

Skripsi Geofisika



MIKROZONASI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN PENGAMATAN MIKROTREMOR SEISMIC

Oleh :

CANDRA PRAKARSA B

H 221 01 028



PERPUS... ..	
Tgl. Terbit	11-2-06
Aer. Dori	Fale-MIBA
Banyaknya	1 (satu) ek
Harga	H -
No. Invent	SB7/11-2-06
No. Klas	

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2005**



MIKROZONASI KOTA MAKASSAR MENGGUNAKAN PENGAMATAN MIKROTREMOR SEISMIC

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
dalam menyelesaikan tingkat sarjana di Jurusan Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Hasanuddin

Oleh :

CANDRA PRAKARSA B

H 221 01 028



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2005**

LEMBAR PENGESAHAN

Makassar, Desember 2005

Pembimbing Utama



Ir. Bambang Harimei, M.Si
NIP. 131 959 063

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

Drs. J.B. Januar H. Setiawan
NIP. 100 012 048

Ir. Asdani Soehaimi, Dipl.Seis
NIP. 100 007 966

KATA PENGANTAR



Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Tak ada kata selain ucap syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkah, hidayah dan perkenaan-Nya jualah penulis dapat merampungkan penyusunan skripsi dengan judul **“Mikrozonasi Kota Makassar Menggunakan Pengamatan Mikrotremor Seismik”** yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Jurusan Fisika Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penulis menyadari bahwa rampungnya penyusunan skripsi ini adalah berkat dukungan, motivasi serta bantuan dari berbagai pihak, mulai dari persiapan hingga perampungannya. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga khususnya kepada orang tua terkasih : Ayahanda **Bachtiar Mudhinung** dan Ibunda **Ratu Silyasih Susila Putri** yang penuh keikhlasannya dan kasih sayang telah membesarkan dan mendidik penulis serta terima kasih juga kepada Kakak dan Adik tersayang **K'Dewi, Fauzan** dan **Nurul** dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis.



Penulis dengan segala kerendahan hati juga menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Ir. Bambang Harimei, M.Si, sebagai dosen sekaligus pembimbing utama yang telah memberikan masukan, meluangkan waktu dan perhatian serta pengarahannya dalam penulisan skripsi ini.
- Bapak Drs. J.B Januar H. Setiawan selaku pembimbing dan koordinator tim peneliti yang telah memberikan bantuan, meluangkan waktu, kesabaran dan dorongan selama penelitian di lapangan maupun pada saat pengolahan data.
- Bapak Ir. Asdani Soehaimi, Dipl. Seis selaku pembimbing yang telah banyak memberikan perhatian, meluangkan waktu dan masukannya dalam penulisan skripsi ini.
- Bapak Dr. M.A. Hamzah, M.Eng selaku dosen dan penasehat akademik yang telah banyak memberikan motivasi, pengarahan, bantuan, bimbingan dan perhatiannya kepada penulis.
- Seluruh anggota tim peneliti yang telah memberikan bantuan selama penelitian berlangsung dan karyawan Puslitbang Geologi Bandung khususnya kepada Bapak Dr. Engkon Kertapati, Bapak Ir. Firdaus, Pa' Marji. S.Si, Pa' Pian dan Ibu Sri yang telah memberikan masukan, dorongan dan pendapatnya selama pengolahan data.

- ▣ Ibu Dr. Sri Suryani, DEA selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNHAS beserta staf yang telah banyak memberikan bantuannya kepada penulis.
- ▣ Bapak Drs. Lantu, M.Eng.Sc., Bapak Muh. Altin Massinai, M.T. Surv dan Bapak Dahlang, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji, terima kasih atas saran dan masukannya dalam penyusunan skripsi ini.
- ▣ Bapak Sabrianto Aswad, S.Si., yang telah memberikan masukan, dorongan, motifasi dan perhatiannya kepada penulis.
- ▣ Seluruh staf dosen pengajar dan staf Jurusan Fisika F. MIPA UNHAS.
- ▣ Bapak Dr. Sardjono, M.Sc., selaku Kepala Bidang Program dan Informasi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan tugas akhir di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- ▣ Mr. Dr. Kiyoshi Nishi (expert JICA for Vulcanology), yang telah memberikan software dan programnya serta perhatiannya kepada penulis.
- ▣ Bapak Gede Suantika (Vulkanologi), yang telah memberikan pendapat dan masukannya kepada penulis. Terima kasih untuk diskusinya.
- ▣ Crew Lab. Geofisika, Ano, Ali, Wandu, Idawati, Idayati, Ory, Joe, Velma, S.Si., Fira, Murti, Ega. Terima kasih atas bantuan, motivasi dan masukannya.
- ▣ Rekan-rekan angkatan '01, Algis, Edy, Ichlyas, Taufik, Arif, Ocha, Dini, Uni, Sumarni, Sri Wahyuni, S.Si, Iin, S.Si, Anti, Arni, Amel, Ardi, Fate, Multazani, Sasna, Endas, Ramlan, Haeruddin, Ichal, Acchank, Echank,

Cullunk, Marwan, Syarif, Masnah, S.Si., Mufli, Ema, Habibi, Evi, Fatma, Intan, Desnat. Terima kasih atas bantuan, motivasi dan masukannya.

- ▣ Buat K' Irfan, S.Si., K'Imo, S.Si., K' Ikus, S.Si., K' Pepenk, S.Si., K'Samsul, S.Si., K'Acil, S.Si, M.Si, K'Hasby, K'Ridwan, S.Si, K'Alfaris, S.Si, K'Adam, K' Herfien, S.T (Geologi) yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan masukannya kepada penulis.
- ▣ Warga Asrama Latimojong, Ka Ipul, Ka Uzair, Ka Oco, Mahir, Oji, Ardi, Immank, Wahab, Yudi, Ka Yamin, Yudim, dan buat warga baru asrama. Terima kasih atas bantuannya selama di Bandung.
- ▣ Seluruh adik-adik mahasiswa Fisika F.MIPA UNHAS.

Dalam skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu dengan rendah hati penulis senantiasa menerima saran yang bersifat membangun guna memperbaiki kekurangan yang ada. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak khususnya bagi pembaca dan penulis pribadi.

Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, Desember 2005

Penulis

Sari Bacaan

Hasil penelitian secara geologi kota Makassar terdiri dari zona I yang dapat dinyatakan sebagai batuan dasar yang disusun oleh material gunungapi dan sedimen laut terdiri dari lava dan breksi, krakal hingga kerikil pasir berumur Tersier. Zona II batuan dan tanah berupa endapan beting dan pasir pantai, rawa dan delta purba dan baru serta reklamasi terdiri dari pasir lepas, lumpur, lempung, krikil dan fragmen biota laut dan rawa serta tanah reklamasi. Zona III batuan dan tanah berupa hasil torehan endapan sungai, terdiri dari krakal-krikil, pasir, dan lempung dengan sebaran tidak merata, terletak di atas batuan dasar (I) yang tersesarkan. Zona IV merupakan endapan delta baru dari sungai Jeneberang berupa perselingan kerikil, pasir serta lempung berupa lumpur sungai serta fragmen flora Resen.

Hasil penelitian respon spektra tanah setempat terhadap penjalaran gelombang mikrotremor terbagi atas empat zona. Zona I sebagai daerah pinggiran kota Makassar mempunyai nilai perioda dominan $H/V < 0.14$ detik, faktor koreksi batuan setempat 0.9, nilai percepatan terhitung 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun berturut-turut adalah 38.808 gal, 51.156 gal, 72.354 gal. Zona II yakni lajur inti kota Makassar mempunyai nilai perioda dominan $H/V 0.14 - 0.20$ detik. Zona III antara lajur inti kota hingga pinggiran sebelah Timur sepanjang alur salu Jeneberang dan salu Tallo mempunyai nilai perioda dominan $H/V 0.20 - 0.26$ detik. Pada zona II dan zona III mempunyai faktor koreksi batuan sama dengan zona I, sehingga nilai percepatan terhitung 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun berturut-turut 38.808 gal, 51.156 gal, 72.354 gal. Zona IV menempati daerah muara sungai Jeneberang merupakan kawasan delta sungai dengan mempunyai nilai perioda dominan $H/V > 0.26$ detik, faktor koreksi batuan setempat 1.0, nilai percepatan terhitung untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun berturut-turut adalah 43.12 gal, 56.84 gal, 80.36 gal.

Nilai-nilai kuantitatif tersebut di atas dapat dijadikan data dasar perhitungan bangunan tahan gempa di kota Makassar dan sekitarnya. Dengan harapan bahaya gempabumi dapat dimitigasi seminimal mungkin.

Kata Kunci : Mikrozonasi; mikrotremor; rasio spektra H/V ; perioda dominan

Abstract

Result of research geology town of Makassar consist of zone of I able to be expressed as bedrock compiled by material of volcanism sea sediment and consist of and lava of breksi, sand gravel old age Tertiary. Zone of II land ground and rock in the form of sandbank sediment and coastal sand, new and ancient delta and bog and also reclamation consist of free sand, mud, clay, fragment and of biota go out to sea and bog and also land ground of reclamation. Zone of III land ground and rock in the form of result of river sediment incision, consist of krakal-krikil, sand, and clay with swampy forest do not flatten, located in of bedrock (I) which is fault. Zone of IV represent new delta sediment of river of Jeneberang in the form of gravel interval, sand and also clay in the form of river mud and also flora fragment of Resen.

Result of research of local land ground spektra respon to motion of wave of microtremor divided to the four zones. Zone of I as high area of town of Makassar have value of predominant period of $H/V < 0.14$ second, corrective factor of local rock 0.9, acceleration value counted 100 year, 200 year and 500 year successively is 38.808 gal, 51.156 gal, 72.354 gal. Zone of II namely column of is core of town of Makassar have value of predominant period of $H/V 0.14 - 0.20$ second. Zone of III between column of is core of high town till eastside as long as path river of Jeneberang and river of Tallo have value of predominant period of $H/V 0.20 - 0.26$ second. At zone of II and zone of III have corrective factor of rock is equal to zona of I, so that assess acceleration counted 100 year, 200 year and 500 year successively 38.808 gal, 51.156 gal, 72.354 gal. Zone of IV occupy river estuary area river of Jeneberang represent river delta area by having value of predominant period of $H/V > 0.26$ second, corrective factor of local rock 1.0, acceleration value counted to 100 year, 200 year and 500 year successively is 43.12 gal, 56.84 gal, 80.36 gal.

Above mentioned Quantitative values can be made by basic data calculation of building hold up earthquake in town of Makassar and its surroundings. On the chance of earthquake danger earn dimitigasi as minimum as possible.

Key Words : microzonation; microtremor; H/V spectral ratio; predominant period.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Sari Bacaan	viii
Abstract	ix
Daftar Isi	x
Daftar Lampiran	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Grafik	xv
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
Bab II Tinjauan Pustaka	4
II.1 Mikrotremor	4
II.2 Hubungan mikrotremor dengan gempabumi	4
II.3 Kegunaan mikrotremor	5
II.4 Seismisitas Sulawesi	6
II.5 Keadaan geologi regional Makassar	7
II.6 Percepatan tanah	9
II.7 Percepatan tanah yang dikoreksi	12
II.8 Mikrozonasi kota dengan menggunakan mikrotremor	13
II.9 Mikrozonasi menggunakan pengamatan mikrotremor	14
II.10 Perbandingan spectrum H/V mikrotremor dan rekaman gempabumi	15
II.11 Analsis H/V mikrotremor untuk karakteristik lokasi	16

II.12	Pemrosesan sinyal	18
II.12.1	Transformasi Fourier	19
II.12.2	Transformasi Fourier diskrit (DFT)	20
II.12.3	Algoritma transformasi Fourier Cepat (FFT)	20
II.12	Pengaruh jarak dan waktu terhadap amplitudo	21
Bab III Metodologi Penelitian		24
III.1	Daerah penelitian	24
III.2	Alat	24
III.3	Persiapan data	25
III.4	Prosedur penelitian	26
	Bagan alur penelitian	28
Bab IV Hasil dan Pembahasan		29
IV.1	Hasil	29
IV.1.1	Pengamatan mikrotremor di Kota Makassar	29
IV.1.2	Peta mikrozonasi Kota Makassar	31
IV.1.3	Perhitungan percepatan tanah di Kota Makassar	31
IV.2	Pembahasan	32
IV.2.1	Geologi Makassar	32
IV.2.2	Pengamatan mikrotremor di Kota Makassar	34
IV.2.3	Peta mikrozonasi Kota Makassar	35
IV.2.4	Kajian resiko gempabumi di Kota Makassar Berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum dan perioda dominan	38
Bab V Penutup		41
V.1	Kesimpulan	41
V.2	Saran	42
Daftar Pustaka		43
Lampiran		

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Peta lokasi penelitian 45
Lampiran 2	Peta lokasi titik pengamatan mikrotremor di Kota Makassar 46
Lampiran 3	Peta mikrozonasi Kota Makassar 47
Lampiran 4	Peta geologi Kota Makassar 48
Lampiran 5	Peta overlay data pengukuran dengan peta geologi Kota Makassar 49
Lampiran 6	Nilai perioda dominan di setiap tempat 50
Lampiran 7	Nilai percepatan tanah probabilistik 52
Lampiran 8	Peralatan pengukuran mikrotremor 53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kurva distribusi perioda hubungan antara mikrotremor Dengan gempabumi	5
Gambar 2.2 Perbandingan antara rasio spektral H/V untuk rekaman gempabumi dan mikrotremor	16
Gambar 2.3 Skematik diagram analisis H/V	17
Gambar 2.4 Amplitudo perioda dominan dari mikrotremor pada siang dan malam hari	22

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Enam zona seismik di Indonesia	7
Tabel 2.2	Hubungan percepatan maksimum gempabumi	10
Tabel 2.3	Faktor koreksi pengaruh jenis batuan setempat	13
Tabel 2.4	Koefisien zona gempa	13

DAFTAR GRAFIK

		Halaman
Grafik 4.1	Grafik H/V di sebelah Timur Kota Makassar	29
Grafik 4.2	Grafik H/V di sebelah Barat Kota Makassar	30
Grafik 4.3	Grafik H/V di bagian tengah Kota Makassar	30
Grafik 4.4	Grafik H/V di sekitar Tanjung Bunga	31

*"Bacalah dengan (menyebut)
nama Tuhanmu yang menciptakan"
(Q.S. Al-Alaq : 1)*

*"Ia mengatur semua urusan dari langit sampai ke bumi, kemudian (semua itu)
kembali kepada-Nya dalam satu hari, yang kadarnya seribu tahun menurut
perhitungan kamu."
(Q.S. As-Sajdah : 5)*



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kota Makassar sebagai ibukota Provinsi Sulawesi Selatan merupakan pintu gerbang kawasan Indonesia Timur dengan lima fungsi utamanya yakni sebagai pusat pemerintahan, pendidikan, industri, pariwisata dan pelayanan. Hal tersebut menjadikan kota ini berperan penting dalam pembangunan ekonomi dan kesejahteraan di kawasan Timur Indonesia.

Berdasarkan kondisi geologi dan kegempaanannya, kota Makassar sebagian besar dibangun di atas endapan aluvium berumur kuartar dengan kondisi rentan terhadap bahaya guncangan gempa bumi. Upaya untuk memperkecil resiko bahaya gempa bumi di kota Makassar, maka perlu dilakukan studi parameter respon tanah setempat untuk penilaian besaran resiko secara kuantitatif dari bahaya gempa bumi.

Kerusakan bangunan selama terjadi gempa bumi bergantung pada percepatan yang dialami bangunan dan kondisi tanah serta bangunan yang dinyatakan melalui perioda dominannya masing-masing. Besaran gempa bumi yang dinyatakan oleh skala intensitas dilihat dari kerusakan yang dihasilkan suatu kejadian gempa bumi. Besarnya intensitas didasarkan atas observasi subjektif terhadap kerusakan gedung-

gedung, tanggapan manusia dan permukaan bumi yang dilihat langsung. Yang diminati dari "Earthquake Engineering" sejauh ini adalah pengetahuan pergerakan tanah (*ground motion*) mengenai kelakuan struktur selama terjadinya gempa. Pergerakan tanah (*ground motion*) antara lain bergantung dari lapisan di atas batuan dasar dan sifat-sifat vibrasi lapisan ini dapat ditentukan dengan perioda dominannya selama ada gempa. Selain dari getaran gempa perioda predomnan dapat juga ditentukan dari getaran-getaran yang ada disekeliling kita, hal ini yang dikenal dengan mikrotremor. Dengan mikrotremor ini dapat ditentukan perioda predomnan dari tanah yang berguna bagi perencanaan bangunan tahan gempa.

1.2 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini ditekankan pada mikrozonasi di kota Makassar dengan melakukan kajian geologi dan pengukuran mikrotremor. Kajian geologi dilakukan langsung di lapangan dengan membedakan berbagai macam batuan penyusun kota Makassar berdasarkan kaedah-kaedah geologi. Sedangkan pengukuran mikrotremor merupakan salah satu studi teknik kegempaan dengan melakukan pengukuran pada lokasi-lokasi yang berbeda di kota Makassar dengan menggunakan metoda analisis spektra Fourier Horizontal to Vertikal (H/V) untuk memperkirakan perioda dominan getaran tanah sebagai indeks karakter setempat. Hasil gabungan kedua kajian tersebut merupakan hasil akhir untuk menentukan mikrozonasi kegempaan sebagai dasar pembagian wilayah rawan gempabumi kota Makassar.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- Menentukan perioda dominan tanah setempat di Kota Makassar.
- Memetakan mikrozonasi kegempaan kota Makassar.
- Perhitungan percepatan tanah kota Makassar.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

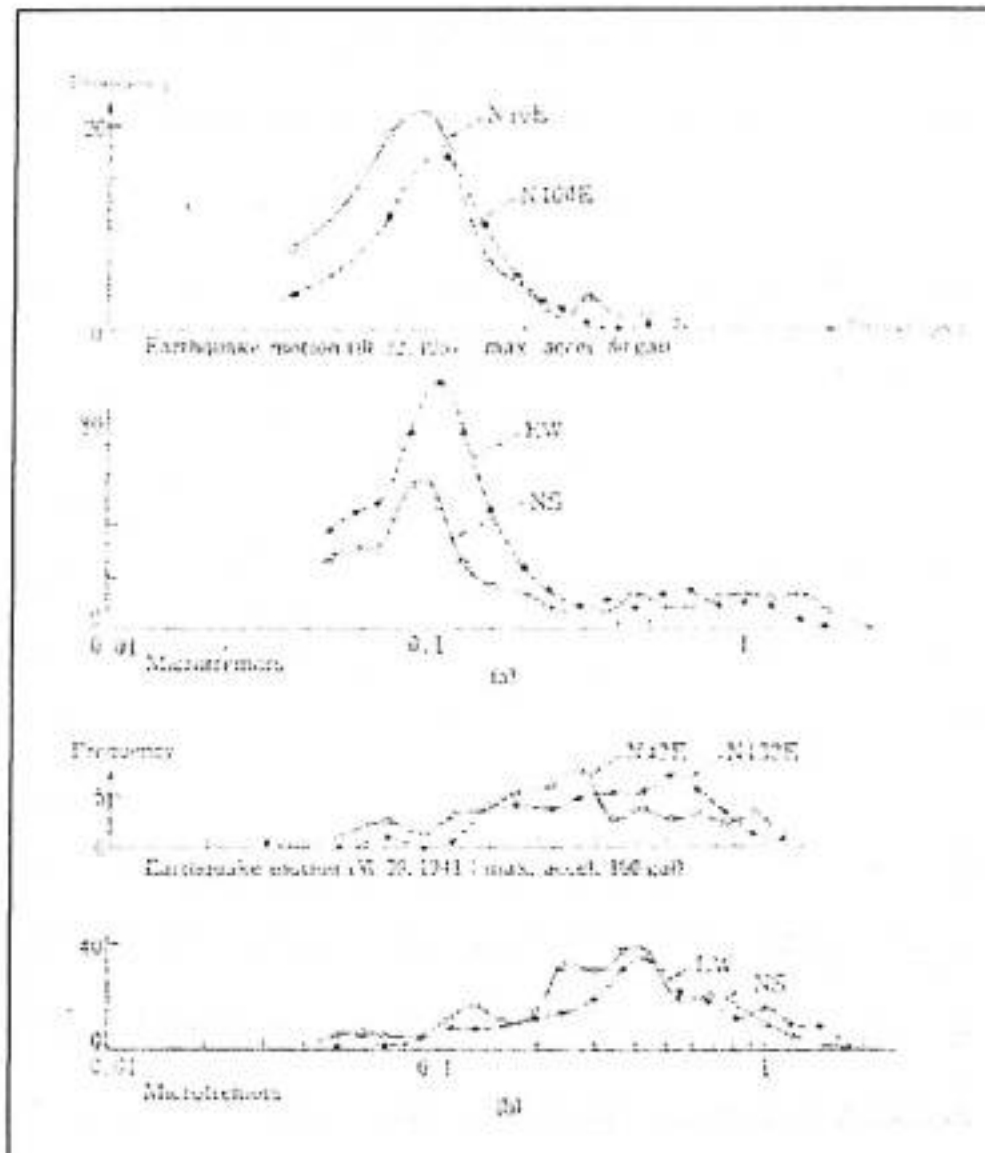
II.1 Mikrotremor

Mikrotremor adalah getaran terus menerus yang terjadi di dalam tanah atau bangunan yang disebabkan oleh kegiatan manusia seperti lalu lintas, mesin-mesin industri, dan sebagainya. Biasanya amplitudo mikrotremor berkisar antara $0.1 - 2 \mu\text{m}$ dan selang periodanya antara $0.05 - 1$ detik atau $0.1 - 2$ detik. Amplitudo mikrotremor bergantung pada aktivitas sumber getaran buatan dan kondisi tanah, sedangkan periodanya hanya bergantung pada kekerasan batuan atau tanah tempat mikrotremor diamati. Mikrotremor tidak selalu memiliki karakteristik yang sama, karena dipengaruhi oleh keadaan dari lapisan tanah medium pertama dan aktifitas buatan manusia seperti lalu lintas, mesin pabrik, orang berjalan dan lain-lain di daerah itu.

II.2 Hubungan Mikrotremor dengan Gempabumi

Hubungan antara mikrotremor dengan gempabumi ditunjukkan oleh kemiripan bentuk kurva distribusi periodanya. Apabila kurva distribusi perioda mikrotremor pada suatu tempat mempunyai puncak yang tunggal, maka perioda dominan dari gempabumi pada tempat tersebut terdapat pada puncak yang sama. Sebaliknya apabila kurva distribusi perioda mikrotremor mempunyai lebih dari dua puncak maka

distribusi perioda gempabumi mempunyai dua puncak juga, seperti pada (gambar 2.1).



Gambar 2.1 Kurva distribusi perioda hubungan antara mikrotremor dengan gempabumi ((a).Golden Gate Park, (b).Santa Barbara) (Kanai, 1983).

II.3 Kegunaan Mikrotremor

Sejak Omori mengamati mikrotremor untuk pertama kalinya tahun 1908, banyak para ahli seismologi dan insinyur gempabumi menyelidiki mikrotremor baik dari segi ilmiah maupun terapannya, sebab kegunaan mikrotremor banyak sekali diantaranya :

- Mikrotremor berguna untuk mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan perioda dominan yang harganya spesifik untuk tiap jenis tanah, sebab tanggapan bangunan terhadap getaran gempabumi sebagian besar bergantung pada komposisi tanah di tempat bangunan berdiri (setelah Gede Suantika, 1988).
- Dari penyelidikan di Jepang telah ditetapkan bahwa mikrotremor digunakan tidak hanya sebagai alat untuk mengantisipasi sifat gerakan gempabumi tetapi juga untuk membuktikan koefisien gaya yang telah ditetapkan dalam perencanaan bangunan tahan gempa (setelah Gede Suantika, 1988).
- Menjelaskan struktur bawah permukaan tanah di tempat mikrotremor di amati (setelah Gede Suantika, 1988).

II.4 Seismisitas Sulawesi

Berdasarkan data historis gempabumi, terdapat beberapa kejadian gempabumi yang pernah terjadi di daerah ini, yakni gempabumi Bulukumba (1828), gempabumi Pinrang (1997), Tinambung (1967), gempabumi Majene (1969) serta gempabumi Mamuju (1972, 1974). Secara umum, yakni di Indonesia telah dibuat zonasi seismik berdasarkan data historis kegempaan periode sebelum tahun tujuh puluhan, wilayah Indonesia dibagi menjadi 6 zone seismik seperti tabel 2.1.

Tabel 2.1 Enam zona seismik di Indonesia.

Zone 1	:	Daerah dengan seismisitas sangat tinggi (7 –8 SR) Irian bagian utara
Zone 2	:	Daerah dengan seismisitas aktif (sekitar 7 SR) Sumatra bagian barat, Selatan Jawa, Nusatenggara, Irian Jaya dan Sulawesi Utara
Zone 3	:	Daerah yang terdapat lipatan, patahan dan rekahan (> 7 SR) Sepanjang pantai Sumatra bagian barat, sepanjang Pantai Jawa bagian Selatan.
Zone 4	:	Daerah lipatan & patahan (sekitar 7) Sumatra, Jawa bagian utara, Kalimantan Timur, Sulawesi Selatan dan Irian
Zone 5	:	Daerah dengan seismisitas rendah Sepanjang pantai Timur Sumatra dan Kalimantan Tengah
Zone 6	:	Daerah stabil Irian bagian Selatan

Sumber :Gunawan Ibrahim dan Subardjo, 2005

II.5 Keadaan Geologi Regional Makassar

Geologi daerah Makasar dan sekitarnya berdasarkan peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, terdiri dari tiga kelompok batuan yakni Formasi Camba

yang terdiri dari batuan sedimen laut berselingan batuan gunungapi, batuan gunungapi Baturape – Cindako terdiri dari lava, breksi, tufa dan konglomerat serta endapan aluvium dan pantai berupa campuran endapan rawa, pasir pantai, endapan dekat pantai, endapan delta sungai dan alur sungai. Secara keseluruhan batuan-batuan tersebut berumur kuartar (Pleistosen – Holosen).

Kegiatan gunungapi selama Miosen menghasilkan Formasi Camba dan selama Pliosen menghasilkan batuan Gunungapi Baturape-Cindako. Kelompok retas basal berbentuk radial memusat ke Gunungapi Cindako dan Gunungapi Baturape, terjadinya mungkin berhubungan dengan gerakan mengkubah pada kala Pliosen. Kegiatan gunungapi di daerah ini masih berlangsung sampai dengan kala Plistosen, menghasilkan batuan gunungapi Lompobatang. Berhentinya kegiatan magma pada akhir Plistosen, diikuti oleh suatu tektonik yang menghasilkan sesar – sesar *en echelon* (merencong) yang melalui Gunungapi Lompobatang berarah utara selatan. Sesar – sesar *en echelon* mungkin sebagai akibat dari suatu gerakan mendatar dekstral daripada batuan alas dibawah lembah Walanae. Sejak kala Pliosen pesisir barat ujung lengan sulawesi selatan ini merupakan dataran stabil yang pada kala Holosen hanya terjadi endapan alluvium dan rawa - rawa.

II.6 Percepatan Tanah

Parameter percepatan gelombang seismik atau sering disebut percepatan tanah merupakan salah satu parameter yang penting dalam seismologi teknik atau *earthquakes engineering*. Besar kecilnya percepatan tanah tersebut menunjukkan resiko gempabumi yang perlu diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Setiap gempa yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu tempat (*site*). Nilai Percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Meskipun gempabumi yang kuat tidak sering terjadi tetapi tetap sangat membahayakan kehidupan manusia. Salah satu hal yang penting dalam penelitian seismologi adalah mengetahui kerusakan akibat getaran gempabumi terhadap bangunan-bangunan di setiap tempat. Hal ini diperlukan untuk menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun di daerah tersebut.

Nilai percepatan tanah dapat dihitung langsung dengan seismograf khusus yang disebut strong motion seismograph atau accelerograf. Namun karena begitu pentingnya nilai percepatan tanah dalam menghitung koefisien seismik untuk bangunan tahan gempa, sedangkan jaringan accelerograf tidak lengkap baik dari segi periode waktu maupun tempatnya, maka perhitungan empiris sangat perlu dibuat. Oleh sebab itu untuk keperluan bangunan tahan gempa harga percepatan tanah dapat dihitung dengan cara pendekatan dari data historis gempabumi.

Rumus empiris dari Fukushima dan Tanaka (1990) adalah sebagai berikut

$$\text{Log } a = 0.41 M - \log (R + 0.032 \times 10^{0.41M}) - 0.0034R + 1.30 \quad (\text{II.1})$$

dimana :

a = Percepatan tanah maksimum (gal)

R = Jarak pusat gempa (km)

M = Kekuatan gempabumi (Ms)

Japan Meteorological Agency (JMA) membuat hubungan antara skala intensitas JMA dan skala MMI dengan percepatan maksimum gempabumi seperti terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hubungan percepatan maksimum gempabumi.

Skala JMA	Percepatan Maksimum (gal)	Skala MMI	Percepatan Maksimum (gal)
0	dibawah 0.8	1	dibawah 1.0
1	0.8 ~ 2.5	2	1.0 ~ 2.0
2	2.5 ~ 8.0	3	2.1 ~ 5.0
3	8.0 ~ 25.0	4	5.0 ~ 10.0
4	25.0 ~ 80.0	5	10.0 ~ 21.0
5	80.0 ~ 250.0	6	21.0 ~ 44.0
6	250.0 ~ 400.0	7	44.0 ~ 94.0
7	diatas 400	8	94.0 ~ 202.0
		9	202.0 ~ 432.0
		10,11,12	diatas 432

Ket = 1 gal = 1 cm/s²

Sumber : Gunawan Ibrahim dan Subardjo, 2005

Pada bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah tersebut agar bangunan tetap stabil. Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan bumi disebut juga percepatan tanah, merupakan gangguan yang perlu dikaji untuk setiap gempa bumi, kemudian dipilih percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) untuk dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang efek paling parah yang pernah dialami suatu lokasi.

Efek primer gempabumi adalah kerusakan struktur bangunan baik yang berupa bangunan perumahan rakyat, gedung bertingkat, fasilitas umum, monumen, jembatan dan infrastruktur lainnya, yang diakibatkan oleh getaran yang ditimbulkan gempabumi. Secara garis besar, tingkat kerusakan yang mungkin terjadi tergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik lokasi bangunan, dan percepatan tanah di lokasi bangunan akibat dari getaran suatu gempa bumi.

Faktor yang merupakan sumber kerusakan dinyatakan dalam parameter percepatan tanah. Sehingga data PGA akibat getaran gempabumi pada suatu lokasi menjadi penting untuk menggambarkan tingkat resiko gempabumi di suatu lokasi tertentu. Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi di suatu tempat, semakin besar resiko gempabumi yang mungkin terjadi.

Gempa besar bisa terjadi berulang-ulang di suatu tempat. Kita kenal sebagai periode ulang gempa bumi. Hal ini didukung oleh teori elastic rebound yang mempunyai fase pengumpulan energi dalam jangka waktu tertentu dan kemudian masa pelepasan energi pada saat gempa besar. Periode ulang gempa besar bisa 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun atau 500 tahun. Sehingga tingkat resiko bangunan terhadap gempabumi bisa terkait dengan periode ulang gempabumi. Ambil contoh jika bangunan dirancang untuk berumur pakai 50 tahun dan periode ulang gempa di tempat tersebut 100 tahun, maka percepatan tanah maksimum di tempat tersebut tentu akan kecil.

II.7 Percepatan Tanah yang di Koreksi

Percepatan tanah yang di koreksi ditentukan dari percepatan tanah maksimum, yang dikoreksi berdasarkan jenis batuan dasar atau perlapisan tanah setempat dan koefisien zona sumber gempa, dengan rumus yang diberikan Nayoan (1986) sebagai berikut :

$$a_d = a_g \times z \times v \quad (II.2)$$

Dimana:

a_d = Percepatan tanah (gal).

a_g = Percepatan gempa dasar untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun (gal).

z = Koefisien zona gempa.

v = Faktor koreksi batuan dan tanah setempat.

Percepatan gempa maksimum di permukaan tanah harus dikoreksi terhadap pengaruh jenis tanah setempat berdasarkan perioda dominan dari perlapisan tanah, yang dibagi dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Faktor Koreksi Pengaruh Jenis Batuan Setempat.

Jenis Batuan Dasar	Perioda Predominan Ts (detik)	Faktor Koreksi Jenis Batuan
Batuan	$T_s < 0,25$	0,9
Dilluvium	$0,25 \leq T_s < 0,50$	1,0
Aluvium	$0,50 \leq T_s < 0,75$	1,1
Aluvium Lembek	$T_s \geq 0,75$	1,2

Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum (1996)

Pada koefisien zona gempa telah di bagi dalam zona berikut seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Koefisien Zona Gempa

Zona	Koefisien Lajur
A	1,9-2,0
B	1,6-1,9
C	1,2-1,6
D	0,8-1,2
E	0,4-0,8
F	0,2-0,4

Sumber : Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum (1996)

II.8 Mikrozonasi Kota Dengan Menggunakan Mikrotremor

Pengamatan Geologi regional mempunyai suatu efek yang besar pada karakteristik gerakan tanah. Tanggapan lokasi gerakan tanah setempat bisa bervariasi di suatu kota

menurut geologi regionalnya. Mikrozonasi seismik dapat digambarkan sebagai bagian suatu daerah ke dalam area atau zone yang mempunyai karakteristik geologi yang serupa, yang seperti itu dapat digunakan sama halnya dengan resiko gempabumi. Suatu pemetaan zonasi seismik untuk suatu negeri yang utuh mungkin tidak cukup untuk menganalisa penilaian resiko seismik untuk kota besar. Oleh karena itu, menjadi suatu hal yang penting bagi kota besar untuk melakukan mikrozonasi. Peta mikrozonasi dapat menginformasikan sebagai basis untuk mengevaluasi analisis risiko pada tempat yang spesifik, penting bagi struktur kritis seperti pabrik, kereta bawah tanah, jembatan, jalan layang. Banyak kota besar diseluruh bumi telah menaruh usaha dalam mengembangkan peta mikrozonasi untuk lebih mengerti tentang pemahaman resiko gempabumi di dalam kota besar.

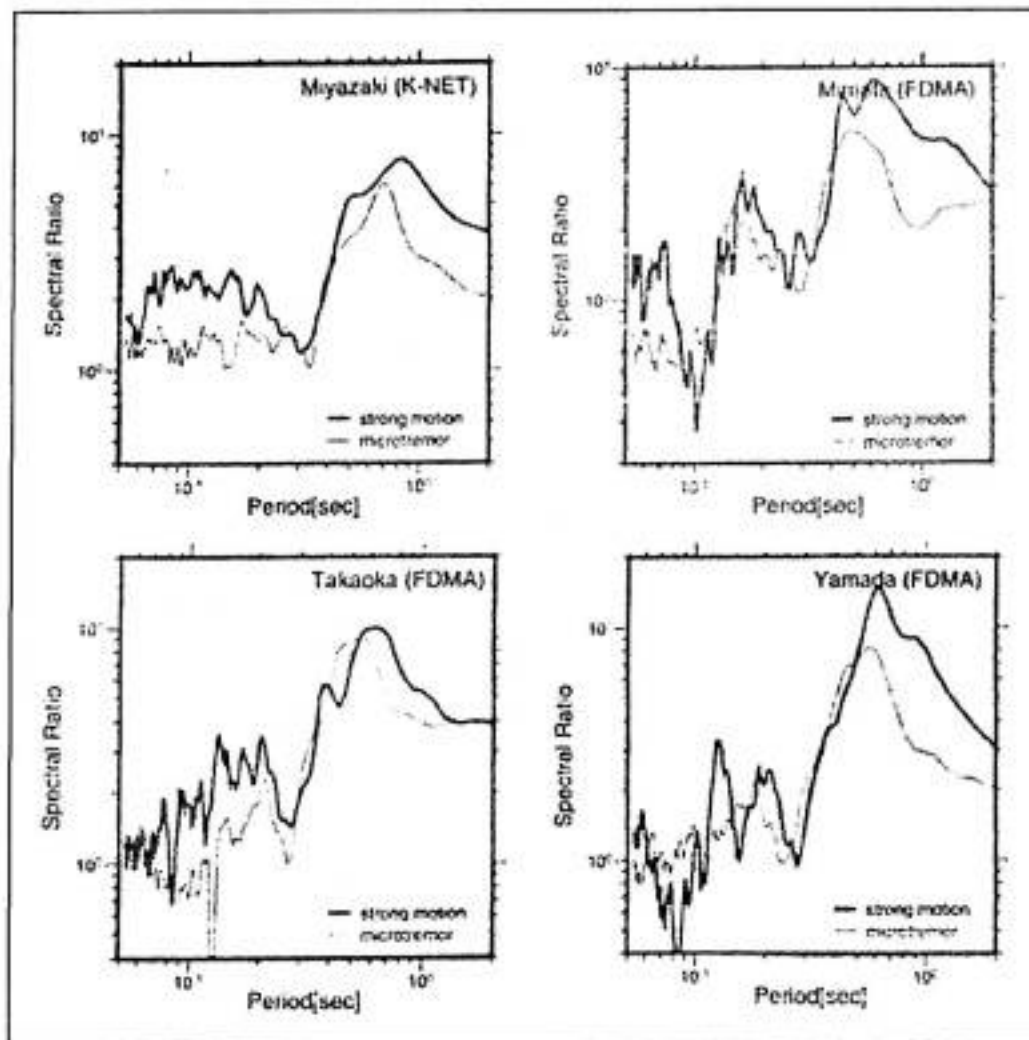
II.9 Mikrozonasi Menggunakan Pengamatan Mikrotremor

Pengukuran mikrotremor telah menjadi suatu metoda populer untuk menentukan lapisan tanah yang sifatnya dinamis dan secara luas digunakan untuk mikrozonation. Pengamatan mikrotremor mudah dilaksanakan, bagi tempat dengan seismisitas rendah. Menurut Konno dan Ohmachi (1998), mikrotremor sebagian besar terdiri atas gelombang permukaan (Tuladhar, 2002). Mereka menggunakan perbandingan H/V yang diusulkan oleh Nakamura yang menghadirkan karakteristik pada suatu lokasi. Hal ini telah diperlihatkan dengan membandingkan spektrum mikrotremor dengan spektrum dasar gelombang Rayleigh. Seperti itu, diperkirakan bahwa mikrotremor terdiri dari ragam dasar gelombang Rayleigh, diduga bahwa periode puncak

perbandingan H/V mikrotremor memberikan dasar dari periode gelombang S. Perbandingan H/V pada mikrotremor adalah dibandingkan dengan keduanya yang secara teoritis memperoleh nilai-nilai. Mereka menyimpulkan bahwa periode lokasi secara dasar dapat diperkirakan dari perioda puncak perbandingan H/V mikrotremor.

II.10 Perbandingan Spektrum H/V Mikrotremor dan Rekaman Gempabumi

Sejumlah peneliti sudah mempelajari stabilitas perbandingan spektrum H/V untuk rekaman gempabumi. Studi yang dilaksanakan oleh mereka yang menunjukkan bahwa perbandingan spektral H/V adalah stabil untuk rekaman gempabumi, dan dapat digunakan untuk penilaian karakteristik respon lokasi setempat. Suatu studi juga melakukan perbandingan antara perbandingan spektral H/V mikrotremor dan gempabumi. Kebanyakan dari penelitian sebelumnya menggunakan studi ini pada rekaman selama adanya gempabumi kecil. Suatu studi sudah menunjukkan untuk gempabumi kecil perbandingan spektral H/V untuk mikrotremor dan gerakan tanah yang kuat menjadi dapat diperbandingkan. Gambar 2.2 menunjukkan perbandingan spektral H/V untuk mikrotremor dan rekaman seismik sebagai yang diusulkan oleh Okuma (2000) (Tuladhar, 2002). Perbandingan spektral nampak dapat diperbandingkan untuk kedua rekaman gempabumi dan mikrotremor. Untuk perbandingan spektral H/V pada rekaman gempabumi nampak mempunyai periode secara komparatif lebih panjang dibandingkan pada perbandingan spektral H/V dari analisa mikrotremor.



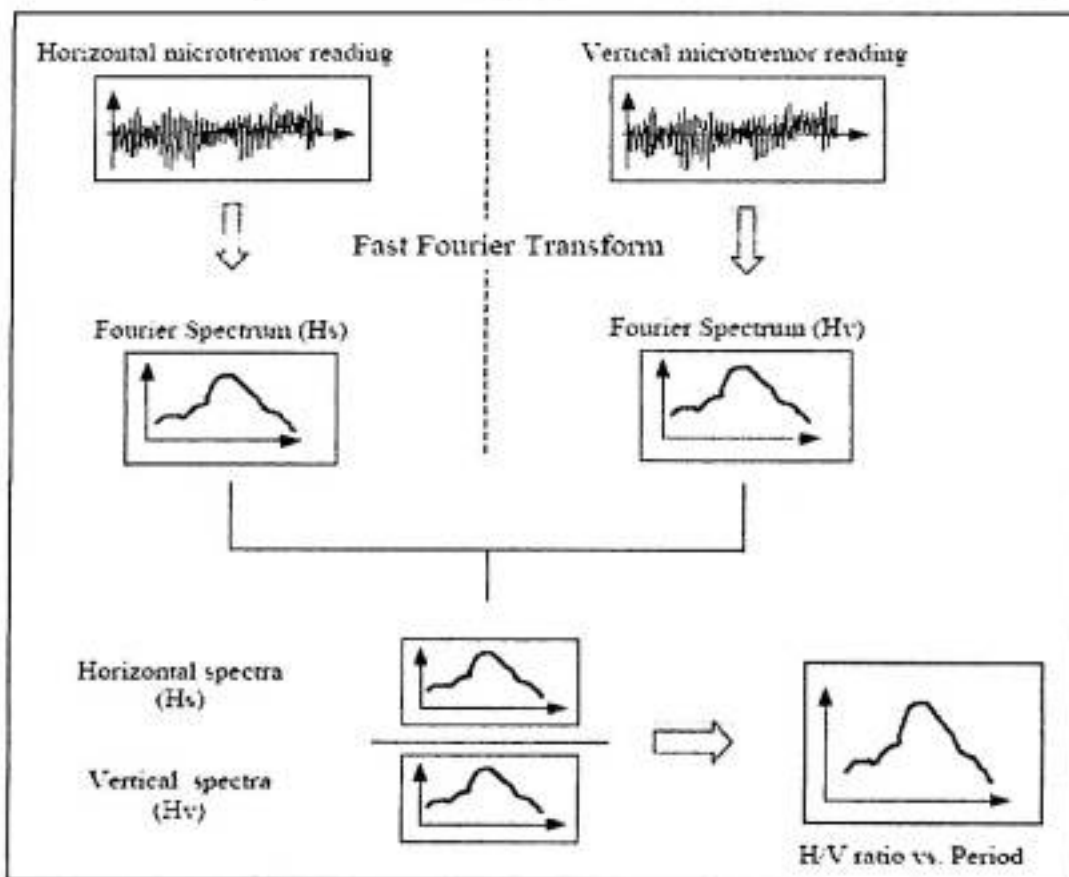
Gambar 2.2 Perbandingan antara rasio spectral H/V untuk rekaman gempabumi dan mikrotremor. (Okuma, 2000)

II.11 Analisis H/V Mikrotremor untuk Karakteristik Lokasi

Nakamura (1989) yang pertama mempopulerkan metoda perbandingan spektral horizontal to vertikal (H/V) pada analisis mikrotremor untuk karakteristik suatu lokasi (Tuladhar, 2002). Metoda ini, perbandingan spektra fourier horizontal to vertikal pada mikrotremor digunakan untuk mengurangi getaran dari alat. Spektra Fourier horizontal atau vertikal pada mikrotremor ditemukan tergantung dari sumber

eksitasi dan tidak stabil dan oleh karena itu tidak mewakili untuk kondisi pada suatu lokasi. Perbandingan spektra Fourier horizontal to vertikal (H/V) ditemukan bersifat stabil dan tidak dibuat-buat dari getaran yang ditimbulkan alat. Spektrum H/V diperoleh dengan perbandingan Fourier spektra komponen horizontal dan komponen vertikal. Spektrum H/V untuk pengukuran mikrotremor dapat diperoleh oleh persamaan berikut.

$$\text{Spektrum H/V} = \frac{\text{spektrum Fourier komponen Horizontal (H}_s\text{)}}{\text{spektrum Fourier komponen Vertikal (H}_v\text{)}} \quad (\text{II.3})$$



Gambar 2.3 Skematik diagram analisis H/V

Kestabilan metoda H/V dapat diaplikasikan untuk menentukan karakteristik lokasi setempat. Periode puncak H/V menghadirkan periode lokasi yang alami dari tanah.

Perbandingan amplitudo Fourier pada dua spektrum Fourier komponen horizontal dan satu spektrum Fourier komponen vertikal, kita dapat menggunakan persamaan berikut :

$$r(f) = \frac{\sqrt{F_{NS}(f) \times F_{EW}(f)}}{F_{UD}(f)} \quad (II.4)$$

Dimana :

$r(f)$ = Perbandingan spektrum Horizontal to Vertical (H/V)

F_{NS} , F_{EW} dan F_{UD} adalah spektrum Fourier dalam arah NS, EW and UD secara berurutan.

II.12 Pemrosesan Sinyal

Deret Fourier yang konvergen uniform ke fungsi periodik $f(t)$ dengan perioda T dalam $(-T/2, T/2)$ sehingga :

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t) \quad (II.5)$$

yang mana :

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \cos \omega_n t dt \quad (II.6)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin \omega_n t dt$$

Dengan menggunakan rumus Euler, $e^{i\theta} = \cos\theta + i \sin\theta$, i adalah bilangan imajiner, maka bentuk kompleks deret Fourier dapat ditentukan.

$$\cos \omega_n t = \frac{e^{i\omega_n t} + e^{-i\omega_n t}}{2} \quad (\text{II.7})$$

$$\sin \omega_n t = \frac{e^{i\omega_n t} - e^{-i\omega_n t}}{2i}$$

II.12.1 Transformasi Fourier

Transformasi Fourier adalah kakas (*tool*) untuk mengubah fungsi dari domain waktu/spasial ke domain frekuensi. Intisari dari transformasi Fourier adalah menguraikan sinyal atau gelombang menjadi sejumlah sinusoidal dari beberapa frekuensi, yang jumlahnya ekuivalen dengan gelombang gelombang asal. Sinusoida tidak berdurasi terbatas, dimana sinyal ini berasal dari sumbu negatif hingga sumbu positif tak berhingga.

Transformasi Fourier kontinu untuk satu perubah adalah :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \quad (\text{II.8})$$

$f(t)$ adalah fungsi atau sinyal waktu. Sedangkan $F(\omega)$ adalah spektrum dari $f(t)$

dimana $i = \sqrt{-1}$ dan $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$

Dari persamaan ini tampak bahwa transformasi ini adalah proses mengubah sinyal (*transform*) menjadi sekumpulan fungsi-fungsi basis, yaitu eksponensial kompleks dari berbagai frekuensi.

II.12.2 Transformasi Fourier Diskrit (*Discrete Fourier Transform, DFT*)

Transformasi Fourier Diskrit menaksir transformasi Fourier dari sebuah fungsi dengan mengambil titik sampel yang jumlahnya terbatas. Titik sampel yang diambil adalah yang memiliki karakter khusus dari keseluruhan fungsi. Bentuk umumnya sebagai berikut :

$$Ak = \sum_{n=0}^{N-1} e^{i \frac{2\pi}{N} kn} a_n \quad (II.9)$$

Dapat juga ditulis dengan :

$$Ak = \sum_{n=0}^{N-1} W_N^{kn} a_n$$

dimana $W_N = e^{i \frac{2\pi}{N}}$

II.12.3 Algoritma Transformasi Fourier Cepat (*Fast Fourier Transform, FFT*)

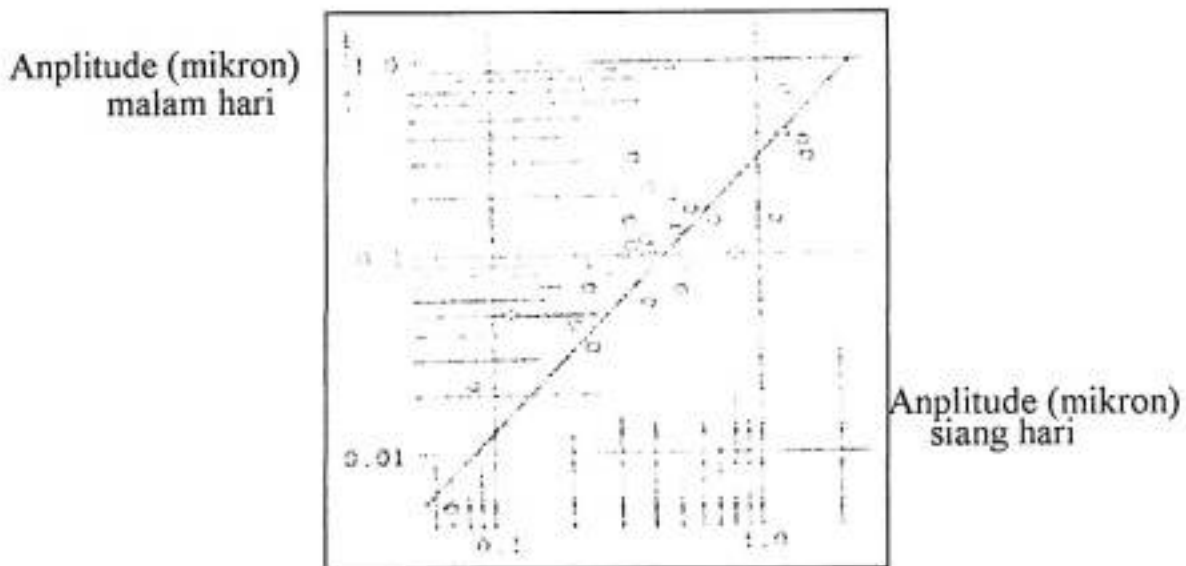
Algoritma FFT ini pertama kali ditemukan pada tahun 1965. Algoritma FFT adalah algoritma cepat untuk menghitung transformasi Fourier diskrit (DFT). Algoritma ini mempunyai banyak jenis, salah satunya adalah desimasi dalam waktu. Desimasi dalam waktu berarti jika kita mengambil DFT 2-titik dan 4-titik kemudian digeneralisikan ke bentuk 8-titik, 16-titik hingga 2^f -titik, kita akan memperoleh algoritma cepatnya (FFT).

Algoritma FFT menyusun ulang (*decomposing*) transformasi Fourier diskrit menjadi $\log_2 N$ tahapan yang masing-masing terdiri atas komputasi *butterfly*. Teknik algoritma

FFT ini pertama kali ditemukan pada tahun 1965. Untuk menghitung DFT dengan N-bagian memakai persamaan (II.9) akan membutuhkan perkalian dan pertambahan real sebanyak N^2 operasi, sedangkan dengan algoritma FFT, jumlah itu direduksi menjadi $N \log_2 N$. Dengan menggunakan pendekatan pembagian deret, maka dapat dibangun suatu algoritma yang efisien untuk dikomputasi secara DFT. Pendekatan ini tergantung pada pendekomposisian dari N-titik DFT menjadi DFT-DFT berukuran lebih kecil. Jika N difaktorisasi sebagai $N = r_1 r_2 r_3 \dots r_L$ dimana $r_1 = r_2 = r_3 = \dots = r_L = r$, sehingga dapat disimpulkan $N = r^L$. Dari sini, DFT yang diperoleh akan menjadi ukuran dari "r", dimana bilangan ini adalah akar (*radix*) dari algoritma FFT. Akar yang paling umum dipakai pada algoritma FFT adalah akar 2. Algoritma ini juga berdasarkan sifat bilangan kompleks $W_N^{kn} \left(= e^{-\frac{2\pi}{N}kn} \right)$ yang periodik serta simetris.

II.13 Pengaruh Jarak Dan Waktu Terhadap Amplitudo

Menurut Kanai amplitudo terbesar dari mikrotremor selama siang hari lebih besar dibandingkan dengan pada malam hari, perbandingan antara amplitudo terbesar siang hari dengan malam hari seperti gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Amplitudo dominan dari mikrotremor pada siang dan malam hari. (Kanai, 1983).

$$(\text{Amplitudo pada malam hari}) = 0.3 (\text{amplitudo pada siang hari})^{1.5} \quad (\text{II.10})$$

Ini disebabkan amplitudo mikrotremor tergantung pada aktivitas getaran buatan manusia, sehingga amplitudo terbesar pada siang hari lebih besar dari pada malam hari. Amplitudo terbesar diartikan sebagai rata-rata dari amplitudo besar yang sering terjadi. Disamping itu Kanai mendapat dominan period, perioda rata-rata dan perioda terbesar dari mikrotremor berubah sedikit terhadap waktu dan perubahannya ini tergantung dari karakteristik vibrasi dari lapisan subsoil.

Karakteristik mikrotremor tidak hanya tergantung pada kondisi lapisan subsoil saja, tetapi juga tergantung pada kondisi aktivitas getaran buatan manusia, seperti lalu lintas, industri, mesin-mesin dan lain-lain. Dari hasil penyelidikan Kanai, amplitudo mikrotremor akan mengalami atenuasi terhadap jarak. Besarnya pengurangan ini adalah $A \approx A_0 x^{-1.3}$ dimana A_0 adalah amplitudo maksimum dari sumber dan x adalah

jarak pengamatan ke sumber getaran. Secara alamiah besarnya pengurangan amplitudo menunjukkan efek dari karakteristik vibrasi subsoil dari tanah itu sendiri.





BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Daerah Penelitian

Daerah yang dijadikan lokasi penelitian meliputi Wilayah kota Makassar dengan koordinat $05^{\circ}03' \text{ LS} - 05^{\circ}14' \text{ LS}$ dan $119^{\circ}22' \text{ BT} - 119^{\circ}33' \text{ BT}$ (Lampiran 1). Kota Makassar terbagi dalam 14 Kecamatan, yaitu : Ujung tanah, Makassar, Ujung Pandang, Panakukkang, Mariso, Wajo, Manggala, Biringkanaya, Tamalanrea, Tallo, Rappocini, Mamajang, Tamalate dan Bontoala.

III.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seismometer tiga komponen tipe PMK-110H 2 units dan PMK-110V 1 unit, masing – masing 2 komponen horizontal (H) dan satu komponen vertikal (V), yang berfungsi sebagai sensor pada arah horizontal dan vertikal.
 - a. Komponen horizontal arah NS serial 8177, sebagai sensor untuk arah Utara-Selatan.
 - b. Komponen horizontal arah EW serial 8178, sebagai sensor untuk arah Barat-Timur.
 - c. Komponen vertikal arah UD serial 8179, sebagai sensor untuk arah vertikal atas dan bawah.

2. Komputer dengan software Waveform Analysis Seis, Origin dan MapInfo berfungsi sebagai pengolahan data.
3. Data Logger LS-8000SH, yang berfungsi untuk merekam data pada saat pengukuran dengan yang didalamnya terdapat hardisk untuk menyimpan data.
4. Global Positioning System (GPS), untuk menentukan lokasi titik pengamatan.
5. Hardisk, sebagai tempat untuk menyimpan data yang dipasangkan pada data logger, dalam hal ini data logger LS-8000SH.
6. Kompas, yang digunakan dalam menentukan arah utara pada peletakan sensor NS (arah Utara-Selatan).
7. Accu 12 volt, sebagai sumber arus.
8. Kamera digital, untuk mengambil gambar pada saat pengukuran.

III.3 Persiapan Data

1. Peta rupa bumi lembar Ujung Pandang (2010-54) dan Maros (2010-63) skala 1:50.000 terbitan Bakosurtanal tahun 1991 diperlukan untuk menunjukkan daerah yang akan di adakan pengukuran mikrotremor.
2. Peta Geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai skala 1:250.000 terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1982 untuk mengetahui keadaan geologi regional Kota Makassar secara umum.
3. Data Percepatan tanah pada batuan dasar probabilistik (J.H. Setiawan, Puslitbang Geologi, 1999) (Lampiran 7), sebagai dasar perhitungan untuk percepatan pada 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun.

III.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa metoda, yaitu :

1. Metoda Penelitian Geologi

Metoda penelitian geologi meliputi analisis kondisi fisik lahan meliputi bentang alam serta sifat fisik batuan dan tanah.

2. Metoda Penentuan Respon Tanah Setempat

Metoda penelitian ini menentukan respon tanah setempat berdasarkan penelitian mikrotremor dengan menentukan perioda dominan.

3. Metoda Analisis Data Menggunakan Software Waveform Analysis Seis dan Origin

Analisis respon tanah setempat pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software Waveform Analysis Seis dan Origin. Software tersebut digunakan untuk menentukan frekuensi dominan dengan menggunakan Fast Fourier Transform (FFT) dari rekaman gelombang mikrotremor.

Secara umum prosedur dalam penelitian ini adalah :

1. Menentukan *ground noise* dari waveform pada bentuk gelombang yang direkam pada data logger dengan menggunakan software Waveform Analysis Seis yang kemudian digunakan filter. Sehingga di dapat rawdata dalam bentuk file ASCII (numerik) yang akan menjadi input pada pemrosesan dengan menggunakan software Origin.

2. Hasil dari Waveform Analysis Seis pada file ASCII di analisis FFT pada masing-masing komponen dengan menggunakan Origin.

3. Hasil FFT pada komponen NS dan komponen EW (harizontal) serta komponen UD (vertikal) di kalkulasi dengan menggunakan persamaan (II.4) sehingga di dapat perioda dominan dari suatu titik lokasi.

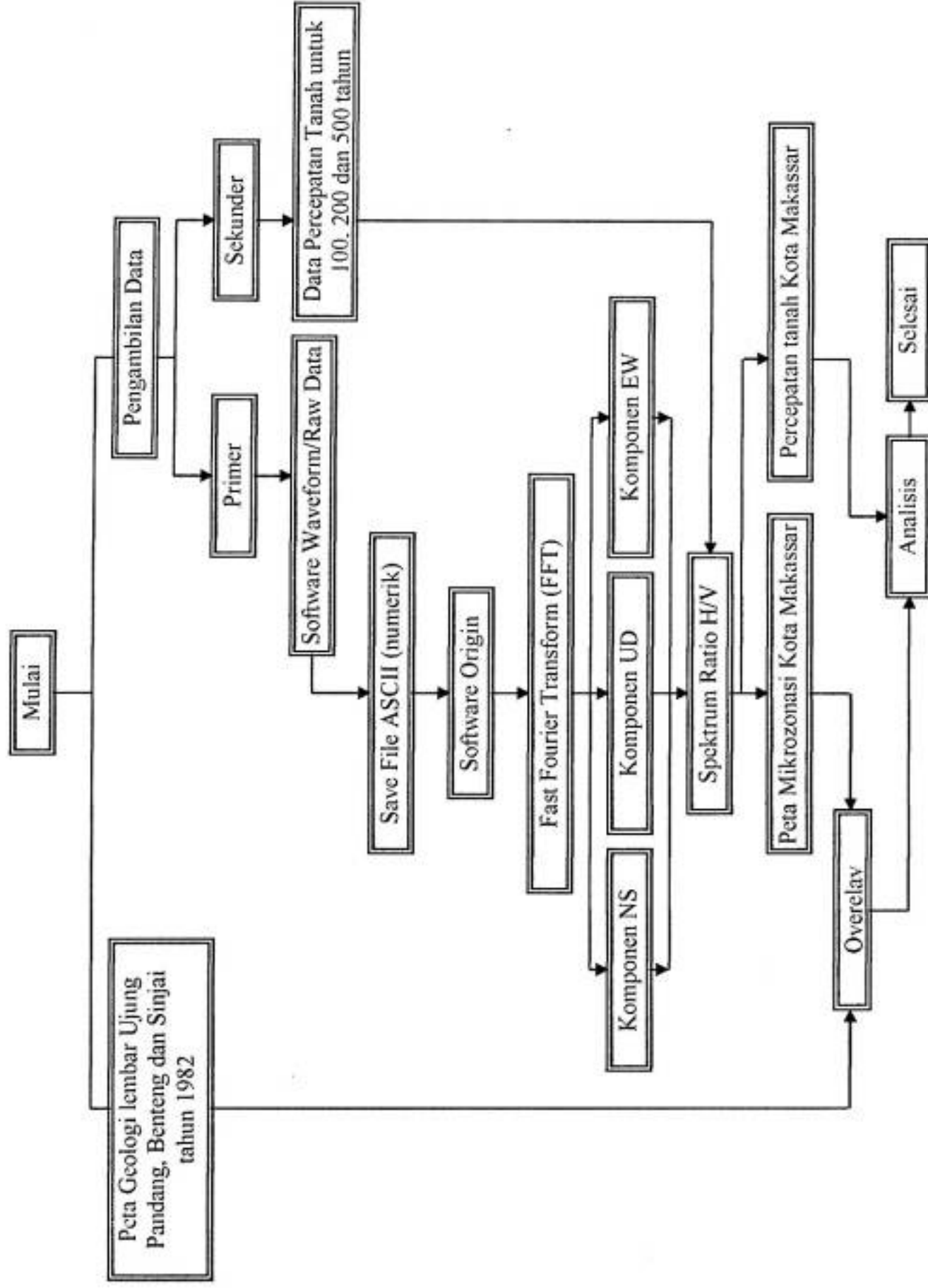
4. Perhitungan Percepatan Tanah yang di Koreksi

Pada perhitungan percepatan tanah yang di koreksi digunakan rumus pada persamaan (II.2). Yang dihitung berdasarkan faktor koreksi batuan dan tanah setempat, koefisien zona gempa dan data sekunder pada percepatan gempa dasar untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun.

5. Pembuatan Peta Mikrozonasi

Semua lokasi pengamatan telah direkam menggunakan *Global Positioning System* (GPS) pada koordinat geografis. Pengamatan pada suatu lokasi kemudian di overlay dengan peta digital Makassar menggunakan software MapInfo pada perioda dominan tertentu pada suatu lokasi titik pengamatan. Hasil overlay tersebut kemudian di sesuaikan dengan hasil kajian geologi daerah setempat, sehingga dapat memudahkan untuk analisis peta mikrozonasi kota Makassar.

Bagan Alur Penelitian





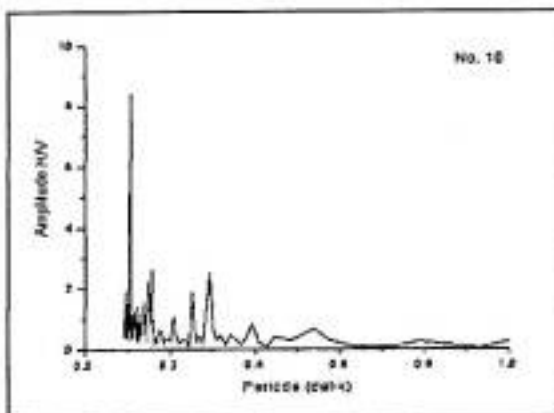
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

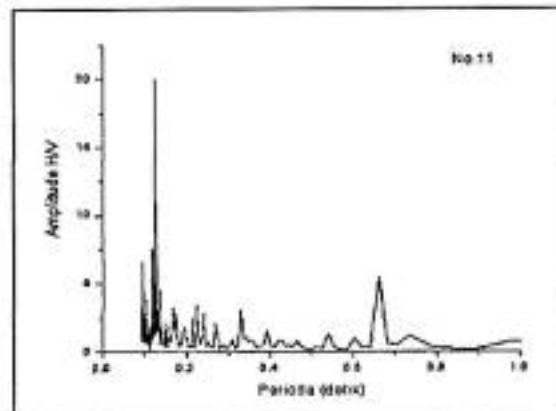
IV.1 Hasil

IV.1.1 Pengamatan Mikrotremor di Kota Makassar

Pada daerah sebelah Timur kota Makassar telah dilakukan pengukuran mikrotremor. Telah di dapat perioda di bawah 0,14 detik, menggunakan software Waveform Analsis Seis dan Origin. Grafik 4.1 memperlihatkan variasi perioda pada daerah sebelah Timur kota Makassar.



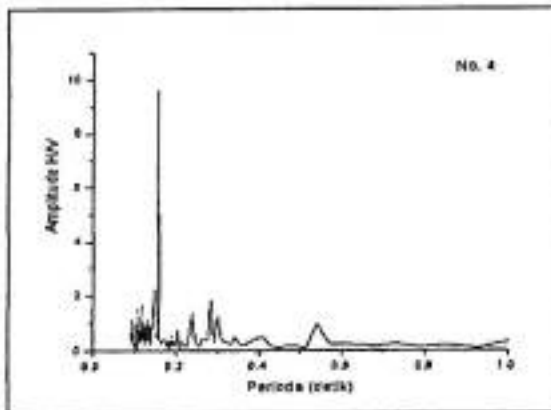
Lokasi : Kantor Camat Biringkanaya
Perioda : 0.10 detik



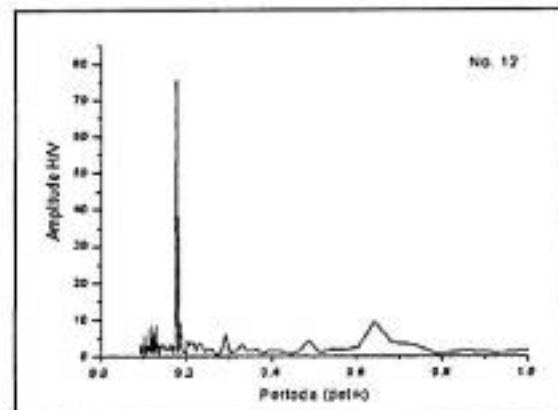
Lokasi : Kantor Camat Tamalanrea
Perioda : 0.12 detik

Grafik 4.1 Grafik H/V di sebelah Timur Makassar

Pada sebelah Barat kota Makassar telah di dapat perioda dominan antara 0,14 – 0,27 detik. Variasi perioda tersebut dapat dilihat pada grafik 4.2.



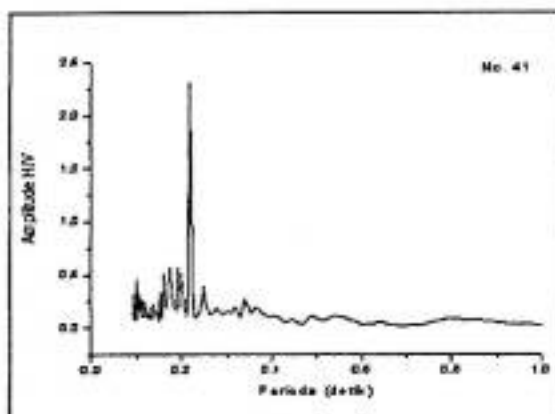
Lokasi : Kantor Camat Mariso
Perioda : 0.15 detik



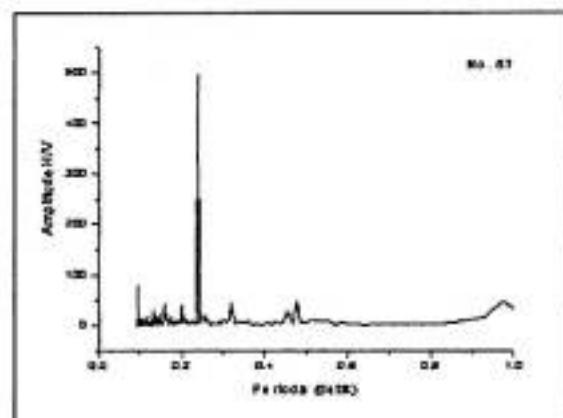
Lokasi : Kantor Camat Tallo
Perioda : 0.17 detik

Grafik 4.2 Grafik H/V di sebelah Barat Makassar

Pada kota Makassar bagian Tengah telah di dapat perioda antara 0,20 – 0.26 detik. Pengukuran di daerah ini di lakukan di sekitar jalan Urip Sumoharjo dan Kecamatan Panakukkang. Variasi perioda tersebut diperlihatkan pada grafik 4.3.



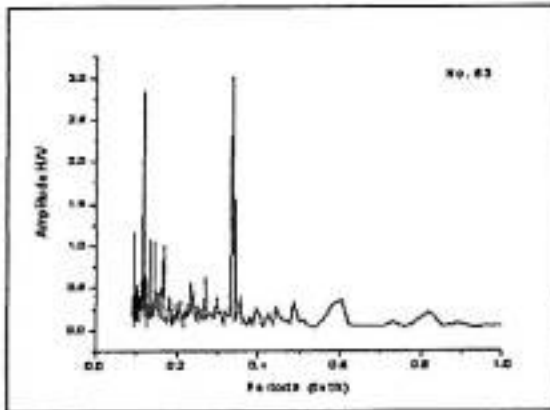
Lokasi : Kel. Kera-Kera
Perioda : 0.21 detik



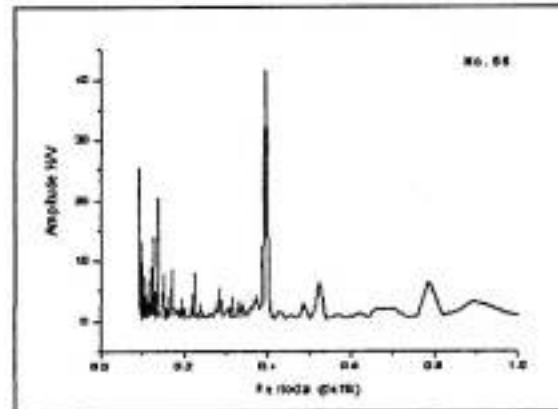
Lokasi : Katangka
Perioda : 0.23 detik

Grafik 4.3 Grafik H/V di bagian Tengah Makassar

Pada pengukuran mikrotremor di sekitar Tanjung Bunga telah didapat perioda lebih dari 0,26 detik. Variasi perioda tersebut di perlihatkan pada grafik 4.4.



Lokasi : Jl. Metro Tanjung Bunga
 Perioda : 0.33 detik



Lokasi : Kaccia
 Perioda : 0.39 detik

Grafik 4.4 Grafik H/V di sekitar Tanjung Bunga

IV.1.2 Peta Mikrozonasi Kota Makassar

Variasi dari nilai perioda dominan kota Makassar diperlihatkan dalam lampiran 2. Berdasarkan variasi perioda dominan di Kota Makassar dapat diklasifikasikan dalam empat zona sebagai berikut :

- a. Zona I - Perioda dominan kurang dari 0,14 detik
- b. Zona II - Perioda dominan antara 0,14 sampai 0,20 detik
- c. Zona III - Perioda dominan antara 0,20 sampai 0,26 detik
- d. Zona IV - Perioda dominan lebih dari 0.26 detik

IV.1.3 Perhitungan Percepatan Tanah di Kota Makassar

Pada percepatan tanah telah dihitung berdasarkan rumus pada persamaan (II.2). Pada zona I, zona II dan zona III mempunyai nilai percepatan tanah untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun adalah 38.808 gal, 51.156 gal, 72.354 gal. Pada zona IV mempunyai nilai percepatan tanah untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun adalah 43.12 gal, 56.84 gal, 80.36 gal.

IV.2 Pembahasan

IV.2.1 Geologi Makassar

Kondisi geologi kota Makassar dapat dibagi dalam kategori berikut :

IV.2.1.1 Bentangalam

Bentangalam kota makassar berupa dataran pantai, dataran sungai dan limbah banjir, serta tinggian berlereng landai.

1. Dataran Pantai

Dataran pantai dijumpai disebelah Barat dan Utara poros jalan utama Makassar-Maros dan berbatasan langsung dengan dataran sungai dan limbah banjir. Dataran tersebut terdiri dari dataran gosong pantai, delta sungai dan rawa bakau.

2. Dataran Sungai dan Limbah Banjir

Dataran sungai dan limbah banjir dijumpai diantara dan pada dua sungai besar yang membelah kota Makassar, yakni Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo. Dataran limbah sungai terdiri dari beting dan teras sungai. Sedangkan dataran limbah banjir

yang menempati daerah sekitar sungai, terdiri dari kelokan (*meander*) sungai tua dan dataran endapan limbah banjir.

3. Tinggian Berlereng Landai.

Daerah tinggian berlereng landai ini menempati daerah bagian Utara, Timur dan Selatan Kota Makassar, meliputi daerah Biringkanaya, Panakukkang dan Sungguminasa. Daerah ini tercakup dalam wilayah pusat kota Makassar dan pinggiran kota.

IV.2.1.2 Batuan

Berdasarkan peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai Sulawesi Selatan (Rab Sukanto dan Sam Supriatna 1982), batuan penyusun di daerah Makassar dan sekitarnya terdiri dari perselingan gunungapi dan sedimen laut (Formasi Camba), lava, breksi, tufa, dan konglomerat hasil erupsi gunungapi Baturape-Cindako. Kedua macam batuan tersebut di atas merupakan batuan dasar kota makassar dan sekitarnya. Berdasarkan ciri jenis batumannya, secara umum kedua macam batuan tersebut mempunyai sifat fisik keras dan padu. Di atas kedua macam batuan tersebut dijumpai batuan endapan yang berumur lebih muda, yakni endapan pasir pantai, endapan rawa, endapan delta, endapan limbah banjir dan endapan alur sungai. Selain itu dijumpai talus sebagai material sisa erosi permukaan. Berdasarkan hasil penelitian dilapangan, secara keseluruhan batuan penyusun kota makassar ini dapat dibagi atas empat tipe, berdasarkan sifat fisiknya di lapangan yakni :

- I. Batuan dan tanah berupa hasil gunungapi dan sedimen laut terdiri dari lava dan breksi, krakal-krikil berpasir, merupakan batuan dasar berumur Tersier, ketebalan belum diketahui.
- II. Batuan dan tanah berupa endapan beting dan pasir pantai, rawa dan delta purba dan baru serta reklamasi terdiri dari pasir lepas, lumpur, lempung, krikil dan fragmen biota laut dan rawa serta tanah reklamasi.
- III. Batuan dan tanah berupa hasil torehan endapan sungai, terdiri dari krakal-krikil, pasir, dan lempung dengan sebaran tidak merata, terletak di atas batuan dasar (I) yang tersesarkan.
- IV. Merupakan endapan delta baru dari sungai Jeneberang berupa perselingan kerikil, pasir serta lempung berupa lumpur sungai serta fragmen flora resen.

IV.2.2 Pengamatan Mikrotremor di Kota Makassar

Karakteristik fisik batuan dan tanah di kota Makassar dan sekitarnya ini dapat ditentukan dengan pengukuran mikrotremor. Telah dilakukan pengukuran mikrotremor sebanyak 63 titik yang dapat di lihat pada lampiran 2, tetapi yang dapat di analisis sebanyak 61 titik. Hal tersebut dikarenakan tidak terekamnya data pada alat. Dengan menggunakan seismometer 3 komponen (harizontal dan vertikal). Pengukuran mikrotremor di lokasi dilakukan selama 10 menit. Dalam melakukan analisis digunakan rekaman 10 sampai 20 detik dalam bentuk *ground noise*. Hal tersebut digunakan agar didapatkan gelombang mikrotremor pada keadaan tidak terganggu. Kemudian rekaman *ground noise* tersebut dianalisis kedalam bentuk Fast

Fourier Transform (FFT). Dalam pengambilan nilai frekuensi dominan ini telah dilakukan lowpass filter 10 Hz, dengan harapan dapat ditentukan nilai perioda dominan yang sesuai dengan kondisi batuan dan tanah setempat. Dari hasil FFT pada masing-masing komponen kemudian dilakukan metoda H/V sehingga didapat frekuensi dominannya. Dengan menggunakan persamaan $f = 1/T$, dimana f adalah frekuensi dan T adalah perioda, maka akan di dapat periodanya pada masing-masing titik pengukuran (lampiran 6).

IV.2.3 Peta Mikrozonasi Kota Makassar

Pada pembuatan peta mikrozonasi di dasarkan atas variasi nilai perioda dominannya. Di buatnya zona – zona di dasarkan atas kemiripan nilai perioda dominan pada setiap titik pengukuran mikrotremor. Berdasarkan hasil dari peta mikrozonasi, kota Makassar terbagi menjadi empat zona berdasarkan variasi nilai perioda dominannya. Pada zona I, yaitu pada daerah Timur kota Makassar meliputi daerah Biringkanaya, Panakukkang yang berbatasan dengan Kabupaten Maros. Daerah tersebut mempunyai perioda dominan pada batuan dasar, yaitu batuan dan tanah berupa hasil gunungapi dan sedimen laut terdiri dari lava dan breksi, krakal-krikil berpasir. Berdasarkan peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (1982), daerah sebelah Timur kota Makassar merupakan batuan dari Formasi Camba (batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi). Pada zona I ini mempunyai sifat batuan dan tanah yang keras. Berdasarkan hasil dari overlay dari peta geologi dengan peta hasil

pengukuran yang dapat dilihat pada lampiran 5, terdapat kemiripan batuan dari interpretasi nilai perioda dan jenis batuan di daerah tersebut.

Pada zona II berdasarkan hasil dari peta mikrozonasi kota Makassar, yakni lajur inti kota Makassar Barat. Daerah tersebut mempunyai perioda dominan pada tanah berupa beting pantai purba. Berdasarkan peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (1982), daerah sebelah Barat kota Makassar merupakan endapan alluvium dan pantai (kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral). Dari hasil peta mikrozonasi, peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai pada batuan endapan alluvium dan pantai terbagi berdasarkan variasi perioda dominan yang di dapat dari hasil pengukuran mikrotremor. Pada zona II termasuk kedalam batuan dan tanah yang lunak.

Pada zona III berdasarkan hasil dari peta mikrozonasi kota Makassar, yakni daerah antara lajur inti kota hingga tinggian sebelah Timur sepanjang alur sungai Jeneberang dan sungai Tallo. Zona tersebut mempunyai perioda dominan endapan torehan sungai berupa endapan limbah banjir, alur sungai dan beting sungai. Berdasarkan peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (1982), daerah sebelah Barat kota Makassar merupakan endapan alluvium dan pantai (kerikil, pasir, lempung, lumpur dan batugamping koral). Seperti pada zona II, pada zona III jenis batuan terbagi berdasarkan variasi perioda dominannya. Karena pada zona ini terdapat perbedaan

nilai perioda yang signifikan. Pada zona IV mempunyai sifat batuan dan tanah yang cukup lunak.

Pada zona IV berdasarkan hasil peta mikrozonasi kota Makassar, yakni lajur ini menempati daerah muara sungai Jeneberang merupakan kawasan delta sungai. Zona ini mempunyai perioda dominan pada endapan delta sungai berupa pasir sungai, pantai, lempung, endapan rawa dan limbah banjir. Pada peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (1982), zona ini mempunyai sifat endapan alluvium dan pantai yang sama. Tetapi pada zona ini mempunyai suatu karakteristik berdasarkan variasi nilai perioda dominan yang di peroleh dari hasil pengukuran mikrotremor. Di lihat dari nilai perioda dominan pada zona II terdapat perubahan nilai perioda yang berbeda. Pada zona IV mempunyai sifat batuan dan tanah yang sangat lunak.

Telah ditentukan percepatan tanah pada batuan dasar untuk perioda 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun adalah sebagai berikut 53.9 gal, 71.05 gal dan 100,45 gal (JH. Setiawan, 1999) (lampiran 7). Berdasarkan nilai pecepatan gempabumi pada setiap zona, semakin besar perioda tahunnya maka semakin besar pula nilai percepatan gempabuminya. Nilai pecepatan gempabumi dari masing-masing perioda tersebut telah di koreksi dengan faktor batuan dan tanah setempat serta koefisien zona gempa, yaitu koefisien zona gempa untuk kota Makassar dan sekitarnya berdasarkan tabel koefisien zona gempa (tabel 2.4) termasuk ke dalam zona dengan koefisien 0,4 – 0,8.

Pada koefisien koreksi batuan dan tanah setempat, zona I, zona II dan zona III mempunyai nilai 0,9. Nilai tersebut diberikan karena berdasarkan tabel 2.3, nilai perioda dominan pada zona tersebut adalah $< 0,14$ detik. Sedangkan pada zona IV mempunyai nilai 1,0. Nilai tersebut diberikan karena berdasarkan tabel 2.3, nilai perioda dominan pada zona tersebut secara umum adalah antara 0,25 sampai 0,50 detik. Digunakannya faktor koreksi batuan dan tanah setempat dikarenakan kondisi tanah lokal mempunyai peran yang sangat penting dalam menentukan pengaruh suatu lokasi terhadap percepatan gempabumi. Sehingga akan didapat suatu perbedaan perilaku dinamik tanah untuk suatu lokasi yang di tinjau mengakibatkan perbedaan besarnya percepatan gempabumi di permukaan tanah. Dengan adanya nilai percepatan gempabumi dengan perida 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun, maka akan dapat di ketahui kebolehjadian nilai percepatan gempabumi dalam perioda pada tahun – tahun tersebut.

IV.2.4 Kajian Resiko Gempabumi Di Kota Makassar Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dan Perioda Dominan

Pada kajian mengenai resiko gempabumi dalam hal ini pada nilai percepatan setiap tahun di atas dan nilai perioda dominannya, maka pada zona I mempunyai tingkat resiko yang sangat kecil. Hal tersebut dikarenakan pada zona tersebut mempunyai nilai perioda dominan pada batuan dan tanah berupa hasil gunungapi dan sedimen laut yang terdiri dari lava dan breksi, krakal-krikil berpasir. Sehingga pada zona tersebut termasuk pada batuan yang bersifat keras. Hal tersebut di lihat juga pada

nilai percepatan untuk 100 tahun yang mempunyai nilai 38,808 gal, sehingga mempunyai tingkat resiko yang kecil untuk perioda ulang 100 tahun. Pada nilai percepatan untuk 200 tahun mempunyai nilai yang lebih besar, yaitu 51.516 gal dan pada 500 tahun adalah 72.354 gal. Sehingga mempunyai tingkat resiko yang berbeda pada setiap perioda ulang pada tahun tersebut. Semakin besar nilai percepatannya, maka semakin besar resiko gempabumi yang mungkin terjadi. Tetapi hal ini dimungkinkan tidak terlalu parah yang terjadi pada bangunan disekitarnya, hal tersebut dikarenakan pada zona I ini mempunyai nilai perioda sangat kecil. Di lihat dari perioda dominan, karena perioda dominan menjadi salah satu untuk perencanaan bangunan tahan gempa selain dari nilai percepatan tanah.

Pada zona II mempunyai tingkat resiko yang kecil. Hal tersebut dikarenakan pada zona tersebut mempunyai nilai perioda dominan pada tanah berupa beting pantai. Pada peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (1982) termasuk kedalam endapan aluvium dan pantai. Hal tersebut di lihat juga pada nilai percepatan untuk 100 tahun yang mempunyai nilai 43.12 gal, sehingga mempunyai tingkat resiko yang kecil untuk perioda ulang tersebut pada zona II. Pada nilai percepatan untuk 200 tahun mempunyai nilai yang lebih besar, yaitu 56.84 gal dan pada 500 tahun adalah 80.36 gal. Sehingga mempunyai tingkat resiko yang berbeda pada setiap perioda ulang pada tahun tersebut. Semakin besar nilai percepatannya, maka semakin besar resiko gempabumi yang mungkin terjadi. Tetapi hal ini dimungkinkan memberikan efek yang tidak parah yang terjadi pada bangunan disekitarnya, hal tersebut

dikarenakan pada zona II ini mempunyai nilai perioda yang kecil, walaupun zona ini berada pada endapan aluvium dan pantai. Di lihat dari perioda dominan, karena perioda dominan menjadi salah satu untuk perencanaan bangunan tahan gempa selain dari nilai percepatan tanah.

Pada zona III mempunyai tingkat resiko yang besar. Hal tersebut dikarenakan pada zona tersebut mempunyai nilai perioda dominan pada endapan torehan sungai berupa endapan limbah banjir, alur sungai dan beting sungai. Pada peta geologi lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (1982) termasuk kedalam endapan aluvium dan pantai. Pada zona III mempunyai nilai yang sama seperti pada zona II untuk masing – masing nilai percepatan untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun. Dimungkinkan pada zona ini memberikan efek yang parah yang terjadi pada bangunan disekitarnya, hal tersebut dikarenakan pada zona III ini mempunyai nilai perioda yang besar.

Pada zona IV mempunyai tingkat resiko yang sangat besar. Hal tersebut dikarenakan pada zona tersebut mempunyai nilai perioda dominan pada endapan delta sungai berupa pasir sungai, pantai, lempung, endapan rawa dan limbah banjir. Pada zona IV mempunyai nilai yang sama seperti pada zona II untuk masing – masing nilai percepatan untuk 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun. Dimungkinkan pada zona ini memberikan efek yang sangat parah yang terjadi pada bangunan disekitarnya, hal tersebut dikarenakan pada zona IV ini mempunyai nilai perioda yang sangat besar.



BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah di buat peta mikrozonasi kota Makassar. Dengan pengukuran dilakukan sebanyak 63 titik di kota Makassar berdasarkan nilai perioda dominan dari masing-masing titik pengukuran. Adapun kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Perioda dominan bervariasi dari nilai-nilai yang tinggi yang terdapat pada daerah Timur kota Makassar. Dan nilai-nilai yang rendah terdapat pada daerah muara sungai Jeneberang pada kawasan delta sungai. Di kota Makassar mempunyai nilai perioda dominan sekitar 0,14 detik hingga 0,26 detik.
2. Berdasarkan variasi nilai perioda dominan dapat dibuat peta mikrozonasi untuk kota Makassar. Atas dasar tersebut, Kota Makassar dapat diklasifikasikan ke dalam empat zona. Zona I mempunyai nilai perioda dominan kurang dari 0,14 detik. Nilai perioda dominan pada 0,14 detik hingga 0,20 detik merupakan zona II dan Zona III mempunyai variasi nilai perioda dominan antara 0,20 sampai 0,26 detik. Pada zona IV mempunyai nilai perioda lebih dari 0,26 detik.
3. Zona I yakni tinggian kota Makassar dengan nilai percepatan pada 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun berturut-turut adalah 38.808 gal, 51.156 gal, 72.354

gal. Pada zona II, zona III dan zona IV mempunyai nilai percepatan pada 100 tahun, 200 tahun dan 500 tahun berturut-turut adalah 43.12 gal, 56.84 gal, 80.36 gal.

V.2 Saran

- Penelitian di khususkan pada penentuan struktur bawah permukaan yang di tambah dengan data bor di daerah penelitian.
- Perlu adanya kajian mengenai resiko gempabumi dengan data kerusakan bangunan yang terjadi pada suatu tempat.
- Di adakannya penentuan perioda pada suatu bangunan, sehingga akan didapat suatu penilaian pada kerusakan yang dialami suatu bangunan apabila terjadi gempabumi.

Daftar Pustaka

- Aviantara, Bambang, 1988. *Penelitian Mikrotremor di Lapangan ITB*. Skripsi S1 Jurusan Geofisika dan Meteorologi Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Kertapati, E.K., Putranto, Eka T., Bahar, Irwan, 1991. *Katalog Gempabumi Merusak Di Indonesia 1821 – 1991*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Kertapati, E.K., Setiawan, Y.B. dan Ipranta, 1999. *Peta Bahaya Guncangan Gempabumi Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suantika, Gede, 1988. *Penyelidikan Mikrotremor di Dalam Bangunan Bertingkat Laboratorium Teknologi III Institut Teknologi Bandung*. Skripsi S1 Jurusan Geofisika dan Meteorologi ITB, Bandung.
- Gunawan dan Subardjo, 2005. *Seismologi*. Badan Meteorologi Geofisika Jakarta, Jakarta.
- Kanai, Kiyoshi, 1983. *Engineering Seismology*. University of Tokyo Press, Japan.
- Thenhaus, Paul C., EERI, M., Hanson, Stanley L., Effendi, Ismet, Kertapati, Engkon, K., dan Algermissen, S.T., EERI, M., 1993. *Pilot Studies of Seismic Hazard and Risk in North Sulawesi Province Indonesia*. Journal Earthquake Spectra, vol. 9, no 1.
- Tuladhar, Rabin, 2002. *Seismic Microzonation of Greater Bangkok Using Microtremor Observations*. M. Eng. Asian Institute of Technology Thesis, Thailand.
- Heekberd, Paul, 1995. *Fourier Transform and the Fast Fourier Transform (FFT) Algorithm*. Computer Graphics 2.
- Sukanto dan Supriatna, 1982. *Peta Geologi Regional Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Ishiyama, Yuji, *Mikrotremor dan Topik – Topik yang Berhubungan.*

....., *Petunjuk Penentuan Beban Gempa Untuk Rekonstruksi Bangunan Teknik Sipil Di Pulau Flores.* Departemen Pekerjaan Umum.

Nakamura, Y., 1989. *A Method for Dynamic Characteristic Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface.* Quarterly Report of RTRI, vol. 3.



Lampiran

Lampiran 1

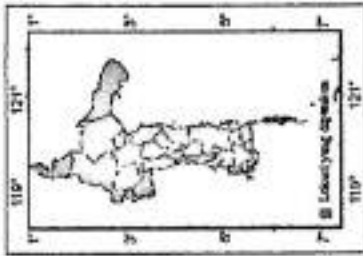
Peta lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian









Sumber : Peta Rupa Bumi Bakosurtanal skala 1:50.000
 1. Lembar Ujung Pandang (1020-54) Th 1991
 2. Lembar Maros (1020-63) Th 1991

Peta Penunjuk



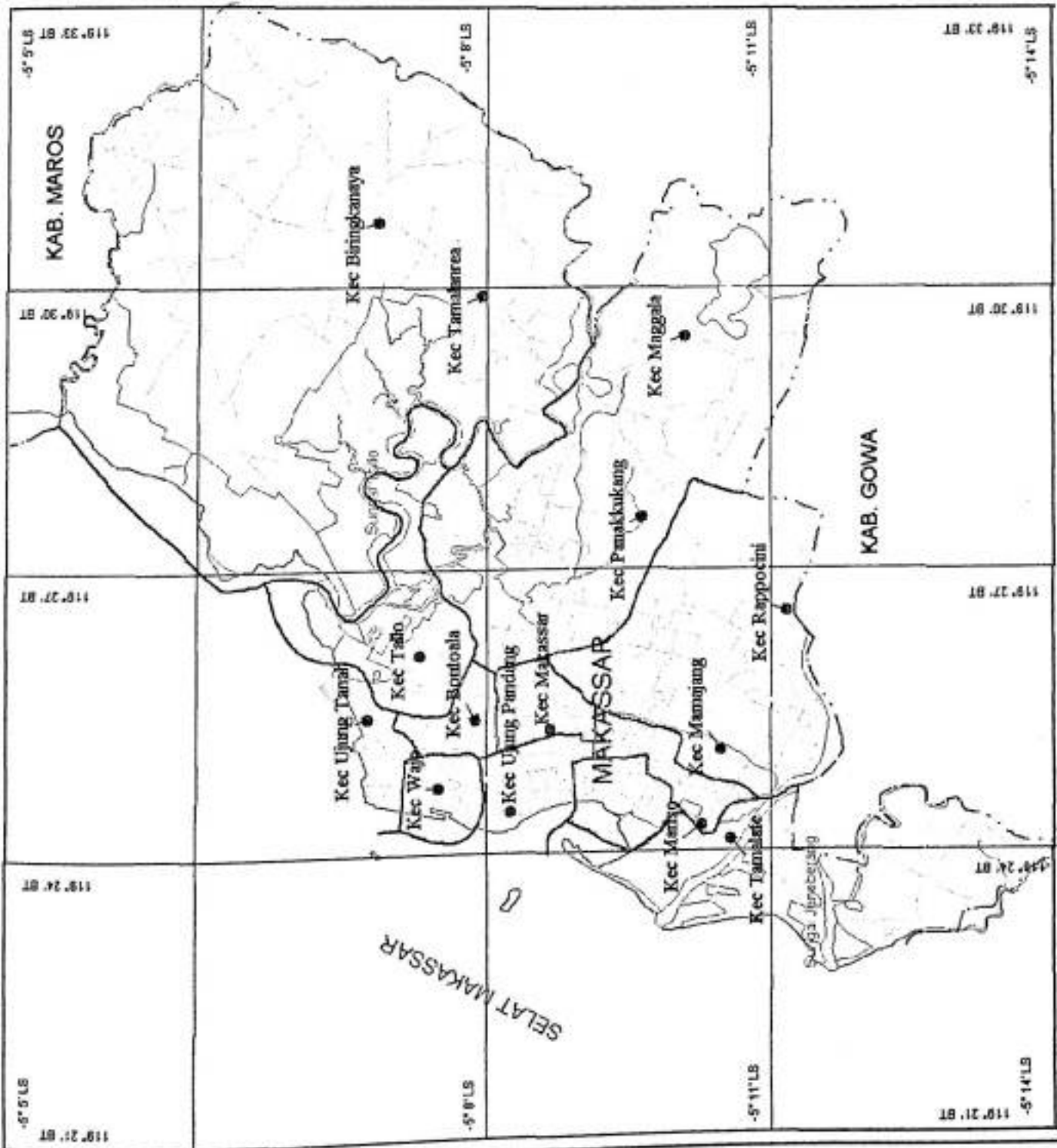
Legenda :

-  Jalan
-  Batas Kabupaten
-  Batas Kecamatan
-  Batas Pantai
-  Sungai
-  Kecamatan

Candra Prakarsa B
 H221 01 028



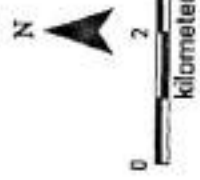
Program Studi Geofisika
 Jurusan Fisika
 Universitas Hasanuddin



Lampiran 2

Peta Lokasi Titik Pengamatan Mikrotremor
Di Kota Makassar

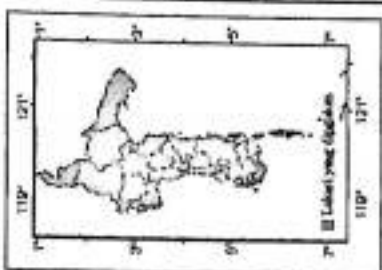
Peta Lokasi Titik Pengamatan
Mikrotremor di Kota Maassar



Sumber : Peta Rupa Bumi Bakosurtanal skala 1:50.000
1. Lembar Ujung Pandang (1020-54) Th 1991
2. Lembar Maros (1020-63) Th 1991

Peta Penunjuk

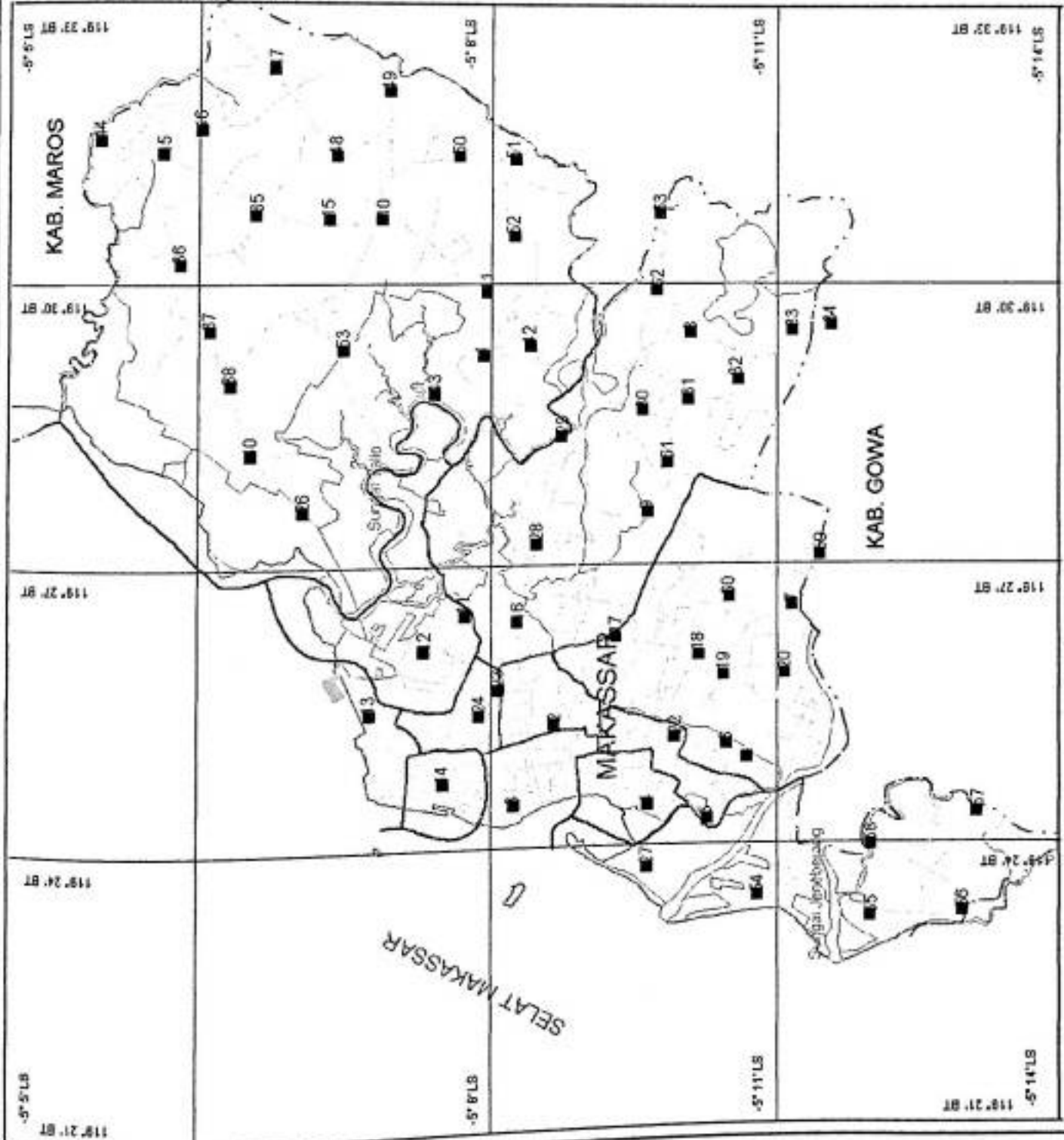
- Legenda :
- Titik pengamatan
 - Sungai
 - Jalan
 - Batas Kabupaten
 - Batas Kecamatan



Candra Prakarsa B
H221 01 028



Program Studi Geofisika
Jurusan Fisika
Universitas Hasanuddin



Lampiran 3

Peta Mikrozonasi Kota Makassar

Peta Mikrozonasi Kota Makassar





Sumber : Peta Rupa Bumi Bakusurtonal skala 1:50.000
 1. Lembar Ujung Pading (1020-54) Th 1991
 2. Lembar Maros (1020-43) Th 1991
 Survey Lapangan bersama Tim Puslitbang Geologi

Legenda :

-  Jalan
-  Batas Pantai
-  Batas Kabupaten
-  Sungai
-  Batas Kecamatan

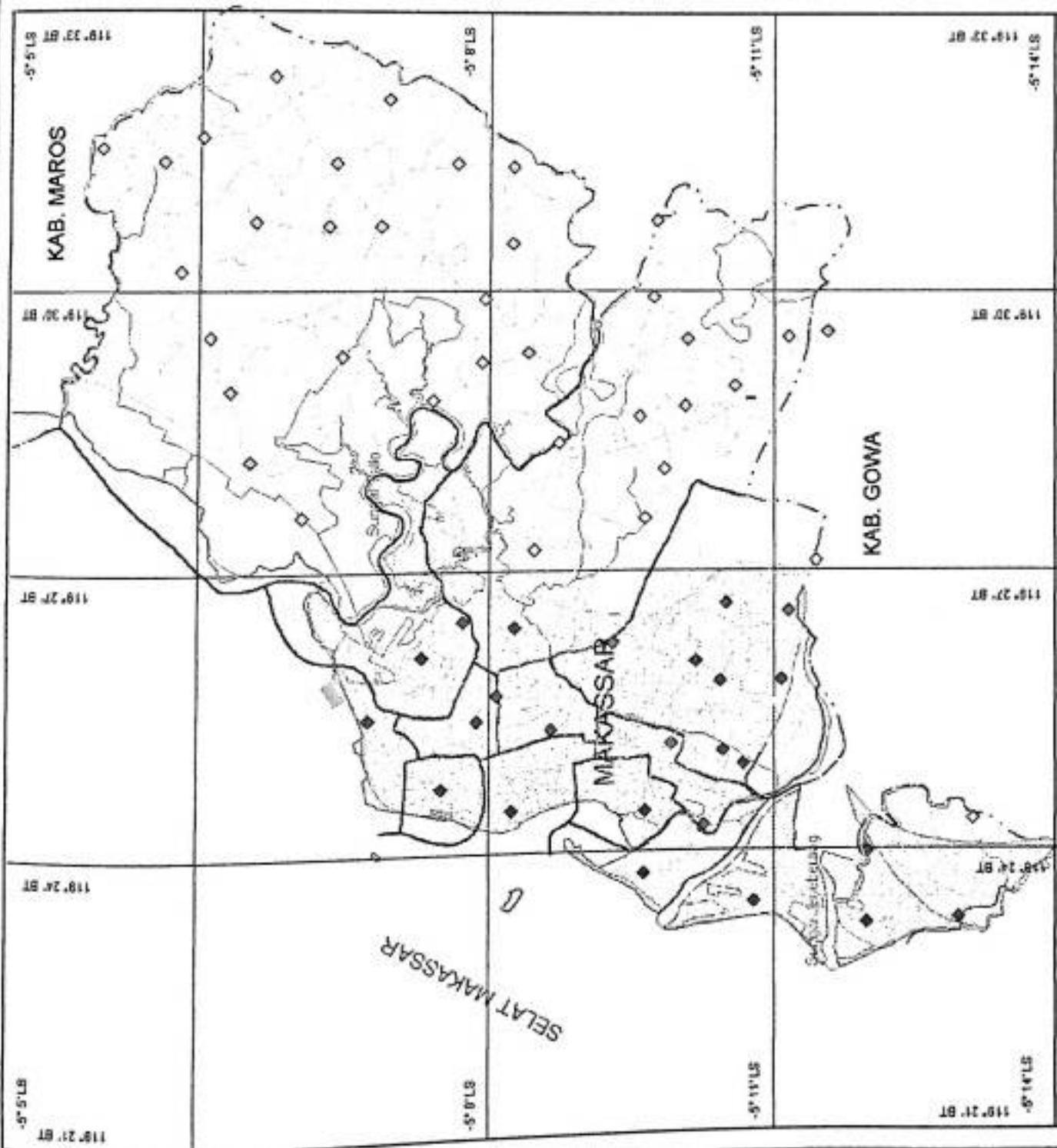
Titik Pengukuran

-  < 0,14 detik
-  0,14 - 0,20 detik
-  0,20 - 0,26 detik
-  >0,26 detik

-  Zona I
-  Zona II
-  Zona III
-  Zona IV



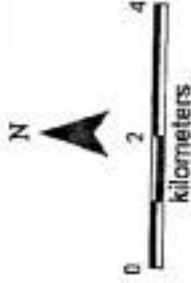
Candra Praborsia B
 H221 01 028
 Program Studi Geofisika
 Jurusan Fisika
 Universitas Hasanuddin



Lampiran 4

Peta Geologi Kota Makassar

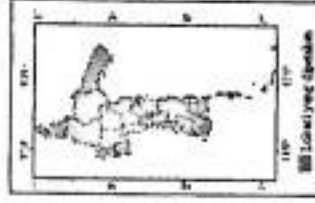
Peta Geologi Kota Makassar



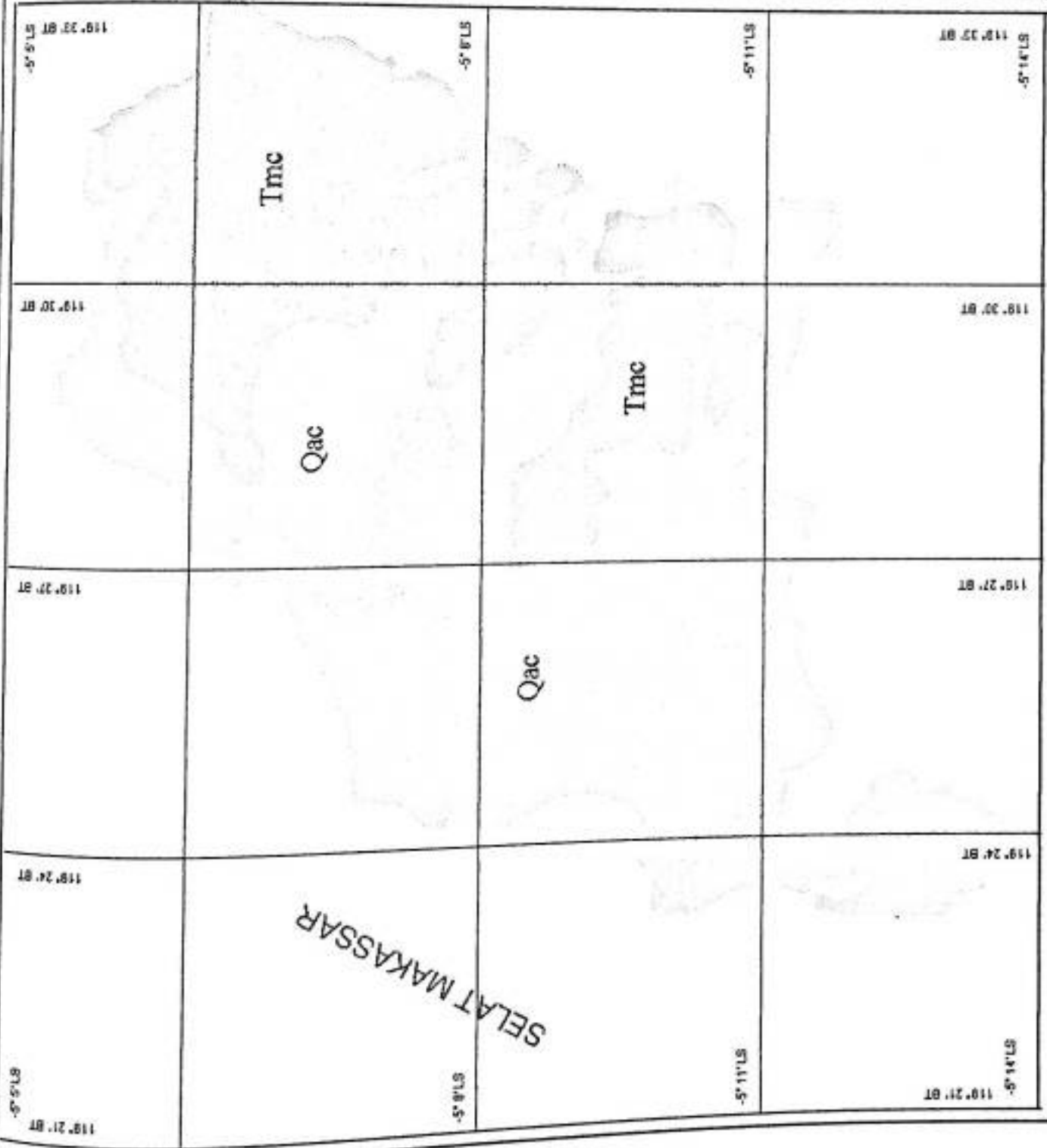
Sumber : Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benleng dan Sinjai tahun 1982 skala 1 : 250.000

Legenda :

- Qac Endapan Aluvium dan Pantai kerikil, pasir, lumpur, hampar dan batugamping koral
- Tmc Formasi Camba : batuan sedimen lempung berselebaran dengan batuan gamping



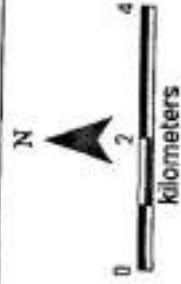
Candra Prakarsa B
H221 01 028
Program Studi Geofisika
Jurusan Fisika
Universitas Hasanuddin



Lampiran 5

Peta Overlay Data Pengukuran Dengan Peta
Geologi Kota Makassar

Peta Overlay Data Pengukuran Dengan Peta Geologi di Kota Makassar



Sumber : A. Peta Republik Indonesia skala 1 : 50.000
 1. Lembar Ujung Pandang (1020-54) Th 1991
 2. Lembar Maros (1020-63) Th 1991
 B. Peta geologi lembar Ujung Pandang
 Benyamin dan Sojita tahun 1982 (skala 1:250.000)
 Survey Lapangan Bersama Publishing Geolog

Legenda :

- Jalan
- Batas Kabupaten
- Batas Kecamatan
- Titik Pengukuran
- < 0,14 detik
- 0,14 - 0,20 detik
- Zona I
- Zona II
- Batas Pantai
- Sungai
- 0,20 - 0,26 detik
- > 0,26 detik
- Zona III
- Zona IV

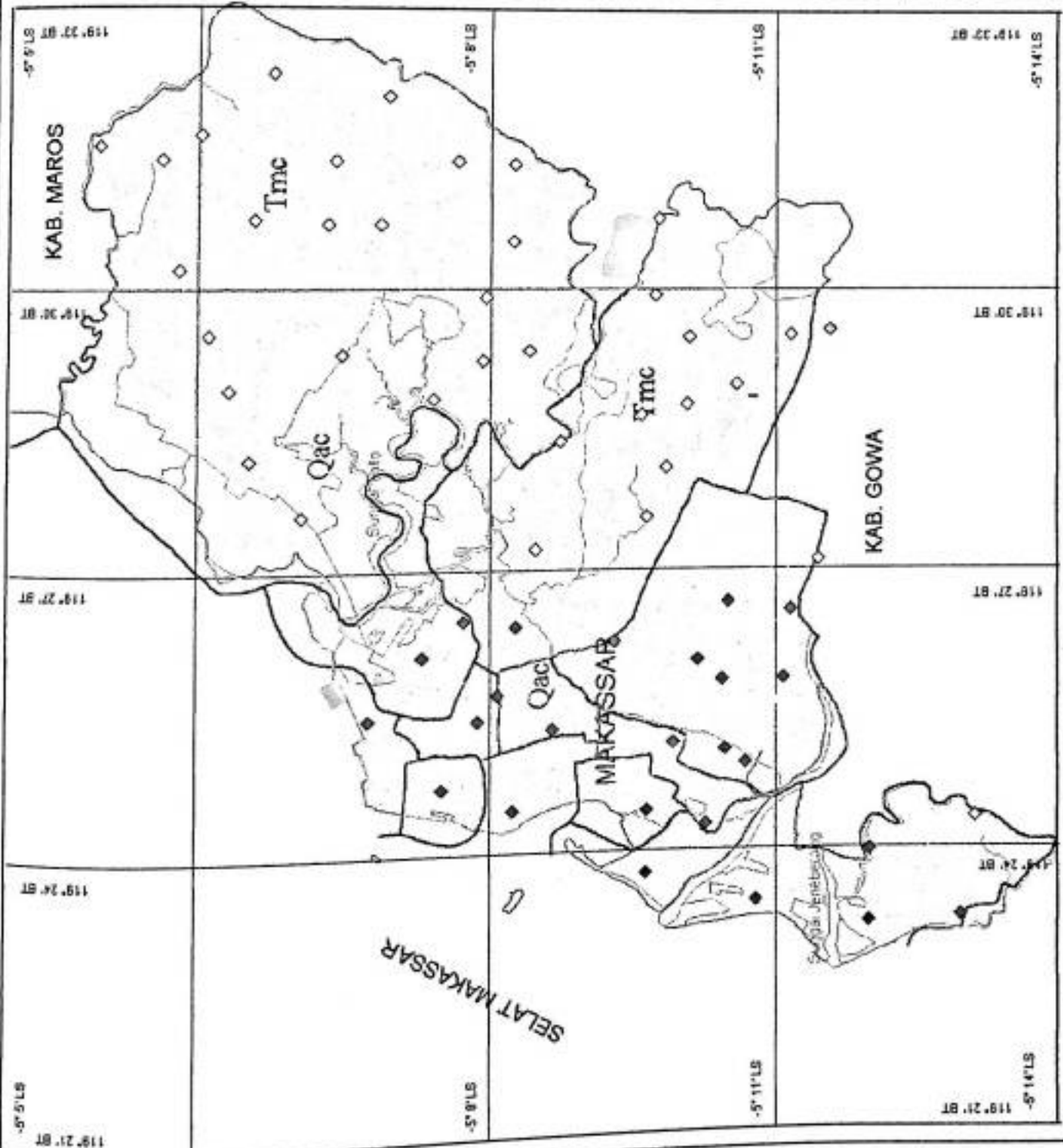
Jenis Batuan

Qac
Endapan Aluvium dan Pantai :
kerikil, pasir, lempung, lumpur,
dan batugamping kerikil

Tmc
Formasi Ciemba
batuan sedimen liat bersebaran
dengan batuan granitoid



Candra Prakara B
 H221 01 028
 Program Studi Geofisika
 Jurusan Fisika
 Universitas Hasanuddin



Lampiran 6

Nilai Perioda Dominan Di Setiap Tempat

Lampiran 6. Nilai perioda dominan di setiap tempat

Tabel Lokasi Titik Pengamatan

No	LOKASI	Longitude			Latitude			T (sec)	f (Hz)	Amplitude
		deg	min	sec	deg	min	sec			
1	UNHAS	119	29	14,1	5	7	55,1	0,1	9,15	10,3
2	Kantor Camat Makassar	119	25	18,2	5	8	39,2	0,17	5,85	3,46
3	Kantor Camat Ujung Pandang	119	24	26,7	5	8	14,3	0,15	6,54	13,2
4	Kantor Camat Mariso	119	24	16,5	5	10	15,8	0,15	6,34	9,58
5	Kantor Camat Tamalate	119	24	7,9	5	10	34,2	0,15	6,64	1,83
6	Kantor Camat Mamajang	119	25	4,3	5	9	88	0,16	6,15	23,74
7	Kantor Camat Rappocini	119	26	33,2	5	11	10	0,16	6,15	12,38
8	Kantor Camat Manggala	119	29	28,9	5	10	5	0,1	9,76	1,16
9	Kantor Camat Panakkukang	119	27	33,5	5	9	38,1	0,22	4,49	5,35
10	Kantor Camat Biringkanaya	119	30	41,4	5	6	52,1	0,1	9,47	8,38
11	Kantor Camat Tamalanrea	119	29	54,8	5	7	57,1	0,12	7,95	20
12	Kantor Camat Tallo	119	26	5,6	5	7	18	0,17	5,66	75,33
13	Kantor Camat Ujung Tanah	119	25	26,5	5	6	45,4	0,18	5,37	13,76
14	Jl. Sarappo 54 Kec. Wajo	119	24	41,7	5	7	30	0,2	4,78	11,57
15	Wisma Garuda Dirgantara	119	30	41,5	5	6	19,5	0,09	10,15	3,96
16	Jl. Andi Pangeran Pettarani	119	26	23,6	5	8	16,2	0,18	5,37	20,49
17	Jl. Andi Pangeran Pettarani	119	26	13,8	5	9	17,8	0,16	5,95	43,76
18	Jl. Andi Pangeran Pettarani	119	26	1,9	5	10	10,8	0,2	4,98	13,71
19	Jl. Manurruki raya	119	25	49,1	5	10	26,3	0,18	5,41	46,72
20	Jl. DG Tata Raya	119	25	49,6	5	11	5,1	0,19	5,07	9,06
21	Jl. Kumala Satu	119	24	55,4	5	10	41	0,15	6,54	6,96
22	Jl. Dr. Ratulangi	119	25	9,2	5	9	55,2	0,16	6,10	29,24
23	Jl. Masjid raya	119	25	40,9	5	8	4,6	0,18	5,46	77,14
24	Kantor Camat Bontoala	119	25	24,4	5	7	52,4	0,16	6,15	29,71
25	Jl. Ir. Sutami	119	27	35,6	5	6	4,3	0,21	4,58	44,04
26	Jl. Metro Tanjung Bunga	119	23	45,8	5	9	37,4	0,15	6,54	0,82
27	Jl. Urip Sumoharjo	119	27	13,6	5	8	27,9	0,26	3,71	7,19
28	Jl. Urip Sumoharjo	119	28	22,3	5	8	43,9	0,14	6,93	63,38
29	Jl. Antang Raya	119	28	39	5	9	34,8	0,09	10,74	43,58
30	Tamangapa Raya	119	28	45,8	5	10	3,8	0,13	7,42	35,1
31	Jl. Tamangapa Raya	119	28	58,8	5	10	35,2	0,13	7,29	7,79
32	Jl. Kassi	119	29	30,8	5	11	9,4	0,11	8,59	1,65
33	Jl. Abdul Kadir Daeng Siro	119	29	33,8	5	11	34,7	0,1	10,15	19,39
34	Jl. Batara Bira	119	30	44,4	5	5	34,5	0,13	7,51	66,26
35	Jl. Batara Bira	119	30	12,5	5	4	48,9	0,11	8,69	8,65
36	Jl. Ir. Sutami	119	29	30,8	5	5	6,7	0,11	8,69	8,88
37	Jl. Ir. Sutami	119	28	56	5	5	19,5	0,09	10,93	4,42
38	Jl. Ir. Sutami	119	28	11,1	5	5	31,8	0,12	8,30	5,36
39	Jl. Barawaja	119	26	27,8	5	7	43,6	0,15	6,54	0,81
40	Jl. P. Kemerdekaan (depan UNHAS)	119	29	20	5	8	23,8	0,12	7,91	14,62
41	Kel. Kera-kera	119	28	49,7	5	7	24,8	0,21	4,58	2,31
42	Jl. P. Kemerdekaan (Kab. Maros)	119	31	31,7	5	3	58,7	0,11	8,39	0,73
43	Jl. Goaria	119	31	22,6	5	4	37,8	0,09	10,25	1,19
44	Jl. Bakung	119	31	38,1	5	5	1,8	0,1	9,76	0,56

No	LOKASI	Longitude			Latitude			T (sec)	f (Hz)	Amplitude
		deg	min	sec	deg	min	sec			
45	Kampung Sudiang	119	32	17,1	5	5	45,8	0,13	7,61	92,72
46	Komplek Pajaiyang	119	31	22	5	6	24	0,12	8,10	14,57
47	Mannuruki	119	32	3,4	5	6	56,3	0,1	9,22	125,71
48	Paccerakang	119	31	21,8	5	7	39,6	0,09	10,07	48,31
49	Katimbang	119	31	19,9	5	8	14,5	0,13	7,32	10,01
50	Jl. Tamalanrea Raya	119	30	30,5	5	8	14,2	0,11	8,69	1,64
51	Bontoloe	119	29	18,6	5	6	28,1	0,11	8,98	0,28
52	Tanjung Bayam	119	23	27,1	5	10	47,4	0,33	3,02	1,45
53	Jl. Metro Tanjung	119	23	12,4	5	11	59,7	0,33	2,97	3
54	Bontokapeta	119	23	15,8	5	12	57,8	0,15	6,05	22,16
55	Borongunti	119	24	19,7	5	13	7,8	0,26	3,71	47,5
56	Kaccia	119	23	58,5	5	12	0,5	0,39	2,53	41,27
57	Katangka	119	27	5,7	5	11	27,1	0,23	4,19	493,98
58	Jl. Sukarda Tamalate	119	26	38,8	5	10	30,2	0,17	5,56	3,26
59	Borong Raya	119	28	5,4	5	9	50,3	0,24	4,10	67,26
60	Nipa - Nipa	119	29	56,1	5	9	43,6	0,14	6,93	31,64
61	Perbatasan Nipa-Nipa	119	30	45,7	5	9	45,8	0,13	7,61	6,35

Lampiran 7

Nilai Percepatan Tanah Probabilistik

Lampiran 7

Nilai percepatan tanah pada batuan dasar probabilistik

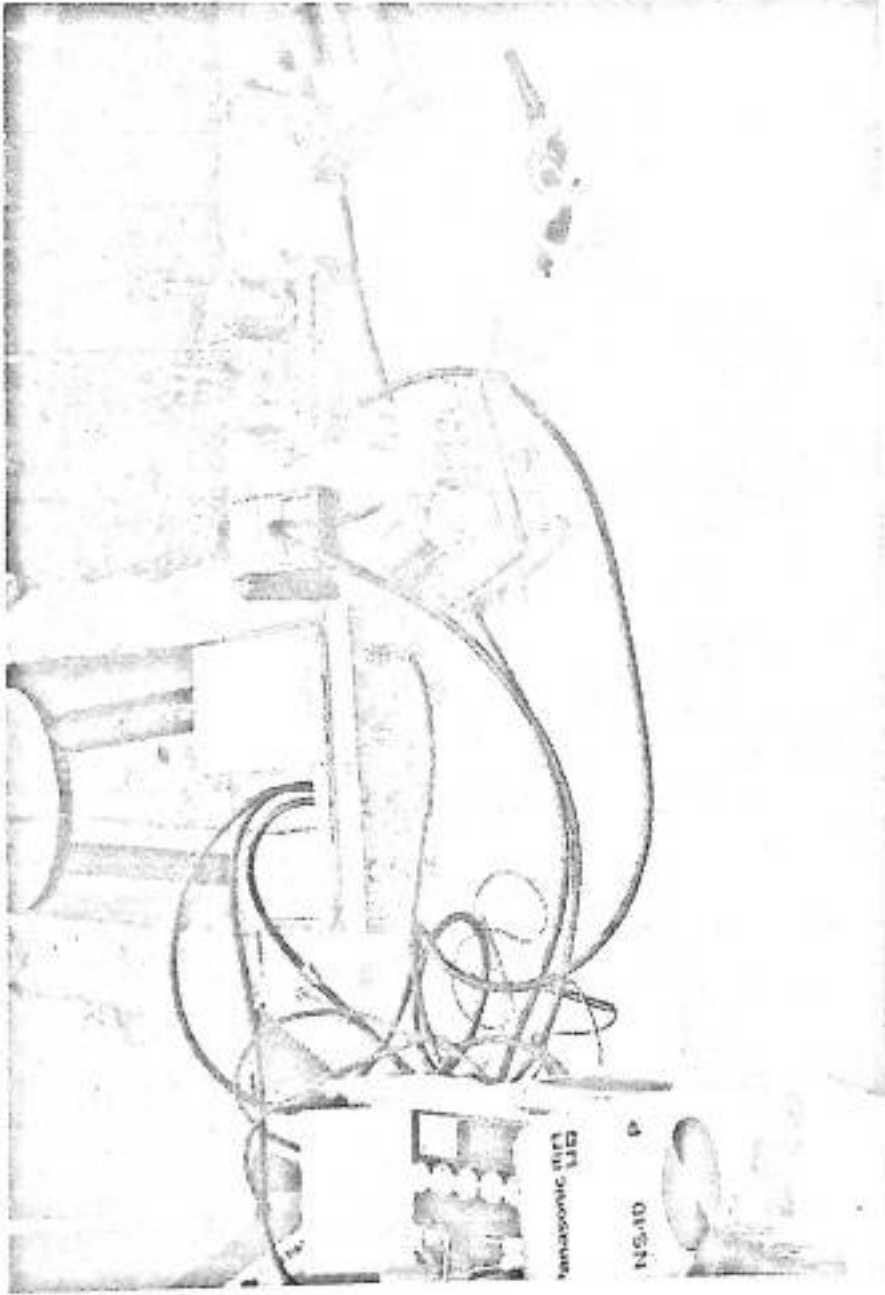
Perioda ulang (T) dan
percepatan gempa dasar (ac)

(T) tahun	ac (gal)
100	53,9
200	71,05
300	100,45

Sumber : J.H. Setiawan, Puslitbang Geologi, 1999

Lampiran 8

Peralatan Pengukuran Mikrotremor



Peralatan pengukur mikrotremor yang terdiri dari sensor mikrotremor 3 komponen, datalogger seri Datamark LS8000SH dan accu sebagai power supply.