



Penentuan Pergeseran Tanah Kota Palu Menggunakan Data Mikrotremor

Determination Of Ground Shear Strain In Palu City Using Mikrotremor Data

Zakia^{*}), Sandra, M.Rusydi Hasanuddin

Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia.

ABSTRACT

The reserach about ground shear strain in Palu city using microtremor data has been successfully conducted. The research aims to determine value and the condition of ground shear in Palu city. The research location covers 3 district, they are Mantikulore district, West Palu district, and East Palu district. The research stage used microtremor secondary data formed dominant frequency (f_0) and amplification factor (A_0). Seismic vulnerability index (Kg) and value of Peak Ground Acceleration (PGA) were obtained by using the values of f_0 and A_0 . The results of f_0 , A_0 , calculation of Kg and PGA then it is obtained the ground shear strain value (γ). The result reveals that the great value of ground shear strain (γ) in Palu city is about $4,66 \times 10^{-6}$ up to $1,00 \times 10^{-4}$. That condition will cause most of Palu city has sheared strain when earth quake occur and least has it.

Key words : Mikrotremor, Ground Shear, Ground Vibration, Graound Crack

ABSTRAK

Penelitian tentang pergeseran tanah (ground shear strain) di Kota Palu menggunakan data mikrotremor telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai dan keadaan pergeseran tanah di Kota Palu. Daerah penelitian ini meliputi 3 kecamatan yaitu Kecamatan Mantikulore, Kecamatan Palu Barat, dan Kecamatan Palu Timur. Tahapan penelitian menggunakan data sekunder mikrotremor berupa frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0). Indeks kerentanan seismik (Kg) dan nilai percepatan getaran tanah maksimum Peak Ground Acceleration (PGA) diperoleh dengan menggunakan nilai f_0 dan A_0 tersebut. Hasil analisis f_0 , A_0 , perhitungan Kg dan PGA maka didapatkan nilai pergeseran tanah (γ). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besar nilai pergeseran tanah (γ) di Kota Palu berkisar antara $4,66 \times 10^{-6}$ sampai $1,00 \times 10^{-4}$. Keadaan tersebut, akan menyebabkan sebagian besar Kota Palu mengalami keretakan atau pergeseran jika terjadi gempa bumi dan sebagian kecil hanya mengalami getaran tanah.

Kata Kunci : Mikrotremor, Pergeseran Tanah, Getaran Tanah, Retakan Tanah

LATAR BELAKANG

Bencana alam gempa bumi merupakan fenomena alam yang setiap saat dapat terjadi dipermukaan bumi. Besarnya guncangan bumi beragam mulai dari yang sangat kecil sehingga sulit dirasakan, sampai kegoncangan yang sangat dahsyat sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh (Edwiza dkk, 2008).

Sulawesi Tengah khususnya Kota Palu tercatat sebagai daerah rawan gempa karena memiliki aktivitas tektonik yang cukup tinggi. Penyebab utamanya tidak lain adalah karena di Kota Palu terdapat patahan (sesar) yang berdimensi cukup besar, dikenal dengan Sesar Palu – Koro. (Katili dalam Hasanudin M., Rusydi, 1998).

Salah satu upaya mitigasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat kerawanan bencana gempa bumi adalah dengan melakukan penelitian mengenai pergeseran tanah dengan data mikrotremor yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan wilayah yang aman dari ancaman gempa bumi pada masa yang akan datang.

Gempa bumi adalah suatu gejala fisik yang ditandai dengan bergetarnya bumi dengan berbagai intensitas. Mikrotremor atau disebut juga sebagai ambient noise merupakan getaran tanah

yang disebabkan oleh beberapa faktor akibat aktivitas manusia, seperti lalu lintas, industri, dan aktivitas manusia lainnya, selain itu sumber mikrotremor juga disebabkan oleh faktor alam seperti interaksi angin dan struktur bangunan, arus laut, serta gelombang laut perioda panjang (Peck, 2008).

Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempa bumi. Percepatan getaran tanah di batuan dasar dikembangkan oleh Fukushima dan Tanaka yang berdasarkan olahan data gempa bumi di Jepang dengan 4.500 data selama 30 tahun menggunakan alat Accelerograph. Kemudian Fukushima dan Tanaka menyatakan PGA di batuan dasar seperti persamaan 1 (Fukushima dkk, 1990).

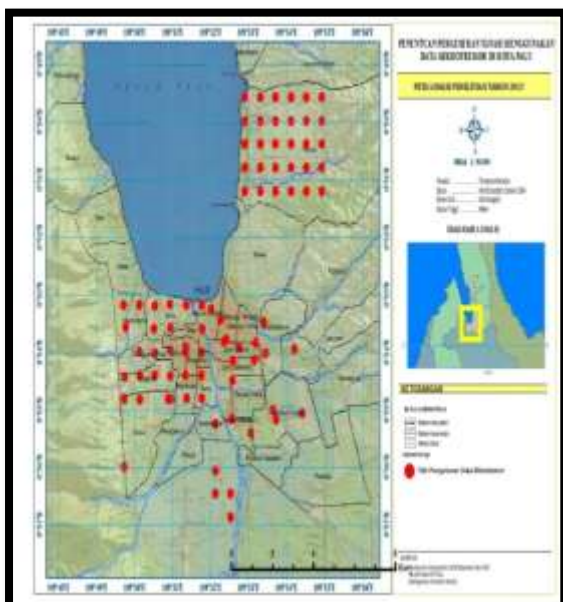
$$\text{Log } \alpha_b = 1,3 + 0,41 M - \text{log } (R. 0,32 \cdot 100,41M) - 0,0034 R \quad (1)$$

Nilai pergeseran tanah (γ) menggambarkan suatu kemampuan material lapisan tanah untuk saling meregang atau bergeser saat terjadi gempa bumi. Nilai pergeseran tanah dapat dihitung dengan mengalikan antara indeks kerentanan seismik dengan PGA di batuan dasar yang dinyatakan dengan persamaan 2 (Fukushima dkk, 1990).

$$\gamma = K_g (10^{-6}) \alpha_b \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di Kota Palu, meliputi 3 kecamatan yaitu Kecamatan Mantikulore dengan titik koordinat 00°47'00" LS sampai 00°44'50" LS dan 119°52'00" BT sampai 119°54'10" BT. Kecamatan Palu Barat dengan titik koordinat 00°54'30" LS sampai 00°53'30" LS dan 119°51'30" BT sampai 119°49'30" BT. Kecamatan Palu Timur dengan titik koordinatnya 00°55'14,6" LS sampai 00°56'52,2" LS dan 119°52'07,8" BT sampai 119°54'09,0" BT, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gambar lokasi penelitian

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data mikrotremor berupa data sekunder frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0). Prosedur

pengolahan data mikrotremor dengan menggunakan data sekunder yaitu setelah didapatkan data sekunder berupa frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) maka didapatkan hasil indeks kerentanan seismik, kemudian menghitung PGA di batuan dasar dengan menggunakan persamaan 1. Dengan mengetahui hasil indeks kerentanan seismik dan PGA di batuan dasar maka didapatkan nilai pergeseran tanah menggunakan persamaan 2.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui nilai pergeseran tanah yang akan diinterpretasikan sebagai kejadian lokasi yang mengalami pergeseran saja atau mengalami keretakan.

HASIL DA PEMBAHASAN

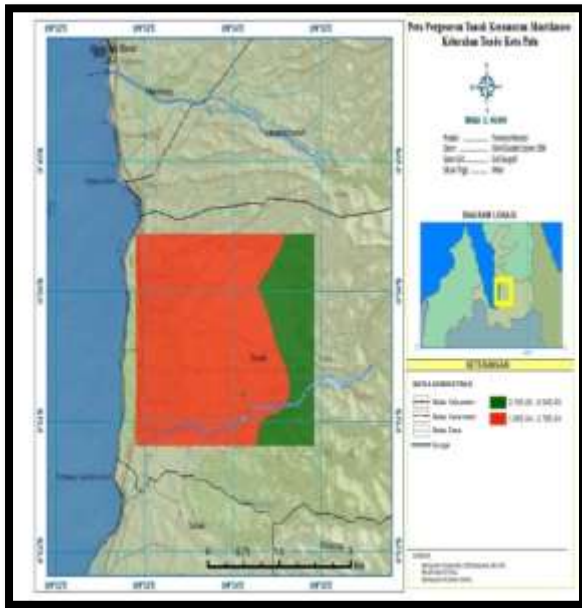
Perhitungan besarnya nilai pergeseran tanah menggunakan persamaan 2 dengan melakukan perkalian antara indeks kerentanan seismik (K_g) dengan percepatan getaran tanah (PGA) di batuan dasar. Hasil nilai perhitungan tersebut menunjukkan nilai pergeseran tanah di Kota Palu yang meliputi 3 kecamatan berkisar antara $\gamma = 2,10 \times 10^{-5}$ sampai $\gamma = 2,79 \times 10^{-4}$ Kecamatan Mantikulore, $\gamma = 4,66 \times 10^{-6}$ sampai $\gamma = 6,58 \times 10^{-4}$ Kecamatan Palu Barat, dan $\gamma = 2,76 \times 10^{-5}$ sampai $\gamma = 5,75 \times 10^{-4}$ Kecamatan Palu Timur, yang dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian dari hasil perhitungan

diperoleh peta sebaran nilai pergeseran tanah yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

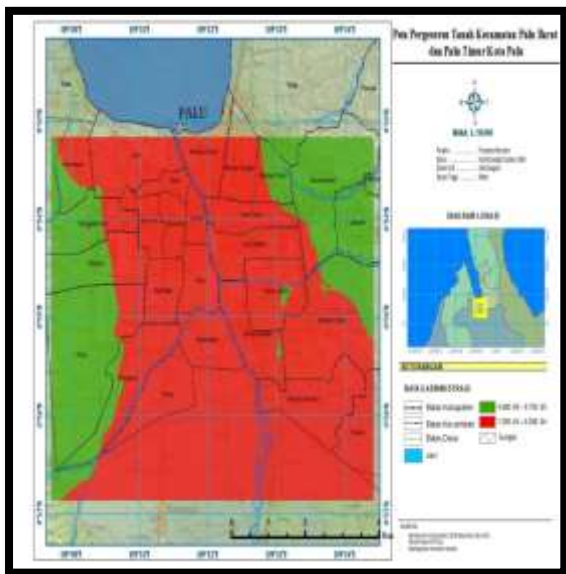
Tabel 1. Nilai frekuensi dominan, amplifikasi, indeks kerentanan seismik, percepatan tanah maksimum, dan pergeseran tanah (ground shear strain). (Yesberlin, dkk, 2015)

No	F_0 (Hz)	A_0	Kg	PGA (gal)	γ
01	0.874	2.502	7.162	31.39	2.25×10^{-4}
02	0.904	2.084	4.804	32.13	1.54×10^{-4}
03	0.826	2.593	8.140	32.89	2.68×10^{-4}
04	0.955	2.406	6.062	33.67	2.04×10^{-4}
05	0.867	2.647	8.081	34.49	2.79×10^{-4}
06	3.211	3.524	3.868	34.56	1.34×10^{-4}
07	2.547	3.691	5.349	33.74	1.80×10^{-4}
08	2.424	3.086	3.929	32.95	1.29×10^{-4}
09	2.08	3.294	5.217	32.19	1.68×10^{-4}
10	3.171	3.314	3.463	31.46	1.09×10^{-4}
11	3.099	4.14	5.531	31.51	1.74×10^{-4}
12	3.08	3.583	4.168	32.25	1.34×10^{-4}
13	3.487	4.836	6.707	33.01	2.21×10^{-4}
14	3.618	3.772	3.933	33.80	1.33×10^{-4}
15	3.274	3.713	4.211	34.63	1.46×10^{-4}
16	3.912	3.864	3.817	34.68	1.32×10^{-4}
17	3.45	3.069	2.730	33.86	9.24×10^{-5}
18	3.182	3.863	4.690	33.06	1.55×10^{-4}
19	3.963	3.421	2.953	32.30	9.54×10^{-5}
20	5.048	4.752	4.473	31.56	1.41×10^{-4}
21	4.777	4.061	3.452	31.59	1.09×10^{-4}
22	4.599	3.367	2.465	32.33	7.97×10^{-5}
23	4.801	3.569	2.653	33.10	8.78×10^{-5}
24	4.306	4.129	3.959	33.89	1.34×10^{-4}
25	4.144	1.89	0.862	34.72	2.99×10^{-5}
26	4.162	2.034	0.994	34.75	3.45×10^{-5}
27	3.957	1.566	0.620	33.92	2.10×10^{-5}
28	3.001	1.497	0.747	33.13	2.47×10^{-5}
29	4.365	2.022	0.937	32.36	3.03×10^{-5}
30	4.598	2.079	0.940	31.62	2.97×10^{-5}
31	0.477	3.398	24.206	114.22	2.76×10^{-4}
32	0.5	3.38	22.849	24.30	5.55×10^{-4}
33	0.53	3.81	27.389	24.01	6.58×10^{-4}
34	0.57	2.82	13.952	23.76	3.32×10^{-4}
35	0.74	3.78	19.309	23.47	4.53×10^{-4}
36	3.09	2.19	1.552	23.20	3.60×10^{-5}
37	0.53	2.91	15.978	25.11	4.01×10^{-4}
38	0.58	2.98	15.311	25.21	3.86×10^{-4}

39	0.73	3.18	13.853	24.52	3.40×10^{-4}
40	1	3.19	10.176	24.52	2.50×10^{-4}
41	1.03	2.1	4.282	24.23	1.04×10^{-4}
42	13.74	2.48	0.448	23.68	1.06×10^{-5}
43	0.56	2.47	10.894	25.62	2.79×10^{-4}
44	0.797	3.135	12.332	25.33	3.12×10^{-4}
45	0.663	3.143	14.900	25.00	3.73×10^{-4}
46	1.595	2.97	5.530	24.76	1.37×10^{-4}
47	19.13	1.91	0.191	24.45	4.66×10^{-6}
48	20.01	2.44	0.298	26.74	7.96×10^{-6}
49	0.72	2.32	7.476	26.15	1.95×10^{-4}
50	0.71	2.5	8.803	25.83	2.27×10^{-4}
51	0.73	2.83	10.971	25.57	2.81×10^{-4}
52	2.84	2.7	2.567	25.25	6.48×10^{-5}
53	4.73	1.45	0.445	24.95	1.11×10^{-5}
54	2.44	1.59	1.036	24.70	2.56×10^{-5}
55	0.598	2.93	14.356	26.71	3.83×10^{-4}
56	0.8	2.05	5.253	26.41	1.39×10^{-4}
57	0.81	2.74	9.269	26.12	2.42×10^{-4}
58	1.43	2.57	4.619	26.05	1.20×10^{-4}
59	2.76	1.74	1.097	25.50	2.80×10^{-5}
60	3.84	1.99	1.031	25.16	2.59×10^{-5}
61	0.92	1.63	2.888	111.6	3.22×10^{-4}
62	0.57	1.77	5.496	35.56	1.95×10^{-4}
63	0.65	1.8	4.985	35.81	1.78×10^{-4}
64	1.16	1.77	2.701	36.11	9.75×10^{-5}
65	0.62	1.8	5.226	37.95	1.98×10^{-4}
66	0.69	1.95	5.511	36.43	2.10×10^{-4}
67	0.75	1.31	2.288	37.11	8.49×10^{-5}
68	1.06	1.25	1.474	37.61	5.54×10^{-5}
69	1.15	1.59	2.198	35.96	7.90×10^{-5}
70	1.87	1.29	0.890	35.35	3.15×10^{-5}
71	0.94	1.87	3.720	36.62	1.36×10^{-4}
72	0.74	1.27	2.180	39.74	8.66×10^{-5}
73	0.65	1.8	4.985	39.60	1.97×10^{-4}
74	1.4	1.05	0.788	35.01	2.76×10^{-5}
75	0.66	1.98	5.940	36.54	2.17×10^{-4}
76	0.94	1.57	2.622	38.22	1.00×10^{-4}
77	0.74	1.61	3.503	36.51	1.28×10^{-4}
78	0.58	2.88	14.301	40.18	5.75×10^{-4}
79	0.89	2.1	4.955	42.36	2.10×10^{-4}
80	0.91	2.36	6.120	43.52	2.66×10^{-4}
81	0.59	2.23	8.429	43.12	3.63×10^{-4}
82	0.59	2.64	11.813	44.31	5.23×10^{-4}



Gambar 2. Peta sebaran nilai pergeseran tanah menggunakan data mikrotremor Kecamatan Mantikulore (Kelurahan Tondo)



Gambar 3. Peta sebaran nilai pergeseran tanah menggunakan data mikrotremor Kecamatan Palu Barat dan Palu Timur.

Ishihara (1982), menyusun hubungan antara nilai pergeseran tanah dengan kondisi lapisan tanah permukaan seperti yang di tunjukkan pada tabel 2. Semakin besar nilai pergeseran tanah akan menyebabkan lapisan tanah mudah

mengalami deformasi, seperti retakan tanah, liquefaksi dan longsor. Sebaliknya, semakin kecil pergeseran tanah menunjukkan lapisan batuan semakin kokoh dan sulit terjadi deformasi. Pada nilai $\gamma 10^{-6} - 10^{-5}$ menyatakan kondisi tanah mengalami getaran, dan pada nilai $10^{-4} - 10^{-3}$ lapisan tanah mengalami pergeseran tanah atau keretakan.

Table 2. Hubungan nilai pergeseran tanah dengan sifat dinamik tanah (Ishihara, 1982).

Nilai γ	10^{-6} 10^{-5}	10^{-4} 10^{-3}	10^{-2} 10^{-1}
Fenomena	Getaran, Gelombang	Retak	Tanah longsor, pemadatan tanah, liquifaksi.

Gambar 2 memperlihatkan Kecamatan Mantikulore hanya diwakili oleh data 1 Kelurahan yaitu Kelurahan Tondo. Pada gambar tersebut diperlihatkan sebagian kecil lokasi mengalami getaran yang ditunjukkan dengan warna hijau, dan sebagian mengalami keretakan atau pergeseran yang ditunjukkan oleh warna merah. Titik yang mengalami keretakan terdapat pada titik T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T18, T20, dan T21. Sedangkan yang mengalami getaran tanah terdapat pada titik T17, T19, T22, T23, T25, T26, T27, T28, T29, dan T30. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa daerah yang semakin jauh dari pesisir pantai jika terjadi gempa bumi hanya mengalami getaran tanah saja sedangkan daerah yang dekat

dengan pesisir pantai akan mudah mengalami keretakan. Keretakan yang terjadi diakibatkan jenis batuan penyusunnya yang kurang kuat seperti kerikil, pasir dan lumpur.

Gambar 3 memperlihatkan bahwa di titik penelitian Kecamatan Palu Barat mengalami keretakan mencakup lebih besar dibandingkan dengan yang mengalami getaran yang di tunjukkan dengan warna hijau. Berdasarkan kajian Ishihara (1982) pada nilai $\gamma > 1,000 \times 10^{-3}$ dapat menyebabkan kejadian gempabumi merusak bahkan terjadi longsoran dan liquefaksi. Titik T36, T42, T47, T48, T52, T53, T54, T9, dan T60, merupakan titik yang mengalami getaran tanah saja, T32, T33, T34, T35, T37, T38, T39, T40, T41, T43, T44, T45, T46, T49, T50, T51, T55, T56, T57, dan T58 adalah daerah yang mengalami keretakan.

Nilai pergeseran tanah yang tinggi disebabkan kondisi geologi daerah penelitian merupakan daerah alluvium, seperti yang telah diketahui bahwa antara satu tempat dengan tempat yang lain memiliki karakteristik dinamik tanah yang berbeda-beda sehingga wilayah tersebut memiliki tingkat kerusakan yang berbeda pula.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Kecamatan Palu Timur sebagai daerah yang mengalami keretakan lebih besar dibandingkan daerah yang

mengalami getaran seperti yang terjadi pada kecamatan sebelumnya semakin jauh dari pesisir pantai maka dampak yang ditimbulkan tidak terlalu parah. Titik yang mengalami keretakan tanah apabila terjadi gempabumi diantaranya titik T61, T62, T63, T65, T66, T71, T73, T75, T76, T77, T78, T79, T80, T81, T82, serta titik T64, T67, T68, T69, T70, T72, dan T74 daerah yang hanya mengalami getaran tanah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tempat tersebut dipengaruhi oleh dalamnya endapan, properti fisik batuan, serta kondisi topografi khususnya kondisi geologi, yang seluruhnya merupakan endapan alluvium tersusun atas batuan granit, sekis, granodiorit, berukuran kerikil hingga kerakal dan material pasir berukuran sedang hingga kasar.

Sebaran nilai pergeseran tanah (ground shear strain) (γ) di Kota Palu tersebut, selain dapat menyebabkan terjadinya deformasi juga dapat menyebabkan retakan dan kerusakan pada bangunan. Nakamura (2000) yang menyatakan bahwa pergeseran tanah (ground shear strain) lapisan tanah permukaan di zona kerusakan parah akibat gempabumi Kobe tahun 1995 memiliki nilai $\gamma = 1$ sampai 2×10^{-3} . Nilai pergeseran tanah sebesar ini sudah dapat menyebabkan terjadinya deformasi, retakan, hingga terjadi kerusakan pada bangunan yang cukup parah. Bahkan jika

terjadi di daerah dengan lapisan sedimen lunak yang tebal dapat menimbulkan likuifaksi dan longsoran.

Dalam pembangunan di Kota Palu khususnya Kecamatan Mantikulore, Kecamatan Palu Barat, serta Kecamatan Palu Timur, diharapkan memperhatikan nilai pergeseran tanah (ground shear strain) (γ) dan dianjurkan mengikuti tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung sebagai upaya mitigasi bencana gempabumi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing 1 dan 2, teman-teman dan semua pihak yang terlibat sudah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Edwiza, Daz dkk., 2008, Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai, Jurusan Teknik Sipil dan Program Studi Fisika Universitas Andalas, Kalimantan.

Fukushima, Y., and Tanaka, T., 1990, A New Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.80, No.4.

Hasanudin. M. Rusydi., 1998, *Studi Kegempaan Di Daerah Sulawesi, (Tesis). Universitas Gadjja Mada, Yogyakarta.*

Ishihara, K., 1982, Evaluation of Soil Properties for Use in Earthquake Response Analysis. Proc. Int. Symp. On Numerical Model in Geomech, 237-259.

Nakamura, Y., 2000, Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's, System and Data Research Co.Ltd., 3-25-3 Fujimedia, Kunitachi-shi, Tokyo.

Peck, L., 2008, Overview of Seismic Noise and Its Relevance to Personal Detection, US Army Corps of Engineer, Engineer Research and Development.

Yesberlin dkk, 2015, *Analisis Mikrotremor Kawasan Palu Barat Berdasarkan Metode Horizontal To Vertical Spectral Ratio (HVSR). Skripsi Program Studi S1 Ilmu Fisika Jurusan Fisika FMIPA UNTAD, Palu.*