BIMBINGAN TEKNIS BETON PRACETAK PRATEGANG KONSTRUKSI JALAN LAYANG (ELEVATED)

22 MARET 2021

LAPORAN SURVEY KONDISI INFRASTRUKTUR DI MAMUJU DAN MAJENE AKIBAT GEMPA 14 – 15 JANUARI 2021

DR. IR. HARI NUGRAHA NURJAMAN, MT.

IAPPI IKATAN AHLI PRACETAK PRATEGANG INDONESIA

AP3I ASOSIASI PERUSAHAAN PRACETAK DAN PRATEGANG INDONESIA

Balai Jasa Konstruksi Wilayah III
Direktorat Jenderal Bina Konstruksi
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Daftar Isi

- Pendahuluan
- Data Gempa
- Ringkasan Survey dan Rekomendasi
- Beberapa detail tipikal kerusakan bangunan
- Evaluasi kinerja sistem pracetak
- Penutup : Kesimpulan dan Rekomendasi

PENDAHULUAN

Pendahuluan

- Pada tanggal 14 – 15 Januari 2021 terjadi 2 gempa besar di Sulawesi Barat dalam waktu yang berdekatan (M=5.7 dan M=6.2)
- Gempa tersebut menyebabkan kerusakan signifikan pada bangunan dan infrastruktur publik
- Direktorat Bina Penataan Bangunan, Ditjen Cipta Karya Kemen PU PR menugaskan tenaga ahli untuk melakukan survey terhadap kondisi kegempaan dan beberapa bangunan gedung publik.
- Survey dilakukan pada tanggal 21 – 23 Januari 2021 pada 18 bangunan dan pada tanggal 4-6 Maret 2021 pada 13 bangunan Gedung di Mamuju dan Majene
- Pada laporan ini disampaikan hasil survey, analisis, kesimpulan dan rekomendasi untuk tindak lanjut rekonstruksi dan pembangunan bangunan gedung di masa depan di Sulawesi Barat.

DATA GEMPA

BMKG

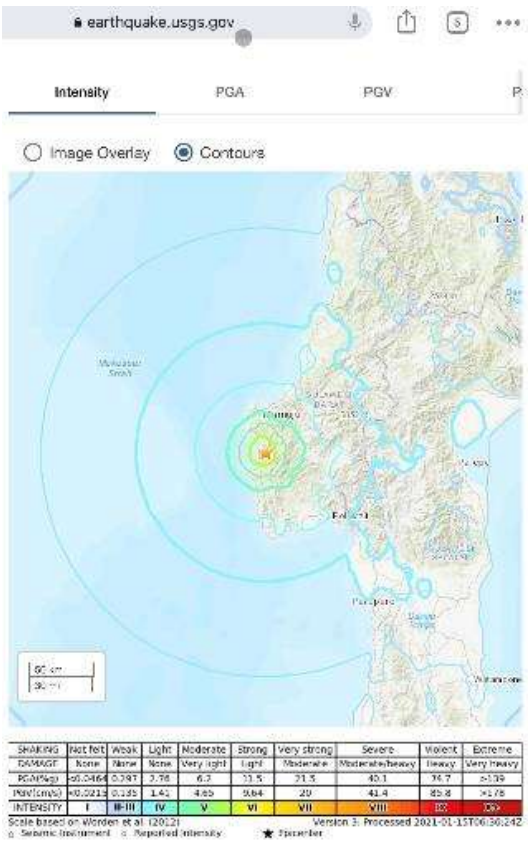
LAPORAN PENDAHULUAN
HASIL SURVEI GEMPABUMI M 6.2
MAMUJU-MAJENE

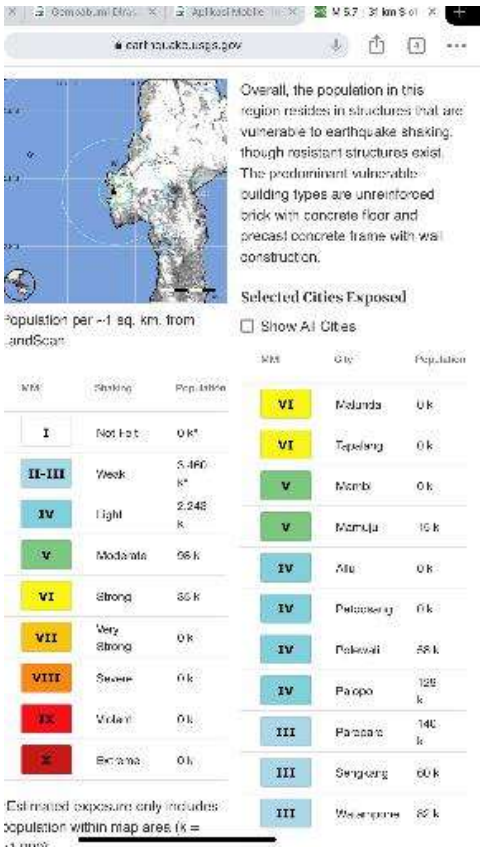
16 – 22 JANUARI 2021

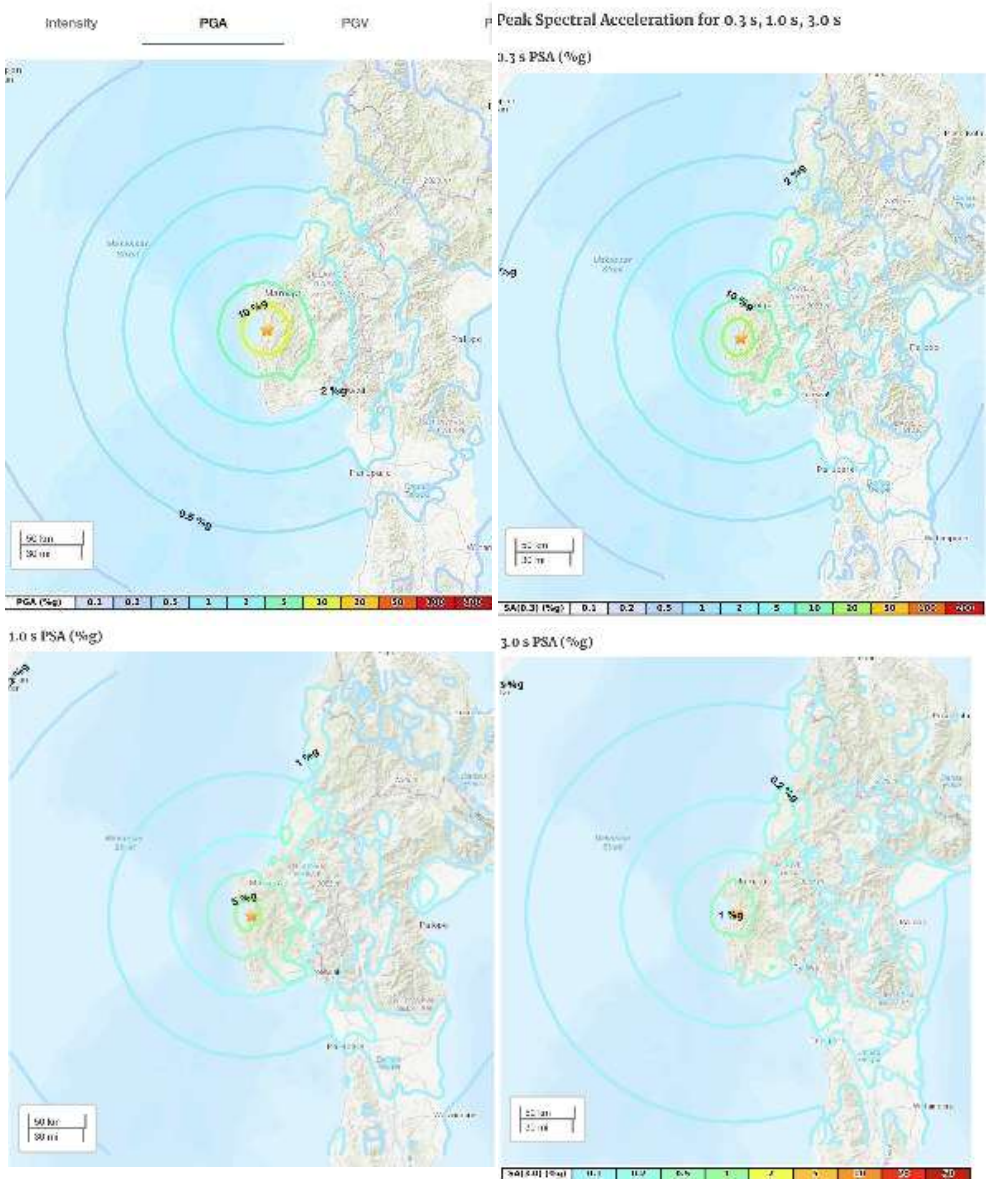
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
2021

Data Gempa

14 Januari 2021

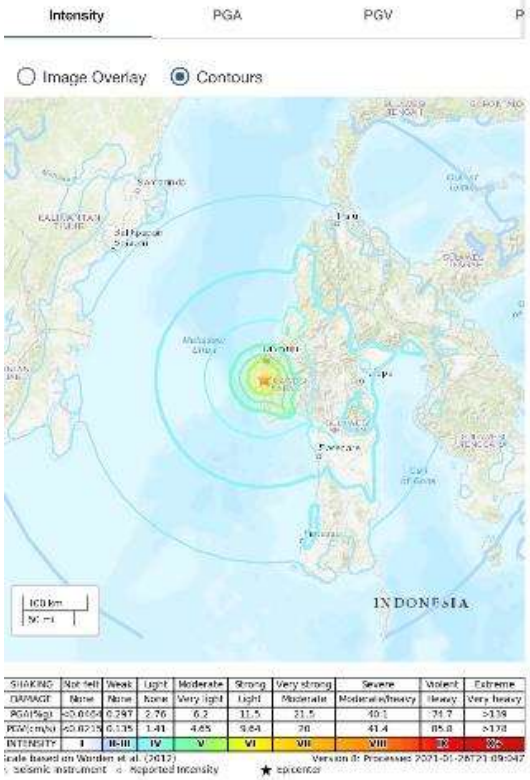


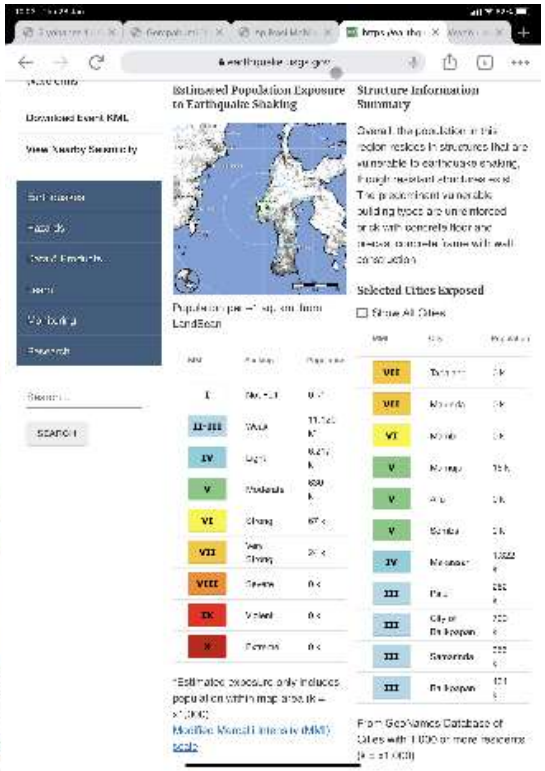


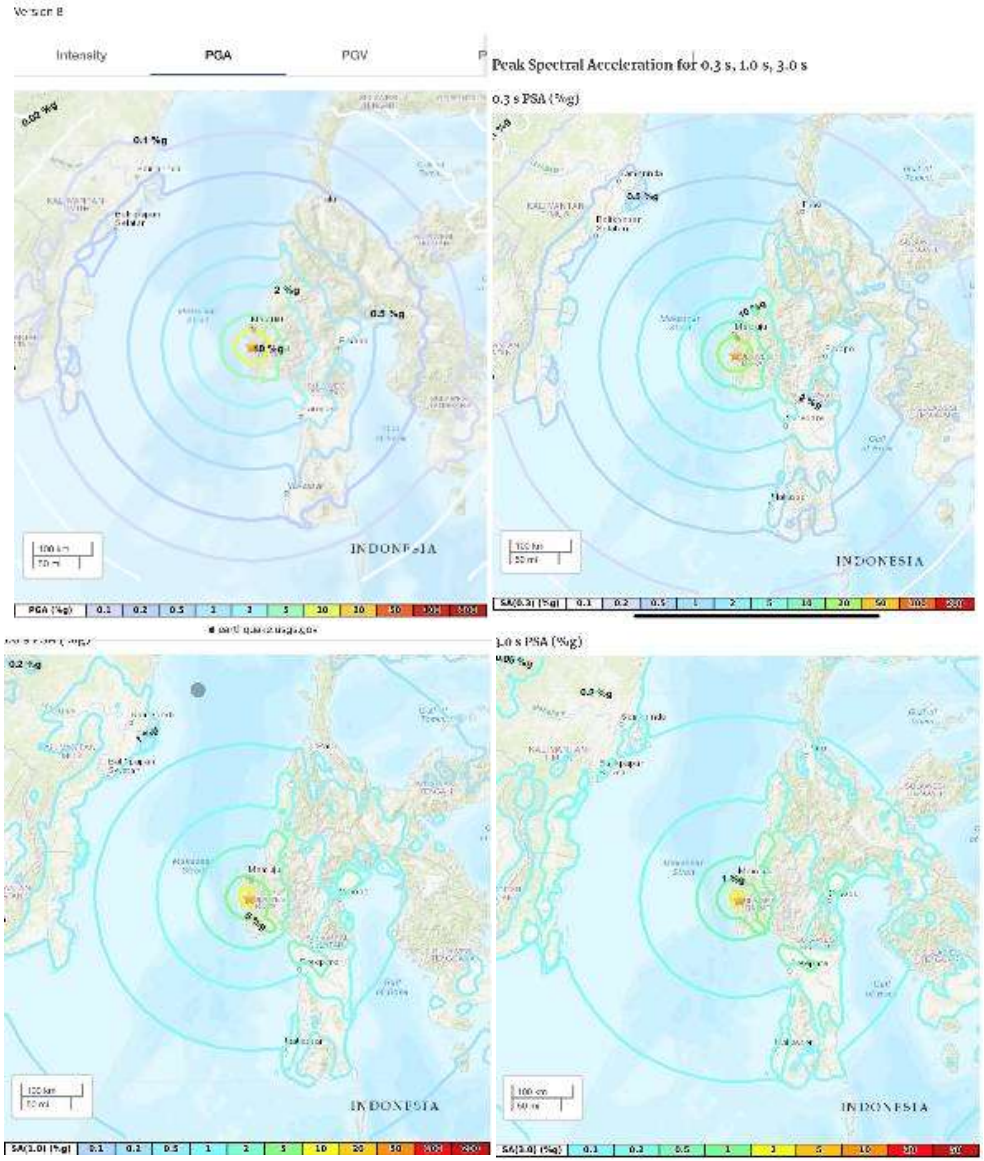


Data Gempa

15 Januari 2021

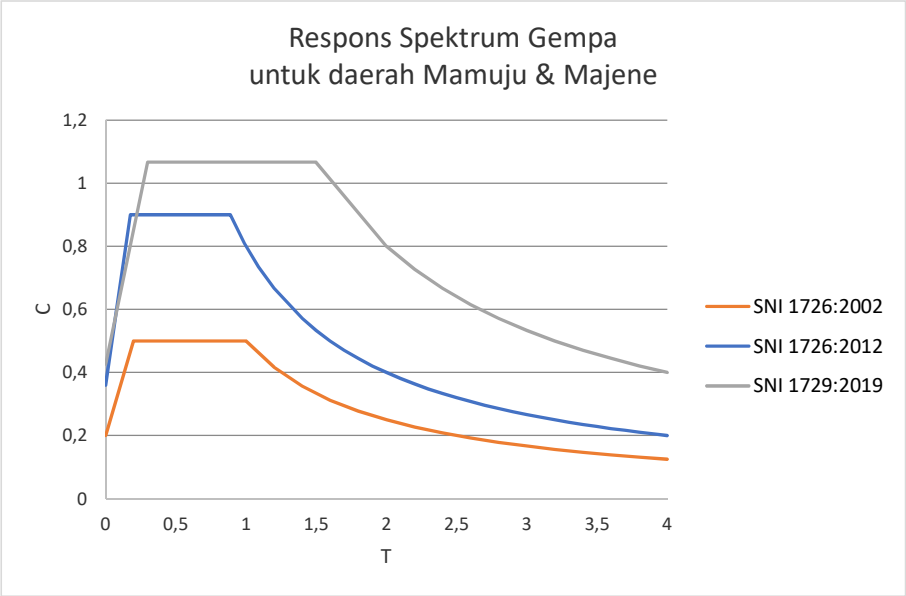


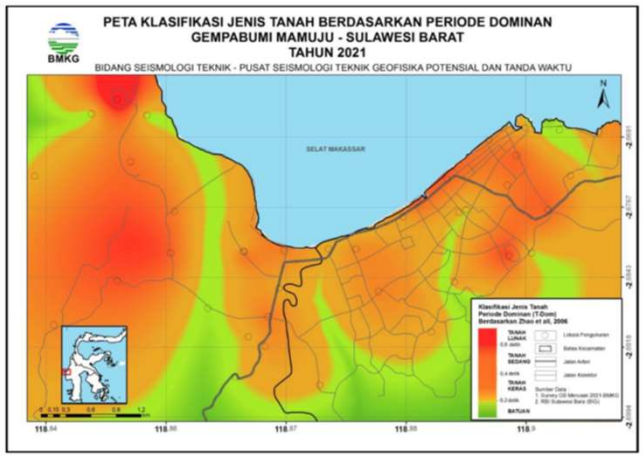


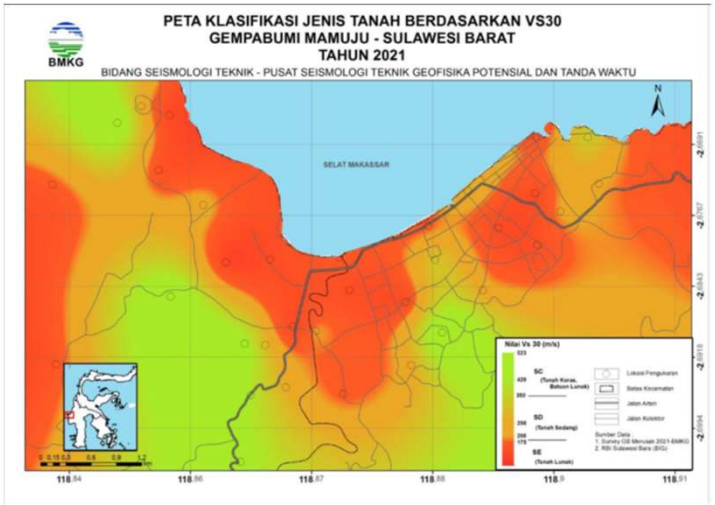


Data Gempa

Mamuju & Majene





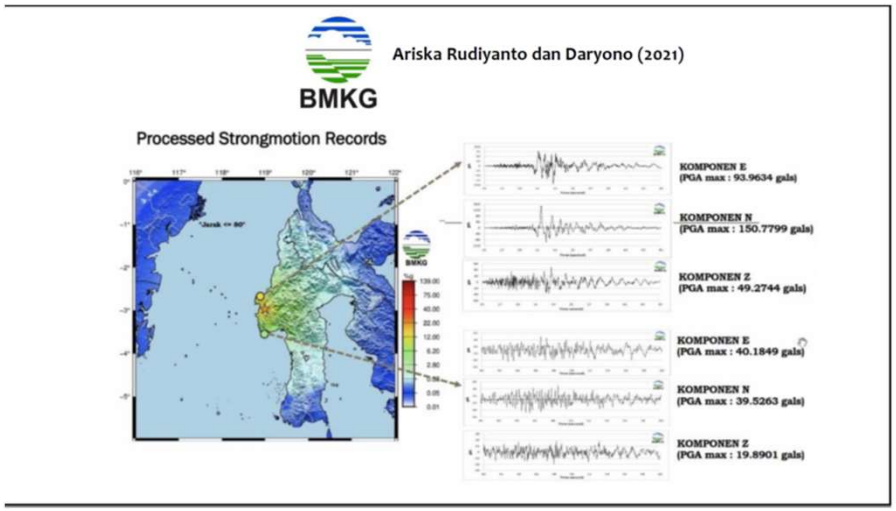


Nilai PGA :
SNI 1726:2002 → +/- 0.2 g
SNI 1726:2012 → +/- 0.8 g
SNI 1726:2019 → +/- 1.0 g

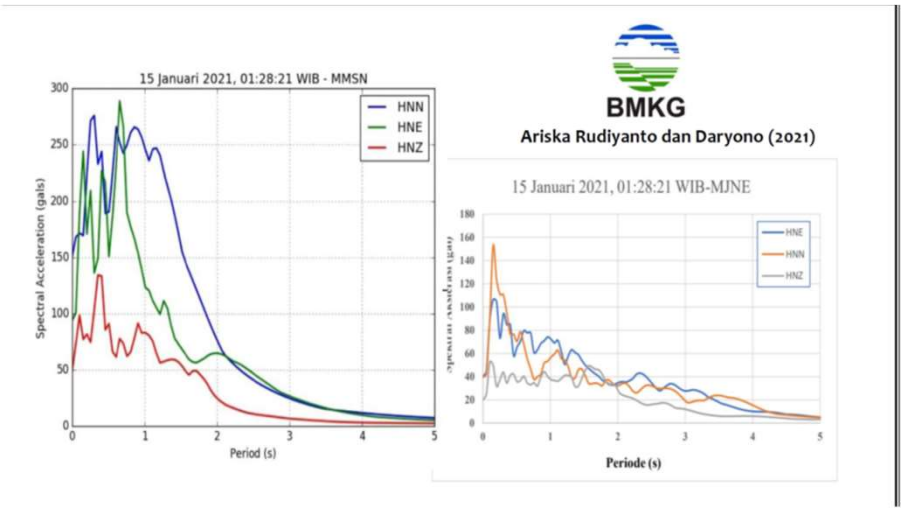
Ada tanah lunak di sekitar pantai utara Mamuju, menyebabkan amplifikasi dan perioda dominan di 0.3-0.5 detik → banyak berpengaruh pada bangunan 3 – 5 lantai

Data Gempa

Catatan Rekaman BMKG



Respon Spektra Gempa



Data Gempa

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	

Data Gempa

Kesimpulan

- Pusat gempa di daerah Tappalang dengan intensitas VI-VII MMI menyebabkan ke longsoran masif di jalan Trans Sulawesi. Kelongsoran pada lereng dengan kondisi yang relatif masih terjaga vegetasinya menunjukkan kuatnya gempa yang terjadi.
- Intensitas gempa antara V-VII di daerah Mamuju dan Majene setara dengan PGA 6.5%-21.5% g, sudah mendekati PGA SNI 03-1726-2002, sehingga gedung yang direncanakan masih dengan peraturan lama menjadi rentan mengalami keruntuhan.
- Studi Kemen ESDM menunjukkan adanya kondisi tanah di utara kota Mamuju yang sifatnya memberikan amplifikasi gempa yang signifikan pada periode bangunan sekitar 0.3 detik, sehingga banyak bangunan 3-5 lantai yang terdampak secara signifikan.

RINGKASAN SURVEY DAN REKOMENDASI

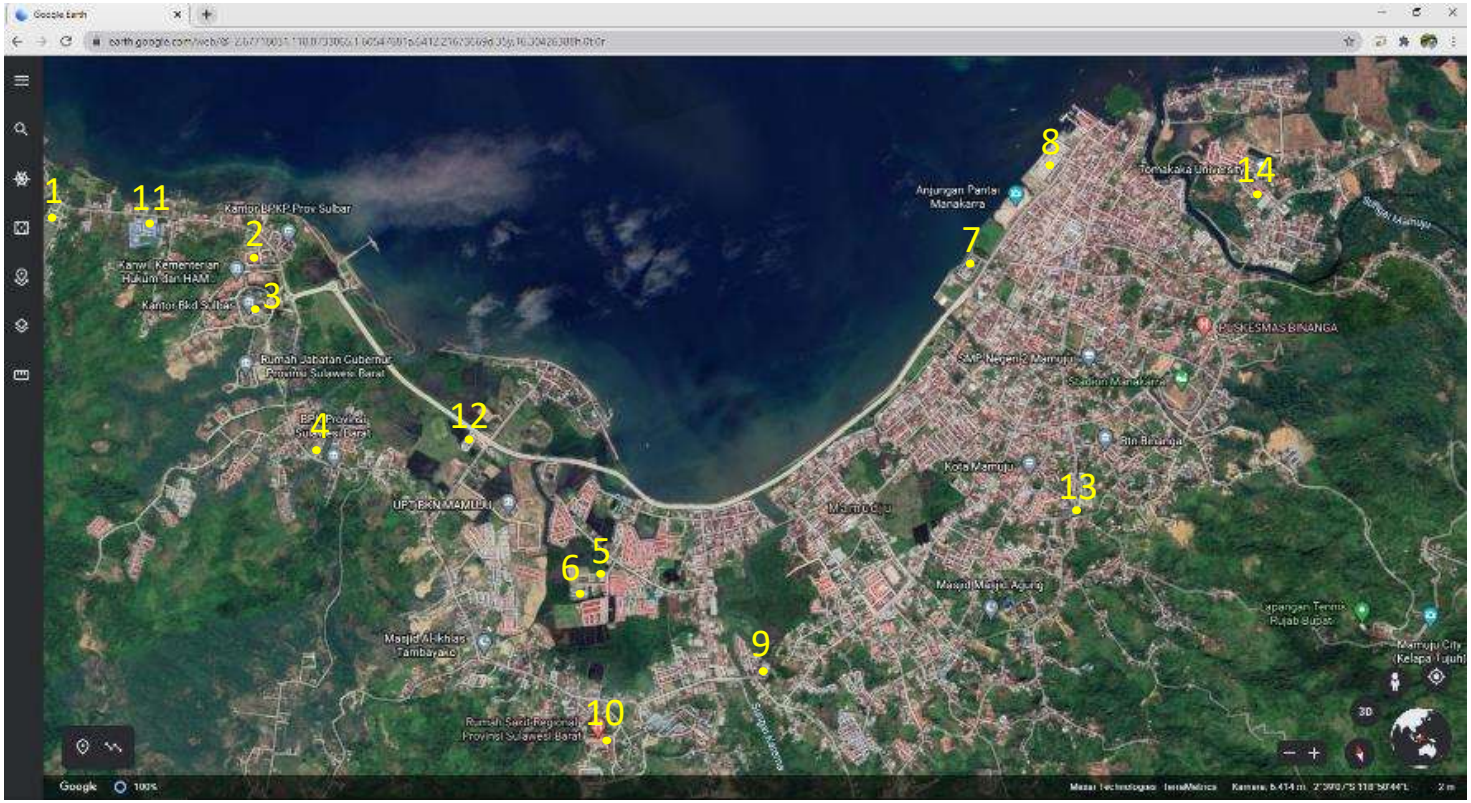
Lokasi survey di Mamuju-Tappalang-Majene

Terjadi banyak kelongsoran di daerah dekat pusat gempa

Lokasi survey di Mamuju-Tappalang-Majene

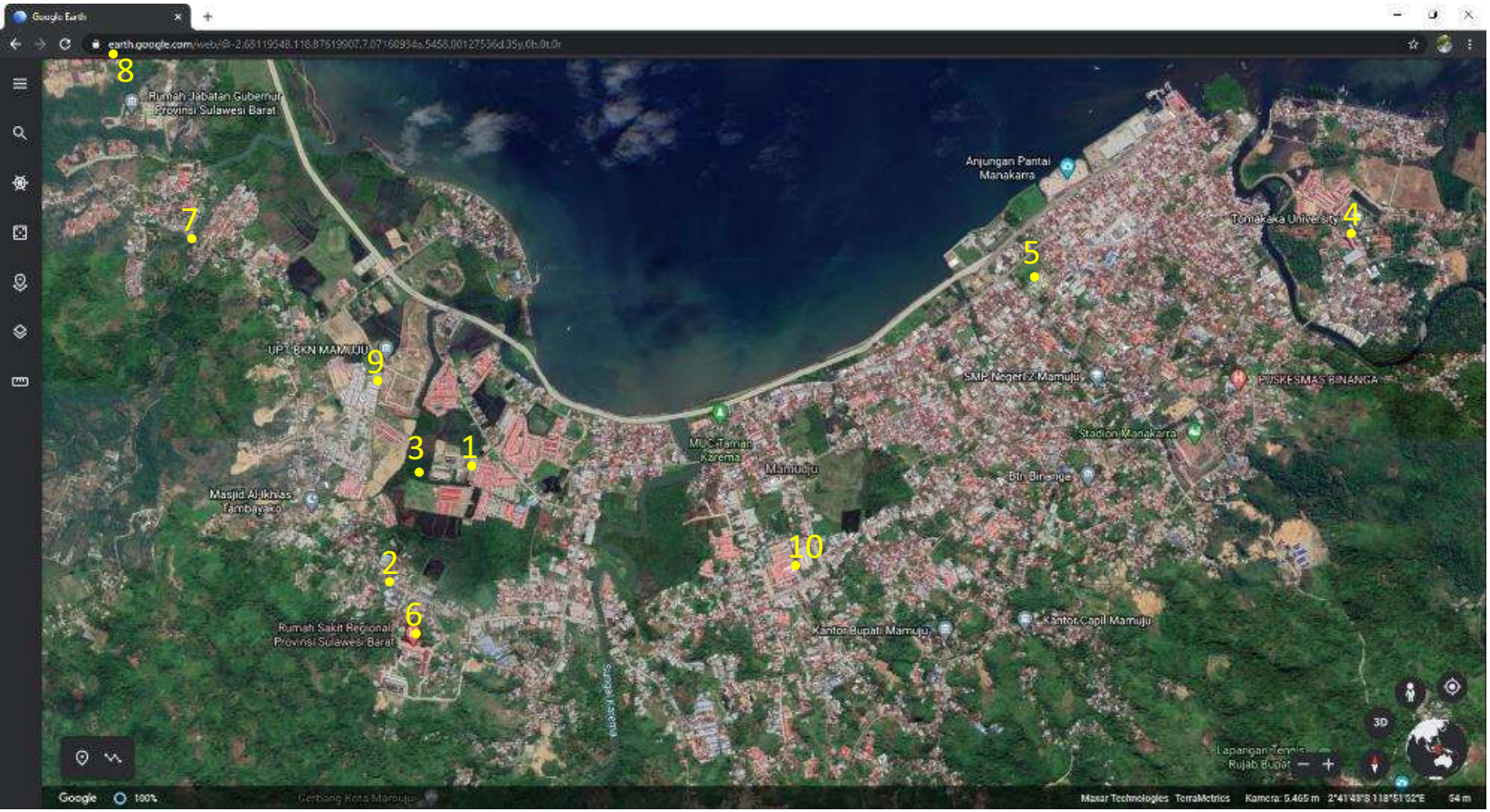
- Kondisi vegetasi yang relative baik, kemacetan di Trans Sulawesi Jembatan dalam kondisi baik

Lokasi survey di Mamuju



1. Rusun Korem 142 Mamuju
2. Kantor DPRD Sulbar
3. Kantor Gubernur Sulbar
4. PIP2B Sulawesi Barat
5. Gedung Arafah Asrama Haji
6. Rusun Sewa ASN Mamuju
7. Hotel Maleo
8. Maleo Town Square
9. Gedung Keuangan Negara Mamuju
10. RSUD Provinsi Sulawesi Barat
11. SMKN 1 Rangas
12. BPJS Ketenagakerjaan
13. RSUD Kabupaten Mamuju
14. Rusun Polda Mamuju

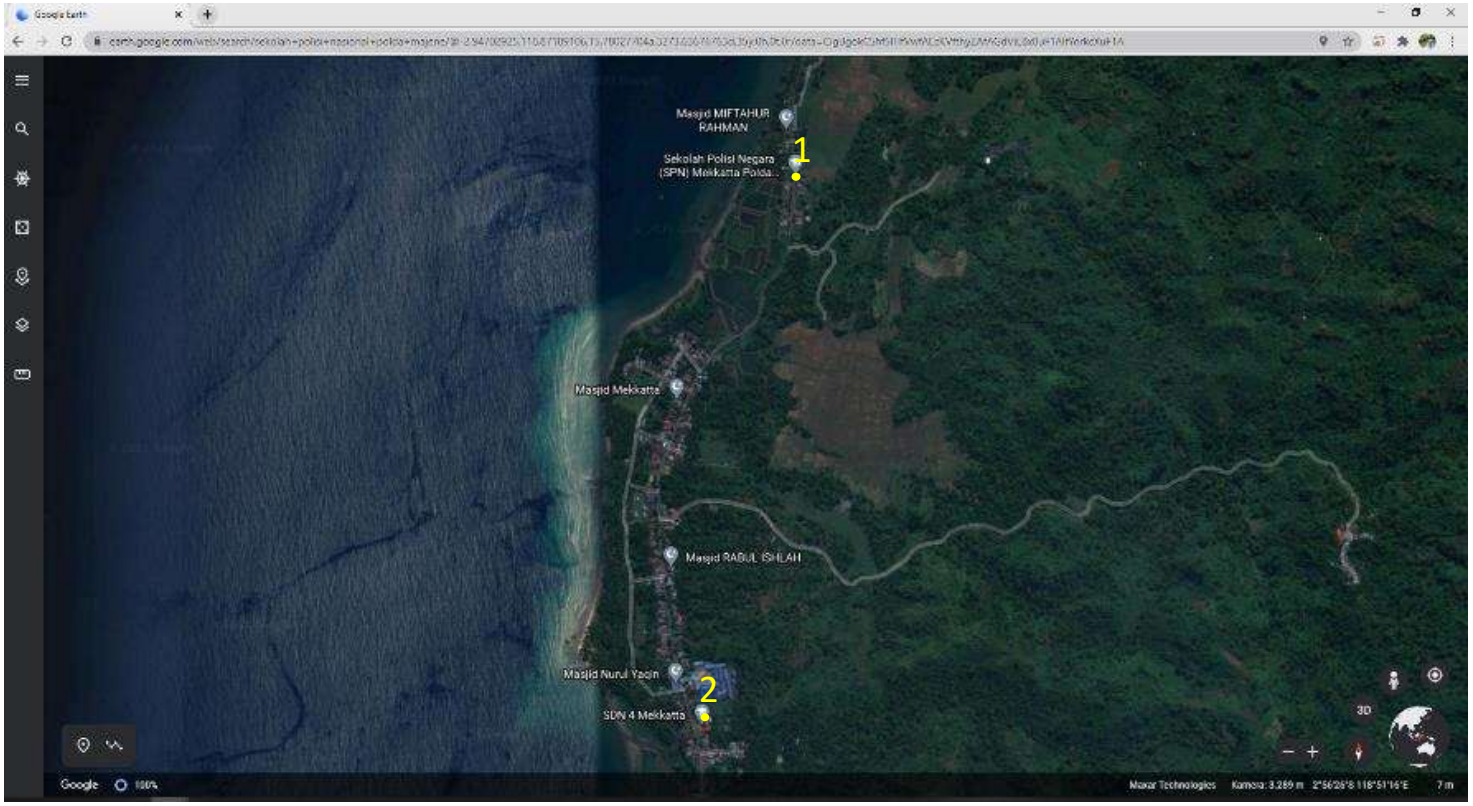
Ringkasan Survey dan rekomendasi



MAMUJU

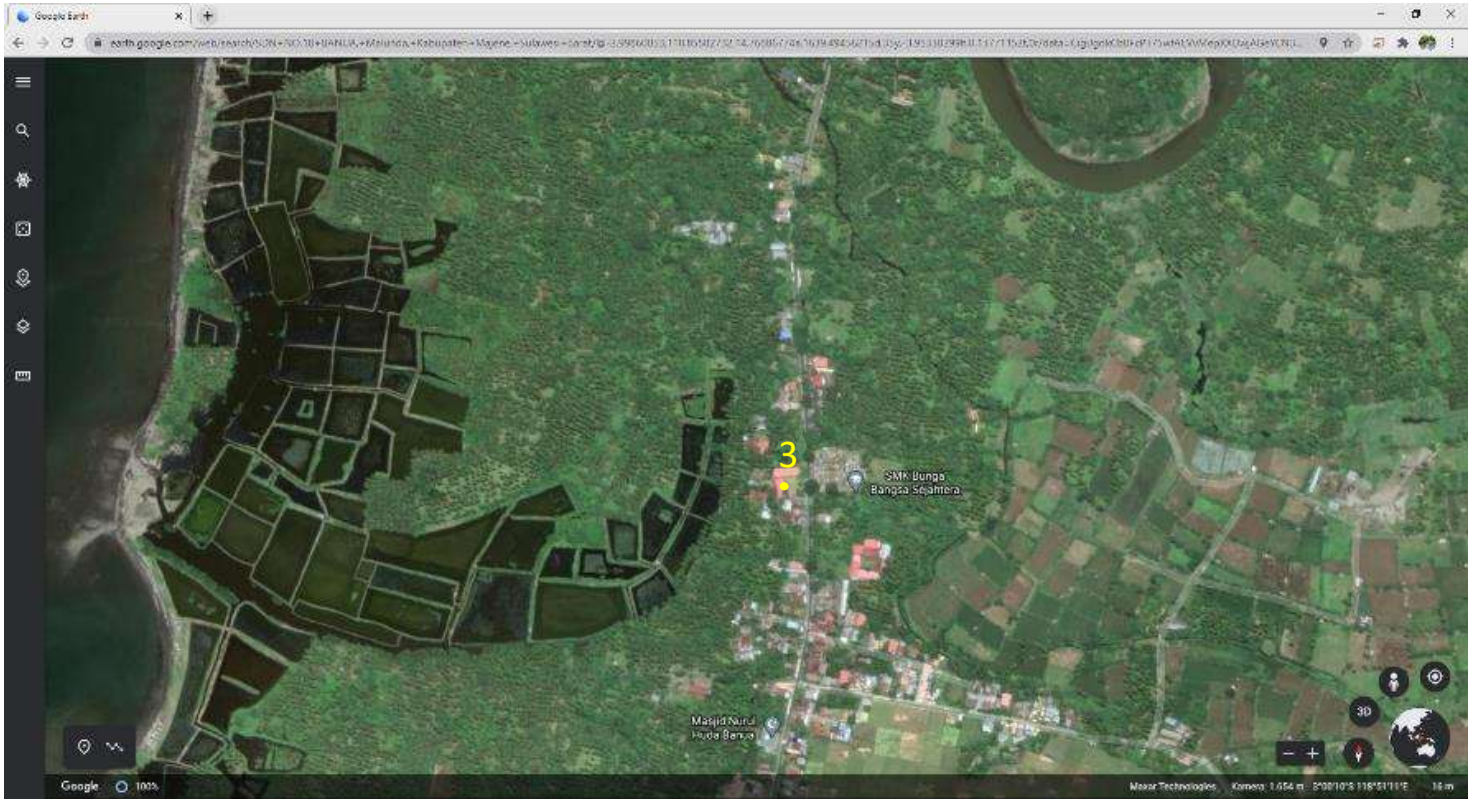
1. Kantor KPU Sulawesi Barat
2. Kantor BBWS Kemen PUPR Mamuju
3. Rusun ASN / perkim Mamuju
4. Rusun Polda Sulbar
5. Masjid Suhada Mamuju
6. Rumah sakit Covid Mamuju
7. Kanwil Kementerian Agama Mamuju
8. PLUT KUMKM Mamuju
9. Brimob Mamuju
10. Bangunan masyarat depan pusat oleh-oleh mamuju

Lokasi Survey di Majene



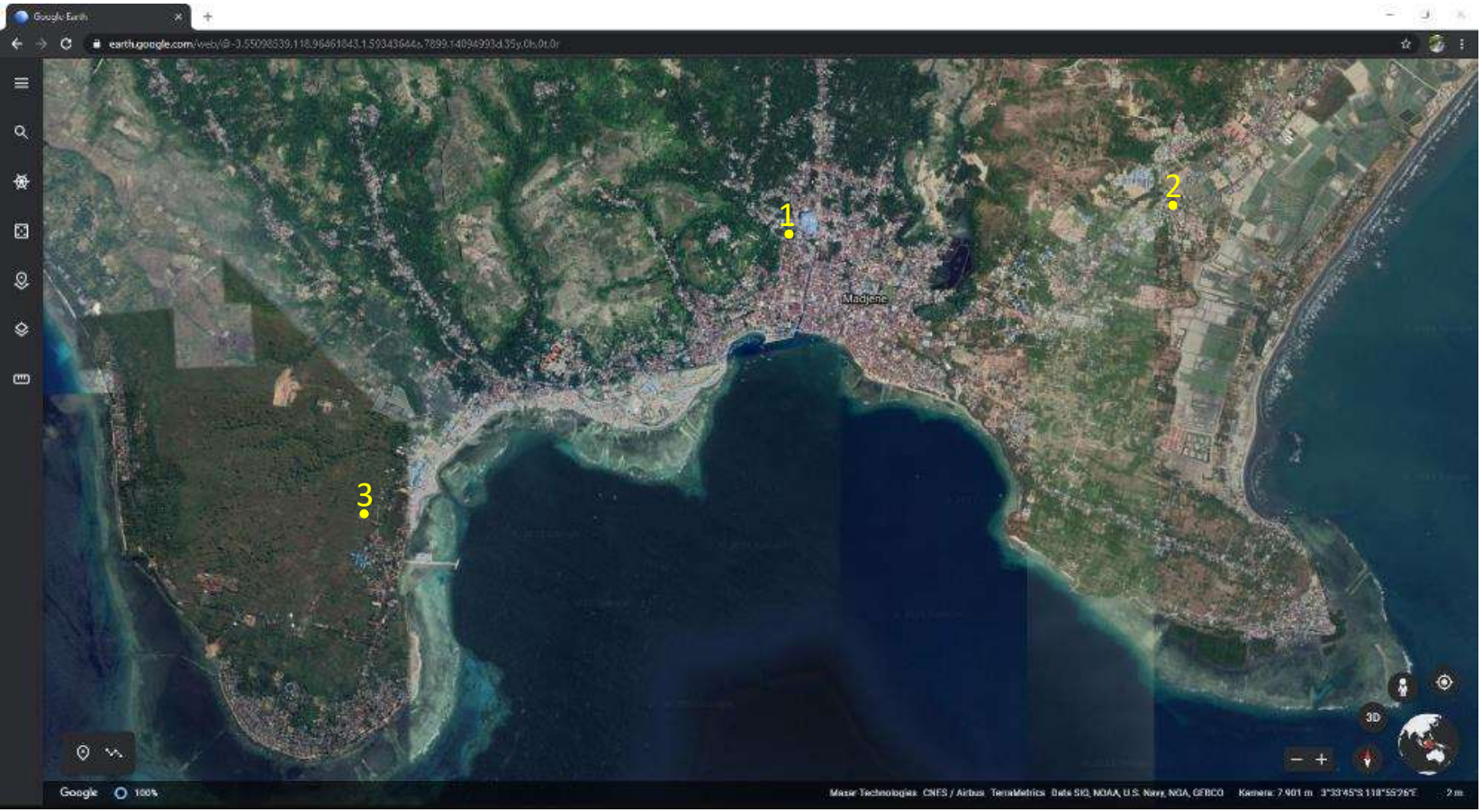
1. Sekolah Polisi Negara Mekkatta Polda Sulbar
2. SDN 4 Mekkata

Lokasi Survey di Majene



3. SDN No. 18 Banua

Ringkasan Survey dan rekomendasi



MAJENE

1. Puskesmas Majene
2. Universitas Sulawesi Barat Majene
3. STAIN Majene

Lokasi survey di Jalan-Jembatan Mamuju

- Secara umum jalan dan jembatan masih baik. Yang perlu diperhatikan adalah pada pelat injak jalan dan jembatan yang terjadi gap yang signifikan.

Lokasi survey di Jalan-Jembatan Mamuju

- Secara umum jalan dan jembatan masih baik. Yang perlu diperhatikan adalah pada pelat injak jalan dan jembatan yang terjadi gap yang signifikan.

Kriteria Kerusakan Struktur & Arsitektur

1. Bangunan Rusak Ringan
   a. Pondasi tidak mengalami penurunan signifikan
   b. Struktur tidak mengalami kerusakan
   c. Kerusakan arsitektur dari mulai acian retak, acian terkelupas, plester retak, plesteran terkelupas
   Aksi yang perlu dilakukan adalah perbaikan komponen arsitektur
2. Bangunan Rusak Sedang
   a. Pondasi tidak mengalami penurunan signifikan
   b. Struktur dapat mengalami keretakan, tapi tidak mengakibatkan perubahan bentuk yang signifikan.
   c. Kerusakan arsitektur sudah memasuki keretakan dinding sampai berlubangnya dinding dalam kondisi terbatas, namun tidak sampai mengalami kemiringan yang signifikan.
   Aksi yang perlu dilakukan adalah perbaikan komponen arsitektur dan komponen struktur
3. Bangunan Rusak Berat
   a. Pondasi mengalami penurunan signifikan
   b.Struktur terkelupas sampai telah terjadi kegagalan komponen struktur tapi belum mengakibatkan keruntuhan.
   c.Kerusakan arsitektur sudah memasuki jebolnya dinding secara signifikan, miring, dan bahkan runtuh.

Kriteria Kerusakan Struktur & Arsitektur

3. Bangunan Rusak Berat

a. Ada beberapa alternatif aksi yang dapat dilakukan pada bangunan yang rusak berat:

b. Jika kerusakan komponen struktur tidak sampai menyebabkan perubahan bentuk yang signifikan pada tulangan dan gedung secara keseluruhan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kelaikan struktur bangunan.

c. Jika pondasi mengalami penurunan signifikan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kelaikan struktur bangunan.

d. Jika kerusakan komponen struktur sudah perubahan bentuk yang signifikan pada tulangan dan gedung secara keseluruhan, bangunan dinyatakan sudah tidak laik fungsi secara struktur.

4. Bangunan Mengalami Keruntuhan

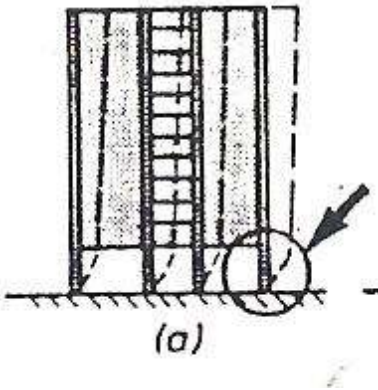
a. Pondasi mengalami kegagalan

b. Terjadi kegagalan pada satu atau lebih komponen struktur yang mengakibatkan keruntuhan bangunan.

Kriteria Rusak Berat Struktur Tidak Laik Fungsi

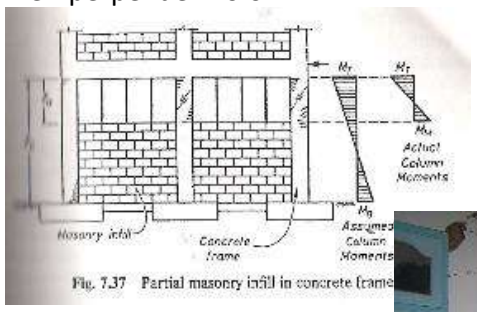
1. Soft Storey Effect

Soft storey effect adalah moda keruntuhan yang diakibatkan oleh perbedaan kekakuan tingkat yang besar antar lantai bangunan. Biasanya terjadidi lantai dasar yang relatif “kosong”, dan lantai diatasnya yang terpasang dinding masif.



2. Short Column

Short Column : Kolom struktur menjadi lebih pendek dari asumsi perhitungan karena adanya komponen arsitektur yang secara fisik memperpendek kolom



Kriteria Rusak Berat Struktur Tidak Laik Fungsi

3. Weak Column Strong Beam

Weak column strong beam adalah moda keruntuhan yang diakibatkan oleh kapasitas kolom lebih kecil dari kapasitas balok. Kondisi ini dapat terjadi jika beban gempa melewati beban rencana

4. Kegagalan Titik Kumpul

Kegagalan pada titik kumpul adalah moda keruntuhan yang diakibatkan oleh terlewatinya kapasitas geser diagonal titik kumpul dalam kondisi balok sudah melewati kapasitas nominalnya . Hal ini dapat terjadi jika beban gempa telah melewati beban rencana, titik kumpul tidak direncanakan terhadap kapasitas nominal balok

Kriteria Rusak Berat Struktur Tidak Laik Fungsi

5. Kegagalan Tekan Pada Kolom

Kegagalan tekan pada kolom adalah keruntuhan yang diakibatkan oleh terlewatinya kapasitas aksial kolom. Hal ini dapat terjadi jika perencanaan tidak memperhatikan persyaratan desain kapasitas atau pada pelaksanaannya tidak memenuhi detail yang disyaratkan, atau terjadi gempa vertikal yang ekstrim

6. Liquifaksi

Liquifaksi : Terjadi di tanah pasir lepas, yang kehilangan daya dukung pada waktu gempa akibat meningkatnya tekanan air pori

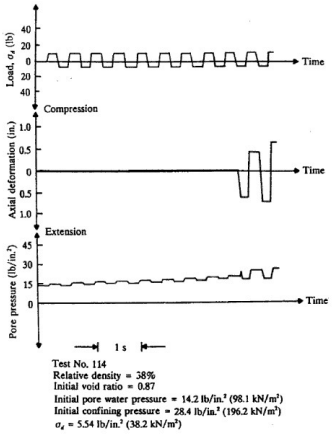


Figure 10.6 Typical pulsating load test on loose saturated Sacramento River sand (redrawn after Seed and Lee, 1966)

Ringkasan survey dan rekomendasi

RINGKASAN SURVEY KONDISI BANGUNAN AKIBAT GEMPA SULAWESI BARAT 14 - 15 JANUARI 2021

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
1	Kantor Gubernur Sulawesi Barat	21 Januari 2021	Runtuh	Runtuh	Berada di jalur gempa Desain soft storey Penggunaan material berat Tulangan polos Komponen baja mengalami instabilitas	Bangun dengan desain baru yang yang integratif antara struktur dan arsitektur
2	Kantor DPRD Sulawesi Barat	21 Januari 2021	Rusak berat dengan ada keruntuhan beberapa kolom yang sudah berubah bentuk signifikan	Rusak berat	Berada di jalur gempa Desain arsitektur di bagian depan, kantilever panjang dengan beban Koneksi komponen arsitektur dan struktur tidak baik Sengkang polos dan jarak tidak memenuhi persyaratan	Demolish Bangun dengan desain baru yang integratif antara
3	SMK Mamuju	21 Januari 2021	Rusak Berat sampai Runtuh	Rusak berat	Berada di jalur gempa Sopi-sopi menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur Arsitektur menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur Detail dan material struktur tidak memenuhi syarat	Demolish Bangun dengan desain prototipe yang memenuhi persyaratan teknis struktur, menggunakan bahan ringan, dan koneksi komponen arsitektur dan struktur direncanakan dan dilaksanakan dengan baik
4	Rusunawa Korem 142 Mamuju	21 Januari 2021	Rusak sedang	Rusak berat	Berada di jalur gempa Sopi-sopi menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur Arsitektur menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur Struktur secara umum masih baik dengan perlu beberapa perbaikan pada beberapa komponen yang mengalami kerusakan Perbaikan detail koneksi dinding geser ke komponen rangka	Struktur masih bisa diperbaiki Arsitektur harus didemolish dan dibangun kembali dengan koneksi yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik ke komponen struktur. Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP Secara psikologis bangunan terlihat rusak berat, demolish total dapat dipertimbangkan
5	PIP2B Sulawesi Barat	21 Januari 2021	ok	Rusak ringan	Berada di jalur gempa Beberapa plafon runtuh Beberapa dinding retak, yang perlu mendapat perhatian pada lokasi void yang tinggi	Kedepan desain void yang tinggi dan menggunakan bahan berat dihindari Perbaikan dinding (bisa sambungan diperkuat atau diganti dengan bahan ringan) Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP

Ringkasan survey dan rekomendasi

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
6	Rusun Sewa ASN Mamuju	22 Januari 2021	Rusak sedang - Rusak Berat dibeberapa komponen	Rusak Sedang	Berada di jalur gempa Umumnya komponen arsitektur baik, dengan beberapa rusak berat karena hancurnya material Sambungan komponen arsitektur dan struktur baik Ada 1 titik join pecah Ada 1 titik kolom yang mengalami penurunan yang menyebabkan balok mengalami kerusakan dan merenggang terhadap joint Pelat kanopi atap ada yang patah Timbunan tanah keliling gedung rusak berat	Perbaikan komponen arsitektur Perkuatan pondasi underpinning di kolom yang turun Perbaikan komponen balok yang rusak Perbaikan join yang rusak dengan steel jacketing Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
7	Gedung Arafah Asrama Haji	22 Januari 2021	Rusak Ringan	Rusak Sedang - Rusak berat	Berada di jalur gempa Beberapa dinding retak dan pada beberapa bagian ada yang jebol Timbunan tanah keliling gedung rusak berat	Perbaikan dinding Perbaikan tangga Perbaikan timbunan tanah keliling gedung Redesain ramp Pekerjaan masih dalam tahap konstruksi, dapat dilanjutkan oleh penyedia jasa yang sedang bekerja
8	Hotel Maleo	22 Januari 2021	Runtuh di salah satu segmen	Runtuh di salah satu	Berada di jalur gempa Di segmen ujung terjadi keruntuhan 'pancake' di lantai 2 bangunan	Bagian yang runtuh didemolish Evaluasi kehandalan bangunan secara mendalam Perbaikan /perencanaan ulang struktur setelah evaluasi kehandalan Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
9	Maleo Town Square	22 Januari 2021	Secara visual dari luar terlihat baik. Tidak dilakukan visitasi ke dalam	Rusak berat	Berada di jalur gempa Komponen arsitektur di facad hadap jalan banyak yang runtuh	Pengecekan struktur dan evaluasi kehandalan struktur Perbaikan komponen arsitektur Perbaikan struktur jika diperlukan menurut evaluasi kehandalan Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP

Ringkasan survey dan rekomendasi

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
10	Gedung Keuangan Negara Mamuju	22 Januari 2021	Rusak sedang - Rusak Berat di beberapa segmen	Rusak berat	Berada di jalur gempa Komponen arsitektur banyak menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik ke komponen struktur. Desain facad banyak menggunakan bahan berat dan beberapa lapis dengan konstruksi yang tidak memenuhi syarat Plafon rusak berat Tangga helix runtuh Ada konstruksi semi basement dengan kolom pendek yang tidak direncanakan dengan baik. Pada 2 titik terekspose pecah dan tidak ditemukan sengkang	Evaluasi kehandalan struktur terutama pada bagian kolom pendek semi basement. Jika ditemukan ada yang tidak memenuhi persyaratan, bangunan di demolish dan didesain ulang Perbaikan komponen arsitektur Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
11	Infection Centre RSUD Provinsi Sulawesi Barat	22 Januari 2021	ok	Rusak ringan	Ada pembangunan gedung disebelahnya, yang jarak dilatasinya terlalu dekat	Perbaikan ringan arsitektur Reposisi gedung baru yang sedang dibangun dengan memperhatikan jarak minimal dilatasi Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
12	RSUD Provinsi Sulawesi Barat	22 Januari 2021	Rusak sedang di bagian dilatasi	Rusak sedang di bagian dilatasi	Terjadi benturan antar bagian bangunan karena jarak dilatasi yang tidak memenuhi persyaratan	Perbaikan komponen arsitektur dan struktur Untuk menghindari kerusakan yang serupa di kemudian hari, jarak dilatasi di perlebar sesuai dengan Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
13	BPJS Ketenagakerjaan	22 Januari 2021	Rusak berat di kolom lantai dasar Dinding penahan tanah bagian depan runtuh	Rusak berat terutama di lantai dasar	Berada di jalur gempa Dinding penahan tanah runtuh akibat tekanan aktif timbunan, kemudian merusak kolom-kolom lantai dasar di bagian depan gedung. Kolom-kolom sudah terdeformasi signifikan sehingga termasuk kerusakan yang tidak bisa diperbaiki Kerusakan arsitektur terutama terjadi di lantai dasar	Demolish, Direncanakan dengan regulasi teknis yang berlaku saat ini, dan dilaksanakan sesuai dengan perencanaan

Ringkasan survey dan rekomendasi

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
14	RSUD Kabupaten Mamuju	22 Januari 2021	Rusak sedang sampai Rusak Berat	Rusak Sedang sampai Rusak berat	Berada di jalur gempa Bangunan dibangun tahun 1994, dari berbagai kerusakan yang terekspose terlihat bangunan direncanakan dengan peraturan lama yang sudah jauh dari persyaratan teknis yang berlaku saat ini	Demolish, Direncanakan dengan regulasi teknis yang berlaku saat ini, dan dilaksanakan sesuai dengan perencanaan
15	Rusun Polda Mamuju	23 Januari 2021	Rusak sedang di beberapa komponen	Runtuh di sopi-sopi Plafon di lantai dasar dan atap runtuh Dinding rusak sedang di lantai dasar	Berada di jalur gempa Koneksi dinding ke struktur umumnya baik sehingga komponen arsitektur pecah di material Pada bagian sopi-sopi tidak terlihat ada koneksi dinding material berat ke struktur --> runtuh Ada beberapa titik join spalling Ada beberapa balok yang perlu dicek apakah retakannya masuk ke struktur	Perbaikan komponen arsitektur Sopi-sopi diperbaiki dengan memperhatikan koneksi dengan komponen struktur Perbaikan join dengan steel jacketing Perbaikan balok dengan injection/grouting jika retak masuk ke struktur. Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
16	Sekolah Polisi Nasional Polda Sulawesi Barat, Mekatta, Majene	23 Januari 2021			Berada di jalur gempa	
	Gapura dan Rumah Jaga		Runtuh		Material dan Detail tidak memenuhi persyaratan (sengkang polos, jarak jarang, detail sambungan tidak baik)	Demolish. Bangunan direncanakan dan dilaksanakan sesuai dengan persyaratan teknis yang berlaku
	Bangunan I		ok	Rusak Ringan, Plafon runtuh		Perbaikan komponen arsitektur
	Bangunan II		ok	Plafon runtuh		
	Bangunan III		ok	Sopi-sopi runtuh Plafon runtuh	Hubungan antara bahan sopi-sopi berat, kolom praktis dan struktur baja tidak baik Bentang bangunan cukup besar, rangka plafon tidak kuat menahan gempa vertikal	Perlu redesain konstruksi sopi-sopi dengan bahan yang lebih ringan Pelaksanaan masih dalam tahap konstruksi, penyedia jasa pelaksana dapat melakukan pekerjaan perbaikan

Ringkasan survey dan rekomendasi

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
17	SDN 4 Mekkata, Majene	23 Januari 2021	5 bangunan runtuh 1 bangunan rusak sedang		Berada di jalur gempa Komponen struktur tidak memenuhi persyaratan teknis : Desain perkuatan, sambungan dan material Terutama kolom praktis dinding yang tulangannya hanya 1 buah Sengkang polos dan jarak jarang Hubungan antara dinding dan komponen struktur tidak memenuhi persyaratan Ada 1 bangunan yang campuran struktur beton, kayu, batako dan bata merah yang desain dan pelaksanaannya diluar aturan teknis	Demolish, direncanakan dan dilaksanakan dengan prototype Kemen PU PR
18	SDN No.18 Banua, Majene	23 Januari 2021	Runtuh		Berada di jalur gempa Perencanaan dan pelaksanaan tidak memenuhi persyataran teknis Kolom menggunakan sengkang polos dengan jarak yang sangat jarang Sambungan komponen dinding dan komponen struktur tidak memenuhi persyaratan teknis Pada tiap gedung dapat dilihat gradasi kerusakan struktur kolom dari yang masih utuh, sudah terkelupas, rusak tapi belum terdeformasi, rusak yang berdeformasi signifikan, sampai mengalami keruntuhan Pada satu gedung yang runtuh, ada suatu prasasti yang menyatakan bangunan dibangun atas peran serta masyarakat dengan salah satu SMK sebagai tim teknis	Demolish, direncanakan dan dilaksanakan dengan prototype Kemen PU PR Pembangunan harus dilakukan oleh tenaga konstruksi yang bersertifikat dan mempunyai kompetensi (baik tenaga ahli maupun tenaga terampil)

Ringkasan Survey dan rekomendasi

RINGKASAN SURVEY 4-6 MARET 2021 KONDISI BANGUNAN AKIBAT GEMPA SULAWESI BARAT 14-15 JANUARI 2021

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
1	Kantor KPU Sulawesi Barat	4 Maret 2021	Lantai dasar baik Lantai 2 rusak berat	Lantai dasar rusak ringan Lantai 2 rusak berat	Struktur lantai 2 berbeda dengan lantai dasar yang kolomnya relatif besar Kolom struktur lantai 2 relatif kecil dengan bentang yang lebih lebar Sopi-sopi dan atap mengalami keruntuhan	Lantai dasar masih bisa dipertahankan, lantai 2 didemolish. Jika ingin dibangun sesuai fungsi awal, harus direncanakan struktur secara terintegrasi ndengan menggunakan regulasi terbaru. Alternatif lain adalah meredesain arsitektur bangunan agar tetap dapat melayani fungsinya dengan struktur tetap 1 lantai agar struktur lama dapat dimanfaatkan penuh tanpa banyak
2	Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju	4 Maret 2021	Rusak berat pada lantai dasar. Lantai dasar naik turun akibat gempa. Struktur lantai 2 relatif masih baik	Rusak berat di lantai dasar	Berada di jalur gempa Desain arsitektur di bagian depan, kantilever panjang dengan beban berat Koneksi komponen arsitektur dan struktur tidak baik Sengkang polos dan jarak tidak memenuhi persyaratan	Demolish Bangun dengan desain baru yang integratif antara struktur dan arsitektur
3	Rumah Susun ASN/Perkim Mamuju	4 Maret 2021	Terjadi pergerakan tanah yang menyebabkan differential settlement yang bergelombang.	Rusak berat. Koridor dalam jauh lebih sempit dari persyaratan minimal (<< 1.2 m). Tangga darurat lebar tidak memenuhi syarat	Pengukuran pergerakan kolom lantai dasar menunjukkan terjadinya differential settlement yang sudah melewari persyaratan SNI 8460:2017 Differential settlement tersebut sudah menyebabkan terjadinya overstress pada komponen struktur.	Demolish Bangun baru dengan desain yang memenuhi persyaratan teknis yang berlaku. Data-data perencanaan harus disiapkan dengan baik, terutama data tanah. Pelaksanaan struktur bawah (pondasi dan timbunan) harus diawasi dengan
4	Rumah Susun Polda Mamuju	4 Maret 2021	Rusak sedang di beberapa komponen	Runtuh di sopi-sopi Plafon di lantai dasar dan atap runtuh Dinding rusak sedang di lantai dasar	Berada di jalur gempa Koneksi dinding ke struktur umumnya baik sehingga komponen arsitektur pecah di material Pada bagian sopi-sopi tidak terlihat ada koneksi dinding material berat ke struktur → runtuh Ada beberapa titik join spalling Ada beberapa balok yang perlu dicek apakah retakannya masuk ke struktur	Perbaikan komponen arsitektur Sopi-sopi diperbaiki dengan memperhatikan koneksi dengan komponen struktur Perbaikan join dengan steel jacketing Perbaikan balok dengan injection/grouting jika retak masuk ke struktur. Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
5	Mesjid Suhada Mamuju	4 Maret 2021	Rusak ringan. Ada beberapa bagian yang mengalami penurunan	Rusak berat	Komponen arsitektur yang menggunakan bahan 1 bata umumnya luas bidangnya teralu besar dan tidak terkoneksi dengan baik ke struktur Pada komponen arsitektur yang menggunakan bahan ringan juga mengalami kerusakan karena terlalu luas bidang yang tidak terkait ke struktur	Struktur secara umum masih bisa dipertahankan. Perbaikan pondasi dilakukan di beberapa tempat yang mengalami penurunan. Struktur dievaluasi kelaikannya terhadap regulasi terbaru, dan dilakukan perkuatan jika diperlukan. Komponen arsitektur didemolish, lalu dilakukan pergantian bahan dengan perencanaan konstruksi sekunder yang sesuai dengan regulasi terbaru.

Ringkasan Survey dan rekomendasi

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
6	Puskesmas Majene	5 Maret 2021	Secara umum rusak ringan, ada 1 bangunan yang rusak berat	Rusak ringan-sedang Ada 1 bangunan yang rusak berat	Pada bangunan yang mengalami rusak berat ditemukan mutu beton yang tidak baik (agregat besar-besar) dan tulangan yang masih menggunakan tulangan polos Sambungan komponen arsitektur dan struktur tidak baik	Bangunan yang rusak berat didemolish Rekonstruksi pembangunan baru dengan memenuhi regulasi baru yang berlaku
7	Universitas Sulawesi Barat Majene	5 Maret 2021	Pekerjaan lanjutan dengan perkuatan struktur		Perkuatan FRP dilakukan pada tumpuan balok Perkuatan grout dilakukan pada beberapa komponen dinding Ada komponen tangga utama yang menumpu pada list plank yang terlalu kecil, sehingga terlihat sudah mengalami keretakan dan tangga dirasakan bergetar	Perlu dikonfirmasi apakah join perlu juga diperkuat Dilakukan peningkatan kekakuan dan kekuatan konstruksi tangga tanpa mempengaruhi konsep desain arsitektur Perlu dicek konstruksi sopi-sopi yang masih menggunakan bata. Diusulkan untuk menggunakan bahan ringan pada bagian sopi-sopi yang belum terpasang
8	STAIN Majene	5 Maret 2021	Ok	Dinding sopi-sopi atap runtuh Plafon di atap kanopi banyak yang lepas	Bidang sopi-sopi atap terlalu luas, tidak ada ring balok, dan tidak terintegrasi dengan atap baja ringan Penggantung plafon tidak direncanakan dengan baik	Konstruksi sopi-sopi direkonstruksi kembali sesuai dengan regulasi yang berlaku. Diusulkan menggunakan bahan ringan seperti GRC Rekonstruksi plafon sesuai dengan regulasi terbaru
9	Rumah Sakit Covid Mamuju	6 Maret 2021	Secara umum ok. Struktur yang rusak sedang ada di bagian lantai tambahan gedung PMI	Rusak sedang - berat	Pada bagian lantai tambahan gedung PMI terdapat konstruksi baja yang dipasang di atas konstruksi beton yang koneksinya tidak baik. Bahan dinding setengah bata dan setengah GRC yang tidak umum, dan tidak direncanakan konstruksi penopangnya dengan baik. Kusen jendela setengah tertanam di dinding bata dan setengahnya di dinding GRC, dengan koneksi yang tidak baik. Koneksi bata ke struktur baja juga tidak baik. Ada konstruksi baja yang tidak utuh terpasang yang sepertinya ada ketidaksesuaian dengan desain arsitekturnya	Perlu dilakukan perkuatan konstruksi lantai tambahan di area gedung PMI Perlu dilakukan pembongkaran total pada komponen arsitektur konstruksi lantai tambahan di area gedung PMI. Rekonstruksi dilakukan dengan bahan-bahan dan detail-detail konstruksi sesuai regulasi yang berlaku.

Ringkasan Survey dan rekomendasi

No	Bangunan	Tanggal Survey	Kondisi Bangunan		Catatan	Rekomendasi
			Struktur	Arsitektur		
10	Kanwil Kementerian Agama Mamuju	6 Maret 2021	Rusak ringan	Rusak ringan	Ada 2 titik kerusakan di area void : balok dan area dilatasi Dilatasi dibentuk dari 3 kolom terpisah di lantai dasar, dan hanya 1 kolom yang menerus ke lantai 2. Jarak dilatasi antar kolom terlalu dekat Pada bagian kolom yang terekspose terlihat masih menggunakan tulangan polos Sambungan dinding selasar ke kolom tidak baik Ada keruntujan plafon di lantai atas bangunan	Perbaikan balok dan area dilatasi Perkuatan sambungan dinding selasar ke kolom Evaluasi kelaikan struktur berdasarkan regulasi terbaru. Lakukan perkuatan jika diperlukan Perbaikan plafon dengan konstruksi yang memenuhi regulasi terbaru
11	PLUT KUMKM Mamuju	6 Maret 2021	Ok	Rusak ringan	Perbaikan plafon Lantai dirasa bergetar	Perbaikan ringan arsitektur
12	Brimob Mamuju	6 Maret 2021	Ok, bagian struktur bawah banyak bergelombang Ada 1 titik kolom yang terkelupas dan terlihat tulangannya polos	Rusak sedang	Perbaikan landscape Evaluasi struktur bawah dan struktur atas terhadap regulasi terbaru. Dapat dilakukan perkuatan jika ada yang tidak memenuhi persyaratan Perbaikan komponen arsitektur. Bagian-bagian yang menonjol sebaiknya diperkuat atau diredesain	Perbaikan komponen arsitektur dan struktur Untuk menghindari kerusakan yang serupa di kemudian hari, jarak dilatasi di perlebar sesuai dengan persyaratan Cek kehandalan MEP, lakukan perbaikan sesuai evaluasi kehandalan MEP
13	Bangunan Masyarakat Depan Pusat Oleh-Oleh Mamuju	6 Maret 2021	Runtuh	Runtuh	Sedang dibangun kembali secara swadaya karena tidak termasuk list mendapat bantuan Pembangunan menggunakan tulangan polos yang tidak memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa Detail komeksi dinding ke kolom diragukan memenuhi persyaratan	Pemerintah perlu melakukan pembinaan teknis rekonstruksi masyarakat yang melakukan pembangunaan secara swadaya

DETAIL SURVEY

Kantor Gubernur Sulawesi Barat

- Lokasi koordinat
  -2.66446, 118.85325

- Jarak dari episenter
  49,5 km

Kantor Gubernur Sulawesi Barat

- Desain Soft Storey : Kolom tinggi (tanpa penahan lateral) dengan beban berat diatasnya → Ketidakberaturan vertikal yang harus diperhatikan secara khusus

Kantor Gubernur Sulawesi Barat

- Penggunaan material berat : Bata merah 1 bata dengan plaster tebal di bagian atas bangunan

Kantor Gubernur Sulawesi Barat

- Tulangan polos

Kantor Gubernur Sulawesi Barat

- Komponen baja mengalami instabilitas

Kantor DPRD Sulawesi Barat

- Lokasi koordinat

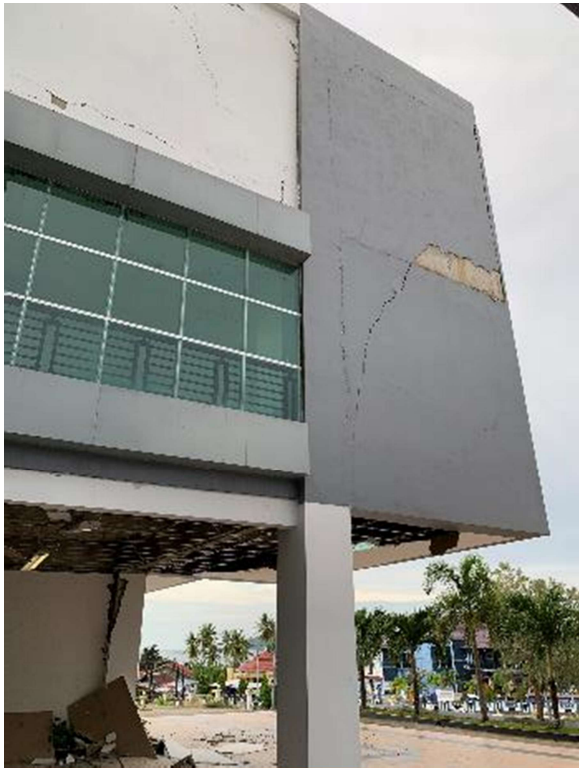
  -2.66058, 118.85331

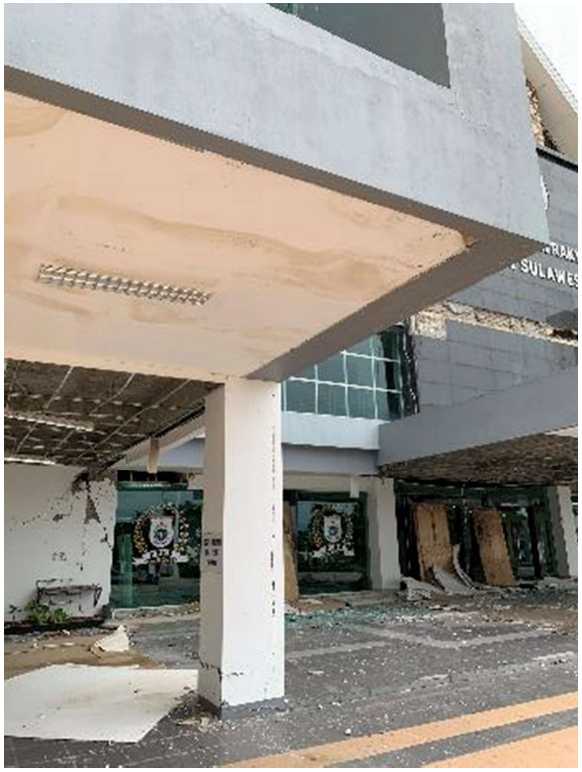
- Jarak dari episenter

  49,9 km

Kantor DPRD Sulawesi Barat

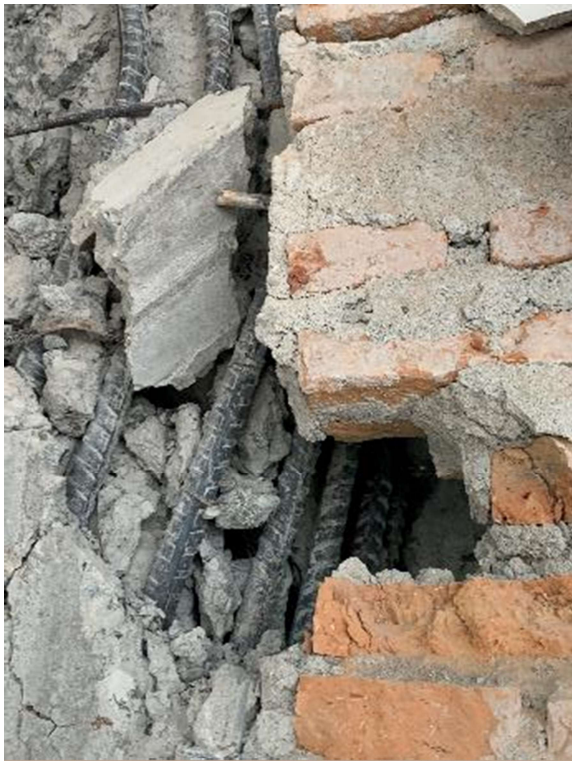
- Desain arsitektur di bagian depan kantilever panjang dengan beban berat





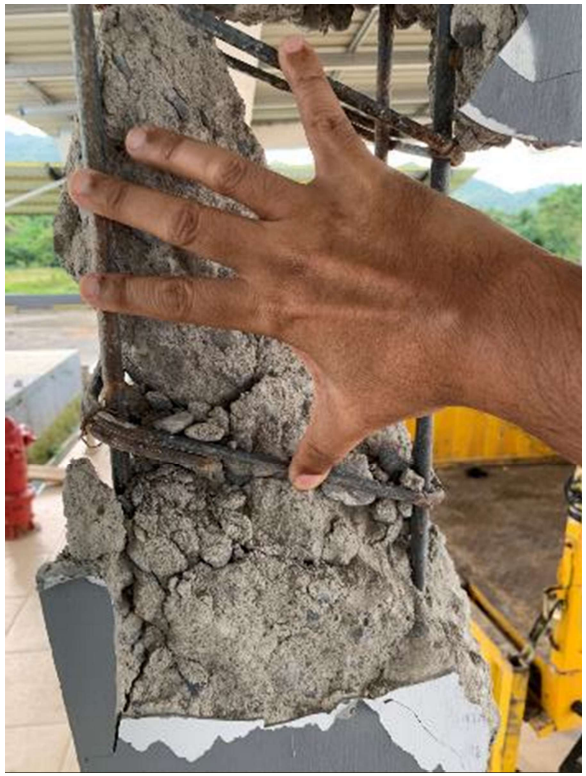
Kantor DPRD Sulawesi Barat

- Koneksi komponen arsitektur dan struktur tidak baik



Kantor DPRD Sulawesi Barat

- Sengkang polos dan jarak tidak memenuhi



SMKN 1 Rangas Mamuju

- Lokasi koordinat

  -2.65948, 118.84841

- Jarak dari episenter

  50,3 km

SMK Mamuju

- Sopi-sopi menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur

SMK Mamuju

- Arsitektur menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur

SMK Mamuju

- Detail dan material struktur tidak memenuhi syarat

Rusun Korem 142 Mamuju

- Lokasi koordinat

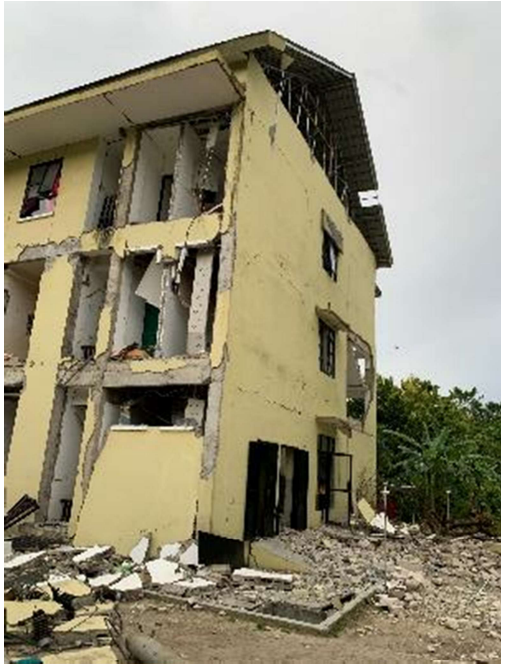
  -2.65778, 118.84418

- Jarak dari episenter

  50,9 km

Rusun Korem 142 Mamuju

- Sopi-sopi menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur



Rusun Korem 142 Mamuju

- Arsitektur menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik dengan struktur

Rusun Korem 142 Mamuju

- Struktur secara umum masih baik dengan perlu beberapa perbaikan pada beberapa komponen yang mengalami kerusakan

Rusun Korem 142 Mamuju

- Perbaikan detail koneksi dinding geser ke komponen rangka

PIP2B Sulawesi Barat

- Lokasi koordinat
  -2.65976, 118.85040

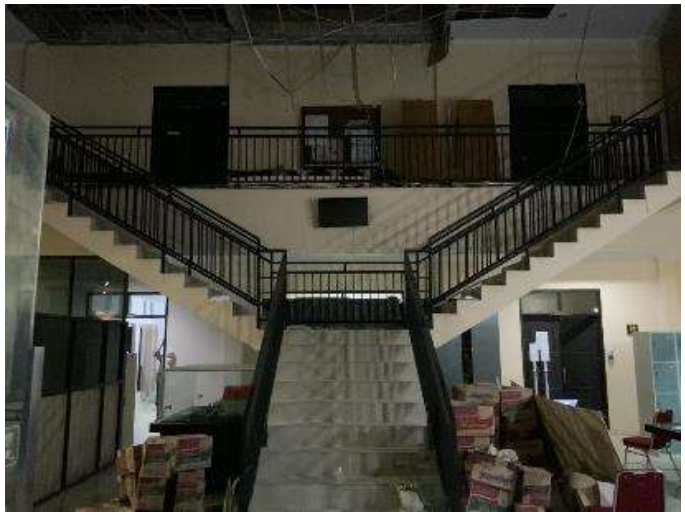
- Jarak dari episenter
  50,1 km

PIP2B Sulawesi Barat

- Beberapa plafon runtuh

PIP2B Sulawesi Barat

- Beberapa dinding retak, yang perlu mendapat perhatian pada lokasi void yang tinggi



Rusun Sewa ASN Mamuju

- Lokasi koordinat

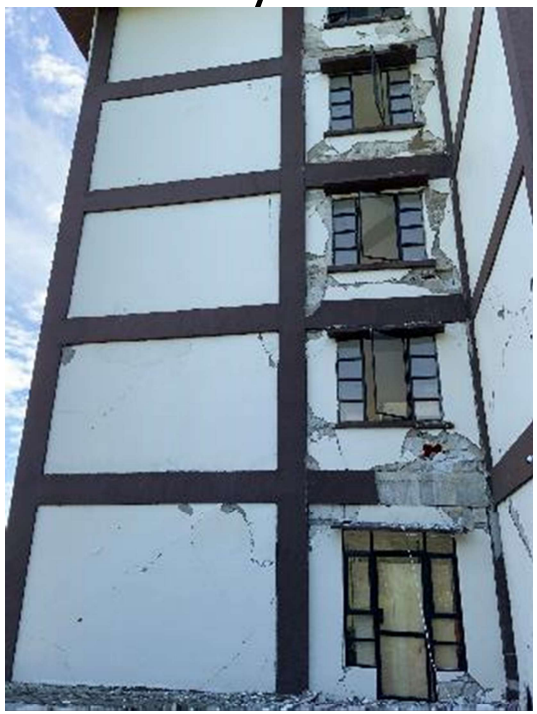
  -2.68290, 118.86371

- Jarak dari episenter

  47,0 km

Rusun Sewa ASN Mamuju

- Umumnya komponen arsitektur baik, dengan beberapa rusak berat karena hancurnya material

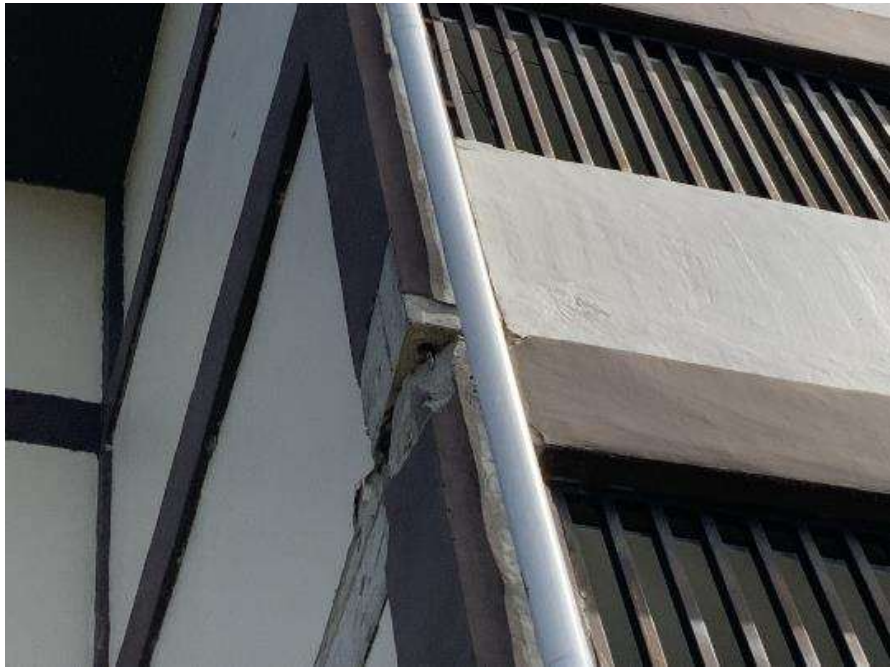


Rusun Sewa ASN Mamuju

- Sambungan komponen arsitektur dan struktur baik

Rusun Sewa ASN Mamuju

- Ada 1 titik join pecah



Rusun Sewa ASN Mamuju

- Ada 1 titik kolom yang mengalami penurunan yang menyebabkan balok mengalami kerusakan dan merenggang terhadap join

Rusun Sewa ASN Mamuju

- Pelat kanopi atap ada yang patah

Rusun Sewa ASN Mamuju

- Timbunan tanah keliling gedung rusak berat

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

- Pada survey pertama 22 Januari 2021, belum dapat masuk ke dalam, sehingga keputusan masih belum final. Pada survey 4 Maret 2021 dapat dilakukan survey menyeluruh dan ditemui kerusakan berat arsitektur yang disebabkan pergerakan tanah tanah

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

- Pergerakan tanah masih dapat ditahan oleh struktur bangunan yang terbuat dari sistem pracetak yang kualitas pembuatannya baik. terjadinya overstress pada komponen struktur.

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

- Tidak dipenuhinya persyaratan lebar selasar dan lebar tangga darurat secara kasat mata

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

- Dilakukan pengukuran kemiringan dan differential settlement untuk mendapatkan data apakah masih memenuhi persyaratan SNI 8460:2017

SNI 8460:2017

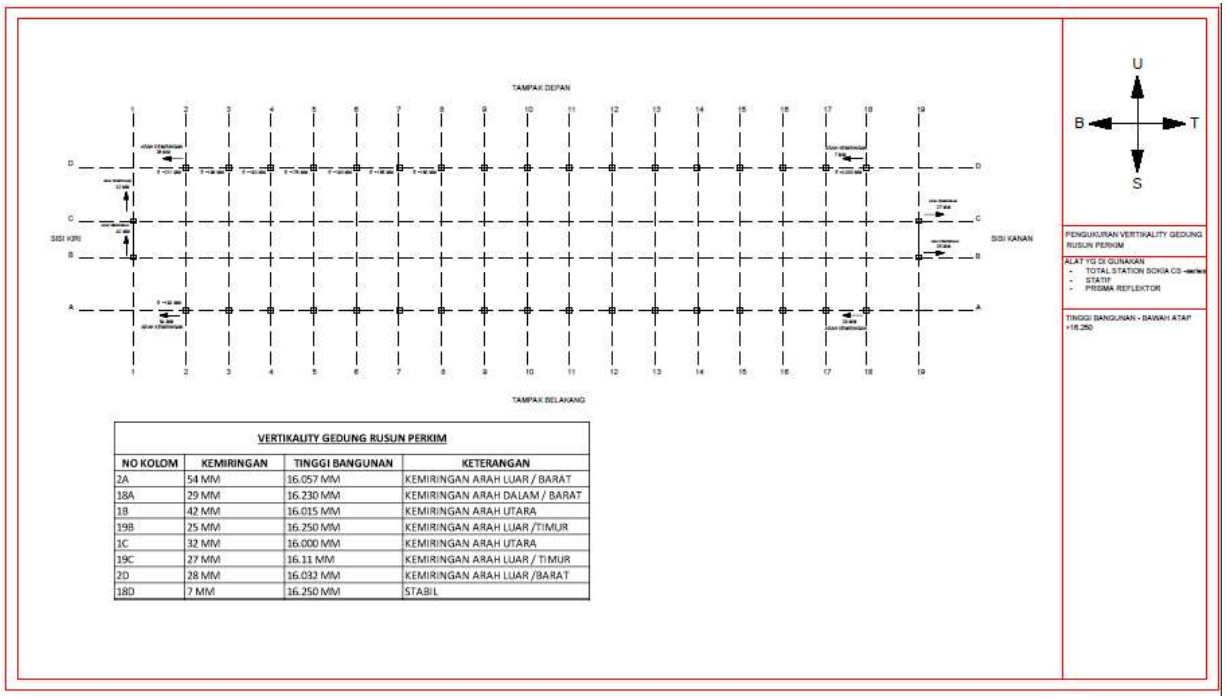
c) Berdasarkan metode empiris yang sudah baku dan sesuai dengan kondisi tanah di Indonesia serta sesuai dengan kasus-kasus yang telah dilakukan di Indonesia.

9.2.4.3 Penurunan izin

Besarnya penurunan total dan beda penurunan yang diizinkan ditentukan berdasarkan toleransi struktur atas dan bangunan sekitar yang harus ditinjau berdasarkan masing-masing kasus tersendiri dengan mengacu pada integritas, stabilitas dan fungsi dari struktur di atasnya.

Penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman.

Beda penurunan *(differential settlement)* yang diperkirakan akan terjadi harus ditentukan secara saksama dan konservatif, serta pengaruhnya terhadap bangunan gedung tinggi di atasnya harus dicek untuk menjamin bahwa beda penurunan tersebut masih memenuhi kriteria kekuatan dan kemampulayanan sebesar 1/300.

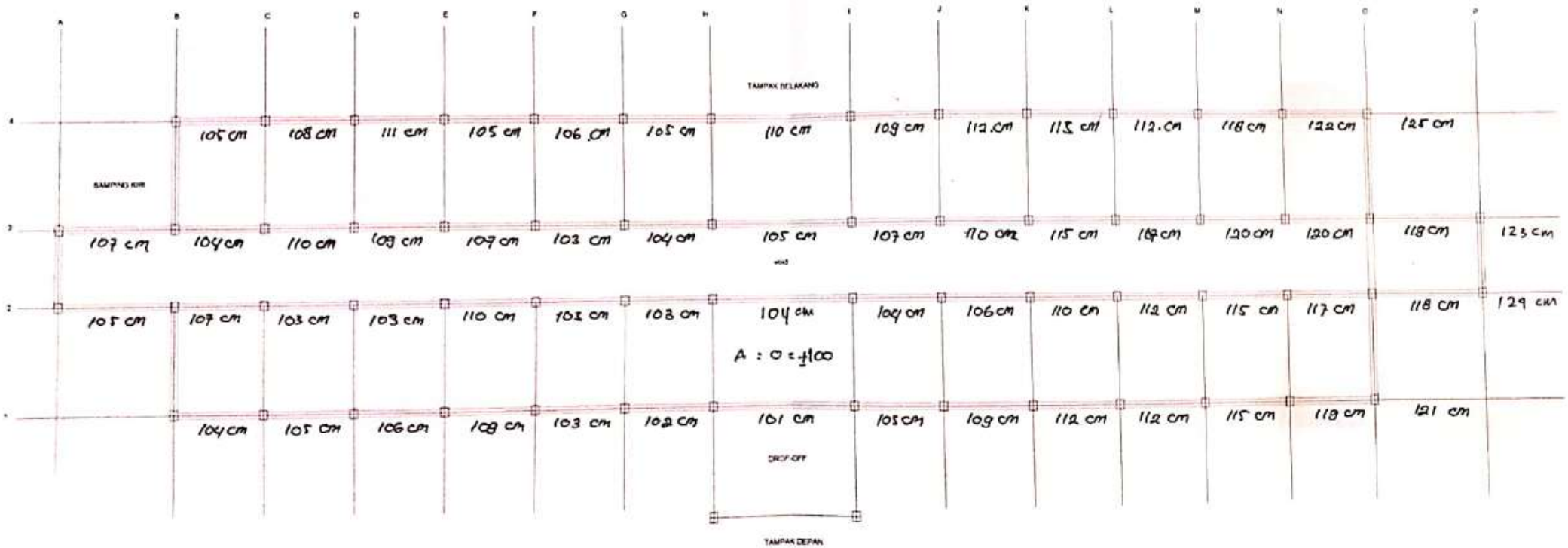


VERTIKALITY GEDUNG RUSUN PERKIM

NO KOLOM	KEMIRINGAN	TINGGI BANGUNAN	KETERANGAN
2A	54 MM	16.057 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR / BARAT
18A	29 MM	16.230 MM	KEMIRINGAN ARAH DALAM / BARAT
1B	42 MM	16.015 MM	KEMIRINGAN ARAH UTARA
19B	25 MM	16.250 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR /TIMUR
1C	32 MM	16.000 MM	KEMIRINGAN ARAH UTARA
19C	27 MM	16.11 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR / TIMUR
2D	28 MM	16.032 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR /BARAT
18D	7 MM	16.250 MM	STABIL

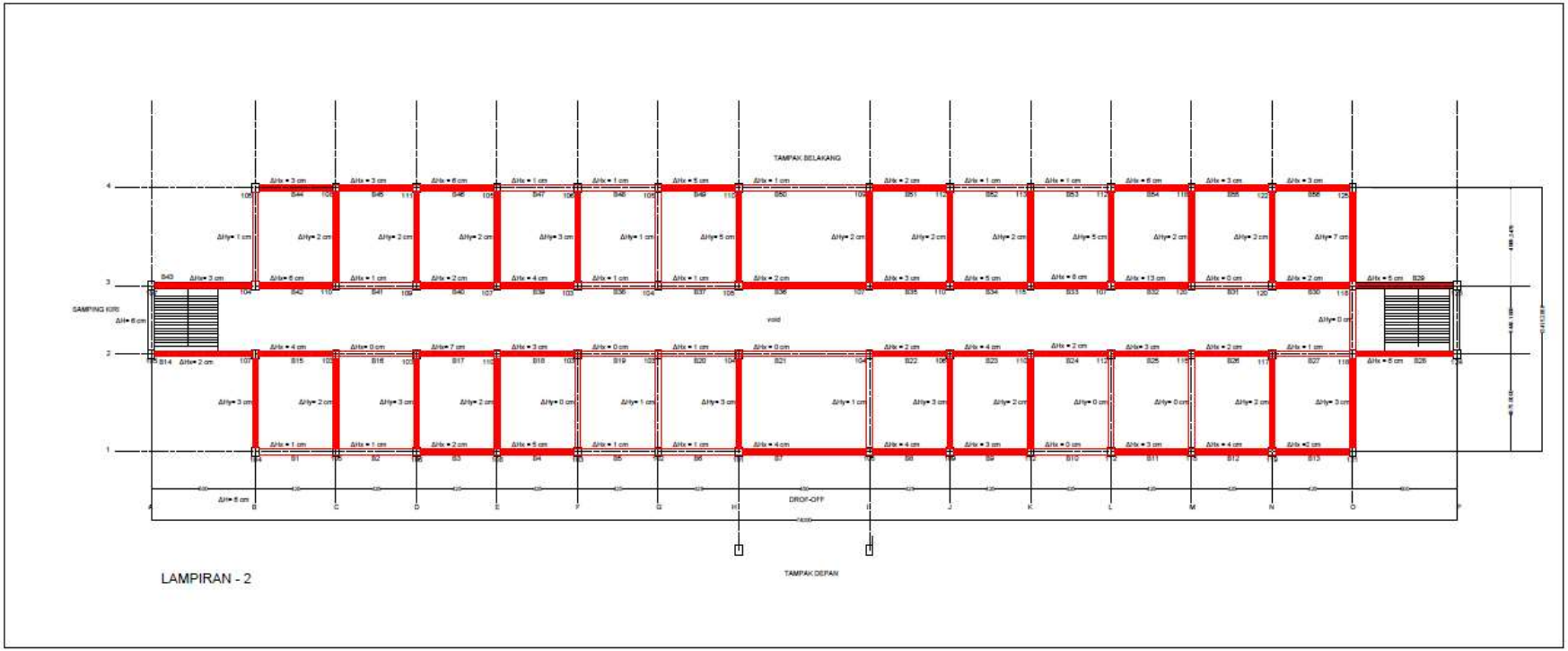
Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

- Verticality kolom



Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

Pengukuran differential settlement menunjukkan terjadinya pergerakan yang melebihi persyaratan dalam SNI 8460:2017



Gedung Arafah Asrama Haji

- Lokasi koordinat
  -2.68230, 118.86507

- Jarak dari episenter
  46,8 km

Gedung Arafah Asrama Haji

- Beberapa dinding retak dan pada beberapa bagian ada yang jebol

Gedung Arafah Asrama Haji

- Struktur tangga rusak

Gedung Arafah Asrama Haji

- Timbunan tanah keliling gedung rusak berat

Hotel Maleo

- Lokasi koordinat
  -2.67275, 118.88667

- Jarak dari episenter
  48,8 km

Hotel Maleo

- Di segmen ujung terjadi keruntuhan ‘pancake’ di lantai 2 bangunan

Maleo Town Square

- Lokasi koordinat
  -2.66933, 118.89173

- Jarak dari episenter
  49,3 km

Maleo Town Square

- Komponen arsitektur di facad hadap jalan banyak yang runtuh

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Lokasi koordinat
  -2.68874, 118.87135

- Jarak dari episenter
  46,1 km

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Komponen arsitektur banyak menggunakan bahan berat yang tidak terkoneksi dengan baik ke komponen struktur

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Desain facad banyak menggunakan bahan berat dan beberapa lapis dengan konstruksi yang tidak memenuhi syarat

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Desain facad banyak menggunakan bahan berat dan beberapa lapis dengan konstruksi yang tidak memenuhi syarat

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Plafon rusak berat

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Tangga helix runtuh

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Ada konstruksi semi basement dengan kolom pendek yang tidak direncanakan dengan baik

Gedung Keuangan Negara Mamuju

- Pada 2 titik terekspose pecah dan tidak ditemukan sengkang

Infection Centre RSUD Provinsi Sulawesi Barat

- Lokasi koordinat

-2.68972, 118.86273

- Jarak dari episenter

46,0 km

Infection Centre RSUD Provinsi Sulawesi Barat

- Ada pembangunan gedung di sebelahnya, yang jarak dilatasinya terlalu dekat

Infection Centre RSUD Provinsi Sulawesi Barat

- Kerusakan ringan: dinding retak, plafon runtuh, atap ada yang rusak

RSUD Provinsi Sulawesi Barat

- Lokasi koordinat

-2.68972, 118.86273

- Jarak dari episenter

46,0 km

RSUD Provinsi Sulawesi Barat

- Terjadi benturan antar bagian bangunan karena jarak dilatasi yang tidak memenuhi persyaratan

RSUD Provinsi Sulawesi Barat

- Kerusakan di daerah dilatasi karena jarak dilatasi terlalu dekat, segmen bangunan mengalami benturan

BPJS Ketenagakerjaan

- Lokasi koordinat

-2.67277, 118.86043

- Jarak dari episenter

48,0 km

BPJS Ketenagakerjaan

- Dinding penahan tanah runtuh akibat tekanan aktif timbunan, kemudian merusak kolom-kolom lantai dasar di bagian depan Gedung. Kolom-kolom sudah terdeformasi signifikan sehingga termasuk kerusakan yang tidak bisa diperbaiki

BPJS Ketenagakerjaan

- Kerusakan arsitektur terutama terjadi di lantai dasar

BPJS Ketenagakerjaan

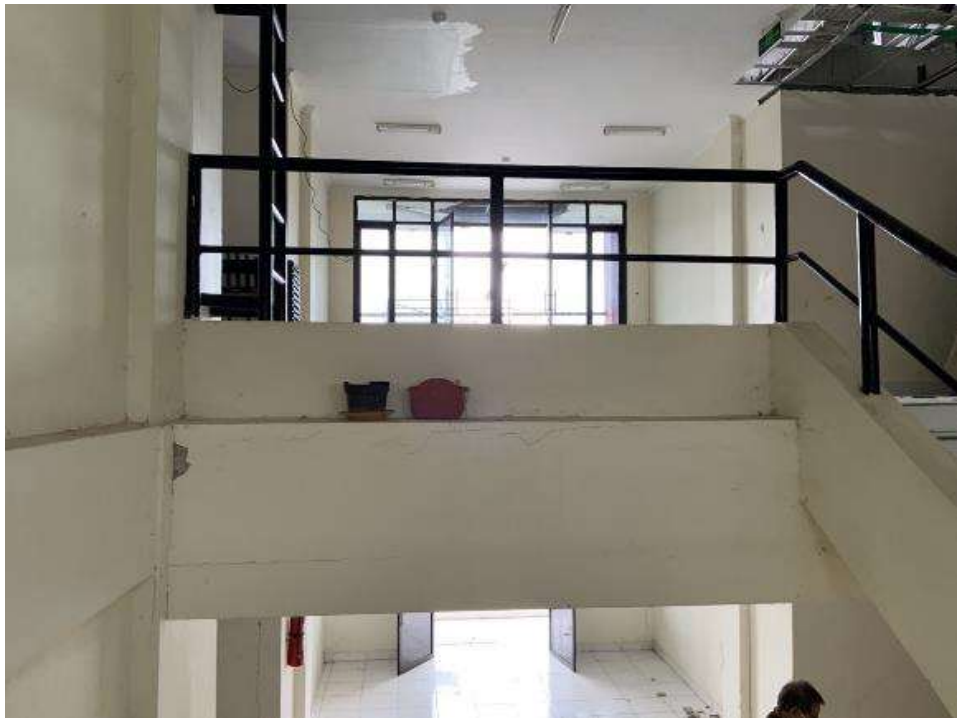
- Kerusakan kolom lantai dasar di bagian bawah dan bagian atas

BPJS Ketenagakerjaan

- Kerusakan tangga

BPJS Ketenagakerjaan

- Lantai 2 dan 3 tidak mengalami rusak signifikan



RSUD Kabupaten Mamuju

- Lokasi koordinat

-2.68518, 118.88792

- Jarak dari episenter

48,4 km

RSUD Kabupaten Mamuju

- Bangunan dibangun tahun 1994, dari berbagai kerusakan yang tereskpose terlihat bangunan direncanakan dengan peraturan lama yang sudah jauh dari persyaratan teknis yang berlaku saat ini

RSUD Kabupaten Mamuju

- Kerusakan arsitektur (dinding dan plafon)

RSUD Kabupaten Mamuju

- Kerusakan struktur karena bangunan masih ikut regulasi lama

Rusun Polda Mamuju

- Lokasi koordinat

-2.67296, 118.90129

- Jarak dari episenter

50,5 km

Rusun Polda Mamuju

- Terletak di jalur gempa yang terlihat di retakan di jalan

Rusun Polda Mamuju

- Koneksi dinding baik, kerusakan terjadi di material dinding

Rusun Polda Mamuju

- Pada bagian sopi-sopi tidak terlihat ada koneksi dinding material berat ke struktur → runtuh

Rusun Polda Mamuju

- Titik join spalling → terlihat sengkang join sesuai regulasi, mencegah runtuhnya join

Rusun Polda Mamuju

- Beberapa balok yang perlu dicek

Kantor KPU Sulawesi Barat

- Lokasi Koordinat

-2.596908211226276, 118.88000369733

Kantor KPU Sulawesi Barat

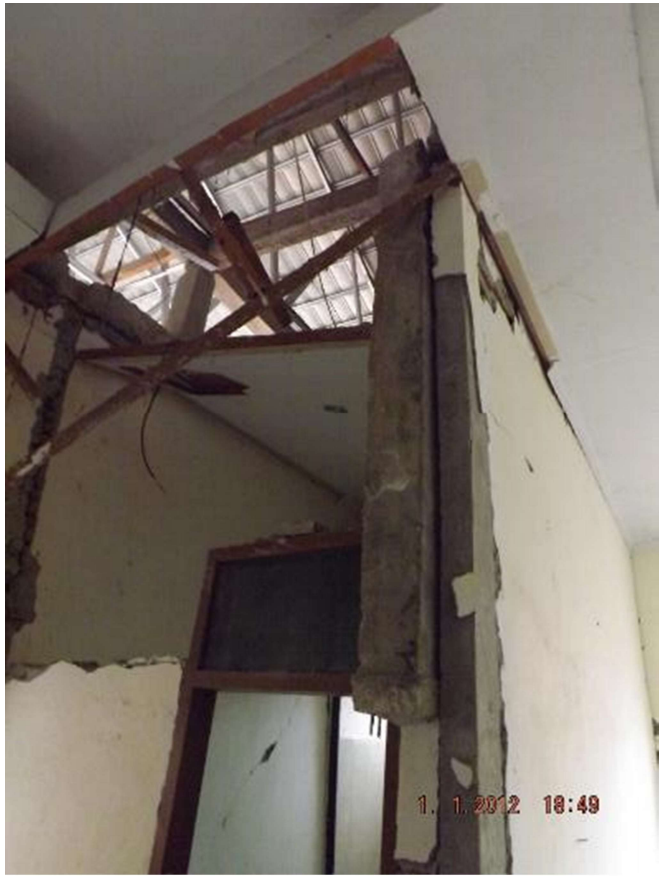
- Struktur lantai 2 berbeda dengan lantai dasar yang kolomnya relatif besar. Struktur lantai 1 relatif masih baik, arsitektur rusak sedang

Kantor KPU Sulawesi Barat

- Kolom struktur lantai 2 relatif kecil dengan bentang yang lebih lebar

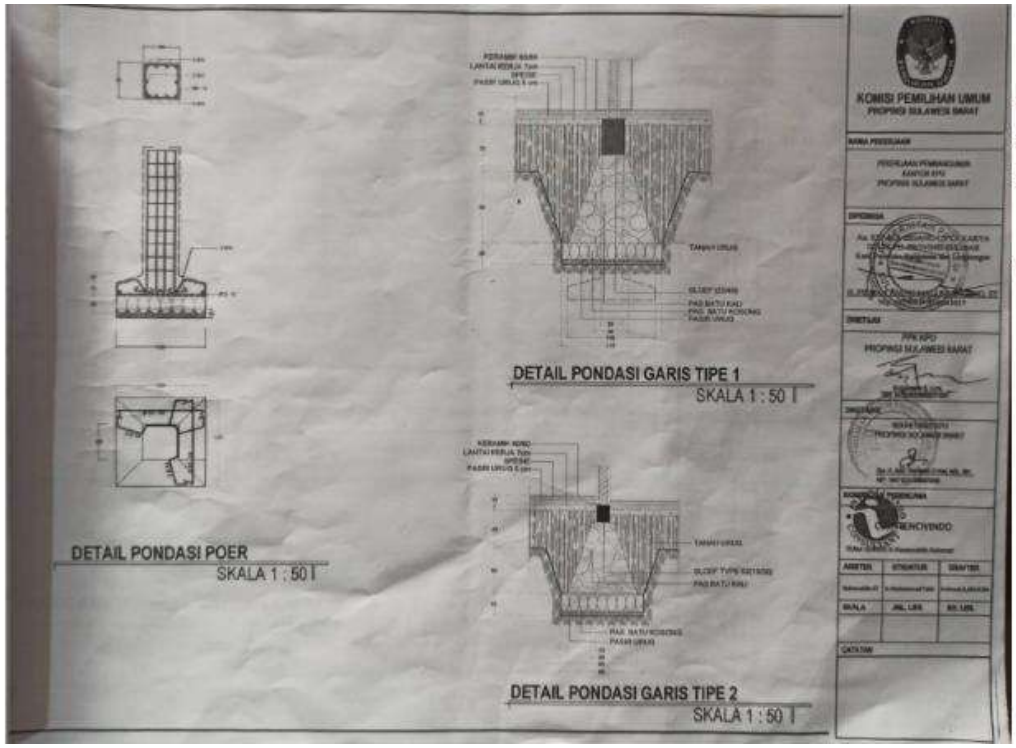
Kantor KPU Sulawesi Barat

- Sopi-sopi dan atap mengalami keruntuhan



Kantor KPU Sulawesi Barat

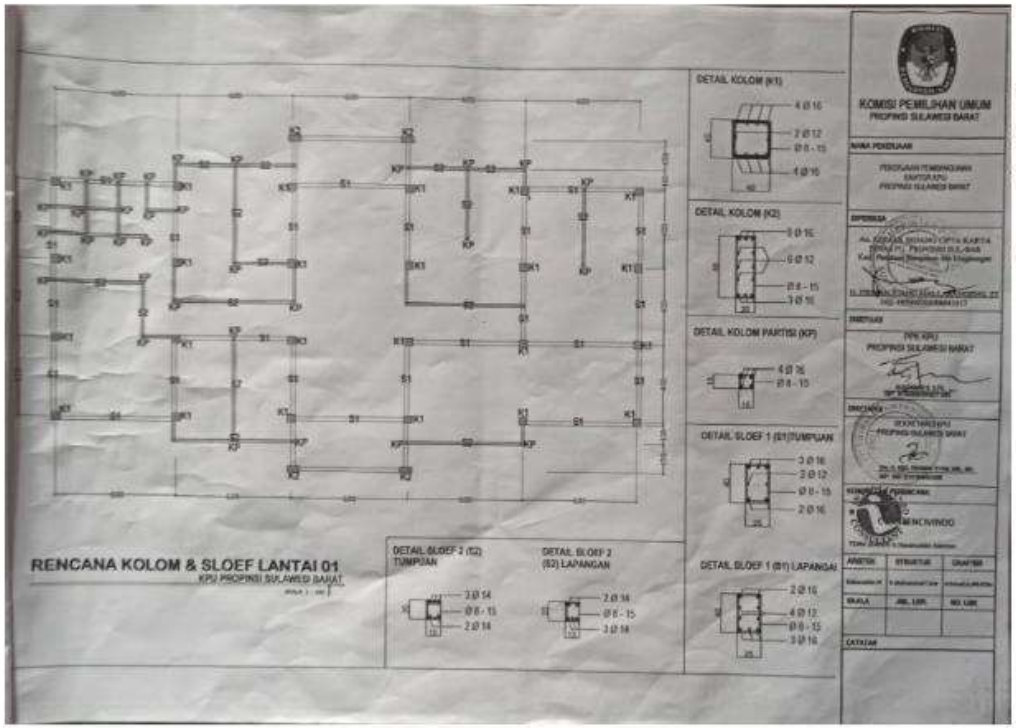
Scanned by TapScanner



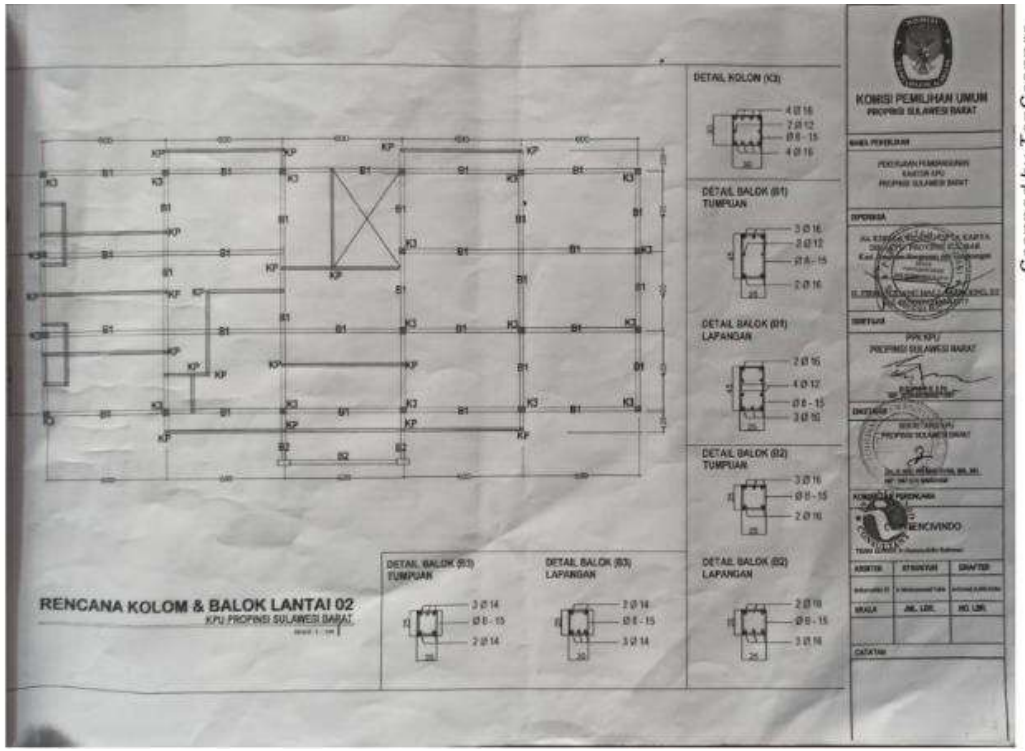
Scanned by TapScanner

AS BUILT DRAWING KANTOR KPU SULAWESI BARAT

Kantor KPU Sulawesi Barat

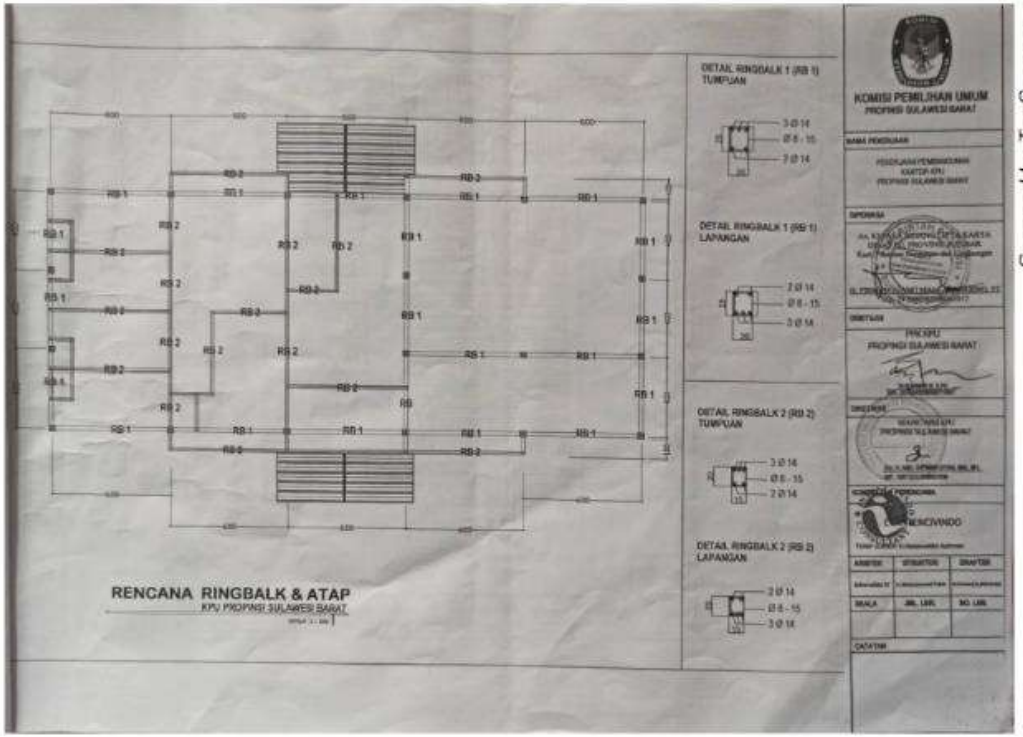


Scanned by TapScanner



Scanned by TapScanner

Kantor KPU Sulawesi Barat



Scanned by TapScanner

Rekomendasi :
Bongkar lantai 2, lantai pertama masih dapat digunakan
Untuk rekonstruksi ada 2 alternatif :
Bangun kembali 2 lantai sesuai desain awal dengan lantai dasar diperkuat dan lantai 2 direncanakan dengan regulasi terbaru.
Mempertahankan lantai dasar agar tidak dilakukan perkuatan ekstra, ruang lantai 2 dikonversi menjadi bangunan baru 1 lantai di lahan yang masih ada

Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju

- Lokasi Koordinat

-2.687630501623131, 118.86377280452437

Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju

- Pada lantai dasar terjadi kerusakan arsitektur berat

Plafon gerbang runtuh

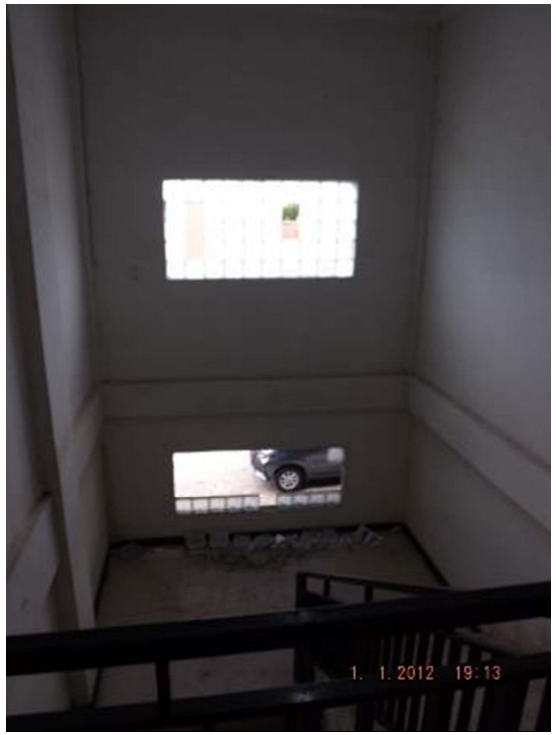
Dinding rusak berat, bahkan terlihat menekuk akibat efek tekan

Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju

- Lantai dasar bergelombang dan pada salah satu pojok terlihat kolom sudah terangkat

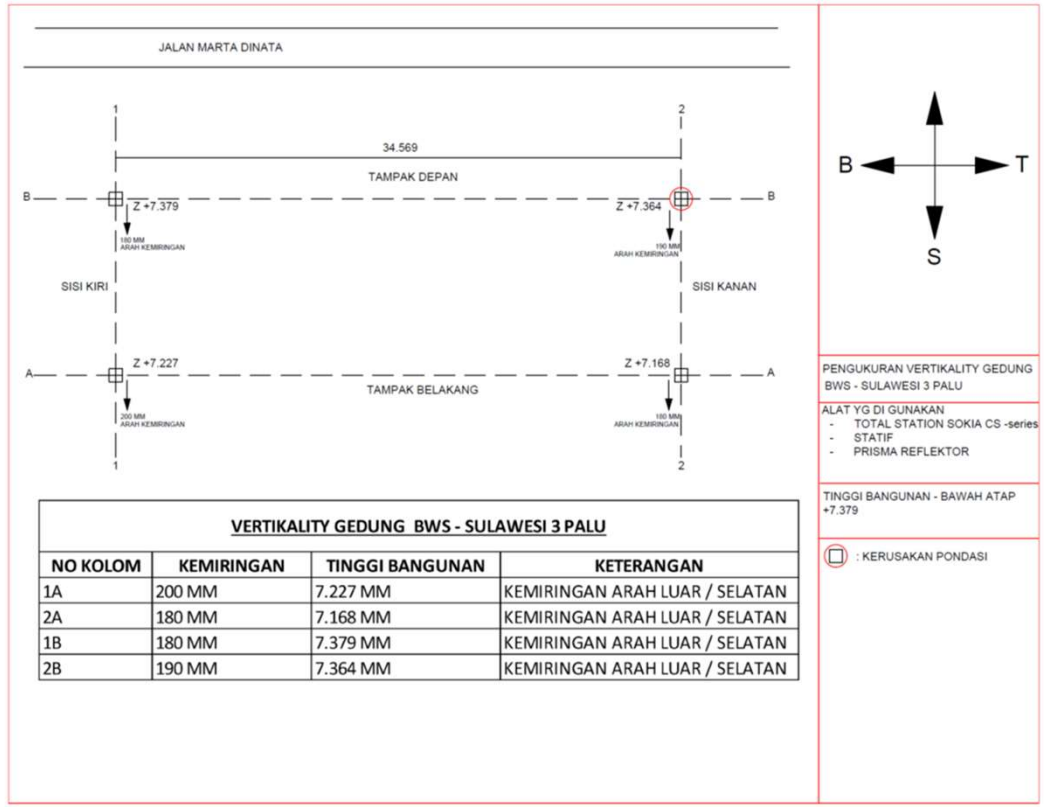
Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju

- Lantai 2 rusak ringan



Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju

- Dilakukan pengukuran kevertikalan dan differential settlement

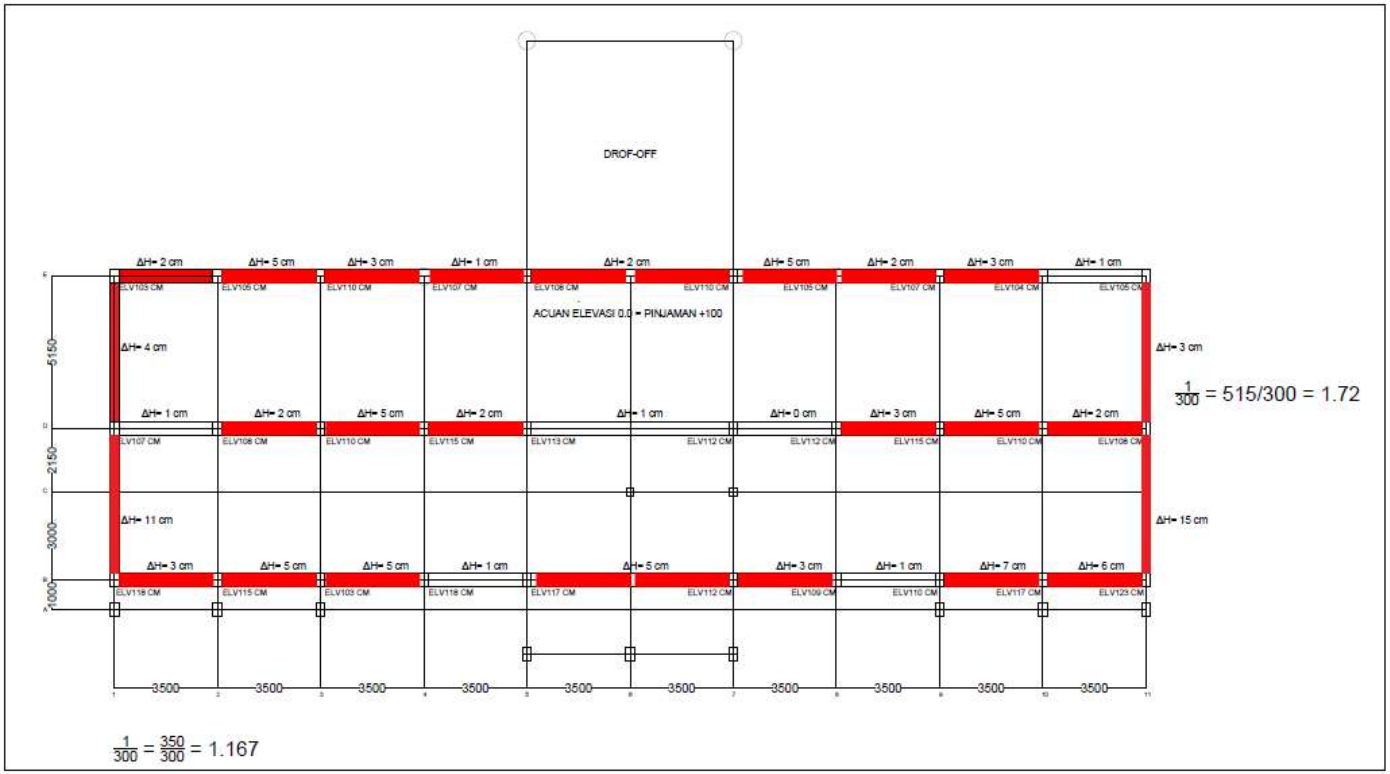


VERTIKALITY GEDUNG BWS - SULAWESI 3 PALU

NO KOLOM	KEMIRINGAN	TINGGI BANGUNAN	KETERANGAN
1A	200 MM	7.227 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR / SELATAN
2A	180 MM	7.168 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR / SELATAN
1B	180 MM	7.379 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR / SELATAN
2B	190 MM	7.364 MM	KEMIRINGAN ARAH LUAR / SELATAN

Kantor BBWS Kemen PU PR Mamuju

- Pengukuran Differenttial Settlement menunjukkan sudah melewati batas persyaratan dalam SNI 8460:2017 sehingga direkomendasikan untuk



SNI 8460:2017

c) Berdasarkan metode empiris yang sudah baku dan sesuai dengan kondisi tanah di Indonesia serta sesuai dengan kasus-kasus yang telah dilakukan di Indonesia.

9.2.4.3 Penurunan izin

Besarnya penurunan total dan beda penurunan yang diizinkan ditentukan berdasarkan toleransi struktur atas dan bangunan sekitar yang harus ditinjau berdasarkan masing-masing kasus tersendiri dengan mengacu pada integritas, stabilitas dan fungsi dari struktur di atasnya.

Penurunan izin < 15 cm + b/600 (b dalam satuan cm) untuk bangunan tinggi dan bisa dibuktikan struktur atas masih aman.

Beda penurunan *(differential settlement)* yang diperkirakan akan terjadi harus ditentukan secara saksama dan konservatif, serta pengaruhnya terhadap bangunan gedung tinggi di atasnya harus dicek untuk menjamin bahwa beda penurunan tersebut masih memenuhi kriteria kekuatan dan kemampulayanan sebesar 1/300.

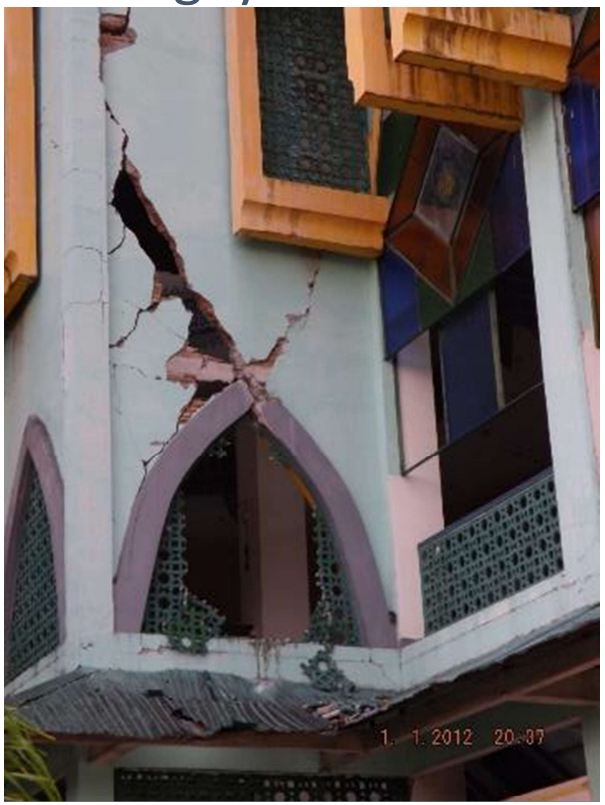
Masjid Suhada Mamuju

- Lokasi Koordinat

-2.674748035105406, 118.88828898430144

Masjid Suhada Mamuju

- Komponen arsitektur yang menggunakan bahan 1 bata umumnya luas bidangnya teralu besar dan tidak terkoneksi dengan baik ke struktur



Masjid Suhada Mamuju

- Pada komponen arsitektur yang menggunakan bahan ringan juga mengalami kerusakan karena terlalu luas bidang yang tidak terkait ke

Rekomendasi : Pembongkaran seluruh komponen arsitektur, dan pembangunan kembali dengan memenuhi persyaratan teknis

Masjid Suhada Mamuju

- Komponen struktur umumnya masih baik, hanya terlihat beberapa mengalami kerusakan pada daerah yang mengalami penurunan

Rekomendasi : Struktur dipertahankan dengan retrofitting terbatas pada bagian yang mengalami penurunan

Rumah Sakit Covid Mamuju

Lokasi koordinat
-2.68972, 118.86273

Jarak dari episenter
46,0 km

Pembangunan direncanakan menggunakan eks Gedung Infection Centre dan Palang Merah Indonesia.

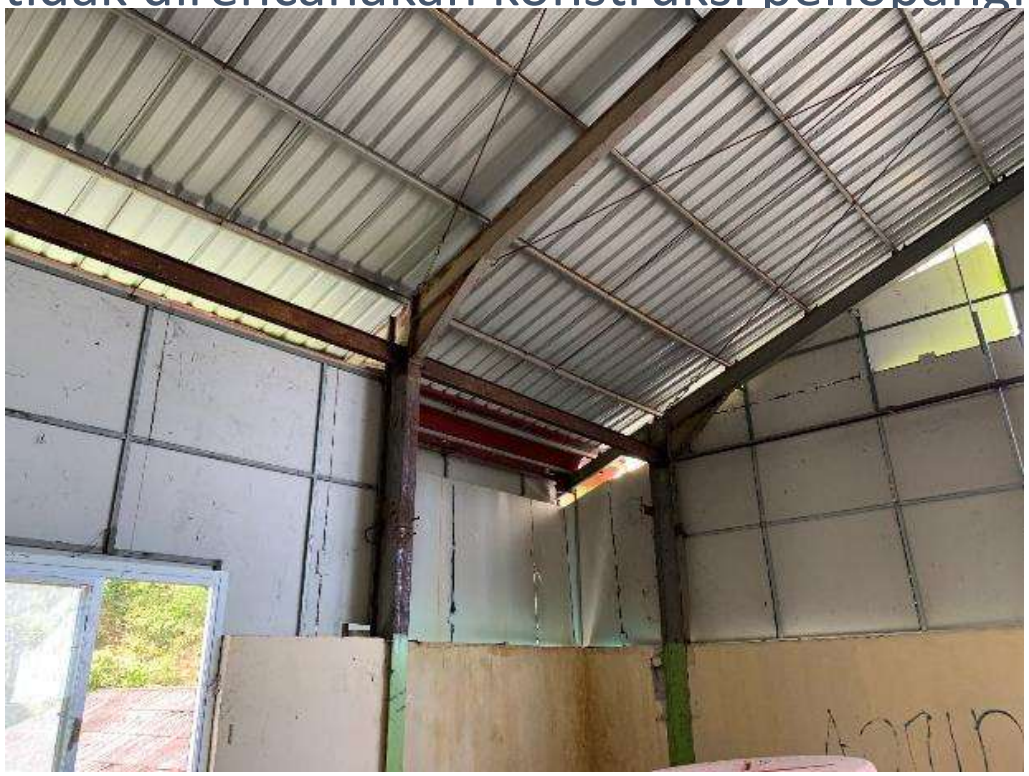
Gedung Infection Centre sudah di survey tanggal 22 Januari 2021, yang mengalami kerusakan ringan,

Rumah Sakit Covid Mamuju

- Secara umum Gedung PMI mengalami rusak ringan, kecuali pada bagian lantai tambahan gedung PMI terdapat konstruksi baja yang dipasang di atas konstruksi beton yang koneksinya tidak baik.

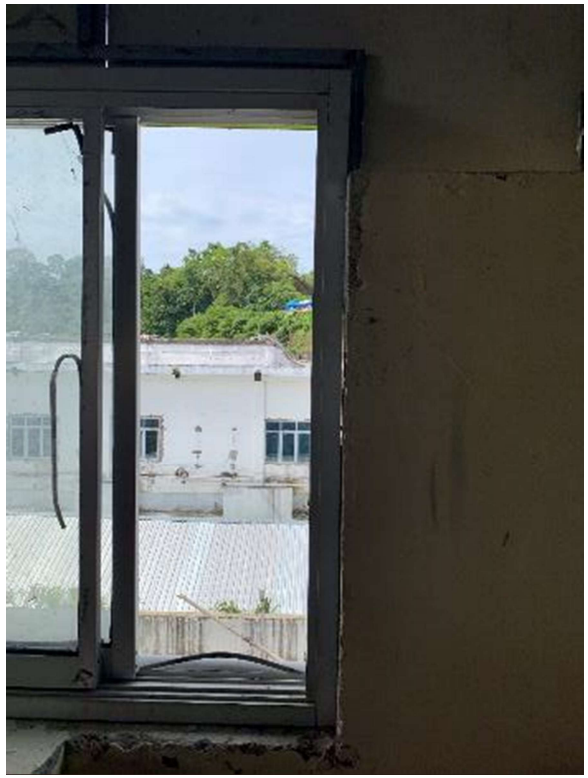
Rumah Sakit Covid Mamuju

- Bahan dinding setengah bata dan setengah GRC yang tidak umum, dan tidak direncanakan konstruksi penopangnya dengan baik.



Rumah Sakit Covid Mamuju

- Kusen jendela setengah tertanam di dinding bata dan setengahnya di dinding GRC, dengan koneksi yang tidak baik.



Rumah Sakit Covid Mamuju

- Koneksi bata ke struktur baja juga tidak baik.

Rumah Sakit Covid Mamuju

- Ada konstruksi baja yang tidak utuh terpasang yang sepertinya ada ketidaksesuaian dengan desain arsitekturnya

Bangunan Eks PMI dapat diretrofit untuk RS Covid. Untuk lantai tambahan dilakukan perkuatan dan perencanaan ulang dengan menggunakan konstruksi yang memenuhi persyaratan teknis

Bangun Masyarakat Depan Pusat Oleh-Oleh Mamuju

Pembangunan kembali bangunan yang runtuh akibat gempa oleh masyarakat secara swadaya

Bangun Masyarakat Depan Pusat Oleh-Oleh Mamuju

- Sedang dibangun kembali secara swadaya karena tidak termasuk list mendapat bantuan

Bangun Masyarakat Depan Pusat Oleh-Oleh Mamuju

- Pembangunan menggunakan tulangan polos yang tidak memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa

Bangun Masyarakat Depan Pusat Oleh-Oleh Mamuju

- Detail koneksi dinding ke kolom diragukan memenuhi persyaratan

Sekolah Polisi Nasional Polda Sulawesi Barat

- Lokasi koordinat

-2.94054, 118.87338

- Jarak dari episenter

5,8 km

Sekolah Polisi Nasional Polda Sulawesi Barat

- Material dan detail pada Gapura dan Rumah Jaga tidak memenuhi persyaratan (sengkang polos, jarak jarang, detail sambungan tidak baik)

Sekolah Polisi Nasional Polda Sulawesi Barat

- Hubungan antara sopi-sopi berat, kolom praktis dan struktur baja tidak baik

Sekolah Polisi Nasional Polda Sulawesi Barat

- Bentang bangunan cukup besar, rangka plafon tidak kuat menahan gempa vertikal

SDN 4 Mekkata Majene

- Lokasi koordinat

-2.95431, 118.87108

- Jarak dari episenter

4,1 km

SDN 4 Mekkata Majene

- Konstruksi mengalami keruntuhan

SDN 4 Mekkata Majene

- Ada Konstruksi yang mencampur struktur beton, struktur kayu, bata merah dan batako → bangunan Swadaya yang tidak memenuhi persyaratan teknis

SDN 4 Mekkata Majene

- Komponen struktur tidak memenuhi persyaratan teknis: desain perkuatan, sambungan dan material terutama kolom praktis dinding yang tulangannya hanya 1 buah

SDN 4 Mekkata Majene

- Sengkang polos dan jarak jarang

SDN 4 Mekkata Majene

- Hubungan antara dinding dan komponen struktur banyak ditemukan tidak memenuhi persyaratan

SDN No.18 Majene

- Lokasi koordinat

-2.99903, 118.85649

- Jarak dari episenter

7,2 km

SDN No.18 Majene

- Perencanaan dan pelaksanaan tidak memenuhi persyaratan teknis

SDN No.18 Majene

- Kolom menggunakan sengkang polos dengan jarak yang sangat jarang

SDN No.18 Majene

- Sambungan komponen dinding dan komponen struktur tidak memenuhi persyaratan teknis

SDN No.18 Majene

- Pada tiap gedung dapat dilihat gradasi kerusakan struktur kolom dari yang masih utuh, sudah terkelupas, rusak tapi belum terdeformasi, rusak yang berdeformasi signifikan, sampai mengalami keruntuhan

SDN No.18 Majene

- Pada tiap gedung dapat dilihat gradasi kerusakan struktur kolom dari yang masih utuh, sudah terkelupas, rusak tapi belum terdeformasi, rusak yang berdeformasi signifikan, sampai mengalami keruntuhan

SDN No.18 Majene

- Pada satu Gedung yang runtuh, ada suatu prasasti yang menyatakan bangunan dibangun atas peran serta masyarakat dengan salah satu SMK sebagai tim teknis

SDN No.18 Majene

- Bangunan SDN ini runtuh di tengah bangunan vernakular yang bertahan dengan baik terhadap gempa

Puskesmas Majene

Pada salah satu bangunan di kompleks Puskesmas Majene dilakukan survey karena ada laporan indikasi kerusakan signifikan

Puskesmas Majene

- Pada bangunan yang mengalami rusak berat ditemukan mutu beton yang tidak baik (agregat besar-besar) dan tulangan yang masih menggunakan

Puskesmas Majene

- Sambungan komponen arsitektur dan struktur tidak baik

Rekomendasi : Dilakukan pembongkaran. Pembangunan baru haruslah memenuhi persyaratan teknis

STAIN Majene

- Lokasi Koordinat

-3.55572976017341, 118.94188442663511

STAIN Majene

- Bidang sopi-sopi atap terlalu luas, tidak ada ring balok, dan tidak terintegrasi dengan atap baja ringan

STAIN Majene

- Penggantung plafon tidak direncanakan dengan baik

Rekomendasi : Penggantian sopi-sopi dengan bahan ringan yang terkoneksi dengan baik dengan atap.
Pembangunan kembali plafon yang konstruksinya memenuhi persyaratan tahan gempa

PENUTUP

EVALUASI KINERJA SISTEM PRACETAK

Regulasi

Sistem Pracetak dalam SNI 1729, dari sejak SNI 03-1729-2002 sampai SNI 1729:2019 masuk dalam Tabel R, Cd, Ω_O Sistem Pemikul Gaya Seismik

Tabel 12 – Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R[a]	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0[b]	Faktor pembesaran defleksi, C_d[c]	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)[d]				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D[e]	E[e]	F[f]
A. Sistem dinding penumpu								
1. Dinding geser beton bertulang khusus[g,h]	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa[g]	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail[g]	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa[g]	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah[g]	4	2½	4	TB	TB	12[i]	12[i]	12[i]
6. Dinding geser pracetak biasa[g]	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	2½	2¼	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	1¾	TB	48	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
11. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
12. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa	2	2½	2	TB	10	TI	TI	TI
14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
16. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	6½	3	4	TB	TB	20	20	20
17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	2½	2	TB	TB	10	TI	TI
18. Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	3½	TB	TB	20	20	20
B. Sistem rangka bangunan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	3¾	2	3¾	TB	TB	10[j]	10[j]	TI[j]
4. Dinding geser beton bertulang khusus[g,h]	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
5. Dinding geser beton bertulang biasa[g]	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
6. Dinding geser beton polos detail[g]	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser beton polos biasa[g]	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Dinding geser pracetak menengah[g]	5	2½	4½	TB	TB	12[i]	12[i]	12[i]
9. Dinding geser pracetak biasa[g]	4	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4½	TB	TB	48	48	30
12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6½	2½	5½	TB	TB	48	48	30
14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2½	5	TB	TB	48	48	30
15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
16. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	2½	4	TB	TB	48	48	30
17. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
18. Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2½	2	TB	48	TI	TI	TI

Tabel 12 – Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R[a]	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0[b]	Faktor pembesaran defleksi, C_d[c]	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)[d]				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D[e]	E[e]	F[f]
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¾	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10[k]	TI[l]	TI[l]
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI[l]	TI[l]	TI[l]
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus[m]	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan[n]	3½	3[n]	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus[g,h]	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa[g]	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel 12 – Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R[a]	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0[b]	Faktor pembesaran defleksi, C_d[c]	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)[d]				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D[e]	E[e]	F[f]
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus[g]	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI
2. Dinding geser beton bertulang khusus[g,h]	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI
4. Dinding geser batu bata bertulang menengah	3½	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5½	2½	4½	TB	TB	48	30	TI
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3½	2½	3	TB	TB	TI	TI	TI
7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
8. Dinding geser beton bertulang biasa[g]	5½	2½	4½	TB	TB	TI	TI	TI
F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa[g]	4½	2½	4	TB	TI	TI	TI	TI
G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk :								
1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1¼	1¼	1¼	10	10	TI[l]	TI[l]	TI[l]
3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus[m]	2½	1¼	2½	10	10	10	10	10
4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1½	1¼	1½	10	10	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1¼	1	10	TI	TI	TI	TI
6. Rangka kayu	1½	1½	1½	10	10	10	TI	TI
H. Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismik, tidak termasuk sistem kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

CATATAN

Pengaturan yang lebih detail dilakukan dalam SNI 2847:2019

Regulasi

Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019

18.2 - Umum

18.2.1 *Sistem Struktur*

18.2.1.1 Semua struktur harus dikenakan suatu kategori desain seismik (KDS) sesuai 4.4.6.1.

18.2.1.2 Semua komponen struktur harus memenuhi persyaratan Pasal 1 hingga 17 dan Pasal 19 hingga 26. Struktur yang dikenakan KDS B, C, D, E, atau F juga harus memenuhi 18.2.1.3 hingga 18.2.1.7, sesuai keberlakuannya. Bila Pasal 18 bertentangan dengan pasal lain pada standar ini, maka Pasal 18 yang harus diikuti.

18.2.1.3 Struktur yang dikenakan KDS B harus memenuhi 18.2.2.

18.2.1.4 Struktur yang dikenakan KDS C harus memenuhi 18.2.2 dan 18.2.3.

18.2.1.5 Struktur yang dikenakan KDS D, E, atau F harus memenuhi 18.2.2 hingga 18.2.8, dan 18.12 hingga 18.14.

18.2.1.6 Sistem-sistem struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem pemikul gaya seismik harus dibatasi hanya untuk

R18.2 - Umum

Struktur yang masuk dalam KDS A tidak perlu memenuhi Pasal 18 tetapi harus memenuhi semua persyaratan lain yang berlaku dalam standar ini. Struktur yang masuk dalam KDS B hingga F harus memenuhi persyaratan Pasal 18 sebagai tambahan terhadap semua persyaratan lainnya yang berlaku dalam standar ini.

Pasal 18.2.1.3 hingga 18.2.1.5 mengidentifikasi bagian-bagian Pasal 18 yang berlaku untuk bangunan berdasarkan KDS-nya, terlepas dari elemen-elemen vertikal yang menjadi bagian dari sistem pemikul gaya seismik yang dipilih. Definisi elemen vertikal yang diizinkan sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik terdapat dalam SNI 1726. Penjelasan R18.2 selebihnya merangkum maksud SNI 2847 terkait tipe elemen vertikal yang diizinkan pada gedung berdasarkan KDS-nya. Pasal 18.2.1.6 mendefinisikan persyaratan untuk elemen vertikal yang menjadi bagian sistem pemikul gaya seismik.

Persyaratan desain dan pendetailan seharusnya disesuaikan dengan tingkat respons inelastik yang diasumsikan dalam perhitungan gaya gempa desain. Istilah "biasa", "menengah" dan "khusus"

STANDAR

sistem-sistem struktur yang telah ditetapkan dalam SNI 1726, atau ditentukan oleh pihak lain yang berwenang. Kecuali untuk KDS A, dimana Pasal 18 tidak berlaku, a) hingga h) di bawah ini harus dipenuhi untuk setiap sistem struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem pemikul gaya seismik, sebagai tambahan terhadap 18.2.1.3 hingga 18.2.1.5:

a) Sistem rangka pemikul momen biasa harus memenuhi 18.3.
b) Dinding struktural beton bertulang biasa tidak perlu memenuhi ketentuan pendetailan Pasal 18, kecuali yang disyaratkan oleh 18.2.1.3 atau 18.2.1.4.
c) Sistem rangka pemikul momen menengah harus memenuhi 18.4.
d) Dinding struktural pracetak menengah harus memenuhi 18.5.
e) Sistem rangka pemikul momen khusus harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.6 hingga 18.8.
f) Sistem rangka pemikul momen khusus untuk beton pracetak harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.9.
g) Dinding struktural khusus harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.10.
h) Dinding struktural khusus untuk beton pracetak harus memenuhi 18.2.3 hingga 18.2.8 dan 18.11.

PENJELASAN

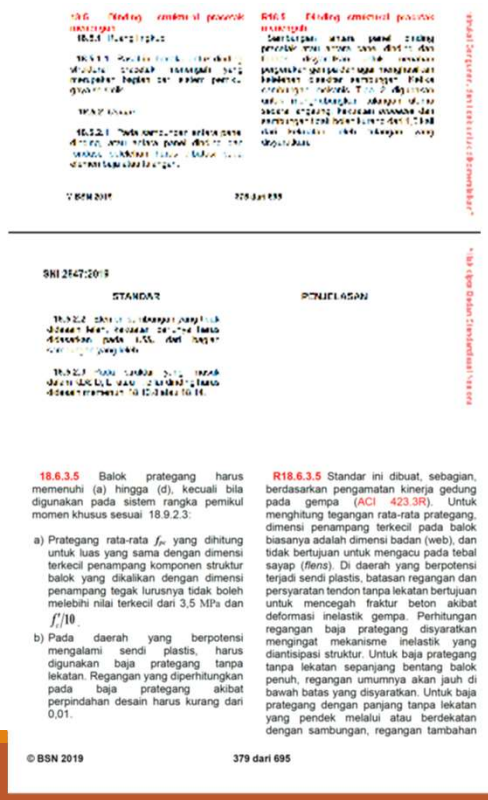
digunakan untuk memfasilitasi kesesuaian antara pendetailan dengan tingkat respons inelastik yang diasumsikan. Untuk setiap elemen atau sistem struktur yang digunakan, istilah "biasa", "menengah" dan "khusus" mengandung makna adanya peningkatan persyaratan pendetailan dan perancangan agar kapasitas deformasi meningkat sesuai yang diharapkan. Struktur yang masuk dalam KDS B tidak diharapkan terkena guncangan tanah yang kuat, tetapi mungkin terkena guncangan yang rendah pada interval waktu yang panjang. Standar ini menyediakan beberapa persyaratan untuk elemen balok dan kolom pada sistem rangka pemikul momen biasa agar kapasitas deformasi meningkat.

Struktur yang masuk dalam KDS C dapat terkena guncangan tanah menengah *(moderately strong)*. Sistem pemikul gaya seismik yang dipilih, lazimnya terdiri dari beberapa kombinasi dinding struktural biasa cor ditempat, dinding struktural pracetak menengah, dan rangka pemikul momen menengah. SNI 1726 juga memberikan ketentuan untuk penggunaan sistem pemikul gaya seismik lainnya dalam KDS C. Ketentuan 18.2.1.6 mendefinisikan persyaratan untuk sistem apapun yang dipilih.

Struktur yang masuk dalam KDS D, E atau F dapat terkena guncangan tanah

Regulasi

Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019



SNI 2847:2019

STANDAR

PENJELASAN

18.6.3.5 Balok prategang harus memenuhi (a) hingga (d), kecuali bila digunakan pada sistem rangka pemikul momen khusus sesuai 18.9.2.3:

a) Prategang rata-rata f_{pc} yang dihitung untuk luas yang sama dengan dimensi terkecil penampang komponen struktur balok yang dikalikan dengan dimensi penampang tegak lurusnya tidak boleh melebihi nilai terkecil dari 3,5 MPa dan $f'_c/10$.

b) Pada daerah yang berpotensi mengalami sendi plastis, harus digunakan baja prategang tanpa lekatan. Regangan yang diperhitungkan pada baja prategang akibat perpindahan desain harus kurang dari 0,01.

R18.6.3.5 Standar ini dibuat, sebagian, berdasarkan pengamatan kinerja gedung pada gempa (ACI 423.3R). Untuk menghitung tegangan rata-rata prategang, dimensi penampang terkecil pada balok biasanya adalah dimensi badan (web), dan tidak bertujuan untuk mengacu pada tebal sayap (*flens*). Di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis, batasan regangan dan persyaratan tendon tanpa lekatan bertujuan untuk mencegah fraktur beton akibat deformasi inelastik gempa. Perhitungan regangan baja prategang disyaratkan mengingat mekanisme inelastik yang diantisipasi struktur. Untuk baja prategang tanpa lekatan sepanjang bentang balok penuh, regangan umumnya akan jauh di bawah batas yang disyaratkan. Untuk baja prategang dengan panjang tanpa lekatan yang pendek melalui atau berdekatan dengan sambungan, regangan tambahan

© BSN 2019 379 dari 695

SNI 2847:2019

STANDAR

PENJELASAN

c) Baja prategang tidak boleh menyumbangkan lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif pada penampang kritis di daerah sendi plastis dan harus diangkur pada atau melampaui muka sisi luar *joint*.

d) Pengangkuran tendon pasca tarik yang memikul gaya gempa harus mampu memfasilitasi tendon dalam menahan 50 siklus pembebanan, dengan nilai gaya tulangan prategang di antara 40 hingga 85 persen kekuatan tarik baja prategang yang ditetapkan.

akibat deformasi gempa dihitung sebagai hasil kali tinggi sumbu netral dan penjumlahan rotasi sendi plastis pada *joint*, dibagi dengan panjang tanpa lekatan.

Pembatasan kekuatan lentur yang disediakan oleh tendon didasarkan pada hasil studi analitis dan eksperimental (Ishizuka dan Hawkins 1987; Park dan Thompson 1977). Meskipun kinerja seismik yang memuaskan dapat diperoleh dengan jumlah baja prategang yang lebih besar, pembatasan ini disyaratkan untuk memungkinkan penggunaan faktor modifikasi respons amplifikasi defleksi yang sama seperti yang ditentukan dalam model untuk rangka momen khusus tanpa baja prategang. Rangka momen khusus prategang umumnya akan mengandung baja tulangan kontinu yang diangkur dengan penutup yang memadai pada atau di luar muka eksterior setiap lokasi sambungan balok-kolom pada ujung rangka momen.

Tes fatik untuk 50 siklus beban antara 40 hingga 80 persen dari kekuatan tarik yang disyaratkan untuk tulangan prategang sudah berjalan lama (ACI 423.3R; ACI 423.7). Batasan 80 persen meningkat menjadi 85 persen sesuai dengan batas 1 persen pada regangan tulangan prategang. Pengujian atas berbagai daerah tegangan ini bertujuan untuk secara konservatif mensimulasikan efek gempa kuat *(severe)*. Detail tambahan tentang prosedur pengujian disajikan dalam ACI 423.7.

Persyaratan Sistem Prategang tahan gempa tidak boleh terlalu besar karena getas

SNI 2847:2019

STANDAR

PENJELASAN

18.9 – Sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak

18.9.1 Ruang lingkup

18.9.1.1 Persyaratan ini berlaku untuk sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak yang merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik.

R18.9 – Sistem rangka pemikul momen khusus beton pracetak

Ketentuan pendetailan dalam 18.9.2.1 dan 18.9.2.2 dimaksudkan untuk menghasilkan struktur rangka yang merespons perpindahan desain seperti sistem rangka pemikul momen khusus monolitik.

Sistem rangka pracetak yang terdiri dari elemen-elemen beton dengan sambungan daktail diharapkan mengalami pelelehan lentur di daerah sambungan. Tulangan pada sambungan yang daktail dapat dibuat menerus menggunakan sambungan mekanik Tipe 2 atau teknik lain yang memberikan penyaluran tarik atau tekan setidaknya setara dengan kekuatan tarik batang tulangan yang disyaratkan (Yoshioka and Sekine 1991; Kurose et al. 1991; Restrepo et al. 1995a, b). Persyaratan untuk sambungan mekanik adalah tambahan untuk 18.2.7 dan dimaksudkan untuk menghindari konsentrasi regangan dengan jarak yang pendek pada tulangan yang berdekatan dengan perangkat sambungan mekanik. Persyaratan tambahan untuk kekuatan geser ditentukan dalam 18.9.2.1 untuk mencegah pergeseran (*sliding*) muka sambungan. Rangka pracetak terdiri dari elemen-elemen dengan sambungan daktail dapat didesain dengan menempatkan pelelehan di lokasi yang tidak berdekatan dengan *joint*. Oleh karena itu, geser desain V_e yang dihitung menurut 18.6.5.1 atau 18.7.6.1, mungkin tidak konservatif.

Sistem rangka beton pracetak terdiri dari elemen-elemen yang disambung menggunakan sambungan kuat disengaja untuk mengalami pelelehan lentur di luar sambungan. Sambungan kuat termasuk panjang perangkat sambungan mekanik seperti yang ditunjukkan pada Gambar R18.9.2.2. Teknik desain-kapasitas yang digunakan pada 18.9.2.2(c) untuk memastikan sambungan kuat tetap elastik selama pembentukan sendi plastis. Persyaratan tambahan untuk kolom diberikan untuk menghindari pembentukan sendi dan penurunan kekuatan sambungan kolom ke kolom.

Konsentrasi regangan yang telah diamati mengakibatkan keruntuhan getas pada batang tulangan pada muka sambungan

© BSN 2019 398 dari 695

SNI 2847:2019

STANDAR

PENJELASAN

mekanik dalam uji laboratorium dari sambungan balok-kolom pracetak (Palmieri et al. 1996). Lokasi sambungan kuat harus dipilih secara hati-hati atau ketentuan lainnya harus diambil, seperti terlepasnya lekatan tulangan pada daerah tegangan tinggi, untuk menghindari konsentrasi regangan yang dapat mengakibatkan prematur fraktur tulangan.

18.9.2 *Umum*

R18.9.2 *Umum*

SNI 2847:2019

STANDAR

PENJELASAN

18.9.2.1 Sistem rangka pemikul momen khusus dengan sambungan daktail yang menggunakan beton pracetak harus memenuhi (a) hingga (c):

a) Persyaratan 18.6 hingga 18.8 untuk sistem rangka pemikul momen khusus beton cor di tempat

b) V_e untuk sambungan yang dihitung sesuai 22.9 tidak boleh kurang dari $2V_e$, dimana V_e dihitung sesuai 18.6.5.1 atau 18.7.6.1;

c) Sambungan mekanis tulangan balok harus ditempatkan pada jarak minimum $h/2$ dari muka *joint* dan harus memenuhi 18.2.7.

Sistem Rangka momen pracetak khusus dengan konsep sambungan kuat

Gambar R18.9.2.2 — Contoh sambungan kuat

Regulasi

Persyaratan Struktur Pracetak Tahan Gempa pada Pasal 18 SNI 2847:2019

18.2.8 dan 18.11.

18.2.1.7 Sistem struktur beton bertulang yang tidak memenuhi ketentuan pasal ini diizinkan jika dapat diperlihatkan melalui bukti eksperimental dan analisis bahwa sistem yang diusulkan tersebut memiliki kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur beton bertulang monolit setara yang memenuhi ketentuan pasal ini.

Struktur yang masuk dalam KDS D, E atau F dapat terkena guncangan tanah yang kuat. Berdasarkan ketentuan SNI ini, sistem struktur beton pemikul gaya seismik yang berlaku untuk KDS D, E atau F adalah rangka pemikul momen khusus, dinding struktural khusus atau kombinasi keduanya. Sebagai tambahan terhadap 18.2.2 hingga 18.2.8, sistem struktur tersebut juga diperlukan untuk memenuhi persyaratan inspeksi rutin (26.13.1.4), diafragma dan rangka batang (18.12), fondasi (18.13), dan elemen-elemen pemikul gaya gravitasi yang tidak ditetapkan sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik (18.14). Ketentuan ini diberlakukan agar struktur memiliki kapasitas deformasi yang memadai untuk menghadapi tuntutan yang tinggi pada kategori desain seismik ini.

SNI 1726 juga mengizinkan penggunaan rangka pemikul momen menengah sebagai bagian dari sistem ganda untuk beberapa

© BSN 2019

Tabel R18.2 – Bagian pasal 18 yang harus dipenuhi dalam penerapan pada umumnya [1]

Komponen yang menahan pengaruh gempa, kecuali jika dinyatakan sebaliknya	Kategori Desain Seismik			
	A (Tidak ada)	B (18.2.1.3)	C (18.2.1.4)	D, E, F (18.2.1.5)
Persyaratan analisis dan desain	Tidak ada	18.2.2	18.2.2	18.2.2, 18.2.4
Material		Tidak ada	Tidak ada	18.2.5 hingga 18.2.8
Komponen sistem rangka pemikul momen		18.3	18.4	18.6 hingga 18.9
Dinding struktural dan balok kopel		Tidak ada	Tidak ada	18.10
Dinding struktural pracetak		Tidak ada	18.5	18.5[2], 18.11
Diafragma dan rangka batang (*trusses*)		Tidak ada	Tidak ada	18.12
Fondasi		Tidak ada	Tidak ada	18.13
Komponen struktur rangka pemikul momen yang tidak ditetapkan sebagai sistem pemikul gaya seismik		Tidak ada	Tidak ada	18.14
Angkur		Tidak ada	18.2.3	18.2.3

[1] Sebagai tambahan terhadap persyaratan Pasal 1 hingga 17, 19 hingga 26, dan ACI 318.2, kecuali yang dimodifikasi oleh Pasal 18. Pasal 14.1.4 juga berlaku pada KDS D, E, dan F

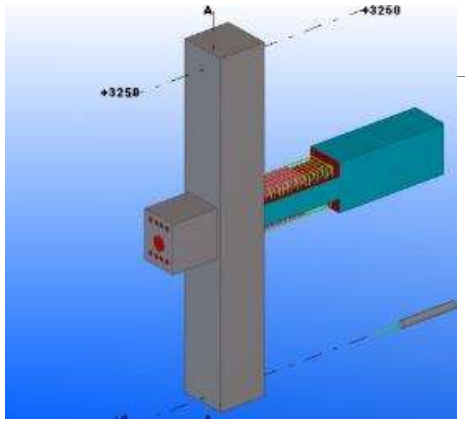
[2] Sebagaimana diizinkan oleh SNI 1726

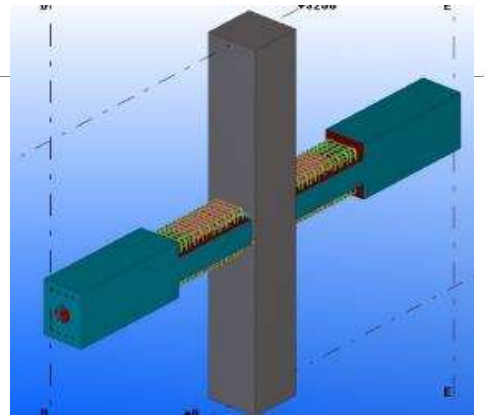
03-SNI 7834:2012

- Konsep SNI 7834:2012 Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang Pracetak untuk Bangunan Gedung
- Contoh Penerapan : SPRMK, SPRMM dan SPRMB
- Kinerja aktual sistem terhadap beberapa gempa kuat yang terjadi di Indonesia (2004-2019)

SNI 7834 : 2012 : Konsep

- Pengujian join-balok kolom



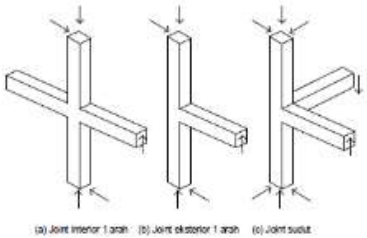


18.2.1.7 Sistem struktur beton bertulang yang tidak memenuhi ketentuan pasal ini diizinkan jika dapat diperlihatkan melalui bukti eksperimental dan analisis bahwa sistem yang diusulkan tersebut memiliki kekuatan dan ketegaran (*toughness*) yang minimal sama dengan yang dimiliki struktur beton bertulang monolit setara yang memenuhi ketentuan pasal ini.

pengujian, atau analisis. Kriteria penerimaan untuk rangka pemikul momen yang ditetapkan dalam SNI 7834 atau ACI 374.1 dapat digunakan bersamaan dengan Pasal 18 untuk menunjukkan bahwa kekuatan, kapasitas disipasi energi, dan kapasitas deformasi sistem rangka yang diusulkan paling tidak sama atau melebihi kinerja sistem beton monolit setara.

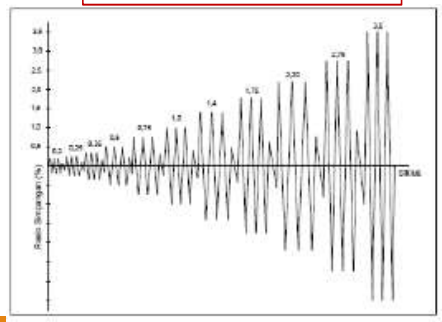
Pengujian sesuai dengan SNI 7834-2012 (adopsi ACI 374.1-05), dimana sampai drift 3.5% ada 5 kriteria ketegaran yang harus dipenuhi agar dapat tergolong Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Benda Uji



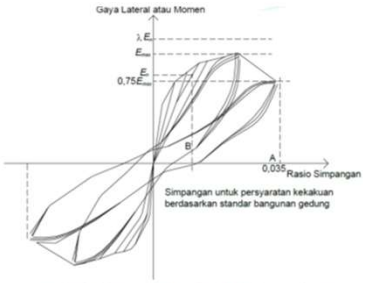
Gambar3- Konfigurasi joint

Siklus pembebanan



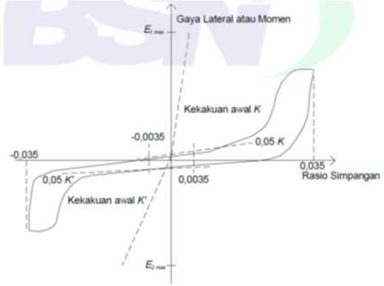
Gambar 4- Program pembebanan

Kriteria penerimaan gaya puncak



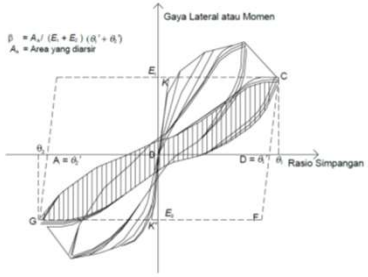
Gambar 5- Besaran untuk evaluasi kriteria penerimaan

Kriteria penerimaan kekakuan



Gambar 7- Perilaku histeretik yang tidak dapat diterima

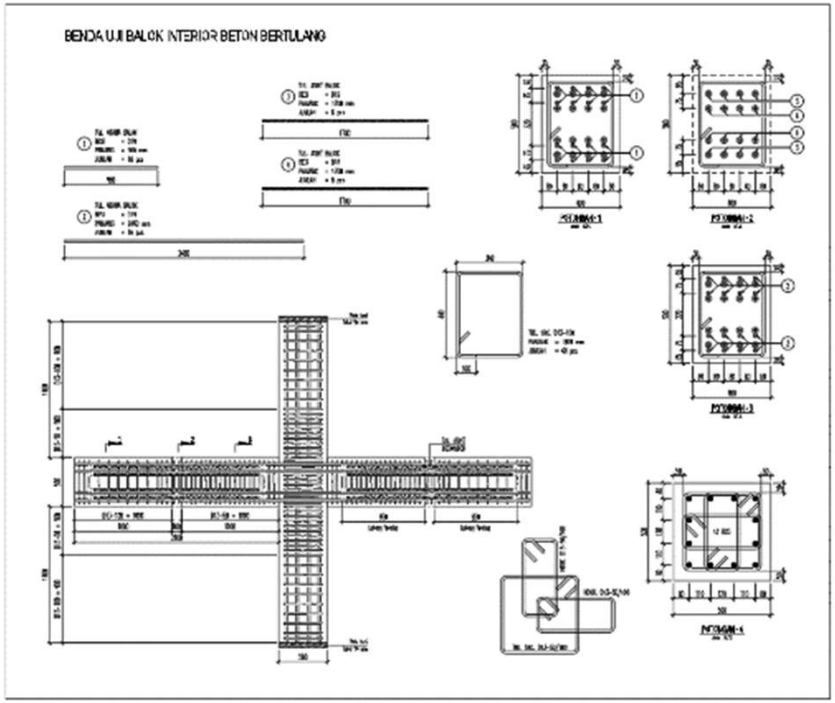
Kriteria penerimaan Dissipasi energi



Gambar 6- Disipasi energi relatif

SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

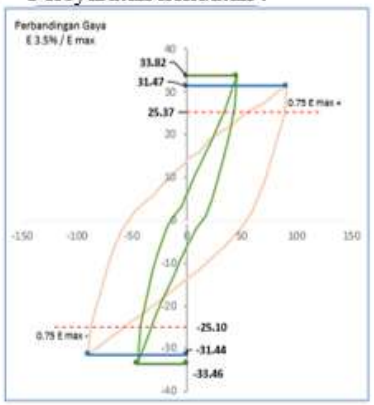
Contoh SPRMK (lulus 3.5%)



SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

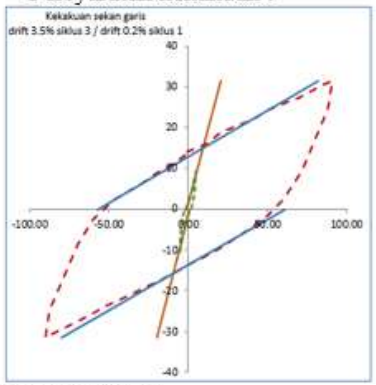
Contoh SPRMK (lulus 3.5%)

- Persyaratan kekuatan :



E maks (+)	=	33.82 ton	
E drift 3.5% (+)	=	31.47 ton	
$\frac{\text{E drift 3.5\% (+)}}{\text{E maks (+)}}$	=	0.93	> 0.75
E maks (-)	=	33.46 ton	
E drift 3.5% (-)	=	31.44 ton	
$\frac{\text{E drift 3.5\% (-)}}{\text{E maks (-)}}$	=	0.94	> 0.75

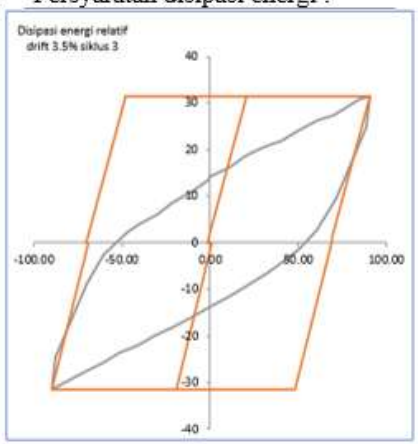
- Persyaratan kekakuan :



$$\text{Dorong (+)} = \frac{0.23}{1.43} = 0.16 > 0.05$$

$$\text{Tarik (-)} = \frac{0.22}{1.54} = 0.15 > 0.05$$

- Persyaratan disipasi energi :



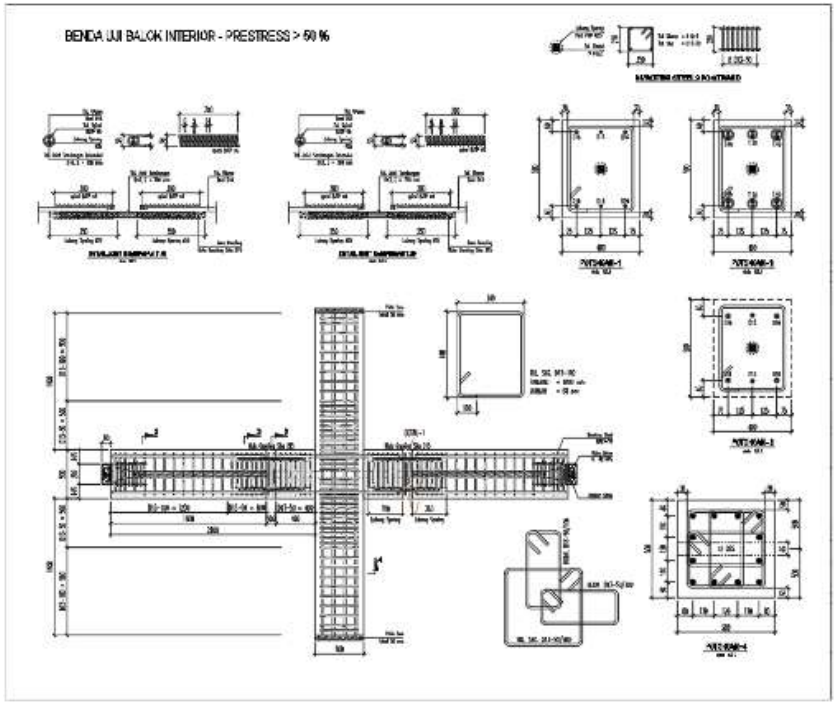
Disipasi energi relatif : $\beta = Ah/(E_1+E_2)\ (\theta_1'+\theta_2')$

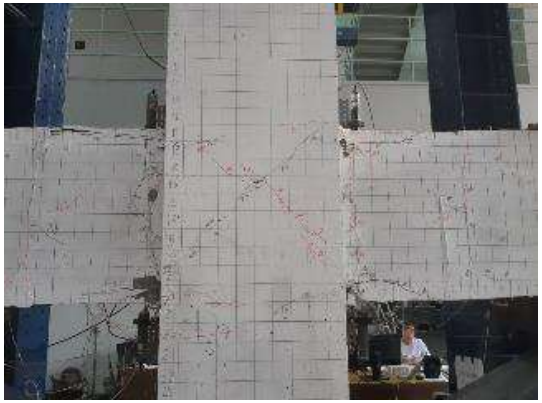
Ah =	4056.82
$(E_1+E_2)\ (\theta_1'+\theta_2')$ =	8741.047

β = 0.46 > 0.125

SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

Contoh SPRMM (lulus 2.2% – 2.75%)

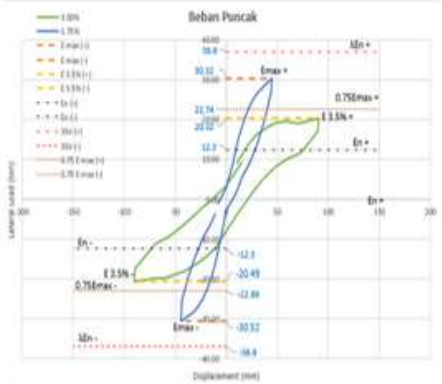




SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

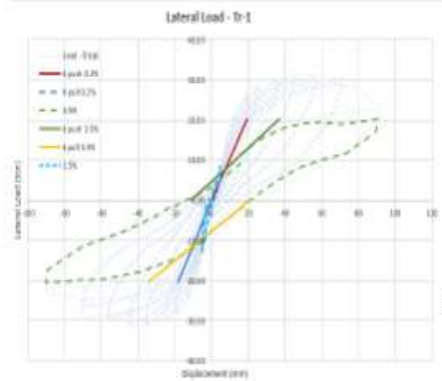
Contoh SPRMM (lulus 2.2% – 2.75%)

- Persyaratan kekuatan :



E maks (+)	=	30.32 ton	
E drift 3.5% (+)	=	20.32 ton	
E drift 2.75% (+)	=	29.43 ton	
E drift 3.5% (+) / E maks (+)	=	0.67	< 0.75
E maks (-)	=	-30.52 ton	
E drift 3.5% (-)	=	-20.49 ton	
E drift 2.75% (-)	=	-26.22 ton	
E drift 3.5% (-) / E maks (-)	=	0.67	< 0.75

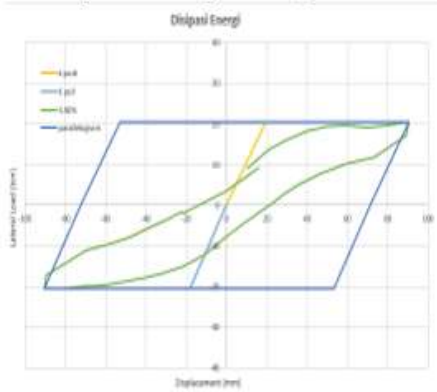
- Persyaratan kekakuan :



$$\text{Dorong}(+) = \frac{0.42}{0.96} = 0.44 > 0.05$$

$$\text{Tarik}(-) = \frac{0.37}{0.88} = 0.42 > 0.05$$

- Persyaratan disipasi energi :



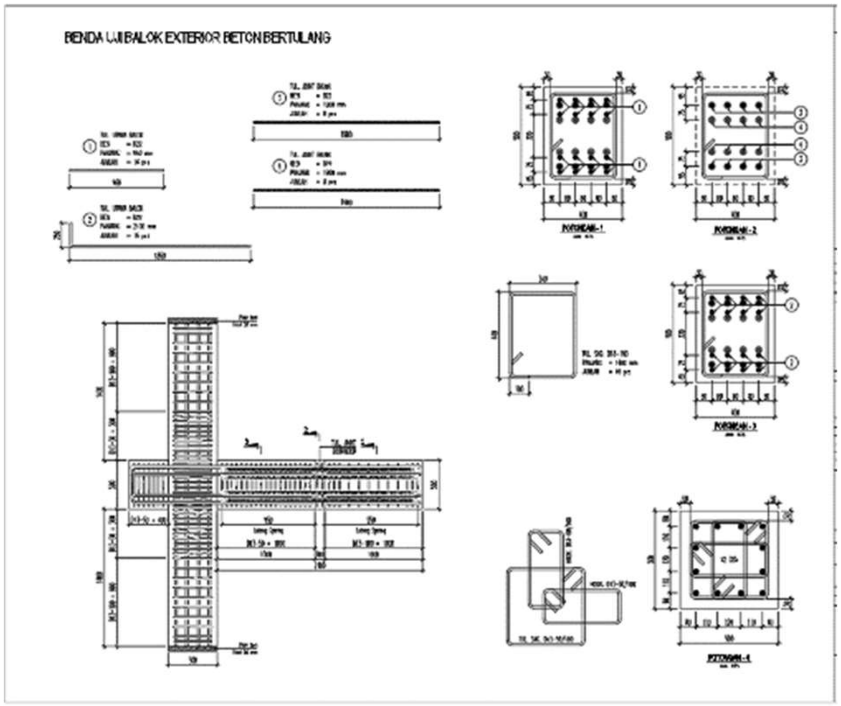
Disipasi energi relatif : $\beta = Ah/(E_1+E_2)(\theta_1'+\theta_2')$

Ah =	1882.97	tonf-mm
$(E_1+E_2)(\theta_1'+\theta_2')$ =	5855.8	tonf-mm

β = 0.32 > 0.125

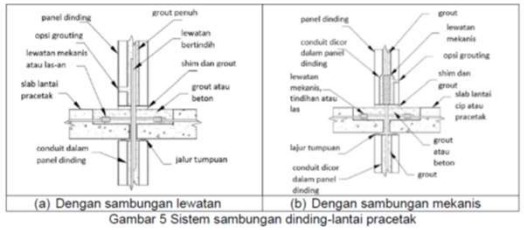
SNI 7834:2012 : Contoh Penerapan

Contoh SPRBM (lulus dibawah 2.2%)



Regulasi

Pada RSNI Panduan Emulasi Pendetailan Beton Cor di Tempat untuk Desain Struktur Beton Pracetak Tahan Gempa , Ada detail sambungan standard dan ada daftar inovasi sambungan inventor nasional yang sudah lulus uji SNI 7834:2012

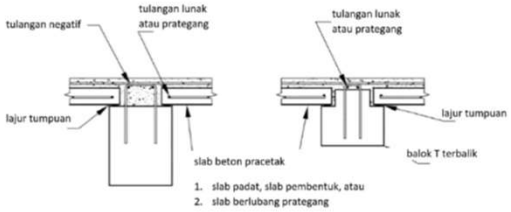


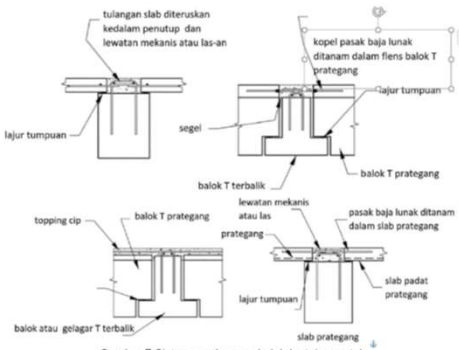
(a) Dengan sambungan lewatan (b) Dengan sambungan mekanis

Gambar 5 Sistem sambungan dinding-lantai pracetak

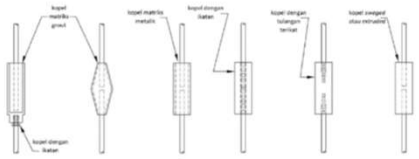
(a) Dengan konduit (b) Dengan penutup cor di tempat

Gambar 6 Sistem sambungan kolom-balok pracetak





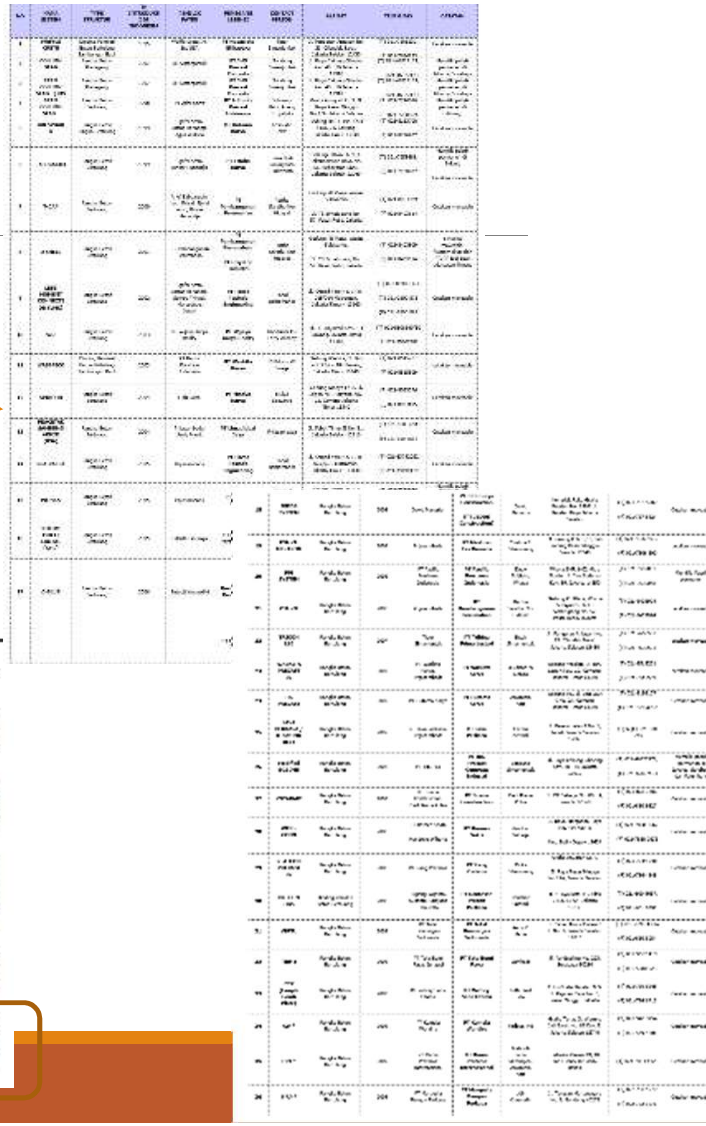
Gambar 7 Sistem sambungan balok-lantai pracetak



(a) Sambungan mekanis

(b) Sambungan las

Gambar 8 Standar alat penyambung



Regulasi

Kinerja Real Sistem Pracetak di Berbagai Gempa Kuat di Indonesia (yang semakin besar)

Tasikmalaya 2 September 2009

Yogyakarta 27 Mei 2006

Padang 30 September 2009

Rusunawa Kayangan Lombok

Lombok 29 Juli 2018

Palu Donggala 28 September 2018

Kinerja Sistem Pracetak

RUSUN KODIM

DATA BANGUNAN
Total Luas Bangunan : 2.340 m²
Jumlah Lantai : 3 Lantai

DATA RENOVASI
Luas yang akan Direnovasi : 2.340 m²
Nilai Prosentase Renovasi : **2,34%**
PERAWATAN RINGAN

Perkiraan Biaya Renovasi : **Rp. 192.000.000**

RUSUN TVRI

DATA BANGUNAN
Total Luas Bangunan : 2.683 m²
Jumlah Lantai : 3 Lantai

DATA RENOVASI
Luas yang akan Direnovasi : 2.683 m²
Nilai Prosentase Renovasi : **3,61%**
PERAWATAN RINGAN

Perkiraan Biaya Renovasi : **Rp. 339.000.000**

RUSUN KEJATI

DATA BANGUNAN
Total Luas Bangunan : 1791 m²
Jumlah Lantai : 2 lantai

DATA RENOVASI
Luas yang akan Direnovasi : 1791 m²
Nilai Prosentase Renovasi : **7,11%**
PERAWATAN RINGAN

Perkiraan Biaya Renovasi : **Rp. 434.000.000**

RUSUN POLRI

DATA BANGUNAN
Total Luas Bangunan : 2.343 m²
Jumlah Lantai : 3 Lantai

DATA RENOVASI
Luas yang akan Direnovasi : 2.343 m²
Nilai Prosentase Renovasi : **34,34%**
PERAWATAN SEDANG

Perkiraan Biaya Renovasi : **Rp. 2.926.000.000**

RUSUN ASN

DATA BANGUNAN
Total Luas Bangunan : 6.125 m²
Jumlah Lantai : 5 Lantai

DATA RENOVASI
Luas yang akan Direnovasi : 6.125 m²
Nilai Prosentase Renovasi : **32%**
PERAWATAN SEDANG

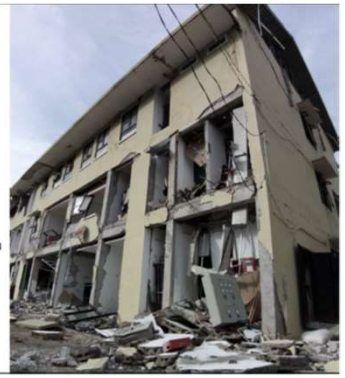
Perkiraan Biaya Renovasi : **Rp. 8.719.000.000**

RUSUN KOREM

DATA BANGUNAN
Jumlah Tower : 2 Tower
Total Luas Bangunan : 2.340 m²/Tower
Jumlah Lantai : 3 Lantai/Tower

DATA RENOVASI
Luas yang akan Direnovasi : 2.340 m²/Tower
Nilai Prosentase Renovasi : **81,9%**
PERAWATAN TIDAK EFISIEN

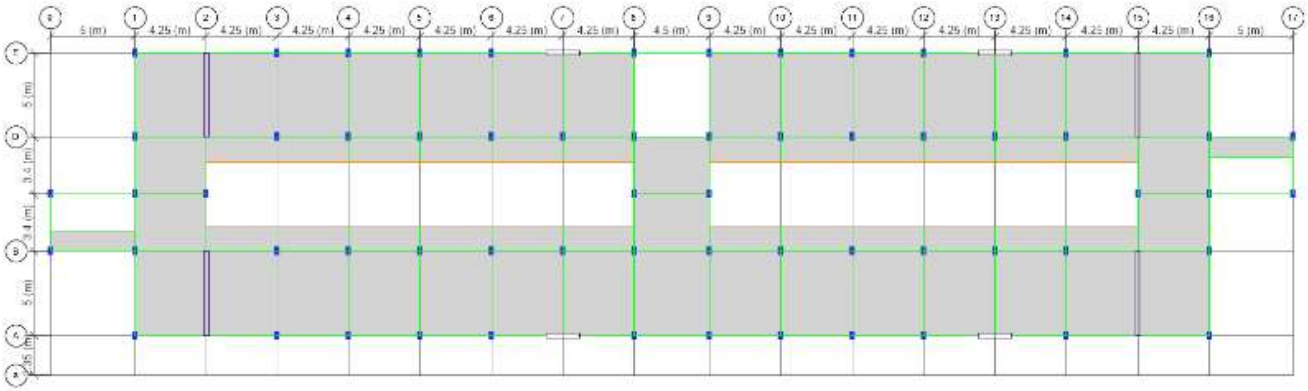
Perkiraan Biaya Renovasi : **Rp. 8.104.000.000/Tower**

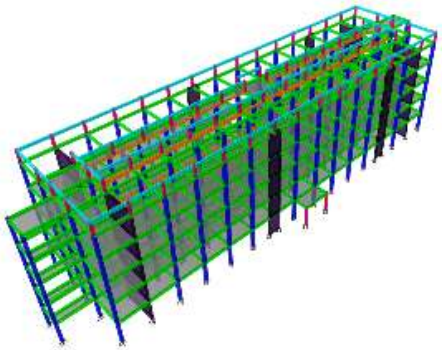


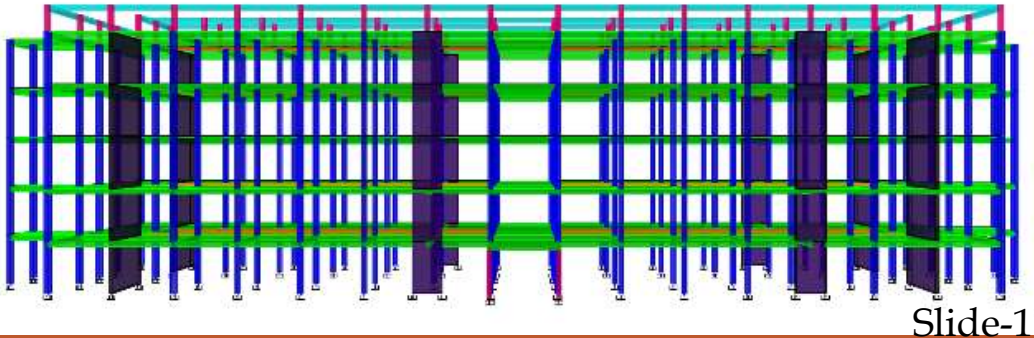
Umumnya menggunakan Sistem Pracetak Rangka Pemikul Momen Menengah, dan beberapa dikombinasikan dengan dinding geser (Sistem Ganda)

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

Analisis Struktur berdasarkan data differential settlement dan as built drawing untuk melihat sampai sejauh mana efek differential settlement pada tegangan yang terjadi pada komponen struktur

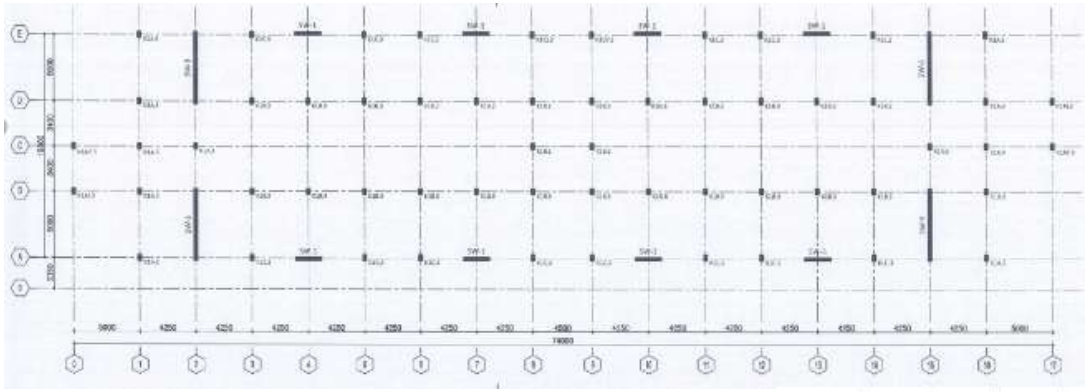




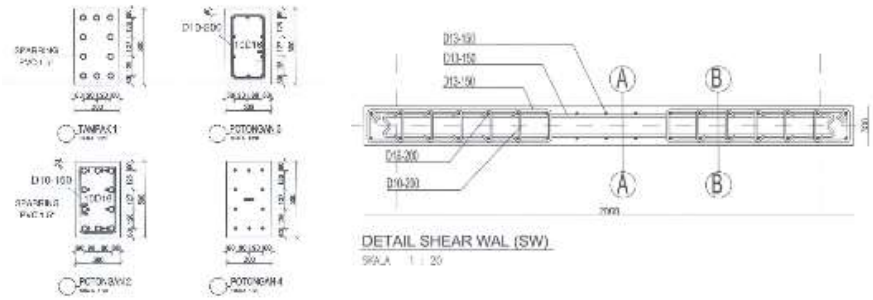


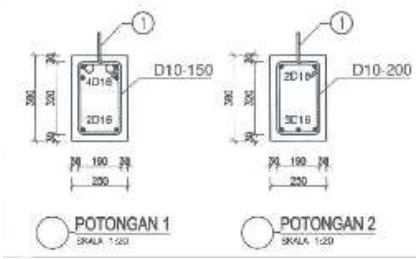
Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

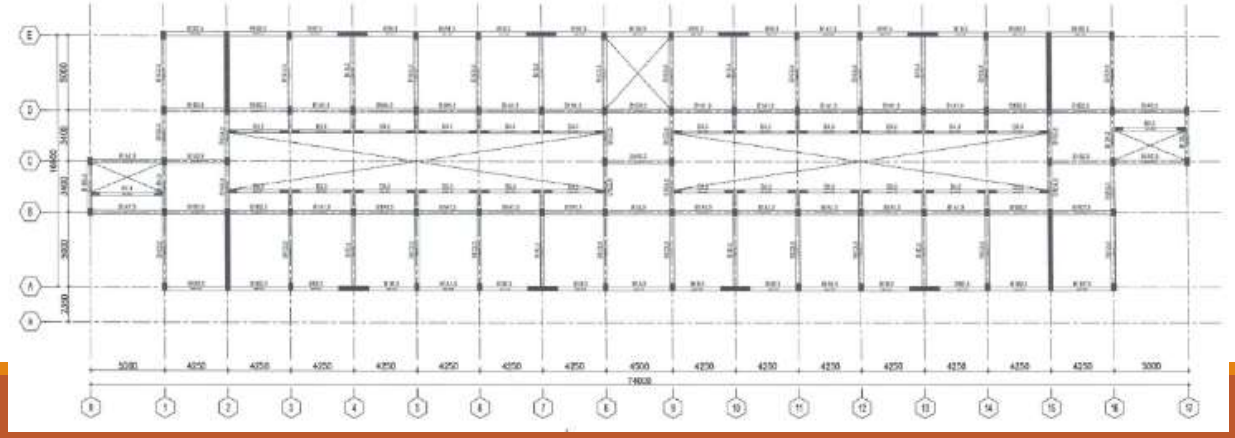
Analisis Struktur



DENAH KOLOM & SHEARWALL TIPIKAL



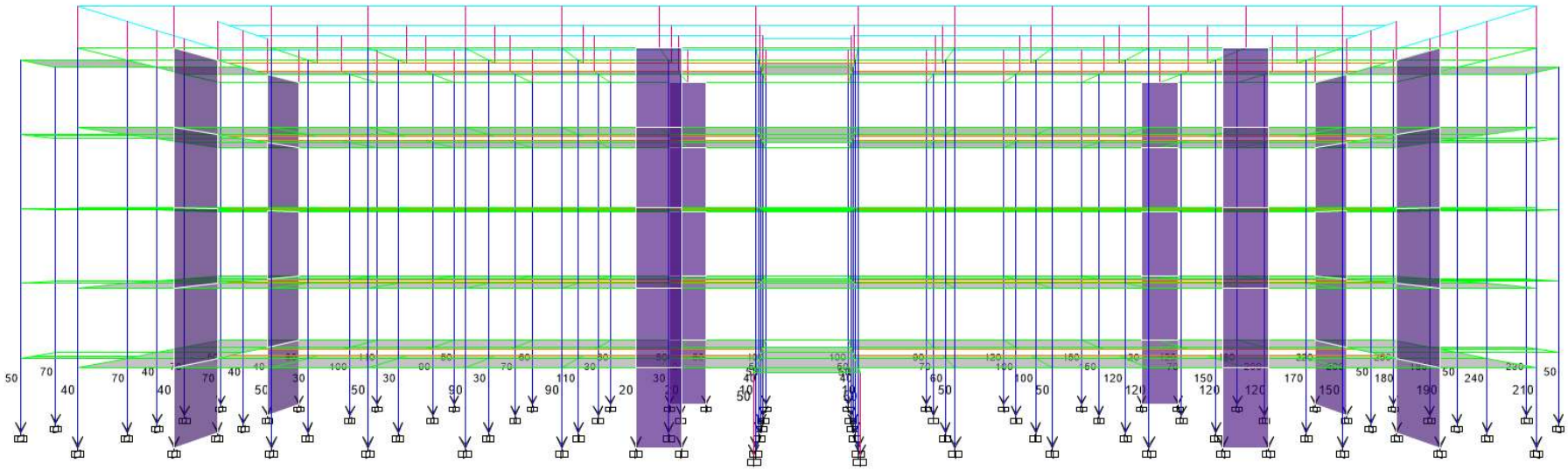




DENAH BALOK TIPIKAL

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

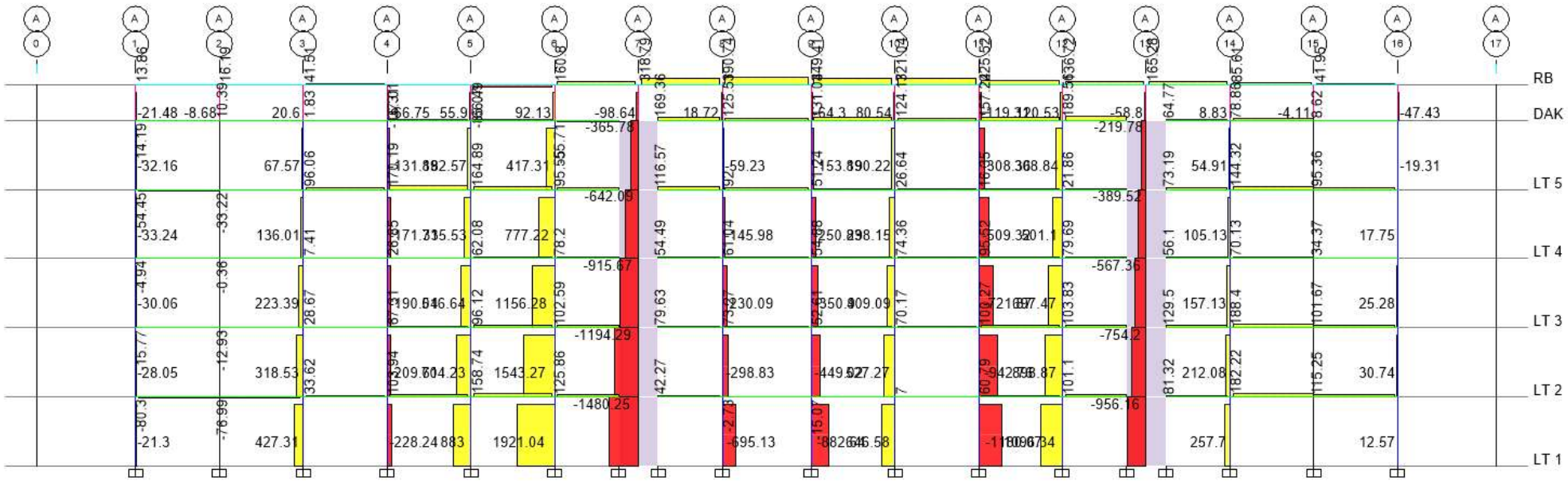
Analisis Struktur



Input penurunan pada setiap titik kolom/shearwall

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

Analisis Struktur



gaya aksial yang terjadi akibat penurunan (grid A)

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

Analisis Struktur

gaya aksial yang terjadi akibat penurunan (grid E)

Rumah Susun ASN / Perkim Mamuju

Resume Analisis Struktur

Gaya maksimum aksial TEKAN yang terjadi pada kolom = 8062 kN
Gaya maksimum aksial TARIK yang terjadi pada kolom = 5376 kN

Dengan pendekatan matematis sederhana, kolom ukuran 300x500; fc' 30 MPa, maka diperoleh:

- Gaya maksimum aksial TEKAN yang terjadi pada kolom (0.85 Ag fc') = 3825 kN
- Gaya maksimum aksial TARIK yang terjadi pada kolom (0.60 Ag fc') = 2700 kN

Dari nilai diatas, maka dapat disimpulkan bahwa baik akibat aksial tekan maupun tarik yang terjadi kerena penurunan pada struktur sudah lebih besar dari kapasitas aksial kolom yang ada, sehingga sangat memungkinkan kerusakan struktur pada komponen kolom

Penutup

- Kesimpulan
  - Gempa Sulawesi Barat tanggal 14 – 15 Januari berpusat di Jalan antara Mamuju dan Majene yang mempunyai kontur berlereng. Gempa cukup kuat sehingga menimbulkan banyak kelongsoran walaupun lereng masih mempunyai vegetasi yang baik. Kelongsoran ini menyebabkan kemacetan yang signifikan di Trans Sulawesi.
  - Catatan gempa menunjukkan intensitas gempa antara V – VII MMI di daerah Mamuju-Majene setara dengan PGA 6.5% -21.5 %, yang berarti sudah dekat dengan asumsi PGA di SNI 03-1726-2002. Survey menunjukkan pada bangunan yang runtuh, detailnya masih mengikuti regulasi lama
  - Kondisi lokal tanah menyebabkan amplifikasi di bagian utara kota Mamuju pada perioda sekitar 0.3 detik, yaitu pada bangunan 3 – 5 lantai. Survey menunjukkan lebih banyak bangunan dengan ketinggian ini yang mengalami kerusakan dibandingkan rumah vernakular.
  - Keruntuhan banyak terjadi pada komponen bangunan yang menggunakan bahan berat seperti bata merah 1 bata dan plester yang tebal disamping ketidaksempurnaan koneksi antara komponen arsitektur dan struktur juga banyak.
  - Pada bangunan SD yang disurvey mengalami keruntuhan, ditemukan berbagai kondisi yang tidak memenuhi persyaratan teknis.

Penutup

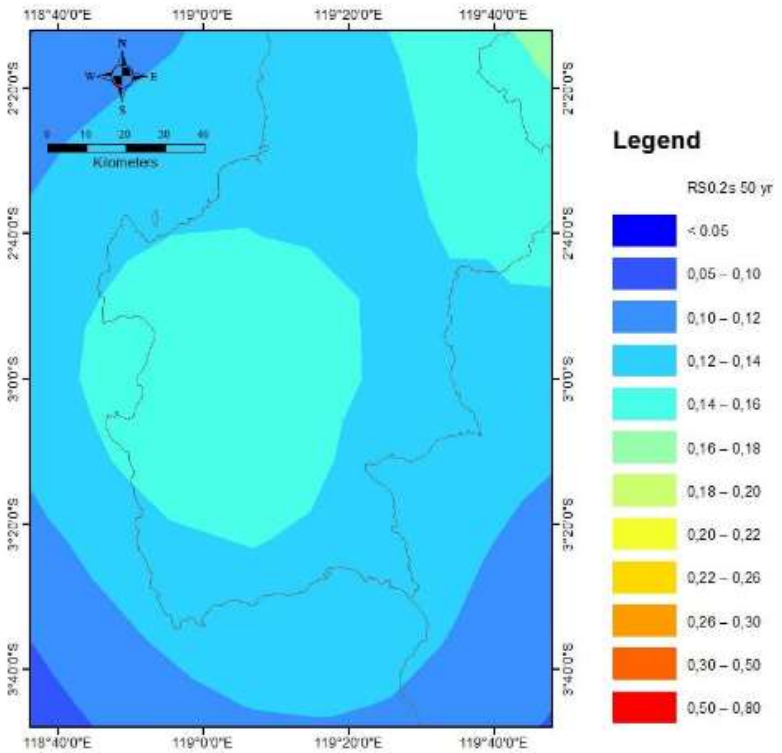
- Kesimpulan
  - Evaluasi Bangunan Pracetak
    - Kualitas pelaksanaan yang lebih baik membuat konstruksi dapat menahan beban ekstra yang justru umumnya diakibatkan pergerakan vertikal tanah akibat dari kurang padatnya tanah dasar.
    - Mekanisme kerusakan pada beban ekstra yang terjadi umumnya terjadi pada batas balok ke join sesuai dengan hasil uji Puslitbang Permukiman , yang umumnya menggunakan struktur rangka pemikul menengah yang dikombinasikan dengan dinding geser (Sistem Ganda).
    - Koneksi antar komponen arsitektur dan komponen struktur yang tidak memenuhi persyaratan teknis dapat mengakibatkan kerusakan berat pada bangunan.
    - Komponen tangga yang jika tidak didalam dinding geser akan menyerap gaya gempa ekstra sehingga umumnya terjadi kerusakan sedang sampai berat

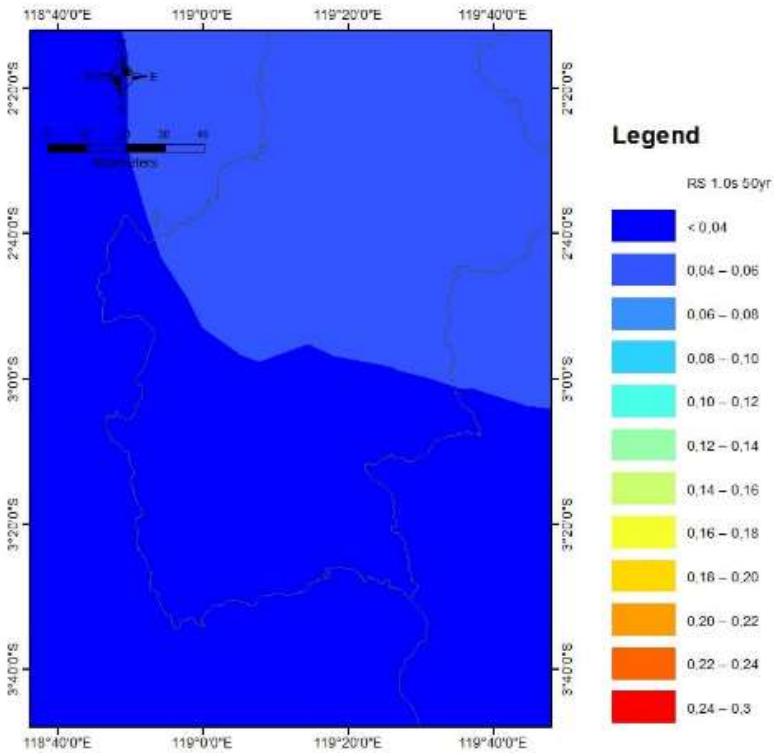
Penutup

- Rekomendasi
  - Rekonstruksi dan pembangunan baru harus mengikuti kaidah-kaidah Standar Nasional Indonesia terbaru serta prototipe yang sudah disahkan Kementerian PU PR
  - Hal yang perlu mendapat perhatian adalah dalam aspek geoteknik, baik bagi infrastruktur jalan maupun bangunan Gedung, yang dalam banyak kasus menyebabkan kegagalan fungsi infrastruktur yang didukungnya.
  - Pemerintah harus melakukan pembinaan kepada masyarakat yang akan membangun kembali infrastruktur secara swadaya lewat instrumen Persetujuan Bangunan Gedung (PBG) dan Sertifikat Laik Fungsi (SLF)
  - Teknologi pembangunan berbasis fabrikasi yang sudah memenuhi persyaratan SNI dapat didorong penggunaannya untuk menjamin mutu dan kecepatan pembangunan. Teknologi tersebut antara lain sistem pracetak yang terbukti cukup handal terhadap gempa-gempa kuat selama ini (termasuk di gempa Sulawesi Barat pada beberapa bangunan Rumah Susun), serta teknologi tahan gempa kinerja tinggi seperti isolasi dasar dan pracetak kinerja tinggi.

PENUTUP

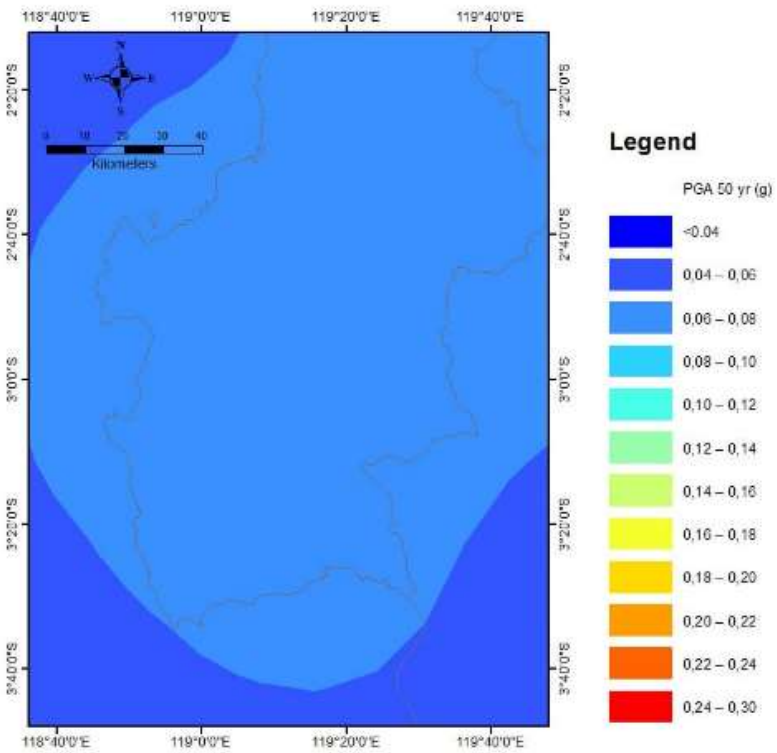
Respon spectra untuk Emergency response

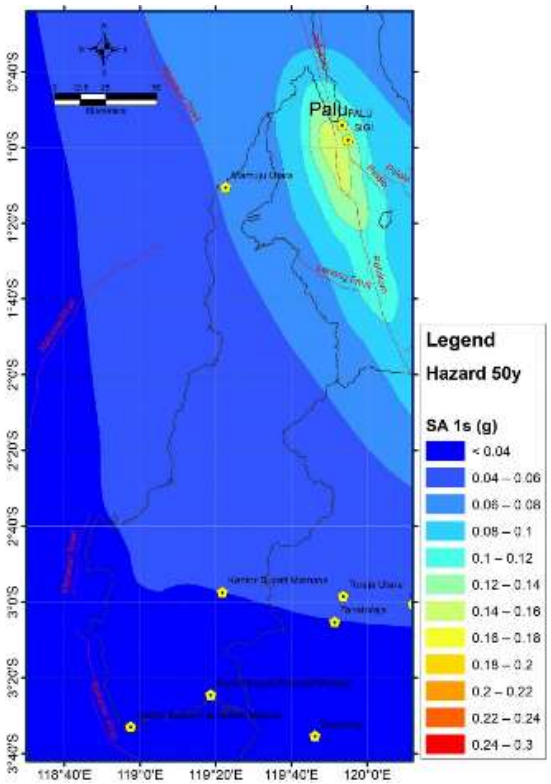


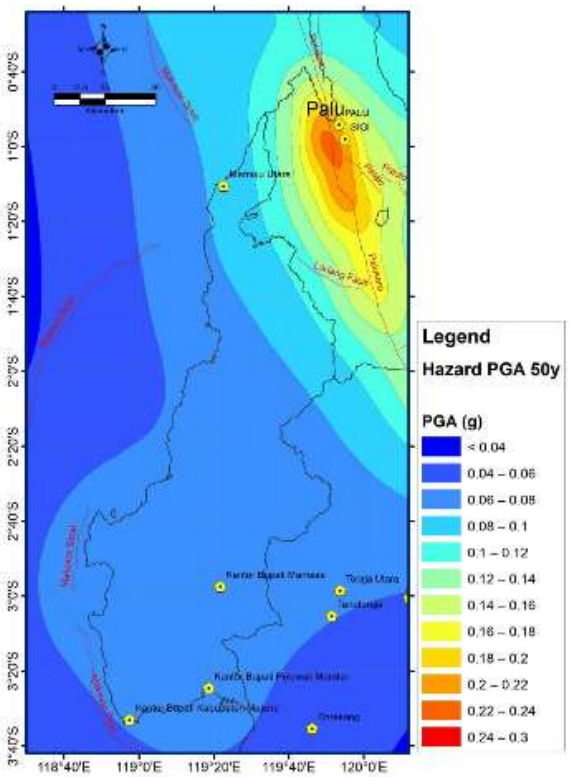


Penutup

Emergency response

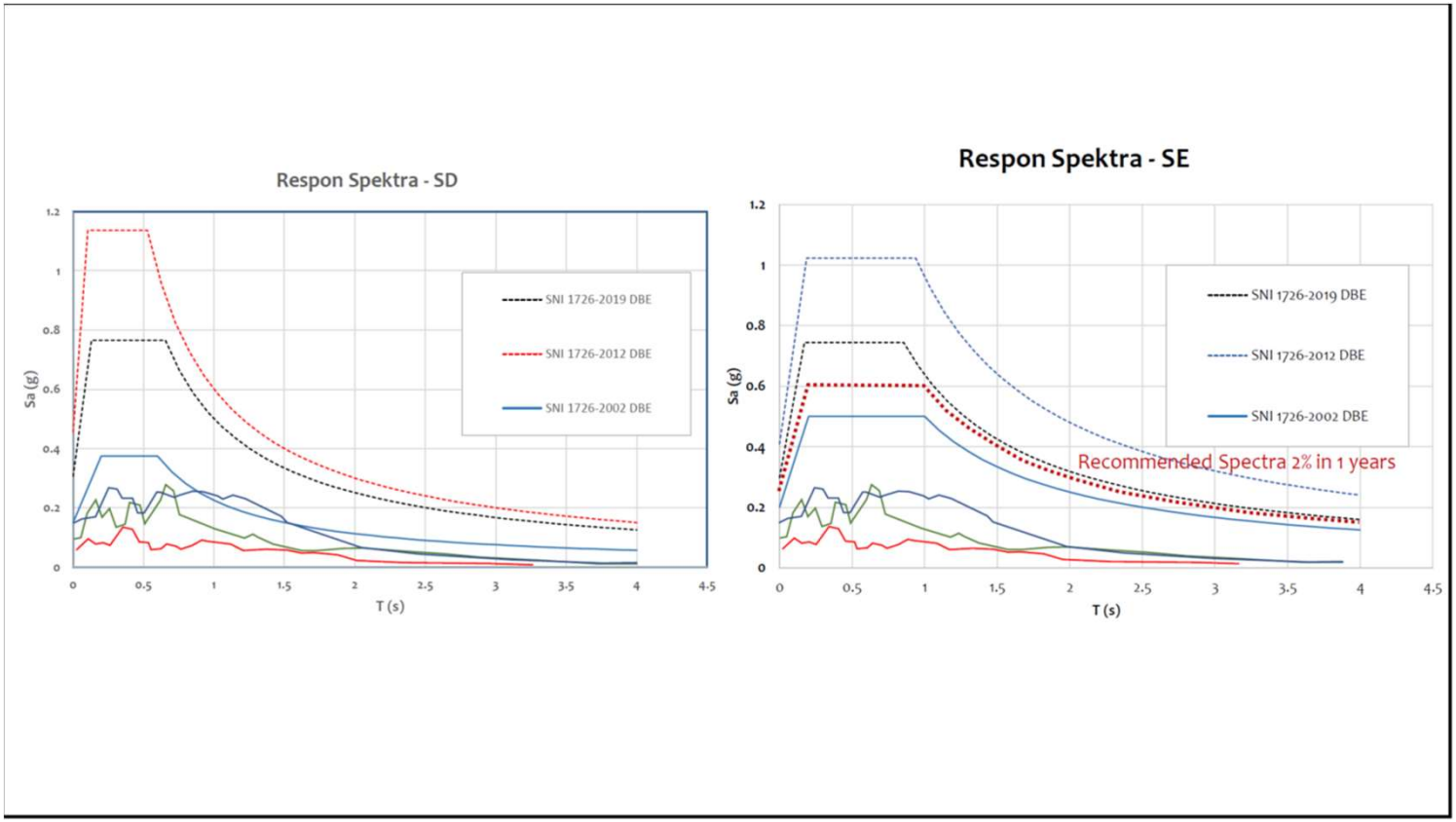






Penutup

Membuat site respon spectra : untuk bangunan sementara dan bangunan permanen



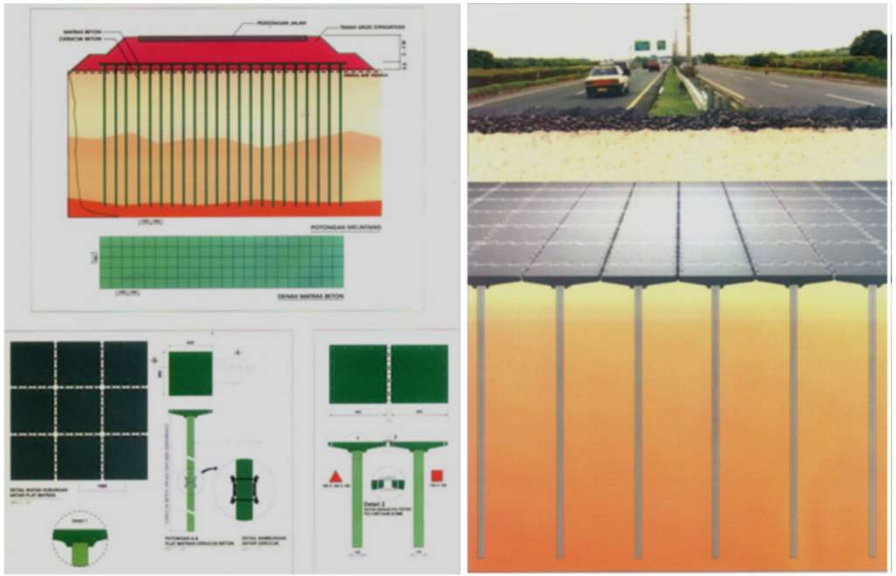
Penutup

- Cerucuk matras beton untuk pelat injak

Alat pancang cerucuk matras

Pemasangan matras, timbunan dan perkerasan

Gambar 9b. Deskripsi tiang pancang mikro (atau disebut juga cerucuk beton pracetak)



Gambar 8. Jenis dan Spesifikasi Teknis Tiang Pancang Mikro

Penutup

- Reinforced earth untuk perkuatan lereng

Gambar 47. VSoL Steel Mesh Ladder

PENUTUP

- Lokasi Koordinat

-3.537239285046763, 118.99066787348283

Perbaikan dan Perkuatan Stuktur →
Universitas Sulawesi Barat Majene

Universitas Sulawesi Barat Majene

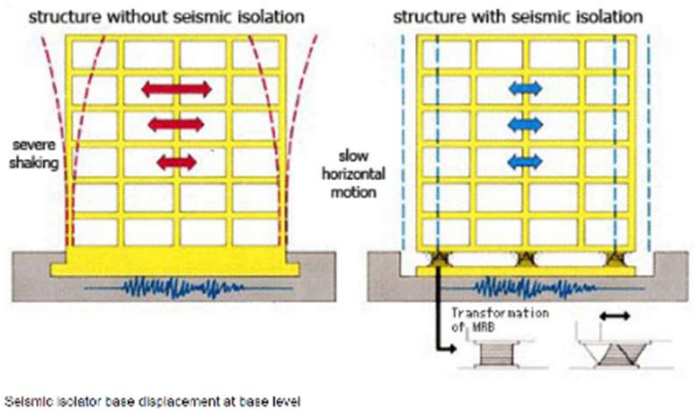
- Perkuatan FRP dilakukan pada tumpuan balok

Universitas Sulawesi Barat Majene

- Perkuatan grout dilakukan pada beberapa komponen dinding

ISOLASI DASAR (*BASE ISOLATION*)

Gerakan struktur saat gempa

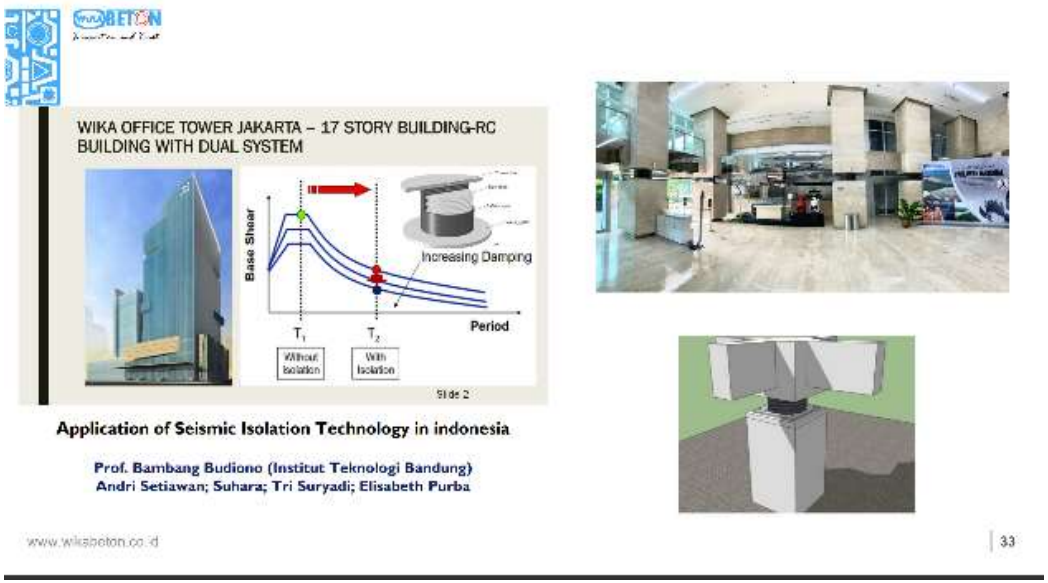


Kiri : tanpa *isolation rubber bearing*

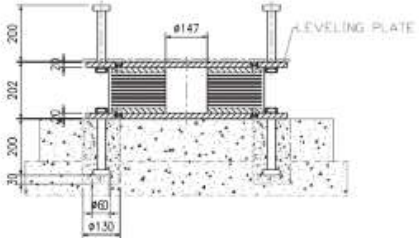
Kanan : menggunakan *Isolation rubber bearing*

Penutup

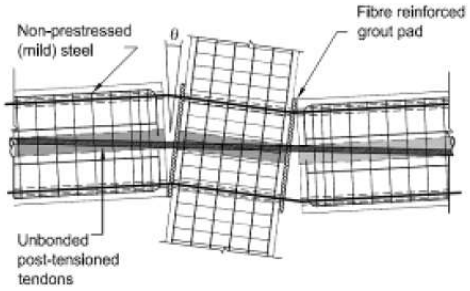
- Base isolation untuk konstruksi jembatan dan bangunan gedung

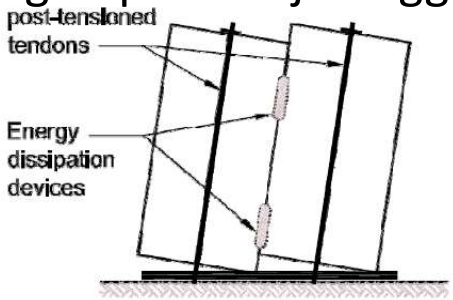


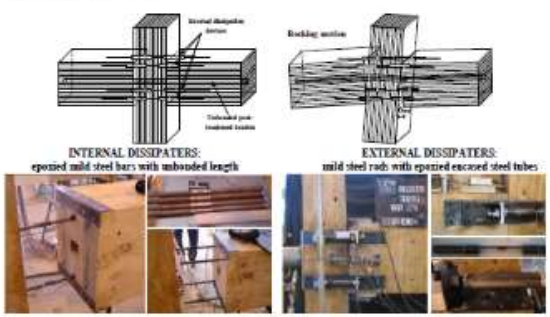
Metode – LRB



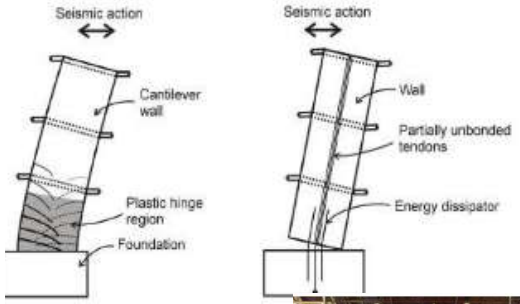
- Sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi

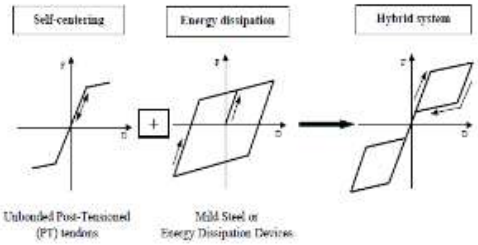


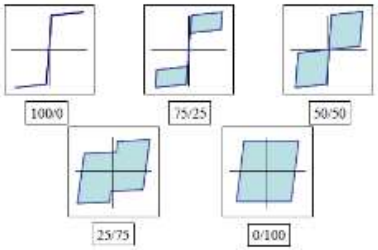




(a) Internal and external dissipaters and construction details.







grey PRESSS Building test

1. Dikembangkan (1994-2002) karena sistem tahan gempa klasik kinerjanya di complain publik USA pada Gempa Loma Prieta (1989) dan Northridge (1994) . Konsep boleh rusak berat tapi tidak rubuh pada gempa kuat (near collapse) mengeliminir korban jiwa tapi tidak bis menghindarkan "business interruptible"

2. Sambung dengan prategang paska-tarik tanpa lekatan yang mempunyai kemampuan "self centering", sehingga dapat mencegah kerusakan komponen sekunder

3. Sistem ini dapat dikombinasikan dengan perilaku daktail, yang dikenal sebagai System Hybrid.

4. Kinerja sistem dapat diset pada Immediate Occupancy pada beban gempa desain dengan investasi awal yang ekonomis. Sistem ini masuk di ACI Code sejak tahun 2002

Penutup

- Sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi

PENUTUP

- Sistem PPVC Modular Flat Pack di Rumah Sakit Galang (2020)- Full Off Site Construction

Produksi dilakukan di Bogor, lalu dikapalkan ke Batam

372 modul
5100 m2
Diselesaikan dalam 8 hari

PENUTUP

- Sistem PPVC RS Pertamina Covid Simprug (2020) Full off Site Construction