

BAB VI

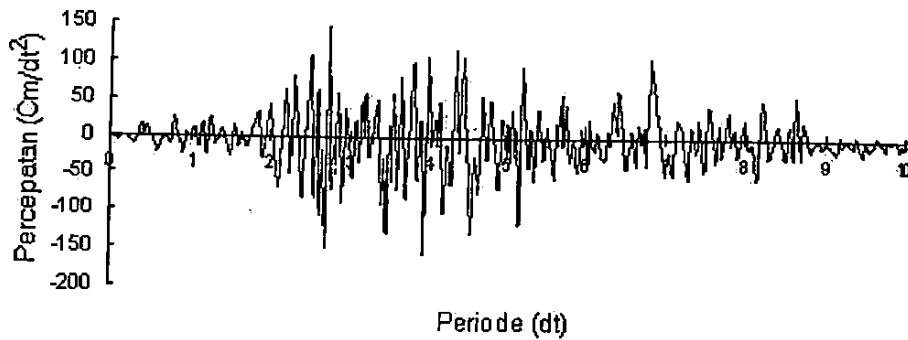
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dilakukan setelah program selesai dibuat yang dimulai dari pembahasan tentang normalisasi rekaman gempa, yang dibahas pada sub-bab 6.1, kemudian pengaruh tekanan permukaan terhadap rasio redaman dibahas pada sub-bab 6.2, dan pengaruh ketebalan lapisan pasir terhadap rasio redaman dibahas pada sub-bab 6.3.

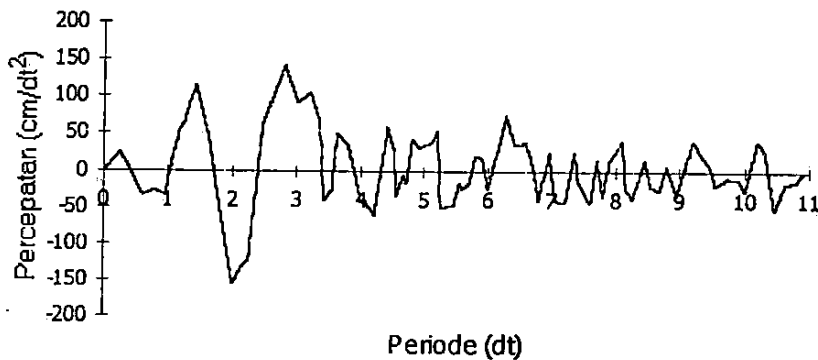
Pengaruh tekanan permukaan terhadap simpangan dibahas pada sub-bab 6.4, kemudian pengaruh ketebalan lapisan pasir terhadap simpangan pada sub-bab 6.5, pengaruh tekanan permukaan terhadap kandungan frekuensi tanah dibahas pada sub-bab 6.6, pengaruh ketebalan lapisan pasir terhadap kandungan frekuensi tanah dibahas pada sub bab 6.7, dan untuk mengetahui kedekatan frekuensi gempa terhadap frekuensi struktur tanah dibahas pada sub bab 6.8.

6.1. Rekaman Gempa.

Rekaman gempa yang dipergunakan di dalam penelitian ini adalah Gempa Koyna dan Bucharest yang telah discale down (dinormalisasi) terlebih dahulu sebelum dipergunakan sehingga mempunyai nilai percepatan maksimum yang sama, yaitu sebesar $156,80 \text{ cm/dt}^2$. Hal tersebut dimaksudkan karena data rekaman gempa yang didapat merupakan rekaman di permukaan, sehingga hasilnya tidak bisa langsung digunakan, namun dirubah sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai rekaman di *base rock*. Sedangkan tentang besarnya percepatan maksimum yang sama, dimaksudkan untuk melihat apakah akan mendapatkan respon yang sama atau tidak. Data rekaman gempa yang telah discale down dapat dilihat pada Gambar 6.1 untuk gempa Koyna, dan Gambar 6.2 untuk gempa Bucharest.



Gambar 6.1. Rekaman Gempa Koyna Scale Down 0,29.



Gambar 6.2. Rekaman Gempa Bucharest Scale Down 0,67.

6.2. Pengaruh Tekanan Permukaan Terhadap Rasio Redaman.

Hasil analisis hubungan antara tekanan permukaan terhadap rasio redaman akibat beban gempa Koyna untuk tanah non linier elastis disajikan selengkapnya pada Tabel 6.1, sedangkan akibat beban gempa Bucharest disajikan pada Tabel 6.2.

Berdasarkan Tabel 6.1 dan Tabel 6.2, didapat bahwa semakin berat beban bangunan semakin besar pula tekanan permukaan baik akibat beban gempa Koyna maupun beban gempa Bucharest. Damping rasio pada tanah tanpa pasir maupun dengan pasir, dengan semakin besar tekanan permukaan besarnya tidak berubah, bahkan cenderung mempunyai besaran yang stabil. Sedangkan tanah yang menggunakan pasir mempunyai damping rasio sebesar 10,21 %, akibat beban gempa Koyna dan sebesar 7,87 % akibat beban gempa Bucharest, hal tersebut terjadi pada tanah linier elastis maupun non linier elastis. Dari kondisi tersebut dapat dikatakan bahwa tekanan tanah tidak berpengaruh terhadap besarnya damping rasio. Namun jika dibandingkan dengan lapisan tanah tanpa pasir maka akan terlihat terjadi peningkatan damping rasio yaitu sekitar 33 %.

Tabel 6.1. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Rasio Redaman Akibat Gempa
Koyna

Beban (ton)	Tekanan (kg/cm ²)	Damping Rasio Untuk Ketebalan Pasir					Peningkatan (%) Damping Rasio
		0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm	
0	-	5.91	7.87	7.87	7.87	7.87	33.1277
10000	0.8889	5.91	7.87	7.87	7.87	7.87	33.1277
20000	1.7778	5.91	7.87	7.87	7.87	7.87	33.1277
30000	2.6667	5.91	7.87	7.87	7.87	7.87	33.1277
40000	3.5556	5.91	7.87	7.87	7.87	7.87	33.1277

Tabel 6.2. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Rasio Redaman Akibat Gempa
Bucharest

Beban (ton)	Tekanan (kg/cm ²)	Damping Rasio Untuk Ketebalan Pasir					Peningkatan (%) Damping Rasio
		0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm	
0	-	7.66	10.21	10.21	10.21	10.21	33.2632
10000	0.8889	7.66	10.21	10.21	10.21	10.21	33.2634
20000	1.7778	7.66	10.21	10.21	10.21	10.21	33.2632
30000	2.6667	7.66	10.21	10.21	10.21	10.21	33.2632
40000	3.5556	7.66	10.21	10.21	10.21	10.21	33.2632

6.3. Pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Terhadap Rasio Redaman.

Pengaruh ketebalan lapisan pasir terhadap rasio redaman pada tanah non linier elastis dapat dilihat pada Tabel 6.1 akibat beban gempa Koyna, dan Tabel 6.2 akibat beban gempa Bucharest. Dari Tabel tersebut menunjukkan bahwa besarnya damping rasio cenderung stabil baik akibat gempa Koyna maupun gempa Bucharest, atau dapat dikatakan bahwa ketebalan pasir tidak berpengaruh terhadap besarnya damping rasio.

Jika dibandingkan dengan tanah tanpa lapisan pasir dengan adanya lapisan pasir dapat meningkatkan rasio redaman. Akibat gempa Koyna yang semula antara 7,66 % menjadi 10,21 % atau meningkat antara 33,26 %. Sedangkan akibat gempa Bucharest yang semula antara 5,91 % menjadi 7,87 % atau meningkat sebesar 33,13 %. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pasir akan dapat meningkatkan rasio redaman sekitar 33

Hasil tersebut lebih besar jika dibanding dengan hasil penelitian Mahmud (2004) mengatakan bahwa pasir dapat meningkatkan rasio redaman sebesar 2,1 % sampai dengan 8,2 %. Perbedaan ini dapat terjadi karena pada penelitian yang dilakukan Mahmud (2004) hanya menggunakan tanah satu lapis dan spesifikasinya (kepadatannya) tidak betul-betul sesuai dengan kondisi dilapangan. Sedangkan pada penelitian ini data yang dipergunakan adalah data yang betul-betul sesuai dengan kondisi dilapangan.

6.4. Pengaruh Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan.

Hasil analisis hubungan antara tekanan permukaan terhadap simpangan pada tanah non elastis linier akibat beban gempa Koyna disajikan selengkapnya pada Tabel 6.3, sedangkan akibat beban gempa Bucharest disajikan pada Tabel 6.4, atau dapat digambarkan grafiknya sebagaimana terlihat pada Gambar 6.1 akibat gempa Koyna, dan Gambar 6.2 akibat gempa Bucharest.

Tabel 6.3. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Koyna

Beban (ton)	Tekanan (kg/cm ²)	Simpangan (cm) Untuk Ketebalan Pasir				
		0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
0	-	0.7149	0.7163	0.7137	0.7059	0.6951
10000	0.8889	0.7148	0.7162	0.7136	0.7058	0.6950
20000	1.7778	0.7147	0.7160	0.7134	0.7057	0.6949
30000	2.6667	0.7146	0.7159	0.7133	0.7056	0.6948
40000	3.5556	0.7144	0.7158	0.7132	0.7055	0.6947

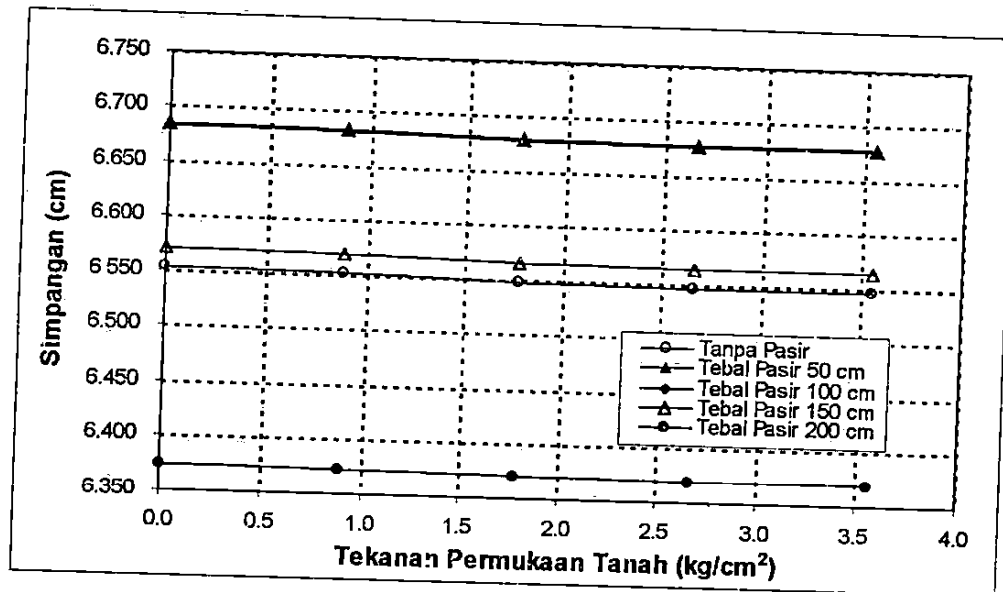
Tabel 6.4. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Bucharest

Beban (ton)	Tekanan (kg/cm ²)	Simpangan (cm) Untuk Ketebalan Pasir				
		0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
0	-	6.553	6.685	6.683	6.570	6.375
10000	0.8889	6.551	6.683	6.681	6.568	6.373
20000	1.7778	6.548	6.680	6.679	6.566	6.371
30000	2.6667	6.546	6.678	6.677	6.565	6.370
40000	3.5556	6.546	6.678	6.677	6.565	6.370

Berdasarkan Gambar 6.3 dan Gambar 6.4, dapat dianalisis bahwa semakin meningkat tekanan permukaan tanah maka akan semakin menurun besarnya simpangan pada

permukaan tanah, baik akibat gempa Koyna maupun gempa Bucharest. Simpangan non linier elastis akibat beban gempa koyna lebih kecil jika dibandingkan dengan linier elastis, sedangkan akibat gempa Bucharest simpangan non linier elastis lebih besar jika dibandingkan dengan linier elastis.

Gambar 6.3. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Gempa Koyna

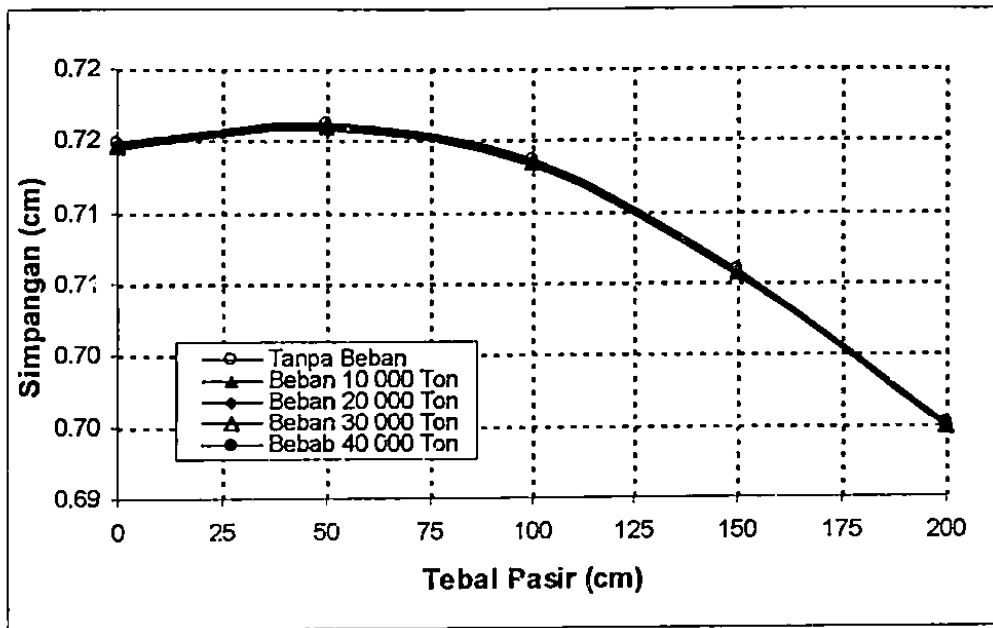


Gambar 6.4. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Simpangan Akibat Gempa Bucharest

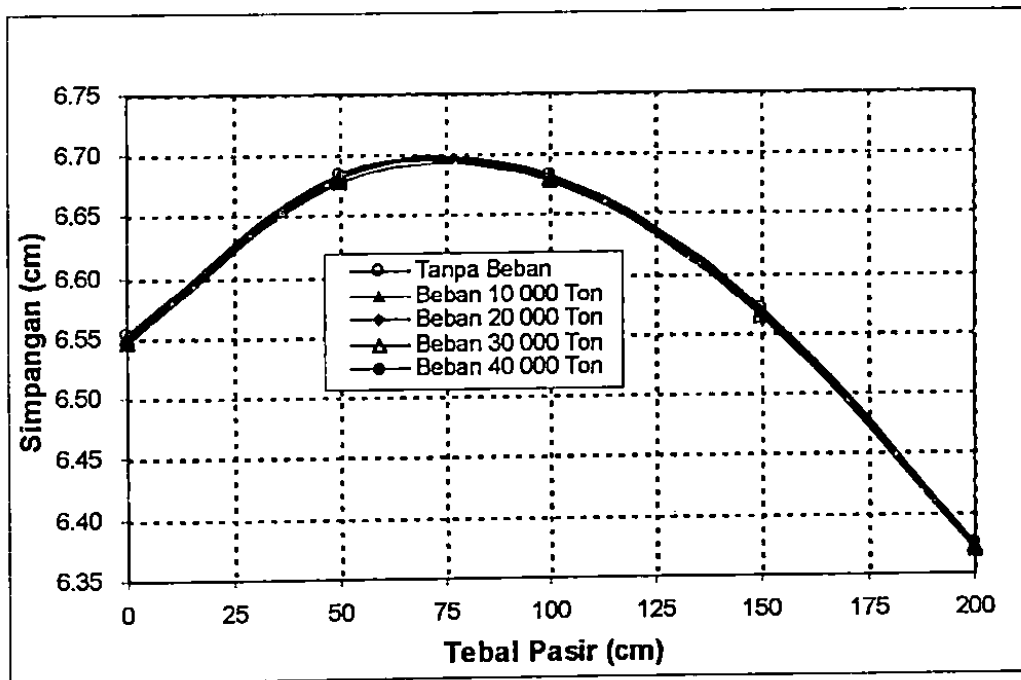
6.5. Pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Terhadap Simpangan.

Hasil analisis hubungan antara tebal pasir terhadap simpangan pada tanah non linier elastis akibat beban gempa Koyna disajikan selengkapnya pada Tabel 6.3, sedangkan akibat beban gempa Bucharest disajikan pada Tabel 6.4, atau dapat digambarkan grafiknya sebagaimana terlihat pada Gambar 6.5 akibat gempa Koyna, dan Gambar 6.6 akibat gempa Bucharest.

Berdasarkan Gambar 6.5 akibat gempa Koyna, dapat dianalisis bahwa dengan menggunakan lapisan pasir lebih besar 75 cm menunjukkan simpangan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tanah tanpa menggunakan lapisan pasir, baik untuk tanah tanpa beban ataupun dengan beban.



Gambar 6.5. Hubungan Tebal Pasir Terhadap Simpangan Akibat Gempa Koyna



Gambar 6.6. Hubungan Tebal Pasir Terhadap Simpangan Akibat Gempa Bucharest

Berdasarkan Gambar 6.6 akibat gempa Koyna, pada tanah dengan ketebalan pasir lebih kecil dari 150 cm menunjukkan simpangan yang lebih besar jika dibandingkan

... dengan ketebalan

cenderung meningkat. Dari Tabel 6.6 Akibat Gempa Bucharest menunjukkan bahwa dengan semakin besar tekanan permukaan tanpa pasir dan dengan pasir 150 cm dan 200 cm frekuensi tanah masih cenderung meningkat, sedangkan pada pasir dengan tebal 50 cm dan 100 cm frekuensi cenderung menurun.

Tabel 6.5. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Frekuensi Akibat Koyna

Beban (ton)	Tekanan (kg/cm ²)	Frekuensi (g/m/dt) Untuk Ketebalan Pasir				
		0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
0	-	12.1077	11.7434	11.5249	11.4859	11.5501
10000	0.8889	12.1070	11.7440	11.5252	11.4866	11.5504
20000	1.7778	12.1066	11.7445	11.5259	11.4871	11.5504
30000	2.6667	12.1065	11.7449	11.5264	11.4875	11.5506
40000	3.5556	12.1059	11.7457	11.5268	11.4880	11.5510

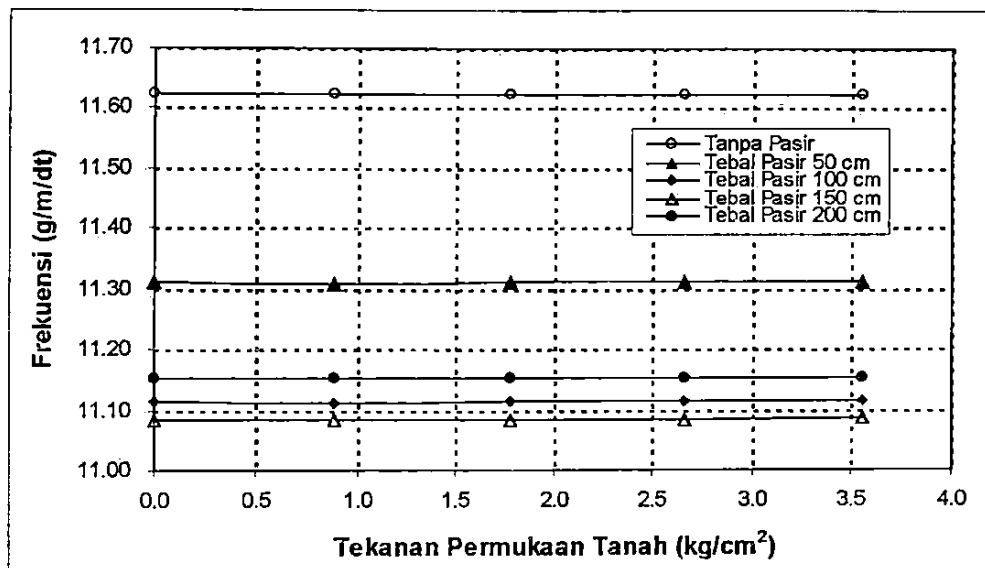
Tabel 6.6. Hubungan Tekanan Permukaan Terhadap Frekuensi Akibat Bucharest

Beban (ton)	Tekanan (kg/cm ²)	Frekuensi (g/m/dt) Untuk Ketebalan Pasir				
		0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm
0	-	3.32903	3.26632	3.21266	3.16947	3.13822
10000	0.8889	3.32902	3.26622	3.21266	3.16959	3.13825
20000	1.7778	3.32922	3.26631	3.21255	3.16961	3.13821
30000	2.6667	3.32928	3.26622	3.21254	3.16943	3.13833
40000	3.5556	3.32933	3.26608	3.21244	3.16960	3.13826

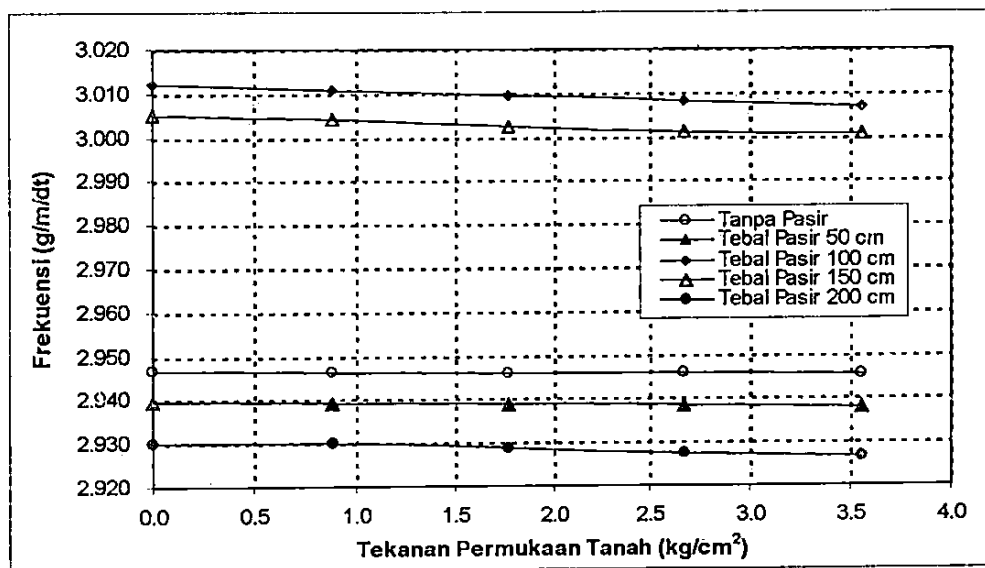
Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan bertambahnya tekanan tanah (massa bangunan) maka akan terjadi penurunan kandungan frekwensi, yang berarti bahwa massa bangunan akan mcngurangi besarnya kandungan frekwensi tanah. Namun sebaliknya sampai dengan batas tekanan tertentu, tekanan tanah akan menaikkan kandungan frekwensi.

Perubahan kandungan frekwensi tersebut diakibatkan adanya perubahan modulus geser dan juga adanya perubahan *initial eigenvalue* (lamda), semakin besar modulus gesernya maka akan semakin besar pula kekakuan tanahnya. Pada tanah yang mempunyai massa tetap namun kekakuan tanah serta lamdanya semakin besar maka frekwensinya

tetap, dan kekakuannya semakin besar maka kandungan frekwensi yang didapat belum tentu lebih besar namun dapat juga lebih kecil.



Gambar 6.7. Hubungan Tekanan Tanah Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Koyna

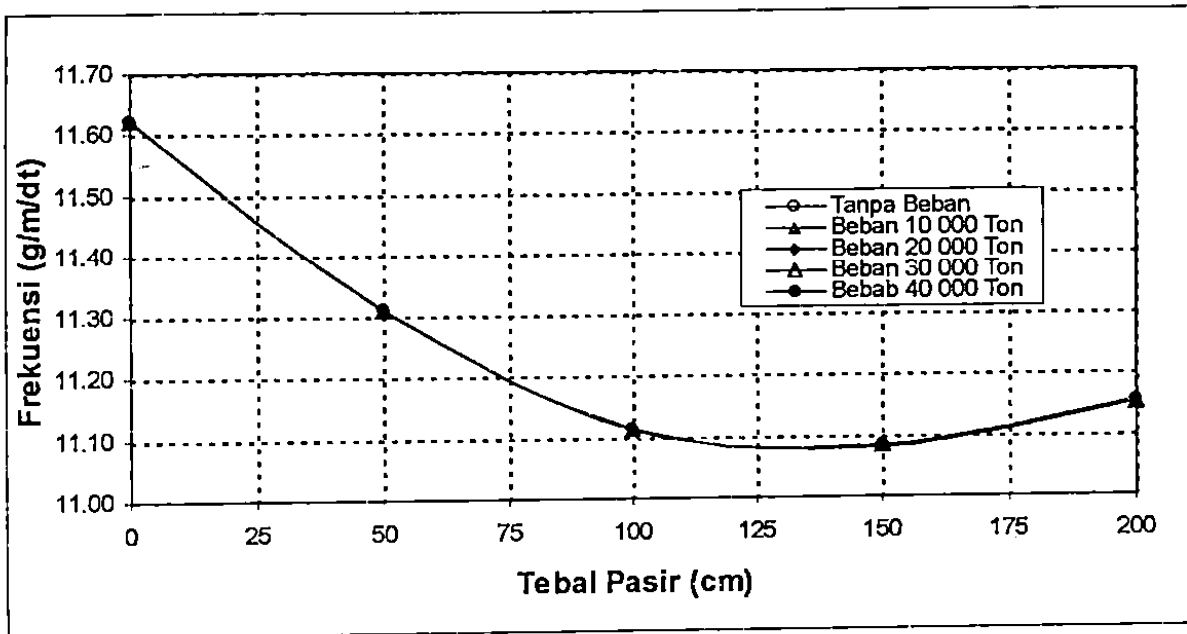


Gambar 6.8. Hubungan Tekanan Tanah Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Bucharest

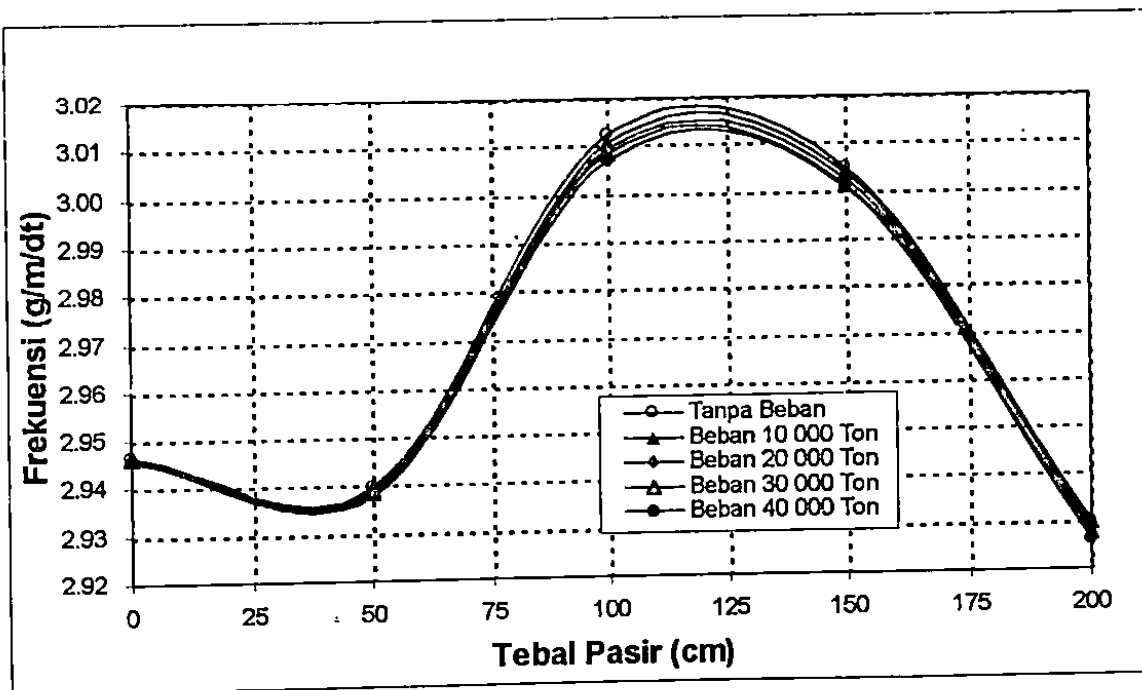
6.7. Pengaruh Ketebalan Lapisan Pasir Terhadap Kandungan Frekuensi Tanah.

Hasil analisis hubungan antara tebal pasir terhadap frekuensi pada tanah non linier elastis akibat beban gempa Koyna disajikan selengkapnya pada Tabel 6.5, sedangkan

akibat beban gempa Bucharest disajikan pada Tabel 6.6, atau dapat digambarkan grafiknya sebagaimana terlihat pada Gambar 6.9 akibat gempa Koyna, dan Gambar 6.10 akibat gempa Bucharest.



Gambar 6.9. Hubungan Tebal Pasir Terhadap Frekuensi Akibat Gempa Koyna



Berdasarkan Gambar 6.9 akibat gempa Koyna, dapat dianalisis bahwa dengan semakin tebal lapisan pasir yang dipergunakan menunjukkan kandungan frekuensi yang cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan tanah tanpa menggunakan lapisan pasir, namun dengan tebal pasir lebih dari 150 cm frekuensi cenderung meningkat. Sedangkan Berdasarkan Gambar 6.10 akibat gempa Koyna, dengan semakin besar tebal pasir yang dipergunakan kandungan frekuensi cenderung mengalami peningkatan, namun dengan tebal pasir 150 cm mulai mengalami penurunan.

Berdasarkan teori dengan semakin tebal lapisan pasir maka kondisi tanah akan semakin kecil pula kekakuannya (semakin lunak). Sedangkan dengan semakin besarnya tekanan tanah pada permukaan akan menambah kekakuan tanah. Pada tanah yang semakin lunak dengan frekwensi gempa tinggi akan menghasilkan kandungan frekuensi tanah yang lebih besar. Begitu juga sebaliknya pada tanah yang semakin lunak dengan frekwensi gempa rendah maka akan menghasilkan frekuensi tanah yang lebih kecil. Dari teori tersebut menunjukkan bahwa dengan menambah ketebalan pasir, belum tentu akan menurunkan frekuensi tanahnya, hal tersebut tergantung dari frekuensi gempa yang terjadi, apakah dengan frekuensi gempa tinggi atau frekuensi gempa rendah.

Dari Gambar 6.9 dan Gambar 6.10 terlihat terjadinya perubahan kandungan frekwensi gempa. Hal itu disebabkan karena percepatan tanah merupakan turunan kedua dari simpangan tanah. Dengan kata lain kecepatan tanah dapat diperoleh dari menjumlahkan luasan grafik percepatan tanah, sedangkan simpangan tanah dapat diperoleh dengan menjumlahkan luasan grafik kecepatan tanah. Oleh karena itu kandungan frekwensi percepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekwensi kecepatan tanah serta kandungan frekwensi simpangan tanah, dan kandungan frekwensi kecepatan tanah lebih tinggi dari kandungan frekwensi simpangan tanah.

6.8. Kedekatan Frekuensi Gempa Terhadap Frekuensi Struktur Tanah.

Dengan membuat atau menskala dua gempa yang mempunyai percepatan tanah maksimum sama, mestinya dengan kondisi tanah yang sama, akan menghasilkan perbandingan simpangan yang sama, namun hasilnya ternyata jauh berbeda. Hasil yang membuktikan kenyataan tersebut disajikan selengkapnya Pada Tabel 6.7, yaitu berupa perbandingan simpangan akibat gempa bucharest dan koyna pada tanah non linier elastis.

Dari Tabel 6.7. untuk ketebalan pasir yang sama dan beban yang sama, akibat dua gempa yang mempunyai percepatan sama, menghasilkan simpangan yang berbeda. Simpangan akibat beban gempa Bucharest lebih besar dari pada Koyna, dengan rasio rata-rata sebesar 9,27 kali. Hal tersebut diakibatkan adanya frekuensi gempa yang berbeda, gempa Koya mempunyai frekuensi yang lebih besar dari pada gempa Bucharest. Menurut Tso dkk. (1992) kandungan frekuensi gempa Koyna sebesar 1,5917 g/m/dt, dan tergolong gempa yang mempunyai frekuensi tinggi. Sedangkan kandungan frekuensi gempa Bucharest sebesar 0,2628 g/m/dt, dan tergolong gempa dengan frekuensi rendah.

Tabel 6.7. Simpangan dan Frekuensi Pada Kedalaman 300 cm.

Tebal Pasir (cm)	Besarnya Beban (ton)	Simpangan (cm)		Rasio (kali)	Frekuensi (g/m/dt)	
		Bucharest	Koyna		Bucharest	Koyna
0 (tanpa pasir)	0	6.5534	0.71493	9.17	3.32903	12.1077
	10000	6.5509	0.71481	9.16	3.32902	12.1070
	20000	6.5484	0.71468	9.16	3.32922	12.1066
	30000	6.5459	0.71455	9.16	3.32928	12.1065
	40000	6.5434	0.71443	9.16	3.32933	12.1059
50	0	6.6852	0.71630	9.33	3.26632	11.7434
	10000	6.6826	0.71617	9.33	3.26622	11.7440
	20000	6.6801	0.71605	9.33	3.26631	11.7445
	30000	6.6776	0.71593	9.33	3.26622	11.7449
	40000	6.6752	0.71581	9.33	3.26608	11.7457
100	0	6.6834	0.71366	9.36	3.21266	11.5249
	10000	6.6811	0.71355	9.36	3.21266	11.5252
	20000	6.6789	0.71344	9.36	3.21255	11.5259
	30000	6.6767	0.71333	9.36	3.21254	11.5264
	40000	6.6746	0.71322	9.36	3.21244	11.5268
150	0	6.5705	0.70590	9.31	3.16947	11.4859
	10000	6.5684	0.70581	9.31	3.16959	11.4866
	20000	6.5665	0.70570	9.30	3.16961	11.4871
	30000	6.5646	0.70560	9.30	3.16943	11.4875
	40000	6.5626	0.70551	9.30	3.16960	11.4880
200	0	6.3746	0.69506	9.17	3.13822	11.5501
	10000	6.3731	0.69498	9.17	3.13825	11.5504
	20000	6.3715	0.69489	9.17	3.13821	11.5504
	30000	6.3698	0.69481	9.17	3.13833	11.5506
	40000	6.3681	0.69473	9.17	3.13826	11.5510
Rata - rata				9.27		

Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa dengan kekakuan tanah yang sama akibat gempa dengan frekuensi tinggi akan menghasilkan simpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan gempa akibat frekuensi rendah. Begitu sebaliknya dengan tanah yang mempunyai kekakuan yang sama akibat gempa dengan frekuensi rendah akan menghasilkan simpangan yang lebih besar dibandingkan dengan gempa akibat frekuensi tinggi.

Dari Tabel 6.7 menunjukkan bahwa akibat gempa Bucharest dengan semakin besar beban (semakin besar kekakuan tanah) akan menghasilkan simpangan yang cenderung semakin kecil, sedangkan frekuensinya cenderung semakin besar, yang berarti bahwa frekuensi tanah semakin jauh dari frekuensi gempanya, yaitu sebesar $0,2528 \text{ g/m/dt}$. Akibat gempa Koyna dengan semakin besar beban (semakin besar kekakuan tanah) akan menghasilkan simpangan yang cenderung lebih kecil, sedangkan frekuensinya cenderung semakin kecil. yang berarti bahwa frekuensi tanah semakin jauh dari frekuensi gempanya, yaitu sebesar $1,5917 \text{ g/m/dt}$. Dari penjelasan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dengan semakin jauh frekuensi tanah terhadap frekuensi gempa akan mengakibatkan simpangan yang semakin kecil.

Menurut teori perubahan kandungan frekwensi tersebut diakibatkan adanya perubahan modulus geser dan juga adanya perubahan *initial eigenvalue* (λ), semakin besar modulus gesernya maka akan semakin besar pula kekakuan tanahnya. Pada tanah yang mempunyai massa tetap namun kekakuan tanah serta λ nya semakin besar maka frekwensinya akan semakin besar pula. Tetapi jika *initial eigenvalue* (λ) nya semakin kecil, massa tetap, dan kekakuannya semakin besar maka kandungan frekwensi yang didapat belum tentu lebih besar namun dapat juga lebih kecil.

Dilihat dari jenis tanahnya merupakan jenis lempung kelanauan bercampur pasir ditemui hingga kedalaman – 11 m dengan nilai N SPT 14 sampai dengan 19. Lapisan Pasir berlanau ditemui hingga kedalaman – 24,45 m dengan nilai N SPT berkisar antara 57 sampai dengan 60 dengan konsistensi keras. Selain itu lapisan lempung mempunyai nilai PI berkisar antara 16,57 % sampai dengan 22,50 %, menurut Pujianto (2003) nilai

plastisitas sedang sampai *tinggi*. Seperti yang telah diketahui bahwa sifat-sifat fisik tanah merupakan faktor yang akan mempengaruhi pada amplifikasi percepatan tanah.

Tanah kohesif lunak dengan plastisitas tinggi akan berkecenderungan berperilaku elastik sehingga semakin besar input energi/gaya yang bekerja pada struktur tanah tersebut maka semakin besar respon seismik (kecepatan dan percepatan) tanah yang akan terjadi. Besarnya respon tanah tersebut juga disebabkan kecilnya redaman material yang ada karena tanah dengan plastisitas tinggi nilai ratio redamannya relatif kecil.