

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Frekuensi Dominan (f_0)

Secara keseluruhan nilai frekuensi dominan yang diperoleh dari hasil pengukuran di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1

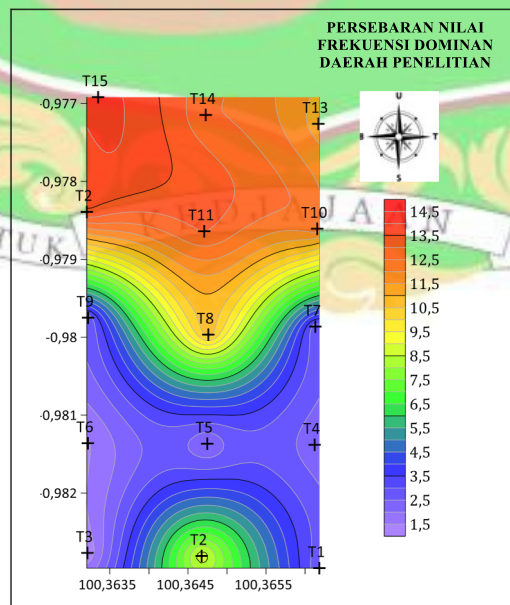
Tabel 4.1 Nilai frekuensi dominan (f_0)

No Akusisi	Titik Data	Garis Lintang	Garis Bujur	Frekuensi Dominan, f_0 (Hz)
1.	T1	-0.982964	100.366183	2.61108
2.	T2	-0.982808	100.364675	8.90472
3.	T3	-0.982769	100.363214	1.11977
4.	T4	-0.981381	100.366122	2.23787
5.	T5	-0.981367	100.364747	1.95613
6.	T6	-0.981361	100.363219	1.45649
7.	T7	-0.979864	100.366131	2.66134
8.	T8	-0.979967	100.364761	10.7769
9.	T9	-0.979750	100.363222	2.63872
10.	T10	-0.978608	100.366155	12.2696
11.	T11	-0.978640	100.364708	13.0437
12.	T12	-0.978392	100.363206	13.4648
13.	T13	-0.977261	100.366169	11.2351
14.	T14	-0.977147	100.364728	12.5533
15.	T15	-0.976919	100.363350	14.203

Secara keseluruhan nilai frekuensi dominan berada pada rentang 1,12–14,20 Hz. Nilai frekuensi dominan tertinggi teridentifikasi pada titik T15 sebesar 14,20 Hz, sedangkan nilai terendah terdapat pada titik T3 sebesar 1,12 Hz. Berdasarkan nilai frekuensi dominan yang diperoleh, daerah penelitian dapat dikelompokkan berdasarkan Tabel 2.1 terkait klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan tanah. Daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga

jenis tanah yaitu jenis I, III, dan IV. Jenis tanah I terdapat pada titik T2, T8, T10, T11, T12, T13, T14, dan T15 yang tersebar dari barat hingga ke utara lokasi penelitian yang ditandai dengan sebaran degradasi warna hijau hingga merah ditunjukkan pada Gambar 4.1 dengan nilai frekuensi dominan yang tinggi 6-14 Hz. Jenis tanah I merupakan karakteristik berupa batuan Tersier atau yang lebih tua, terdiri atas batuan pasir keras dan kerikil, dengan ketebalan sedimen yang sangat tipis serta didominasi oleh batuan keras.

Jenis tanah III dan IV di daerah tersusun oleh endapan aluvial, namun memiliki perbedaan pada ketebalan lapisan sedimennya. Jenis tanah III terdapat pada titik T1, T7, dan T9 dengan karakteristik sedimen aluvial yang memiliki ketebalan sekitar 10–30 m dan tersusun atas material seperti tanah liat yang keras, tanah liat berpasir serta material sedimen lainnya. Sementara itu, jenis tanah IV terdapat pada titik T3, T4, T5, dan T6 yang juga tersusun oleh batuan aluvial hasil proses sedimentasi seperti endapan delta, lumpur, dan material pelapukan lainnya, namun memiliki ketebalan sedimen lebih dari 30 m yang ditandai dengan degradasi warna ungu hingga biru dengan nilai frekuensi dominan rendah 1-5 Hz.



Gambar 4.1 Persebaran Nilai Frekuensi Dominan

Nilai frekuensi dominan (f_0) berhubungan dengan ketebalan dan sifat lapisan bawah permukaan, di mana f_0 yang rendah menunjukkan lapisan sedimen yang tebal dan bersifat lunak sehingga lebih mudah mengalami deformasi dan cenderung tidak stabil. Kondisi ini meningkatkan potensi terjadinya longsor. Sebaliknya, nilai f_0 yang tinggi umumnya mencerminkan lapisan yang lebih tipis dan kompak, sehingga relatif lebih stabil dan memiliki potensi longsor yang lebih rendah. Mentari dkk. (2023) juga menyatakan nilai frekuensi dominan rendah mengindikasikan keberadaan lapisan sedimen tebal dan lunak, sedangkan nilai frekuensi dominan tinggi menunjukkan lapisan sedimen yang lebih tipis dan relatif keras. Mengacu pada peta Geologi Lembar Padang oleh (Kastowo, 1996) yang menyatakan Bukit Gado-Gado didominasi oleh satuan batuan vulkanik (Qtau dan Qta), selaras dengan karakter litologi dengan ketebalan sedimen sekitar 10 hingga 200 meter.

4.2 Amplifikasi (A_0)

Secara keseluruhan nilai amplifikasi (A_0) yang diperoleh dari hasil pengukuran daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Nilai amplifikasi(A_0)

No	Titik Akusisi Data	Garis Lintang	Garis Bujur	Amplifikasi, A^0
1.	T1	-0.982964	100.366183	0.954397
2.	T2	-0.982808	100.364675	1.36097
3.	T3	-0.982769	100.363214	0.998779
4.	T4	-0.981381	100.366122	1.10092
5.	T5	-0.981367	100.364747	1.12194
6.	T6	-0.981361	100.363219	2.37904
7.	T7	-0.979864	100.366131	1.74889
8.	T8	-0.979967	100.364761	1.98339
9.	T9	-0.979750	100.363222	4.60015
10.	T10	-0.978608	100.366155	11.7512

11.	T11	-0.978640	100.364708	9.63652
12.	T12	-0.978392	100.363206	11.6208
13.	T13	-0.977261	100.366169	9.29858
14.	T14	-0.977147	100.364728	11.2315
15.	T15	-0.976919	100.363350	12.5982

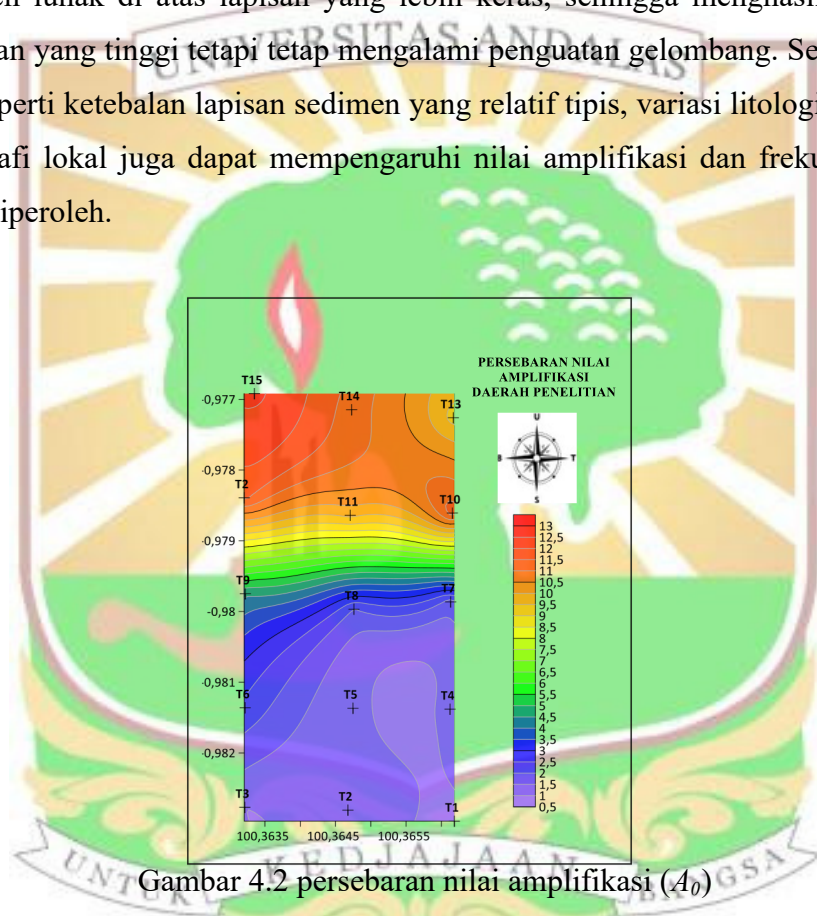
Hasil pengukuran pada 15 titik menunjukkan variasi nilai A_0 yang berada dalam rentang antara 0,95 hingga 12,59. Berdasarkan Tabel 2.2 terkait klasifikasi nilai amplifikasi, lokasi pada penelitian ini dibagi kedalam tiga zona yaitu zona amplifikasi rendah dengan klasifikasi nilai $A_0 < 3$ yang terdapat pada titik T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, dan T8 yang ditunjukkan pada degradasi warna biru pada Gambar 4.2. Zona amplifikasi sedang dengan nilai $3 \leq A_0 < 6$ yang terdapat pada titik T9 yang ditunjukkan dengan warna hijau. Kedua zona ini memiliki nilai amplifikasi yang relatif rendah hingga sedang yang menunjukkan penguatan gelombang getaran yang terjadi tidak terlalu besar sehingga tingkat kerentanan terhadap pengaruh getaran relatif lebih rendah. Sementara itu, zona amplifikasi sangat tinggi dengan klasifikasi $A_0 > 9$ yang terdapat pada titik T10, T11, T12, T13,

T14 dan T15 yang ditandai dengan warna kuning hingga merah yang mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki kemampuan yang lebih besar dalam memperkuat gelombang getaran sehingga, berpotensi mengalami peningkatan efek guncangan. Kondisi ini dapat menurunkan kekuatan geser tanah dan memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap ketidakstabilan lereng yang dapat memicu terjadinya longsor.

Hasil ini juga sejalan dengan penelitian yang menggunakan metode

Horizontal to Vertical Spectral Ratio yang menunjukkan bahwa nilai amplifikasi mencerminkan kemampuan lapisan tanah dalam memperkuat gelombang getaran di permukaan. Menurut penelitian Fadhillah dkk. (2022), nilai amplifikasi yang tinggi berkaitan dengan keberadaan lapisan sedimen yang lebih lunak atau kurang kompak sehingga gelombang getaran dapat mengalami penguatan ketika mencapai permukaan tanah. Sebaliknya, nilai amplifikasi yang rendah biasanya menunjukkan kondisi lapisan tanah yang lebih padat sehingga penguatan gelombang relatif lebih

kecil. Namun, pada beberapa titik pengukuran yang menghasilkan nilai amplifikasi yang tinggi yang disertai dengan nilai frekuensi dominan yang tinggi pada lokasi yang sama, sehingga tidak sepenuhnya sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa amplifikasi tinggi umumnya berkaitan dengan frekuensi rendah. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan kondisi bawah permukaan, seperti adanya lapisan tipis sedimen lunak di atas lapisan yang lebih keras, sehingga menghasilkan frekuensi dominan yang tinggi tetapi tetap mengalami penguatan gelombang. Selain itu, faktor lain seperti ketebalan lapisan sedimen yang relatif tipis, variasi litologi, serta kondisi topografi lokal juga dapat mempengaruhi nilai amplifikasi dan frekuensi dominan yang diperoleh.



Gambar 4.2 persebaran nilai amplifikasi (A_0)

4.3 Kecepatan gelombang geser V_{s30}

Secara keseluruhan nilai V_{s30} daerah penelitian yang diperoleh dari data Sumber USGS, 2020 dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 nilai V_{s30} daerah penelitian

Titik	Garis	Garis Bujur	V_{s30} (m/s)
No Akusisi	Lintang		
Data			
1. T1	-0.982964	100.366183	556,238525

2.	T2	-0.982808	100.364675	554,856132
3.	T3	-0.982769	100.363214	558,197094
4.	T4	-0.981381	100.366122	499,594892
5.	T5	-0.981367	100.364747	513,628974
6.	T6	-0.981361	100.363219	529,661018
7.	T7	-0.979864	100.366131	445,028822
8.	T8	-0.979967	100.364761	473,519219
9.	T9	-0.979750	100.363222	496,970304
10.	T10	-0.978608	100.366155	399,319452
11.	T11	-0.978640	100.364708	436,978301
12.	T12	-0.978392	100.363206	469,865313
13.	T13	-0.977261	100.366169	350,321400
14.	T14	-0.977147	100.364728	394,122183
15.	T15	-0.976919	100.363350	435,165791

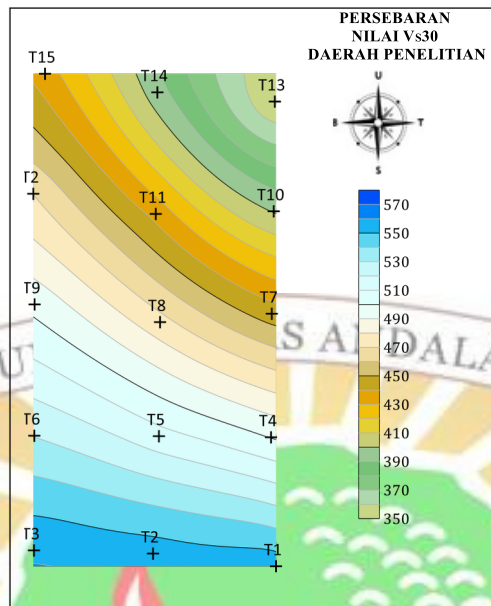
Secara keseluruhan nilai V_{s30} pada 15 titik pengukuran menunjukkan variasi nilai yang berada pada rentang 350,32 m/s hingga 558,19 m/s. Nilai V_{s30} tertinggi diperoleh pada titik T3 sebesar 558,19 m/s, sedangkan nilai terendah terdapat pada titik T13 sebesar 350,32 m/s. Mengacu pada Tabel 2.4 terkait klasifikasi jenis batuan berdasarkan SNI 1726:2019 seluruh wilayah penelitian termasuk ke dalam tipe C yaitu keberadaan tanah keras, sangat padat dan batuan lunak. Nilai V_{s30} pada lokasi penelitian sebagian besar berada diatas 400 m/s. Persebaran nilai tersebut ditampilkan pada Gambar 4.3 dengan degradasi warna kuning hingga biru yang terdapat pada titik T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T11, T12, dan T15. Nilai V_{s30} yang relatif tinggi ini mengindikasikan bahwa kondisi lapisan tanah pada daerah penelitian cenderung cukup padat.

Namun demikian, terdapat beberapa titik yang memiliki nilai V_{s30} lebih rendah dibandingkan titik lainnya, yaitu titik T10 (399,319 m/s), T13 (350,321 m/s), dan T14 (394,122 m/s) yang ditunjukkan dengan degradasi warna hijau. Nilai V_{s30} yang rendah menunjukkan bahwa kondisi lapisan bawah permukaan memiliki tingkat kekakuan yang lebih kecil atau kondisi material yang relatif lebih lunak.

Nilai Vs30 merepresentasikan kecepatan rambat gelombang geser hingga kedalaman 30 m yang sangat dipengaruhi oleh sifat fisik material penyusunnya. Gelombang geser akan merambat lebih cepat pada material yang padat dan kaku, sedangkan pada material yang lebih lunak atau kurang terkonsolidasi kecepatannya cenderung lebih rendah.

Kondisi nilai Vs30 pada daerah penelitian juga memiliki keterkaitan dengan parameter frekuensi dominan, amplifikasi, serta kondisi topografi. Titik-titik dengan nilai Vs30 yang relatif rendah, umumnya menunjukkan kecenderungan nilai amplifikasi yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh material yang lebih lunak memiliki kemampuan yang lebih besar dalam memperkuat getaran gelombang seismik dibandingkan material yang padat. Selain itu, nilai Vs30 yang rendah juga cenderung berkorelasi dengan frekuensi dominan yang lebih kecil, yang mengindikasikan adanya lapisan sedimen yang lebih tebal dan kurang kompak. Jika dikaitkan dengan kondisi topografi, titik-titik dengan Vs30 rendah yang berada pada lereng miring hingga curam akan semakin meningkatkan potensi ketidakstabilan lereng dan menyebabkan potensi longsor.

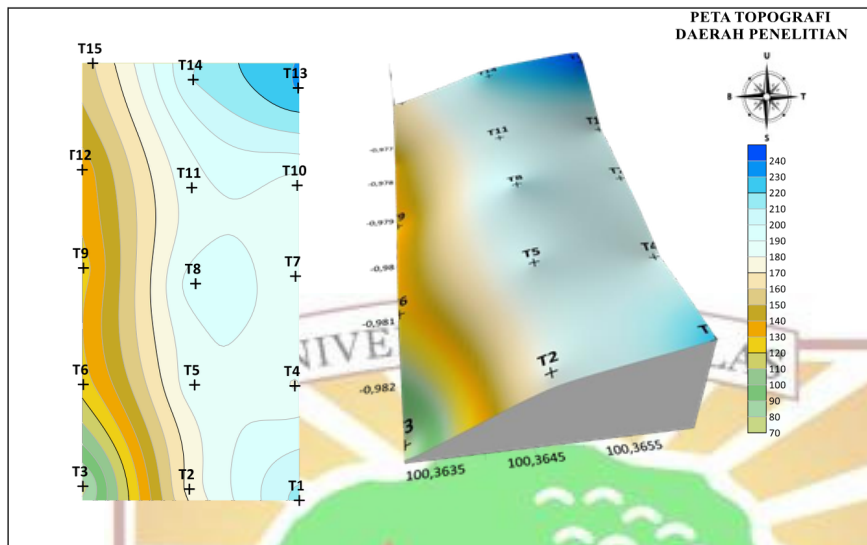
Berdasarkan nilai Vs30 yang diperoleh pada setiap titik pengukuran, terlihat adanya variasi nilai yang menunjukkan adanya perbedaan karakteristik lapisan bawah permukaan yang dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis litologi, tingkat pelapukan batuan, tingkat kompaksi material, serta ketebalan lapisan sedimen di permukaan. Hasil ini sejalan dengan pernyataan (Ngadmanto dkk, 2013) yang menyatakan bahwa semakin lunak suatu batuan maka nilai kecepatan gelombang geser akan semakin kecil. Kecepatan gelombang geser dipengaruhi oleh sifat elastik material seperti kekakuan dan kerapatan batuan. Batuan yang lebih padat dan kaku akan merambat lebih cepat, sehingga memiliki nilai kecepatan gelombang geser yang lebih tinggi, sedangkan batuan yang kurang kompak atau bersifat lunak memiliki kekakuan yang lebih kecil sehingga gelombang geser merambat lebih lambat, yang menyebabkan nilai Vs30 menjadi lebih rendah.



Gambar 4. 3 persebaran nilai Vs30 daerah penelitian

4.4 Topografi Daerah Penelitian

Berdasarkan kondisi topografi daerah penelitian yang diunduh dari data DEMNAS (BIG, 2018) dan diolah menggunakan perangkat lunak *Surfer* untuk menghasilkan peta kontur dan model elevasi permukaan. secara keseluruhan nilai elevasi dan kelerengan daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.4. Nilai kemiringan lereng diperoleh dari perubahan elevasi antar grid yang dihitung berdasarkan perbandingan beda tinggi terhadap jarak horizontal pada Persamaan 2.21 sehingga diperoleh distribusi kemiringan lereng pada setiap titik daerah penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Tabel 4.4 Tingkat kelerengan daerah penelitian

Titik		Garis Lintang	Garis Bujur	Kelerengan (%)
No	Akusisi Data			
1.	T1	-0.982964	100.366183	19 %
2.	T2	-0.982808	100.364675	40 %
3.	T3	-0.982769	100.363214	46 %
4.	T4	-0.981381	100.366122	16 %
5.	T5	-0.981367	100.364747	33 %
6.	T6	-0.981361	100.363219	14 %
7.	T7	-0.979864	100.366131	2 %
8.	T8	-0.979967	100.364761	15 %
9.	T9	-0.979750	100.363222	35 %
10.	T10	-0.978608	100.366155	9 %
11.	T11	-0.978640	100.364708	22 %
12.	T12	-0.978392	100.363206	30 %
13.	T13	-0.977261	100.366169	16 %
14.	T14	-0.977147	100.364728	12 %
15.	T15	-0.976919	100.363350	22 %

Berdasarkan hasil pengolahan data topografi pada 15 titik pengukuran, diperoleh nilai kelerengan yang berkisar antara 2% hingga 46%. Rentang nilai tersebut menggambarkan kondisi morfologi daerah penelitian memiliki variasi topografi dari daerah datar hingga sangat curam yang ditunjukkan pada Gambar 4.5. Mengacu pada Tabel 2. 4 terkait klasifikasi kemiringan lereng, daerah penelitian terbagi kedalam beberapa kelas kelerengan. Lereng datar yang terdapat pada titik T7, yang mencerminkan topografi relatif stabil dengan tingkat kemiringan yang sangat kecil. Lereng landai terdapat pada titik T6, T10, dan T14 yang mengindikasikan daerah dengan kemiringan rendah sehingga proses erosi dan pergerakan material relatif kecil. Selanjutnya, Lereng agak curam terdapat pada titik T1, T4, T8, T11, T13, dan T15 dengan nilai kemiringan berkisar antara 15% -22%.
yang menunjukkan peningkatan pengaruh gaya gravitasi terhadap material penyusun lereng.

Sementara itu, lereng curam hingga sangat curam terdapat pada titik T2, T3 T5, T9, dan T12 dengan nilai kelerengan antara 30% - 46%. Kemiringan yang relatif besar pada kelas ini menyebabkan gaya gravitasi yang bekerja pada material penyusun lereng semakin meningkat sehingga kestabilan lereng cenderung lebih rendah. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa area dengan kemiringan lereng tinggi memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap proses geomorfologi seperti erosi lereng dan pergerakan material

Hasil ini sejalan dengan (Naryanto dkk., 2019) yang menyatakan bahwa kemiringan lereng salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Semakin besar nilai kemiringan lereng, maka potensi terjadinya erosi maupun pergerakan massa tanah akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karna meningkatnya gaya gravitasi yang bekerja pada material penyusun lereng sehingga material menjadi lebih mudah mengalami pergerakan apabila terjadi gangguan pada lereng, seperti curah hujan atau proses pelapukan.

4.5 Peta Potensi Tanah Longsor Daerah penelitian

Setelah dilakukan analisis terhadap nilai frekuensi dominan, amplifikasi, Vs30 dan kondisi topografi, selanjutnya dilakukan pemetaan potensi tanah longsor pada daerah penelitian. Pemetaan ini dilakukan dengan menggabungkan beberapa

parameter yang berpengaruh terhadap potensi terjadinya longsor berdasarkan Tabel 3.1 kemudian dilakukan pemetaan potensi longsor berdasarkan jumlah parameter yang memenuhi pada setiap titik lokasi. Klasifikasi indeks pootensi longsor ditampilkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Indeks nilai parameter frekuensi dominan, amplifikasi, V_{s30} dan topografi

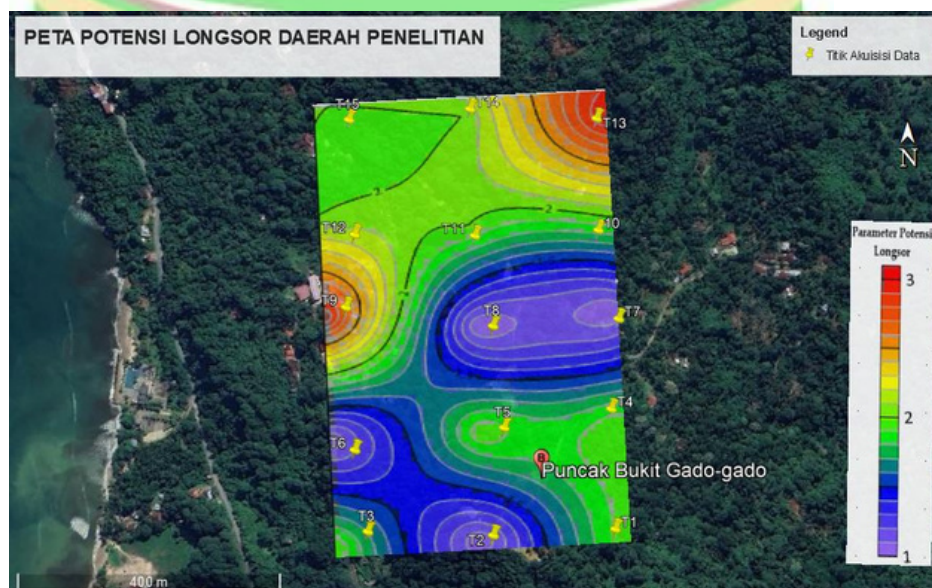
Titik Frekuensi					Indeks	
No	Akusisi dominan	Data (f_0)	Amplifikasi (A_0)	V_s^{30}	Topografi	kriteria terpenuhi
1.	T1	1	0	0	1	2
2.	T2	0	0	0	1	1
3.	T3	1	0	0	1	2
4.	T4	1	0	0	1	2
5.	T5	1	0	0	1	2
6.	T6	1	0	0	0	1
7.	T7	1	0	0	0	1
8.	T8	0	0	0	1	1
9.	T9	1	1	0	1	3
10.	T10	0	1	1	0	2
11.	T11	0	1	0	1	2
12.	T12	0	1	0	1	2
13.	T13	0	1	1	1	3
14.	T14	0	1	1	0	2
15.	T15	0	1	0	1	2

Berdasarkan hasil pembobotan yang diperoleh dari jumlah parameter, maka daerah potensi longsor dibagi kedalam tiga zona yaitu potensi longsor tinggi memenuhi 3-4 parameter, potensi longsor sedang memenuhi 2 parameter dan potensi longsor rendah memenuhi satu parameter atau tidak memenuhi parameter sama sekali. Hasil perbandingan parameter tersebut digunakan untuk menyusun peta potensi longsor yang dapat dilihat pada Gambar 4.5

Berdasarkan pada peta daerah yang berpotensi tinggi terhadap longsor terdapat pada titik T9 dan T13 yang berada diarah Barat dan Timur laut daerah

penelitian ditandai dengan degradasi warna merah. Hasil ini dibuktikan dengan kejadian longsor disekitar rumah warga pada titik T9 dan T13 yang terjadi saat musim hujan seperti yang terlihat pada Gambar 4.6. Sementara itu, titik dengan potensi longsor sedang terdapat pada titik T1, T3, T4, T5, T10, T11, T12, T14 dan T15 yang berada pada bagian Tenggara, Barat daya dan juga tersebar di Barat laut daerah penelitian yang ditunjukkan dengan degradasi warna hijau pada peta. Adapun daerah dengan potensi longsor rendah terdapat pada titik T2, T6, T7 dan T8 yang tersebar diarah Timur dan juga diarah Barat daya daerah penelitian yang ditunjukkan dengan degradasi warna biru.

Daerah penelitian yang memiliki tingkat kelerengan yang tinggi umumnya menunjukkan kondisi topografi yang curam dan tidak stabil. Kondisi ini, apabila didukung oleh nilai frekuensi dominan (f_0) yang rendah, nilai amplifikasi (A_0) yang tinggi, serta nilai V_{s30} yang rendah, mengindikasikan bahwa lapisan bawah permukaan tersusun oleh material yang relatif lunak, lepas, dan kurang kompak. Kombinasi antara kondisi topografi yang curam dan karakteristik material yang lemah tersebut menyebabkan lereng menjadi kurang stabil, sehingga daerah penelitian tersebut cenderung memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi terhadap terjadinya longsor.



Gambar 4. 5 Peta persebaran potensi longsor daerah penelitian

Berdasarkan pada peta daerah yang berpotensi tinggi terhadap longsor terdapat pada titik T9 dan T13 yang berada diarah Barat dan Timur laut daerah penelitian ditandai dengan degradasi warna merah. Hasil ini dibuktikan dengan kejadian longsor disekitar rumah warga pada titik T9 dan T13 yang terjadi saat musim hujan seperti yang terlihat pada Gambar 4.6. Sementara itu, titik dengan potensi longsor sedang terdapat pada titik T1, T3, T4, T5, T10, T11, T12, T14 dan T15 yang berada pada bagian Tenggara, Barat daya dan juga tersebar di Barat laut daerah penelitian yang ditunjukkan dengan degradasi warna hijau pada peta. Adapun daerah dengan potensi longsor rendah terdapat pada titik T2, T6, T7 dan T8 yang tersebar diarah Timur dan juga diarah Barat daya daerah penelitian yang ditunjukkan dengan degradasi warna biru.

Variasi jumlah parameter yang terpenuhi pada setiap titik pengukuran menunjukkan bahwa kondisi bawah permukaan dan topografi daerah penelitian memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Perbedaan ini menyebabkan setiap titik memiliki tingkat potensi longsor yang tidak sama, meskipun berada dalam satu kawasan penelitian. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa parameter seperti frekuensi dominan, amplifikasi, nilai Vs30, dan kemiringan lereng memberikan kontribusi yang berbeda dalam menentukan tingkat kerawanan longsor pada masing-masing lokasi. Dengan demikian, perbedaan nilai bobot pada setiap titik mencerminkan kombinasi kondisi fisik yang beragam, yang mempengaruhi klasifikasi zona potensi longsor yang dihasilkan.



T9



T13

Gambar 4. 6 titik T9 dan T13 daerah rawan longsor

