

## MIKROTREMOR DAN PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM KOTA MAKASSAR

A. Soehaimi

Pusat Survei Geologi  
Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122

### SARI

Kota Makassar mempunyai jarak cukup jauh >50 km lajur sumber gempa bumi, namun susunan tanahnya lunak sehingga dapat mengamplifikasikan getaran tanah akibat gempa bumi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian mikrozonasi kegempaan sebagai data dasar analisis risiko respons tanah setempat. Dalam penelitian ini peta mikrozonasi kegempaan dibuat berdasarkan karakteristik dinamika tanah hasil penelitian mikrotremor. Tanah yang mempunyai periode dominan panjang akan lebih berisiko dibandingkan dengan tanah periode dominan pendek. Periode dominan tanah dihitung berdasarkan spektrum rasio horizontal terhadap vertikal (H/V) mikrotremor, sementara peta mikrozonasi Kota Makassar dibuat berdasarkan variasi periode dominannya. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa bagian barat daya Kecamatan Tamalanrea mempunyai nilai periode dominan yang paling besar. Angka ini menurun secara bertahap ke bagian timur Kota Makassar.

Kajian percepatan tanah maksimum (*peak ground acceleration*) memperlihatkan nilai percepatan tanah maksimum tidak berbeda jauh antara satu kecamatan dengan kecamatan yang lain. Percepatan yang nilainya tinggi berada di bagian timur Kota Makassar, yaitu Kecamatan Biringkanaya, Tamalanrea, dan Manggala dengan nilai percepatan sebesar 58,80, 56,84 dan 55,86 gal untuk selang waktu 500 tahun. Nilai percepatan tersebut semakin mengecil ke sebelah barat, yang disebabkan oleh zona sumber gempa bumi terdekat dari Kota Makassar, yaitu sesar Walanae yang berada di sebelah timur Kota Makassar.

Kata kunci: mikrozonasi, mikrotremor, sumber gempa bumi, respons tanah setempat, percepatan tanah

### ABSTRACT

*Makassar city has a relatively far distance > 50 km to the seismic source zone, but the soft soil condition in this area produced significant amplification of earthquake ground shaking. Therefore, a microzonation study as a risk analysis of local site response is basically needed. In this research, the earthquake microzonation map was made based on a soil dynamic characterization of a microtremor investigation. The soil having a long predominant period is more risky compared to that having short period of soil. The dominant period of soil at this investigation was calculated based on horizontal towards vertical spectral ratios (H/V) of microtremors, meanwhile the microzonation map of Makassar City was made based on the variation of a predominant period. The result of calculation shows that the south-western part of Tamalanrea district has the longest predominant period. This predominant period gradually decreases to the eastern part of Makassar City.*

*Peak ground acceleration studies show the maximum ground acceleration is not different between one and the other districts. The maximum ground acceleration belongs to Biringkanaya, Tamalanrea and Manggala districts (58,80 gal, 56,84 gal and 55,86 gal for 500 years) in the eastern part of Makassar City. This ground acceleration value becomes less to the west, because the main seismic source zone of Walanae active fault is located at the eastern part of Makassar City.*

*Keywords: microzonation, microtremor, earthquake source zone, site respons, peak ground acceleration*

### LATAR BELAKANG

#### Pendahuluan

Kota Makassar sebagai ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan merupakan pintu gerbang kawasan Indonesia Timur dengan lima fungsi utama, 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 kegempaan, kota ini sebagian besar dibangun di atas endapan aluvium berumur Holosen dengan kondisi rentan terhadap bahaya guncangan gempa bumi. Gempa bumi dengan kekuatan > 6 SR pernah terjadi di

daerah Sulawesi bagian selatan (Kertapati, 1991), yakni gempa bumi Bulukumba (1828), gempa bumi Tinambung (1967), gempa bumi Majene (1969), gempa bumi Mamuju (1972, 1974), serta gempa bumi Pinrang (1997). Upaya memperkecil risiko bahaya gempa bumi di Kota Makassar ini, dilakukan dengan studi parameter teknik kegempaan (respons tanah setempat) untuk penilaian besaran risiko secara kuantitatif dari bahaya tersebut di atas.

## Maksud dan Tujuan

Maksud kajian ini adalah:

- Menkorelasikan kondisi geologi dan kegempaan wilayah
- Menentukan parameter dasar teknik kegempaan, dalam hal ini, respons spektral tanah setempat
- Mengaplikasikan parameter dasar teknik kegempaan untuk perhitungan percepatan gempa bumi untuk desain Kota Makassar

Sedangkan tujuannya adalah:

- Mewaspadaai kemungkinan risiko bahaya gempa bumi.
- Menerapkan nilai-nilai dasar teknik kegempaan dalam upaya memitigasi risiko bahaya gempa bumi.

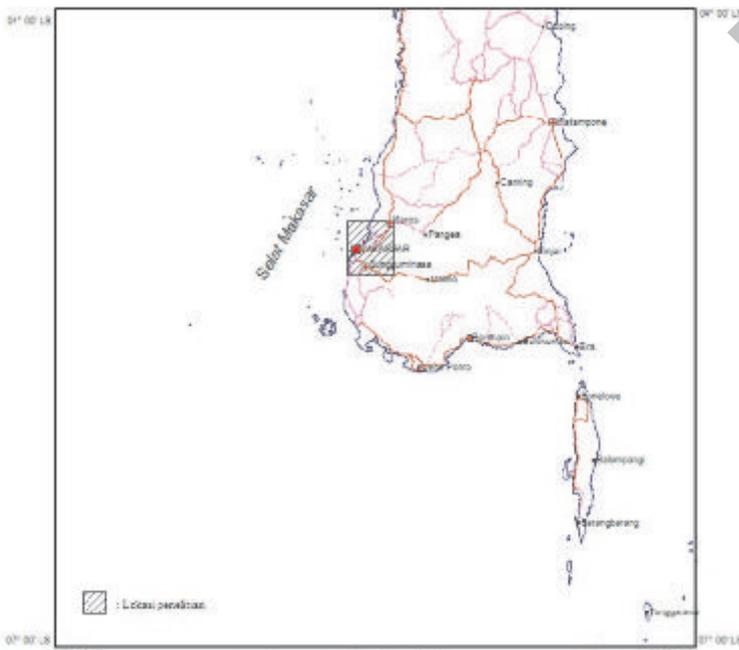
## Lokasi

Daerah penelitian terletak di wilayah pemerintah Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan, yang terdiri atas empat belas kecamatan yang secara geografis terletak pada koordinat 119°22'00" BT - 119°33'00" BT dan 05°03'00" LS - 05°15'00" LS (Gambar 1).

## METODE PENELITIAN

Kajian ini disusun berdasarkan hasil analisis mikrotremor. Adapun pengukuran mikrotremor dilakukan di 63 titik ukur yang tersebar di wilayah Kota Makassar. Pengumpulan data dilakukan dengan Seismometer Katsujima PMK 110 tiga komponen yang direkam dengan data *logger DataMark LS 8000 SH* (Gambar 2), sedangkan penentuan titik ukur dilakukan dengan *GPS (Global Positioning System)* Garmin 76 CS.

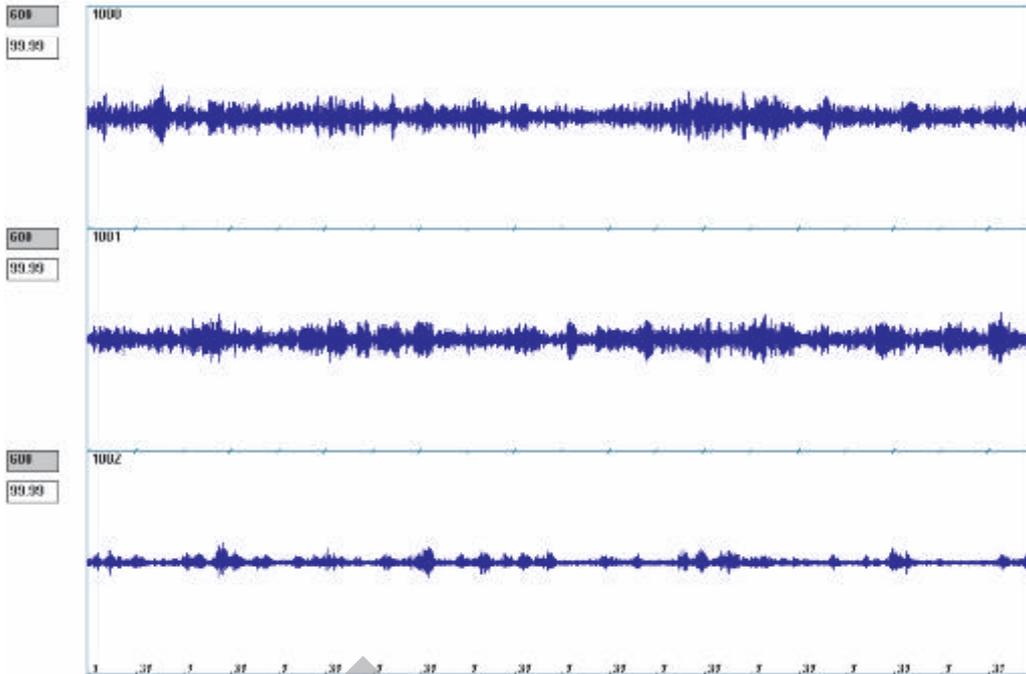
Pengolahan data mikrotremor dilakukan dengan perangkat lunak Seis 8,0 dan Origin 6,0. Nilai periode dominan terhitung untuk tiap-tiap titik ukur dipetakan menjadi peta iso periode, yang dijadikan dasar pembuatan peta mikrozonasi kerentanan terhadap guncangan gempa bumi. Contoh rekaman mikrotremor dan spektrum hasil spektral analisis dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



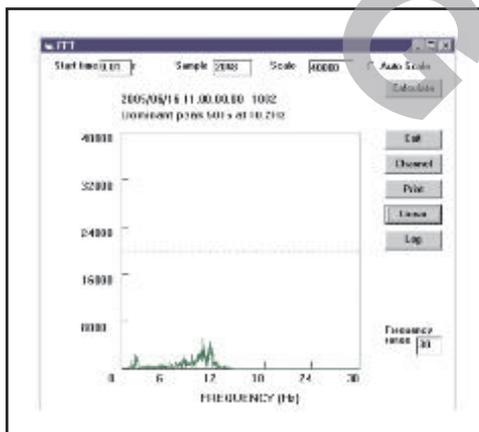
Gambar 1. Peta lokasi penelitian.



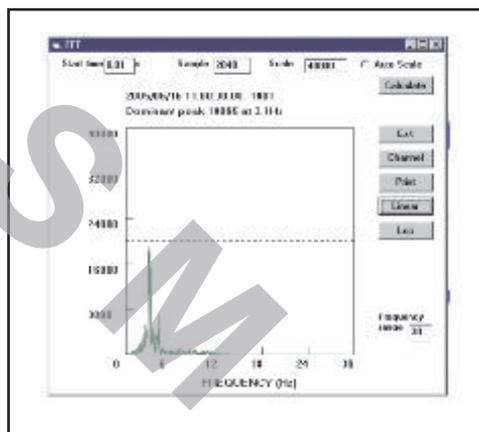
Gambar 2. Peralatan mikrotremor.



Gambar 3. Contoh rekaman mikrotremor.

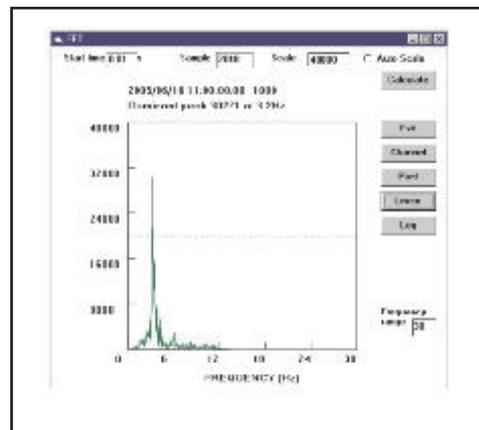


(a)



(b)

Gambar 4. Spektrum hasil pemrosesan FFT pada komponen EW (a), UD (b) dan NS (c) di titik 42.



(c)

Di samping data mikrotremor, dalam kajian ini juga dilakukan analisis kebolehjadian percepatan tanah untuk daerah penelitian. Kajian ini didasarkan pada sejarah kegempaan (*historical seismicity*) di sekitar daerah ini dengan menggunakan formula atenuasi dari Fukusima dan Tanaka (1990) pada batuan dasar dengan selang waktu 50, 100, 250 dan 500 tahun.

## TATAAN GEOLOGI

### Bentang alam

Bentang alam Kota Makassar berupa dataran pantai, dataran sungai dan limbah banjir, serta tinggian berlereng landai.

### Dataran Pantai

Dataran pantai dijumpai di sebelah barat dan utara poros jalan utama Makassar-Maros, dan berbatasan langsung dengan dataran sungai dan limbah banjir. Dataran tersebut terdiri atas dataran gosong pantai, delta sungai, dan rawa bakau. Dataran pantai ini menempati  $\pm 40\%$  kawasan Kota Makassar. Khusus untuk rawa bakau, secara setempat terlihat sebagai lembah-lembah memanjang sejajar dengan garis pantai.

### Dataran sungai dan limbah banjir

Dataran sungai dan limbah banjir dijumpai di antara pedataran dua sungai besar yang membelah Kota Makassar, yakni Sungai Jeneberang dan Salu Tallo. Dataran limbah sungai terdiri atas beting dan teras sungai. Sementara dataran limbah banjir menempati daerah sekitar sungai, terdiri atas kelokan (*meander*) sungai tua dan dataran endapan limbah banjir. Secara keseluruhan daerah ini menempati 30% wilayah Kota Makassar.

### Tinggian Berlereng Landai

Daerah tinggian berlereng landai ini menempati daerah bagian utara, timur dan selatan Kota Makassar, meliputi daerah Biringkanaya, Akakukang, dan Sungguminasa. Secara keseluruhan daerah ini menempati  $\pm 30\%$  wilayah pusat Kota Makassar dan pinggiran kota.

### Tektonika dan Struktur Geologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi Selatan (Sukamto dan Supriatna, 1982) dan citra *landsat* daerah Sulawesi

bagian selatan, dapat ditelusuri geologi daerah Makassar dan sekitarnya dikontrol oleh lima periode tektonik, yakni Oligo-Miosen, Miosen Tengah, Mio-Pliosen, Plio-Plistosen, dan Holosen.

### Tektonika Oligo-Miosen

Indikasi tektonik Oligo-Miosen di daerah ini dapat diamati di daerah antara Kota Takalar dan Jeneponto serta tenggara Kota Maros, berupa struktur perlipatan dan sesar dengan arah sumbu barat laut-tenggara. Struktur geologi lipatan tersebut dijumpai pada batugamping Formasi Tonasa berumur Eosen sampai Miosen Awal. Batugamping Formasi Tonasa ini merupakan batuan tertua di daerah Makassar dan sekitarnya.

### Tektonika Miosen Tengah

Pengaruh tektonik Miosen Tengah di Makassar dan sekitarnya menyebabkan terjadinya ketidakselarasan antara batugamping (Formasi Tonasa) dengan batuan gunung api berselingan sedimen laut (Formasi Camba). Selain ketidakselarasan tersebut pada periode ini terjadi pensesaran berupa sesar geser mengiri dengan arah utara - selatan. Efek pensesaran berupa munculnya lajur kekar-kekar tarik dengan arah umum  $U 250^\circ - 290^\circ T$ .

### Tektonika Miosen-Pliosen

Indikasi aktivitas tektonik Miosen-Pliosen di daerah ini yakni terjadinya kegiatan magmatik berupa intrusi berkomposisi basal dan dasit yang menerobos batugamping Formasi Tonasa di sebelah tenggara Kota Maros. Sementara di tenggara dan barat Kota Makassar terobosan tersebut berupa retas yang menerobos batuan gunung api dan sedimen laut (Formasi Camba), dengan pola retas mengikuti retakan-retakan kekar tarik yang telah terbentuk pada periode tektonik Miosen Tengah. Pada periode tektonik ini muncul aktivitas gunung api dengan pusat erupsi yang dikelilingi oleh puncak-puncak melingkar dari bukit Bonto Manae (881 m), Bonto Pasia (1340 m), Bonto Bulurea (1280 m) dan Bonto Taungi (1605 m) yang terletak di sebelah tenggara Kota Maros. Selain itu, di sebelah tenggara Kota Makassar juga terjadi aktivitas gunung api dengan pusat erupsi dikelilingi puncak melingkar dari Bonto Saeru (875 m), Bonto Bulu Bune-bune (620 m), Bonto Paowang (1144 m), serta Bonto Bulubu (1034 m). Kedua gunung api tua tersebut mengerupsikan lava dan breksi gunung api yang

tersebar di sekeliling pusat erupsinya. Pusat erupsi gunung api tersebut dijumpai berupa kawah tua yang memperlihatkan ciri struktur sesar turun yang berpola radial atau memancar.

### Tektonika Plio-Plistosen

Pada awal tektonik Plio-Plistosen, yakni pada akhir kala Pliosen, daerah Makassar dan sekitarnya masih terjadi aktivitas terobosan basal yang kemudian diikuti oleh erupsi gunung api Lompo Batang dan Bawakaraeng di sebelah tenggara Kota Makassar, dengan material erupsi berupa konglomerat, lava, breksi, lahar dan tufa. Pusat erupsi parasitnya tersebar dengan arah utara-selatan mengikuti pola struktur utama kawasan gunung api Lompo Batang dan Bawakaraeng.

### Tektonik Holosen

Tektonik Holosen di daerah Makassar dan sekitarnya dapat ditelusuri dari produk aktivitas tektonik tersebut yang berupa dinamika terbentuknya tiga seri teras koral di lepas pantai Kota Maros. Selain itu, dapat pula dijumpai tiga alur sungai tua yang membentuk tiga delta pada muaranya. Berdasarkan indikasi tersebut di atas, diduga pada kala ini telah terjadi tiga periode pengangkatan yang dimulai sejak  $\pm 100$  ribu tahun yang lalu.

### Sifat Fisik Batuan

Berdasarkan peta geologi tersebut di atas, batuan penyusun di daerah Makassar dan sekitarnya terdiri atas perselingan endapan hasil gunung api dan sedimen laut (Formasi Camba), lava, breksi, tufa, dan konglomerat hasil erupsi gunung api Baturape-Cindako. Kedua jenis 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.

### KEGEMPAAN

Berdasarkan data tektonik, geologi, dan kegempaan, maka di daerah Sulawesi dapat diindikasikan tiga jenis sumber gempa bumi (Kertapati drr., 2004):

- Sumber gempa bumi patahan
- Sumber gempa bumi penunjaman
- Sumber gempa bumi tersebar (*diffuse*)

Lajur Sesar Kerak Bumi Dangkal (*Shallow Crustal Fault Zone*) daerah Sulawesi yang menimbulkan kejadian gempa bumi yang terjadi dalam kerak bumi dangkal yaitu gempa-gempa bumi yang berhubungan dengan kegiatan sesar-sesar, seperti: sumber gempa bumi Walanae, Palu-Koro, Poso-Wekuli, Matano-Tolo, Batui-Banggai-Sula, Balantak, Kolaka-Lawanopo, Wekuli, penunjaman Sulawesi, *diffuse*, Buton dan sumber gempa bumi Mamuju.

Berdasarkan data kegempaan yang dapat dihimpun dari NEIC, USGS, dari tahun 1973 hingga 2005, pada kedalaman < 100 km dan kekuatan di atas 4,0 mb, Sulawesi Selatan dan sekitarnya terletak pada lajur gempa bumi dengan kedalaman sangat bervariasi dari dangkal hingga sedang (0 - 100 km). Gempa bumi dangkal (0-33 km) umumnya terletak pada lajur struktur sesar Walanae yang berarah barat laut - tenggara, mulai dari barat daya Kota Mamuju, Majene, Pinrang, Watansoppeng hingga Bulukumba dan menerus hingga pantai timur pulau Selayar. Selain gempa-bumi dangkal (0-33 km), pada lajur ini juga berasosiasi gempa bumi-gempa bumi berkedalaman sedang (33 - 100 km). Hal ini menunjukkan bahwa sesar Walanae ini merupakan sesar dengan penetrasi cukup dalam. Diduga sesar Walanae ini mempunyai kemiringan ke arah barat dengan sudut > 60°. Beberapa gempa bumi > 6.0 SR pernah terjadi pada lajur ini, yakni gempa bumi Bulukumba (1828), Tinambung (1967), Majene (1969), Mamuju (1972, 1974), serta gempa bumi Pinrang (1997). Mekanisme fokal gempa bumi Pinrang dan Tinambung memperlihatkan sesar mendatar, naik blok sebelah Barat cenderung bergerak mengiri dan naik.

Kota Makassar terletak pada jarak yang relatif jauh dari sumber seismik aktif. Walaupun demikian, endapan permukaan yang lunak di Kota Makassar dapat memperbesar getaran tanah yang disebabkan oleh gempa bumi jauh. Data kegempaan menunjukkan walaupun kemungkinan terjadinya gempa bumi besar dekat Makassar rendah, potensi kerusakan di kota tersebut yang disebabkan oleh gempa bumi jauh tidak dapat dikesampingkan.

**MIKROZONASI KOTA MAKASSAR**

Pengukuran mikrotremor telah menjadi suatu metode populer untuk menentukan karakteristik dinamik tanah. Pengamatan mikrotremor mudah untuk dilaksanakan, murah, dan dapat dilakukan pada tempat dengan seismisitas rendah. Karenanya, pengukuran mikrotremor sangat cocok digunakan untuk mikrozonasi.

Nakamura (1989) memodifikasi analisis mikrotremor dengan mengusulkan teknik baru, yang biasa dikenal sebagai metode H/V. Dalam teknik ini, telah ditunjukkan bahwa efek sumber dapat diperkecil dengan normalisasi amplitudo spektrum horizontal dengan amplitudo spectrum vertikal. Metode ini mengangsumsikan: 1) Mikrotremor sebagian besar terdiri atas gelombang transversal (*shear*); 2) Komponen vertikal gelombang tidak diamplifikasi pada lapisan lunak dan hanya komponen horizontal yang diamplifikasi; 3) Tidak ada amplitudo dalam arah spesifik berlaku batuan dasar, dengan kejadian tremor di segala arah; 4) Gelombang Rayleigh diasumsikan sebagai *noise microtremor*. Dengan mengasumsikan bahwa gelombang *shear* mendominasi mikrotremor, Nakamura (1989) menunjukkan bahwa *spektrum rasio horizontal-to-vertical* (H/V) mikrotremor sama dengan fungsi transfer gelombang S antara permukaan tanah dan batuan dasar pada suatu tempat. Hal tersebut berarti bahwa periode puncak H/V sesuai dengan periode natural tanah setempat dan nilai puncak itu sendiri adalah faktor amplifikasinya.

Sejumlah peneliti sudah melakukan studi stabilitas spektrum rasio H/V untuk rekaman gempa bumi (Okuma *et al.*, 2000). Studi yang dilakukan menunjukkan bahwa spektrum rasio H/V stabil untuk rekaman gempa bumi, dan dapat digunakan untuk memperkirakan karakteristik respons tanah setempat.

Mikrozonasi berdasarkan analisis data mikrotremor di Kota Makassar ini ditekankan pada perbedaan respons dinamika tanah terhadap getaran alami, yakni berupa perbedaan nilai periode alami tanah setempat yang dapat menggambarkan sifat fisik batuan dan tanah setempat.

Pengukuran mikrotremor di kota ini dilakukan di kantor-kantor pemerintah, seperti kantor camat, lurah, kompleks pertokoan, pinggir jalan raya, dan jalan tol. Mengingat kondisi Kota Makassar yang cukup ramai, pengukuran dilakukan dalam *grid* yang cukup rapat dengan jarak antar titik pengamatan sekitar 1,5 km X 1,5 km. Secara keseluruhan, Kota Makassar terukur sebanyak 63 lokasi pada kondisi tanah yang berbeda-beda.

Nilai periode dominan hasil perhitungan berdasarkan spektrum H/V rasio pada ke-63 titik ukur tersebut di atas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 2 menyajikan hasil perhitungan percepatan probablistik tiap kecamatan di Kota Makassar. Percepatan desain ditentukan dari percepatan tanah maksimum di permukaan tanah, yang dikoreksi berdasarkan jenis batuan dasar atau pelapisan tanah setempat dan koefisien zona sumber gempa (Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, 1996) sebagai berikut :

$$a_d = a_g \cdot x \cdot v$$

Keterangan :

$a_d$  = Percepatan desain (gal).

$a_g$  = Percepatan tanah dasar (gal).

$v$  = Faktor koreksi batuan dan tanah setempat.

Di Kota Makassar faktor koreksi pengaruh jenis tanah setempat hanya terdiri atas dua faktor koreksi ( $v$ ), yaitu untuk periode  $T = 0,25$  detik adalah 0,9 dan untuk  $0,25 = T < 0,5$  sebesar 1,0. Hasil perhitungan percepatan gempa desain di tiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Hasil perhitungan nilai periode dominan tanah daerah Kota Makasar berkisar antara 0,09 - 0,33 detik. Dari kisaran nilai tersebut selanjutnya dilakukan pembagian zona dengan kisaran nilai periode dominan tanah sebagai berikut :

Zona I	periode dominan ( T ) < 0,15 detik
Zona II	0,15 < T 0,20 detik
Zona III	0,20 < T 0,25 detik
Zona IV	T > 0,25 detik

Dari nilai-nilai periode dominan tersebut selanjutnya dilakukan *plotting* ke peta dasar menjadi Peta Mikrozonasi Kerentanan Bahaya Gempa bumi (Gambar 5).

Zona I dengan periode dominan kurang dari 0,15 menempati Kecamatan Biringkanaya, Tamalanrea, dan Manggala. Hasil ini sangat cocok dengan pengamatan lapangan bahwa daerah tersebut merupakan tanah berupa batuan hasil gunung api dan sedimen laut yang terdiri atas lava dan breksi, kerakal-kerikil berpasir, dan merupakan batuan dasar berumur Tersier.

Zona II dengan periode dominan antara 0,15 dan 0,2 detik menempati daerah Kecamatan Tamalate, Rappocini, Mamajang, Mariso, Makassar, Ujung Pandang, Bontoala, Wajo, Ujung Tanah, dan Talo. Hasil ini sesuai dengan tanah yang terdiri atas pasir lempungan padat-keras, endapan aluvium dari endapan torehan sungai dan tanah yang terdiri atas lanau lempungan dan endapan limbah banjir.

Zona III dengan periode dominan antara 0,2 dan 0,26 detik menempati Kecamatan Rappocini bagian timur, Manggala bagian barat, Panakkukang, dan Kecamatan Tamalanrea bagian barat. Hasil ini sesuai dengan keadaan fisik tanah yang terdiri atas tanah aluvium, delta sungai, endapan rawa lumpur dan sejenisnya, dan sebagian tanah yang terdiri atas lanau lempungan dan endapan limbah banjir.

Zona IV dengan periode dominan lebih besar dari 0,26 detik menempati Kecamatan Tamalate bagian barat daya. Daerah tersebut menurut pengamatan di lapangan terdiri atas tanah aluvium, delta sungai, endapan rawa lumpur dan sejenisnya, serta sebagian tanah yang terdiri atas lanau lempungan dan endapan limbah banjir.

Dari kajian percepatan tanah maksimum (*peak ground acceleration - PGA*), umumnya nilai percepatan tanah maksimumnya tidak berbeda jauh antara satu kecamatan dengan kecamatan yang lain. Percepatan yang nilainya tinggi berada di bagian timur Kota Makasar, yaitu Kecamatan Biringkanaya, Tamalanrea, dan Manggala dengan nilai percepatan sebesar 58,80, 56,84 dan 55,86 gal untuk selang waktu 500 tahun. Nilainya semakin mengecil ke sebelah barat. Hal ini dapat dipahami karena zona

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Mikrotremor dan Lokasi Titik Pengamatan

STA	LOKASI	Bujur			Lintang			Periode (detik)
		(°)	(')	(")	(°)	(')	(")	
1	UNHAS	119	29	14,1	-5	7	55,1	0,10
2	Kantor Camat Makassar	119	25	18,2	-5	8	39,2	0,17
3	Kantor Camat Ujung Pandang	119	24	26,7	-5	8	14,3	0,15
4	Kantor Camat Mariso	119	24	16,5	-5	10	15,8	0,15
5	Kantor Camat Tamalate	119	24	7,9	-5	10	34,2	0,15
6	Kantor Camat Mamajang	119	25	4,3	-5	9	88	0,16
7	Kantor Camat Rappocini	119	26	33,2	-5	11	10	0,16
8	Kantor Camat Manggala	119	29	28,9	-5	10	5	0,10
9	Kantor Camat Panakkukang	119	27	33,5	-5	9	38,1	0,22
10	Kantor Camat Biringkanaya	119	30	41,4	-5	6	52,1	0,10
11	Kantor Camat Tamalanrea	119	29	54,8	-5	7	57,1	0,12
12	Kantor Camat Tallo	119	26	5,6	-5	7	18	0,17
13	Kantor Camat Ujung Tanah	119	25	26,5	-5	6	45,4	0,18
14	Jl. Sarappo 54 Kec. Wajo	119	24	41,7	-5	7	30	0,20
15	Wisma Garuda Dirgantara	119	30	41,5	-5	6	19,5	0,09
16	Jl. Andi Pangeran Pettarani	119	26	23,6	-5	8	16,2	0,18
17	Jl. Andi Pangeran Pettarani	119	26	13,8	-5	9	17,8	0,16
18	Jl. Andi Pangeran Pettarani	119	26	1,9	-5	10	10,8	0,20
19	Jl. Manurruki Raya	119	25	49,1	-5	10	26,3	0,18
20	Jl. DG Tata Raya	119	25	49,6	-5	11	5,1	0,19
21	Jl. Kumala Satu	119	24	55,4	-5	10	41	0,15
22	Jl. Dr. Ratulangi	119	25	9,2	-5	9	55,2	0,16
23	Jl. Masjid raya	119	25	40,9	-5	8	4,6	0,18
24	Kantor Camat Bontoala	119	25	24,4	-5	7	52,4	0,16
25	Jl. Ir. Sutami	119	26	45,6	-5	6	32,2	~
26	Jl. Ir. Sutami	119	27	35,6	-5	6	4,3	0,21
27	Jl. Metro Tanjung Bunga	119	23	45,8	-5	9	37,4	0,15
28	Jl. Urip Sumoharjo	119	27	13,6	-5	8	27,9	0,26
29	Jl. Urip Sumoharjo	119	28	22,3	-5	8	43,9	0,14
30	Jl. Antang Raya	119	28	39	-5	9	34,8	0,09
31	Tamangapa Raya	119	28	45,8	-5	10	3,8	0,13
32	Jl. Tamangapa Raya	119	28	58,8	-5	10	35,2	0,13
33	Jl. Kassi	119	29	30,8	-5	11	9,4	0,11
34	Jl. Abdul Kadir Daeng Siro	119	29	33,8	-5	11	34,7	0,10
35	Jl. Batara Bira	119	30	44,4	-5	5	34,5	0,13
36	Jl. Batara Bira	119	30	12,5	-5	4	48,9	0,11
37	Jl. Ir. Sutami	119	29	33,5	-5	5	06,8	0,11
38	Jl. Ir. Sutami	119	28	56	-5	5	19,5	0,10
39	Jl. Kapasa Raya	119	29	45,5	-5	6	3	~
40	Jl. Ir. Sutami	119	28	11,1	-5	5	31,8	0,12
41	Jl. Barawaja	119	26	27,8	-5	7	43,6	0,15
42	Jl. P. Kemerdekaan	119	29	20	-5	8	23,8	0,12
43	KeL. Kera-kera	119	28	49,7	-5	7	24,8	0,21
44	Jl. P. Kemerdekaan (Kab. Maros)	119	31	31,7	-5	3	58,7	0,11
45	Jl. Goaria	119	31	22,6	-5	4	37,8	0,09
46	Jl. Bakung	119	31	38,1	-5	5	1,8	0,10
47	Kampung Sudiang	119	32	17,1	-5	5	45,8	0,13
48	Komplek Pajaiyang	119	31	22	-5	6	24	0,12
49	Mamuruki	119	32	3,4	-5	6	56,3	0,10
50	Paccarakang	119	31	21,8	-5	7	39,6	0,09
51	Katimbang	119	31	19,9	-5	8	14,5	0,13
52	Jl. Tamalanrea Raya	119	30	30,5	-5	8	14,2	0,11
53	Bontoloe	119	29	18,6	-5	6	28,1	0,11
54	Tanjung Bayam	119	23	27,1	-5	10	47,4	0,33
55	Jl. Metro Tanjung	119	23	12,4	-5	11	59,7	0,33
56	Bontokapeta	119	23	15,8	-5	12	57,8	0,15
57	Borongunti	119	24	19,7	-5	13	7,8	0,26
58	Kaccia	119	23	58,5	-5	12	0,5	0,39
59	Katangka	119	27	5,7	-5	11	27,1	0,23
60	Jl. Sukarda Tamalate	119	26	38,8	-5	10	30,2	0,17
61	Borong Raya	119	28	5,4	-5	9	50,3	0,24
62	Nipa - Nipa	119	29	56,1	-5	9	43,6	0,14
63	Perbatasan Nipa-Nipa	119	30	45,7	-5	9	45,8	0,13

sumber gempa bumi terdekat dari Kota Makassar adalah sesar Walanae yang berada di sebelah timur Kota Makassar. Perhitungan percepatan tanah maksimum untuk Kota Makasar dapat dilihat pada Tabel 2.

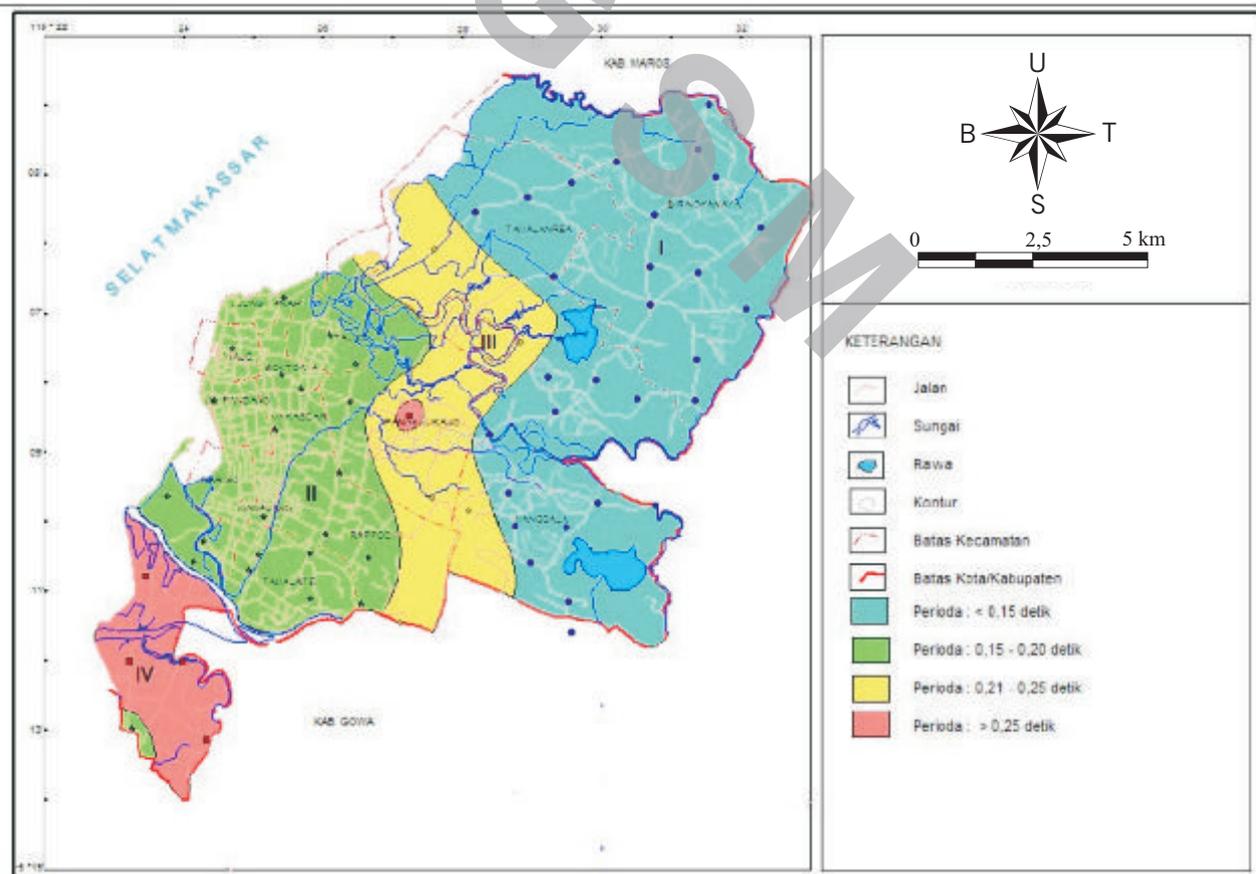
Begitu juga nilai percepatan gempa desain nilai tinggi berada di bagian timur Kota Makassar di kecamatan yang sama yaitu Kecamatan Biringkanaya, Tamalanrea, dan Manggala dengan masing-masing nilai percepatan desain untuk 500 tahun sebesar 52,92, 51,16 dan 50,27 gal. Perhitungan percepatan gempa desain untuk Kota Makasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Percepatan Tanah Maksimum ada Batuan Untuk Selang Waktu 50, 100, 250 dan 500 tahun

No.	Kecamatan	Percepatan tanah maksimum (gal)			
		50 tahun	100 tahun	250 tahun	500 tahun
1	Makasar	31,36	37,24	45,08	50,96
2	Ujung Pandang	31,36	37,24	45,08	50,96
3	Mariso	30,38	35,28	43,12	49,00
4	Tamalate	30,38	35,28	43,12	49,00
5	Mamajang	31,36	36,26	44,10	50,96
6	Rappuini	32,34	37,24	45,08	51,94
7	Manggala	34,30	40,18	49,00	55,86
8	Panakkukang	33,32	39,20	47,04	53,90
9	Biringkanaya	36,26	42,14	50,96	58,80
10	Tamalanrea	35,28	41,16	49,98	56,84
11	Talo	32,34	38,22	46,06	51,94
12	Ujung Tanah	32,34	37,24	45,08	51,94
13	Wajo	31,36	37,24	45,08	50,96
14	Bontoala	31,36	37,24	45,08	50,96

Tabel 3. Percepatan Gempa Desain Untuk Selang Waktu 50, 100, 250 dan 500 tahun

No.	Kecamatan	Percepatan gempa desain (gal)			
		50 tahun	100 tahun	250 tahun	500 tahun
1	Makasar	28,22	33,52	40,57	45,86
2	Ujung Pandang	28,22	33,52	40,57	45,86
3	Mariso	27,34	31,75	38,81	44,10
4	Tamalate	30,38	35,28	43,12	49,00
5	Mamajang	28,22	32,63	39,69	45,86
6	Rappocini	29,11	33,52	40,57	46,75
7	Manggala	30,87	36,15	44,10	50,27
8	Parakkukang	29,99	35,28	42,34	48,51
9	Biringkanaya	32,63	37,93	45,86	52,92
10	Tamalanrea	31,75	37,04	44,98	51,16
11	Talo	29,11	34,40	41,45	46,75
12	Ujung Tanah	29,11	33,52	40,57	46,75
13	Wajo	28,22	33,52	40,57	45,86
14	Bontoala	28,22	33,52	40,57	45,86



Gambar 5. Peta mikrozonasi Kota Makassar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan kajian gempa bumi di Kota Makassar dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan nilai periode dominan tanah, wilayah Kota Makassar dapat dikategorikan menjadi empat zona kerentanan terhadap bahaya guncangan gempa bumi, yakni :
- Zona I periode dominan ( $T < 0,15$  detik (bagian timur Kota Makassar)
- Zona II  $0,15 < T \leq 0,20$  detik (pusat Kota Makassar)
- Zona III  $0,20 < T \leq 0,25$  detik
- Zona IV  $T > 0,25$  detik (bagian barat daya Kota Makassar).

- Hasil perhitungan nilai percepatan probabilistik menunjukkan bahwa tidak ada variasi yang signifikan untuk wilayah Kota Makassar. Hal ini disebabkan nilai percepatan tersebut adalah linear terhadap variasi jarak sumber gempa bumi.
- Integrasi antara nilai percepatan regional maksimum terhitung dan nilai karakteristik dinamika batuan dan tanah setempat, merupakan data dasar utama dalam menghitung kode bangunan tahan gempa bumi di wilayah ini.
- Perlu penelitian lebih detail mengenai kondisi bawah permukaan untuk mengetahui karakteristik endapan di bawah Kota Makassar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas diterbitkannya makalah ini.

## ACUAN

- Fukusima dan Tanaka, 1990. A new attenuation relation for feak horizontal acceleration of a strong earthquake groundmotion in Japan., *Seismological Society of America Bulletin*, p 757-783.
- Kertapati, E.K., Eka, T.P., 1991. Katalog gempa bumi merusak di Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (tidak dipublikasikan).
- Kertapati, E.K., Soehaimi, A., dan J.H. Setiawan, 2004. Potensi sumber gempa bumi di Sulawesi, *Majalah Geologi Indonesia, Vol 19 No.2 IAGI*.
- Nakamura Y. A., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Quaterly Report of Railway Technical research Institute.
- Okuma, Y., Harada, T., Yamasaki, F., and Matsuoka, M., 2000. Site amplification characteristics in Miyasaki Prefecture, Japan using microtremor and seismic records. *Proceedings of the 6th International Conference on Seismic Zonation* : 551 - 556.
- Puslibang Air., 1996 *Pengembangan parameter percepatan daerah gempa kawasan barat Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Republik Indonesia.
- Sukamto, R. dan Supriatna, S., 1982. *Peta Geologi lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

<p>Naskah diterima : 7 April 2008  Revisi terakhir : 4 Juli 2008</p>
--