

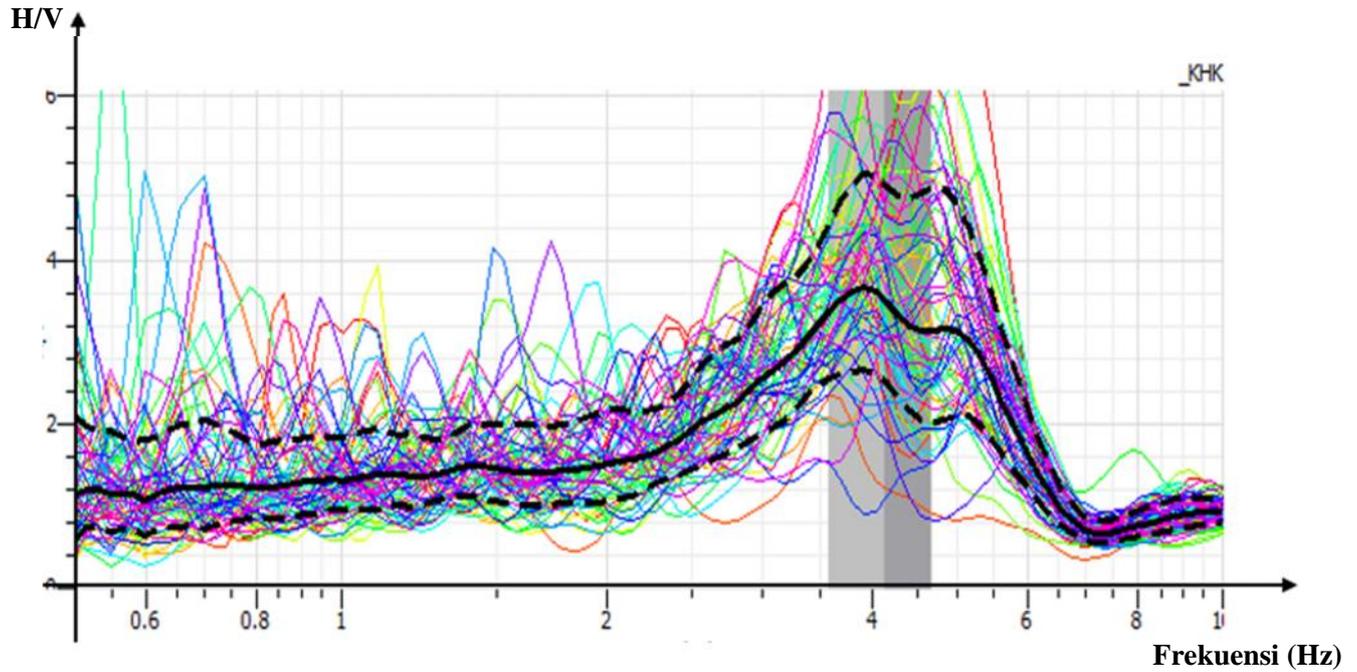
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Frekuensi Dominan dan Faktor Amplifikasi

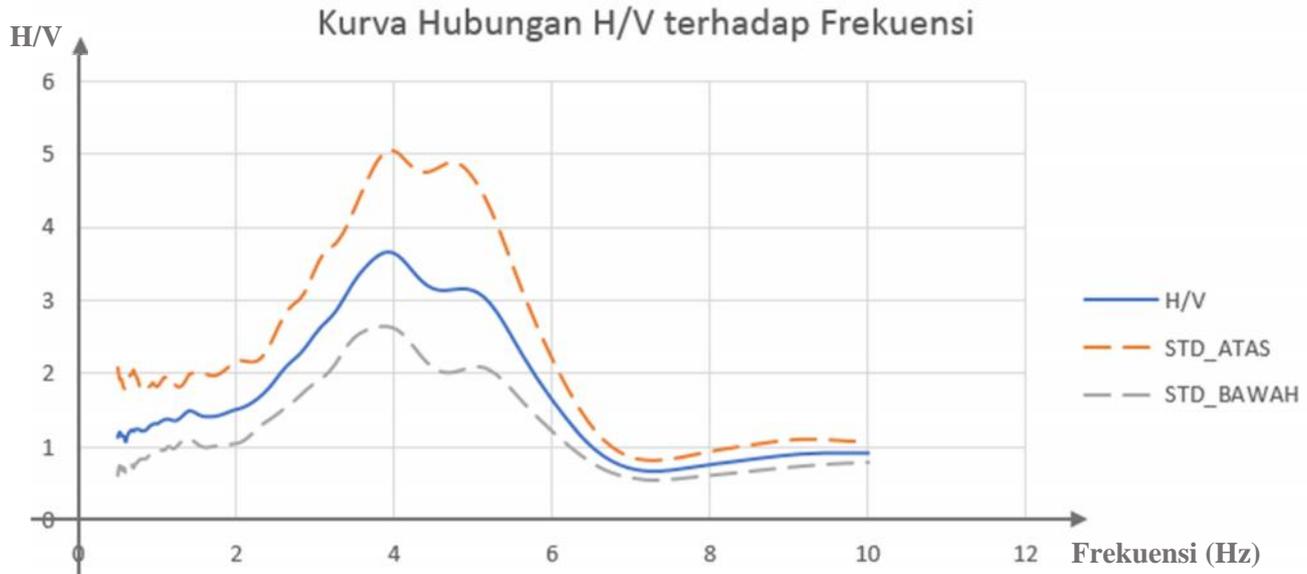
Nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi ini didapatkan dari kurva HVSR, dimana kurva ini merupakan hasil dari pengolahan dengan menggunakan *software* Geopsy. Sebagai contoh, Gambar 4.1 merupakan hasil kurva HVSR di titik KA12 pada *software* Geopsy. Tampilan dari kurva HVSR pada gambar menunjukkan hubungan antara dua parameter yang terdapat pada sumbu x dan sumbu y. Dimana sumbu x mewakili nilai frekuensi (f_0) dan sumbu y mewakili nilai faktor amplifikasi (A_0). Pada Gambar 4.2 ditampilkan kurva HVSR yang telah dibuat dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk mempermudah pembacaan.

Kedua parameter tersebut, yakni frekuensi (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) menunjukkan suatu hubungan yang dapat dijadikan studi analisis terhadap tingkat kerentanan suatu daerah terhadap adanya bahaya atau bencana gempa bumi (Nakamura, 1989). Dari kurva yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dihasilkan tiga nilai, yaitu nilai standar deviasi atas, nilai standar deviasi bawah dan nilai rata-rata dari kedua standar deviasi tersebut. Nilai rata-rata inilah yang menjadi acuan untuk mendapatkan nilai faktor amplifikasi.

Dijelaskan dalam Nakamura (2008) bahwa nilai faktor amplifikasi di suatu tempat dapat diketahui dengan melihat tinggi puncak spektrum pada kurva HVSR. Jika nilai faktor amplifikasi telah diketahui, maka nilai frekuensi dominan juga akan di ketahui dengan menarik garis lurus ke bawah dari titik puncak. Hasil dari nilai frekuensi dominan dan nilai faktor amplifikasi yang telah dipetakan di Surfer kemudian di *overlay* dengan peta Kabupaten Karangasem dengan format .shp.



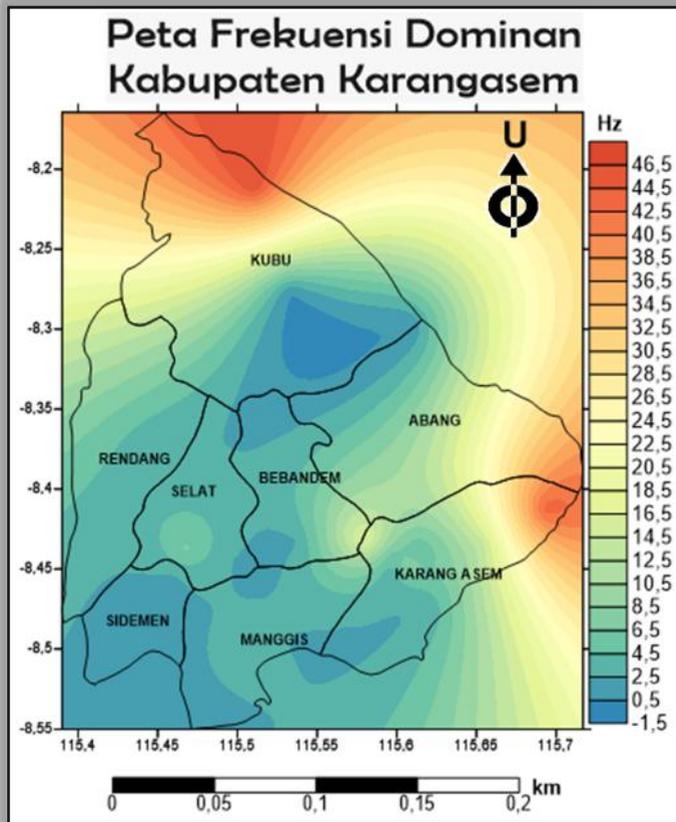
Gambar 4.1 Tampilan kurva HVSR di titik KA12 pada *software* Geopsy.



Gambar 4.2 Tampilan kurva HVSr di titik KA12 pada *Microsoft Excel*.

4.1.1 Frekuensi Dominan

Sebaran nilai frekuensi dominan di Kabupaten Karangasem ditunjukkan pada Gambar 4.3 yang setiap nilainya dibedakan dari warna yang dihasilkan. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan bahwa secara umum di Kabupaten Karangasem memiliki nilai frekuensi dominan yang bervariasi. Dari 24 data yang didapatkan di daerah tersebut, nilai frekuensi dominan berada pada rentang 0,58 Hz–46,20 Hz.



Gambar 4.3 Peta kontur frekuensi dominan di Kabupaten Karangasem, Bali.

Zona dengan nilai frekuensi terendah ditunjukkan oleh warna biru, sedangkan zona dengan nilai frekuensi menengah ditunjukkan oleh

38

warna kuning kehijauan dan kuning kecoklatan, dan zona dengan nilai frekuensi tinggi ditunjukkan oleh warna coklat. Zona dengan nilai frekuensi rendah dan tinggi terdapat di satu wilayah yang sama yaitu di Kecamatan Kubu dengan nilai 0,58 Hz dan 46,20 Hz. Tabel 4.1 menunjukkan jenis tanah disetiap titik pengukuran berdasarkan nilai frekuensi dominan menurut Kanai.

Tabel 4.1 Hasil klasifikasi tanah di Kabupaten Karangasem berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai.

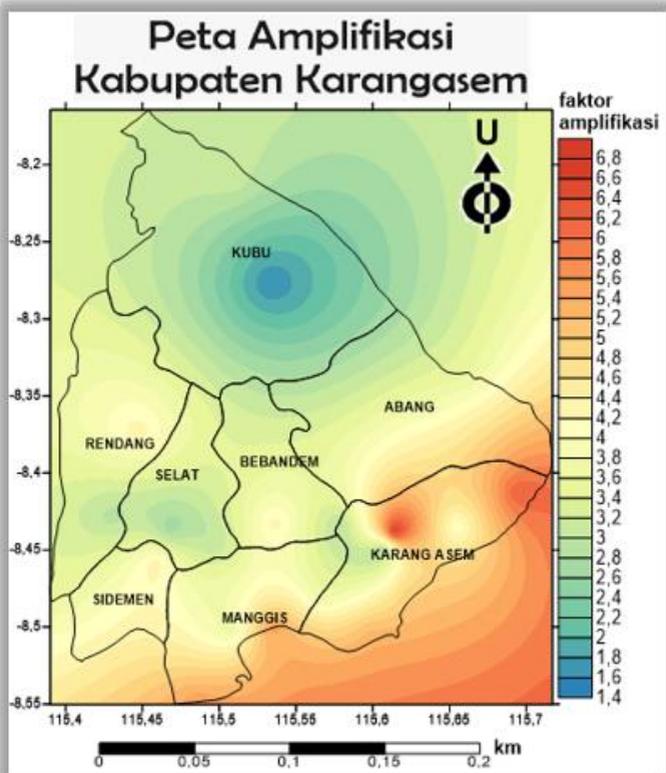
Titik Pengukuran	Frekuensi Dominan (Hz)	Jenis Kalsifikasi Tanah oleh Kanai	Keterangan
KA1,KA4,KA5, KA6,KA7, KA16,KA21	6,95 s/d 46,20	Jenis I	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis dan didominasi oleh batuan keras.
KA20,KA24	5,46 & 4,16	Jenis II	Ketebalan sedimen permukaannya termasuk kategori menengah 5-10 meter.
KA8,KA9,KA10, KA12,KA14, KA15,KA19	2,56 s/d 3,91	Jenis III	Ketebalan sedimen permukaannya termasuk kategori tebal 10-30 meter.
KA2,KA3, KA11,KA13, KA17,KA18, KA22,KA23	0,58 s/d 2,49	Jenis IV	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal.

Jika di kaitkan dengan hasil klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai pada Tabel 2.1, maka dapat dikatakan bahwa batuan penyusun yang terdapat di wilayah penelitian adalah alluvial dan batuan tersier yang biasanya terdiri dari batuan *hard sandy, gravel*, dan lain-lain. Ketebalan sedimennya pun bervariasi dari

yang sangat tipis, menengah hingga sangat tebal. Menurut Susilanto, dkk. (2016), semakin dalam lapisan sedimennya maka frekuensi dominannya semakin rendah. Sebaliknya, semakin bila semakin dangkal lapisan sedimennya, maka frekuensi dominan semakin tinggi.

4.1.2 Faktor Amplifikasi

Sebaran nilai faktor amplifikasi ditunjukkan oleh Gambar 4.4. Hasil sebaran nilai faktor amplifikasi menunjukkan bahwa pada daerah penelitian yaitu di Kabupaten Karangasem memiliki nilai faktor amplifikasi yang juga bervariasi.



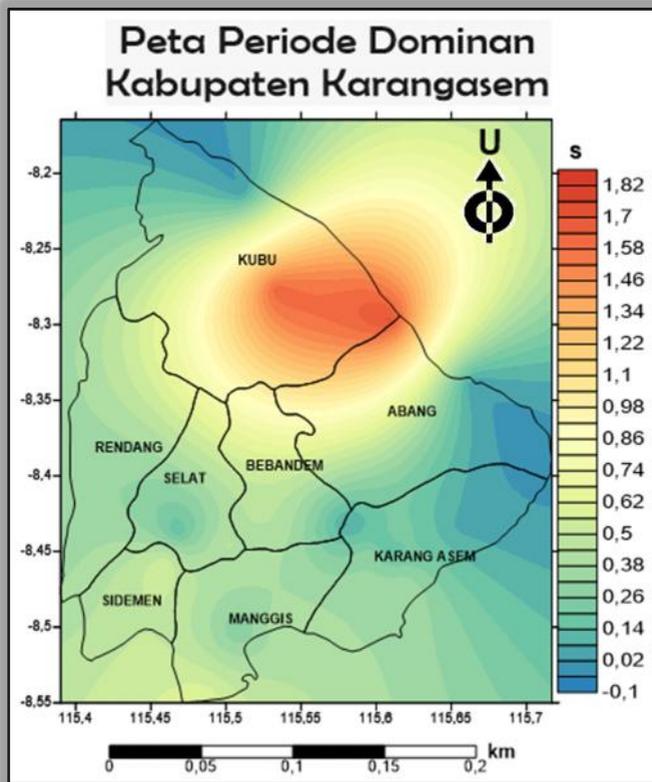
Gambar 4.4 Peta kontur faktor amplifikasi di Kabupaten Karangasem, Bali.

Berdasarkan data yang didapatkan, nilai tersebut berkisar antara 1,56 hingga 6,79. Zona dengan nilai faktor amplifikasi terendah sebesar 1,56 yang berwarna biru terpusat di tengah-tengah Kecamatan Kubu. Zona dengan nilai amplifikasi terbesar yang berwarna coklat sebesar 6,79 berada di Kecamatan Karangasem, dan sisanya merupakan zona yang di dominasi oleh nilai faktor amplifikasi menengah dengan indikasi warna berupa kuning kehijauan dan kuning kecoklatan.

Zona yang memiliki nilai faktor amplifikasi yang tinggi cenderung memiliki potensi yang besar juga terhadap bahaya gempa bumi (Daryono, dkk. 2009), terlebih jika nilai yang tinggi tersebut berasosiasi dengan frekuensi rendah (Nakamura, dkk. 2000). Namun, dalam penelitian ini, hasil dari nilai amplifikasi tidak dijadikan acuan utama untuk menentukan karakterisasi tanah. Menurut Sutrisno, dkk. (2013), hal ini dikarenakan penggunaan faktor amplifikasi dalam karakterisasi tanah masih jadi perdebatan di kalangan para ahli. Jadi, untuk menentukan karakterisasi tanah yang lebih tepat adalah dengan menggabungkan dua parameter antara frekuensi dominan dan faktor amplifikasi dalam suatu perhitungan yang disebut dengan indeks kerentanan seismik.

4.2 Periode Dominan

Periode dominan didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan parameter frekuensi dominan. Periode dominan ini sangat berkaitan erat dengan kedalaman suatu lapisan sedimen lunak (Nakamura, 1989). Gambar 4.5 dibawah ini menunjukkan hasil dari sebaran periode dominan di Kabupaten Karangasem. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, maka didapatkan nilai periode dominan di setiap titik penelitian yang berjumlah 24 data penelitian. Dari ke-24 data penelitian tersebut, nilai periode dominan yang dihasilkan di Kabupaten Karangasem bervariasi dengan rentang nilai 0,02 sekon - 1,72 sekon. Zona dengan nilai terendah berada di Kecamatan Abang dengan nilai periode dominan sebesar 0,02 sekon yang ditunjukkan oleh warna biru. Sedangkan zona bernilai periode dominan yang tinggi dengan nilai 1,72 sekon dan terdapat di Kecamatan Kubu ditunjukkan oleh warna coklat.



Gambar 4.5 Peta kontur periode dominan di Kabupaten Karangasem, Bali.

Pada umumnya periode dominan yang bernilai tinggi mengindikasikan adanya sedimen lunak yang tebal, dan begitupun sebaliknya periode yang bernilai rendah mengindikasikan adanya sedimen yang keras. Hal ini didasarkan pada pernyataan Kanai dan Omote-Nakajima mengenai klasifikasi tanah berdasarkan nilai periode dominan pada Tabel 2.2. Untuk mengetahui klasifikasi tanah di daerah penelitian berdasarkan nilai periode dominan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

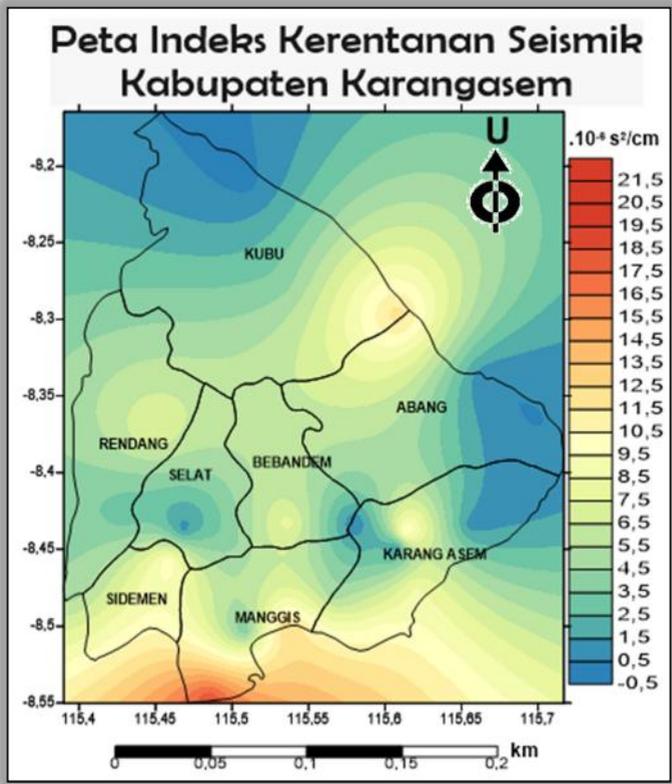
Tabel 4.2 Hasil klasifikasi tanah di Kabupaten Karangasem berdasarkan periode dominan oleh Kanai dan Omete-Nakajima.

Titik Pengukuran	Periode Dominan (sekon)	Klasifikasi Tanah		Karakter
		Kanai	Omete-Nakajima	
KA1,KA4, KA5, KA6,KA7, KA16,KA21	0,02 s/d 0,14	I	A _k	Keras
KA20 dan KA24	0,18 dan 0,24	II	A _s	Sedang
KA8,KA9, KA10,KA12,KA14, KA15,KA19,KA22	0,26 s/d 0,40	III	B	Lunak
KA2,KA3, KA11,KA13,KA17, KA18, KA23	0,42 s/d 1,72	IV	C	Sangat lunak

4.3 Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Nilai yang dihasilkan oleh indeks kerentanan seismik menunjukkan suatu gambaran mengenai seberapa besar tingkat kerentanan di wilayah penelitian yaitu Kabupaten Karangasem, Bali terhadap adanya suatu bencana gempa bumi. Pada hasil akhir analisis, nilai indeks kerentanan seismik ini berbanding lurus dengan nilai faktor amplifikasi dan berbanding terbalik dengan nilai frekuensi dominan. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 yang menunjukkan hasil sebaran nilai indeks kerentanan seismik di wilayah penelitian. Berdasarkan data hasil penelitian yang telah didapatkan, nilai indeks kerentanan seismik yang tersebar di Kabupaten Karangasem, Bali berkisar antara $0,21 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ – $18,21 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$.

Sebaran nilai yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6 menggambarkan bahwa di Kabupaten Karangasem hampir didominasi oleh nilai indeks kerentanan seismik menengah yang ditunjukkan oleh warna kuning kehijauan hingga kuning saja. Nilai indeks kerentanan seismik yang rendah sebesar $0,21 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$ dengan indikasi warna biru terdapat di sebelah utara Kecamatan Kubu. Nilai indeks kerentanan seismik tertinggi terpusat di sebelah selatan Kecamatan Manggis dengan indikasi warna coklat.



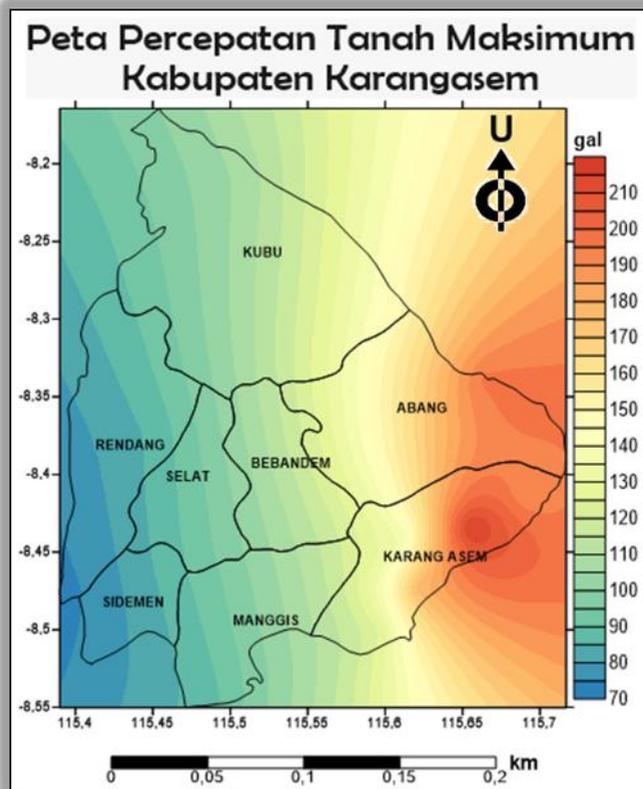
Gambar 4.6 Peta kontur sebaran nilai indeks kerentanan seismik di Kabupaten Karangasem, Bali.

Menurut Nakmura (2008), suatu wilayah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik tinggi, maka wilayah tersebut cenderung lebih rentan terhadap adanya bencana gempa bumi daripada wilayah

yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik rendah. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka Kabupaten Manggis merupakan wilayah yang lebih rentan dengan nilai indeks kerentanan seismik sebesar $18,21 \times 10^{-6} \text{ s}^2/\text{cm}$.

4.4 Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Nilai percepatan maksimum yang dihasilkan pada penelitian ini dihitung dengan menggunakan persamaan Fukushima dan Tanaka. Gambar 4.7 dibawah ini merupakan sebaran nilai percepatan tanah maksimum di Kabupaten Karangasem, Bali.



Gambar 4.7 Peta kontur sebaran nilai percepatan tanah di Kabupaten Karangasem, Bali.

Berdasarkan hasil dari 24 data penelitian yang ada, sebaran nilai percepatan tanah yang terdapat di Kabupaten Karangasem, Bali memiliki rentang nilai antara 81,62 gal - 216,71 gal. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.7 bahwa persebaran nilai percepatan tanah tertinggi terdapat di bagian timur Kabupaten Karangasem yaitu di Kecamatan Abang dan Kecamatan Karangasem yang diindikasikan dengan warna coklat. Namun, pada Kecamatan Karangasem, nilai percepatan tanah terlihat lebih tinggi daripada di Kecamatan Abang. Hal ini dilihat dari perbedaan warna, dimana di Kecamatan Karangasem warna coklatnya lebih tua dibandingkan di Kecamatan Abang. Titik yang memiliki nilai percepatan tanah pada peta kontur tersebut terdapat di titik pengukuran KA6 dengan nilai 216,71 gal.

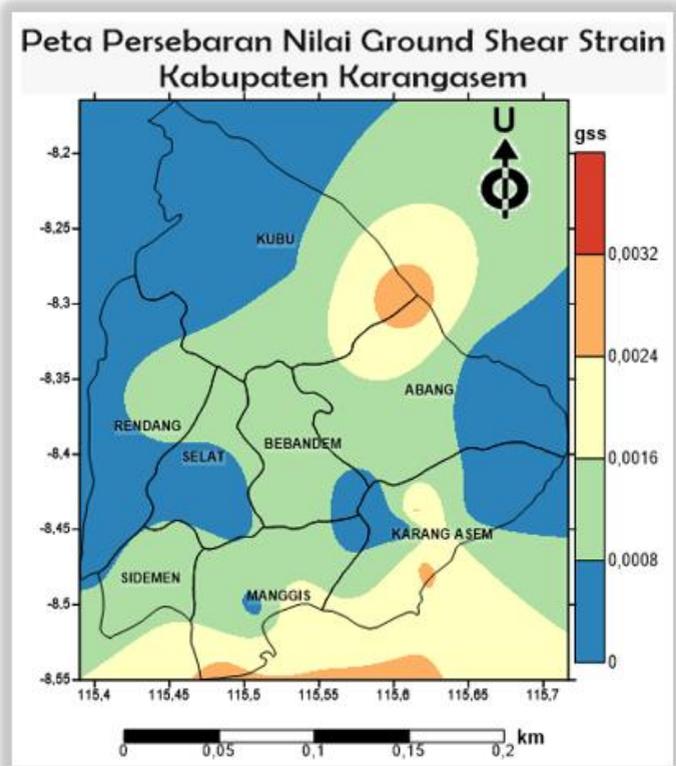
Nilai percepatan tanah yang rendah terdapat di bagian barat Kabupaten Karangasem, Bali yang diindikasikan dengan warna biru, tepatnya di Kecamatan Rendang dengan nilai sebesar 81,62 gal. Terdapat hubungan yang signifikan antara periode dominan dan percepatan tanah, dimana hubungan keduanya adalah berbanding terbalik. Apabila nilai periode dominan rendah, maka nilai percepatan tanahnya justru tinggi dan begitu pun sebaliknya.

Menurut Edwiza (2008), percepatan tanah dinyatakan sebagai suatu parameter yang menjadi faktor penyebab terjadinya kerusakan. Nilai percepatan tanah maksimum yang semakin tinggi pada suatu tempat, maka hal tersebut menandakan bahwa semakin besar pula resiko kerusakan yang dialami saat gempa bumi terjadi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Yuni Setiawati pada tahun 2016 menyebutkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum dipengaruhi oleh magnitudo (M), jarak hiposenter (R) dan kondisi wilayah setempat. Semakin besar nilai percepatan tanah maksimumnya maka akan semakin cepat pula pergerakan tanah apabila ada sumber gempa.

4.5 Sebaran Nilai *Ground Shear Strain*

Hasil perhitungan *ground shear strain* (γ) di Kabupaten Karangasem, Bali menunjukkan bahwa wilayah penelitian tersebut memiliki nilai γ yang berkisar antara $3,78 \times 10^{-5}$ hingga $3,09 \times 10^{-3}$. Nilai *ground shear strain* yang paling rendah yaitu $3,78 \times 10^{-5}$ terdapat di titik pengukuran KA1 yang berlokasi di wilayah Kubu bagian utara. Sedangkan nilai *ground shear strain* yang paling tinggi yaitu $3,09 \times 10^{-3}$ terdapat di titik pengukuran KA3 yang berlokasi di Kecamatan

Kubu. Hasil perhitungan *ground shear strain* di Kabupaten Karangasem, Bali di petakan untuk di analisis lebih lanjut. Persebaran nilai *geround sear strain* tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Peta sebaran nilai *ground shear strain* di Kabupaten Karangasem, Bali.

Berdasarkan sebaran tersebut, nilai *ground shear strain* yang terdapat di Kabupaten Karangasem, Bali di wakili oleh 4 warna berbeda. Warna biru diklasifikasikan sebagai nilai terendah yang berkisar antara $0 - 0,80 \times 10^{-3}$. Warna hijau diklasifikasikan sebagai nilai menengah bawah yang berkisar antara $0,80 \times 10^{-3} - 1,60 \times 10^{-3}$. Warna krem diklasifikasikan sebagai nilai menengah atas dengan rentang $1,60 \times 10^{-3} - 2,40 \times 10^{-3}$. Warna coklat muda diklasifikasikan sebagai nilai tertinggi yang berkisar antara $2,40 \times 10^{-3} - 3,20 \times 10^{-3}$.

Dalam penentuan potensi bahaya pada suatu daerah, Saaduddin dkk (2016) dalam penelitiannya menggunakan klasifikasi tingkat deformasi berdasarkan nilai *ground shear strain* yang telah dituliskan pada Tabel 2.1. Dari tabel tersebut dijelaskan bahwa suatu lapisan tanah permukaan akan memiliki sifat yang elastis apabila memiliki nilai *ground shear strain* sebesar $1,00 \times 10^{-6}$. Pada kondisi ini, keadaan tanah hanya akan mengalami getaran saat terjadi gempa bumi. Apabila nilai *ground shear strain* yang dihasilkan adalah sebesar $1,00 \times 10^{-5} - 1,00 \times 10^{-3}$, maka pada saat terjadi gempa bumi akan menyebabkan tanah retak dan mengalami *different settlement*. Apabila nilai *ground shear strain* yang dihasilkan lebih dari $1,00 \times 10^{-3}$ maka akan terjadi kerusakan parah seperti tanah longsor, rekahan tanah dan likuifaksi.

Pada daerah penelitian, nilai *ground shear strain* yang dihasilkan bervariasi dari 10^{-5} , 10^{-4} , dan 10^{-3} . Berdasarkan nilai tersebut, maka potensi bahaya di daerah penelitian tepatnya di Kabupaten Karangasem, Bali dapat diketahui dengan menggunakan klasifikasi yang di gunakan pada penelitian Saaduddin dkk (2016). Klasifikasi di daerah penelitian dirangkum pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Klasifikasi potensi bahaya di Kabupaten Karangasem, Bali.

Titik Pengukuran	Nilai GSS	Potensi Bahaya
KA1	$3,78 \times 10^{-5}$	Retak, <i>Different settlement</i>
KA2,KA4,KA5,KA6, KA7,KA10,KA12,KA14, KA15,KA16,KA18,KA19, KA20,KA21	$1,05 \times 10^{-4}$ s/d $9,83 \times 10^{-4}$	
KA3, KA8,KA9,KA11, KA13,KA17,KA22, KA23,ka24	$1,11 \times 10^{-3}$ s/d $3,09 \times 10^{-3}$	

Klasifikasi pada Tabel 4.3 diatas menunjukkan bahwa di Kabupaten Karangasem, Bali memiliki potensi bahaya berskala menengah. Hal ini dapat diartikan bahwa pada saat gempa bumi terjadi, potensi bahaya yang mungkin terjadi di Kabupaten Karangasem,Bali yaitu mengalami keretakan pada tanah dan *diff*

settlement. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Pramono dkk (2014), kerusakan yang diakibatkan oleh *different settlement* ini cukup berdampak buruk dan perlu ditanggapi secara serius karena dapat merusak bangunan. Hasil klasifikasi potensi bahaya yang mungkin terjadi tersebut sesuai dengan data kerusakan akibat gempa bumi besar yang pernah terjadi di Kabupaten Karangasem, Bali pada tahun 1979 yang mengalami keretakan pada tanah hingga sepanjang 500 meter.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)