\left(R + 1.7818 e^{0.554 M_W}\right) + 0.00607 H + 0.3846 Z_t$$

dengan $x = 0.00607 H + 0.3846 Z_t$

Persamaan tersebut perlu ditransformasi ke dalam persamaan yang mirip dengan persamaan (2.25)

$$\ln y = (C + x) + 1.438 M_W - 2.552 \ln\left(R + 1.7818 e^{0.554 M_W}\right)$$

dengan

$$\Delta = 1.7818 e^{0.554 M_W}$$

$$\ln y = a_1 + a_2 M - a_3 \ln(R + \Delta)$$

$$y = e^{a_1} e^{a_2 M} (R + \Delta)^{-a_3}$$

$$\left(\frac{Y}{e^{a_1}}\right)(R + \Delta)^{a_3} = e^{(a_2 M)}$$

$$\ln\left(\left(\frac{Y}{e^{a_1}}\right)(R + \Delta)^{a_3}\right) = \ln e^{(a_2 M)}$$

$$a_2 M = \ln\left(\left(\frac{Y}{e^{a_1}}\right)(R + \Delta)^{a_3}\right)$$

$$M = \frac{1}{a_2} \ln\left(\left(\frac{Y}{e^{a_1}}\right)(R + \Delta)^{a_3}\right) \quad \text{.....(2.38)}$$

Maka persamaan (2.38) sudah berbentuk seperti persamaan(2.25), sehingga dapat diaplikasikan kedalam persamaan probabilitas/persamaan(2.24),

$$M_W = M = (1/b_2) \ln\left[(Y/b_1) R^{b_3}\right]$$

dengan koefisien : $b_1 = e^{((a_1(\ln 10)) + (a_3(\ln 10) G))}$

$$b_2 = a_2 \ln 10$$

$$b_3 = 1$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* pada lokasi penelitian dapat dicari berdasarkan persamaan Atenuasi Young's, dengan cara yang sama seperti pada penyelesaian *Mexican Atenuation* (persamaan 2.26a, 2.26b, dan persamaan 2.26c), bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$P(Y_{\max} > Y) = 1 - \exp\left[-N_0 C Y^{-\beta/b_2} R^{-\gamma}\right]$$

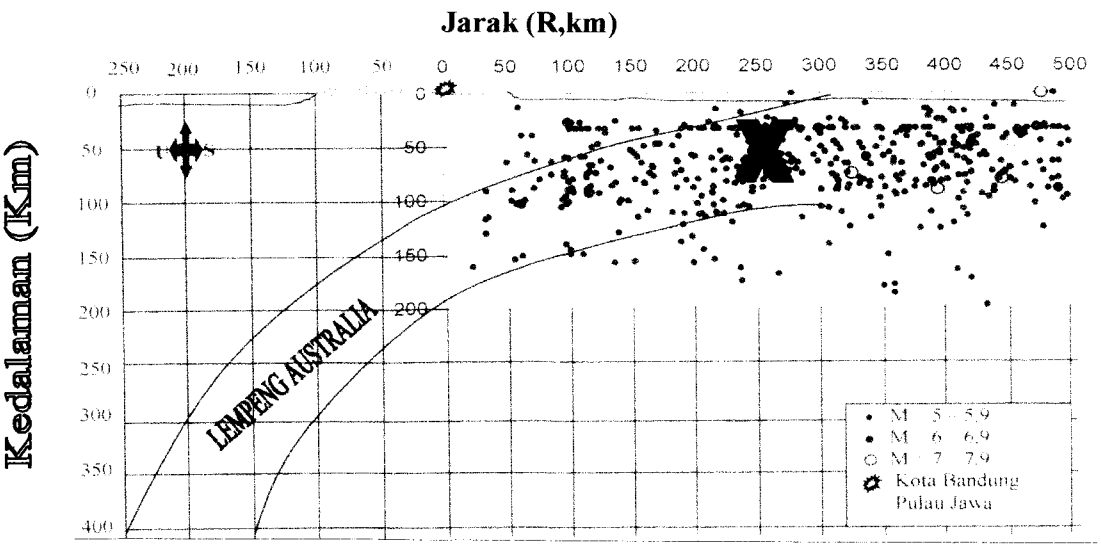
$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$$

$$\gamma = \beta b_3 / b_2$$

Dengan demikian nilai percepatan tanah *(Y)* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.33 bila ditulis ulang maka bentuknya seperti dibawah ini,

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

Data yang diperlukan adalah tempat kedudukan sumber gempa yang berupa garis (*"line source"*) telah tersedia. Salah satu tampang line source relative terhadap kota Bandung tersebut adalah titik (X) seperti yang tampak pada gambar (2.5). Apabila periode ulang gempa dan kedudukan *line source* ditentukan maka nilai percepatan tanah (periode ulang tertentu) pada daerah yang diteliti dapat dihitung menurut persamaan-persamaan diatas (menurut persamaan mexican Atenuation, Ambraseys & Bommer's, Joyner & Boore (1981), Donovan, Fukushima & Tanaka, dan Young). Namun demikian, agar penyelesaiannya lebih sistematis maka dibuat suatu program komputer memakai software Visual Basic.



Gambar 2.5 Grafik uji jenis kejadian gempa untuk kota Bandung

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah suatu cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan. Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat pada flowchart yang disajikan.

3.1 Pendekatan model

3.1.1 Pemodelan Fisik

Sumber gempa dianggap terdistribusi secara merata dan dimodelkan sebagai garis lurus *(line source)*. Sumber gempa tersebut dimodelkan mempunyai kedalaman (H) yang sama. Site dimana percepatan tanah akan dihitung dimodelkan sebagai suatu titik yang berjarak (R) dari tempat kejadian gempa.

3.1.2 Pemodelan Analisis

Walaupun model atenuasi berbasis pada penyebaran respon tanah menurut radius (R), tetapi dalam analisis ini, nilai R merupakan suatu variabel. Selain hal tersebut analisis probabilitas yang dipakai adalah berdasarkan distribusi *Poisson*.

3.2 Parameter Gempa

Parameter (data) gempa yang dipakai dalam analisis percepatan tanah ini adalah:

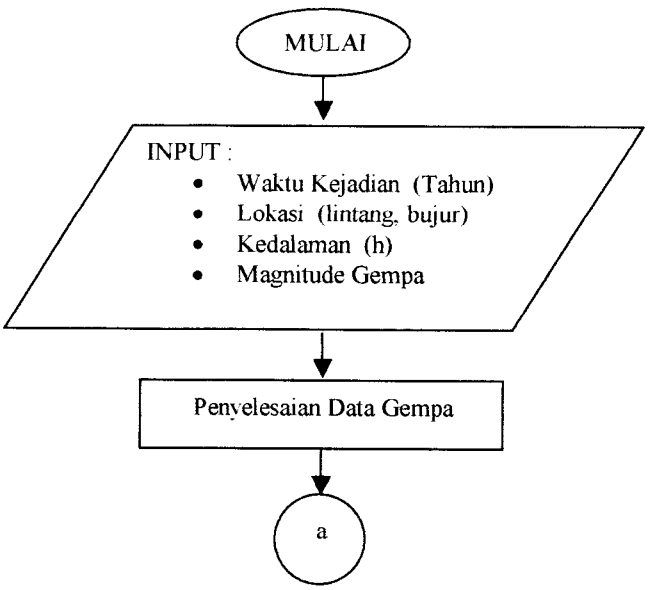
1. Jarak pusat gempa (R) dalam km.
2. Magnitude (M) dalam skala Richter.
3. Batas minimum magnitude (M_0).
4. Kedalaman pusat gempa(H).

3.3 Metode Kajian

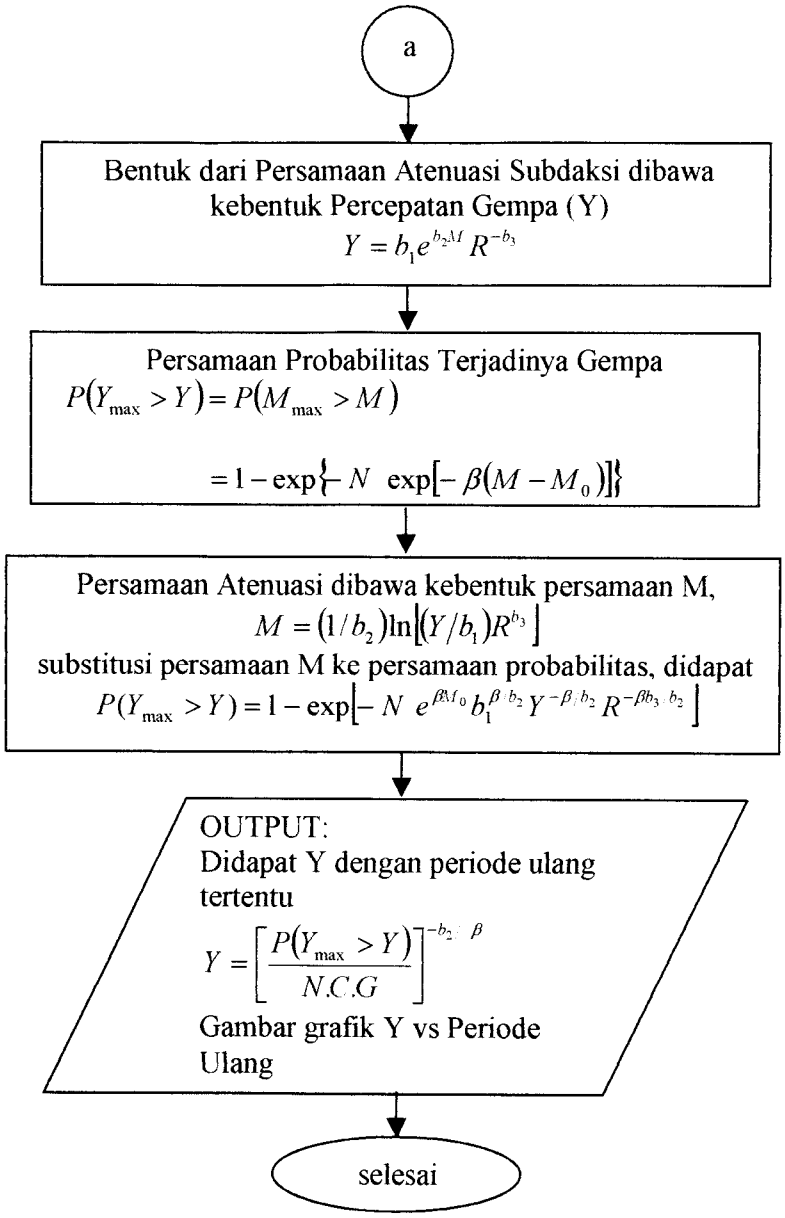
Dalam penelitian ini, langkah-langkah dalam mengkaji data sampai didapatkan hasilnya adalah sebagai berikut :

1. Memilih fungsi atenuasi yang sesuai dengan jenis gempa tektonik subdaksi, karena kota Bandung dan sekitarnya memiliki sumber gempa subdaksi.
2. Fungsi atenuasi yang didapat dimasukkan kedalam persamaan probabilitas. Persamaan probabilitas ini adalah persamaan kemungkinan terjadinya gempa dengan percepatan tanah tertentu terhadap periode ulang tertentu.
3. Data historis gempa kota Bandung diseleksi dalam beberapa tahap, antara lain
    a. memilih data yang terbesar tiap tahunnya.
    b. Setelah itu memilih data yang memiliki Magnitude ≥ 3.
    c. Memilih data yang memiliki sumber gempa dengan kedalaman 100 km dan dalam radius 250 km dari kota yang akan diteliti.
4. Data yang telah diseleksi diolah menggunakan rumus probabilitas untuk mendapatkan nilai percepatan tanah (Y).
5. Setelah nilai percepatan tanah didapat dari masing-masing data kemudian dibuat grafik nilai percepatan tanah terhadap periode ulang.

Dapat dilihat secara jelas dalam bagan alir penyelesaian dari fungsi atenuasi :



Gambar 3.1a Flow chart penelitian fungsi atenuasi



Gambar 3.1b Flow chart penelitian fungsi atenuasi (lanjutan)

Dengan catatan seperti terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Nilai konstanta fungsi atenuasi

<table>
<tr><th rowspan="2">Konstanta</th><th colspan="4">Fungsi Atenuasi</th></tr>
<tr><th>Mexican Atenuation</th><th>Donovan</th><th colspan="2">Ambraseys & Bommer's</th></tr>
<tr><td rowspan="3">b_1</td><td rowspan="3">2000</td><td rowspan="3">1339.4308</td><td colspan="2">Soft
$e^{((-2.026274882)+(0.001934171478(G))+(0.078287893))}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">Medium
$e^{(-2.003249031-0.0026940245\,59(G))}$</td></tr>
<tr><td colspan="2">hard
$e^{((-2.026274882)+(0.001934171478(G)))}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">b_2</td><td rowspan="2">0.8</td><td rowspan="2">0.5</td><td>Soft</td><td>hard</td><td>medium</td></tr>
<tr><td colspan="2">0.485845454</td><td>0.499660965</td></tr>
<tr><td>b_3</td><td>2</td><td>1.5</td><td colspan="3">1</td></tr>
</table>

Tabel 3.1 lanjutan

<table>
<tr><th rowspan="2">Konstanta</th><th colspan="3">Fungsi Atenuasi</th></tr>
<tr><th>Joyner & Boore</th><th>Fukushima & Tanaka</th><th>Young</th></tr>
<tr><td rowspan="3">b_1</td><td>Soft
$e^{(-2.855205515-0.005871591987(G))}$</td><td>Soft
$e^{((-1.45(\ln 10))+(-0.0034(\ln 10)G))}$</td><td>Soft
$e^{(0.00607H+0.3846+0.58)}$</td></tr>
<tr><td>Medium
$e^{(-2.348636795-0.005871591987(G))}$</td><td>Medium
$e^{((-1.3(\ln 10))+(-0.0034(\ln 10)G))}$</td><td>Medium
$e^{(0.00607H+0.3846+0.2418)}$</td></tr>
<tr><td>hard
$e^{(-2.003249031-0.005871591987(G))}$</td><td>hard
$e^{((-1.08(\ln 10))+(-0.0034(\ln 10)G))}$</td><td>Hard
$e^{(0.00607H+0.3846-0.26)}$</td></tr>
<tr><td>b_2</td><td>0.573343688</td><td>0.944059888</td><td>1.438</td></tr>
<tr><td>b_3</td><td>1</td><td>1</td><td>2,552</td></tr>
</table>

BAB IV

KONSIDERAN PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data Masukan

Data yang dipakai dalam penelitian ini (data historis kejadian gempa kota Bandung dan sekitarnya) adalah data yang didapatkan dari BMG dan kompilasi dari berbagai sumber.

4.2 Penyusunan Model

penyusunan model dalam penelitian ini akan dibawa kedalam batasan-batasan tertentu, yaitu :

1. Sumber gempa diasumsikan sebagai garis (*line source*).
2. Memilih fungsi atenuasi yang sesuai dengan jenis gempa tektonik subdaksi, karena kota Bandung dan sekitarnya memiliki sumber gempa subdaksi.
3. Fungsi atenuasi yang didapat dimasukkan kedalam persamaan probabilitas. Persamaan probabilitas ini adalah persamaan kemungkinan terjadinya gempa dengan percepatan tanah tertentu terhadap periode ulang tertentu.

4. Data historis gempa kota Bandung diseleksi dalam beberapa tahap, antara lain
    a. Mencari terlebih dahulu Radius epicenter dari kota yang akan diteliti, kemudian menyeleksi data, memilih data yang memiliki sumber gempa dengan kedalaman 100 km dan dalam radius 250 km dari kota yang diteliti.
    b. Setelah itu memilih data yang memiliki Magnitude ≥ 4.
5. Perhitungan akan meninjau beberapa variasi kedalaman pusat gempa (h).
6. Setelah nilai percepatan tanah didapat dari masing-masing data kemudian dibuat grafik nilai percepatan tanah terhadap periode ulang.

4.3 Uji Kesahihan dan Analisis Kepekaan

Hasil penelitian ini akan diuji dengan membandingkan antara perhitungan dengan program komputer (Visual Basic) dengan perhitungan manual (dengan bantuan program Microsoft Excel). Dengan melihat dari perbandingan hasil tersebut, batasan kesalahan yang diperbolehkan adalah 5 %. Apabila hasil yang didapatkan dari perhitungan program komputer jauh dari perhitungan manual(>5 %) maka penelitian ini dikatakan gagal atau terjadi kesalahan dalam metode penelitian ini.

4.4 Jadwal Penelitian dan Usulan Biaya

Penelitian dimulai pada bulan Desember 2003 dan direncanakan selesai pada bulan Mei 2004 yang secara detail dapat dilihat dalam tabel 4.1.

No	KEGIATAN	Des				Jan				Feb				Mar				Aprl				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pendaftaran																								
2	Penentuan Dosen Pembimbing																								
3	Pembuatan Proposal																								
4	Seminar Proposal																								
5	Konsultasi Penyusunan TA																								
6	Sidang-sidang																								
7	Pendadaran																								

Tabel 4.1 Rencana Jadwal Tugas Akhir

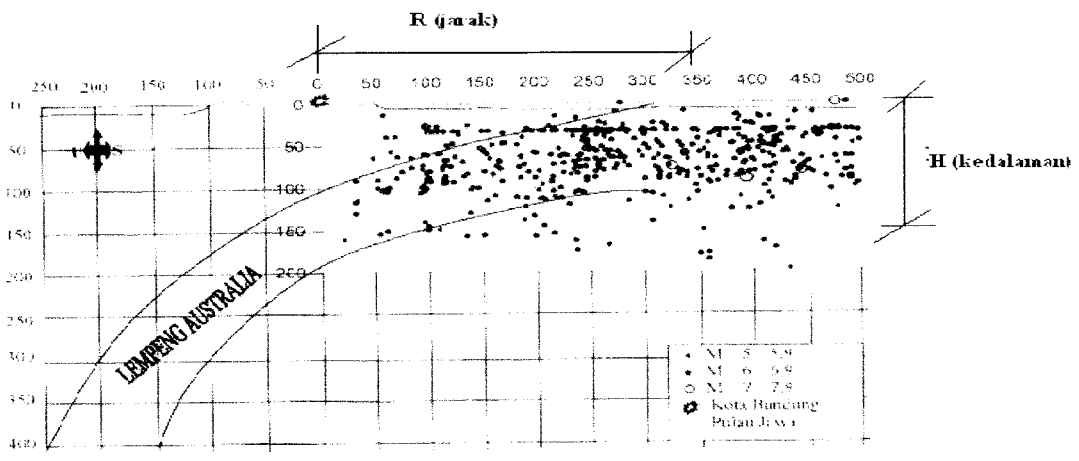
Penelitian ini direncanakan menghabiskan dana Rp. 3.700.000,00 (rincian pengeluaran yang direncanakan terlampir)

BAB V

ANALISIS DATA DAN PERHITUNGAN

5.1 Analisa Data

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis resiko gempa untuk gempa yang episenternya diperkirakan berada dalam radius 250 km dari kota Bandung dan sekitarnya dengan kedalaman pusat gempa kurang dari 100 km. Kemudian setelah penyeleksian tahap pertama, kemudian data diseleksi dengan magnitude≥4. Data yang digunakan adalah gempa regional yang akurat serta ditambah data lama yang telah dikaji ulang yang terdapat dari pusat data Laboratorium Geologi Teknik Institut Teknologi Bandung serta Badan Meteorologi dan Geofisika Indonesia (BMG). Dipilihnya kota tersebut karena data gempa yang terdapat pada pencatatan historis gempa lebih lengkap dibandingkan dengan data dari kota lain di Indonesia.



Gambar 5.1. kejadian gempa untuk kota Bandung

5.1.1 Penyeleksian Gempa dengan Jarak (R) dan Kedalaman (H) tertentu

Dari data gempa yang telah terjadi dalam kurun waktu 100 tahun terakhir sebanyak 35.093 data, memiliki lokasi tertentu (lintang dan bujur). Setelah didapat jarak untuk masing-masing kejadian, data diseleksi dengan Jarak (R) dan Kedalaman (H) tertentu.

5.1.2 Penyeleksian Data berdasarkan Parameter Gempa(mencari β dan N_0)

a. Penyeleksian gempa dengan Magnitude ≥4

Dari 35.093 data, setelah diseleksi jarak dan kedalaman kemudian tahapan selanjutnya adalah menyeleksi data dengan $M \geq 4$ untuk setiap kota. Karena analisa yang dilakukan mempergunakan beberapa persamaan atenuasi, maka penyeleksian magnitude disesuaikan dengan persamaan atenuasi yang dipakai.

Contoh untuk atenuasi Mexico dan Donovan, data hasil akhirnya seperti terlihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil seleksi data dengan $R \leq 250$ km, $H \leq 100$ km, $M \geq 4$

No	Month	Date	Year	Latitude	Longitude	Depth	mb	Ms	Mw	Ml	R
1	2	21	1963	-6.3	106.7	38	4.8	3.7	3.4	3.9	120.065
2	2	21	1963	-6.3	106.8	33	5.2	4.3	4.1	4.4	111
3	7	17	1963	-7.5	107.2	41	5.1	4.1	3.9	4.3	80.0432
4	12	29	1963	-6.5	106.7	33	4.9	3.8	3.6	4.1	109.322
5	8	23	1966	-7.6	107	33	4.9	3.8	3.6	4.1	102.337
6	5	5	1967	-7.98	107.3	47	5.2	4.3	4.1	4.4	124.419
7	5	12	1968	-6.4	106.9	33	4.6	3.3	3.0	3.7	95.4858
8	5	12	1968	-6.9	106.98	33	4.9	3.8	3.6	4.1	68.82
9	11	22	1968	-7.06	106.64	33	5.0	4.0	3.7	4.2	108.03
10	1	15	1969	-7.3	107.12	33	4.7	3.5	3.2	3.8	69.355
11	1	15	1969	-7.16	107.03	33	4.9	3.8	3.6	4.1	69.5413
12	2	13	1969	-7.51	107.1	43	4.8	3.7	3.4	3.9	87.5494
13	11	2	1969	-6.8	106.94	59	4.8	3.7	3.4	3.9	74.0961
14	11	2	1969	-6.74	107.04	39	5.1	4.1	3.9	4.3	64.6474

Tabel 5.1 Lanjutan

15	11	2	1969	-6.63	106.98	63	5.2	4.3	4.1	4.4	75.0626
16	11	2	1969	-6.52	107.11	57	5.4	4.6	4.4	4.7	68.829
17	1	6	1970	-7.84	106.99	70	4.7	3.5	3.2	3.8	124.384
18	5	14	1971	-6.51	107.02	10	4.9	3.8	3.6	4.1	77.581
19	5	23	1971	-6.12	107.07	33	4.6	3.3	3.0	3.7	104.676
20	11	26	1973	-6.86	106.51	62	4.9	3.8	3.6	4.1	121.071
21	4	21	1974	-6.61	108.02	33	4.7	3.5	3.2	3.8	56.6535
22	9	24	1974	-6.68	106.88	60	4.6	3.3	3.0	3.7	83.5676
23	2	9	1975	-6.69	106.68	27	5.2	5.6	5.5	4.4	104.747
24	2	9	1975	-6.8	106.6	27	5.1	4.1	3.9	4.3	111.554
25	8	3	1977	-7.66	106.88	75	5.0	4.0	3.7	4.2	116.206
26	8	14	1977	-7.89	107.55	59	5.8	5.2	5.1	5.2	110.03
27	1	5	1978	-7.55	108.07	70	4.7	3.5	3.2	3.8	89.0356
28	2	14	1978	-7.78	107	67	5.2	4.9	4.8	4.4	118.224
29	11	24	1978	-7.38	106.64	73	5.1	4.1	3.9	4.3	119.138
30	3	24	1980	-7.77	107.05	59	5.0	4.0	3.7	4.2	114.249
31	1	17	1982	-7.49	108.24	33	4.3	2.9	2.5	3.3	96.621
32	2	10	1982	-7.27	106.73	33	4.6	3.3	3.0	3.7	104.941
33	2	10	1982	-7.11	106.88	33	4.6	3.3	3.0	3.7	83.25
34	2	10	1982	-6.92	106.8	64	5.0	4.0	3.7	4.2	88.8277
35	2	10	1982	-6.86	106.94	39	5.5	4.8	4.6	4.8	73.3944
36	2	15	1982	-7.98	107.48	33	4.2	2.7	2.3	3.2	120.618
37	2	15	1982	-7.96	107.62	33	4.2	2.7	2.3	3.2	117.681
38	5	23	1982	-6.93	106.9	61	4.9	3.8	3.6	4.1	77.7713
39	3	24	1983	-7.69	107.1	33	4.7	3.5	3.2	3.8	103.778
40	4	17	1983	-7.97	107.39	40	4.3	2.9	2.5	3.3	121.036
41	3	10	1984	-7.58	106.98	61	5.7	5.1	4.9	5.1	102.144
42	4	8	1984	-7.63	106.95	70	4.5	3.2	2.9	3.5	108.496
43	10	3	1984	-7.17	106.6	33	4.6	3.3	3.0	3.7	114.975
44	11	11	1984	-6.26	107.98	29	4.6	3.3	3.0	3.7	82.6186
45	12	10	1984	-7.61	107.15	74	4.8	3.7	3.4	3.9	93.306
46	12	12	1984	-7.91	107.94	50	5.5	5.1	5.0	4.8	118.292
47	6	8	1985	-7.35	107.49	64	5.0	4.0	3.7	4.2	51.4207
48	7	4	1985	-6.95	106.5	71	4.8	3.7	3.4	3.9	122.226
49	8	24	1985	-8.01	107.74	33	4.3	2.9	2.5	3.3	124.186
50	8	24	1985	-7.79	107.91	67	4.5	3.2	2.9	3.5	104.611
51	4	13	1986	-7.45	106.91	33	4.0	2.4	2.0	2.9	97.9445
52	5	20	1986	-7.26	106.54	74	5.5	4.8	4.6	4.8	124.261
53	1	27	1987	-7.27	106.65	33	4.8	3.7	3.4	3.9	113.166
54	5	5	1987	-7.83	107.79	33	4.7	3.5	3.2	3.8	105.362
55	8	17	1988	-7.69	107.16	27	6.0	5.8	5.7	5.4	100.374
56	12	12	1988	-7.61	107.26	73	4.3	2.9	2.5	3.3	87.3803
57	3	15	1989	-7.37	107.94	33	4.4	3.0	2.7	3.4	64.3896
58	4	16	1989	-5.93	107.81	33	4.8	3.7	3.4	3.9	110.164

Tabel 5.1 Lanjutan

59	4	20	1989	-7.78	107.94	33	4.6	5.8	5.7	3.7	104.717
60	7	30	1989	-7.38	107.09	33	4.9	3.8	3.6	4.1	77.7396
61	4	13	1990	-7.12	106.7	33	5.0	4.0	3.7	4.2	102.841
62	5	12	1990	-7.82	106.98	33	4.4	3.0	2.7	3.4	123.145
63	6	3	1990	-7.42	106.69	33	4.7	3.5	3.2	3.8	116.338
64	7	6	1990	-6.9	108.12	13	5.8	4.8	4.6	5.2	57.72
65	10	1	1990	-7.07	106.49	53	4.7	3.5	3.2	3.8	124.647
66	1	30	1991	-7.32	106.73	33	5.0	4.0	3.7	4.2	107.234
67	4	13	1991	-7.62	108.08	60	5.0	4.6	4.4	4.2	96.0519
68	5	22	1991	-7.95	107.52	33	4.5	3.2	2.9	3.5	116.888
69	1	8	1993	-8.02	107.71	33	4.9	3.8	3.6	4.1	124.918
70	3	15	1993	-7.29	106.8	73	5.1	4.1	3.9	4.3	98.79
71	3	16	1994	-7.15	108.54	33	5.0	4.0	3.7	4.2	107.967
72	10	5	1994	-7.49	107.14	33	4.8	3.7	3.4	3.9	83.0425
73	3	4	1995	-7.46	106.65	50	4.7	3.5	3.2	3.8	122.407
74	9	5	1995	-7.33	106.77	33	4.7	3.5	3.2	3.8	103.76
78	5	7	1996	-7.03	106.6	33	4.5	3.2	2.9	3.5	111.934
80	8	27	1996	-7.29	107.07	33	4.8	3.7	3.4	3.9	73.041
81	11	6	1996	-7.76	106.98	33	5.4	4.6	4.4	4.7	117.681
82	12	9	1996	-7.94	107.49	50	6.5	6.1	6.1	6.1	116.084
83	2	8	1997	-7.86	108.15	33	4.5	3.5	3.3	3.5	122.809
84	2	10	1997	-7.18	106.79	33	4.6	3.7	3.4	3.7	95.1303
85	3	25	1997	-7.72	108.04	75	4.7	3.8	3.5	3.8	103.296
86	8	30	1997	-7.4	106.7	33	4.6	3.7	3.4	3.7	114.281
87	10	15	1997	-6.64	107.02	10	4.7	3.8	3.5	3.8	70.5527
88	11	14	1997	-7.27	106.88	74	4.6	3.7	3.4	3.7	89.8552
89	12	15	1997	-7.88	107.77	33	4.7	3.8	3.5	3.8	110.405
90	1	7	1998	-7.29	106.65	68	4.9	4.1	3.8	4.1	113.99
91	2	19	1998	-7.93	107.36	52	4.5	3.5	3.3	3.5	117.393
92	9	16	1998	-6.8	107.71	33	4.4	3.4	3.1	3.4	16.5013
93	9	20	1998	-7.77	106.95	67	5.5	4.8	4.7	4.8	120.546
94	12	25	1998	-7.53	107.13	58	6.0	5.4	5.3	5.4	87.2463
95	3	19	1999	-7.34	107.05	68	4.6	3.7	3.4	3.7	78.1821
96	5	5	1999	-7.8	107.99	33	4.8	3.9	3.7	3.9	108.876
97	6	19	1999	-7.28	107.08	33	4.6	3.7	3.4	3.7	71.4895
98	7	13	1999	-7.09	107.09	33	5.9	5.3	5.2	5.3	60.4109
99	7	22	1999	-6.98	106.93	33	4.8	3.9	3.7	3.9	74.8983
100	12	8	1999	-7.85	107.43	33	4.6	3.7	3.4	3.7	107.125
101	3	21	2000	-7.94	108	33	4.0	2.9	2.6	2.9	123.684
102	4	12	2000	-7.76	107.77	33	4.4	3.4	3.1	3.4	97.3072
103	6	5	2000	-7.36	106.65	33	5.0	4.2	4.0	4.2	117.162

b. Frekuensi Kejadian Gempa (N_0)

Untuk keperluan analisis, diperlukan data tentang parameter gempa yang salah satunya adalah frekuensi kejadian gempa untuk setiap ukuran gempa yang pernah terjadi dalam periode tertentu dan pada daerah tertentu.

Setelah proses penyeleksian data selesai, kemudian data dicari hubungannya antara frekuensi dengan ukuran gempa untuk setiap daerah. Sehingga didapat nilai koefisien data yang kemudian dapat dipakai untuk mencari nilai percepatan tanah maksimum untuk setiap periode ulang tertentu berdasarkan persamaan atenuasi tertentu pula.

Untuk lebih jelasnya, diberikan contoh perhitungan nilai β **dan** N_0 untuk kota Bandung. Setelah menyeleksi data, kemudian data yang ada dihitung dan ditabelkan seperti tabel 5.2. yaitu data kejadian gempa setelah diseleksi jarak dan magnitude.

Tabel 5.2 tabel perhitungan nilai β **dan** N_0 untuk kota Bandung

I	Mi	Ni	yi=log N	Mi2	Mi.yi
1	4	2	0.30103	16	1.20412
2	4.1	1	0	16.81	0
3	4.2	9	0.9542425	17.64	4.0078185
4	4.3	15	1.1760913	18.49	5.0571924
5	4.4	13	1.1139434	19.36	4.9013508
6	4.5	23	1.3617278	20.25	6.1277753
7	4.6	38	1.5797836	21.16	7.2670045
8	4.7	37	1.5682017	22.09	7.3705481
9	4.8	38	1.5797836	23.04	7.5829613
10	4.9	29	1.462398	24.01	7.1657502
11	5	27	1.4313638	25	7.1568188
12	5.1	22	1.3424227	26.01	6.8463557
13	5.2	20	1.30103	27.04	6.765356
14	5.3	10	1	28.09	5.3
15	5.7	1	0	32.49	0
16	5.8	5	0.69897	33.64	4.054026
17	5.9	2	0.30103	34.81	1.776077

Tabel 5.2 lanjutan

18	6	1	0	36	0
19	6.1	1	0	37.21	0
20	6.4	1	0	40.96	0
21	6.7	1	0	44.89	0
22	6.9	2	0.30103	47.61	2.077107
23	7.8	1	0	60.84	0
Σ	122.4	299	17.473048	673.44	84.660261

Dari tabel diatas didapat nilai – nilai untuk mendapatkan nilai β dengan memasukkannya kedalam matrik pada persamaan 3.21c seperti persamaan dibawah ini,

$$\begin{bmatrix} n & \sum M_i \\ \sum M_i & \sum M_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum M_i y_i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 23 & 122.4 \\ 122.4 & 673.44 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17.473048 \\ 84.660261 \end{bmatrix}$$

Dengan cara least square method maka nilai a, b dapat dicari dari persamaan diatas, maka a = 2.768514465

b = 0.143556

dan nilai β berdasarkan persamaan 3.21,

maka $\beta = b \ln 10 = 0.143556 \ln 10$

$= 0.330549$

sedangkan untuk nilai N_0 berdasarkan persamaan 3.17b maka

$$N_0 = \frac{Filter_1}{Filter_2}$$

Filter $_1$ = jumlah data yang memenuhi kriteria dalam radius≤250 km, Kedalaman≤100 km = 299

Filter $_2$ = jumlah data yang memenuhi kriteria radius≤250 km, Kedalaman≤100 km dan M≥4 = 346

Maka nilai $N_0 = 299/346 = 0.9$

5.2 Perhitungan Percepatan Tanah Maksimum

5.2.1 Perhitungan manual

Perhitungan manual dilakukan dengan beberapa metode berdasarkan persamaan atenuasi yang dipakai. Sebagai contoh, dengan panjang patahahan 20 km, dalam periode ulang 500 tahun, probabilitas kejadian gempa melampaui nilai percepatan tanah maksimum 10%, batasan untuk jarak (R) ≤250 km, kedalaman epicenter≤ 100 km. Dengan batasan diatas, nilai percepatan tanah dari kota Bandung akan dihitung berdasarkan persamaan atenuasi Mexico, Atenuasi Ambraseys & Bommer's, Atenuasi Joyner & Boore (1981), Atenuasi Donovan (1972), Fukushima & Tanaka, dan Young.

5.2.1.a Atenuasi Mexico

Seperti dikemukakan pada Bab III bahwa persamaan 3.6 adalah persamaan atenuasi Mexico, bila ditulis kembali

$$Y = b_1 e^{b_2 M} R^{-b_3}$$

setelah dimasukkan kedalam persamaan distribusi Poison didapat persamaan 3.33.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 / \beta}$$

Sesuai dengan penyelesaian persamaannya, nilai koefisien untuk atenuasi Mexico adalah $b_1 = 2000$, $b_2 = 0.8$, $b_3 = 2.0$, setelah menganalisa data, didapatkan nilai β dari persamaan 21, maka $\beta = 1.238333$.

Tahapan yang harus dilakukan sebelum mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum, adalah mendapatkan nilai-nilai koefisien terlebih dahulu.

Dari persamaan 3.26c rumus dari koefisien $\gamma = \beta b_3 / b_2$

Maka nilai koefisien γ = (1.238333x 2)/0.8

= 3.095833

Dari persamaan 3.26b, rumus untuk koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

maka nilai koefisien $C = e^{1.238333x4} x 2000^{\frac{1.238333}{0.8}}$

= 18235712.0827253

Jarak terdekat antara site dengan pusat gempa adalah $R_0^2 = R^2 + H^2$

Dengan batasan yang dipakai maka $R_0^2 = 250^2 + 100^2 = 72500$

karena syarat geometrinya adalah $G = \int_{x_1}^{x_2} \left(x^2 + R_0^2\right)^{-\frac{\gamma}{2}} dx$, maka untuk mempermudah perhitungan dipakai metode numeric Simpson's Rule. Nilai dari *f(x)* dibagi dalam 10 interval.

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$f(x)$ (10^{-8})	2.996428	2.9962	2.9954	2.9941262	2.992338	2.99004	2.98724	2.98393	2.9801	2.9758	2.971

$$G = \frac{10}{3}[2.996428+2.971+4(2.9962+2.9941262+2.99004+2.98393+2.9758)$$

$$+2(2.9954+2.992338+2.98724+2.9801)]$$

$$= 298.7934.x\ 10^{-8}$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk probabilitas $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 %, maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat, $P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002$ / tahun.

Frekuensi kejadian (N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$ dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai dengan persamaan 3.17b, maka $N_0 = 0.985772$ dan nilai koefisien N adalah,

$$N = N_0/L = 0.985772/20$$

$$= 0.049289$$

Setelah semua koefisien didapatkan, maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.049289.18235712.0827253.298.7934x10-8}\right)\right]^{-0.8/1.2833}$$

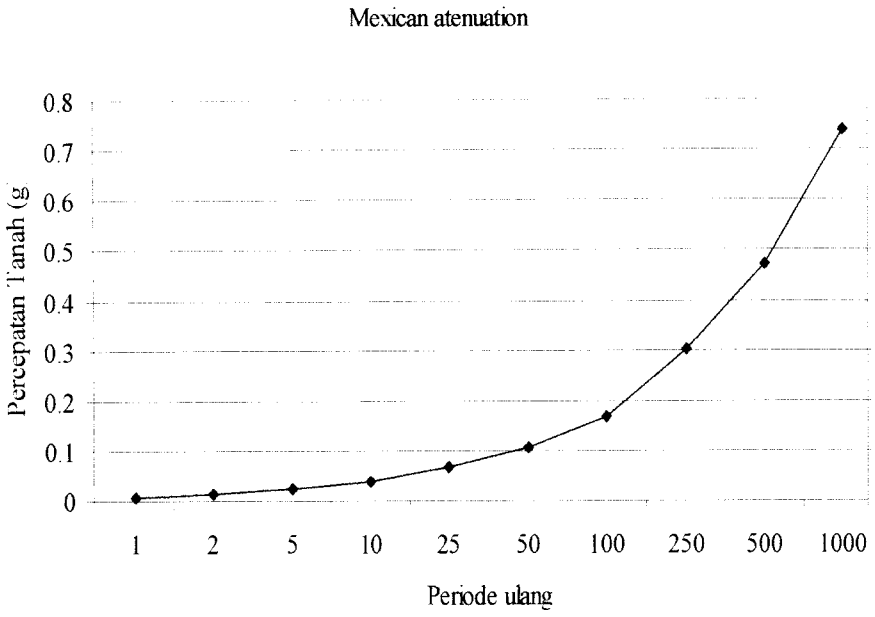
$$= 0.47292 \text{ g}$$

Untuk periode ulang yang lainnya ditampilakan dalam Tabel 5.3 berikut,

Tabel 5.3 Perhitungan percepatan tanah maksimum

untuk kota bandung dengan metode Atenuasi Mexico

Periode ulang	Y (cm/s2)	Y (g)
1	8.379201027	0.0085344
2	13.1122419	0.0133551
5	23.70052959	0.0241394
10	37.08791282	0.0377747
25	67.03683334	0.0682783
50	104.9029821	0.1068456
100	164.1580471	0.167198
250	296.7175775	0.3022123
500	464.3202425	0.4729188
1000	726.5942565	0.7400497



Gambar 5.2 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan batasan,L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km.

5.2.1.b Atenuasi Ambraseys & Bommer's

Seperti dikemukakan pada Bab III bahwa persamaan 3.8 dan persamaan 3.10 adalah persamaan atenuasi Ambraseys & Bommer's. bila ditulis kembali

$$\log Y = a_1 + a_2 M_s + a_3 R - \log R \qquad \text{untuk tanah medium}$$

$$\log Y = c_1 + c_2 M_s + c_3 R - \log R + c_4 S \quad \text{untuk tanah soft dan hard}$$

setelah dimasukkan kedalam persamaan distribusi Poison didapat persamaan 3.33.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

Sesuai dengan penyelesaian persamaannya, maka percepatan tanah maksimum dapat dicari berdasarkan persamaan atenuasi Ambraseys & Bommer's dengan koefisien:

$a_1 = -0.87, a_2 = 0.217,\ a_3 = -0.00117$

Sebelum mencari nilai percepatan tanah maksimum, maka koefisien dari persamaan atenuasi Ambraseys & Bommer's perlu diubah terlebih dahulu supaya dapat diselesaikan seperti penyelesaian berdasarkan persamaan atenuasi Mexico. setelah menganalisa data, didapatkan nilai β dari persamaan 21

$\beta =$ 1.000404 , dan

koefisien untuk atenuasi Ambraseys & Bommer's adalah,

$b_2 = a_2 \ln 10$

$= 0.211.\ \ln 10 = 0.4858455$

$b_3 = 1$

dari persamaan 3.26c rumus dari koefisien $\gamma = \beta b_3 / b_2$

$= (1.000404 \text{ x } 1)/0.5 = 2.0591$

Jarak terdekat antara site dengan pusat gempa adalah $R_0^2 = R^2 + H^2$, dengan batasan yang dipakai, maka $R_0^2 = 250^2 + 100^2 = 72500$

Karena syarat geometrinya adalah $G = \int_{x_1}^{x_2} \left(x^2 + R_0^2\right)^{-\gamma/2} dx$, maka untuk mempermudah perhitungan dipakai metode numeric Simpson's Rule. Nilai dari *f(x)* dibagi dalam 10 interval.

X	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
***f*(x)(10^{-6})**	9.90925	9.9087	9.907	9.904	9.9003	9.895	9.88903	9.882	9.87336	9.8639	9.85328

$$G = \frac{10}{3}[9.90925+9.85328+4(9.9087+9.904+9.895+9.882+9.8639)$$

$$+2(9.907+9.9003+9.88903+9.8639)].10^{-6}$$

$= 989.055.10^{-6}$

$= 0.001$

1. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *soft*

Keofisien untuk tanah *soft* adalah

$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)G)+(0.034(\ln 10)I))}$

$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)0.001)+(0.034(\ln 10)I))}$

$= 0.021$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

$$C = e^{1.000404x4} x 0.021^{1.000404/0.5} = 0.991$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk probabilitas $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002$ / tahun.

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$ dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai dengan persamaan 3.17b didapat $N_0 = 0.36585$ maka nilai koefisien N adalah,

$N = N_0/L = 0.36585/20 \quad = 0.0183$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$= [(0.0002)/\{(0.0183)x\ (0.991)x(0.9908^{J})\}]^{-0.8/1.238333}$

$= 0.47292$ g

2. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *medium*

Keofisien untuk tanah *medium* adalah

$$b_1 = e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)(i)))}$$

$$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)0.00136))} \quad = 0.13$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta \cdot b_2}$

$$= e^{1.000404x4} x 0.13^{1.000404/0.5} = 0.9908$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$ dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai dengan persamaan 3.17b, $N_0 = 0.36585$ maka nilai koefisien N adalah,

$$N = N_0/L = 0.36585/20 \quad = 0.0183$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$= [(0.0002) / \{(0.0183)x\ (0.9908)x(0.00136)\}]^{-0.5/1.238333}$$

$$= 0.351489559 \text{ g}$$

3. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *hard*

Keofisien untuk tanah *hard* adalah

$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)G)+(0.034(\ln 10)0))}$ jadi $b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)0.001)+(0.034(\ln 10)0))}$

$b_1 = 0.13$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$$

$$= e^{1.000404x4} x 0.13^{1.000404 / 0.5} = 0.84308$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk probabilitas $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002$ / tahun.

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$

dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai dengan persamaan 3.17b , maka

$N_0 = 0.36585$

dan nilai koefisien N adalah,

$N = N_0/L = 0.36585/20 \quad = 0.0183$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

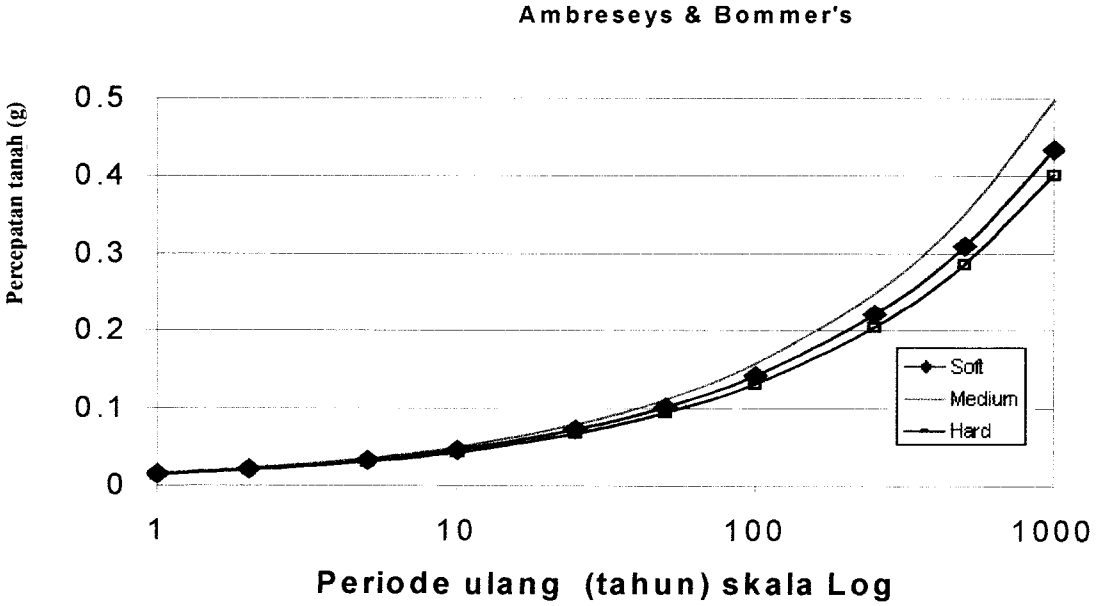
$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$= [(0.0002) / \{(0.0183)x\ (0.84308)x(0.0009891)\}]^{-0.5 / 1.238333} = 0.2865$ g

Untuk periode ulang yang lainnya ditampilakn dalam tabel 5.4 berikut,

Tabel 5.4 Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan Atenuasi Ambraseys & Bommer's

Periode ulang	Jenis Tanah		
	Soft	Medium	Hard
	Y (g)	Y (g)	Y (g)
1	0.015152	0.015772	0.014011
2	0.021215	0.022297	0.019618
5	0.033106	0.035237	0.030613
10	0.046356	0.049813	0.042865
25	0.072338	0.078723	0.06689
50	0.101288	0.111289	0.093661
100	0.141826	0.157328	0.131146
250	0.221316	0.248634	0.204651
500	0.309891	0.35149	0.286555
1000	0.433914	0.496895	0.401239



Gambar 5.3 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Ambresseys & Boomer's untuk jenis tanah soft, medium Hard.

5.2.1.c Atenuasi Joyner & Boore (1981)

Seperti dikemukakan pada Bab III bahwa persamaan 3.11 adalah persamaan atenuasi Joyner & Boore (1981). Bila ditulis kembali

$$\log Y = C + d_1 M_w + d_2 R - \log R$$

setelah dimasukkan kedalam persamaan distribusi Poison didapat persamaan 3.33.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 / \beta}$$

Sesuai dengan penyelesaian persamaannya, maka percepatan tanah maksimum dapat dicari berdasarkan persamaan atenuasi Joyner & Boore (1981). dengan koefisien, $d_1 = 0.249$

$d_2 = -0.00255$

$C = d_3 =$ untuk tanah lunak *(soft)* = -1,24

untuk tanah menengah *(medium)* = -1,02

untuk tanah keras *(hard)* = - 0,87

Sebelum mencari nilai percepatan tanah maksimum, dapat dilihat bahwa koefisien dari persamaan atenuasi Joyner & Boore (1981) perlu diubah terlebih dahulu supaya dapat diselesaikan seperti penyelesaian berdasarkan persamaan atenuasi Mexico. setelah menganalisa data, didapatkan nilai β dari persamaan 21

$\beta = 1.342014$

$b_2 = d_1 \ln 10 = 0.249 \ln 10 = 0.57334368$

$b_3 = 1$

Dari persamaan 3.26c rumus dari koefisien $\gamma = \beta b_3 / b_2$

$= (1.342014 \times 1)/0.57334368 = 2.34068$

Jarak terdekat antara site dengan pusat gempa adalah,

$$R_0^2 = 250^2 + 100^2 = 72500$$

Karena syarat geometrinya adalah $G = \int_{x_1}^{x_2} \left(x^2 + R_0^2\right)^{-\frac{\gamma}{2}} dx$, maka untuk mempermudah perhitungan dipakai metode numeric Simpson's Rule. Nilai dari *f(x)* dibagi dalam 10 interval.

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
f(x) (10^{-6})	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000123	0.000122	0.000122	0.000122

$G = \frac{10}{3}$[0.000123+0.000122+4(0.000123+0.000123+0.000123+ 0.000123+0.000122)+2(0.000123+0.000123+0.000123+0.000122)] 10^{-6}

$= 0.000205$

1. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *soft*

Keofisien untuk tanah *soft* adalah $b_1 = e^{((-1.24(\ln 10))+(-0.00255(\ln 10)0.000205))}$

$b_1 = 0.0575439246$

$b_2 = 0.57334368$

$b_3 = 1$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

$C = e^{1.342014x4} x 0.0575439246^{\,1.342014/0.57334368}$

$= 0.268455869195426$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat nilai N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka $N_0 = 0.4573171$ dan

$$N = N_0/L = 0.4573171/20$$

$$=0.022865855$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.022865855x0.268455869195426x0.000205}\right)\right]^{-0.57334368/1.342014}$$

$$Y = 0.1146 \text{ g}$$

2. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *medium*

Keofisien untuk tanah *medium* adalah $b_1 = e^{((-1.02(\ln 10))+(-0.00255(\ln 10)0.000205))}$

$$b_1 = 0.095499$$

$$b_2 = 0.57334368, \quad b_3 = 1$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$

$$= e^{1.342014x4}\ 0.095499^{\ 1.342014/0.57334368}$$

$$= 0.8786632518$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka $N_0 = 0.4573171$ dan

$$N = N_0/L = 0.4573171/20$$

$$=0.022865855$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 \quad \beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.022865855x0.8786632518x0.000205}\right)\right]^{-0.57334368\,1.342014}$$

$$Y = 0.19018 \text{ g}$$

2. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *hard*

Keofisien untuk tanah *medium* adalah $b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00255(\ln 10)0.000205))}$

$$b_1 = 0.134896126236543$$

$$b_2 = 0.57334368, \quad b_3 = 1$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$

$$= e^{1.342014x4}\ 0.13489612^{1.342014/0.57334368}$$

$$= 1.9720795799$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat nilai N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka $N_0 = 0.4573171$ dan

$$N = N_0/L = 0.4573171/20$$

$$= 0.022865855$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.022865855 \text{x} 1.9720795799 \text{x} 0.000205}\right)\right]^{-0.57334368/1.342014}$$

$$Y = 0.26864808 \text{ g}$$

Untuk periode ulang yang lainnya ditampilakn dalam tabel 5.5 berikut,

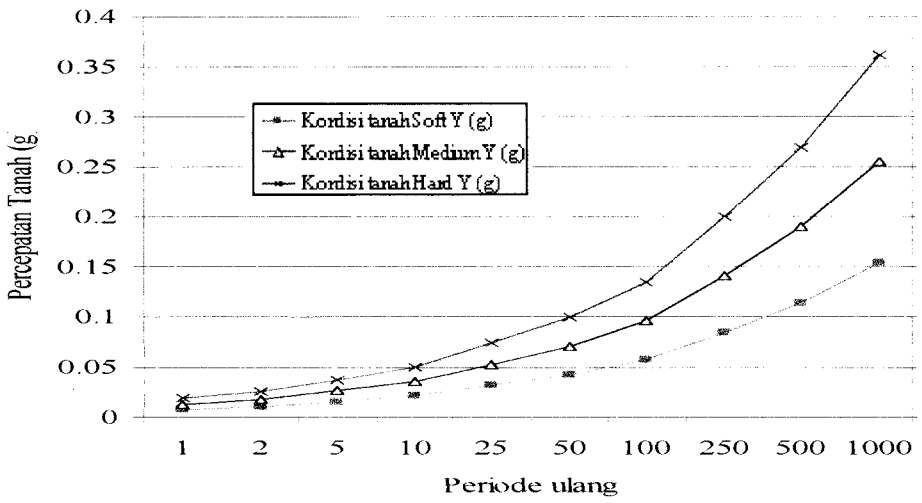
Tabel 5.5 Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota bandung berdasarkan Atenuasi Joyner & Boore (1981)

Periode ulang	Kondisi tanah		
	Soft	Medium	Hard
	Y (g)	Y (g)	Y (g)
1	0.0080559	0.0133694	0.018885
2	0.0108323	0.0179771	0.025393
5	0.0160225	0.0265908	0.03756
10	0.0215446	0.0357552	0.050506

Tabel 5.5 Lanjutan

25	0.0318676	0.0528871	0.074705
50	0.0428507	0.0711144	0.100452
100	0.057619	0.0956237	0.135072
250	0.0852267	0.1414412	0.199791
500	0.1145998	0.1901883	0.268648
1000	0.1540961	0.2557359	0.361237

Joyner & Boore



Gambar 5.4 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Joyner & Boore untuk jenis tanah soft, medium Hard.

5.2.1.d Atenuasi Donovan (1972)

Seperti dikemukakan pada Bab III bahwa persamaan 3.13 adalah persamaan atenuasi Donovan (1972),

$$\ln Y = n_1 + n_2 M - n_3 \ln(R+25)$$

setelah dimasukkan kedalam persamaan distribusi Poison didapat persamaan 3.33.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

Sesuai dengan penyelesaian persamaannya, maka percepatan tanah maksimum dapat dicari berdasarkan persamaan atenuasi Mexico dengan nilai keofisiennya adalah Dengan, $n_1 = 7.20$, $n_2 = 0.5$, $n_3 = 1.5$ setelah menganalisa data, didapatkan nilai β dari persamaan 21, maka β = 1.238333

Seperti dijelaskan pada Bab III, koefisien dari atenuasi Donovan harus diubah terlebih dahulu agar dapat diselesaikan. Maka didapat,

$b_1 = e^{n_1} = e^{7.2} = 1339.430764$

$b_2 = n_2 = 0.5$

$b_3 = n_3 = 1.5$

Dari persamaan 3.26c rumus dari koefisien $\gamma = \beta b_3 / b_2$

$= (1.238333 \times 1.5)/0.5 = 3.715$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$

$= e^{1.238333.4} x 1339.430764^{1.238333/0.5}$

$= 7862159883.6816$

Jarak terdekat antara site dengan pusat gempa adalah $R_0^2 = 250^2 + 100^2 = 72500$

karena syarat geometrinya adalah $G = \int_{x_1}^{x_2} \left(x^2 + R_0^2\right)^{-\gamma/2} dx$, maka untuk mempermudah perhitungan dipakai metode numeric Simpson's Rule. Nilai dari *f(x)* dibagi dalam 10 interval.

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
***f*(x)** (10^{-8})	0.9373992	0.937	0.937	0.93654	0.9358641	0.935	0.934	0.9327	0.93128178	0.93	0.93

$$G = \frac{10}{3}[0.93739921+0.93+4(0.937+0.937+0.9358641+0.934+0.93128178)$$

$$+2(0.937+0.93654+0.934+0.93128178)]$$

$$= 9.34212038616822E\text{-}08$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat nilai N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka $N_0 = 0.9857724$ dan

$$N = N_0/L = 0.9857724/20$$

$$= 0.04928862$$

Setelah semua koefisien didapatkan, maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.04928862x7862159883.6816x9.34212038616822E\text{-}08}\right)\right]^{-0.5/1.238333}$$

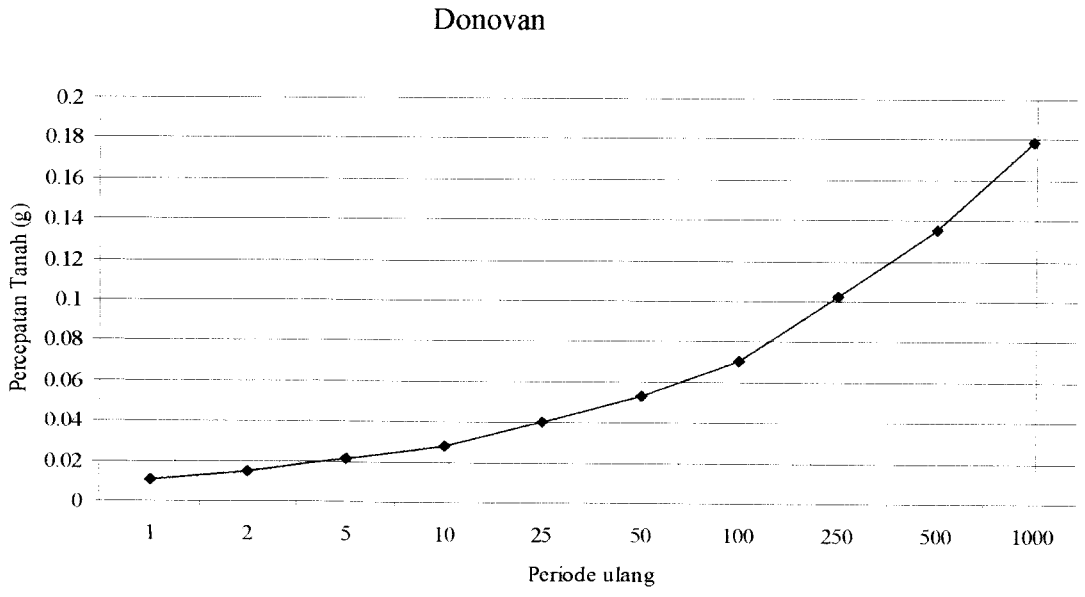
$$Y = 0.13517 \text{ g}$$

Untuk periode ulang yang lainnya ditampilakn dalam tabel 5.6 berikut,

Tabel 5.6 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum

untuk kota bandung berdasarkan Atenuasi Donovan

Periode ulang	Y (cm/dt2)	Y (g)
1	10.79285838	0.010992726
2	14.27851174	0.014542929
5	20.67086396	0.021053658
10	27.34671051	0.027853131
25	39.5895695	0.04032271
50	52.37538684	0.053345301
100	69.29050203	0.070573659
250	100.3111927	0.102168807
500	132.7076193	0.135165168
1000	175.5667714	0.178818008



Gambar 5.5 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, (R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Donovan

5.2.1.e Atenuasi Fukushima & Tanaka

Seperti dikemukakan pada Bab III bahwa persamaan 3.15 adalah persamaan atenuasi Fukushima dan Tanaka,

$$\log y = 0{,}41M - \log\left(R + 0{,}032.10^{0.41M}\right) - 0{,}0034R - C$$

setelah dimasukkan kedalam persamaan distribusi Poison didapat persamaan 3.33.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

Sesuai dengan penyelesaian persamaannya, maka percepatan tanah maksimum dapat dicari berdasarkan persamaan atenuasi Fukushima & Tanaka. dengan koefisien $d_1 = 0.41$

$d_2 = -0.0034$

$C = d_3 =$ untuk tanah lunak *(soft)* = 1.45

untuk tanah menengah *(medium)* = 1.3

untuk tanah keras *(hard)* = 1.08

Sebelum mencari nilai percepatan tanah maksimum, dapat dilihat bahwa koefisien dari persamaan atenuasi Fukushima & Tanaka perlu diubah terlebih dahulu supaya dapat diselesaikan seperti penyelesaian berdasarkan persamaan atenuasi Mexico. Untuk rumus dari Fukushima & Tanaka ditetapkan nilai $\beta = 2.3$

$b_2 = d_1 \ln 10 = 0.41 \ln 10 = 0.944059888127559$

$b_3 = 1$

Dari persamaan 3.26c rumus dari koefisien $\gamma = \beta b_3 / b_2$

$= (2.3 \times 1) / 0.944059888 = 2.4362861179$

Jarak terdekat antara site dengan pusat gempa adalah,

$$R_0^2 = 250^2 + 100^2 = 72500$$

Karena syarat geometrinya adalah $G = \int_{x_1}^{x_2} \left(x^2 + R_0^2\right)^{-\gamma/2} dx$, maka untuk mempermudah perhitungan dipakai metode numeric Simpson's Rule. Nilai dari *f(x)* dibagi dalam 10 interval.

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
***f*(x) (10^{-6})**	1.2006E-06	1.201E-06	1.2E-06	1.2E-06	1.199E-06	1.199E-06	1.198E-06	1.197E-06	1.195E-06	1.194E-06	1.193E-06

$G = \frac{10}{3}$[1.20061E-06+1.193E-06+4(1.201E-06+1.2E-06+1.199E-06+
1.197E-06+1.194E-06)+2(1.2E-06+1.199E-06+1.198E-06+1.195E-06)]
= 0.000119793253085867

1. **Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *soft***

Keofisien untuk tanah *soft* adalah $b_1 = e^{((1.45(\ln 10))+(-0.0034(\ln 10)0.000119793253085867))}$

$b_1 = 28.1838028808433$

$b_2 = 0.944059888127559$

$b_3 = 1$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

$C = e^{2.3x4} x 28.1838028\ 808433^{\ 2.3/0.94405988\ 8}$

$= 33738325.131538$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat nilai N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka $N_0 =$ 0.3658537

$$N = N_0/L = 0.3658537/20$$

$$=0.018292685$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 \cdot \beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.01829268\ 5x33738325\ .131538x0.\ 0001197932\ 5308}\right)\right]^{-0.94405988\ 8127559\ 2.\ 3}$$

$$Y = 0.196487107116108 \text{ g}$$

2. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *medium*

Keofisien untuk tanah *medium* adalah $b_1 = e^{((1.3(\ln 10))+(-0.0034(\ln 10)0.000119793253085867))}$

$$b_1 = 19.9526044374065$$

$$b_2 = 0.944059888127559$$

$$b_3 = 1$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

$$C = e^{2.3x4} x19.9526044\ 374065^{\ 2.3/-0.94405988\ 8}$$

$$= 14543890.6786$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002$ / tahun.

frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat nilai N_0 sesuai persamaan 3.17b,

maka $N_0 = 0.3658537$ dan

$N = N_0 / L = 0.3658537/20$

$=0.018292685$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2 / \beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.01829268\ 5x14543890\ .6786x0.00\ 0119793253\ 08}\right)\right]^{-0.94405988\ 8127559/2.\ 3}$$

$Y = 0.1391022g$

3. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *hard*

Keofisien untuk tanah *hard* adalah $b_1 = e^{((1.08(\ln 10))+(-0.0034(\ln 10)0.000119793253085867))}$

$b_1 = 12.02263307$

$b_2 = 0.944059888127559$

$b_3 = 1$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta / b_2}$

$= e^{2.3x4} x12.0226330\,7^{\,2.3/0.944059888}$

$= 4233481.3948$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{\max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$P(Y_{\max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002$ / tahun.

frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang dari suatu panjang patahan (L) adalah, didapat dari perhitungan parameter gempa didapat nilai N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka $N_0 = 0.3658537$ dan

$N = N_0 / L = 0.3658537/20$

$=0.018292685$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$Y = \left[\left(\frac{0.0002}{0.01829268\,5x4233481.\,3948x0.000\,1197932530\,8}\right)\right]^{-0.944059888127559/2.3}$$

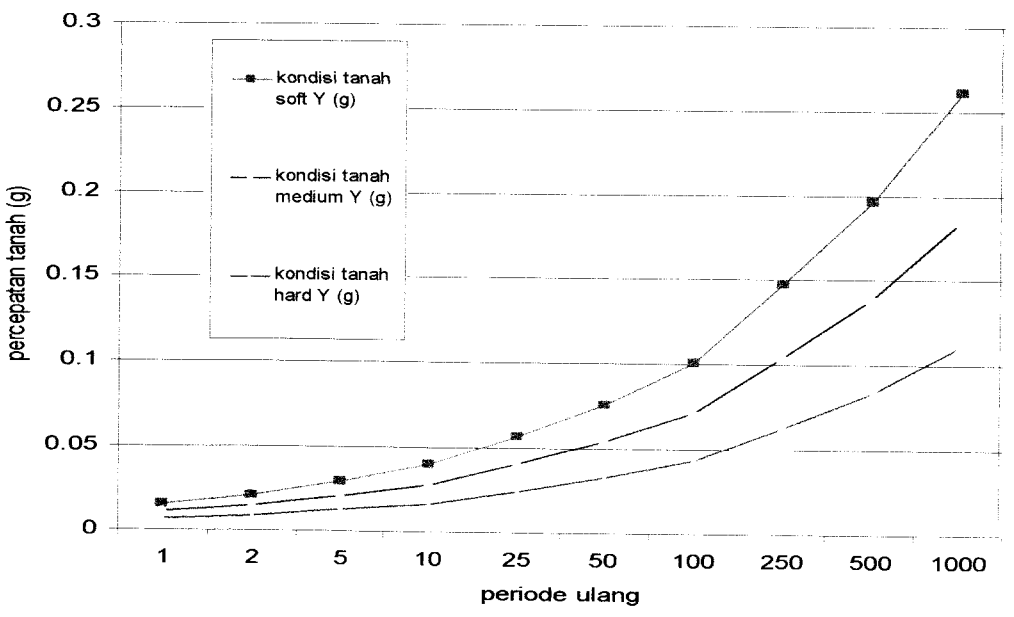
$Y = 0.08381737g$

Untuk periode ulang yang lainnya ditampilakn dalam tabel 5.7 berikut,

Tabel 5.7 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota bandung berdasarkan Atenuasi fukushima & tanaka

Periode ulang	kondisi tanah		
	soft	medium	hard
	Y (g)	Y (g)	Y (g)
1	0.015329	0.0108521	0.006539
2	0.0203739	0.0144236	0.0086911
5	0.0296765	0.0210093	0.0126594
10	0.0394433	0.0279237	0.0168257
25	0.0574529	0.0406736	0.0245082
50	0.0763613	0.0540597	0.0325742
100	0.1014926	0.0718512	0.0432947
250	0.1478336	0.1046581	0.0630628
500	0.1964871	0.1391022	0.0838174
1000	0.261153	0.1848822	0.1114025

Fukushima & Tanaka



Gambar 5.6 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan fungsi atenuasi Fukushima &

5.2.1.f Atenuasi Young

Seperti dikemukakan pada Bab III, bahwa persamaan 3.14 adalah persamaan atenuasi Young, bila ditulis kembali

$$\ln Y = C + 1.438M_W - 2.552\ln\left(R + 1.7818e^{0.554M_W}\right) + 0.00607H + 0.3846Z_t$$

Setelah dimasukkan kedalam persamaan distribusi Poison didapat persamaan 3.33.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{\max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

Sesuai dengan penyelesaian persamaannya, maka percepatan tanah maksimum dapat dicari berdasarkan persamaan atenuasi Young dengan koefisien untuk jenis tanahnya adalah:

$C =$ untuk tanah lunak *(soft)* = 0,58

untuk tanah menengah *(medium)* = 0,2418

untuk tanah keras *(hard)* = -0,26

Sebelum mencari nilai percepatan tanah maksimum, dapat dilihat bahwa koefisien dari persamaan atenuasi Young perlu diubah terlebih dahulu supaya dapat diselesaikan seperti penyelesaian berdasarkan persamaan atenuasi Mexico. :

$$b_2 = a_2 \ln 10$$
$$b_3 = 1$$

Dari persamaan 3.26c rumus dari koefisien $\gamma = \beta b_3 / b_2$

$= (1.000404 \text{ x } 1)/0.5 = 2.0591$

Jarak terdekat antara site dengan pusat gempa adalah $R_0^2 = R^2 + H^2$

Dengan batasan yang dipakai maka $R_0^2 = 250^2 + 100^2 = 72500$

Karena syarat geometrinya adalah $G = \int_{x_1}^{x_2} \left(x^2 + R_0^2\right)^{-\gamma/2} dx$, maka untuk mempermudah perhitungan dipakai metode numeric Simpson's Rule. Nilai dari *f(x)* dibagi dalam 10 interval.

x	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
f(x) (10^{-6})	9.9092	9.9087	9.907	9.904	9.9003	9.895	9.88903	9.882	9.87336	9.8639	9.85328

$$G = \frac{10}{3}[9.90925+9.85328+4(9.9087+9.904+9.895+9.882+9.8639)$$

$$+2(9.907+9.9003+9.88903+9.8639)].10^{-6}$$

$$= 989.055.10^{-6}$$

$$= 0.001$$

1. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *soft*

Keofisien untuk tanah *soft* adalah $b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)0.001)+(0.034(\ln 10)1))}$

$$= 0.021$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta_1 f_0} b_1^{\beta_1/b_2}$

$$= e^{1.000404x4} x 0.021^{1.000404/0.5} = 0.991$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002$ / tahun.

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$

dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka N_0 = 0.36585 maka nilai koefisien N adalah,

$$N = N_0/L = 0.36585/20 \qquad = 0.0183$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$= [(0.0002)/\{(0.0183)x\,(0.991)x(0.9908^{1})\}]^{-0.8/1.238333}$$

$$= 0.47292 \text{ g}$$

2.Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *medium*

Keofisien untuk tanah *medium* adalah

$$b_1 = e^{((a_1(\ln 10))+(a_3(\ln 10)G))}$$

$$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)0.00136))}$$

$$b_1 = 0.13$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta b_1 I_0} b_1^{\beta/b_2}$

$$= e^{1.000404x4} x 0.13^{1.000404/0.5} = 0.9908$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$

dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka N_0 = 0.36585 maka nilai koefisien N adalah,

$$N = N_0/L = 0.36585/20 \qquad = 0.0183$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

$$= [(0.0002)/\{(0.0183)\text{x}\ (0.9908)\text{x}(0.00136)\}]^{-0.5/1.238333}$$

$$= 0.351489559\ \text{g}$$

3.Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk tanah *hard*

Keofisien untuk tanah *hard* adalah

$$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)(7)+(0.034(\ln 10)0))}$$

$$b_1 = e^{((-0.87(\ln 10))+(-0.00117(\ln 10)0.001)+(0.034(\ln 10)0))}$$

Dari persamaan 3.26b, rumus dari koefisien $C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$

$$C = e^{\beta M_0} b_1^{\beta/b_2}$$

$$= e^{1.000404x4} x0.13^{1.000404/0.5} = 0.84308$$

Sesuai dengan persamaan 3.3, untuk $(Y_{max} > Y)$ untuk periode ulang 500 tahun adalah 10 % maka nilai probabilitas untuk setiap tahunnya didapat,

$$P(Y_{max} > Y) = 0.1/500 = 0.0002 \text{ / tahun.}$$

Frekuensi kejadian(N) setiap satuan panjang patahan (L) adalah, $N = N_0/L$ dari proses penyeleksian data didapat N_0 sesuai persamaan 3.17b, maka N_0 = 0.36585 maka nilai koefisien N adalah,

$$N = N_0/L = 0.36585/20 \qquad = 0.0183$$

Setelah mendapatkan semua nilai koefisien maka dengan melihat persamaan 3.33, nilai percepatan tanah maksimum didapat.

$$Y = \left[\left(\frac{P(Y_{max} > Y)}{N.C.G}\right)\right]^{-b_2/\beta}$$

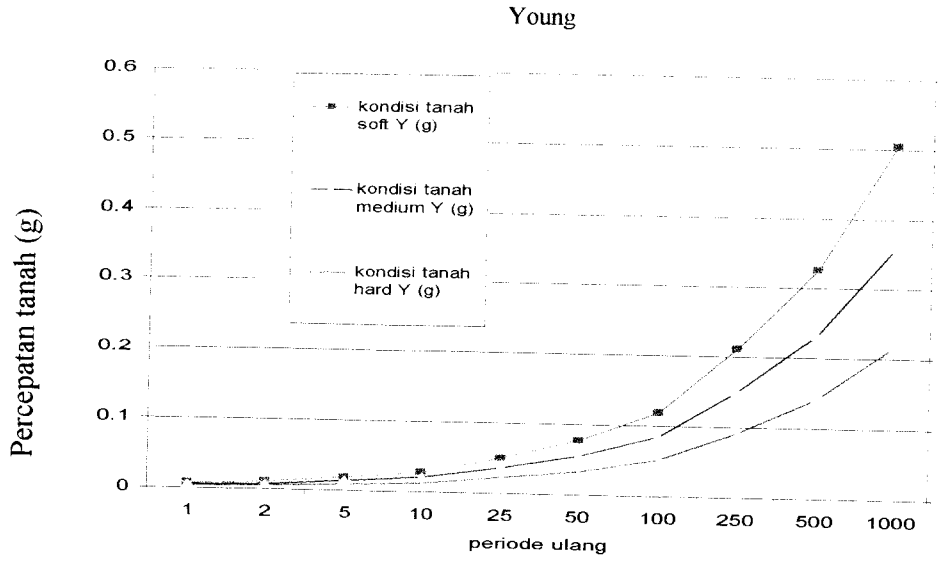
$$= [(0.0002)/\{(0.0183)x\,(0.84308)x(0.0009891)\}]^{-0.5/1.238333}$$

$$= 0.287 \text{ g}$$

Untuk periode ulang yang lainnya ditampilakn dalam tabel 5.8 berikut,

Tabel 5.8 Tabel perhitungan percepatan tanah maksimum untuk kota bandung berdasarkan Atenuasi Young

Periode ulang	kondisi tanah		
	soft	medium	hard
	Y (g)	Y (g)	Y (g)
1	0.0067213	0.0047916	0.002901
2	0.0103673	0.0073908	0.0044747
5	0.018385	0.0131067	0.0079353
10	0.0283578	0.0202163	0.0122398
25	0.0502888	0.0358509	0.0217056
50	0.0775676	0.055298	0.0334796
100	0.1196436	0.0852941	0.0516404
250	0.2121723	0.1512579	0.0915775
500	0.3272637	0.2333067	0.1412532
1000	0.5047856	0.3598623	0.217875



Gambar 5.7 Grafik periode ulang Vs Percepatan tanah untuk kota Bandung dengan L=20 km, `(R) ≤250 km, H≤ 100 km dengan menggunakan metode Young untuk jenis tanah soft, medium, hard

5.3 Perhitungan Menggunakan Program

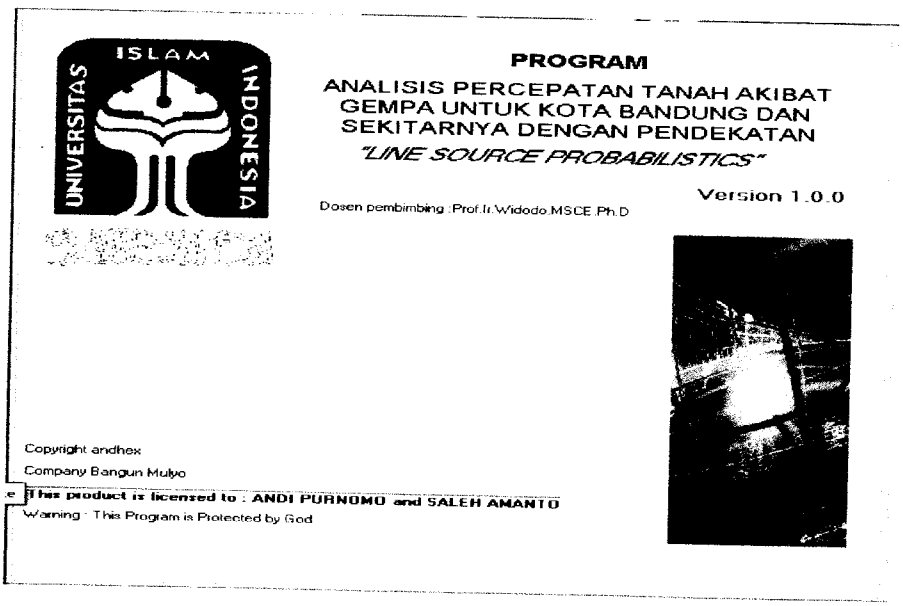
Selain perhitungan manual, pada penelitian ini dibuat suatu program computer menggunakan software Visual Basic sebagai perbandingan dan sebagai alat bantu untuk mempercepat perhitungan. Program yang dibuat ini diusahakan semudah mungkin dalam pengoperasiannya. Program ini dibuat untuk mencari nilai percepatan tanah untuk kota Bandung, Purwakarta, Tasikmalaya, dan Sukabumi dengan menggunakan fungsi atenuasi Mexico, Donovan, Ambresseys, Joyner, Fukushima dan Young.

Program ini juga akan menampilkan hasil berupa grafik. Program ini dirancang sangat interaktif, sehingga beberapa hal dapat dilakukan misalnya merubah parameternya yaitu radius gempa, kedalaman gempa, dan panjang patahan. Grafik yang ditampilkanpun dapat diatur untuk satu hasil perhitungan maupun beberapa perhitungan untuk dapat dibandingkan hasilnya. Program ini

dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap 1 analisa data(Tab 1 : Data Gempa), tahap 2 perhitungan nilai percepatan(Tab 2 : Hitungan percepatan), dan tahap 3 yaitu tampilan grafik(Tab 3 : Grafik). Untuk lebih jelasnya, akan dipaparkan tahapan pemakaian program ini.

5.3.1 Pembukaan

Tampilan awal begitu program dijalankan adalah pembukaan yang akan beroperasi beberapa detik saja. Dalam tampilan awal ini diperlikatkan judul, dosen pembimbing, dan pencipta program ini. Seperti tampak pada Gambar 5.8 berikut ini :

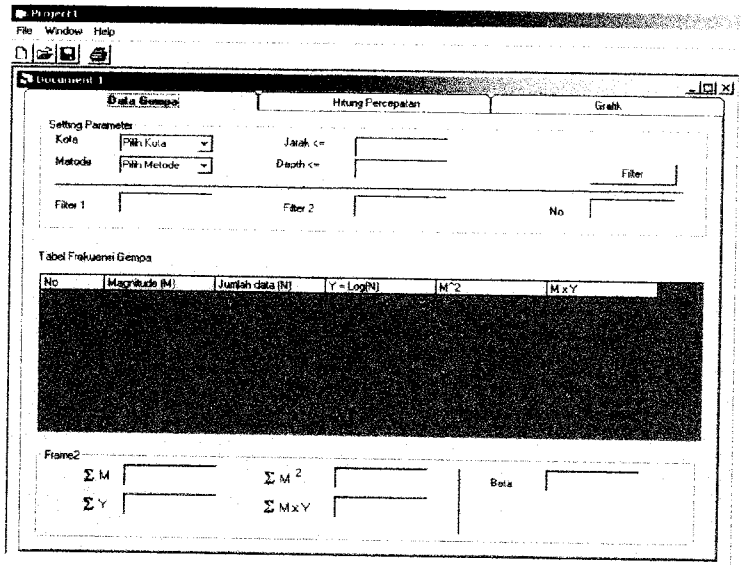


Gambar 5.8 gambar pembukaan

5.3.2 Tab 1 (Data Gempa)

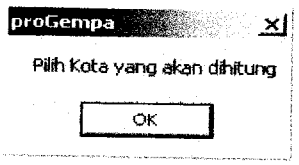
Setelah tampilan awal, akan ditampilan Tab 1 seperti terlihat pada gambar 5.9. Pada Tab1 ini, yang harus dilakukan adalah memilih kota yang akan dianalisa, kemudian memilih jenis fungsi atenuasi dan mengisi radius gempa dan kedalamannya. Setelah semua lengkap, kemudian tekan tombol filter

untuk mengoperasikan langkah 1 yaitu pengolahan data kejadian gempa dengan batasan yang telah diisikan, dan kemudian didapat nilai beta (β), dan nilai N_0.



Gambar 5.9 Gambar Tab 1(Data Gempa)

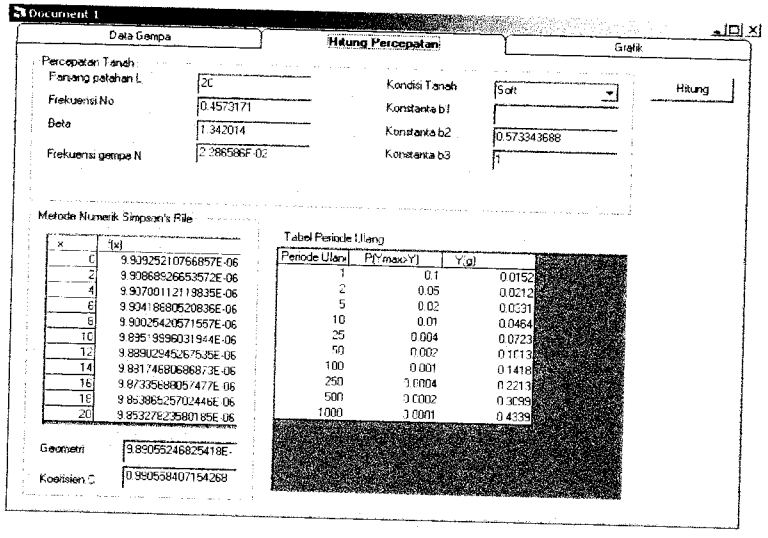
Apabila salah satu dari batasan pengolahan data tidak diisi maka akan tampil peringatan seperti Gambar 5.10. Apabila pesan peringatan diatas tampil maka user harus menekan tombol ok, dan kemudian mengisi apa yang diperingatkan setelah itu tekan kembali tombol filter.



Gambar 5.10 Peringatan Tab1

5.3.3 Tab 2 (Hitungan Percepatan)

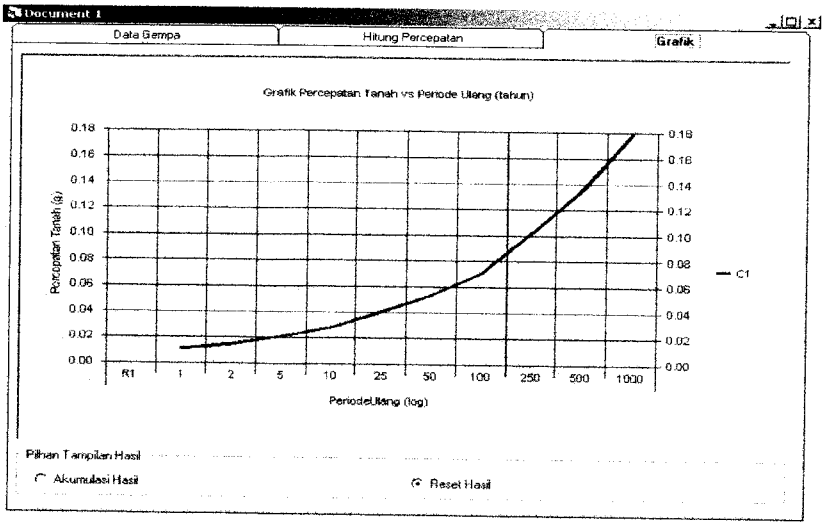
Setelah selesai untuk Tab 1, user dapat berpindah ke Tab 2 dengan mengklik pada sisi atas tepat pada hitungan percepatan seperti pada gambar 5.11. Pada form ini, yang harus dilakukan oleh user adalah mengisi panjang patahan. Untuk fungsi atenuasi tertentu, ditambahkan untuk memilih jenis tanah yang akan dicari nilai percepatan tanahnya. Setelah lengkap maka tekan tombol Hitung. Seperti pada Tab 1, apabila user tidak mengisi atau memilih jenis tanah maka akan tampil peringatan untuk mengisi.



Gambar 5.11 gambar Tab 2 (Hitungan Percepatan)

5.3.4 Tab 3 (Grafik)

Selesai untuk Tab 2, pindah ke Tab 3 (Gambar 5.12) untuk melihat grafik dari nilai percepatan terhadap periode ulangnya. Pilihan dalam pengoperasian Tab 3 adalah grafik yang ditampilkan untuk satu perhitungan atau beberapa perhitungan. Caranya adalah dengan meng-klik pada pilihan hasil yaitu reset hasil atau akumulasi hasil.



Gambar 5.12 Gambar Tab 3 (Grafik)

5.4 Analisis Gempa disekitar Kota Bandung (Sukabumi, Tasikmalaya dan Purwakarta)

Untuk membandingkan hasil yang diperoleh di kota Bandung, maka diperlukan analisis kota-kota disekitarnya yang jaraknya tidak terlalu jauh agar hasil yang didapatkan bisa dibandingkan antara satu dengan yang lainnya. Maka kota yang diambil sebagai perbandingan dalam analisis ini adalah kota Sukabumi, Purwakarta, dan Tasikmalaya.

Dalam contoh perhitungan diatas, dilakukan analisis terhadap kota Bandung. Karena yang membedakan antara kota-kota tersebut adalah jarak, maka tidak perlu ditampilkan kembali cara perhitungannya.

BAB VI

PEMBAHASAN

6.1 Pengaruh Fungsi Atenuasi Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum

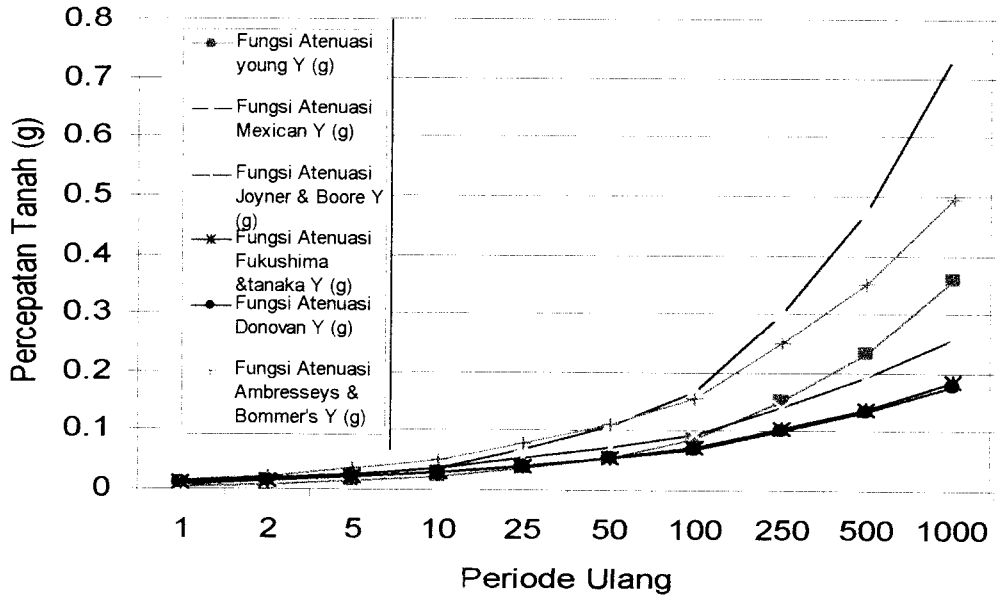
Dalam penelitian kali ini, nilai percepatan tanah maksimum untuk setiap periode ulang tertentu besarnya bervariasi tergantung fungsi atenuasi yang dipakai. Fungsi atenuasi yang dipakai untuk menganalisa adalah fungsi atenuasi yang umum dipakai antara lain fungsi atenuasi Mexico, fungsi atenuasi Ambresseys & Bommer's, fungsi atenuasi Joyner & Boore, fungsi atenuasi Fukushima & Tanaka, fungsi atenuasi Donovan, dan fungsi atenuasi Young's.

Untuk mengetahui pengaruh fungsi atenuasi terhadap besarnya nilai percepatan tanah maksimum, maka hasil perhitungan untuk kota bandung dipakai untuk membandingkan antar fungsi atenuasi yang dapat dilihat dalam Tabel 6.1

Tabel 6.1 Perhitungan nilai percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi fungsi Atenuasi

Periode ulang	Fungsi Atenuasi				
	Young	**Joyner & Boore**	**Fukushima &tanaka**	**Donovan**	**Ambresseys & Bommer's**
	Y (g)	Y (g)	Y (g)	Y (g)	Y (g)
1	0.0047916	0.013369426	0.010852071	0.0109927	0.015772011
2	0.0073908	0.017977144	0.014423599	0.0145429	0.022296632
5	0.0131067	0.026590784	0.02100934	0.0210537	0.035236605
10	0.0202163	0.035755188	0.02792373	0.0278531	0.049813408
25	0.0358509	0.052887071	0.040673563	0.0403227	0.078722894
50	0.055298	0.071114383	0.054059651	0.0533453	0.111289258
100	0.0852941	0.095623664	0.071851238	0.0705737	0.15732779
250	0.1512579	0.141441164	0.104658147	0.1021688	0.248633837
500	0.2333067	0.190188282	0.139102219	0.1351652	0.351489559
1000	0.3598623	0.255735894	0.18488219	0.178818	0.496894998

Grafik periode ulang vs percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung



Gambar 6.1 Grafik periode ulang vs percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi fungsi Atenuasi

Dari Tabel 6.1 dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah untuk kota bandung dengan batasan R≤250 km, H≤100 km, L=20 km dalam periode ulang 500 tahun, menurut fungsi atenuasinya adalah sebesar :

1. Atenuasi Fukushima & Tanaka, 0.139102219 g
2. Atenuasi Joyner & Boore, 0.190188282 g
3. Atenuasi Ambresseys & Bommer, 0.351489559 g
4. Atenuasi Donovan, 0.1351652 g
5. Atenuasi Young, 0.2333067 g

Dari Gambar 6.1 dapat dilihat bahwa percepatan tanah maksimum dengan periode ulang 500 tahun, nilai percepatan tanah bervarisi sesuai dengan fungsi atenuasinya. Varisi tersebut terjadi karena fungsi-fungsi tersebut dibuat pada tempat yang berbeda-beda, sehingga karakter gempa yang terjadipun berbeda-beda pula. Dengan mengambil jenis gempa yang sama yaitu gempa subdaksi, nilai

percepatan tanah maksimum yang didapat tidak berbeda secara significant antara fungsi tersebut. Nilai percepatan tanah tertinggi adalah percepatan tanah berdasarkan fungsi atenuasi mexico sebesar 0.472919 g sedangkan nilai terkecil adalah berdasarkan fungsi atenuasi Donovan yaitu sebesar 0.1351652 g.

Dari grafik 6.1 dapat dilihat bahwa hasil yang didapat membuktikan bahwa pendekatan statistika menggunakan distribusi Poisson telah terbukti.

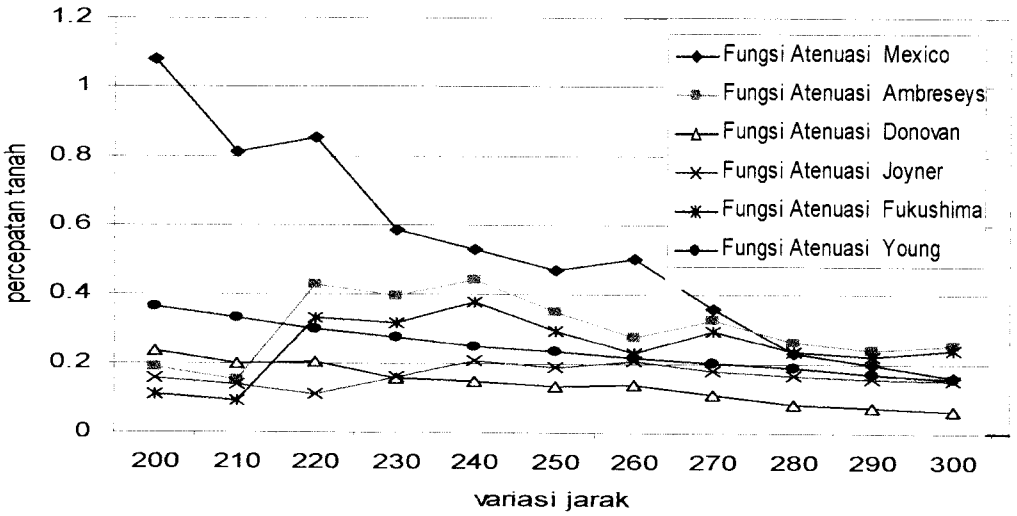
6.2 Pengaruh Jarak Epicenter Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum

Untuk mengetahui pengaruh variasi jarak epicenter terhadap besarnya nilai percepatan tanah maksimum, maka hasil perhitungan untuk kota bandung dipakai untuk membandingkan antara fungsi atenuasi yang dapat dilihat dalam Tabel 6.2. variasi jarak yng dipakai adalah antara maka variasi jarak dibuat dalam R≤200 km hingga R≤300 km dengan interval 10 km.

Tabel 6.2 Tabel perhitungan nilai percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi jarak

Jarak	Fungsi Atenuasi					
	Mexico	Ambreseys	Donovan	Joyner	Fukushima	Young
200	1.078543197	0.187214246	0.236924932	0.1580467	0.111525413	0.3640264
210	0.812630588	0.154543406	0.196569104	0.1393094	0.094359614	0.3315977
220	0.853587277	0.42885789	0.200784788	0.1086806	0.331810915	0.3021915
230	0.587693517	0.399020809	0.157546646	0.1609697	0.31721722	0.2748192
240	0.532783103	0.440797353	0.146855007	0.2060105	0.377116095	0.2511728
250	0.472918766	0.351489559	0.135130286	0.1901883	0.296835236	0.2333067
260	0.503943811	0.274660103	0.139419435	0.2079906	0.229768327	0.2174538
270	0.360722787	0.327512781	0.112200294	0.1785051	0.296662696	0.2015266
280	0.230494083	0.262275064	0.084129275	0.1678278	0.236408915	0.1871888
290	0.197299177	0.24078254	0.075745424	0.1548298	0.220428321	0.171886
300	0.159673439	0.253646339	0.065861533	0.1545965	0.241813138	0.1587835

Grafik periode ulang vs percepatan tanah maksimum



Gambar 6.2 Grafik periode ulang vs percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung berdasarkan variasi jarak

Dari Tabel 6.2 dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah untuk kota bandung dengan batasan H≤100 km, L=20 km dalam periode ulang 500 tahun, untuk variasi jarak antara R≤200 km hingga R≤300 km, menurut fungsi atenuasinya adalah sebesar :

1. Atenuasi Mexico, antara 0.159673439 g s/d 1.078543197 g
2. Atenuasi Fukushima & Tanaka antara 0.094359614 g s/d 0.3771161 g
3. Atenuasi Joyner & Boore, antara 0.1086806 g s/d 0.2079906 g
4. Atenuasi Ambresseys & Bommer antara 0.15454341 g s/d 0.440797353 g
5. Atenuasi Donovan antara 0.065861533 g s/d 0.236924932 g
6. Atenuasi Young antara 0.1587835 g s/d 0.3640264 g

Dari Gambar 6.2 dapat dilihat bahwa pada umumnya nilai percapatan tanah maksimum akan bertambah kecil sesuai bertambahnya jarak. Untuk fungsi

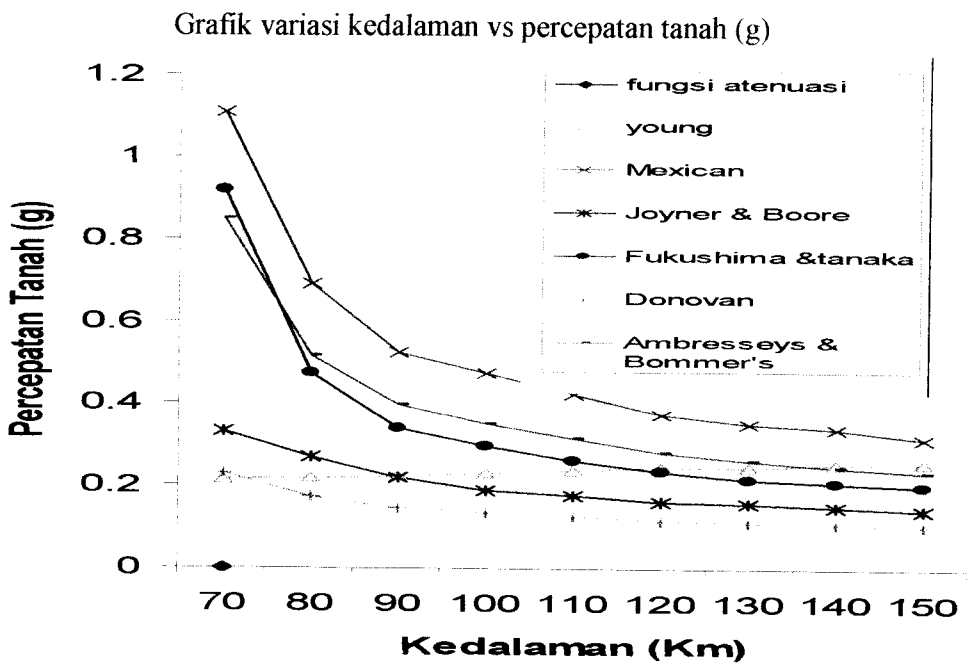
atenuasi Joyner tidak dipengaruhi oleh perubahan jarak epicenter, hal ini dimungkinkan terjadi karena fungsi atenuasi Joyner dibuat dengan menggunakan data yang memiliki radius lebih dari 300 km (gempa jauh) sehingga untuk jarak yang kecil perubahan nilai percepatan tanah tidak terlihat secara significant. Sedangkan untuk fungsi atenuasi Ambresey dan fungsi atenuasi Fukushima pada awalnya bertambahnya jarak mengakibatkan percepatan tanah semakin besar, dan ketika memasuki variasi jarak melebihi 220 km. Jadi bertambahnnya jarak epicenter mengakibatkan percepatan tanah yang semakin kecil.

6.3 Pengaruh Kedalaman Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum

Besar nilai percepatan tanah dipengaruhi oleh kedalaman epicenter. Maka dari fungsi atenuasi yang dipakai dalam penelitian kali ini akan dibandingkan tingkat sensitivitas perubahan nilai percepatan tanah maksimumnya untuk kota Bandung. Batasan yang dipakai adalah gempa yang berada pada radius≤250 km, panjang patahan = 20 km. Hasil dari pembandingan fungsi atenuasi terhadap jarak dapat dilihat pada tabel 6.3.

Tabel 6.3 Tabel Variasi kedalaman vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung.

Fungsi atenuasi	Kedalaman (Km)								
	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Young	0.2145	0.2194	0.2254	0.2333	0.2394	0.246	0.2487	0.2536	0.2581
Mexican	1.1061	0.6905	0.5263	0.4729	0.4234	0.3739	0.3493	0.338	0.315
Joyner & Boore	0.3299	0.2693	0.2188	0.1902	0.1767	0.1634	0.1569	0.1495	0.1434
Fukushima &tanaka	0.9184	0.4737	0.3402	0.2968	0.2633	0.2354	0.2171	0.2077	0.2006
Donovan	0.2319	0.1723	0.145	0.1351	0.1257	0.1158	0.1106	0.1079	0.1028
Ambresseys & Bommer's	0.8503	0.5179	0.3963	0.3515	0.3151	0.2825	0.2613	0.2475	0.2363



Gambar 6.3 Grafik Variasi kedalaman vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung dengan batasan jarak≤250 km, panjang patahan = 20 km

Dari Tabel 6.3 dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah untuk kota bandung dengan batasan R≤250 km, L=20 km dalam periode ulang 500 tahun, untuk variasi kedalaman, menurut fungsi atenuasinya adalah sebesar :

1. Atenuasi Mexico, antara 0.315g s/d 1.1061g
2. Atenuasi Fukushima & Tanaka antara 0.2006g s/d 0.9184g
3. Atenuasi Joyner & Boore, antara 0.1434g s/d 0.3299 g
4. Atenuasi Ambresseys & Bommer antara 0.2363g s/d 0.8503g
5. Atenuasi Donovan antara 0.1028 g s/d 0.2319g
6. Atenuasi Young antara 0.2145g s/d 0.2581g

Dari Gambar 6.3 dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah maksimum berubah sangat signifikan. Seluruh fungsi atenuasi sangat dipengaruhi oleh kedalaman pusat gempa, kecuali untuk fungsi atenuasi Young. Fungsi atenuasi Young kurang dipengaruhi oleh kedalaman dimungkinkan karena data yang

dipakai oleh Young dalam menentukan fungsi atenuasi adalah data gempa dalam sehingga variasi yang dipai dalam penelitian ini tidak berpengaruh dalam menentukan percepatan tanah maksimum.

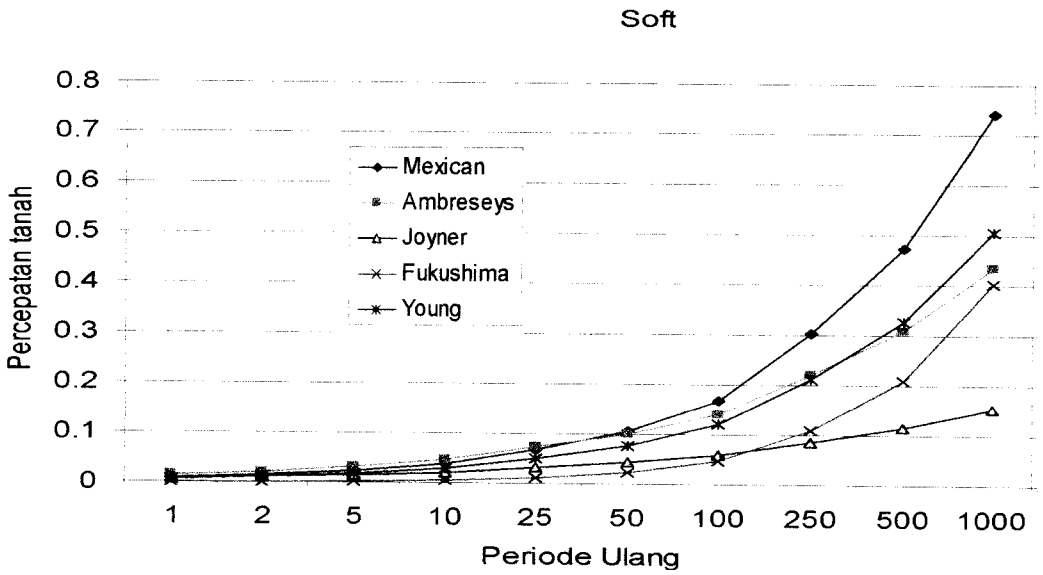
6.4 Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum

Besarnya nilai percepatan tanah maksimum akan berbeda-beda tergantung jenis tanah dasarnya. Dengan batasan kejadian gempa yang berada pada kedalaman≤100 km, radius≤250 km, dan panjang patahan = 20 km untuk kota Bandung dapat dilihat seberapa besar pengaruh dari jenis tanah. Jenis tanah diklasifikasikan menjadi 3 yaitu, soft, medium dan hard. Karena tidak semua fungsi atenuasi memberikan klasifikasi jenis tanah, maka fungsi atenuasi yang dibandingkan adalah fungsi atenusi Ambressey's & Bommer, fungsi atenusi Joyner & Boore, fungsi atenusi Fukushima & Tanaka dan fungsi atenusi Young. Hasil perbandingan dari fungsi-fungsi atenuasi tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini untuk setiap jenis tanah.

6.4.1 Soft

Tabel 6.4.1 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah soft.

Periode Ulang (Tahun)	Fungsi Atenuasi				
	Mexican	Ambreseys	Joyner	Fukushima	Young
1	0.008534371	0.015151509	0.008055876	0.000596424	0.0067199
2	0.013355061	0.021215383	0.0108323	0.001147178	0.0103651
5	0.024139428	0.033106261	0.016022532	0.002723693	0.0183811
10	0.037774726	0.046355912	0.021544631	0.005238823	0.0283518
25	0.068278256	0.07233765	0.031867611	0.012438306	0.0502781
50	0.10684563	0.101288325	0.042850653	0.023924166	0.0775511
100	0.167198011	0.141825519	0.057618955	0.046016373	0.1196182
250	0.302212347	0.221316427	0.085226729	0.109254636	0.2121272
500	0.472918766	0.309890771	0.114599772	0.210143254	0.3271942
1000	0.740049706	0.433913972	0.154096115	0.404195087	0.5046784

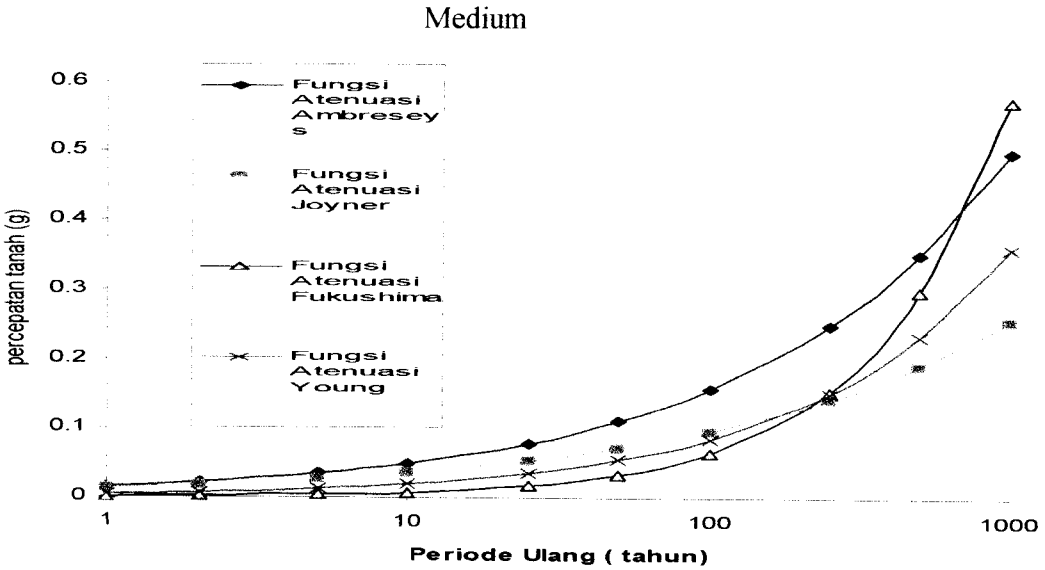


Gambar 6.4.1 Grafik periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah soft dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan = 20 km.

6.4.2 Medium

Tabel 6.4.2 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah.

Periode Ulang (Tahun)	Fungsi Atenuasi			
	Ambreseys	Joyner	Fukushima	Young
1	0.015772011	0.013369426	0.000842471	0.0047916
2	0.022296632	0.017977144	0.001620432	0.0073908
5	0.035236605	0.026590784	0.003847319	0.0131067
10	0.049813408	0.035755188	0.007400035	0.0202163
25	0.078722894	0.052887071	0.017569574	0.0358509
50	0.111289258	0.071114383	0.033793783	0.055298
100	0.15732779	0.095623664	0.064999855	0.0852941
250	0.248633837	0.141441164	0.154326276	0.1512579
500	0.351489559	0.190188282	0.296835236	0.2333067
1000	0.496894998	0.255735894	0.570940736	0.3598623

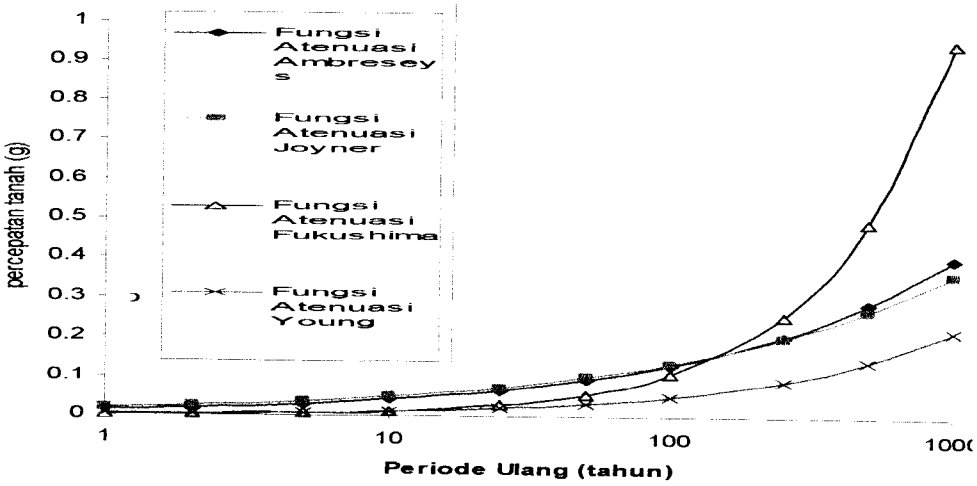


Gambar 6.4.2 Grafik periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah medium dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan = 20 km.

6.4.3 Hard

Tabel 6.4.3 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah.

Periode Ulang (Tahun)	Fungsi Atenuasi			
	Ambreseys	Joyner	Fukushima	Young
1	0.014010572	0.018884816	0.001398154	0.002901
2	0.019617826	0.025393391	0.002689247	0.0044747
5	0.030613299	0.03756048	0.00638496	0.0079353
10	0.042865227	0.050505546	0.012281	0.0122398
25	0.066890493	0.074704973	0.029158235	0.0217056
50	0.093661129	0.100451736	0.05608372	0.0334796
100	0.131145799	0.135072015	0.107872908	0.0516404
250	0.204650896	0.199790954	0.256117866	0.0915775
500	0.28655543	0.268648088	0.492623871	0.1412532
1000	0.401239458	0.361236552	0.94752577	0.217875



Gambar 6.4.3 Grafik periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung menggunakan jenis tanah hard dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km, panjang patahan = 20 km.

Dari Tabel 6.4 dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah untuk kota bandung dengan batasan R≤250 km, R≤250 km, L=20 km dalam periode ulang 500 tahun, untuk variasi jenis tanah, menurut fungsi atenuasinya adalah sebesar :

1. Atenuasi Young
    a. soft, antara 0.3271942 g
    b. medium, 0.2333067 g
    c. hard,0.1412532 g
2. Atenuasi Fukushima & Tanaka
    a. Soft, 0.492623871 g
    b. Medium, 0.296835236 g
    c. Hard, 0.210143254 g
3. Atenuasi Joyner & Boore,

a. Soft, 0.114599772 g

b. Medium, 0.190188282 g

c. Hard, 0.268648088 g

4. Atenuasi Ambresseys & Bommer

a. Soft, 0.309890771 g

b. Medium, 0.351489559 g

c. Hard, 0.28655543 g

5. Atenuasi Mexico

Soft,0.472918766 g

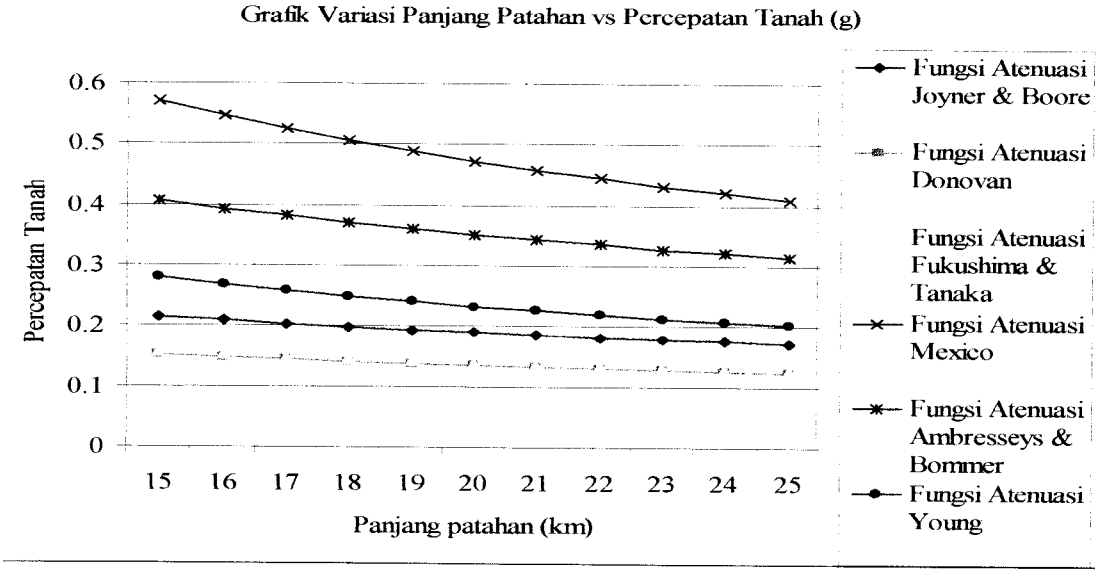
Dari ketiga variasi jenis tanah yan dibuat, dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah maksimum akan berbeda untuk setiap jenis tanah. Pada umumnya untuk jenis tanah soft nilai percepatan tanah maksimumnya lebih besar pada setiap fungsi atenuasinya.

6.5 Pengaruh Panjang Patahan Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum

Panjang patahan sebagai sumber gempa mempengaruhi besarnya nilai percepatan tanah maksimum. Hal ini dapat dilihat pada contoh perhitungan untuk kota Bandung dengan batasan jarak≤250 km, kedalaman≤100 km. Hasil perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Tabel periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung dengan variasi panjang.

Panjang patahan (km)	Fungsi Atenuasi					
	Joyner & Boore	Donovan	Fukushima & Tanaka	Mexico	Ambresseys & Bommer	Young
L= 15	0.215146805	0.15187	0.156597192	0.56997	0.40596472	0.27957
L= 16	0.209280824	0.14794	0.152492479	0.54661	0.393059438	0.26846
L= 17	0.203914537	0.14435	0.148733431	0.52554	0.381307335	0.25843
L= 18	0.198979388	0.14104	0.145272925	0.50641	0.37054587	0.2493
L= 19	0.194419386	0.13798	0.142072438	0.48894	0.36064286	0.24096
L=20	0.190188282	0.13517	0.139100119	0.47292	0.351489559	0.23331
L= 21	0.186247482	0.13251	0.136329365	0.45816	0.34299557	0.22624
L= 22	0.182564491	0.13002	0.133737757	0.44451	0.335085048	0.2197
L= 23	0.179111717	0.12769	0.131306247	0.43184	0.327693824	0.21362
L= 24	0.175865561	0.1255	0.129018528	0.42003	0.320767186	0.20796
L= 25	0.172805695	0.12342	0.126860545	0.40901	0.314258163	0.20266



Gambar 6.5 periode ulang vs Percepatan Tanah untuk kota Bandung dengan variasi panjang patahan

Dari Tabel 6.5 dapat dilihat bahwa nilai percepatan tanah untuk kota bandung dengan batasan R≤250 km, H≤100 km dalam periode ulang 500 tahun, untuk variasi panjang patahan, menurut fungsi atenuasinya adalah sebesar :

1. Atenuasi Mexico, antara 0.40901g s/d 0.56997g
2. Atenuasi Fukushima & Tanaka antara 0.12686055g s/d 0.156597192 g
3. Atenuasi Joyner & Boore, antara 0.172805695g s/d 0.215146805g
4. Atenuasi Ambresseys & Bommer antara 0.3142582 g s/d 0.40596472g
5. Atenuasi Donovan antara 0.12342g s/d 0.15187g
6. Atenuasi Young antara 0.20266g s/d 0.27957g

Dari Gambar 6.5 dapat dilihat bahwa semakin panjang patahan maka semakin kecil pula nilai percepatan tanah. Hal ini berlawanan dengan asumsi awal bahwa semakin besar panjang patahan maka semakin besar nilai percepatan tanah maksimum. Hasil yang sesungguhnya ini terjadi karena data yang dipakai adalah data kejadian tunggal. Seharusnya untuk metode ini dipakai data kejadian gempa yang sudah dimodifikasi menjadi data komulatif.

6.6 Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Nilai Percepatan Tanah Maksimum Perbandingan hasil kota Bandung dengan Kota-kota disekitarnya (Sukabumi, Tasikmalaya, Purwakarta)

Untuk membandingkan hasil yang diperoleh di kota Bandung, maka diperlukan analisis kota-kota disekitarnya yang jaraknya tidak terlalu jauh agar hasil yang didapatkan bisa dibandingkan antara satu dengan yang lainnya. Setelah dilakukan analisa ternyata nilai percepatan tanah maksimu untuk kota-kota tersebut tidak jauh berbeda. Hal ini dikarenakan sebagian besar titik-titik kejadian gempa berada dalam radius yang sama antara kota-kota tersebut dengan kota Bandung. Jadi pemakaian kota-kota yang berada disekitar bandung hanya untuk

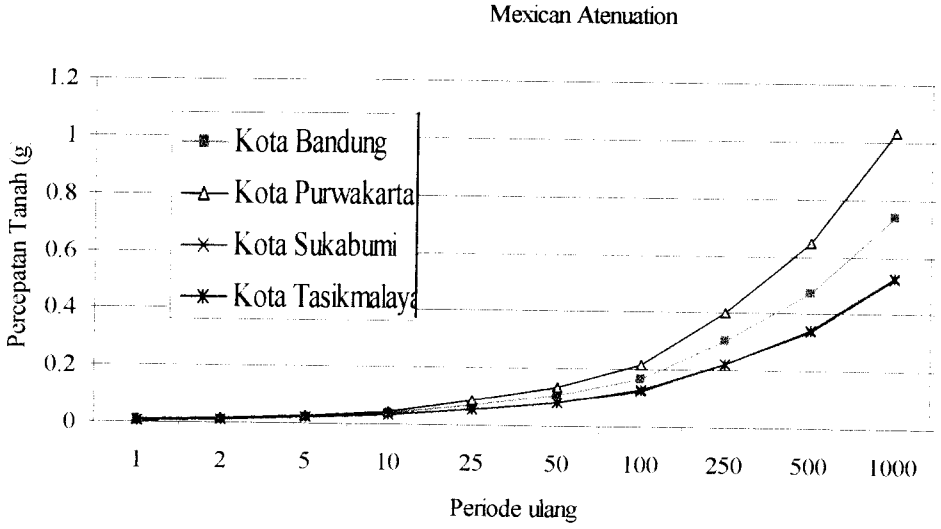
membuktikan bahwa besar nilsi percepatan tanah maksimum berlaku pada satu kawasan yang sama.

Batasan yang dipakai dalam penelitian ini adalah jarak≤250 km, kedalaman≤100 km dan panjang patahan diasumsikan sepanjang 20 km. Perbedaan besarnya nilai percepatan tanah maksimum yang terjadi antara kota bandung dengan kota lainnya dimungkinkan karena kejadian gempa yang tercatat sebagian besar masuk dalam radius 250 km dengan kota Bandung, namun berada diluar radius 250 km dari kota yang lain.

Sebagai contoh, dapat dilihat pada Tabel 6.6 yaitu perbandingan nilai percepatan tanah maksimum untuk Kota Bandung, Sukabumi, Tasikmalaya, Purwakarta menggunakan fungsi atenuasi mexico.

Tabel 6.6 Tabel perbandingan nilai percepatan tanah antar kota

Periode ulang	Kota			
	Bandung	Purwakarta	Sukabumi	Tasikmalaya
1	0.008534371	0.009647025	0.007522422	0.007549645
2	0.013355061	0.015419742	0.01150377	0.011559788
5	0.024139428	0.028663704	0.02017032	0.020301936
10	0.037774726	0.045815878	0.030845746	0.031085711
25	0.068278256	0.085166974	0.054083882	0.054594435
50	0.10684563	0.136130336	0.082708539	0.083593351
100	0.167198011	0.217589842	0.126483199	0.127995615
250	0.302212347	0.404476992	0.221771343	0.224792939
500	0.472918766	0.646513387	0.339146952	0.344196161
1000	0.740049706	1.033382783	0.518645254	0.527022771



Gambar 6.6 Perbandingan nilai percepatan tanah antar kota

Dari Tabel 6.6 dapat dilihat bahwa nilai tertiggi dari keempat kota adalah kota Purwakarta dengan 0.646513387 g dan terendah adalah kota Sukabumi dengan 0.344196161 g. hal ini dimungkinkan karena kota Purwakarta lebih dekat dengan pusat gempa dibandingkan dengan kota yang lain.

6.7 Regresi Exponensial

Dalam pemakaian perhitungannya, hasi dari penelitian ini sangat dimungkinkan untuk dicari nilai percepatan tanah untuk periode ulang tertentu. Maka diperlukan suatu fungsi regresi untuk memudahkan perhitungan. Contoh pembuatan fungsi regresi adalah untuk perhitungan kota Bandung dengan batasan $R \leq 250$ km, $H \leq 100$ km, panjang patahan L=20 km.

Tabel 6.7 Perhitungan nilai percepatan tanah untuk kota Bandung

No	TH	a	x = TH	y = ln(a)	x^2	y^2	xy
1	1	0.01	1.00	-4.76	1	22.6924	-4.7637
2	2	0.01	2.00	-4.32	4	18.6266	-8.6317
3	5	0.02	5.00	-3.72	25	13.8675	-18.6195
4	10	0.04	10.00	-3.28	100	10.7329	-32.7612
5	25	0.07	25.00	-2.68	625	7.2047	-67.1041
6	50	0.11	50.00	-2.24	2500	5.0014	-111.8185
7	100	0.17	100.00	-1.79	10000	3.1990	-178.8576
8	250	0.30	250.00	-1.20	62500	1.4319	-299.1563
9	500	0.47	500.00	-0.75	250000	0.5607	-374.4158
10	1000	0.74	1000.00	-0.30	1000000	0.0906	-301.0379
10	1943	1.9413	1943.0000	-25.0351	1325755	83.4078	-1397.1664

Dari plotting data yang merupakan hasil dari perhitungan untuk setiap percepatan tanahnya dilakukan pendekatan secara exponensial didapat seperti terlihat pada tabel 6.7 diatas. Dengan nilai r = 0.78198162, r^2=0.61149526 dan persamaan regresinya adalah $y = 0.04019697\, e^{0.0036564\, x}$

Dengan r = konstanta

r^2=*konstanta*

y = nilai percepatan tanah maksimum

x = periode ulang (tahun)

6.8 Verifikasi

6.8.1 Verifikasi Program

Dalam tugas akhir ini analisa percepatan tanah makismum untuk kota bandung dan sekitarnya dilakukan dalam 2 model, yaitu dengan perhitungan manual (dengan bantuan software Microsoft Excel) dan dengan perhitungan menggunakan program berbantukan software Visual Basic. Dapat dilihat bahwa dari kedua macam perhitungan tersebut tidak ada perbedaan yang signifikan atau kesalahan perhitungan masih dibawah 5%. Tingkat kesalahan untuk setiap

atenuasi jika dibandingkan antara perhitungan manual dengan program yang dibuat tersebut dapat dilihat dalam tabel 6.8.1a, tabel 6.8.1b, tabel 6.8.1c tabel 6.8.1d berikut ini, contoh perhitungan dengan batasan R≤250 km, H≤100 km, panjang patahan L=20 km.

Tabel 6.8.1a Perhitungan Percepatan Tanah Kota Bandung dengan periode ulang 500 tahun

Atenuasi	Perhitungan manual	Perhitungan program	Kesalahan relatif (%)
Mexican	0.472918766	0.4729	0.003968027
Ambreseys (hard)	0.28655543	0.2866	0.015553743
Ambreseys (med)	0.351489559	0.3515	0.002970509
Ambreseys (soft)	0.309890771	0.3099	0.002978202
Joyner(hard)	0.268648088	0.2686	0.017900156
Joyner(medium)	0.190188282	0.1902	0.006161429
Joyner(soft)	0.1146	0.1146	0
Donovan	0.135130286	0.1352	0.051590405

Tabel 6.8.1b Perhitungan Percepatan Tanah Kota Purwakarta dengan periode ulang 500 tahun

Atenuasi	Perhitungan manual	Perhitungan program	Kesalahan relatif (%)
Mexican	0.646513387	0.6465	2.07064E-05
Ambreseys (hard)	0.252491104	0.2525	3.52311E-05
Ambreseys(medium)	0.308593788	0.3086	2.01304E-05
Ambreseys (soft)	0.273052452	0.2731	0.000174103
Joyner(hard)	0.302752843	0.3028	0.000155737
Joyner(medium)	0.214332599	0.2143	0.000152118
Joyner(soft)	0.129148162	0.1291	0.00037306
Donovan	0.164336539	0.1643	0.000222391

Tabel 6.8.1c Perhitungan Percepatan Tanah Kota Tasikmalaya dengan periode ulang 500 tahun

Atenuasi	Perhitungan manual	Perhitungan program	Kesalahan relatif (%)
Mexican	0.344196161	0.3442	1.11521E-05
Ambreseys (hard)	0.116149511	0.1161	0.000426447
Ambreseys (med)	0.138857548	0.1389	0.000305634
Ambreseys (soft)	0.125608024	0.1256	6.38861E-05
Joyner(hard)	0.178229147	0.1782	0.000163564
Joyner(medium)	0.126176573	0.1262	0.000185631
Joyner(soft)	0.076028904	0.076	0.000380314
Donovan	0.110822252	0.1108	0.000200834

Tabel 6.8.1d Perhitungan Percepatan Tanah Kota Sukabumi dengan periode ulang 500 tahun

Atenuasi	Perhitungan manual	Perhitungan program	Kesalahan relatif (%)
Mexican	0.339146952	0.3391	0.000138459
Ambreseys (hard)	0.247744375	0.2477	0.000179149
Ambreseys (med)	0.302629028	0.3026	9.59302E-05
Ambreseys (soft)	0.267919179	0.2679	7.15886E-05
Joyner(hard)	0.253825829	0.2538	0.000101771
Joyner(medium)	0.179694926	0.1797	2.82366E-05
Joyner(soft)	0.1082769	0.1083	0.000213295
Donovan	0.109803367	0.1098	3.0666E-05

Setelah mendapatkan tingkat ketelitian program yang dipakai kurang dari **5 %,** dapat disimpulkan bahwa program tersebut dapat dipakai.

6.8.2 Verifikasi Distribusi Poisson

Pada perhitungan nilai percepatan tanah maksimum, teori probabilitas yang dipakai adalah teori Poisson, hal ini akan dibuktikan dalam bentuk regresi hasil yang didapat. Misalkan perhitungan untuk kota Bandung dengan batasan R≤250 km, H≤100 km, panjang patahan L=20 km. Setelah diplotkan didapat regresi berbentuk exponensial yaitu $y = 0.04019697\, e^{0.0036564\, x}$, hal ini membuktikan bahwa ternyata perhitungan yang dilakukan memakai pendekatan

distribusi Poisson karena toeri probabilitas Poisson memiliki bentuk $P(n)=\frac{N_0^n e^{-N_0}}{n!}$ seperti pada persamaan 3.17a, atau dengan kata lain merupakan persamaan exponensial.

6.9 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

6.9.1 Perbandingan dengan Penelitian Imron Widyatmoko dan Noor Rochman Widiyanto(2004)

Penelitian yang dilakukan oleh kedua peneliti tersebut memakai metode *Point Source Probabilistics*, hasil yang didapat pada penelitian kali ini dibandingkan dengan penelitian tersebut sebagai contoh adalah dibandingkan dengan memakai Fukushima & Tanaka, jenis tanah medium, radius 200 km dan kedalaman 200 km, M≥5, periode ulang 500 tahun untuk kota bandung hasil penelitian kali ini adalah 59.08895224 cm/s^2 sedangkan untuk penelitian terdahulu diperoleh hasil sebesar 44.86813 cm/s^2.

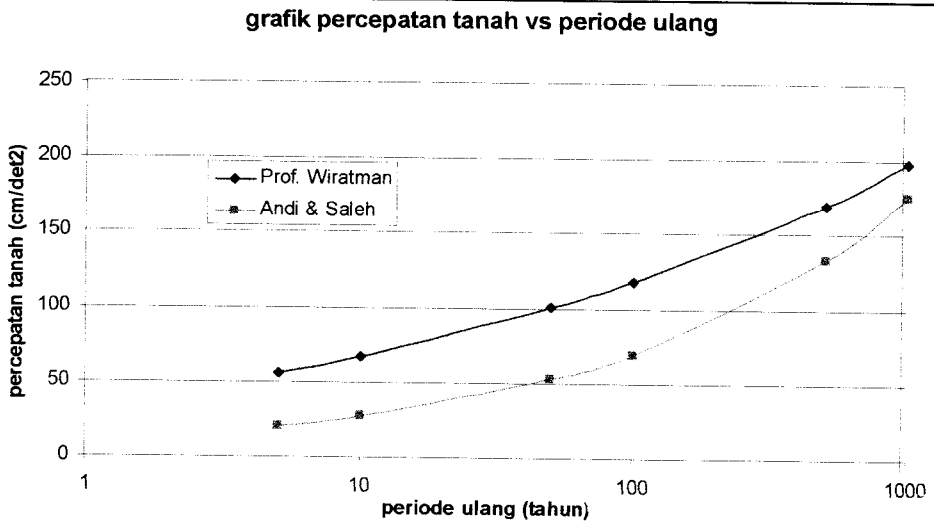
6.9.2 Perbandingan dengan Penelitian Prof. Wiratman (1995)

Pada penelitian tersebut Prof. Wiratman memakai metode *Area Source Probabilistics* dengan persamaan atenuasi Donovan. Dari beberapa kota kota yang dianalisa, ada beberapa kota yang dianalisa pula dalam penelitian kali ini. Yaitu kota Bandung, Purwakarta, Sukabumi, dan Tasikmalaya. Batasan yang dipakai adalah R≤500 km, H≤65 km, panjang patahan L=20 km. Untuk kota Bandung dapat dilihat dalam tabel 6.9.2a, dan gambar grafik 6.9.2a,Untuk kota Purwakarta dapat dilihat dalam tabel 6.9.2b, dan gambar grafik 6.9.2b,Untuk

kota Sukabumi dapat dilihat dalam tabel 6.9.2c, dan gambar grafik 6.9.2c, Untuk kota Tasikmalaya dapat dilihat dalam tabel 6.9.2d, dan gambar grafik 6.9.2d.

Tabel 6.9.2a Perbandingan nilai percepatan tanah untuk kota Bandung

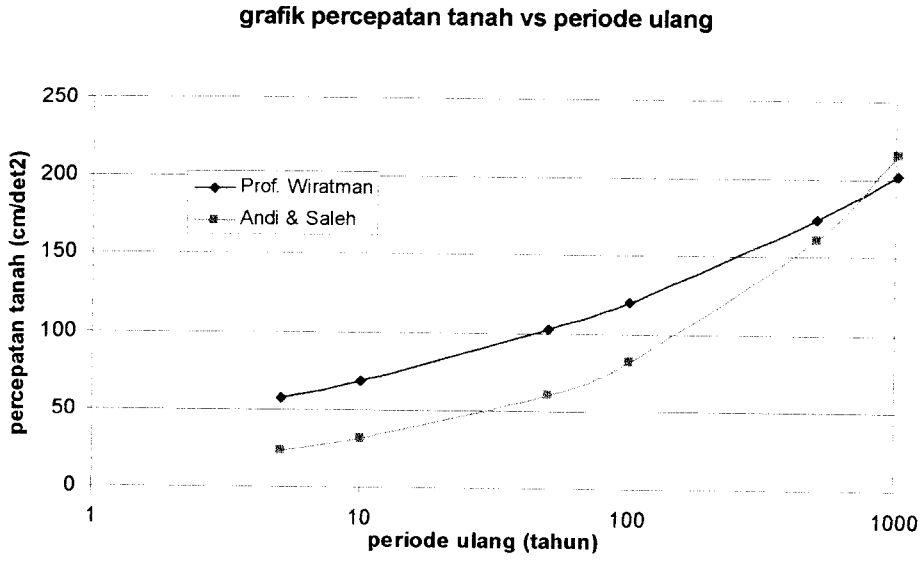
Periode ulang	Penelitian Prof. Wiratman	Penelitian Andi & Saleh
5	56	20.66553
10	66.7	27.33965
50	100.2	52.36187
100	117.6	69.27262
500	169.7	132.6734
1000	198.1	175.5215



Gambar 6.9.2a Grafik perbandingan hasil perhitungan penelitian untuk kota Bandung

Tabel 6.9.2b Perbandingan nilai percepatan tanah untuk kota Purwakarta

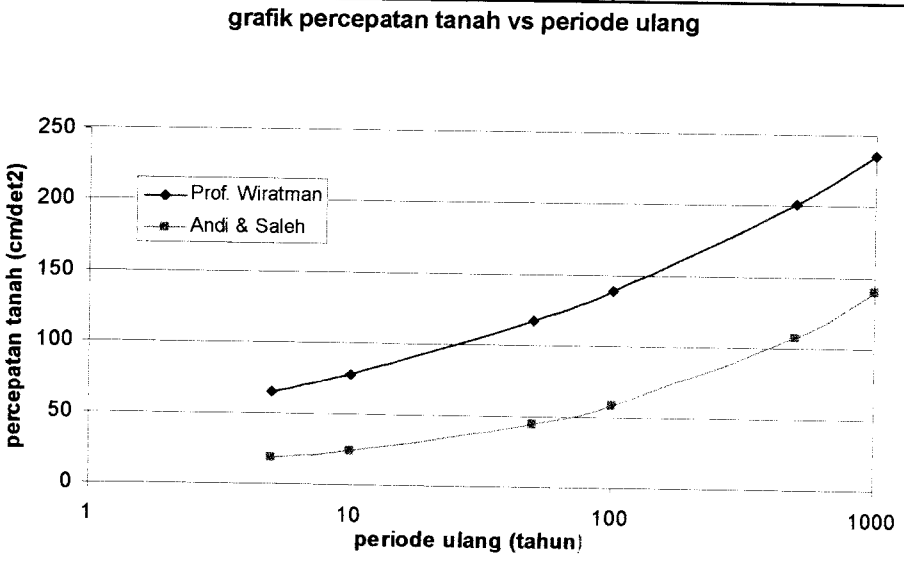
Periode ulang	Penelitian Prof. Wiratman	Penelitian Andi & Saleh
5	57.4	23.00779
10	68.5	30.84446
50	102.8	60.92057
100	120.6	81.6707
500	173.8	161.307
1000	202.6	216.2497



Gambar 6.9.2b Grafik perbandingan hasil perhitungan penelitian untuk kota Purwakarta

Tabel 6.9.2c Perbandingan nilai percepatan tanah untuk kota Sukabumi

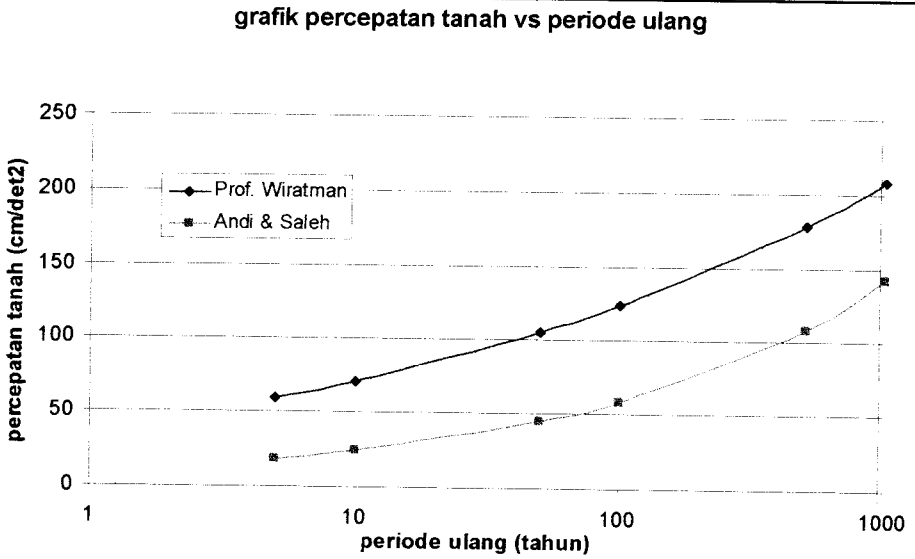
Periode ulang	Penelitian Prof. Wiratman	Penelitian Andi & Saleh
5	64.5	18.47088
10	77.8	24.08736
50	117.5	44.61811
100	138.5	58.18522
500	201.3	107.7791
1000	235.5	140.5517



Gambar 6.9.2c Grafik perbandingan hasil perhitungan penelitian untuk kota Sukabumi

Tabel 6.9.2d Perbandingan nilai percepatan tanah untuk kota Tasikmalaya

Periode ulang	Penelitian Prof. Wiratman	Penelitian Andi & Saleh
5	59.1	18.54612
10	70.6	24.20431
50	106	44.91584
100	124.3	58.6191
500	178.4	108.7792
1000	207.5	141.9664



Gambar 6.9.2d Grafik perbandingan hasil perhitungan penelitian untuk kota Tasikmalaya

6.10 Sasaran penelitian selanjutnya

Dalam penelitian ini telah didapat nilai percepatan tanah maksimum dengan periode ulangnya, akan tetapi hasil yang didapat kali ini baru untuk kota bandung saja. Oleh karena itu sasaran penelitian selanjutnya adalah mencari nilai percepatan tanah maksimum untuk seluruh Indonesia. Selain itu, metode yang digunakan juga bisa dikembangkan. Karena penelitian kali ini menggunakan line source probabilistics, bisa dikembangkan menjadi area source probabilistics.

BAB VII

KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

1. Nilai percepatan tanah maksimum akan didapatkan apabila menggunakan fungsi atenuasi yang sesuai dengan zona dimana suatu wilayah berada. Untuk kota Bandung dipakai fungsi atenuasi subdaksi.
2. Besarnya nilai percepatan tanah maksimum untuk kota bandung dan sekitarnya berupa perkiaan karena akan dipengaruhi oleh fungsi atenuasi yang dipakai tidak sesuai 100% dengan kondisi kota Bandung dan sekitarnya.
3. Secara eksplisit terbukti bahwa hasil yang diperoleh sesuai dengan asumsi awal yaitu fungsi exponensial yang merupakan bentuk dari distribusi Poisson.
4. Nilai percapatan tanah maksimum yang dipengaruhi oleh jenis tanah dasarnya. Jenis tanah soft memiliki kecenderungan nilai percepatan tanah maksimumnya lebih besar dibandingkan dengan jenis tanah medium dan hard. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Imron Widyatmoko dan Noor Rochman Widiyanto(2004).
5. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah tertinggi dihasilkan bila menggunakan fungsi atenuasi Fukushima & Tanaka sebesar 0.492623871 g dan nilai percepatan tanah minimum didapat dari fungsi atenuasi joyner & Boore sebesar 0.114599772 g .

6. Perbedaan nilai percepatan tanah antara penelitian kali ini dengan penelitian terdahulu disebabkan karena perbedaan metode yang dipakai. Apabila dibandingkan, penelitian kali ini dengan penelitian yang dilakukan Imron Widyatmoko dan Noor Rochman Widiyanto(2004), terjadi perbedaan sebesar 31.69471%. Sedangkan apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Prof. Wiratman(telah dikemukakan pada bab sebelumnya), didapat perbedaan rata-rata mencapai 54.36981%. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai percepatan tanah yang didapat akan berbeda sesuai dengan metode yang dipakai. Secara berurutan nilai percepatan tanah akan semakin besar apabila menggunakan metode point source, Line Source, dan yang terbesar Area Source.

7.2 Saran

1. Perlu dikembangkannya fungsi atenuasi yang benar-benar sesuai dengan karakter gempa di Indonesia. Sehingga pencarian nilai percepatan tanah maksimum untuk merencanakan bangunan tahan gempa di Indonesia tidak bersifat terkaan saja.
2. Perlu adanya perhitungan nilai percepatan tanah maksimum untuk kota-kota lain di Indonesia.
3. Perlu dikembangkannya pencatatan kejadian gempa di Indonesia secara lengkap agar dalam perhitungan percepatan tanah maksimum didapat hasil yang lebih akurat.

BAB VII

KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

1. Nilai percepatan tanah maksimum akan didapatkan apabila menggunakan fungsi atenuasi yang sesuai dengan zona dimana suatu wilayah berada. Untuk kota Bandung dipakai fungsi atenuasi subdaksi.
2. Besarnya nilai percepatan tanah maksimum untuk kota Bandung dan sekitarnya berupa perkiaan karena akan dipengaruhi oleh fungsi atenuasi yang dipakai tidak sesuai 100% dengan kondisi kota Bandung dan sekitarnya.
3. Secara eksplisit terbukti bahwa hasil yang diperoleh sesuai dengan asumsi awal yaitu fungsi exponensial yang merupakan bentuk dari distribusi Poisson.
4. Nilai percapatan tanah maksimum yang dipengaruhi oleh jenis tanah dasarnya. Jenis tanah soft memiliki kecenderungan nilai percepatan tanah maksimumnya lebih besar dibandingkan dengan jenis tanah medium dan hard. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Imron Widyatmoko dan Noor Rochman Widiyanto(2004).
5. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah tertinggi dihasilkan bila menggunakan fungsi atenuasi Fukushima & Tanaka sebesar 0.492623871 g dan nilai percepatan tanah minimum didapat dari fungsi atenuasi joyner & Boore sebesar 0.114599772 g .

LAMPIRAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JL.KALIURANG KM.14,4 TELP.895042
EMAIL : FTSP.UII.AC.ID JOGJAKARTA KODE POS 55584

FM-UII-AA-FPU-09

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Saleh Amanto	99 511 254	Teknik Sipil
2	Andi Purnomo	00 511 367	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR :

Analisis percepatan tanah pada base rock di kota Jogjakarta dan sekitarnya dengan menggunakan metode line source

PERIODE II : DESEMBER - MEI
TAHUN : 2003- 2004

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA.						
6.	Sidang-Sidang						
7.	Pendadaran.						

DOSEN PEMBIMBING I : Widodo,Prof.Ir,H,MSCE,Ph.D
DOSEN PEMBIMBING II : .....





Yogyakarta, 23 Desember 2003
a.n. Dekan,

(Ir.H.Munadhir,MT)

Catatan.

Seminar : .....
Sidang : .....
Pendadaran : .....

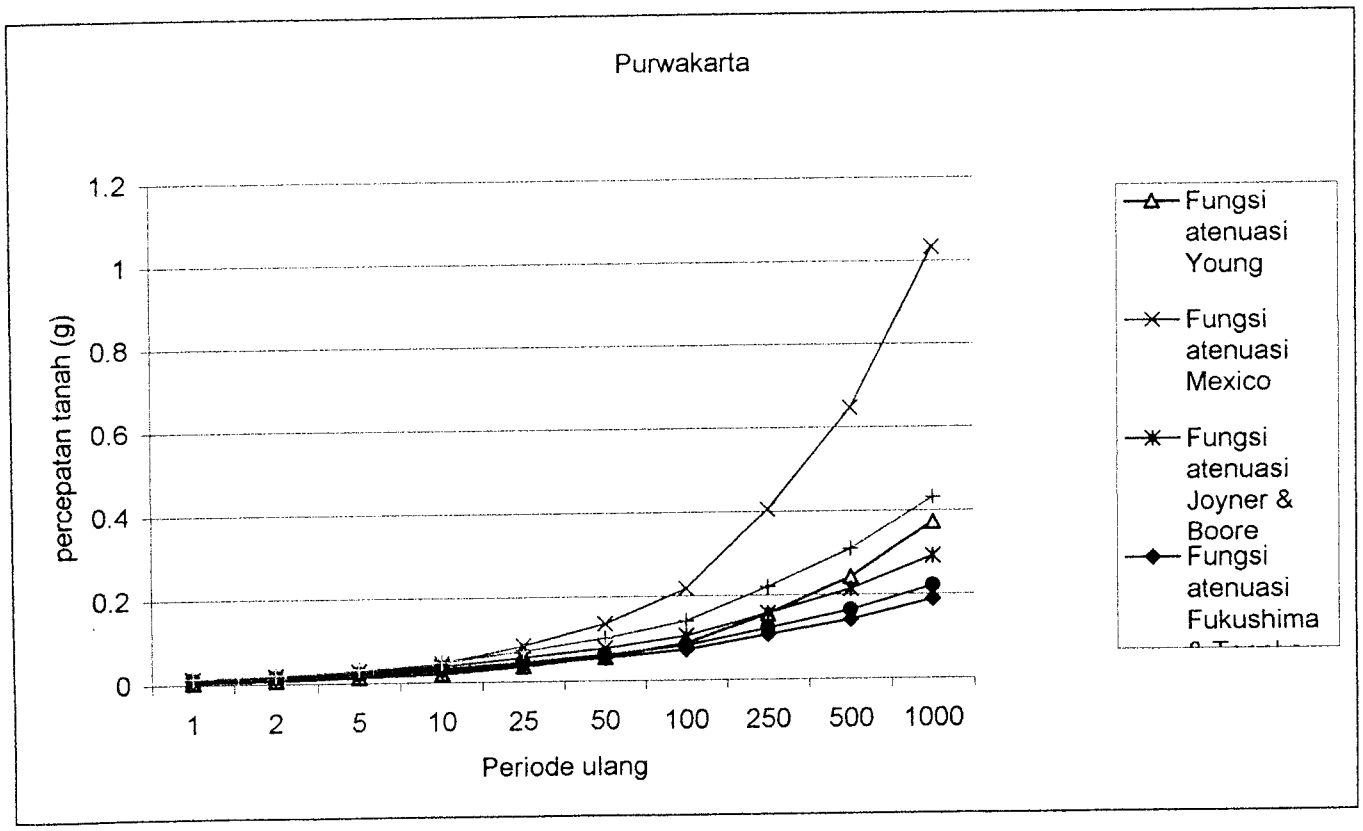
LAMPIRAN I

KOTA PURWAKARTA

1. Perhitungan nilai perçepatan tanah kota kota Purwakarta dengan variasi fungsi atenuasi

H≤100 km, R≤250 km, L=20 km

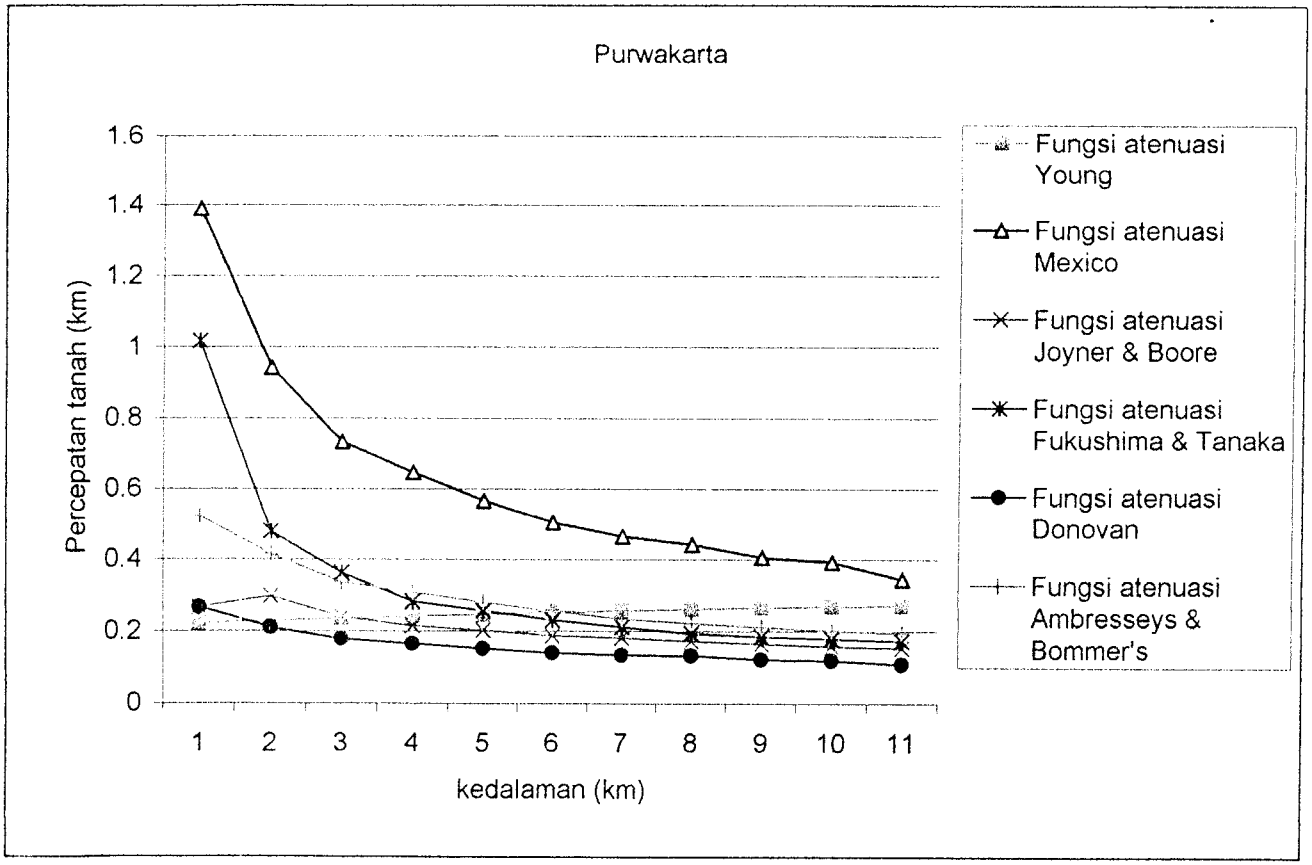
Periodde ulang	Fungsi atenuasi					
(tahun)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
1	0.004958689	0.009647025	0.014139118	0.011040991	0.011867768	0.015342268
2	0.007648496	0.015419742	0.019147323	0.014674695	0.015910044	0.021442497
5	0.013563603	0.028663704	0.028588221	0.021375085	0.023439907	0.033378353
10	0.020921087	0.045815878	0.03871443	0.028409846	0.031423763	0.046649898
25	0.037100799	0.085166974	0.057803208	0.041381636	0.046295918	0.072617326
50	0.057225877	0.136130336	0.078277632	0.055000758	0.06206475	0.101490652
100	0.088267666	0.217589842	0.106004284	0.073102074	0.083204597	0.141844282
250	0.156531108	0.404476992	0.158271418	0.106480107	0.122583445	0.22080118
500	0.241440348	0.646513387	0.214332599	0.141523806	0.164336539	0.308593788
1000	0.37240803	1.033382783	0.290251162	0.188100746	0.220311135	0.431293554



3. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Purwakarta dengan variasi kedalaman

R≤250 km, L=20 km

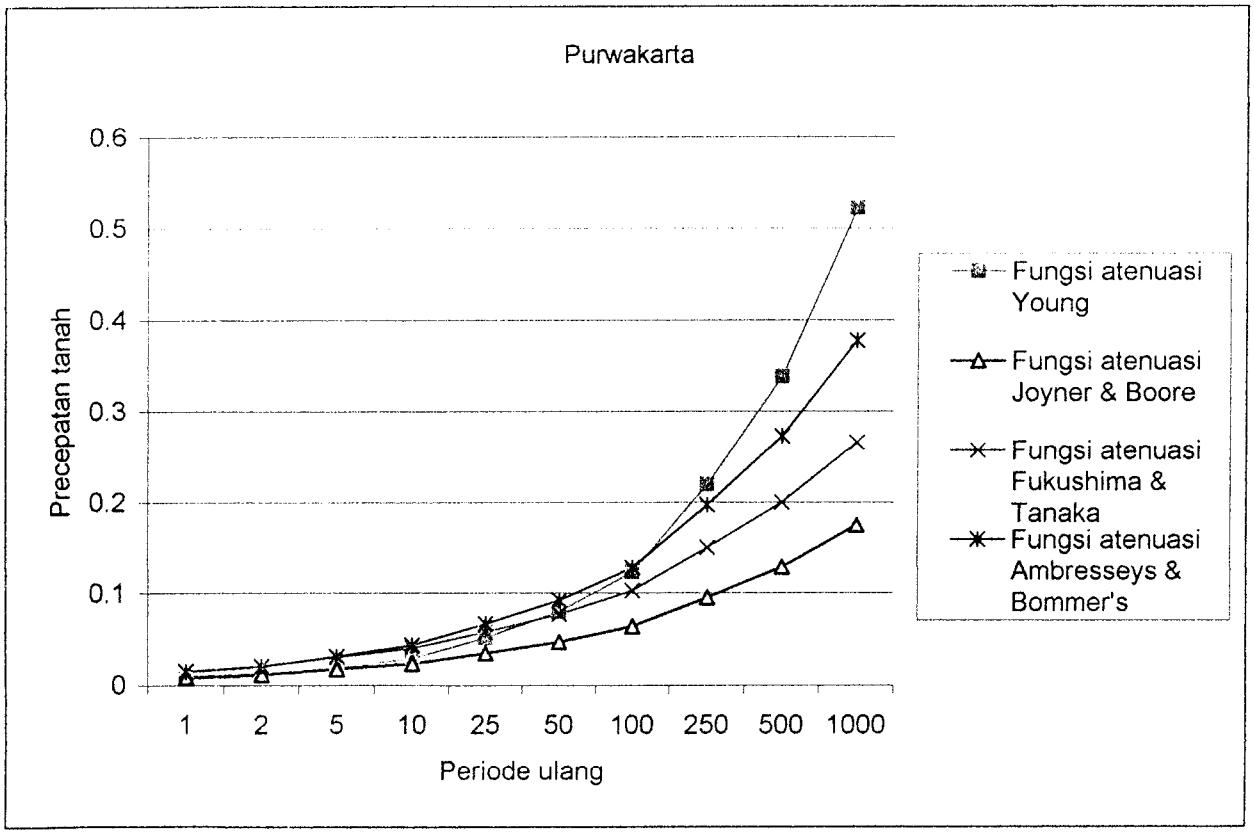
kedalaman	Fungsi atenuasi					
(km)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
70	0.222791009	1.390698818	0.267598014	1.017024993	0.267667788	0.522905252
80	0.229937289	0.94286121	0.29794576	0.47948853	0.209369156	0.415175691
90	0.235068129	0.732949997	0.240857587	0.362926232	0.178333793	0.336371941
100	0.241440348	0.646513387	0.214332599	0.282045244	0.164294128	0.308593788
110	0.246898188	0.565833364	0.202842583	0.256497214	0.150662864	0.280887234
120	0.253747062	0.504313367	0.188045828	0.23183078	0.139674819	0.256037763
130	0.256794884	0.465936737	0.180568197	0.211972354	0.132403918	0.234883049
140	0.261384424	0.443341754	0.17173765	0.194000676	0.131059914	0.221446113
150	0.266150093	0.406292724	0.164282871	0.18451664	0.120511101	0.211982147
160	0.269542502	0.392661926	0.1568	0.178755547	0.1174	0.201159723
170	0.271032772	0.34377944	0.1521	0.17163823	0.1076	0.194544616



4. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Purwakarta dengan variasi jenis tanah
H≤100 km,R≤250 km L=20 km

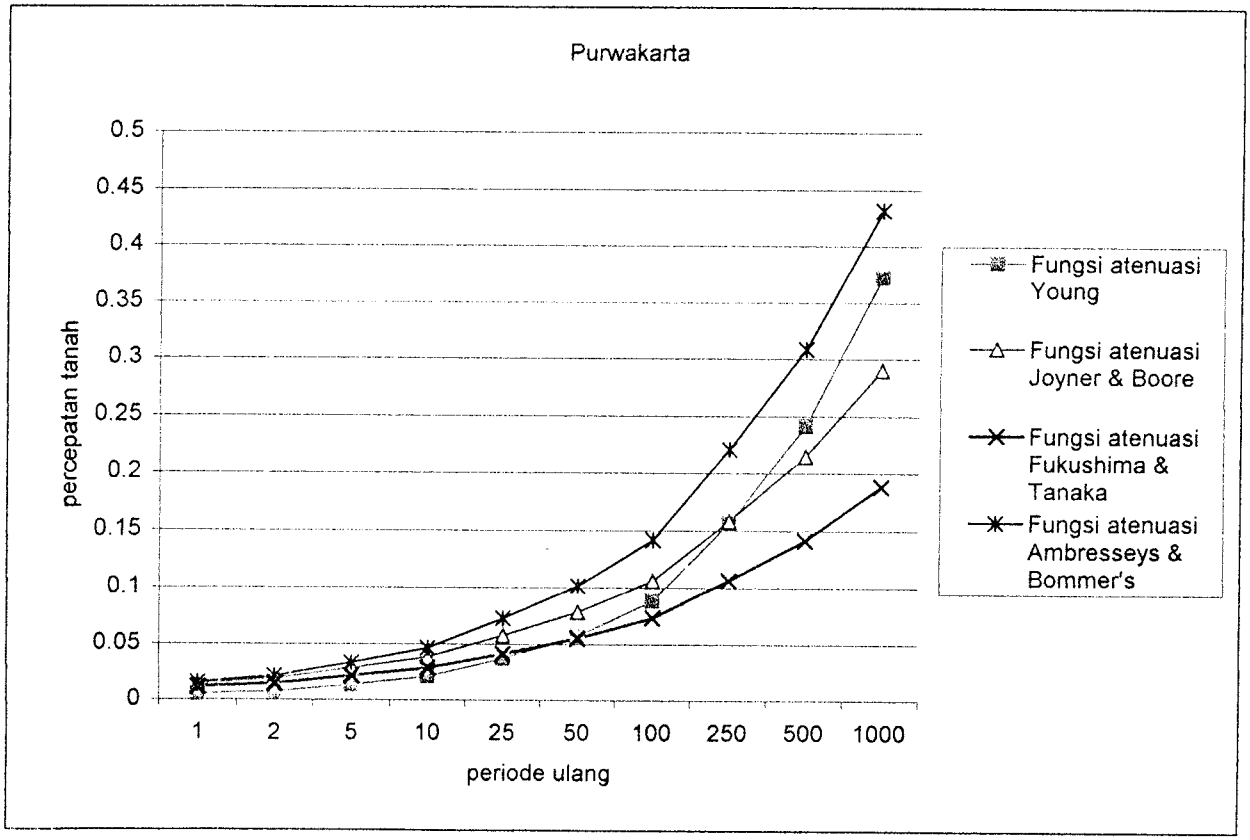
Soft

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.006955647	0.008519661	0.01559605	0.014749927
2	0.01072869	0.011537403	0.02072887	0.020424704
5	0.019025922	0.017226107	0.030193566	0.031407353
10	0.029346404	0.023327751	0.04013058	0.043490785
25	0.052041992	0.034829877	0.058453997	0.066876388
50	0.080271819	0.047166938	0.077691809	0.092605911
100	0.123814723	0.063873898	0.103260983	0.128234421
250	0.219569142	0.09536796	0.15040942	0.197187861
500	0.338672936	0.129148162	0.199910708	0.273052452
1000	0.522383778	0.17489362	0.265703378	0.378104622



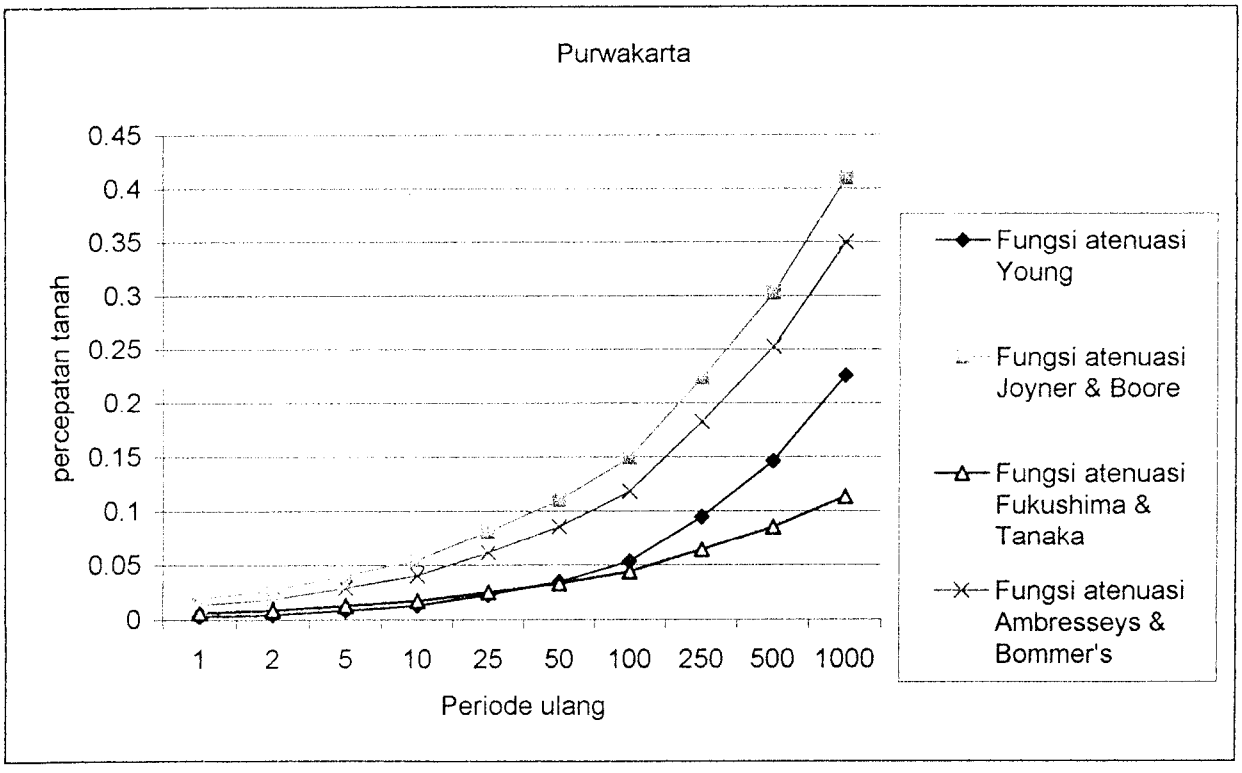
Medium

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.004958689	0.014139118	0.011040991	0.015342268
2	0.007648496	0.019147323	0.014674695	0.021442497
5	0.013563603	0.028588221	0.021375085	0.033378353
10	0.020921087	0.03871443	0.028409846	0.046649898
25	0.037100799	0.057803208	0.041381636	0.072617326
50	0.057225877	0.078277632	0.055000758	0.101490652
100	0.088267666	0.106004284	0.073102074	0.141844282
250	0.156531108	0.158271418	0.106480107	0.22080118
500	0.241440348	0.214332599	0.141523806	0.308593788
1000	0.37240803	0.290251162	0.188100746	0.431293554



Hard

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.003002188	0.019972035	0.006652955	0.013639231
2	0.004630705	0.027046312	0.008842511	0.018886687
5	0.008211946	0.040381935	0.012879957	0.029042322
10	0.012666461	0.054685586	0.017118883	0.040215849
25	0.022462304	0.081649202	0.024935278	0.061840473
50	0.034646828	0.110570094	0.033141735	0.085632517
100	0.053440766	0.149735031	0.04404902	0.118578135
250	0.094770176	0.22356432	0.064161578	0.182339255
500	0.146177617	0.302752843	0.085277814	0.252491104
1000	0.225470675	0.409990664	0.113343619	0.349632654

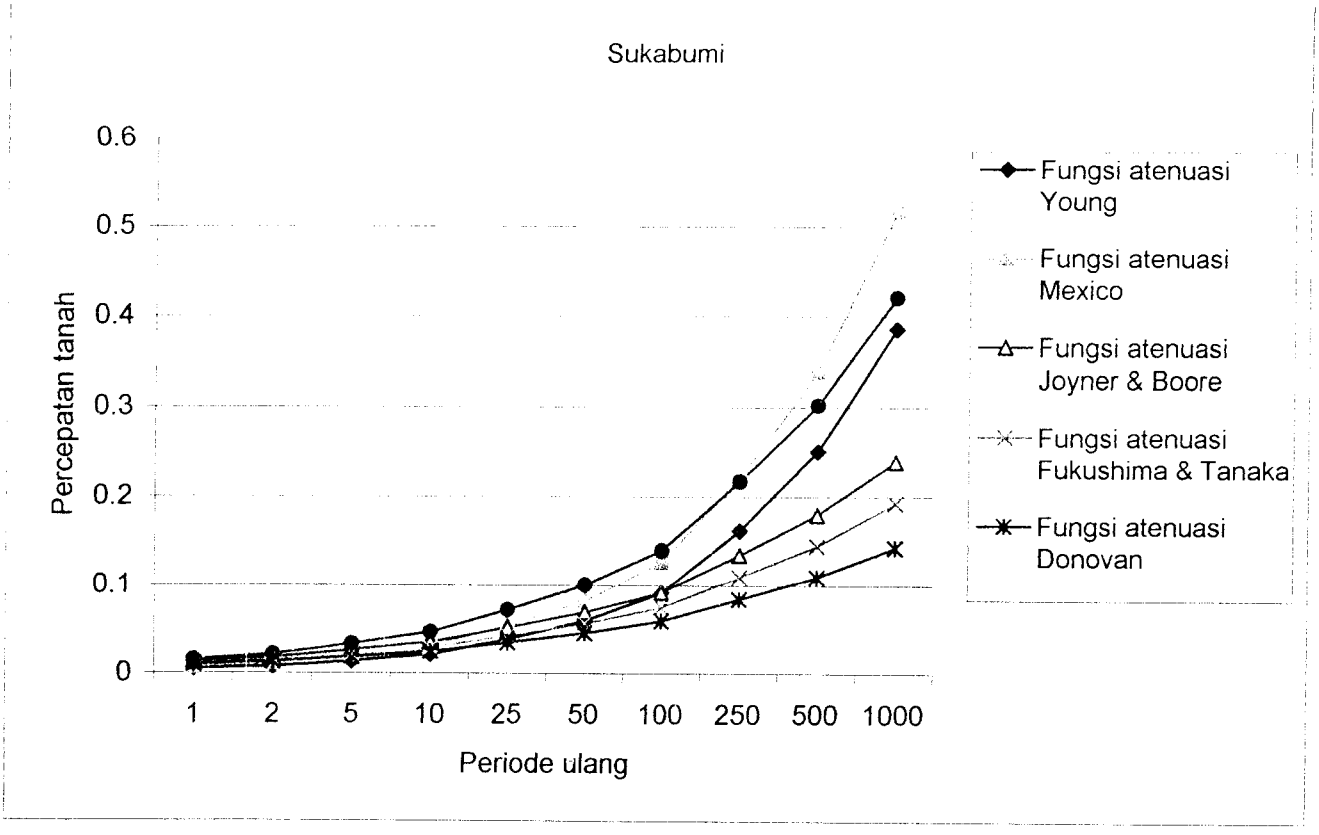


LAMPIRAN II

KOTA SUKABUMI

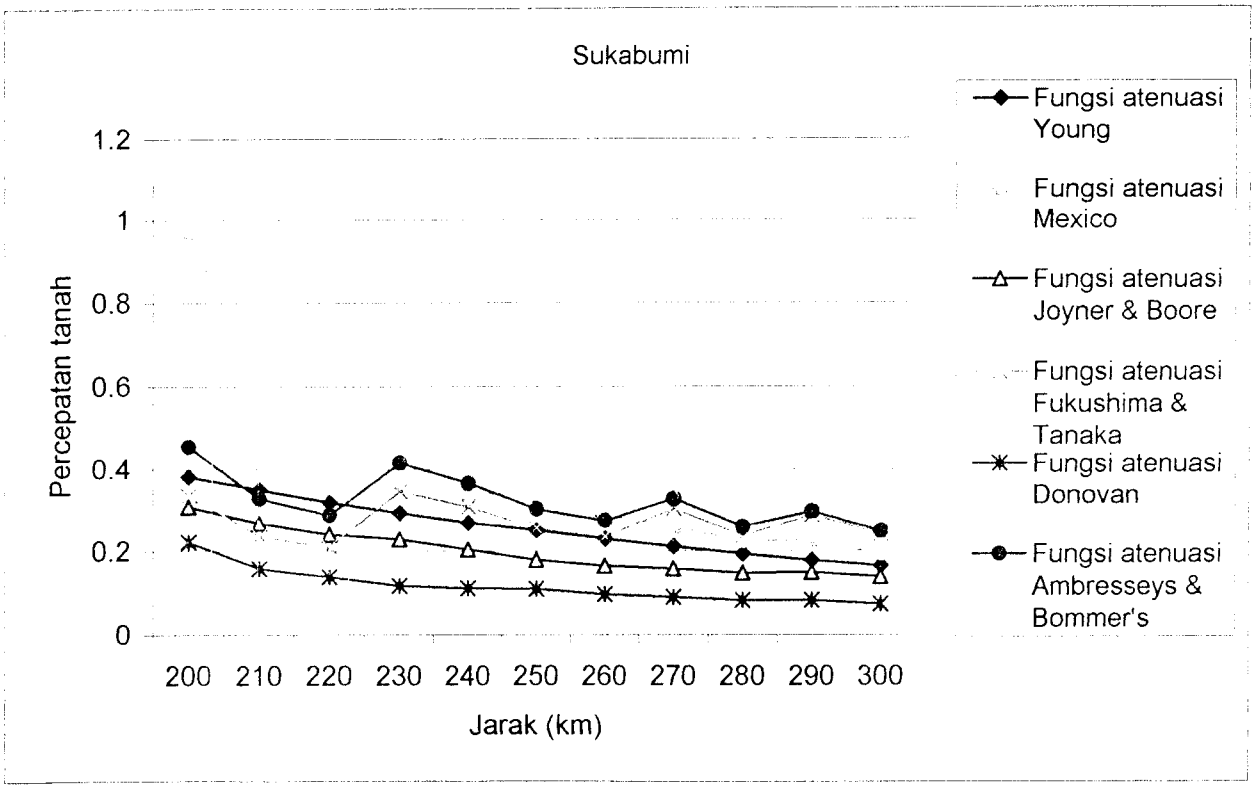
1. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Sukabumi dengan variasi fungsi atenuasi H≤100 km, R≤250 km, L=20 km

Periodde ulang	Fungsi atenuasi					
(tahun)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
1	0.005148129	0.007522422	0.013540984	0.011330233	0.010158902	0.01556051
2	0.007940697	0.01150377	0.018067223	0.01505913	0.013247939	0.021666062
5	0.014081783	0.02017032	0.026451559	0.021935051	0.018817793	0.033559486
10	0.02172035	0.030845746	0.035293317	0.029154102	0.024539757	0.046727383
25	0.038518187	0.054083882	0.051671652	0.042465716	0.034857049	0.072378033
50	0.059412117	0.082708539	0.068943535	0.05644162	0.045456101	0.100777351
100	0.091639817	0.126483199	0.091988757	0.075017138	0.059278026	0.140319848
250	0.162511174	0.221771343	0.134677365	0.109269581	0.08420039	0.217347385
500	0.25066426	0.339146952	0.179694926	0.145231323	0.109803367	0.302629028
1000	0.386635391	0.518645254	0.239760158	0.193028446	0.143191492	0.421373043



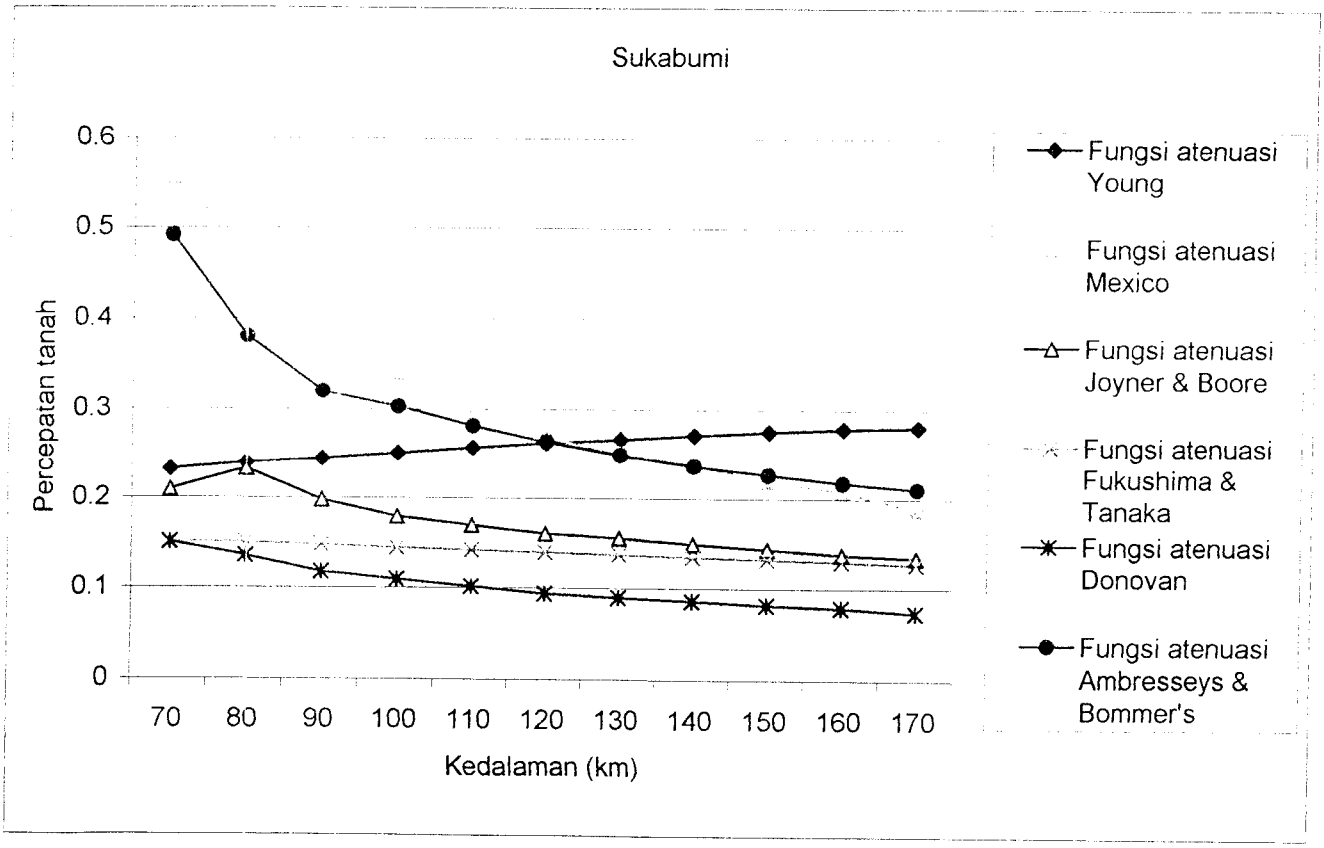
2. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Sukabumi dengan variasi jarak H≤100 km, L=20 km

Jarak	Fungsi atenuasi					
(km)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
200	0.381994301	0.974072296	0.307247089	0.336518491	0.222392016	0.454383375
210	0.35060602	0.576657315	0.267040741	0.236086495	0.158692278	0.328510143
220	0.320124313	0.47016933	0.240260646	0.210757298	0.13835629	0.288063334
230	0.294002311	0.367901969	0.228759853	0.346342371	0.117598452	0.41555851
240	0.268857842	0.341834655	0.204250295	0.307376269	0.111314057	0.36626285
250	0.25066426	0.339146952	0.179694926	0.2556709	0.109803367	0.302629028
260	0.230339046	0.286796997	0.16477738	0.23547563	0.098044533	0.274456084
270	0.21176996	0.260202661	0.158092858	0.304155258	0.091501541	0.328490513
280	0.193890828	0.224895677	0.148383962	0.237634337	0.082863819	0.260316416
290	0.177843014	0.227081317	0.149647424	0.28786857	0.082718544	0.297403704
300	0.165056888	0.194630651	0.138955102	0.241191764	0.074550359	0.248795071



3. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Sukabumi dengan variasi kedalaman R≤250 km, L=20 km

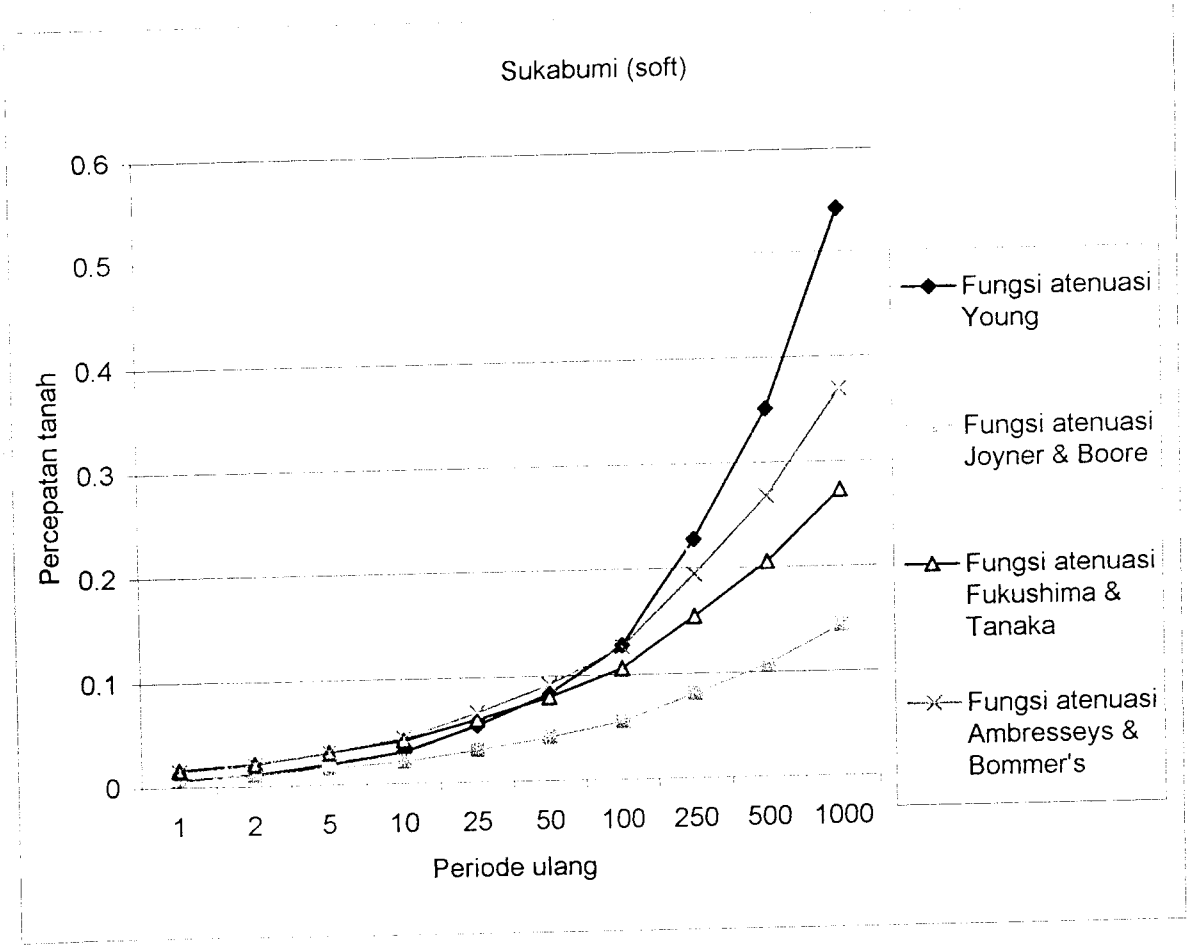
Kedalaman	Fungsi atenuasi					
(km)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
70	0.232635119	0.555476778	0.209566743	0.1518	0.150831364	0.492003423
80	0.239955162	0.474302107	0.233241894	0.1509	0.136275343	0.380237661
90	0.244641533	0.377747596	0.198279514	0.1486	0.117845573	0.319371827
100	0.25066426	0.339146952	0.179694926	0.1452	0.109803367	0.302629028
110	0.256620012	0.303714923	0.170243625	0.1425	0.10212151	0.280968121
120	0.262206951	0.267904456	0.161533016	0.1404	0.094062778	0.263304989
130	0.265853549	0.25061261	0.156253508	0.1376	0.089861432	0.248623229
140	0.270665129	0.23772661	0.149746666	0.1354	0.086583029	0.236523116
150	0.275349639	0.220321284	0.1443	0.1331	0.082207786	0.227683542
160	0.278819791	0.209119272	0.1386	0.1307	0.0792	0.218495454
170	0.280687098	0.188537037	0.1348	0.1278	0.0739	0.211547684



4. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Sukabumi dengan variasi jenis tanah

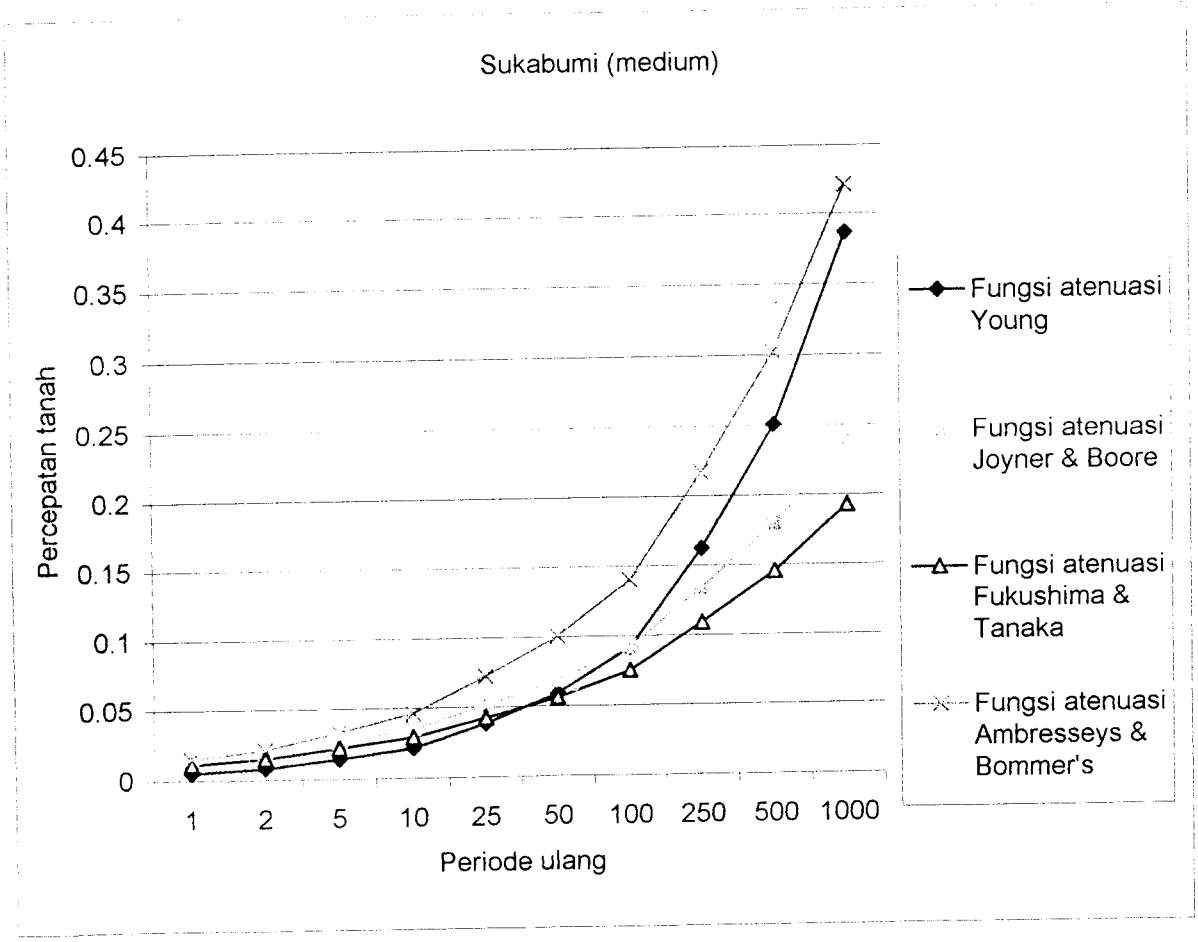
H≤100 km,R≤250 km L=20 km

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.007221378	0.00815925	0.016004622	0.0149539
2	0.011138566	0.010886579	0.021271907	0.020631737
5	0.019752782	0.015938641	0.030984551	0.03157306
10	0.030467545	0.021266327	0.041181886	0.043561018
25	0.054030188	0.031135249	0.059985325	0.066662086
50	0.083338498	0.041542588	0.079727112	0.091972976
100	0.128544902	0.055428707	0.105966124	0.126894144
250	0.227957493	0.081151138	0.154349716	0.194188033
500	0.351611492	0.1082769	0.205147795	0.267919179
1000	0.542340765	0.144469781	0.272664044	0.369645262



Medium

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.005148129	0.013540984	0.011330233	0.01556051
2	0.007940697	0.018067223	0.01505913	0.021666062
5	0.014081783	0.026451559	0.021935051	0.033559486
10	0.02172035	0.035293317	0.029154102	0.046727383
25	0.038518187	0.051671652	0.042465716	0.072378033
50	0.059412117	0.068943535	0.05644162	0.100777351
100	0.091639817	0.091988757	0.075017138	0.140319848
250	0.162511174	0.134677365	0.109269581	0.217347385
500	0.25066426	0.179694926	0.145231323	0.302629028
1000	0.386635391	0.239760158	0.193028446	0.421373043



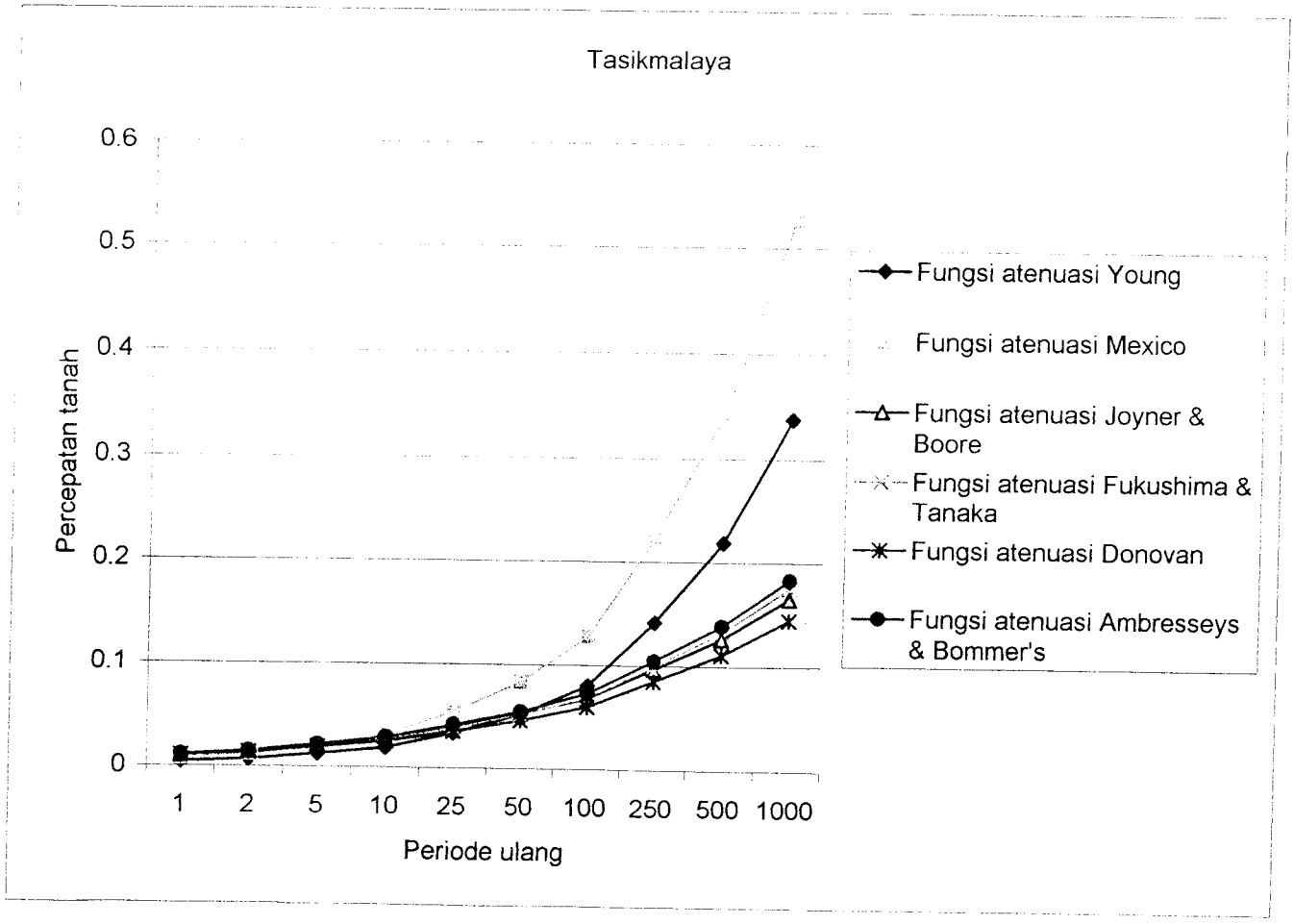
LAMPIRAN III

KOTA TASIKMALAYA

1. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Tasikmalaya dengan variasi fungsi atenuasi

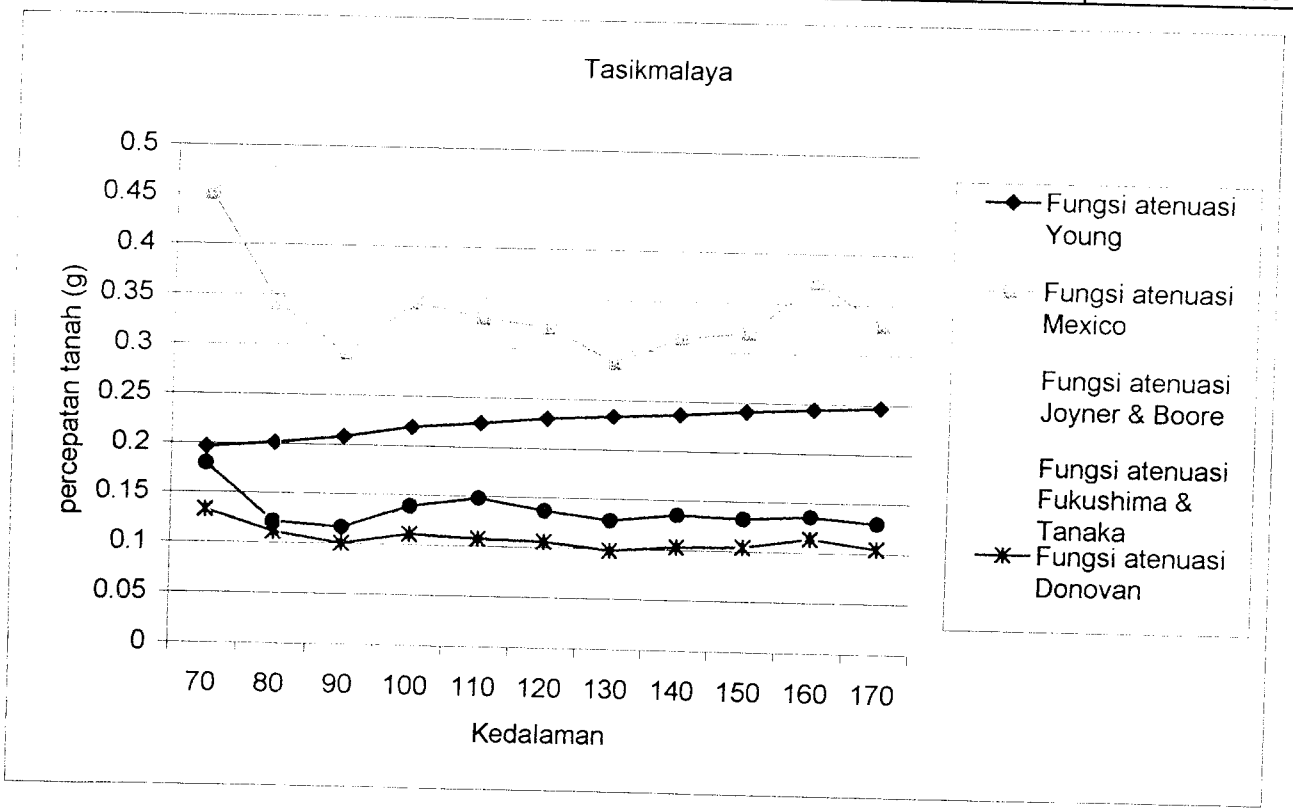
H≤100 km, R≤250 km, L=20 km

Periodde ulang	Fungsi atenuasi					
(tahun)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
1	0.004500059	0.007549645	0.011355046	0.010318807	0.010181864	0.011342886
2	0.006941086	0.011559788	0.014853583	0.013714832	0.013288222	0.014998803
5	0.012309103	0.020301936	0.021184781	0.019976955	0.018894444	0.021699522
10	0.018986093	0.031085711	0.027711899	0.026551576	0.024658901	0.02869348
25	0.033669341	0.054594435	0.039523831	0.03867489	0.035062344	0.041512299
50	0.051933047	0.083593351	0.051701287	0.051403194	0.045759423	0.054892098
100	0.080103777	0.127995615	0.067630666	0.068320514	0.059720047	0.072584331
250	0.142053523	0.224792939	0.096457592	0.099515311	0.084915579	0.105011399
500	0.219109495	0.344196161	0.126176573	0.132266824	0.110822252	0.138857548
1000	0.337963958	0.527022771	0.165052095	0.175797196	0.144632726	0.183612624



3. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Tasimalaya dengan variasi kedalaman R≤250 km, L=20 km

Kedalaman	Fungsi atenuasi					
(km)	Young	Mexico	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Donovan	Ambresseys & Bommer's
70	0.196714311	0.451098525	0.15908563	0.1356	0.132432661	0.180016672
80	0.201551955	0.341351022	0.161831431	0.1344	0.110951619	0.121124988
90	0.208153389	0.293196214	0.131048777	0.133	0.100585688	0.116773592
100	0.219109495	0.344196161	0.126176573	0.1323	0.110822252	0.138857548
110	0.224460883	0.330535192	0.132001589	0.13	0.107668078	0.148310626
120	0.230441255	0.322322606	0.122143785	0.1285	0.105587391	0.137011806
130	0.233566112	0.288216348	0.116133148	0.1256	0.098066491	0.128415289
140	0.236581	0.314254138	0.1138	0.1233	0.10308246	0.135378909
150	0.240885018	0.320686589	0.1088	0.1213	0.103944893	0.132539453
160	0.244606345	0.372377856	0.1046	0.1195	0.1136	0.136008066
170	0.24709504	0.330459291	0.1011	0.1172	0.1049	0.130112039

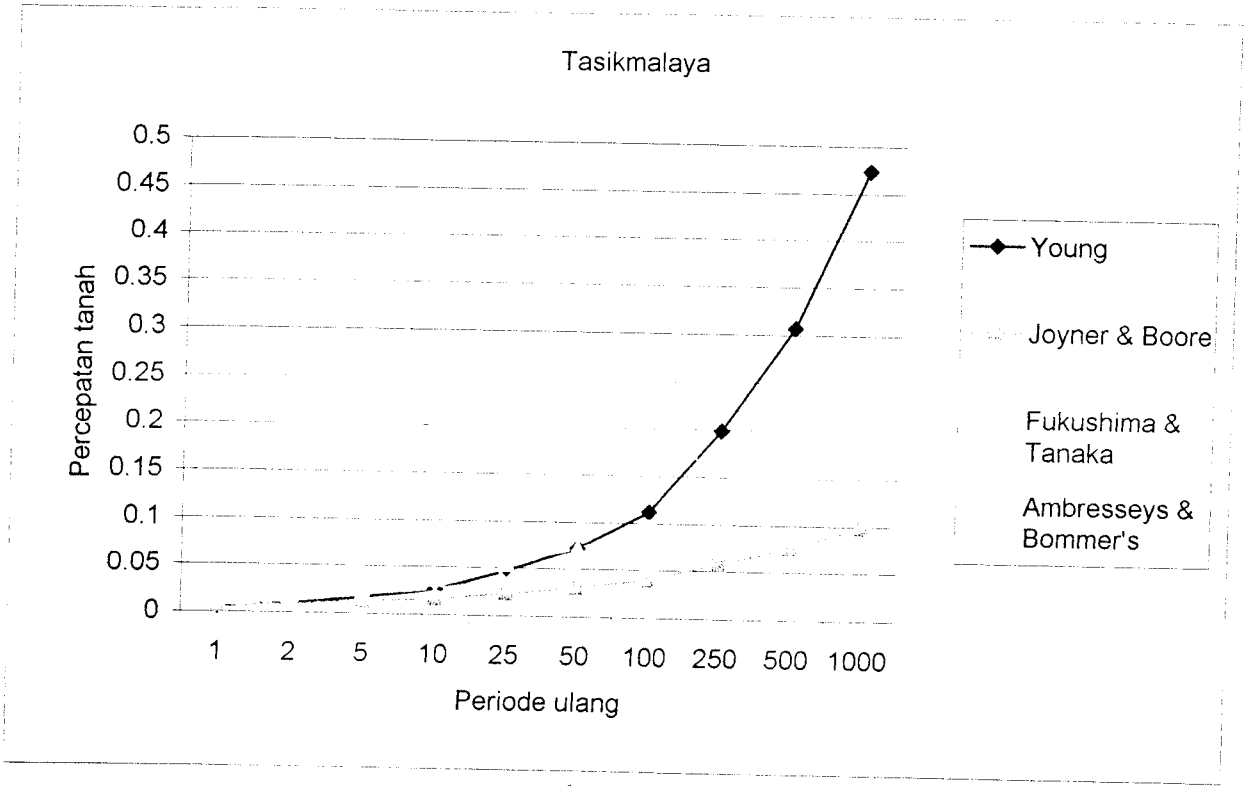


4. Perhitungan nilai percepatan tanah kota kota Tasikmalaya dengan variasi jenis tanah

H=100 km,R=250 km L=20 km

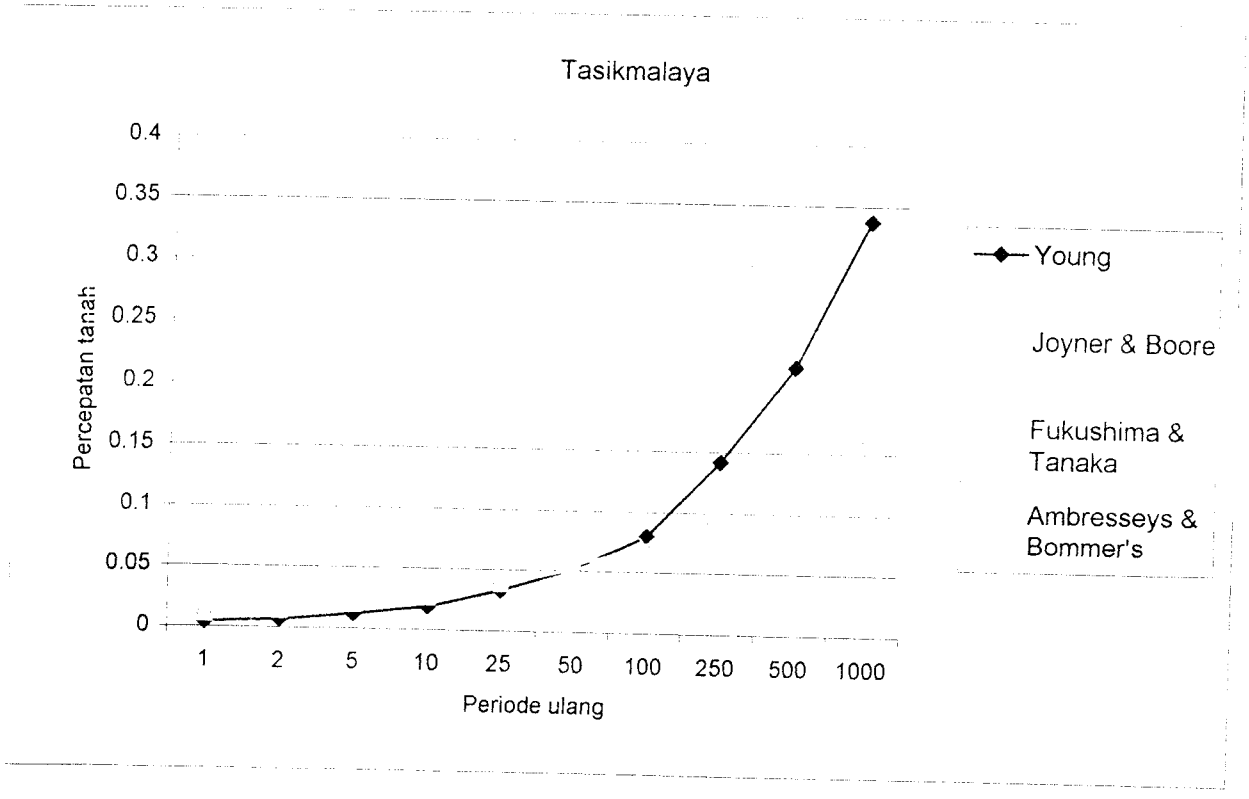
Soft

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.006312318	0.006842092	0.014575922	0.01099639
2	0.009736392	0.008950169	0.019373008	0.014428739
5	0.017266212	0.012765093	0.028218625	0.020662701
10	0.026632151	0.01669807	0.037505664	0.027112234
25	0.047228621	0.023815464	0.054630559	0.038826122
50	0.072847467	0.031153106	0.072610038	0.050945078
100	0.112363082	0.040751506	0.096506748	0.066846773
250	0.199261161	0.058121447	0.140571236	0.09572804
500	0.307349028	0.076028904	0.186834676	0.125608024
1000	0.474068428	0.099453722	0.24832389	0.164814569



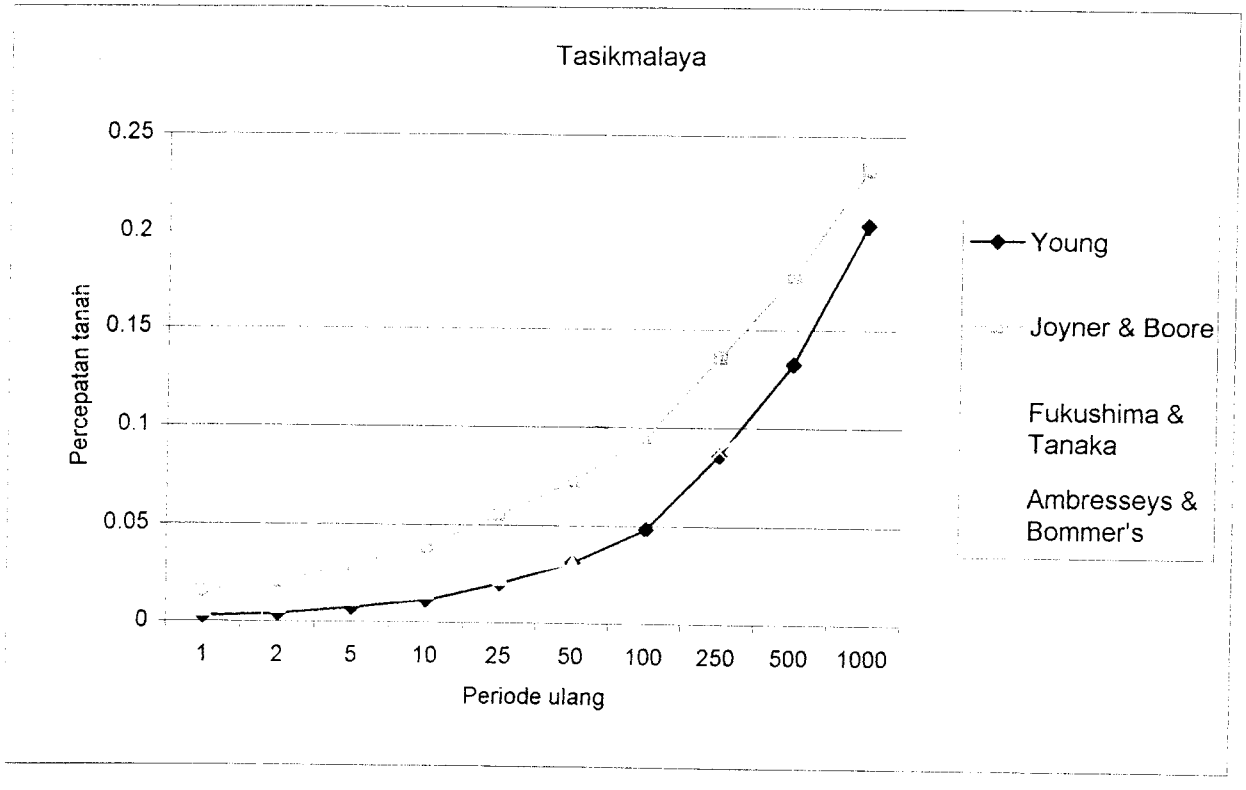
Medium

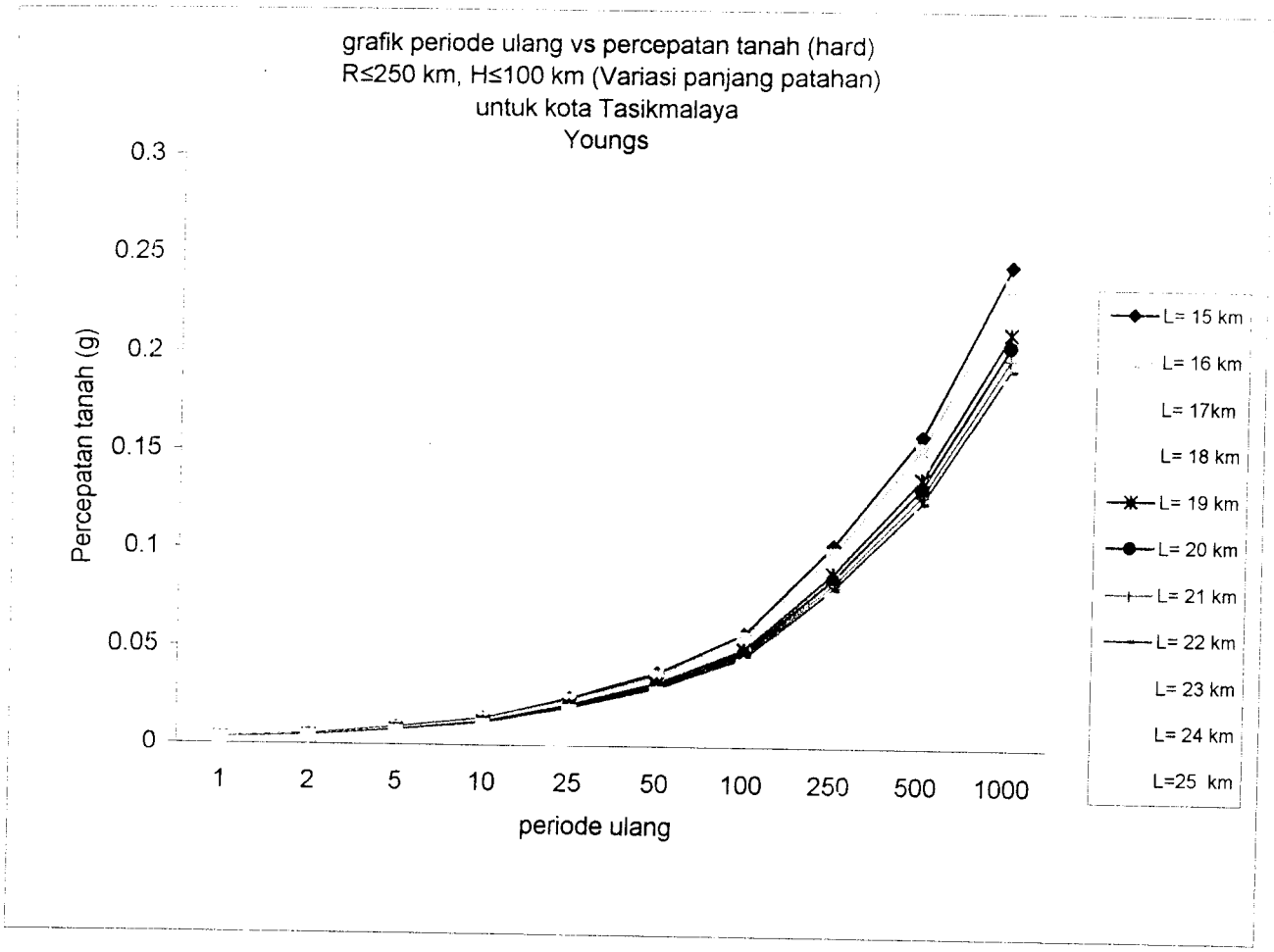
Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.004500059	0.011355046	0.010318807	0.011342886
2	0.006941086	0.014853583	0.013714832	0.014998803
5	0.012309103	0.021184781	0.019976955	0.021699522
10	0.018986093	0.027711899	0.026551576	0.02869348
25	0.033669341	0.039523831	0.03867489	0.041512299
50	0.051933047	0.051701287	0.051403194	0.054892098
100	0.080103777	0.067630666	0.068320514	0.072584331
250	0.142053523	0.096457592	0.099515311	0.105011399
500	0.219109495	0.126176573	0.132266824	0.138857548
1000	0.337963958	0.165052095	0.175797196	0.183612624



Hard

Periodde ulang	Fungsi atenuasi			
(tahun)	Young	Joyner & Boore	Fukushima & Tanaka	Ambresseys & Bommer's
1	0.002724515	0.016039429	0.00621779	0.010168342
2	0.00420241	0.020981243	0.008264128	0.013342228
5	0.007452422	0.029924298	0.012037487	0.019106762
10	0.011494938	0.039144098	0.015999148	0.025070633
25	0.020384762	0.055828396	0.023304278	0.035902444
50	0.031442338	0.073030009	0.030973955	0.047108821
100	0.048498022	0.095530855	0.041167802	0.061813089
250	0.086004869	0.13624997	0.05996481	0.088519544
500	0.132657628	0.178229147	0.079699846	0.116149511
1000	0.20461686	0.233142282	0.105929885	0.152403731





Pericde ulang	Y (g)										
	L= 15 km	L= 16 km	L= 17km	L= 18 km	L= 19 km	L= 20 km	L= 21 km	L= 22 km	L= 23 km	L= 24 km	L=25 km
1	0.003265	0.003135	0.003018	0.002911	0.002814	0.002725	0.002642	0.002566	0.002495	0.002429	0.002367
2	0.005036	0.004836	0.004655	0.004491	0.00434	0.004202	0.004075	0.003957	0.003848	0.003746	0.00365
5	0.00893	0.008575	0.008255	0.007963	0.007697	0.007452	0.007227	0.007018	0.006824	0.006643	0.006474
10	0.013774	0.013227	0.012733	0.012283	0.011872	0.011495	0.011147	0.010825	0.010525	0.010246	0.009985
25	0.024427	0.023456	0.02258	0.021782	0.021054	0.020385	0.019768	0.019196	0.018665	0.01817	0.017707
50	0.037677	0.03618	0.034828	0.033598	0.032474	0.031442	0.03049	0.029609	0.02879	0.028026	0.027312
100	0.058114	0.055806	0.05372	0.051823	0.05009	0.048498	0.04703	0.04567	0.044407	0.043229	0.042128
250	0.103058	0.098964	0.095265	0.091902	0.088828	0.086005	0.083401	0.08099	0.078749	0.076661	0.074708
500	0.158961	0.152647	0.146941	0.141753	0.137012	0.132658	0.128641	0.124922	0.121467	0.118245	0.115232
1000	0.245188	0.235449	0.226648	0.218646	0.211333	0.204617	0.198422	0.192686	0.187355	0.182386	0.177739

LAMPIRAN IV

Biodata Tim Penyusun

Nama : Andi Purnomo

Jenis Kelamin : Laki-laki

Tempat, Tanggal lahir : Yogyakarta, 16 mei 1981

Agama : Islam

Kewarganegaraan : Indonesia

Alamat : Kledokan CT XIX blok C22-A Sleman, Yogyakarta 55281

No. Telp/HP : (0274)487207 / 081 328 092949

E-mail : andhex2000@yahoo.com

Pendidikan :

- SDN Babarsari Yogyakarta
- SMPN 8 Yogyakarta
- SMUN 5 Yogyakarta

Keahlian/Pengalaman :

- Asisten Praktikum Perpetaan selama 2 tahun.
- Kerja magang KIMPRASWIL selama 5 bulan.
- Active Conversation in English Intermediate Level.

Biodata Tim Penyusun

Nama	: Saleh Amanto
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Tempat, Tanggal lahir	: Kebumen, 14 Juni 1980
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Alamat	: Jl. Magelang KM 4,5 Gg. Bayam SIA V/175 Yogyakarta 55284
No. Telp/HP	: (0274)560565 / 08562889570
E-mail	: saleh_amanto@yahoo.com
Pendidikan	:

- SDN Karangwuni I Yogyakarta
- SMPN 8 Yogyakarta
- SMUN 2 Yogyakarta

RINCIAN BIAYA

Operasional Cost	
1. Biaya perjalanan ke Bandung (untuk mencari data) untuk 2 orang	Rp. 300.000,00
2. Penginapan	Rp. 300.000,00
3. Transportasi (bensin)	Rp. 250.000,00
Pengadaan Alat dan Bahan	
1. Sewa komputer	Rp. 900.000,00
2. Pembelian kertas A4	Rp. 300.000,00
3. Foto Copy Literatur	Rp. 300.000,00
4. Disket	Rp. 50.000,00
5. Sewa printer dan tinta	Rp. 300.000,00
Penyusunan Laporan	
1. Pembelian CD blank (untuk hasil akhir)	Rp. 25.000,00
2. Poster*	Rp. 300.000,00
3. Duplikat laporan	Rp. 100.000,00
4. Penjilidan laporan	Rp. 75.000,00
Seminar	
1. Pembuatan makalah seminar	Rp. 200.000,00
2. Snack	Rp. 300.000,00
Total	**Rp. 3.700.000,00**

Keterangan

* Poster digunakan untuk mempresentasikan hasil karya dalam rangka mempublikasikan hasil penelitian kepada kalangan umum.