

MIKROZONASI KERENTANAN BAHAYA GONCANGAN GEMPA BUMI KOTA PEKALONGAN BERDASARKAN ANALISIS MIKROTREMOR

A. Soehaimi, Marjiono dan Kamawan

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi
Jl. Diponegoro No.57, Bandung.

Sari

Mikrozonasi Kota Pekalongan dibagi menjadi tiga zona : Zona Rentan Goncangan Gempa bumi I, mempunyai karakteristik lahan dengan amplifikasi / penguatan sangat tinggi (>9 kali), periode dominan tanahnya 0,93 – 1,15 detik dengan ketebalan sedimen lunak antara 40,14 – 50,29 m; Zona Rentan Goncangan gempa bumi II, mempunyai karakteristik lahan dengan amplifikasi / penguatan tinggi (6 - 9 kali), periode dominannya antara 0,55 – 1,49 detik dengan ketebalan sedimen lunak 23,91 – 65,30 m; Zona Rentan Goncangan gempa bumi III, mempunyai karakteristik lahan dengan amplifikasi / penguatan sedang (3 - 6 kali), periode dominannya antara 0,47 – 1,54 detik dengan ketebalan sedimen lunak 20,73 – 67,31 m.

Secara umum, Kota Pekalongan dan sekitarnya mempunyai nilai amplifikasi / penguatan tanah antara 3,17 – 12,91 kali. Lebih dari setengah luas wilayahnya mempunyai amplifikasi tinggi, hanya sebagian kecil dan setempat-setempat saja yang mempunyai amplifikasi sangat tinggi, dan selebihnya mempunyai amplifikasi sedang.

Mikrozonasi merupakan langkah awal untuk mengurangi risiko bencana alam khususnya gempa bumi. Untuk mengurangi risiko bencana secara nyata, diperlukan langkah kebijakan oleh Pemerintah Daerah mengatur tata ruang. Pada daerah yang amplifikasi tanahnya tinggi – sangat tinggi harus dibangun dengan konstruksi khusus.

Kata kunci : Pekalongan, Mikrozonasi, amplifikasi dan periode dominan

Abstract

Microzonation of Pekalongan is divided into 3 zones: Ground shaking prone zone I, characterized by very high amplification (>9 times), 0.93 – 1.15 second dominant period and soft sediment thickness between of 40.14 – 50.29 m; ground shaking prone zone II, characterized by high amplification (6-9 times), 0.55 – 1.49 second dominant period of second and soft sediment thickness between 23.91 – 65.30 m; ground shaking prone zone III, characterized by intermediate amplification (3-6 times), 0.47 – 1.54 second dominant period, and soft sediment thickness between 20.73 – 67.31 m.

In general, Pekalongan has amplification between 3, 17 – 12, 91 times. More than 50 % of its area has high amplification, some small spots/areas have very high amplification, and the rest area have intermediate amplification.

Microzonation is as the preliminary step for earthquake risk mitigation efforts. In order to reduce the hazard risk, the local government must have policies on spatial planning. Regions which have high – very high amplification need to be developed with specific construction.

Keywords: Pekalongan, microzonation, amplification and predominant period

Pendahuluan

Daerah Pekalongan rentan terhadap ancaman bahaya gempa bumi yang bersumber dari patahan-patahan aktif di sebelah selatan (Sidarto dr, 2008). Endapan sedimen Kuartar penyusun utama daerah ini sangat rentan terhadap ancaman bahaya gempa bumi, karena goncangan tanah kuat dapat

mengakibatkan terjadinya pelulukan, retakan tanah, dan amblesan, sehingga goncangan tersebut dapat mengakibatkan kerusakan bangunan serta infrastruktur lainnya yang dibangun di atasnya.

Potensi bahaya tersebut di atas dapat mengancam infrastruktur wilayah, dan Rencana Detail Tata Ruang serta pembangunan berkelanjutan di wilayah ini. Oleh karena itu, penelitian mikrotremor yang berbasis pada kerentanan bahaya gempa bumi di kawasan ini perlu dilakukan.

Latar Belakang

Kota Pekalongan merupakan kota menengah di Provinsi Jawa Tengah yang berkembang cukup pesat. Hampir seluruh bagian kota ini menempati dataran aluvium. Berdasarkan sejarah kegempaan, daerah ini tidak pernah mengalami gempa bumi, hanya merasakan guncangan yang diakibatkan oleh gempa bumi yang sumbernya berada cukup jauh. Beberapa peristiwa gempa bumi yang guncangannya dirasakan di daerah Pekalongan, antara lain gempa bumi Indramayu (9 Agustus 2007), gempa bumi Pekalongan (12 Oktober 2008), gempa bumi Tasikmalaya (2 September 2009), dan gempa bumi Tasikmalaya (2 September 2009).

Oleh karena itu, penelitian tentang bahaya guncangan tanah di sekitar Kota Pekalongan sangat diperlukan dalam rangka kesiapan kota ini bila terjadi gempa bumi. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran mikrotremor sebanyak 73 titik ukur, yang menyebar di seluruh wilayah Kota Pekalongan dan sebagian di daerah perbatasan.

Kekuatan guncangan tanah oleh gempa bumi yang dirasakan di suatu tempat terkait beberapa faktor, diantaranya besaran gempa, jarak dari pusat gempa, karakteristik tanah atau kondisi geologi, dan kualitas bangunan. Besarnya kekuatan gempa bumi berhubungan langsung dengan dimensi sumber gempa itu sendiri. Semakin panjang dimensi patahan yang mengalami aktivitas, akan semakin besar pula potensi untuk menghasilkan kekuatan gempa bumi yang lebih besar.

Secara fisis besarnya risiko terhadap guncangan tanah ini dapat direpresentasikan oleh nilai periode dominan alamiah tanah setempat serta amplifikasi tanahnya. Pengukuran mikrotremor ini diharapkan dapat memberikan informasi dasar tingkat risiko bahaya guncangan tanah di wilayah Kota Pekalongan. Pemahaman tentang karakteristik dinamik lahan dapat memberikan arahan yang lebih jelas pada peruntukan lahan dalam rangka penyusunan tata ruang wilayah yang berbasis bencana.

Penelitian mikrotremor daerah Pekalongan, Jawa Tengah ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian Kelompok Program Dinamika Kuarter, Klaster Patahan Aktif dan Kegempaan Jawa pada Tahun Anggaran 2009.

Maksud dan Tujuan

Sejarah kegempaan di sekitar Pekalongan menunjukkan bahwa wilayah ini mempunyai potensi bahaya guncangan tanah akibat gempa bumi dengan kedalaman menengah sampai dalam, dan kemungkinan akibat aktivitas patahan-patahan aktif yang berada di sebelah selatannya. Tujuan pengukuran mikrotremor ini adalah untuk pemahaman terhadap karakteristik geologi permukaan sebagai salah satu komponen dalam kajian bencana gempa bumi di wilayah ini. Untuk itu, dilakukan penelitian kondisi litologi permukaan secara lebih detail di wilayah ini. Pengukuran mikrotremor ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dinamika tanah sebagai dasar dalam penyusunan peta mikrozonasi bahaya guncangan gempa bumi wilayah Pekalongan.

Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat dipakai sebagai acuan dasar penataan ruang sesuai dengan UU No.26 tahun 2007, yaitu penyusunan Rencana Detail Tata Ruang suatu wilayah/kawasan harus disertai dengan Peraturan Zonasi.

Metodologi

Metodologi penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran mikrotremor. Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain (Kanai, 1983). Respon medium terhadap getaran gelombang ini bersifat spesifik, bergantung pada kondisi fisik medium itu sendiri. Litologi yang lunak cenderung akan memberikan respons periode getaran yang panjang (frekuensi rendah), begitu pula sebaliknya. Dalam kajian teknik kegempaan, litologi yang lebih lunak mempunyai risiko yang lebih tinggi bila digoncang gelombang gempa bumi karena akan mengalami penguatan yang lebih besar dibandingkan dengan batuan yang lebih kompak.

Pengumpulan datanya dilakukan dengan cara merekam getaran alami tanah dengan menggunakan Datamark LS 7000 XT dan Seismometer L4C-3D. Penentuan lokasi dilakukan dengan GPS Garmin 76CSX.

Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penelitian terletak di wilayah Kota Pekalongan dan sekitarnya, Provinsi Jawa Tengah. Daerah tersebut terletak pada koordinat 109°35'00" – 109°44'00" BT dan 6°50'00" – 7°00'00" LS

(Gambar 1). Daerah tersebut dapat dicapai dari Bandung melalui jalan darat, yaitu jalan nasional dengan kondisi cukup baik.

Geologi Daerah Penelitian

Kondisi geologi daerah Pekalongan dan sekitarnya terdiri atas bentangalam, stratigrafi, dan struktur geologi.

Bentang Alam

Sebagian besar morfologi daerah penelitian berupa daerah pedataran dan hanya sebagian kecil yang berupa perbukitan. Morfologi daerah pedataran berada di sebelah utara, sementara morfologi perbukitan berada di sebelah selatan. Kota Pekalongan seluruhnya berada pada morfologi pedataran.

Berdasarkan genesisnya morfologi pedataran dapat dipisahkan menjadi dataran aluvium dan dataran rawa. Dataran aluvium tersusun oleh material berukuran kerikil, pasir, lanau, dan lempung, sedangkan Rawa Dataran yang berkembang di daerah ini adalah rawa darat yang tersusun oleh material lumpur, lempung, dan lanau. Secara umum, dataran aluvium terletak di sebelah selatan dataran rawa. Akibat berkembangnya pemukiman, sebagian rawa telah banyak diurug, sehingga luasan rawanya semakin mengecil (Gambar 2 dan 3).

Morfologi perbukitan terletak di bagian selatan, yang sebagian besar terbentuk oleh proses denudasional. Batuan penyusun morfologi perbukitan adalah endapan kipas aluvium (Qf) dan batuan Formasi Damar (QTd). Endapan kipas aluvium (Qf) terdiri atas bahan rombakan gunung api, dan Formasi Damar terdiri atas batulempung tufan, breksi gunung api, batupasir, tuf dan konglomerat.

Stratigrafi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, skala 1 : 100.000 (Gambar 4) (Condon drr, 1996), urutan batuan yang menyusun daerah penelitian dari yang tertua hingga termuda adalah sebagai berikut :

Formasi Damar (QTd) tersusun oleh batulempung tufan, breksi gunung api, tuf, dan konglomerat, setempat mencakup endapan lahar. Breksi gunung api dan tuf bersusunan andesit, sedangkan konglomerat bersifat basal, secara setempat padu.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian mikrotremor daerah Pekalongan dan sekitarnya.



Gambar 2. Rusunawa yang dibangun di atas dataran rawa. Pada latar depan masih tampak genangan rawa. Difoto dari titik 69 (Kelurahan Degayu, Kec Pekalongan Utara) ke arah barat laut.



Gambar 3. Rawa yang diurug untuk pemukiman di titik 51 (Gg Mentari, Krapyak Lor). Pada latar belakang masih tampak rawa yang tersisa.

Batupasir bersifat padu dan terdiri atas felspar dan butir-butir mineral mafik. Formasi ini diendapkan dalam lingkungan non marin dan berumur Pliosen hingga Pleistosen.

Kipas Aluvium (Qf) tersusun oleh material rombakan asal gunung api. Endapan kipas aluvium ini telah mengalami torehan dan berumur Pleistosen.

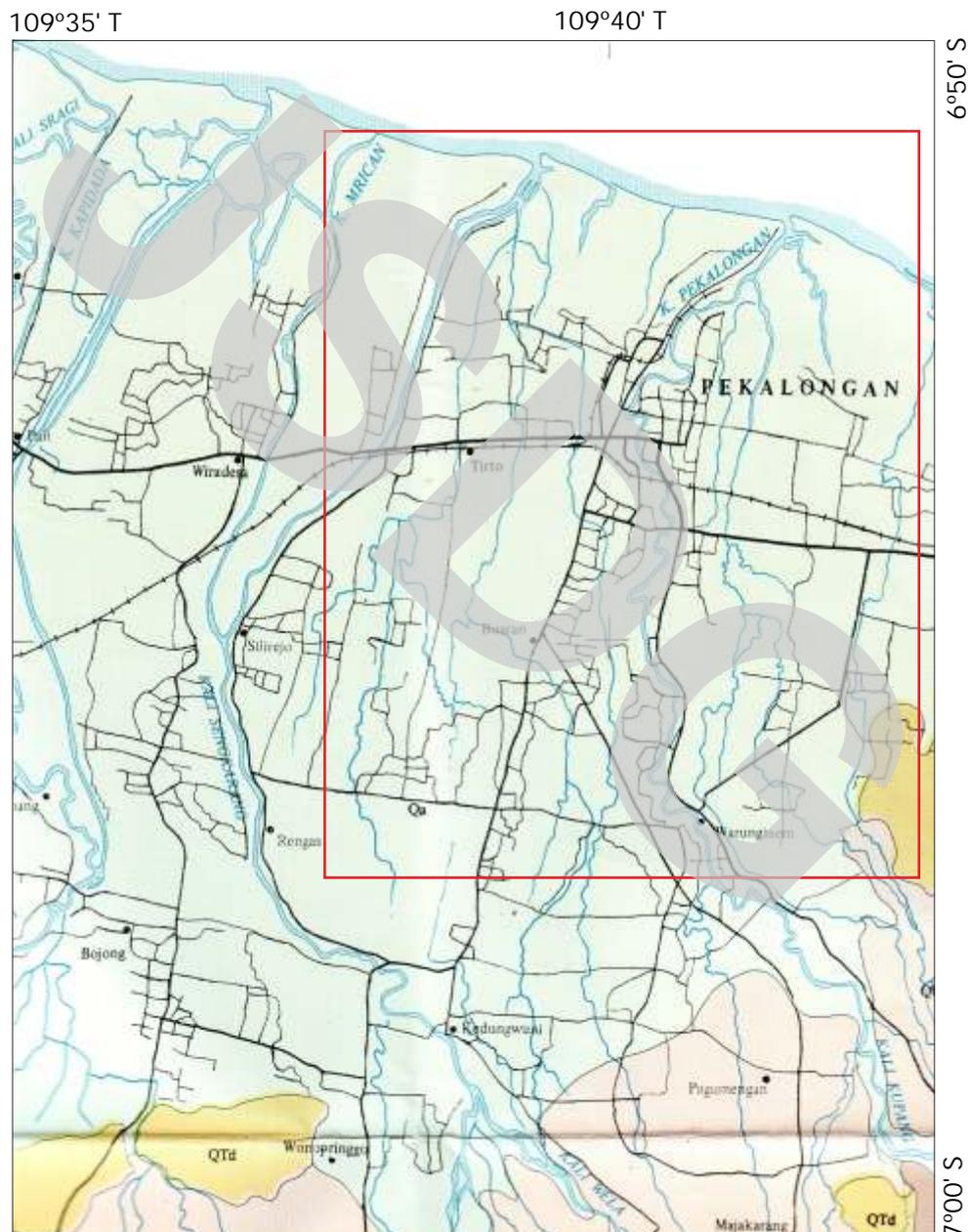
Endapan termuda yang menyusun daerah penelitian adalah Aluvium (Qa) yang terdiri atas kerikil, pasir, lanau dan lempung, endapan sungai dan rawa. Endapan ini berumur Holosen dan proses pengendapannya masih berlangsung hingga sekarang. Ketebalan endapan ini mencapai 150 m.

Struktur Geologi

Struktur geologi yang dapat diamati berada jauh di selatan daerah penelitian, yaitu di daerah perbukitan yang terdiri atas struktur kekar tarik dan kekar gerus,

struktur patahan naik, geser dan turun (Gambar 5). Struktur tersebut umumnya berarah barat laut – tenggara. Di daerah ini, pola aliran sungainya cenderung mengikuti arah kekar ataupun patahan yang ada, berarah barat laut – tenggara.

Berdasarkan hasil penelitian dari Tim Pusat Survei Geologi pada tahun-tahun sebelumnya, dinyatakan bahwa patahan-patahan yang berada di selatan daerah Pekalongan dikategorikan sebagai patahan aktif (Sidarto dr., 2008).



Gambar 4. Peta Geologi daerah penelitian dan wilayah pengukuran mikrotremor (Condon, W.H., dr, 1996)

Mikrotremor Daerah Pekalongan

Penelitian dan pemetaan mikrotremor di Kota Pekalongan dan sekitarnya, dilakukan 73 titik pengukuran dengan interval sejauh 1 km.

Hasil analisis data mikrotremor yang langsung dapat diperoleh dari analisis ini adalah nilai frekuensi dan amplifikasi tanah setiap titik pengukuran. Nilai periode dominan tanahnya adalah berbanding terbalik dengan nilai frekuensinya, yang secara matematis dirumuskan oleh persamaan :

$$T = 1/f$$

T : adalah periode dominan (dalam detik)

f : adalah frekuensi

Keseluruhan hasil analisis mikrotremor daerah Kota Pekalongan dan sekitarnya dapat dilihat dalam Tabel 1. Nilai amplifikasi tanah terendah di daerah tersebut adalah 3,71 di titik P 10 dan tertinggi adalah 12,91 di titik S 66. Sementara nilai periode dominan tanah terendah adalah 0.473934 di titik P 14 dan tertinggi adalah 1.538462 di titik S 35.

Selain nilai amplifikasi, frekuensi dan periode dominan tanah, dapat dihitung pula ketebalan sedimen lunak permukaan apabila diketahui nilai kecepatan gelombang shearnya (V_s).

Ketebalan sedimen dihitung berdasarkan frekuensi pada amplifikasi tertinggi dan kecepatan gelombang V_s , dan dirumuskan dengan persamaan berikut :

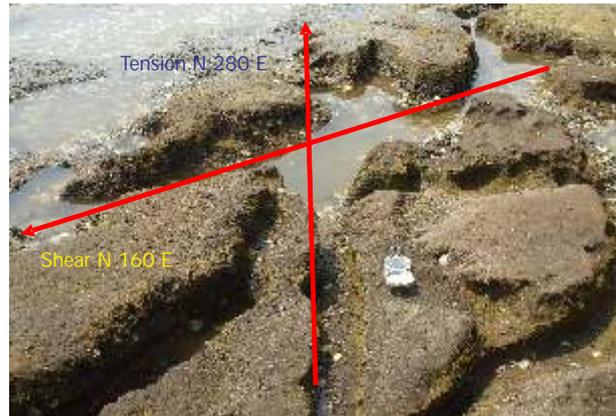
$$H = V_s/4f$$

H : Ketebalan sedimen lunak sampai batas dengan batuan yang lebih keras (m)

V_s : Kecepatan gelombang s (m/dt)

f : Frekuensi (1/dt)

Berdasarkan kedua persamaan di atas, terlihat bahwa semakin tinggi nilai periode dominannya, sedimen lunaknya semakin tebal. Untuk menghitung ketebalan sedimen lunak di Kota Pekalongan, maka nilai V_s -nya diperkirakan sebesar 175 m/dt. Hal ini dibandingkan dengan V_s di dataran fluvio-vulkanik Jogjakarta yang diperoleh dengan metode pemboran sebesar 182 m/dt (Fakultas Teknik Geologi UGM, 2007). Dataran fluvio-vulkanik Jogjakarta lebih keras bila dibandingkan dengan dataran aluvium Kota Pekalongan. Berdasarkan nilai V_s tersebut, ketebalan sedimen lunak di setiap titik ukur mikrotremor di daerah Kota Pekalongan dapat dihitung, dan hasilnya dapat dilihat di Tabel 2.



Gambar 5. Singkapan batupasir Formasi Damar di pantai Ujungnegoro (S 06°53'32,0"; E 109°47'56,9"), memperlihatkan struktur kekar.



Gambar 6. Kekar yang berkembang pada batuan breksi andesit Formasi Damar, Lokasi K. Lojahan, Kp Kalibokor, Cepokokuning (S 06°57'12,1"; E 109°45'21,8).

Dari hasil perhitungan ketebalan sedimen lunak (Tabel 2), terlihat bahwa sedimen lunak tertipis berada di titik P 14 sebesar 20,7346 m dan yang paling tebal berada di titik S 35 sebesar 67,30769 m.

Faktor amplifikasi merupakan gambaran penguatan gelombang gempa pada suatu lahan, sedangkan periode dominan memberikan informasi tentang ketebalan sedimen lunaknya.

Nilai-nilai amplifikasi dan periode dominan hasil pengolahan data mikrotremor, dipergunakan untuk membuat peta amplifikasi dan peta periode Kota Pekalongan. Pembuatan peta ini menggunakan perangkat lunak Surfer 8.0. Peta yang dihasilkan adalah : Peta amplifikasi tanah kota Pekalongan dan sekitarnya (Gambar 7) dan Peta Periode Dominan tanah kota Pekalongan dan sekitarnya (Gambar 8).

Berdasarkan hasil perhitungan ketebalan sedimen lunak dalam Tabel 2, maka dapat dibuat Peta Kontur Ketebalan Sedimen Lunak seperti terlihat pada Gambar 9. Dari peta tersebut tampak bahwa dasar cekungan sedimen lunak tidak rata, pada titik-titik pengukuran S 12, S 37, S 48 dan P 23, dasar cekungannya lebih menyembul ke atas, sehingga

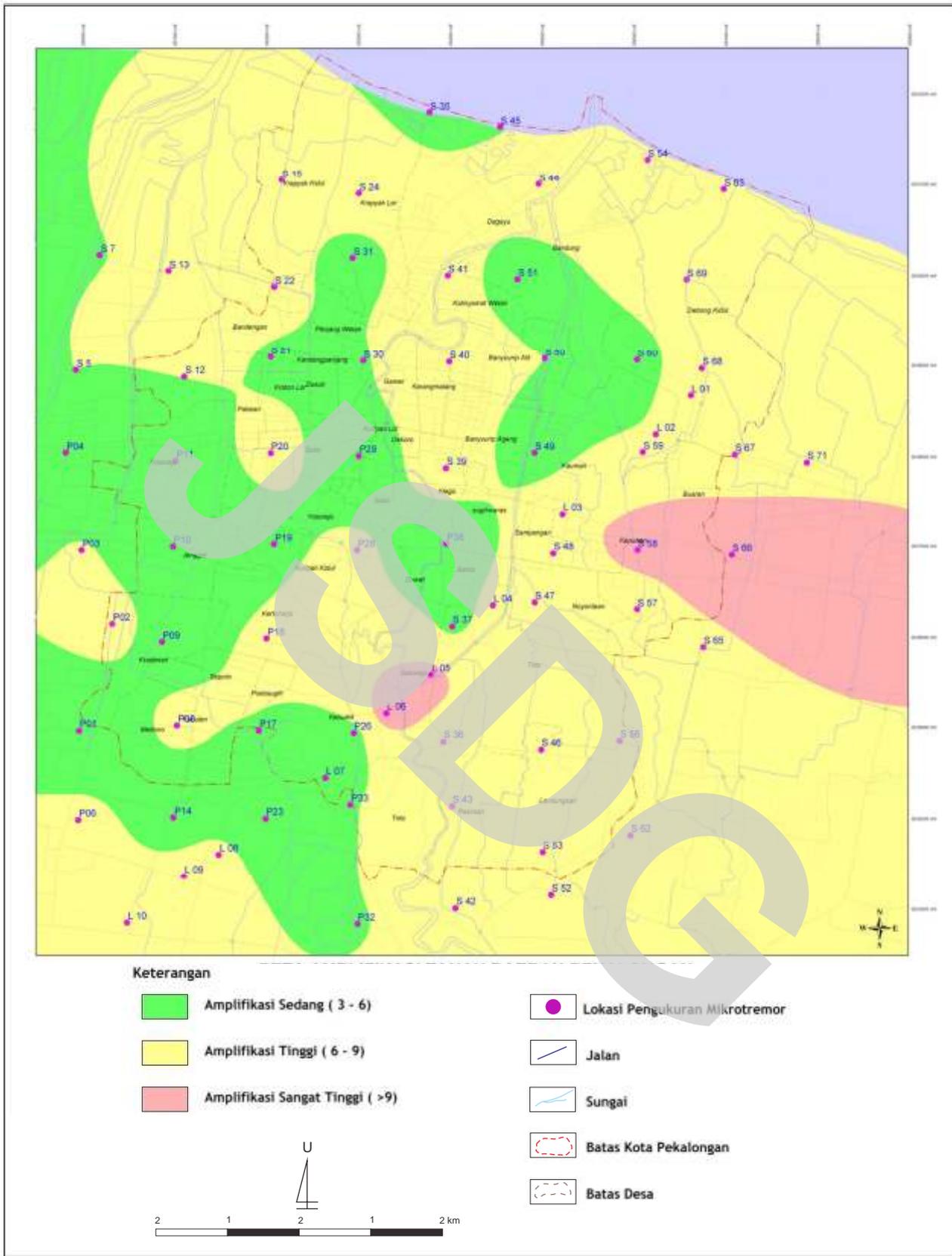
ketebalan sedimen lunak di titik-titik tersebut lebih tipis dibandingkan dengan di titik-titik lainnya. Konfigurasi dasar cekungan akan lebih terlihat bila dibuat profil mikrotremor seperti terlihat pada Gambar 10. Secara umum, ke arah laut sedimen lunaknya semakin menebal.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Mikrotremor Kota Pekalongan dan Sekitarnya

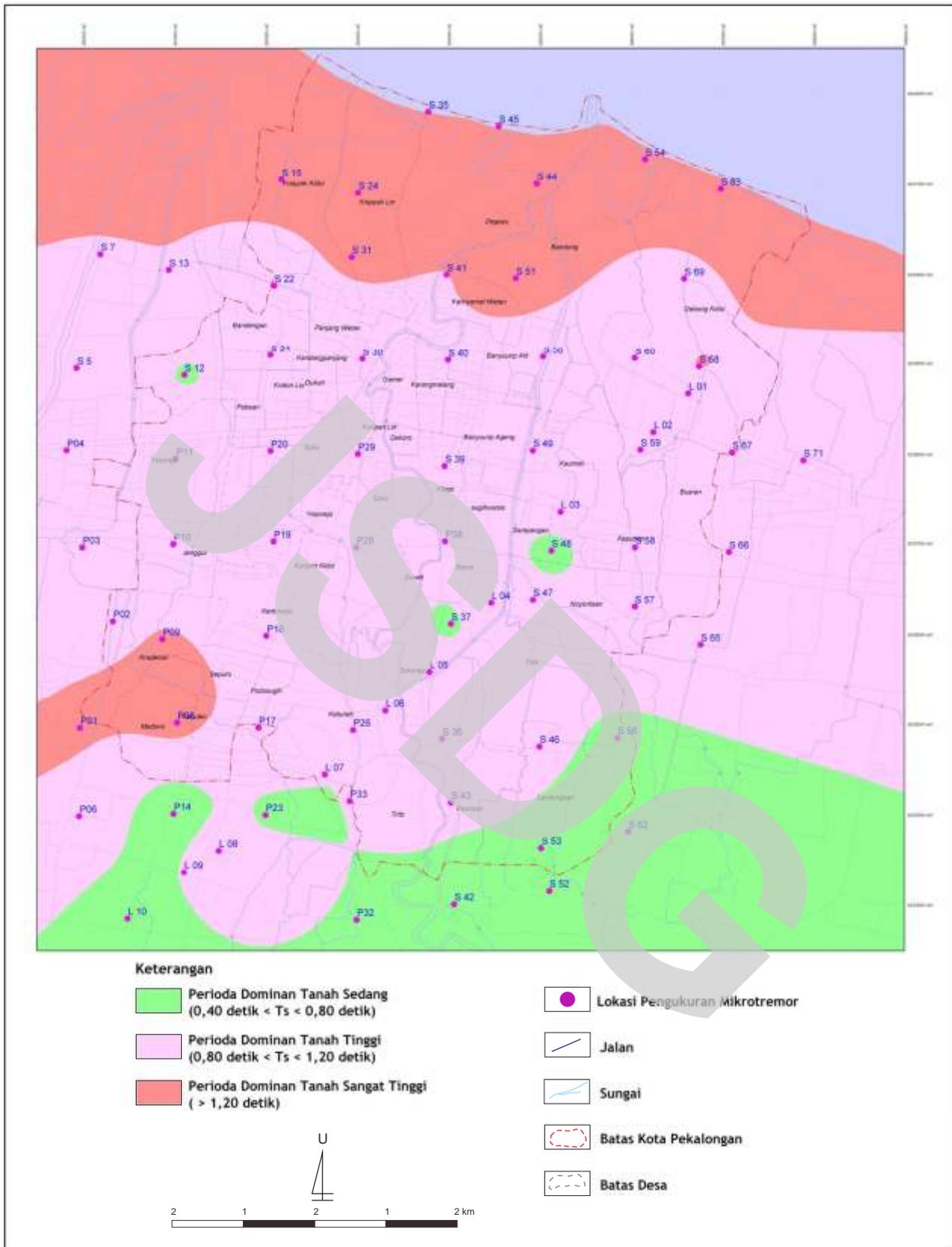
No Urut	No Titik	Koordinat UTM 49 M			Amplifikasi	Frekuensi (f)	Periode (T=detik)	Lokasi
		X	Y	elev				
1	S 12	351115	9238879	16 m	6.03	1.32	0.757576	Depan Kel Pasirsari
2	S 13	350944	9240057	18 m	8.67	0.85	1.176471	Kp Mulyosari
3	S 15	352176	9241055	16 m	6.6	0.79	1.265823	Kramat Kidul
4	S 21	352057	9239099	19 m	5.67	1.12	0.892857	Kramat sari
5	S 22	352098	9239883	17 m	7.02	0.93	1.075269	Kp Jeruksari
6	S 24	353016	9240907	10 m	7.45	0.79	1.265823	Perum Korpri, Kandangpanjang
7	S 30	353064	9239057	19 m	5.84	0.89	1.123596	Kantor Perhutani, Jl. Progo
8	S 31	352948	9240198	16 m	5.01	0.8	1.25	Perum Palapa
9	S 35	353786	9241804	21 m	5.33	0.65	1.538462	Krematorium, Kandangpanjang
10	S 39	353964	9237879	20 m	7.69	0.87	1.149425	Jl. Toba
11	S 40	354000	9239046	20 m	7.92	0.91	1.098901	
12	S 41	353985	9240006	21 m	7.23	0.84	1.190476	Kp Kranyak
13	S 44	354973	9241010	19 m	7.69	0.74	1.351351	Kp Pucung, Dok kapal
14	S 45	354556	9241645	16 m	5.84	0.71	1.408451	Pantai Sari, Boom
15	S 49	354930	9238048	19 m	4.45	0.99	1.010101	Kp. Setono
16	S 5	349935	9238954	21 m	6.03	0.89	1.123596	Kp Karangjampo
17	S 50	355042	9239081	19 m	6.03	1.03	0.970874	Pinggir kanal K. Banger
18	S 51	354744	9239966	22 m	4.40	0.71	1.408451	Gg Mentari, Kranyak Lor
19	S 54	356160	9241283	19 m	7.45	0.76	1.315789	Mesjid Slamaran
20	S 59	356107	9238057	18 m	6.8	0.89	1.123596	Perum Griya Sejahtera, Gamer
21	S 60	356047	9239067	16 m	4.3	0.98	1.020408	Kp Slumprit, Kel Degayu, Pkl Utara
22	S 63	356989	9240953	16 m	6.39	0.67	1.492537	Kp Slamaran, tepi pantai
23	S 66	357078	9236911	17 m	12.91	0.87	1.149425	Perum Pisma Graha, Kasepuhan, Batang
24	S 67	357111	9238027	20 m	6.03	0.99	1.010101	Kp Gamer, Kel Gamer
25	S 68	356750	9238972	19 m	8.18	0.82	1.219512	Degayu, Pkl Utara
26	S 69	356587	9239962	16 m	8.67	0.91	1.098901	Degayu, Pkl Utara
27	S 7	350194	9240230	19 m	5.67	0.85	1.176471	Kp Babadan, Ds. Mulyosari
28	S 71	357894	9237940	20 m	7.92	0.99	1.010101	Kp Sewunut, Ds Genasri Wetan, Kab Batang
29	S 52	355110	9233160	28 m	6.39	1.55	0.645161	Kp./Ds Kalibeluk, Kab Batang
30	S 42	354068	9233014	32 m	8.42	1.29	0.775194	Kp/Ds Gapuro, Warungasem, Batang
31	S 43	354033	9234141	29 m	8.42	1.21	0.826446	Kuripan Kidul, Pekalongan Selatan
32	S 46	355002	9234758	24 m	7.44	1.09	0.917431	
33	S 57	356046	9236312	26 m	6.39	0.97	1.030928	Baros, Kel Baros
34	S 56	355856	9234855	25 m	6.21	1.4	0.714286	Kp/Kel Soko
35	S 37	354033	9236122	22 m	5.34	1.37	0.729927	Kuburan Cina, Kp Langkap
36	S 36	353937	9234844	25 m	7.02	1.01	0.990099	Kuripan Lor
37	S 47	354931	9236386	18 m	8.95	1.09	0.917431	
38	S 48	355133	9236925	12 m	7.23	1.43	0.699301	Kp Setono
39	S 58	356049	9236961	14 m	10.09	1.07	0.934579	Kp Baros, Pekalongan Timur
40	S 65	356767	9235896	17 m	7.45	0.97	1.030928	Tengah sawah, Kab Batang
41	S 62	355974	9233820	20 m	7.92	1.83	0.546448	Lap bola Kp / Ds Sijono, Kec Warungasem, Kab Batang
42	S 53	355019	9233640	22 m	7.69	1.37	0.729927	Kp Kanyaran, Kel Duwet
43	L 01	356632	9238675	4 m	7.69	0.93	1.075269	
44	L 02	356250	9238250		6.39	0.87	1.149425	
45	L 03	355234	9237376	14 m	8.42	1.03	0.970874	
46	L 04	354475	9236354	22 m	6.8	0.97	1.030928	
47	L 05	353797	9235595	20 m	9.8	1.03	0.970874	
48	L 06	353316	9235156	23 m	10.43	0.95	1.052632	
49	L 07	352653	9234451	29 m	4.18	1.24	0.806452	
50	L 08	351491	9233608	31 m	6.8	0.89	1.123596	
51	L 09	351111	9233369	32 m	6.8	1.21	0.826446	
52	L 10	350492	9232856	33 m	6.8	1.65	0.606061	
53	P01	349970	9234964	25 m	3.86	0.81	1.234568	
54	P02	350331	9236150	21 m	6.97	0.93	1.075269	Bumirejo
55	P03	349997	9236961	21 m	6.29	0.96	1.041667	Graha Tirta Asri Tanjung, Ds Tanjung, Kab Pekalongan
56	P04	349825	9238050	21 m	3.72	1.15	0.869565	Sepacar, kel Tirto
57	P06	349962	9233990	27 m	6.97	0.86	1.162791	Kp / Kel Paweden
58	P08	351035	9235022	28 m	6.69	0.75	1.333333	
59	P09	350874	9235954	22 m	4.92	0.81	1.234568	Ponpes baru
60	P10	350994	9236997	21 m	3.71	0.98	1.020408	Kel Tegalrejo
61	P11	351020	9237959	20 m	4.1	0.89	1.123596	Kel Tirto RT 03 RW 06, Pkl Brt

Tabel 2. Ketebalan Sedimen Lunak Kota Pekalongan dan Sekitarnya

No Urut	No Titik	Koordinat UTM 49 M			Frek (f)	Periode (T=dtk)	Tebal sed (m)
		X	Y	elev			
1	S 12	351115	9238879	16 m	1.32	0.757576	33.14394
2	S 13	350944	9240057	18 m	0.85	1.176471	51.47059
3	S 15	352176	9241055	16 m	0.79	1.265823	55.37975
4	S 21	352057	9239099	19 m	1.12	0.892857	39.0625
5	S 22	352098	9239883	17 m	0.93	1.075269	47.04301
6	S 24	353016	9240907	10 m	0.79	1.265823	55.37975
7	S 30	353064	9239057	19 m	0.89	1.123596	49.1573
8	S 31	352948	9240198	16 m	0.8	1.25	54.6875
9	S 35	353786	9241804	21 m	0.65	1.538462	67.30769
10	S 39	353964	9237879	20 m	0.87	1.149425	50.28736
11	S 40	354000	9239046	20 m	0.91	1.098901	48.07692
12	S 41	353985	9240006	21 m	0.84	1.190476	52.08333
13	S 44	354973	9241010	19 m	0.74	1.351351	59.12162
14	S 45	354556	9241645	16 m	0.71	1.408451	61.61972
15	S 49	354930	9238048	19 m	0.99	1.010101	44.19192
16	S 5	349935	9238954	21 m	0.89	1.123596	49.1573
17	S 50	355042	9239081	19 m	1.03	0.970874	42.47573
18	S 51	354744	9239966	22 m	0.71	1.408451	61.61972
19	S 54	356160	9241283	19 m	0.76	1.315789	57.56579
20	S 59	356107	9238057	18 m	0.89	1.123596	49.1573
21	S 60	356047	9239067	16 m	0.98	1.020408	44.64286
22	S 63	356989	9240953	16 m	0.67	1.492537	65.29851
23	S 66	357078	9236911	17 m	0.87	1.149425	50.28736
24	S 67	357111	9238027	20 m	0.99	1.010101	44.19192
25	S 68	356750	9238972	19 m	0.82	1.219512	53.35366
26	S 69	356587	9239962	16 m	0.91	1.098901	48.07692
27	S 7	350194	9240230	19 m	0.85	1.176471	51.47059
28	S 71	357894	9237940	20 m	0.99	1.010101	44.19192
29	S 52	355110	9233160	28 m	1.55	0.645161	28.22581
30	S 42	354068	9233014	32 m	1.29	0.775194	33.91473
31	S 43	354033	9234141	29 m	1.21	0.826446	36.15702
32	S 46	355002	9234758	24 m	1.09	0.917431	40.13761
33	S 57	356046	9236312	26 m	0.97	1.030928	45.10309
34	S 56	355856	9234855	25 m	1.4	0.714286	31.25
35	S 37	354033	9236122	22 m	1.37	0.729927	31.93431
36	S 36	353937	9234844	25 m	1.01	0.990099	43.31683
37	S 47	354931	9236386	18 m	1.09	0.917431	40.13761
38	S 48	355133	9236925	12 m	1.43	0.699301	30.59441
39	S 58	356049	9236961	14 m	1.07	0.934579	40.88785
40	S 65	356767	9235896	17 m	0.97	1.030928	45.10309
41	S 62	355974	9233820	20 m	1.83	0.546448	23.9071
42	S 53	355019	9233640	22 m	1.37	0.729927	31.93431
43	L 01	356632	9238675	4 m	0.93	1.075269	47.04301
44	L 02	356250	9238250		0.87	1.149425	50.28736
45	L 03	355234	9237376	14 m	1.03	0.970874	42.47573
46	L 04	354475	9236354	22 m	0.97	1.030928	45.10309
47	L 05	353797	9235595	20 m	1.03	0.970874	42.47573
48	L 06	353316	9235156	23 m	0.95	1.052632	46.05263
49	L 07	352653	9234451	29 m	1.24	0.806452	35.28226
50	L 08	351491	9233608	31 m	0.89	1.123596	49.1573
51	L 09	351111	9233369	32 m	1.21	0.826446	36.15702
52	L 10	350492	9232856	33 m	1.65	0.606061	26.51515
53	P01	349970	9234964	25 m	0.81	1.234568	54.01235
54	P02	350331	9236150	21 m	0.93	1.075269	47.04301
55	P03	349997	9236961	21 m	0.96	1.041667	45.57292
56	P04	349825	9238050	21 m	1.15	0.869565	38.04348
57	P06	349962	9233990	27 m	0.86	1.162791	50.87209
58	P08	351035	9235022	28 m	0.75	1.333333	58.33333
59	P09	350874	9235954	22 m	0.81	1.234568	54.01235
60	P10	350994	9236997	21 m	0.98	1.020408	44.64286
61	P11	351020	9237959	20 m	0.89	1.123596	49.1573



Gambar 7. Peta Amplifikasi Tanah Kota Pekalongan dan sekitarnya.



Gambar 8. Peta Periode Dominan Tanah Kota Pekalongan dan sekitarnya.

Mikrozonasi Kerentanan Bencana Gempa bumi Pekalongan

Zonasi, baik makro maupun mikro merupakan suatu bentuk informasi kewilayahan berdasarkan parameter-parameter terukur dari suatu kajian. Makrozonasi dan mikrozonasi dibedakan berdasarkan tingkat kerinciannya yang tertuang dalam skala peta. Untuk kajian aspek bencana alam, deliniasi zona kerentanan bencana dalam bentuk makrozonasi diperuntukan bagi wilayah yang lebih luas di dalam kesatuan wilayah bencana yang tidak dibatasi oleh wilayah administratif, sedangkan deliniasi kerentanan bencana dalam bentuk mikrozonasi diperuntukan bagi wilayah pengembangan, yaitu pengembangan kota yang secara administratif menempati wilayah kota.

Pentingnya peranan peta mikrozonasi kerentanan bencana alam geologi ini bagi suatu wilayah adalah untuk mengidentifikasi jenis dan sebaran daerah potensi bencana alam geologi di suatu wilayah serta kemungkinan dampak yang ditimbulkannya, khususnya bencana alam gempa bumi, yang diharapkan menjadi dasar terwujudnya keberlangsungan pembangunan di wilayah tersebut di dalam keseimbangan alam dan lingkungannya.

Banyak kejadian gempa bumi, menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang terjadi tidak selalu linier terhadap jarak ke pusat gempa, kerusakan bersifat sporadis /setempat-setempat, bahkan di wilayah yang jauh dari sumber gempanya. Hal ini menunjukkan bahwa efek geologi setempat (*site effect*) cukup besar perannya dalam menyumbang tingkat kerusakan.

Site effect mempunyai peran penting dalam mengkarakterisasi getaran seismik karena dapat mengamplifikasi atau deamplifikasi getaran seismik sesaat sebelum mencapai permukaan tanah (Kusumaningsih, 2004 dalam A. Ratdomopurbo, 2008). Studi mengenai *site effect* melibatkan perhitungan mengenai frekuensi fundamental gelombang seismik pada lapisan tanah yang merepresentasikan frekuensi diri lapisan tanah (Gambar 11).

Berdasarkan prinsip resonansi, suatu benda akan ikut bergetar jika terdapat suatu pengganggu yang memiliki frekuensi sama atau mendekati frekuensi diri benda tersebut. Fenomena ini yang bisa menyebabkan amplifikasi atau deamplifikasi. Jika suatu bangunan memiliki frekuensi diri yang relatif

sama dengan frekuensi diri dengan lapisan tanah tempat bangunan tersebut berada maka jika tanah tersebut mengalami gangguan, semisal gempa, bangunan tersebut akan berpotensi untuk rusak.

Besarnya amplifikasi lahan bergantung pada besarnya kontras impedansi, yaitu perbedaan densitas dan kecepatan gelombang seismik. Lahan yang mempunyai amplifikasi besar berarti mempunyai perbedaan densitas dan Vs yang tinggi antara dua perlapisan geologi dangkal. Demikian sehingga, amplifikasi "rendah" dapat bermakna bahwa tidak ada lapisan sedimen lunak atau, bisa juga, bahwa perubahan impedansi dari permukaan ke kedalaman berlangsung secara gradual.

Parameter utama yang digunakan dalam kajian risiko terhadap guncangan gempa bumi adalah amplifikasi. Kriteria nilai amplifikasi / penguatan yang digunakan untuk klasifikasi mengacu pada Ratdomopurbo (2008), yaitu :

- nilai 0 – 3 : amplifikasi / penguatan rendah
- nilai 3 – 6 : amplifikasi / penguatan sedang
- nilai 6 – 9 : amplifikasi / penguatan tinggi
- nilai >9 : amplifikasi / penguatan

Pembuatan peta mikrozonasi kerentanan terhadap bahaya guncangan tanah akibat gempa bumi di wilayah Kota Pekalongan ini didasarkan pada nilai amplifikasi tanah setempat. Berdasarkan nilai-nilai amplifikasi seperti terlihat pada Tabel 1 dan periode dominan pada Gambar 8, maka Kota Pekalongan dapat dibagi menjadi tiga zona kerentanan bencana guncangan gempa bumi (lihat Gambar 12), yaitu: Pembuatan peta mikrozonasi kerentanan terhadap bahaya guncangan tanah akibat gempa bumi di wilayah Kota Pekalongan ini didasarkan pada nilai amplifikasi tanah setempat. Berdasarkan nilai-nilai amplifikasi seperti terlihat pada Tabel 1 dan periode dominan pada Gambar 8, maka Kota Pekalongan dapat dibagi menjadi tiga zona kerentanan bencana guncangan gempa bumi (lihat Gambar 12), yaitu:

Zona Rentan Guncangan Gempa Bumi I

Zona ini mempunyai karakteristik lahan dengan amplifikasi / penguatan sangat tinggi (>9 kali), yaitu antara 9,8 kali di titik L 05 hingga 12,91 kali, di titik S 66. Luasan zona ini sangat kecil dan terletak di bagian tengah sebelah timur daerah penelitian, meliputi daerah Keputran di perbatasan dengan

Kabupaten Batang, serta daerah Sukorejo. Periode dominan tanahnya 0,93 – 1,15 detik dengan ketebalan sedimen lunak antara 40,14 – 50,29 m.

Tataguna lahan di daerah ini sebagian besar masih berupa pesawahan dan sedikit perumahan. Jumlah penduduk dan pemukiman pada zona masih sangat jarang. Di daerah Keputran dilintasi jalan kereta api aktif jalur Jakarta – Semarang, sehingga daerah perlu mendapat perhatian khusus bila terjadi kejadian gempa bumi.

Zona Rentan Goncangan Gempa Bumi II

Zona ini mempunyai karakteristik lahan dengan amplifikasi / penguatan tinggi (6 - 9 kali), yaitu antara 6,03 kali di titik S 12 dan S 67 hingga 8,95 kali di titik S 47. Periode dominannya antara 0,55 – 1,49 detik dengan ketebalan sedimen lunak 23,91 – 65,30 m. Penyebaran zona ini sangat luas mencapai lebih dari separuh luas daerah Kota Pekalongan. Tersebar dari pinggir selatan hingga ke pantai utara.

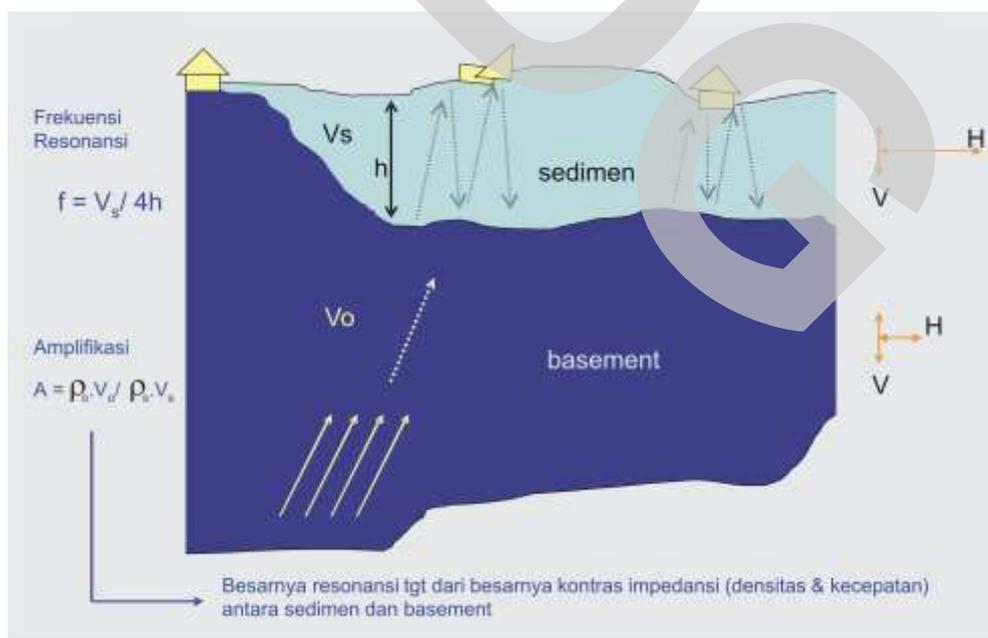
Bagian utara zona ini, masih berupa rawa yang dipergunakan untuk pertambakan. Ke arah selatan, zona ini merupakan dataran aluvium. Bagian timur zona ini sebagian besar dipergunakan untuk persawahan, antara lain di kampung / kelurahan Tirto, Pasirsari, Landungan, Noyontaan, dan Buaran. Sementara bagian tengah merupakan daerah

pemukiman yang cukup padat, memanjang dari selatan ke utara., antara lain di kampung / kelurahan Podosugih, Kertoharjo, Kuripan Kidul, Sampangan, Klego, Baunyuurip Ageng, Karangmalang, Kalinyamat, Krapyak Lor, dan Pabean.

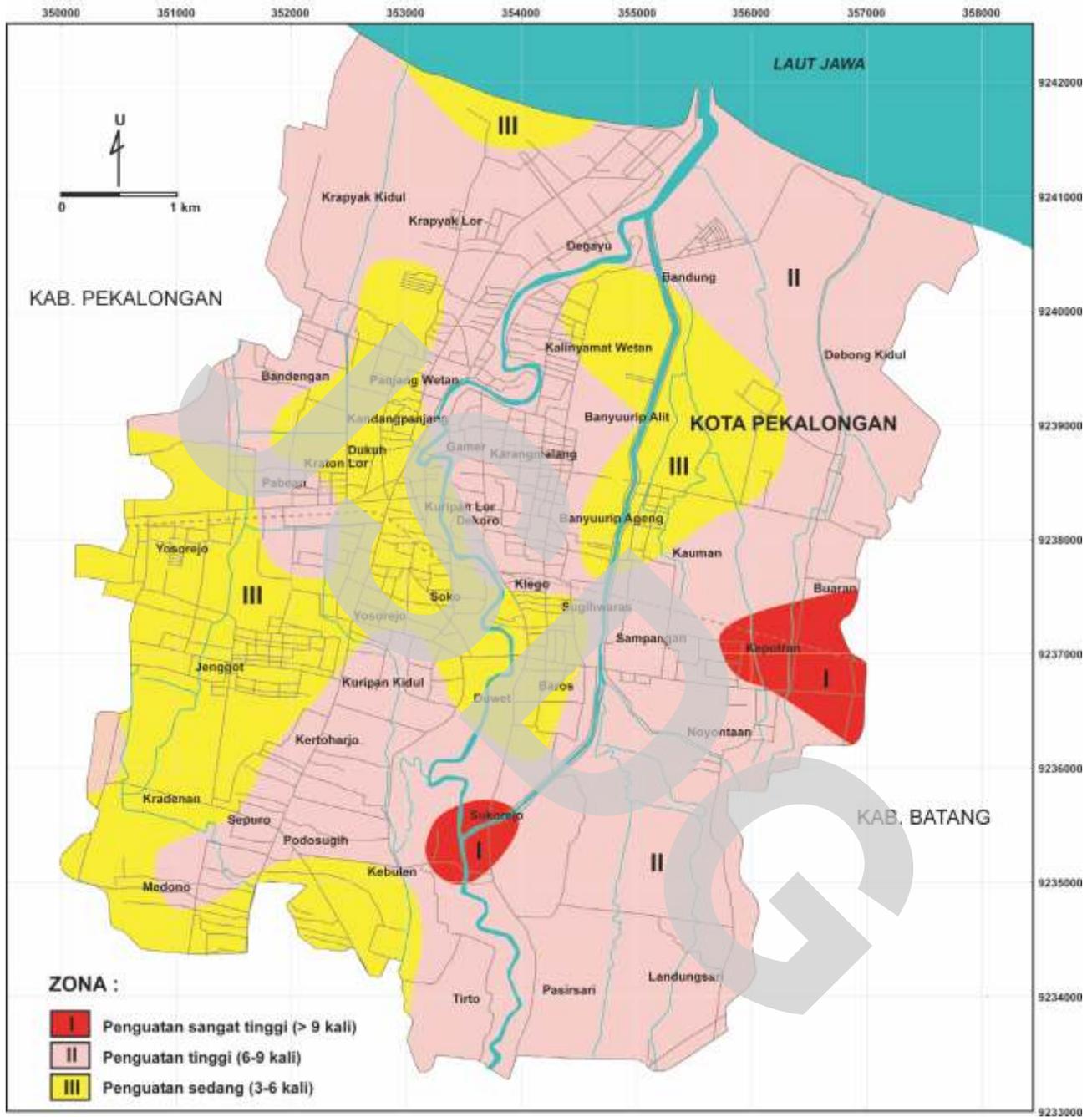
Zona Rentan Goncangan Gempa Bumi III

Zona ini mempunyai karakteristik lahan dengan amplifikasi / penguatan sedang (3 - 6 kali), yaitu antara 3,71 kali di titik P 10 hingga 5,84 kali di titik S 30. Periode dominannya antara 0,47 – 1,54 detik dengan ketebalan sedimen lunak 20,73 – 67,31 m. Penyebaran zona ini mencapai kurang dari separuh luas daerah Kota Pekalongan. Tersebar dari bagian barat hingga barat daya dan setempat-setempat berada di bagian tengah agak ke utara serta di pantai utara bagian barat.

Sebagian besar zona ini, masih berupa persawahan, terutama di bagian baratlata yaitu di kampung Medono dan Kradenan. Bagian tengah zona ini merupakan daerah perkotaan, antara lain di kampung / kelurahan Jenggot, Yosorejo, Soko, Baros, Kraton Lor, Panjangwetan dan Kandangpanjang. Zona ini secara setempat-setempat berada di kampung Banyuurip Alit dan tepi pantai sekitar krematorium Kandangpanjang.



Gambar 11. Konsep dasar fenomena amplifikasi gelombang seismik oleh adanya satuan sedimen yang berada di atas basement dengan perbedaan densitas ρ dan kecepatan V_s, V_o yang mencolok. Frekuensi resonansi banyak ditentukan oleh fisik dari lapisan sedimen yaitu ketebalan h dan kecepatan gelombang $S (V_s)$.



Gambar 12. Peta Mikrozonasi Bahaya Guncangan Gempa bumi Kota Pekalongan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mikrotremor di daerah Kota Pekalongan dan sekitarnya, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

- Karakteristik lahan di Kota Pekalongan dan sekitarnya mempunyai nilai amplifikasi / penguatan tanah antara 3,17 – 12, 91 kali. Lebih dari setengah luas wilayahnya mempunyai amplifikasi tinggi, hanya sebagian kecil dan setempat-setempat saja yang mempunyai amplifikasi sangat tinggi. Selebihnya mempunyai amplifikasi sedang. Nilai periode dominan tanahnya antara 0,48 – 1,54 detik, dengan ketebalan sedimen lunak antara 20,73 – 67,31 m. Pengalaman empiris dampak gempa bumi di tempat lain, lahan yang mempunyai amplifikasi tinggi hingga sangat tinggi akan mengalami kerusakan yang lebih tinggi pula.
- Daerah Kota Pekalongan dan sekitarnya tidak pernah mengalami bencana gempa bumi, namun dengan adanya patahan-patahan aktif di sebelah selatan daerah ini, kemungkinan bisa terjadi gempa apabila terjadi peningkatan aktivitas patahan tersebut, sehingga diperlukan kewaspadaan dalam menghadapi bahayanya.

- Untuk mengurangi jumlah korban akibat gempa bumi yaitu dengan cara mengetahui atau memetakan karakteristik tanah terhadap getaran gempa bumi serta meningkatkan kualitas bangunan
- Pemetaan mikrozonasi adalah langkah awal untuk mengurangi risiko bencana alam khususnya gempa bumi. Agar bisa menjadi nyata, upaya pengurangan risiko bencana, perlu langkah lanjut berupa kebijakan oleh Pemerintah Daerah untuk mengatur tata ruang. Daerah yang amplifikasi tanahnya tinggi – sangat tinggi harus dibangun dengan konstruksi khusus.

Ucapan Terima Kasih

Melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Robby Setianegara yang telah membantu penulis dalam menyiapkan gambar dan peta dalam tulisan ini. Selain itu juga kami mengucapkan terimakasih kepada Nengsri Mulyati atas bantuannya.

Acuan

- A. Ratdomopurbo., 2008. Pedoman Mikrozonasi, Materi Kursus, Bandung, tidak dipublikasikan.
- Condon, W.H., L. Pardyanto., drr, 1996. *Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Skala 1:100.000*, Edisi 2, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Fakultas Teknik Geologi UGM., 2007. Pengukuran amplifikasi tanah dengan pemoran. Laporan Intern, tidak dipublikasikan.
- Kanai, K., 1983. *Engineering Seismology*, University of Tokyo Press.
- Nakamura, 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30 (1): 25 -33.
- Sidarto, Santoso, dan Jamal., 2008. Penelitian Struktur Geologi Daerah Pekalongan Selatan Jawa Tengah, Pusat Survei Geologi, Laporan Intern, tidak dipublikasikan.
- Supartoyo, Eka T. Putranto, Surono., 2004. Katalog Gempabum Merusak, Tahun 1756 – 2004, Sub Dit Mitigasi Bencana Geologi, Bandung.