BMKG

LAPORAN PENDAHULUAN
HASIL SURVEI GEMPABUMI M 6.2
MAMUJU-MAJENE
16 – 22 JANUARI 2021

BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI
DAN GEOFISIKA
2021

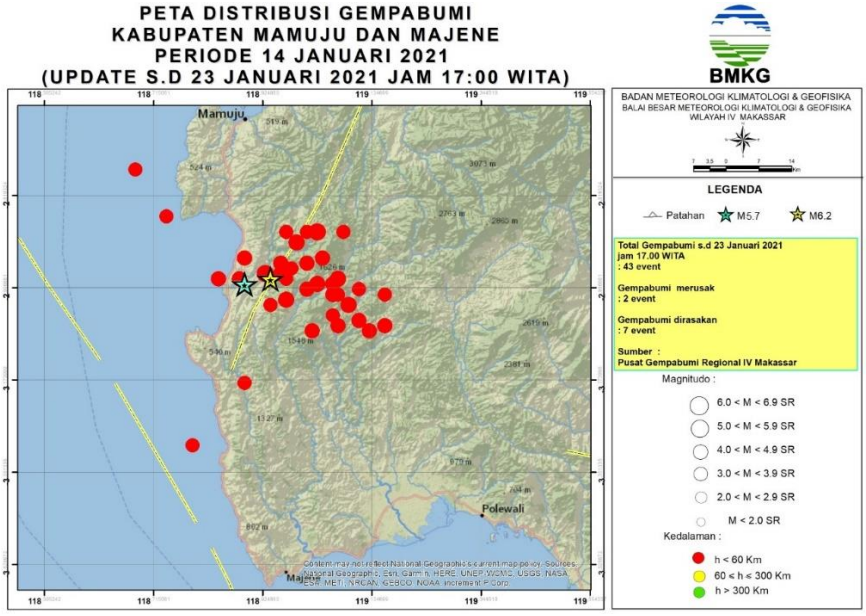
I.1 PENDAHULUAN

I.I Latar Belakang

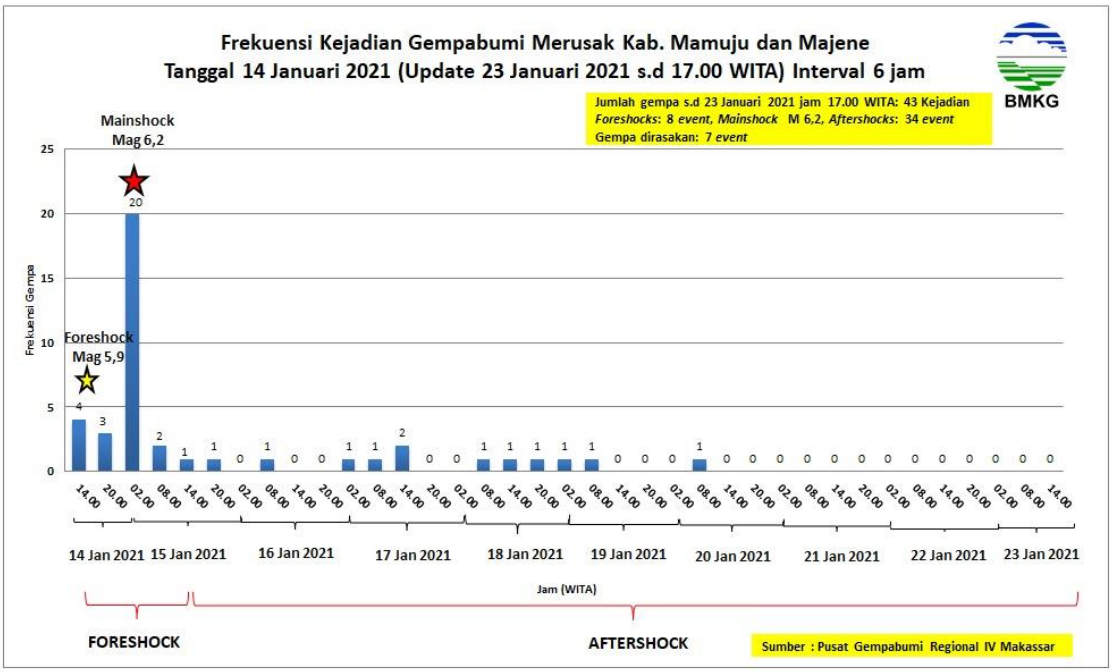
I.1.1 Parameter Gempabumi

Telah terjadi gempabumi tektonik dengan magnitudo 6.2 pada hari Jumat, tanggal 15 Januari 2021 pukul 02:28:21 WITA. Pusat gempabumi berada pada kedalaman 21 km dan berada di darat 6 km arah timur laut Majene, Provinsi Sulawesi Barat. BMKG menyatakan bahwa gempabumi ini tidak berpotensi tsunami. Peta tingkat guncangan (*shakemap*) BMKG menunjukkan bahwa dampak gempabumi berupa kerusakan dapat terjadi pada daerah yang berdekatan dengan pusat gempa. Berdasarkan hasil analisa data akselerograf, sensor akselerograf terdekat dengan sumber berada di Stasiun Meteorologi Mamuju (MMSN), yang memiliki jarak sekitar 37 km dari pusat gempa dengan nilai percepatan tanah sebesar 150.7799 gals.

Berdasarkan rilis BMKG gempabumi ini merupakan *main shock* (gempa utama) dari gempabumi yang terjadi pada tanggal 14 Januari 2021, dengan dimikian gempabumi dengan magnitudo 5.7 pada tanggal 14 Januari 2021 pukul 14:35:50 WITA merupakan gempabumi pendahulu (*fore shock*). Dalam perkembangannya, gempabumi susulan terus berlangsung dengan magnitudo yang lebih kecil dan frekuensi kejadian yang semakin menurun. Hingga tanggal 23 Januari 2021 pukul 17.00 WITA telah terjadi 34 gempa susulan (sumber : Pusat Gempabumi Regional IV).



(a)



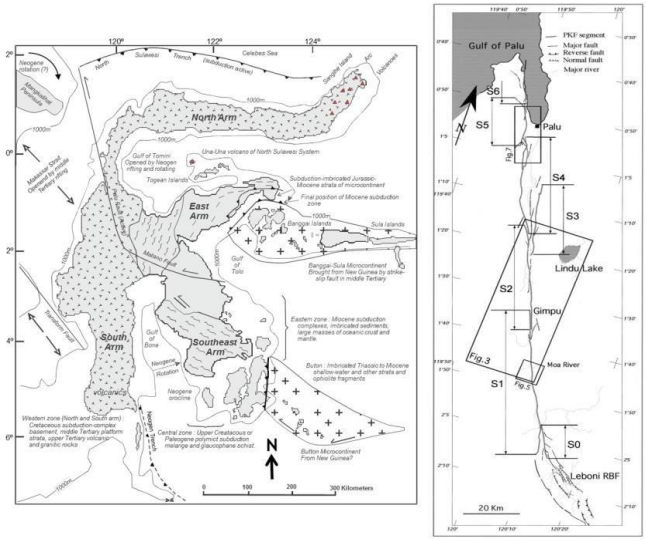
(b)

Gambar 1 a. Peta lokasi sebaran episenter gempabumi Mamuju – Majene, Sulawesi Barat periode tanggal 14 – 23 Januari 2021 b. Grafik frekuensi kejadian gempabumi susulan Mamuju – Majene, Sulawesi Barat periode tanggal 14 – 23 Januari 2021

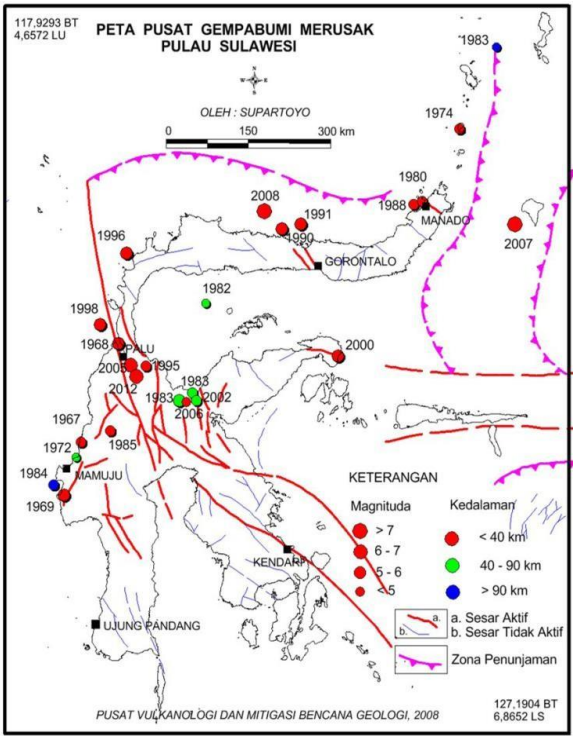
I.1.2 Tinjauan Kondisi Geologi dan Tektonik Sulawesi

Pulau Sulawesi terbentuk dari proses tektonik yang rumit, sehingga memberikan bentuk kenampakan seperti sekarang. Beberapa peneliti telah mengemukakan pendapatnya tentang pembentukan Pulau Sulawesi antara lain Soekamto (1975), Hamilton (1979), Hall dan Wilson (2000). Hall dan Wilson (2000) menggunakan istilah *suture* untuk menggambarkan kerumitan tektonik yang terjadi di Indonesia, termasuk di Pulau Sulawesi, dan mengidentifikasi adanya lima *suture* di Indonesia, yaitu *Suture* Sulawesi, Maluku, Sorong, Banda, dan Kalimantan. Menurut Hall dan Wilson (2000) *suture* Sulawesi terbentuk akibat proses tumbukan antara kontinen dan kontinen (Paparan Sunda dan Australia) yang merupakan daerah akresi yang sangat kompleks, tersusun oleh fragmen ofiolit, busur kepulauan dan kontinen. Pembentukan *suture* Sulawesi diperkirakan terjadi pada Kala Oligosen Akhir dan berlanjut hingga Miosen Awal. Hingga saat ini diperkirakan deformasi tersebut masih berlangsung. Hamilton (1979) berdasarkan perbedaan litologi membagi Pulau Sulawesi menjadi empat mandala (*province*) tektonik yaitu Lengan Utara (*North Arm*), Lengan Selatan (*South Arm*), Lengan Timur (E*ast Arm*), dan Lengan Tenggara (*Southeast Arm*) (Gambar 2a). Secara geologi, daerah Mamuju disusun oleh batuan gunung api Adang (Tma), batuan gunung api Talaya (Tmt), batugamping Formasi Mamuju (Tmm), batugamping Anggota Tapalang Formasi Mamuju (Tmmt), dan

endapan aluvium (Qa). Aktivitas gunung api purba mengontrol pembentukan morfologi berupa perbukitan. Ini terlihat dari adanya beberapa pusat erupsi gunung api di Mamuju, terutama di daerah yang didominasi oleh batuan theprite, tephriphonolite, phonotephrite, dan phonolite. Batuan-batuan tersebut berkomposisi ultrapotasik yang terbentuk pada tataan tektonik benua aktif dengan kerak benua mikro blok Sulawesi. (Indrastono .dkk, 2017)



(a)



(b)

Gambar 2. a. Gambar kiri merupakan tatanan tektonik Pulau Sulawesi (Hamilton, 1979), gambar kanan merupakan pembagian segmentasi Sesar Palu Koro (Bellier et al., 2001).
b. Peta sebaran pusat gempabumi merusak dan tahun kejadian di Pulau Sulawesi (modifikasi dari Supartoyo dan Surono,2008).

Berdasarkan data sejarah kegempaan, sebagian besar gempabumi yang terasa signifikan hingga memiliki dampak merusak, di wilayah Sulawesi Barat disebabkan oleh aktivitas Sesar Naik Mamuju (Mamuju Thrust). Pada tanggal 11 April 1976, gempabumi dengan kekuatan magnitude 6.3 di Polewali Mandar memicu kerusakan bangunan dan gelombang tsunami, dimana tercatat terdapat 13 orang meninggal. Pada tanggal 23 Februari 1969, gempabumi dengan kekuatan magnitudo 6.9 di kedalaman 13 km kembali menyebabkan tsunami setinggi 4 meter yang menerjang kawasan Desa Maliaya, Taan, Tepalang, Malunda. Sebanyak 64 orang meninggal dan hilang serta 1.287 rumah rusak. Kemudian, pada tanggal 8 Januari 1984, gempabumi dengan kuatan magnitude 6.7 mengguncang Kabupaten Majene dan Mamuju menyebabkan ratusan korban jiwa.

I.1.3 Peak Ground Acceleration (PGA) Gempabumi Mamuju-Majene

BMKG melaporkan terjadinya gempabumi dengan kekuatan 6.2 yang mengguncang wilayah Kabupaten Mamuju dan Majene pada Jumat (15/1/2021) pukul 02:28:21 WITA. Pusat gempabumi berada pada kedalaman 21 km dan berada di darat 6 km arah timur laut Majene, Provinsi Sulawesi Barat. Gempa terjadi akibat aktivitas Sesar Naik Mamuju (Mamuju Thrust). Gempabumi tersebut tidak berpotensi tsunami.

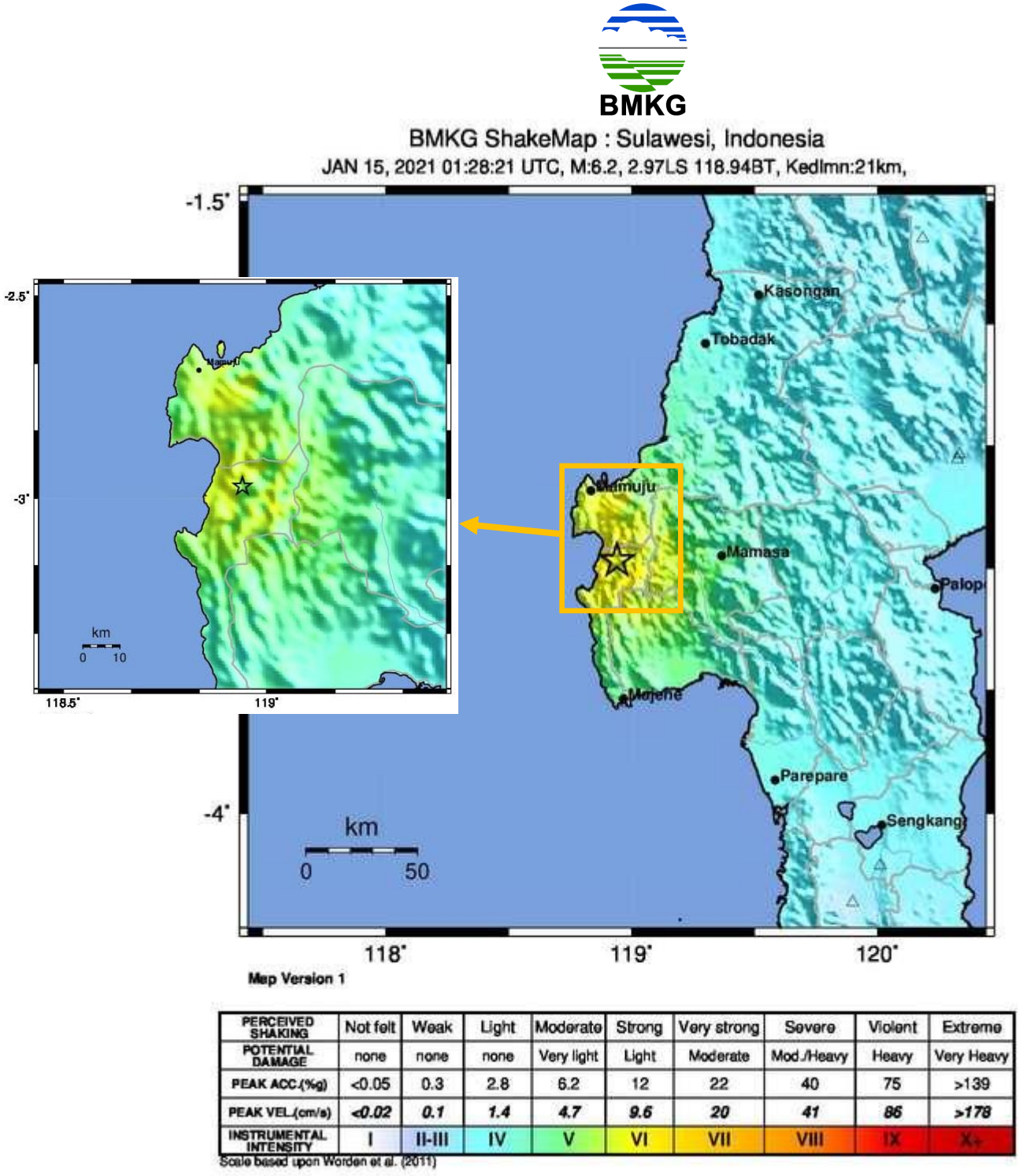
Kerusakan dan keruntuhan bangunan akibat gempabumi terjadi karena bangunan tidak mampu mengantisipasi getaran tanah (ground motion) yang diakibatkan oleh gempabumi. Besarnya getaran tanah akibat gempabumi dipengaruhi oleh tiga hal, sumber gempa (source), jalur penjalaran gelombang (path), dan pengaruh kondisi tanah setempat (site). Dapat dipahami bahwa sumber gempa yang besar dan dekat akan menimbulkan getaran tanah yang juga besar. Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) tercatat oleh peralatan akselerograf dari gempabumi yang terjadi di Kabupaten Mamuju pada 15 Januari 2021 jam 01:28:21 WIB dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai PGA terbesar tercatat pada Stasiun Meteorologi Mamuju (MMSN) dengan nilai PGA 150.7799 gal dan jarak 37 km dari pusat gembabumi.

Tabel 1 Nilai Peak Ground Acceleration Gempa Bumi Mamuju - Majene 15 Januari 2021

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Laporan Kejadian Gempabumi Bidang Seismologi Teknik
==========
Gempabumi 15 Januari 2021, jam 01:28:21 WIB, Mag:6.2, Lat:2.97°LS, Long:118.99°BT, Kedalaman:38 Km, Sulawesi, Indonesia

No	IdSta	Stasiun	Latitude	Longitude	Jarak	MMI	PGA-EW(gal)	PGA-NS(gal)	PGA-UD(gal)	PGA Max	PGA max Horizontal	Site Class
1	MMSN	DISHUB MAMUJU SULAWESI	-2.672	118.886	47.77	VI	93.9634	150.7799	49.2744	150.7799	150.7799	
2	MJNE	STA MET MAJENE	-3.55	118.98	70.86	IV	40.1849	39.5263	19.8901	40.1849	40.1849	C
3	MSBA	STA MET MASAMBA	-2.555	120.324	155.73	III	5.3469	4.216	2.0237	5.3469	5.3469	D
4	MSCM	Masamba,Luwu Utara,Sulawesi Selatan	-2.534	120.332	157.24	III	7.987	8.5623	2.99	8.5623	8.5623	
5	SWCM	Sabbang Paru,Wajo,Sulawesi Selatan	-4.215	120.011	178.82	III	3.1154	3.7799	1.5464	3.7799	3.7799	
6	LSCM	Lalabati Rilau,Soppeng,Sulawesi Selatan	-4.365	119.899	184.87	II	1.2289	2.0737	1.1809	2.0737	2.0737	
7	LOCM	Lore Tengah,Poso,Sulawesi Tengah	-1.65	120.183	197.36	IV	14.1434	10.9564	3.6329	14.1434	14.1434	
8	LUCM	Lore Utara,Poso,Sulawesi Tengah	-1.426	120.323	225.9	IV	nan	10.0156	4.1611	10.0156	10.0156	
9	MTCM	Malili,Luwu Timur,Sulawesi Selatan	-2.61	121.118	238.72	II	2.5117	2.5019	0.6801	2.5117	2.5117	
10	SUHA	STA MET HASANUDIN MAKSAR	-5.059	119.545	239.3	I	0.5174	0.4831	0.341	0.5174	0.5174	C
11	BDCM	Banawa Selatan ,Donggala,Sulawesi Tengah	-0.873	119.587	241.41	III	8.8514	6.9482	3.2105	8.8514	8.8514	
12	SUPA	STA MARITIM MAKASAR	-5.111	119.42	241.73	II	0.6194	0.5723	0.1744	0.6194	0.6194	E
13	SUBA	BALAI BESAR WILAYAH IV MAKASAR	-5.143	119.452	245.89	I	0.2293	0.198	0.1137	0.2293	0.2293	C
14	PCI	Station Palu, Indonesia	-0.905	119.837	247.04	III	3.7946	2.9674	1.9139	3.7946	3.7946	
15	SLPI	STA GEOF PALU	-0.905	119.837	247.05	II	1.4308	1.2662	0.6997	1.4308	1.4308	D
16	PASI	STA MET MUTIARA PALU	-0.916	119.905	248.92	V	34.7185	41.4834	15.3429	41.4834	41.4834	C
17	PTSN	Poso, Sulawesi Tengah, Sulawesi, Noncolocated	-1.42	120.657	251.87	IV	11.072	9.7177	5.0774	11.072	11.072	
18	SUGO	STA GEOF GOA	-5.218	119.47	254.4	I	0.1833	0.1921	0.1284	0.1921	0.1921	B
19	BBCM	Bontocani,Bone,Sulawesi Selatan	-5.039	120.058	257.6	II	0.7771	0.4694	0.6537	0.7771	0.7771	
20	TBCM	Tonra,Bone,Sulawesi Selatan	-4.912	120.282	257.96	II	0.9947	0.9388	0.3734	0.9947	0.9947	
21	BKSI	Bulukumba	-5.322	120.122	288.62	II	0.5292	0.4871	0.4116	0.5292	0.5292	A
22	BGKI	STA GEOF BALIKPAPAN	-1.255	116.909	298.17	III	1.6258	1.5278	0.6938	1.6258	1.6258	D
23	BKB	GEOFON Station Balikpapan, Kalimantan, Indonesia	-1.107	116.905	309.16	II	0.784	0.7585	0.3616	0.784	0.784	
24	KKSI	Kolaka	-4.172	121.651	322.44	II	0.7624	0.6419	0.3263	0.7624	0.7624	
25	BLCM	Balaesang Tanjung ,Donggala,Sulawesi Tengah	-0.123	119.687	324.2	II	1.1623	1.2564	0.3969	1.2564	1.2564	
26	BGCM	Balaesang,Donggala,Sulawesi Tengah	-0.08	119.858	333.71	III	3.9406	3.0645	1.4357	3.9406	3.9406	
27	BSSI	Benteng, P. Selayar	-6.143	120.49	387.97	II	0.295	0.2597	0.1901	0.295	0.295	
28	KDRI	STA MAR KENDARI	-3.97	122.59	412.62	I	0.0902	0.0784	0.1441	0.1441	0.0902	E
29	KDI	Station Kendari, Sulawesi	-3.957	122.619	415.34	I	0.0725	0.1294	0.0647	0.1294	0.1294	C
30	BBKI	Banjar Baru	-3.464	114.841	461.59	II	0.8987	1.027	0.7056	1.027	1.027	D
31	LUWI	GEOFON Station Luwuk, Sulawesi, Indonesia	-1.042	122.772	469.48	II	0.7722	0.7036	0.5116	0.7722	0.7722	
32	BJMI	STA MET BANJARMASIN	-3.439	114.752	471.06	II	0.2803	0.3126	0.2176	0.3126	0.3126	D
33	BGCI	Balantak,Banggai,Sulawesi Tengah	-0.882	123.391	538.92	II	1.0329	1.1985	0.3734	1.1985	1.1985	
34	TBKI	Teluk Bayur,Berau,Kalimantan Timur	2.136	117.424	591.27	I	nan	0.2528	nan	0.2528	0.2528	
35	TGCM	Telaga,Gorontalo,Gorontalo	0.52	123.077	594.88	I	0.1862	0.1205	0.0715	0.1862	0.1862	
36	DBNI	Bima	-8.502	118.312	617.05	I	0.145	0.1009	0.097	0.145	0.145	B
37	SUBE	STA MET SUMBAWA BESAR	-8.488	117.413	635.23	I	0.048	0.0539	0.0206	0.0539	0.0539	D
38	LMTI	Langke Rembong,Manggarai,Nusa Tenggara Timur	-8.601	120.477	644.72	I	0.1098	0.1313	0.0519	0.1313	0.1313	
39	KMSI	Kotamubagu	0.575	123.988	678.46	II	0.5018	0.537	0.1578	0.537	0.537	E
40	TWSI	Taliwang	-8.738	116.882	679.72	I	0.0265	0.0216	0.0176	0.0265	0.0265	B
41	BNTI	Bajawa,Ngada,Nusa Tenggara Timur	-8.788	120.977	680.52	I	0.0421	0.0323	0.0402	0.0421	0.0421	
42	MTLN	STA GEOF MATARAM	-8.636	116.171	700.23	I	0.0118	0.0206	0.0157	0.0206	0.0206	
43	KHBO	Kahang-kahang, Karang asem	-8.364	115.61	704.01	I	0.0049	0.0059	0.0088	0.0088	0.0059	
44	TARAI	Station Tarakan, Kalimantan, Indonesia (JISNET)	3.327	117.57	715.03	I	0.2587	0.2558	0.2617	0.2617	0.2587	
45	KBBI	Kintamani,Bangli,Bali	-8.286	115.255	718.44	I	0.3616	0.3538	0.2058	0.3616	0.3616	
46	MMRI	GEOFON Station Maumere, Flores, Indonesia	-8.636	122.238	722.43	I	0.0186	0.0137	0.0137	0.0186	0.0186	
47	NKBI	Nusa Penida,Klungkung,Bali	-8.741	115.546	743.44	I	0.0294	0.0333	0.0196	0.0333	0.0333	
48	USTI	Umbu Ratu Nggay,Sumba Tengah,Nusa Tenggara Timur	-9.654	119.788	745.69	I	0.1245	0.1529	0.0549	0.1529	0.1529	
49	RTBI	Negara	-8.46	114.942	754.21	I	0.0245	0.0225	0.0314	0.0314	0.0245	
50	WSI	Station Waingapu, JISNET Indonesia	-9.669	120.298	755.98	I	0.0686	0.0568	0.051	0.0686	0.0686	
51	WRJI	Curahdami,Bondowoso,Jawa Timur	-7.93	113.793	793.99	I	0.0608	0.0617	0.0372	0.0617	0.0617	
52	JAGI	GEOFON Station Jajag, Java, Indonesia	-8.47	114.152	809.79	I	0.0147	0.0137	0.0127	0.0147	0.0147	
53	TUJI	Tumpakrejo,Jember,Jawa Timur	-8.402	113.732	835.61	I	0.0372	0.0304	0.0196	0.0372	0.0372	
54	GRJI	Gresik	-6.914	112.479	841.2	I	nan	0.0764	nan	0.0764	0.0764	D
55	SIJM	Sidoarjo,Sidoarjo,Jawa Timur	-7.295	112.696	843.84	II	0.2313	0.2254	0.1225	0.2313	0.2313	
56	TBJI	Tambak Boyo	-6.818	111.848	896.5	I	0.0559	0.0853	0.048	0.0853	0.0853	D
57	ALTI	Alor Timur,Alor,Nusa Tenggara Timur	-8.29	125.126	897.49	I	0.0157	0.0225	0.0118	0.0225	0.0225	
58	GEJI	Gedangan,Malang,Jawa Timur	-8.347	112.59	923.7	I	0.0206	0.0196	0.0127	0.0206	0.0206	
59	KUMA	STA MAGNET KUPANG	-10.199	123.67	952.61	I	0.0108	0.0108	0.0078	0.0108	0.0108	
60	SNJI	Station Sawahan, Indonesia (JISNET)	-7.781	111.759	959.66	I	0.0137	0.0137	0.0118	0.0137	0.0137	
61	GGJM	Gabus,Grobogan,Jawa Tengah	-7.172	111.204	977.68	II	0.392	0.4234	0.7242	0.7242	0.4234	
62	LBMI	Labuha	-0.638	127.501	977.81	I	0.0461	0.0451	0.0363	0.0461	0.0461	
63	TDSR	REIS Watulimo	-8.272	111.716	994.56	I	0.0274	0.0451	0.049	0.049	0.0451	

I.1.4 Peta Guncangan Akibat Gempabumi (Shakemap)



Gambar 3 Peta tingkat guncangan (shakemap) MMI gempabumi Mamuju - Majene M 6.2 Jum'at 15 Januari 2021 jam 02:28:21 WITA

I.1.5 Laporan Kerusakan

Berdasarkan laporan dari BNPB pada rapat evaluasi Jumat (22/1/2021), hingga Jumat (22/1/2021) pukul 22.15 WITA (H+7), jumlah korban meninggal dunia akibat gempabumi M 6.2 yang mengguncang Mamuju dan Majene adalah 91 orang, di samping itu terdapat 9883 orang mengungsi dan 1150 unit rumah rusak (belum terklasifikasi). Data ini masih akan terus mengalami pembaharuan dari hari ke hari, mengingat tim BNPB dan BPBD Sulawesi Barat masih terus melakukan pendataan korban dan kerusakan bangunan.

I.2 Tujuan

Survei gempabumi signifikan di Mamuju dan Majene, Sulawesi Barat bertujuan untuk:

1. Melakukan pengukuran kecepatan rata – rata penjalaran gelombang permukaan hingga kedalaman 30 meter (Vs30) untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah pada daerah terdampak
2. Pengukuran nilai periode dominan (Tdom) untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah dan estimasi ketebalan sedimen pada daerah terdampak
3. Pengukuran percepatan gerakan tanah untuk mengetahui spektra respon akselerasi
4. Pengukuran visual data makroseismik untuk mengetahui intensitas berdasarkan data kerusakan
5. Mengetahui secara riil kontribusi aspek geoteknik terhadap kerusakan di lapangan diliat dari jumlah dan sebaran tingkat kerusakan bangunan
6. Penyampaian informasi tentang gempabumi kepada masyarakat di sekitar lokasi kerusakan

II. PELAKSANAAN KEGIATAN

II.1 Tim Survei

Tim survey gempabumi Lombok berjumlah 3 tim yang berasal dari BMKG Pusat, Balai Besar MKG Wilayah IV serta UPT stasiun geofisika, yaitu:

1. **BMKG Pusat (Pusat Seismologi Teknik, Geofisika Potensial dan Tanda Waktu)**
   - Rahmat Triyono, M.Sc (Koordinator)
   - Ardian Yudhi Octantyo, S.Tr, MDM
   - Amelia Chelcea, ST
   - Angga Wijaya, S.Tr
   - Bambang Sulistyo

2. **Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah IV**
   - Darmawan, S.Si, M.Si
   - R. Jamroni, ST, MT

3. **Stasiun Meteorologi Mamuju**
   - Agus, ST
   - Hadi Nur Rohman, S.Tr
   - Robby A. Pradana, S.Tr

4. **Stasiun Geofisika Palu**
   - Cahyo Nugroho, SE, S.Si
   - Hendrik Leopatty, S.Si
   - Muhammad Cholidani, S.Tr
   - Denny Yulian Dwi Putra, S.Tr
   - Alhusen Mustarang, S.Tr

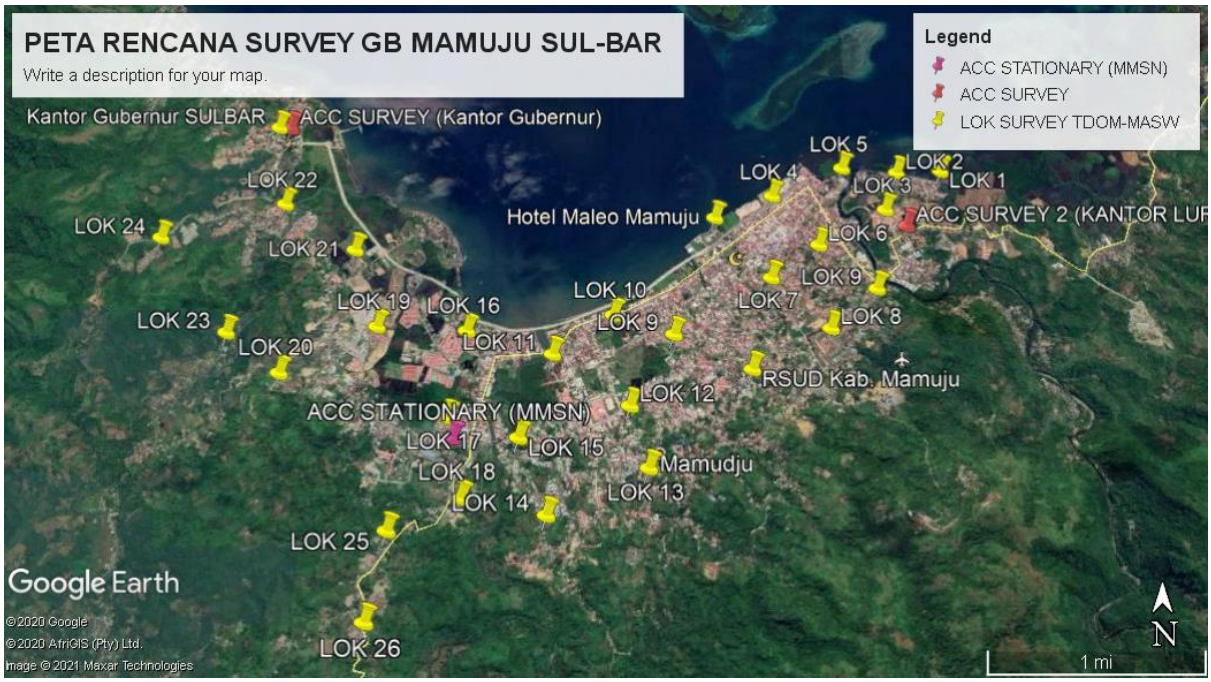
5. **Stasiun Geofisika Gowa**
   - Rosa Amelia, S.Si
   - Ramadhan Priadi, S.Tr

II.2 Waktu Pelaksanaan

Survey dilakukan selama 7 hari mulai tanggal 16 Januari sampai dengan 22 Januari 2020.

II.3 Pelaksanaan Survei

Lokasi survei dilakukan di wilayah Kecamatan Mamuju, Kecamatan Simboro dan Kepulauan serta Kecamatan Malunda yang memiliki dampak guncangan akibat gempabumi M 6,2 didasarkan pada sumber informasi BMKG yang menunjukkan parameter lokasi episenter dan peta guncangan gempa (*shakemap*) serta informasi awal tingkat kerusakan yang diperoleh dari instansi terkait dan media.



Gambar 4 Peta lokasi rencana survei gempabumi Mamuju – Majene, 16 – 22 Januari 2021

III. HASIL DAN ANALISA

III.1 Pengukuran Makroseismik

Kegiatan pengukuran makroseismik adalah pengamatan secara langsung di lapangan berupa dampak kejadian gempabumi, seperti : kerusakan dinding berupa retak rambut, kegagalan struktur, bergesernya genting atap, fenomena liquifaksi, dll yang dapat mencerminkan besarnya intensitas di daerah tersebut berdasarkan skala Modified Mercalli Intensity (MMI). Berikut beberapa hasil pengamatan makroseismik akibat gempabumi M 6.2 di Kabupaten Mamuju – Majene, Sulawesi Barat :

1. Kantor Gubernur Sulawesi Barat, Kecamatan Simboro dan Kepulauan, Kabupaten Mamuju

Tampak Depan Bangunan Kantor Gubernur Sulawesi Barat yang runtuh ke arah Timur.

2. Bangunan Ruko, Kelurahan Rimuku, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Kegagalan struktur bangunan, dimana bangunan 3 lantai, runtuh ke bawah, dengan hanya menyisakan bangunan lantai 2 dan 3

3. Rumah Sakit Mitra Manakarra, Kelurahan Rimuku, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Bangunan rumah sakit setinggi lima lantai runtuh, rata dengan tanah

4. Rumah Warga, Kelurahan Binanga, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Bangunan rubuh, rata dengan tanah

5. Bangunan Ruko, Kelurahan Mamunyu, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Bangunan lantai pertama mengalami kegagalan struktur sehingga tersisa struktur bangunan lantai dua.

6. Hotel Grand Maleo, Kelurahan Binanga, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Kegagalan struktur bangunan pada sambungan bangunan sebelah Barat dan Timur

Bangunan sebelah Timur mengalami penurunan, sehingga terdapat satu blok yang runtuh antara bangunan sebelah Barat dan Timu

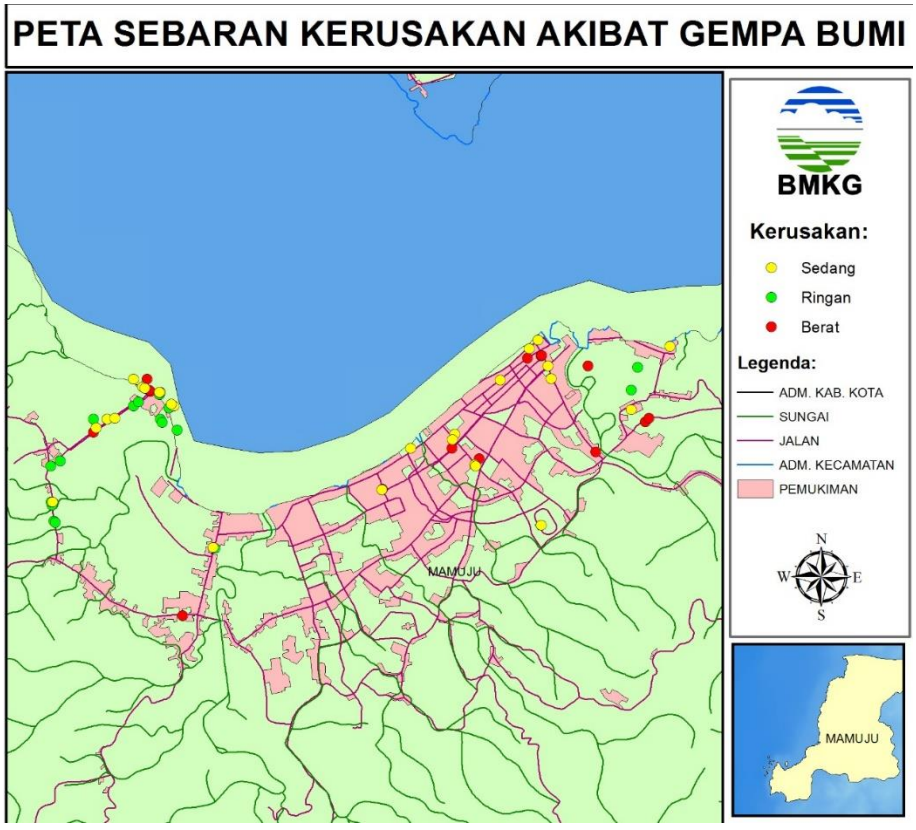
7. Rumah warga, Kelurahan Karema, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Kegagalan struktur kolom bangunan, sehingga bangunan nampak miring

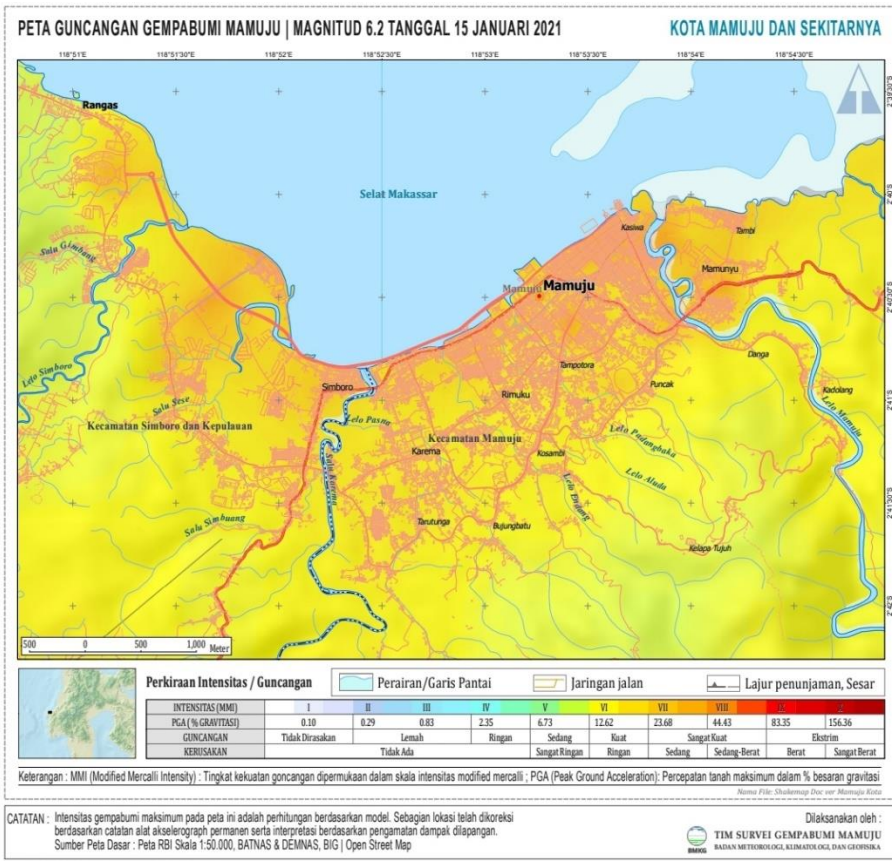
8. Rumah Sakit Umum Daerah Kabupaten Mamuju, Kelurahan Rimuku, Kecamatan Mamuju, Kabupaten Mamuju

Bangunan rumah sakit mengalami kerusakan pada dinding, namun struktur utama masih baik.

Hasil pengukuran makroseismik dari berbagai lokasi selanjutnya dibuat skala intensitas berdasarkan kerusakan di daerah tersebut. Berikut hasil pengamatan makroseismik :



(a)



(b)

Gambar 2 a. Peta sebaran lokasi survei makroseismik gempabumi Mamuju – Majene (Sumber: Stasiun Meteorologi Mamuju)
b. Peta pengamatan makroseismik gempabumi Mamuju – Majene (Sumber: Stasiun Geofisika Palu)

Tabel 2 Pengamatan makroseismik

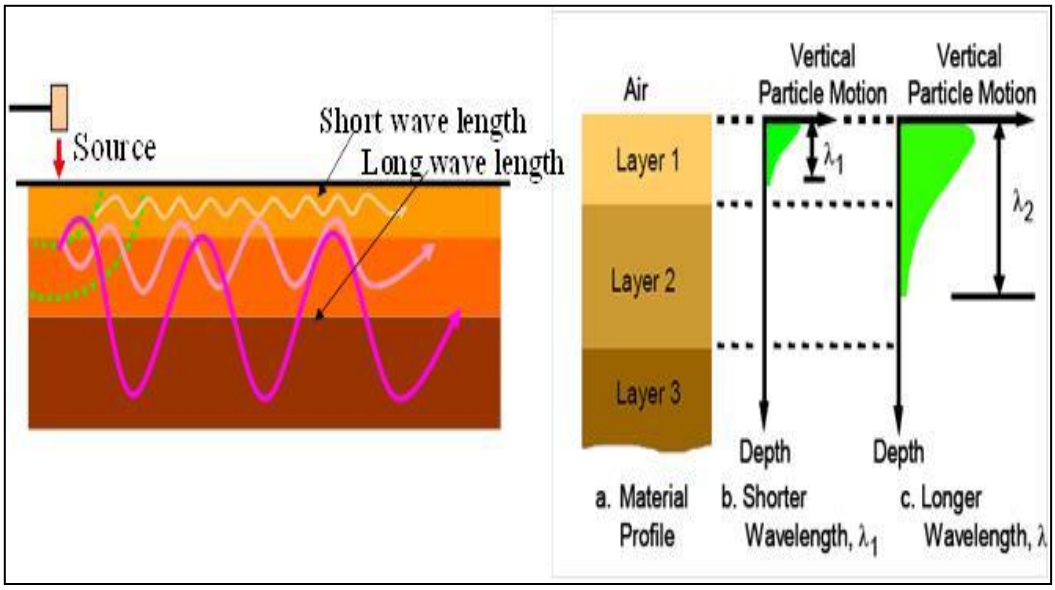
no	longitude	latitude	kerusakan
1	118.86500	-2.67100	Berat
2	118.86100	-2.67500	Berat
3	118.89400	-2.67100	Berat
4	118.89800	-2.67000	Berat
5	118.86523	-2.67193	Berat
6	118.86514	-2.67182	Berat
7	118.86665	-2.67314	Berat
8	118.88988	-2.67696	Berat
9	118.90230	-2.67421	Berat
10	118.86766	-2.68873	Berat
11	118.90256	-2.67395	Berat
12	118.88260	-2.67924	Berat
13	118.89858	-2.67646	Berat
14	118.89451	-2.66926	Berat
15	118.89451	-2.66923	Berat
16	118.88782	-2.67617	Berat
17	118.89349	-2.66942	Berat
18	118.86514	-2.68037	Berat
19	118.88251	-2.67796	Berat
20	118.88607	-2.68468	Berat
21	118.86400	-2.67100	Sedang
22	118.86600	-2.67200	Sedang
23	118.86700	-2.67300	Sedang
24	118.86200	-2.67400	Sedang
25	118.89500	-2.67000	Sedang
26	118.86465	-2.67158	Sedang
27	118.86483	-2.67167	Sedang
28	118.86591	-2.67199	Sedang
29	118.86682	-2.67287	Sedang
30	118.89449	-2.68193	Sedang
31	118.86257	-2.67394	Sedang
32	118.86121	-2.67464	Sedang
33	118.85793	-2.68021	Sedang
34	118.86995	-2.68362	Sedang
35	118.92080	-2.67006	Sedang
36	118.89142	-2.67108	Sedang
37	118.88473	-2.67617	Sedang
38	118.88258	-2.67926	Sedang
39	118.89524	-2.67097	Sedang

40	118.89425	-2.66806	Sedang
41	118.89362	-2.66871	Sedang
42	118.88801	-2.67514	Sedang
43	118.88785	-2.67552	Sedang
44	118.88953	-2.67741	Sedang
45	118.88959	-2.67752	Sedang
46	118.90124	-2.67330	Sedang
47	118.90415	-2.66854	Sedang
48	118.88725	-2.67312	Sedang
49	118.86200	-2.67400	Ringan
50	118.86600	-2.67400	Ringan
51	118.86400	-2.67300	Ringan
52	118.86100	-2.67400	Ringan
53	118.86591	-2.67215	Ringan
54	118.86665	-2.67315	Ringan
55	118.86612	-2.67426	Ringan
56	118.86726	-2.67482	Ringan
57	118.86437	-2.67271	Ringan
58	118.85851	-2.67713	Ringan
59	118.85778	-2.67750	Ringan
60	118.85799	-2.68026	Ringan
61	118.85790	-2.68044	Ringan
62	118.85803	-2.68164	Ringan
63	118.85813	-2.68174	Ringan
64	118.85783	-2.68020	Ringan
65	118.87009	-2.68369	Ringan
66	118.90125	-2.67181	Ringan
67	118.90173	-2.67012	Ringan
68	118.85851	-2.67713	Ringan
69	118.85778	-2.67750	Ringan
70	118.85760	-2.67657	Ringan

III.2 Pengukuran Kecepatan Rata - Rata Gelombang Geser Hingga Kedalaman 30 Meter (Vs30)

Kecepatan rata – rata gelombang geser hingga kedalaman 30 meter (Vs30) adalah indikator yang baik untuk menggambarkan karakteristik kekakuan dan kekuatan tanah. Meskipun demikian, pengukuran Vs secara langsung dengan kualitas data yang baik dan biaya operasional yang ekonomis umumnya sulit dilakukan.

Pengukuran Vs30 pada kegiatan survey ini dilakukan melalui survei geofisika lapangan menggunakan metode *Multi-channel Analysis of Surface Wave* (MASW). Konsep dasar survei dengan metode *Multi-channel analysis of surface wave* dalam pengukuran Vs30 adalah pemanfaatan gelombang permukaan Rayleigh atau biasa disebut *ground roll* yang bersifat dispersif, dimana gelombang tersebut dihasilkan dari interaksi gelombang geser dengan lapisan tanah permukaan. Dengan mengukur kecepatan rambat gelombang permukaan Rayleigh maka dapat diperkirakan profil Vs30. Gelombang permukaan Rayleigh memiliki sifat dispersif, dimana kecepatan fasa gelombangnya bergantung pada frekuensi gelombang. Gelombang dengan frekuensi tinggi memiliki panjang gelombang yang pendek sehingga akan merambat hingga kedalaman yang dangkal dengan kecepatan rendah. Sebaliknya, gelombang dengan frekuensi rendah memiliki panjang gelombang yang panjang sehingga akan merambat hingga kedalaman yang lebih dalam dengan kecepatan yang lebih tinggi. Keuntungan dari sifat dispersif ini dimanfaatkan untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan yang bersesuaian dengan kecepatan gelombang gesernya sehingga dapat diperoleh profil Vs30. **Gambar 2-5** berikut menunjukkan dispersi gelombang permukaan Rayleigh yang dijadikan dasar dalam survei MASW.

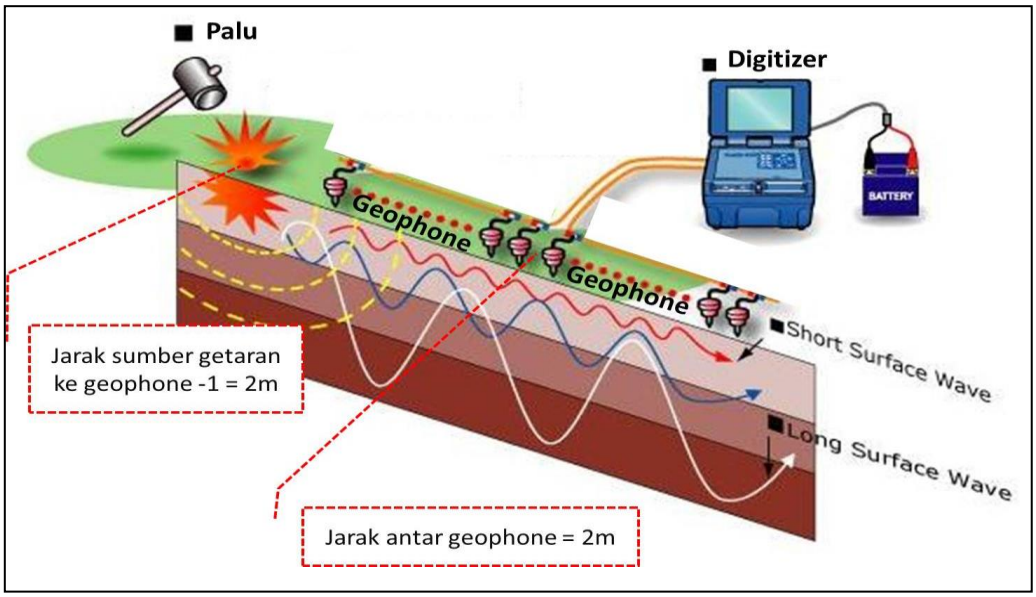


Gambar 9. Sifat Dispersi Gelombang Permukaan Rayleigh Sebagai Dasar Survei MASW

III.2.1 Peralatan

Peralatan survey yang digunakan adalah:

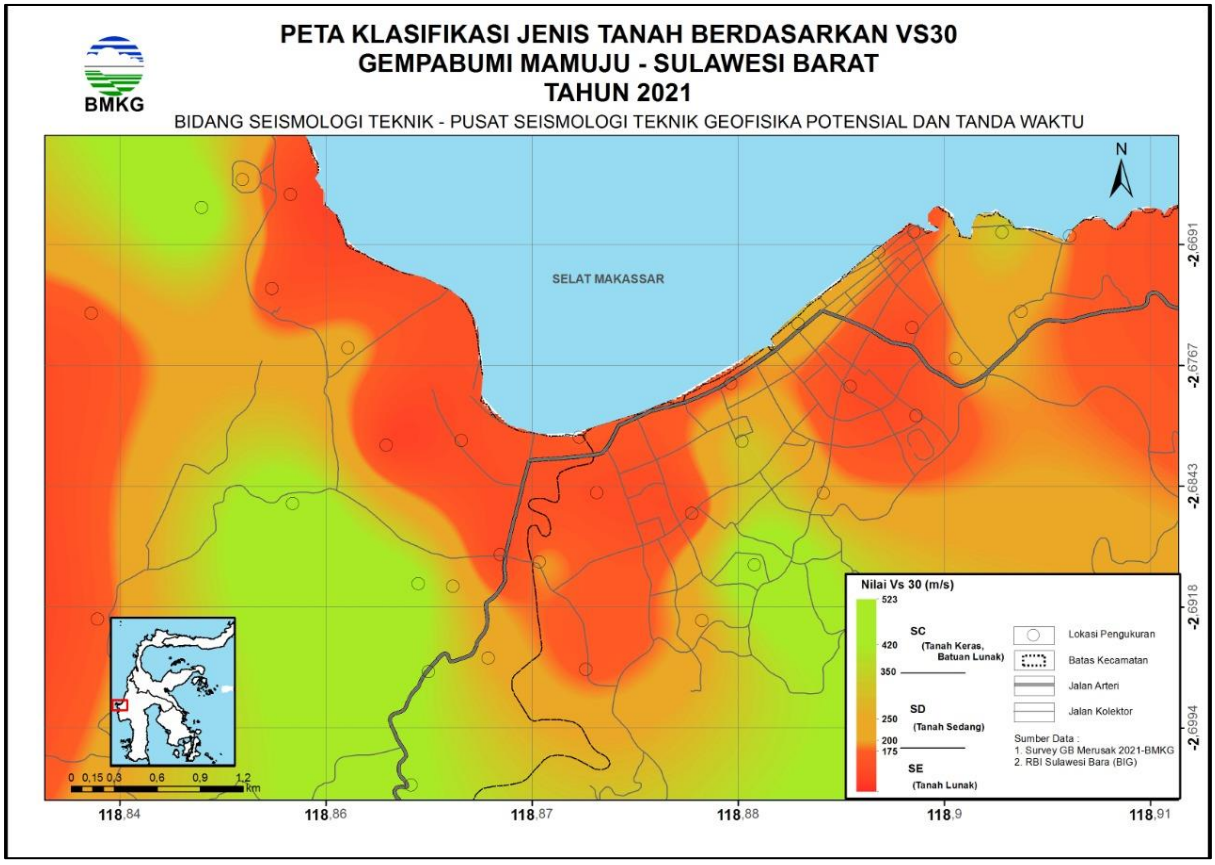
a. 24 buah sensor geofon dengan frekuensi 4.5Hz
b. Data Logger McSeis SW
c. Kabel data dan kabel *take-out*
d. Komputer Akuisisi Data
e. Palu 10 kg
f. *Accu* 12 V, 21 Ah



Gambar 10 Peralatan yang digunakan dalam survei MASW

III.2.2 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran di lapangan selanjutnya dianalisis untuk memperoleh profil kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter yang selanjutnya dapat diperoleh nilai klasifikasi jenis tanah.



Gambar 11 Peta klasifikasi jenis tanah wilayah Mamuju berdasarkan data hasil survei Vs30

III.3 Pengukuran Periode Dominan (Tdom)

Mikrotremor merupakan getaran konstan pada permukaan bumi yang sangat lemah dengan amplitudo antara 10^{-4} – 10^{-2} mm. Sumber mikrotremor berasal dari aktivitas manusia dan fenomena alam dan dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dinamika sedimen permukaan di suatu daerah.

Analisis data hasil survei mikrotremor untuk mendapatkan T_{dom} dilakukan dengan bantuan program komputer Geopsy dari SESAME European Project. Periode dominan tanah diperoleh melalui analisis HVSR (*horizontal to vertical spectral ratio*). Dalam analisis dilakukan proses *windowing*, *filtering* dan *smoothing* dengan kriteria menyesuaikan mikrotremor yang terekam. Selanjutnya hasil pembacaan periode dominan akan

diperbandingan dengan nilai Vs30 berdasarkan persamaan empiris (Zhao, 2006) untuk diperoleh jenis tanah sesuai standar SNI 03-1726-2019.

Tabel 3 Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 50	50 sampai100

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\,\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7{,}5$ m dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Tabel 4 Perbandingan empiris periode natural / dominan terhadap Vs 30 (Zhao, 2006)

Natural Period	V_{30} Calculated from Site Period
	$V_{30} > 1100$
$T < 0.2$ sec	$V_{30} > 600$
$0.2 = T < 0.4$ sec	$300 < V_{30} = 600$
$0.4 = T < 0.6$ sec	$200 < V_{30} = 300$
$T = 0.6$ sec	$V_{30} = 200$

III.3.1 Peralatan

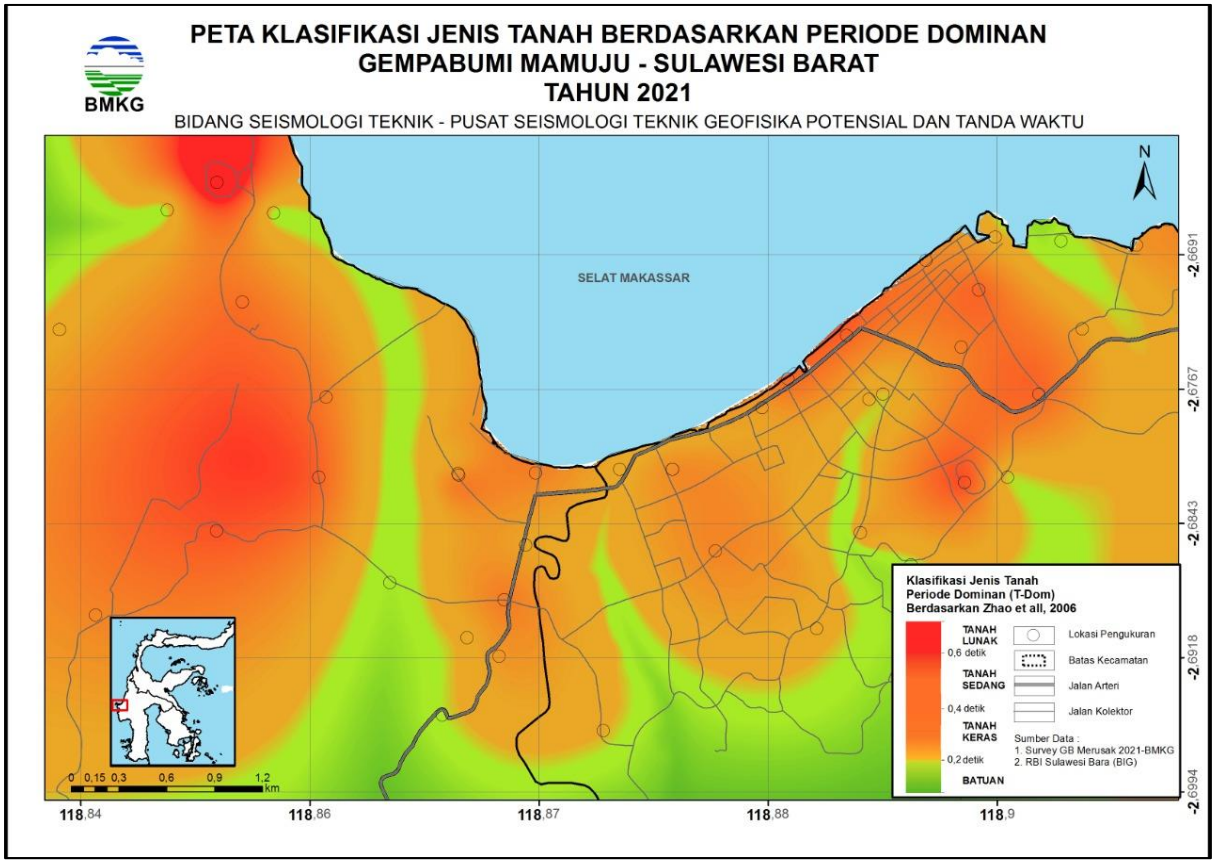
Peralatan survey yang digunakan adalah:

a. Seismometer Short Period Lunitek
b. Seismometer Short Period TDS
c. GPS Garmin 76CSx
d. Kompas 5006LMS
e. Laptop

Gambar 12 Peralatan yang digunakan dalam survei periode dominan tanah

III.3.2 Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran di lapangan selanjutnya menggunakan metode HVSR diperoleh nilai Frekuensi Dominan yang selanjutnya dapat diperoleh nilai Periode Dominan Tanah.



Gambar 13 Peta klasifikasi jenis tanah wilayah Mamuju berdasarkan data survei periode dominan tanah

III. KESIMPULAN

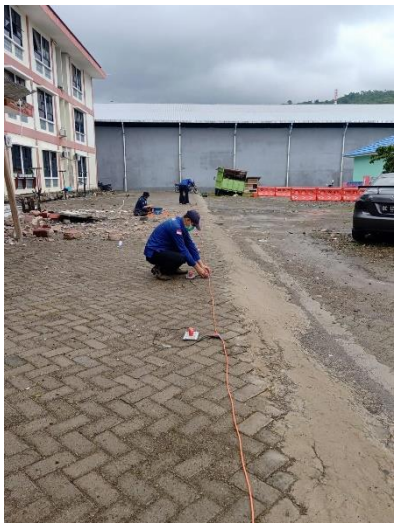
Dari survei yang dilaksanakan, hasil dan analisa di atas maka dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut :

1. Wilayah kerusakan tersebar hampir di seluruh wilayah Kecamatan Mamuju dengan teridentifikasinya kerusakan fisik bangunan, baik kerusakan ringan, sedang maupun berat.
2. Hasil pengukuran Kecepatan Rata – Rata Gelombang Geser Hingga kedalaman 30 meter (Vs30) menunjukkan wilayah pesisir utara Mamuju memiliki klasifikasi tanah lunak, yang dapat berkorelasi dengan banyaknya kerusakan yang terjadi
3. Hasil pengukuran Periode Dominan menunjukkan wilayah pesisir utara secara umum merupakan tanah lunak, yang dapat berkorelasi dengan banyaknya kerusakan yang terjadi

LAMPIRAN

A. Dokumentasi pengukuran

Kantor Gubernur Sulawesi Barat

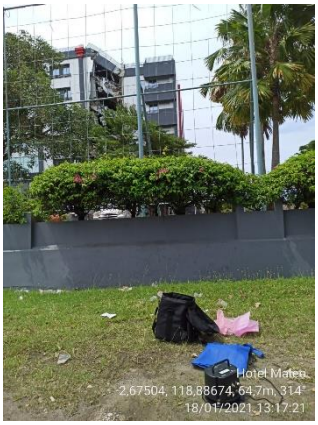


Kantor Kelurahan Mamunyu (Apartemen Siamasei)

Lokasi 1

Lokasi 2

GOR Kabupaten Mamuju



GOR Kabupaten Mamuju

Kantor BMKG

Lapangan Ahmad Kirang

Lokasi 6

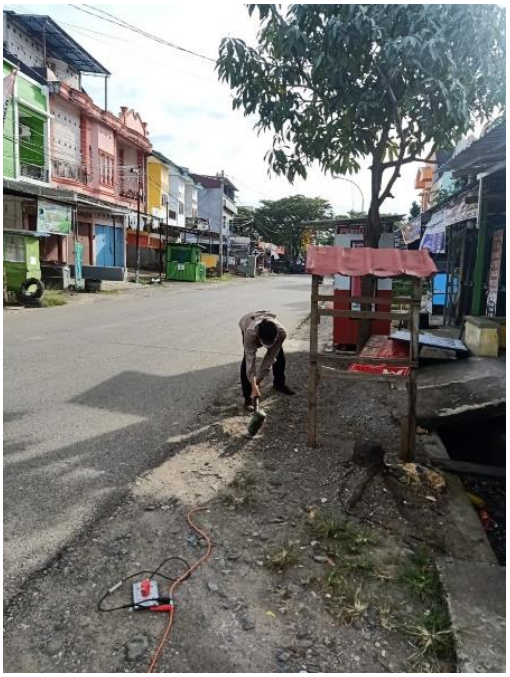
Maleo Town Square

RSUD Sulawesi Barat

Lokasi Sandwich

Lokasi Tanah Kosong

Lokasi 9



Lokasi 12

Lokasi 16

Lokasi 25

Lokasi 26

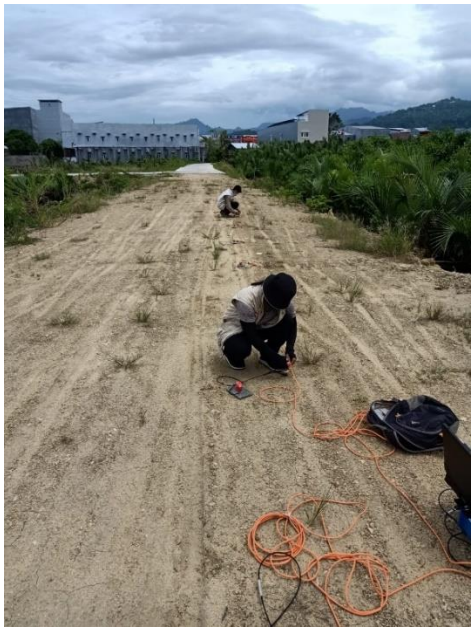
MMSN Lama

RSUD Kabupaten Mamuju

Toyota Kalla

TPI/ Pelabuhan

Lokasi 10



Lokasi 11

Kantor Bupati Mamuju

Lokasi 14

Lokasi 15

Lokasi 20

Lokasi 22

Lokasi 24

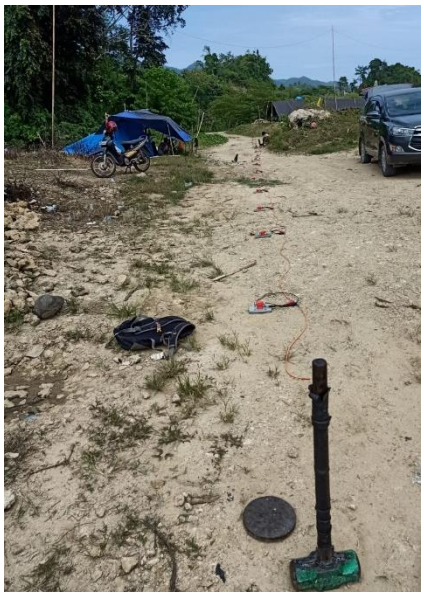
Lokasi 23

Polda Sulbar

Lokasi Kejaksaan Tinggi Sulawesi Barat

Lokasi Lapagan Depan Kantor Gubernur

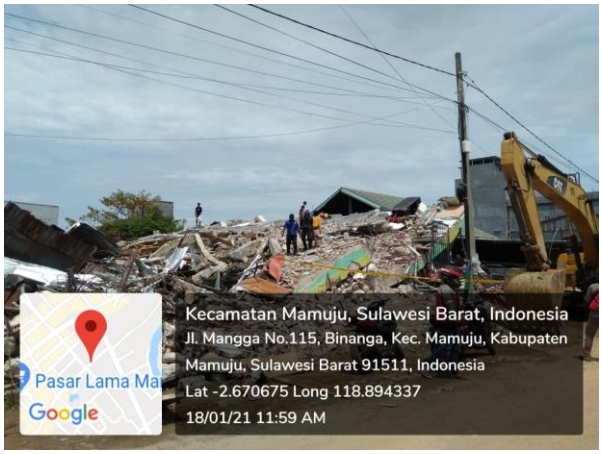
Lokasi 13

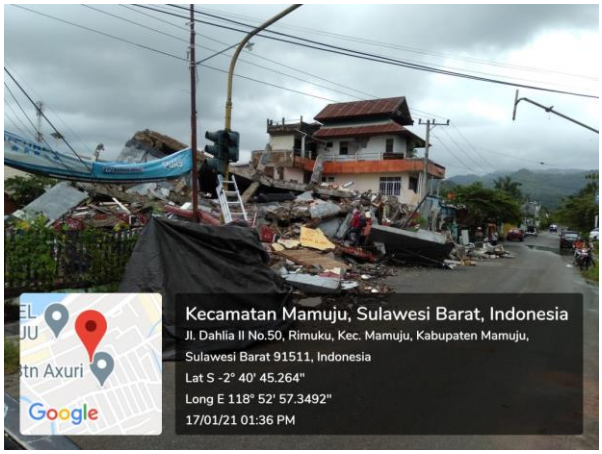


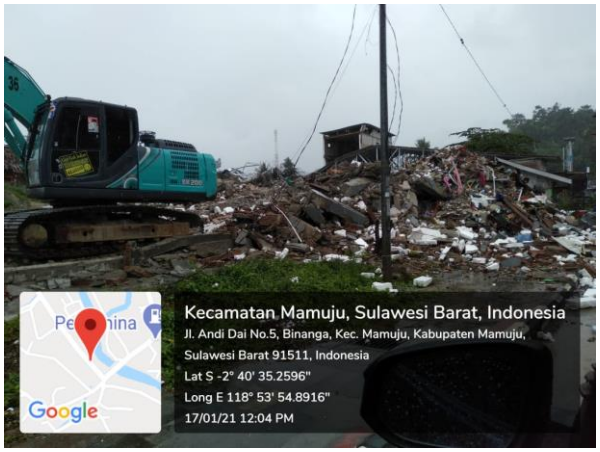
Lokasi 18

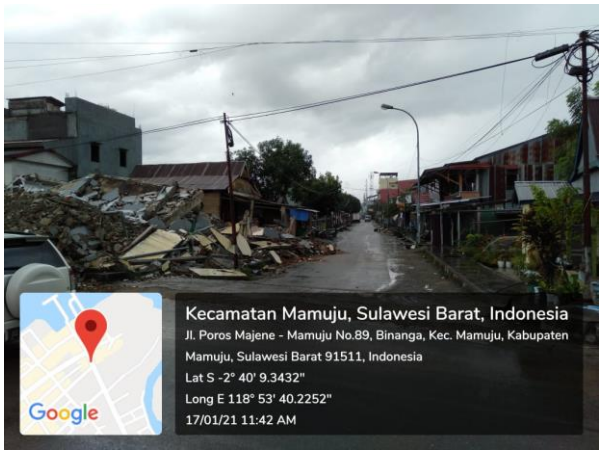
Lokasi 19

B. Dokumentasi Bangunan yang Mengalami Kerusakan Berat




Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Dahlia II No.50, Rimuku, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 45.264"
Long E 118° 52' 57.3492"
17/01/21 01:36 PM
Google


Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Andi Dai No.5, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 35.2596"
Long E 118° 53' 54.8916"
17/01/21 12:04 PM
Google

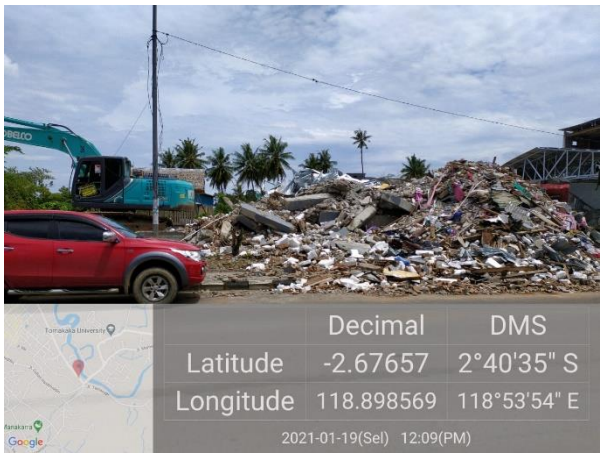

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Poros Majene - Mamuju No.89, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 9.3432"
Long E 118° 53' 40.2252"
17/01/21 11:42 AM
Google

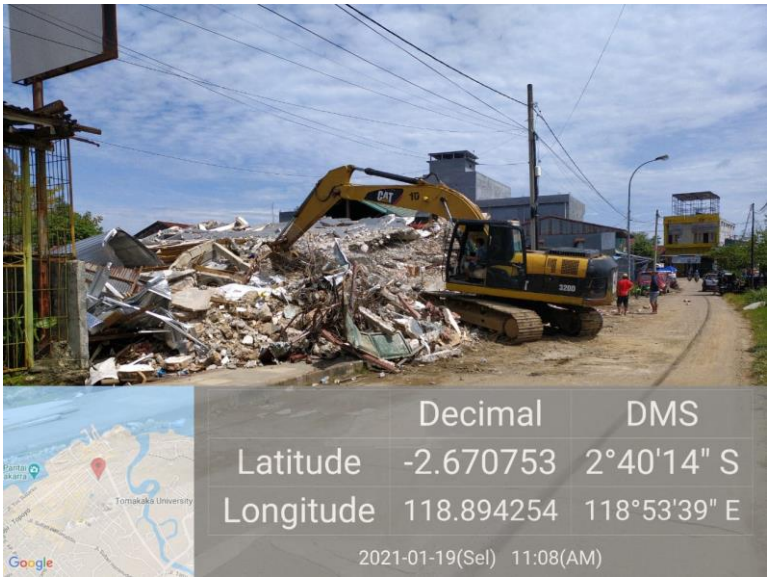
Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Lrg. 1 No.4, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 34.2156"
Long E 118° 53' 16.1664"
18/01/21 10:39 AM
Google

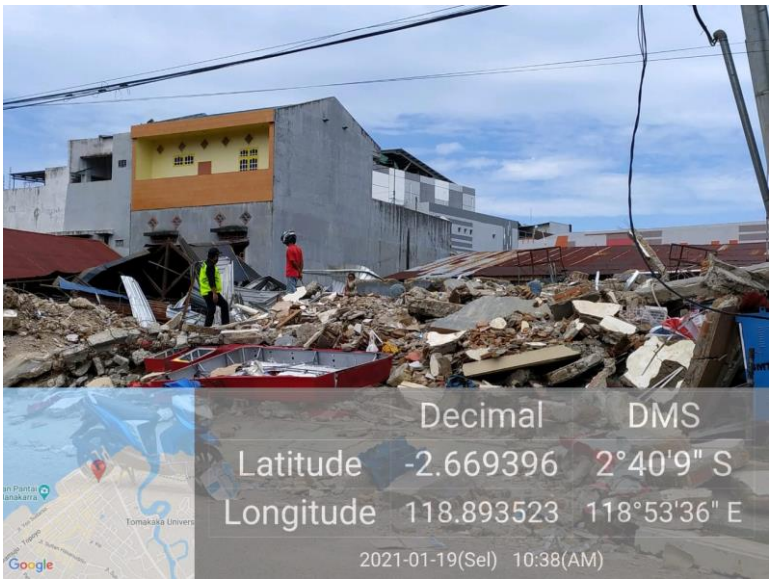
Decimal DMS
Latitude -2.680367 2°40'49" S
Longitude 118.865137 118°51'54" E
2021-01-18(Mon) 05:02(PM)

Decimal DMS
Latitude -2.679006 2°40'44" S
Longitude 118.882582 118°52'57" E
2021-01-18(Mon) 05:55(PM)

Decimal DMS
Latitude -2.684676 2°41'4" S
Longitude 118.886066 118°53'9" E
2021-01-18(Mon) 06:04(PM)

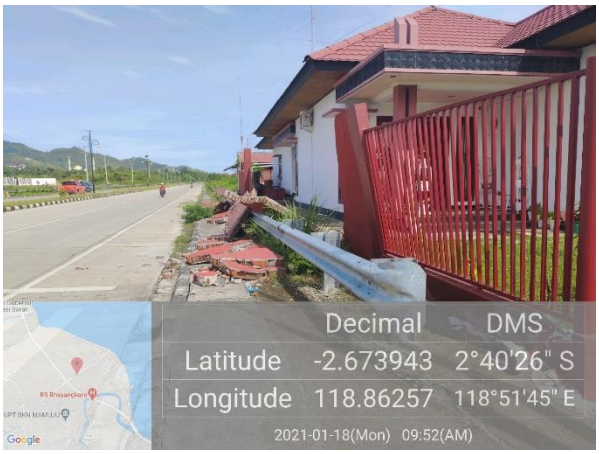

Decimal DMS
Latitude -2.67657 2°40'35" S
Longitude 118.898569 118°53'54" E
2021-01-19(Sel) 12:09(PM)

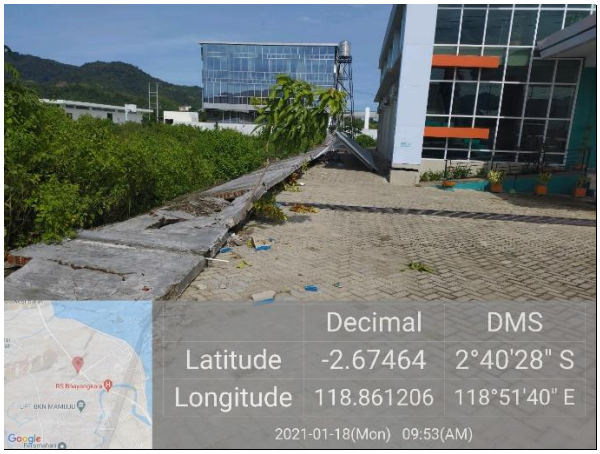

Decimal DMS
Latitude -2.670753 2°40'14" S
Longitude 118.894254 118°53'39" E
2021-01-19(Sel) 11:08(AM)

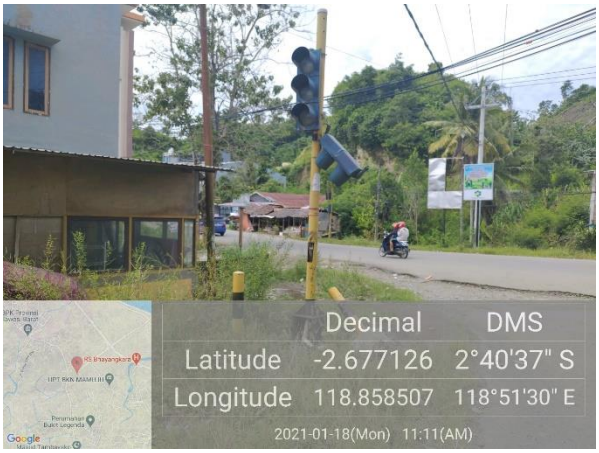

Decimal DMS
Latitude -2.669396 2°40'9" S
Longitude 118.893523 118°53'36" E
2021-01-19(Sel) 10:38(AM)

Jl. Poros Majene Mamuju
-2,67332, 118,89445, 116°
18/01/2021 17:49:16

C. Dokumentasi Bangunan yang Mengalami Kerusakan Sedang



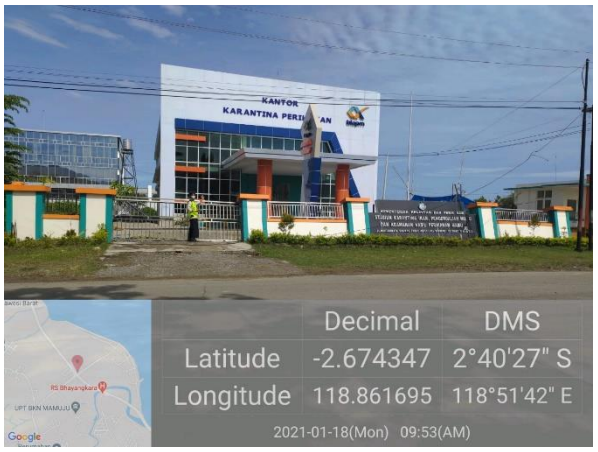




Decimal DMS
Latitude -2.67158 2°40'17" S
Longitude 118.864651 118°51'52" E
2021-01-18(Mon) 09:37(AM)

Decimal DMS
Latitude -2.671993 2°40'19" S
Longitude 118.865937 118°51'57" E
2021-01-18(Mon) 09:42(AM)

Decimal DMS
Latitude -2.673144 2°40'23" S
Longitude 118.866653 118°51'59" E
2021-01-18(Mon) 09:45(AM)


KANTOR
Decimal DMS
Latitude -2.674347 2°40'27" S
Longitude 118.861695 118°51'42" E
2021-01-18(Mon) 09:53(AM)

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Martadinata No.78, Simboro, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91512, Indonesia
Lat S -2° 40' 49.098"
Long E 118° 51' 28.9368"
17/01/21 03:08 PM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Martadinata No.78, Simboro, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91512, Indonesia
Lat S -2° 40' 49.0548"
Long E 118° 51' 29.2428"
17/01/21 03:06 PM

KFC
Google
Kecamatan Simboro Dan Kepulauan, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Poros Majene - Mamuju No.31, Simboro, Kec. Simboro Dan Kepulauan, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91512, Indonesia
Lat S -2° 41' 1.0248"
Long E 118° 52' 11.8272"
17/01/21 02:49 PM

Jl. Ahmad Yani
Google
Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. KS Tubun No.62, Rimuku, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 34.1976"
Long E 118° 53' 5.01"
17/01/21 01:41 PM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Tumuki, Bambu, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 12.2196"
Long E 118° 55' 14.8656"
17/01/21 01:59 PM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Dahlia II No.50, Rimuku, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 45.3468"
Long E 118° 52' 57.2844"
17/01/21 01:36 PM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
JL. Kom. L. Yos Sudarso, No. 6, Binanga, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 15.5028"
Long E 118° 53' 42.8568"
17/01/21 11:47 AM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Yos Sudarso, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 5.0952"
Long E 118° 53' 39.3324"
17/01/21 11:37 AM

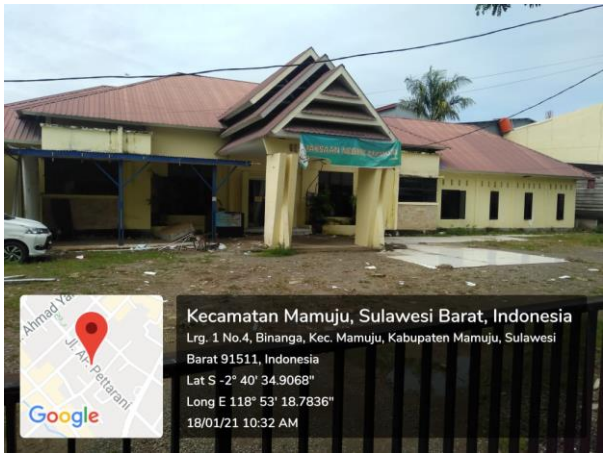
Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. Andi Dai No.74, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat -2.670998 Long 118.895309
18/01/21 01:42 PM

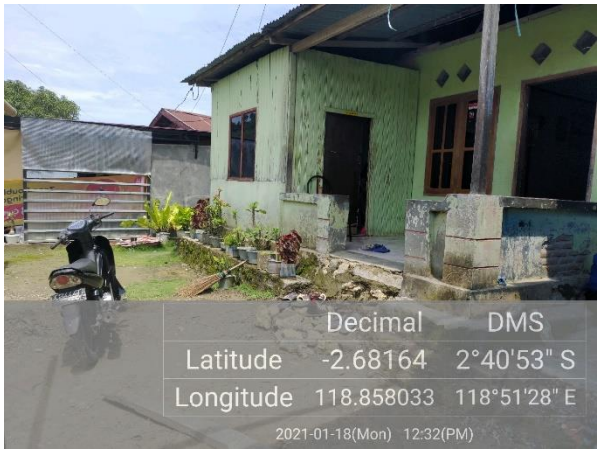
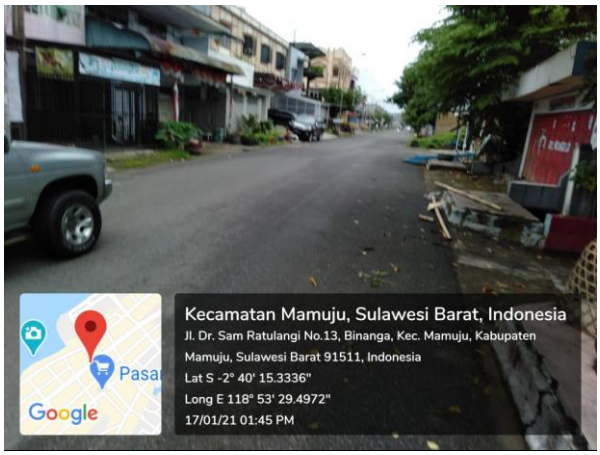
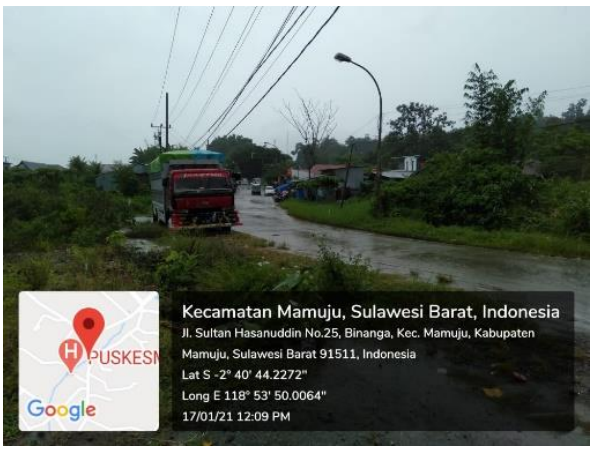
Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. K.H. Moh. Tahir, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 30.4896"
Long E 118° 53' 16.8504"
18/01/21 10:44 AM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Lrg. 1 No.4, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 33.852"
Long E 118° 53' 16.152"
18/01/21 10:39 AM

Kecamatan Mamuju, Sulawesi Barat, Indonesia
Jl. AP. Pettarani, Binanga, Kec. Mamuju, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat 91511, Indonesia
Lat S -2° 40' 31.8648"
Long E 118° 53' 16.2636"
18/01/21 10:41 AM

D. Dokumentasi Bangunan yang Mengalami Kerusakan Kecil





E. Dokumentasi Bangunan yang Tidak Mengalami Kerusakan