



Asesmen Bangunan Gedung Pemda Kota Palu, Donggala dan Parigi Moutong Pasca Gempa 28 September 2018

H. Listiawaty^a, I.K. Sulendra^a dan T. Hilmansyah^a

^aJurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, Indonesia, 94112

* Corresponding author's e-mail: hlistiawaty@yahoo.com

Received: 04 February 2022; revised: 17 February 2022; accepted: 23 February 2022

Abstract: After a strong earthquake with a magnitude of 7.4 on the Richter Scale with a hypocenter of 10 km and an epicenter of about 70 km north of Palu City, precisely in Lende Village, Sirenja District, Donggala Regency, it caused damage and collapse of buildings due to vibrations, fractures of down lifts and up lifts around the fault trajectory. Palu-Koro. Damage and failure of high-rise and non-rise buildings occurred in Palu City, Donggala City, and Parigi City. Damage to the building can be categorized as light, moderate or heavy damage, so it is deemed necessary to conduct an assessment according to the applicable requirements both on a national scale (using the Ministry of Public Works and Public Housing's 2010 form) and an international form (using a form from the World Bank). This activity aims to determine the level of damage and post-earthquake handling in the form of minor repairs, reinforcement and repair of structural and non-structural elements. There are 6 (six) main buildings in the 3 (three) areas that have been assessed to determine the category of damage and actions for rehabilitation and reconstruction. Damage to the building structure with the category of Light Damage occurred in the Palu City DPRD Office building, the Donggala Regent and DPRD Office and the Anuntaloko Parigi Hospital Inpatient Building. Those that were moderately damaged were the Palu Mayor's Office building and the Parigi Moutong DPRD office. The damaged buildings still allow for repairs and reinforcement according to the level of damage. The repair and strengthening of buildings in order to get good results must be carried out with the right method, good materials and tools and technology and carried out by experienced workers with high qualifications

Keywords: *assessment, building structure, damage categories, rehabilitation, reconstruction*

Abstrak: Pasca gempa kuat dengan magnitudo 7,4 SR dengan hiposenter 10 km dan episenter sekitar 70 km arah Utara Kota Palu tepatnya di Desa Lende Kecamatan Sirenja Kabupaten Donggala telah menyebabkan kerusakan dan keruntuhan gedung akibat getaran, rekahan *down lift* dan *up lift* yang di sekitar lintasan sesar Palu-Koro. Kerusakan dan kegagalan struktur gedung bertingkat maupun bangunan tidak bertingkat terjadi di Kota Palu, Kota Donggala, dan Kota Parigi. Kerusakan pada bangunan tersebut dapat dikategorikan sebagai kategori rusak ringan, sedang maupun berat, sehingga dirasa perlu untuk melakukan asesmen sesuai persyaratan yang berlaku baik skala nasional (menggunakan *form* Kementerian PUPR tahun 2010) maupun *form* yang bersifat internasional (menggunakan *form* dari *World Bank*). Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerusakan serta penanganan pasca gempa baik berupa perbaikan ringan, perkuatan dan perbaikan elemen struktur dan non strukturnya. Terdapat 6 (enam) bangunan utama di ke 3 (tiga) wilayah tersebut yang telah dilakukan asesmen untuk mengetahui kategori kerusakan dan tindakan untuk rehab dan rekonnnya. Kerusakan struktur gedung dengan kategori Rusak Ringan terjadi pada bangunan Kantor DPRD Kota Palu, Kantor Bupati dan DPRD Donggala dan Gedung Rawat Inap RSUD Anuntaloko Parigi. Yang mengalami Rusak Sedang adalah gedung Kantor Wali Kota Palu dan kantor DPRD Parigi Moutong. Bangunan yang mengalami kerusakan tersebut masih memungkinkan dilakukan perbaikan dan perkuatan sesuai tingkat kerusakannya. Adapun perbaikan dan perkuatan bangunan agar mendapatkan hasil yang baik harus dilakukan dengan metode yang tepat, bahan dan alat serta teknologi yang baik serta dikerjakan oleh pekerja yang berpengalaman dengan berkualifikasi yang tinggi

Kata kunci: *asesmen, bangunan gedung, kategori kerusakan, rehabilitasi, rekonstruksi*

1. Pendahuluan

Fenomena gempa bumi, khususnya gempa tektonik selain merupakan suatu peristiwa yang menimbulkan ketakutan dan trauma sesungguhnya merupakan peristiwa yang dapat diambil pembelajarannya [1-4]. Dengan terjadinya peristiwa gempa, masyarakat yang wilayahnya berisiko tinggi mengalami peristiwa gempa harus kooperatif dan familiar terhadap bangunan sederhana tahan gempa [5-8].

Pada tahun 2010 Indonesia telah memperkenalkan peta zonasi gempa yang baru, peta ini terus mengalami pemutakhiran karena magnitudo dan intensitas gempa yang terus meningkat [9-11]. Telah diketahui sekitar 295 sesar di wilayah Indonesia berdasarkan Peta Gempa Indonesia tahun 2017. Peta ini nantinya akan dimasukkan pada peraturan

perencanaan bangunan tahan gempa yang baru menggantikan peraturan perencanaan bangunan tahan gempa yang lama (SNI-1726, tahun 2002 menjadi tahun 2018). Secara umum peta zonasi gempa yang baru ini cenderung akan memberikan beban gempa yang lebih besar pada bangunan dibandingkan dengan yang ditentukan dalam peraturan gempa yang lama tersebut [12]. Terkhusus wilayah Palu dan sekitarnya yang dilintasi sesar Palu-Koro yang catatan kegempaan terus meningkat. Hal ini menjadi "warning" bagi semua *stakeholder* di wilayah ini untuk secara berkelanjutan melakukan proses mitigasi bencana gempa bumi [13].

Pasca Gempa Padagimo (Palu, Donggala, Sigi dan Parigi Moutong) pada 28 September 2018 masih menyisakan permasalahan yaitu masih ada bangunan yang belum dilakukan asesmen kondisi kerusakan pasca gempa

serta upaya untuk rehab rekon. Permasalahan ini terkendala karena kekurangan tenaga teknis yang berkompoten di bidangnya serta masalah pembiayaan yang turun. Hal ini juga terjadi untuk bangunan Pemda di Kota Palu, Kota Parigi dan Perkantoran Pemda Donggala [14].

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di tiga tempat yaitu Kota Palu (Kantor Walikota Palu dan Kantor DPRD Kota Palu), Kabupaten Donggala (Kantor Bupati dan Kantor DPRD Kab. Donggala) dan Kabupaten Parigi Moutong (Kantor DPRD Kab. Parigi Moutong dan Gedung Rawat Inap RSUD. Anuntaloko Parigi)

2.2. Data

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gambar konstruksi bangunan *eksisting*, data hasil uji tanah, data peta Kawasan rawan bencana Sulawesi Tengah, dan data pendukung termasuk hasil penilaian dari Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).

Berdasarkan beberapa penelitian telah ditetapkan kategori kerusakan bangunan gedung berikut ciri-cirinya serta penanganan kerusakannya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori kerusakan elemen struktur bangunan gedung.

No	Tingkatan	Kerusakan Yang Tampak	Tindakan Yang Dianjurkan
1	Sangat ringan	Sejumlah retak lentur dan retak geser	Perbaikan luar, tidak ada perbaikan struktur
2	Ringan	Retak kecil menyebar, Lebar retak < 1 mm	Perbaikan ringan untuk memulihkan struktur pada kuat desainnya
3	Sedang	Retak lentur \geq 2 mm Retak geser \geq 1 mm	Struktur diperbaiki untuk beberapa minggu
4	Berat	Retak lentur dan retak geser, <i>Spalling</i> selimut beton	Struktur diperbaiki sebagian, dan sebagian dibongkar
5	Runtuh	Banyak retak besar, terkelupas, tekuk tulangan	Struktur dibongkar total

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Beberapa stakeholder yang telah melakukan penilaian (*assessment*) adalah :

- 1) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR) tahun 2010

Penilaian dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KemenPUPR) didasarkan pada 3 (tiga) kategori kerusakan yaitu Rusak Ringan (RR) jika persentase kerusakan < dari 30%, Rusak Sedang (RS) jika persentase kerusakan antara 30% - 50% dan kategori Rusak Berat (RB) jika persentase kerusakan > 50%. Selain persentase kerusakan, kemiringan dinding juga menjadi indikator. Jika kemiringan > 1% sudah dikategorikan Rusak Berat (RB) [15-17]. Retaknya sebagian besar dinding jika > 6 mm juga masuk kategori RS dan RB. Format asesmen ini berdasarkan pengembangan dari Permen 16/PRT/M/2010 yang membedakan tingkat kerusakan menjadi : Rusak Ringan, Sedang dan Berat (Tabel 4).

- 2) Bank Dunia (*The Word Bank*)

Penilaian dari Bank Dunia (*The Word Bank*) dalam formatnya menentukan kategori kerusakan pada lebar retakan dinding dan struktur utama (kolom, slof dan balok atap), jika lebar retakan > 5 mm sudah dikategorikan RS dan RB. Selain retakan dinding dan struktur utama, kerusakan lantai dan atap yang > 10% juga dikategorikan sebagai RS dan RB [18-19].

Formulir penilaian ini dimaksudkan untuk menilai keamanan bangunan secara keseluruhan, bukan hanya keamanan struktural (kekakuan kemiringan, beban, korosi tulangan, elemen kontrol gaya dan deformasi, tumbukan antar bangunan, kemiringan bangunan, efek partisi dan kerusakan). Oleh karena itu, beberapa aspek lainnya seperti bahaya geoteknik (zona likuifaksi, penurunan dan stabilitas tanah dan lereng), bahaya jatuh, bahaya non-struktural dan bahan berbahaya/fasilitas umum. Bentuk lengkap dari metode penilaian ini berkaitan dengan aspek umum dan teknis bangunan. Pengisian formulir Kondisi Bangunan (Umum, Struktur dan Geoteknik) akan mendapatkan poin kumulatif untuk kategori berikut: 0-30 termasuk kerusakan ringan, 30-70 adalah kerusakan sedang dan untuk nilai 70-100 adalah kategori rusak parah.

Langkah-langkah dan prosedurnya pengambilan data dan proses analisis dari bangunan sederhana dan metode perbaikan adalah sebagai berikut :

- 1) Tahap Persiapan
Bahan dan peralatan yang digunakan antara lain : ATK, GPS/HP dengan GPS, meteran. Data bangunan yang rusak diperoleh dari dinas terkait seperti Dinas PU dan Penataan Ruang, Dinas Perumahan dan Pemukiman, Dinas Pendidikan dan Dinas Kesehatan.
- 2) Tahap Pengambilan Data lapangan
Data lapangan yang diambil adalah : Nama bangunan, lokasi bangunan, ukuran dan geometri bangunan, dokumentasi kerusakan tiap elemen bangunan, kondisi lingkungan sekitar bangunan dan data lainnya.
- 3) Tahap Analisis dan Pembahasan
Analisis dilakukan terhadap data primer dan data sekunder hasil asesmen lapangan. Berikutnya data lapangan diolah sesuai masing-masing form, baik bangunan sederhana maupun bertingkat. Pembahasan dilakukan setelah dilakukan analisis dan kajian yang relevan.
- 4) Tahap Kesimpulan dan Saran
Kesimpulan merupakan rangkuman dan ringkasan hasil pembahasan, saran dan rekomendasi akan diberikan terhadap kondisi masing-masing bangunan yang diasesmen kepada pemda dan dinas terkait

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan *survey* pendahuluan diperoleh data bangunan seperti pada Tabel 2, Gambar 1 dan Gambar 2. Keenam (6) bangunan tersebut dipilih berdasarkan tingkat kepentingan bangunan serta tingkat kerusakan yang dilihat pada saat *survey* pendahuluan.

Tabel 3. merupakan hasil asesmen dari metode Ditjen Cipta Karya Kementerian PUPR untuk keenam bangunan tersebut diatas. Adapun hasil uraian dari Tabel 3 atas disajikan pada Tabel 4, sebagai contoh diambil hasil asesmen untuk Gedung Walikota Palu. Hasil asesmen terhadap ke 6 (enam) bangunan dengan menggunakan *form* dari *World Bank* seperti pada Tabel 5.

Tabel 2. Nama dan alamat bangunan yang diasesmen

No	Nama Bangunan	Alamat
1	Kantor Wali Kota Palu	Jl. Balai Kota, Palu
2	Kantor DPRD Kota Palu	Jl. Moh. Hatta, Palu
3	Kantor Bupati Donggala	Jl. Jati, Gn. Bale, Donggala
4	Kantor DPRD Donggala	Jl. Jati, Gn. Bale, Donggala
5	Kantor DPRD Parigi Moutong	Komplek Perkantoran, Parigi
6	RSUD Anuntaloko Parigi	Jl. Sis Aljufri, Parigi

Adapun hasil uraian dari Tabel 5 disajikan pada Tabel 6, sebagai contoh diambil hasil asesmen untuk Gedung Walikota Palu

Tabel 3. Hasil asesmen tingkat kerusakan bangunan sesuai form PUPR

No	Nama Bangunan	Kategori Kerusakan		
		Rusak Ringan	Rusak Sedang	Rusak Berat
1	Kantor Wali Kota Palu		√	
2	Kantor DPRD Kota Palu	√		
3	Kantor Bupati Donggala	√		
4	Kantor DPRD Donggala	√		
5	Kantor DPRD Parigi Moutong		√	
6	Gedung RSUD Anuntaloko Parigi	√		

Tabel 4. Hasil asesmen Gedung Kantor Walikota Palu dengan form dari Ditjen Puslitbangkim PUPR

I	NAMA BANGUNAN :	TGL PEMERIKSAAN	TINGKAT KERUSAKAN
	GEDUNG KANTOR WALI KOTA PALU	6 - Mei – 2021	RUSAK SEDANG
1	ALAMAT	Jalan Balai Kota Palu	
2	PEMILIK BANGUNAN	Pemda Kota Palu	
3	FUNGSI BANGUNAN	Kantor	
4	JENIS STRUKTUR	Portal Beton Bertulang	
5	JUMLAH LANTAI BANGUNAN	2 (Dua)	
6	PERKIRAAN LUAS BANGUNAN	2.125 m ²	
	TINGKAT KERUSAKAN	RINGAN	SEDANG
			BERAT
			CATATAN
II	KERUSAKAN BAGIAN LUAR BANGUNAN		
1	Penurunan Lantai Bangunan	√ <0.2 m	0.2 -1 m >1 m
2	Kemiringan Bangunan	< 1 °	√ 1-2 ° > 2 °
3	Jumlah Kolom Rusak	<10 %	10-20% √ >20%
4	Jumlah Dinding Rusak	<10%	√ 10 -20% >20%
5	Jumlah Balok Rusak	<10%	10 -20% √ >20%
6	Jumlah Atap Rusak	√ <10 %	10 -20% >20 %
7	Jatuhan Dinding/ Jendela	<1%	√ 1 -10 % >10 %
8	Kerusakan Tangga, dll	<1 %	√ 1 -10% >10 %
III	KERUSAKAN BAGIAN DALAM BANGUNAN		
1	Jumlah Kolom Rusak	√ <10%	10-20 % >20%
2	Jumlah Dinding Rusak	<10%	√ 10-20 % >20%
3	Jumlah Balok Rusak	<10%	√ 10-20 % >20%
4	Jumlah Plafon Rusak	<10%	√ 10-20 % >20%
5	Jumlah Jatuhan Partisi, dll	√ <10%	10-20 % >20%
6	Jumlah instalasi, dll	√ <10%	10-20 % >20%

Tabel 5. Hasil asesmen tingkat kerusakan bangunan berdasarkan Metode *World Bank*

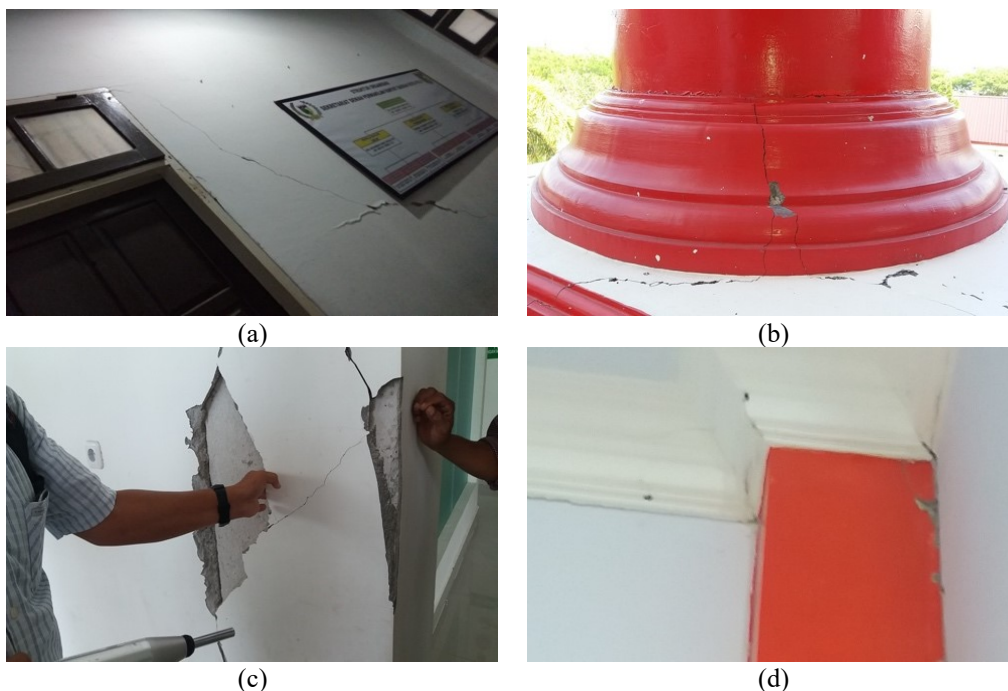
No	Nama Bangunan	Nilai Score	Kategori Kerusakan		
			Rusak Ringan	Rusak Sedang	Rusak Berat
1	Kantor Wali Kota Palu	41,7		√	
2	Kantor DPRD Kota Palu	10,5	√		
3	Kantor Bupati Donggala	20,1	√		
4	Kantor DPRD Donggala	20,1	√		
5	Kantor DPRD Parigi Moutong	52,1		√	
6	Gedung RSUD Anuntaloko Parigi	27,7	√		

Tabel 6. Hasil asesmen bangunan gedung Kantor Wali Kota Palu

Notasi	G1	St1	St2	St4	St6	St8	St9	St10	NSt1	NSt2	NSt3	Geo1	Geo2	Geo3
Bobot Nilai	0,09	0,11	0,11	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,04	0,04	0,04	0,07	0,05	0,05
Nilai kuisisioner	30	0	30	30	70	100	100	100	30	30	0	0	100	0
Nilai akhir	2,7	0	3	1,8	5,7	7	6	6	1,8	1,8	0	0	6	0
Skor	Score : 41,7 (Rusak Sedang)													



Gambar 1. Bangunan dengan kategori Rusak Sedang Kantor Wali Kota Palu, (b) Kantor DPRD Kabupaten Parigi Moutong



Gambar 2. Bangunan dengan kategori Rusak Ringan: (a). Kantor DPRD Kota Palu, (b) Kantor Bupati Donggala, (c) Kantor DPRD Kab. Donggala, (d) RSUD Anuntaloko Parigi

Jenis kerusakan elemen struktural maupun non struktural pada keenam bangunan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1) Kerusakan elemen-elemen struktural pasca gempa 28 September 2018 berupa :
 - a) Retakan atau retak terbuka pada sudut-sudut massa bangunan gedung Kantor Wali Kota Palu (*Gambar 1a*).
 - b) Retakan pada ujung-ujung atas kolom lantai 1 (satu) pada bangunan gedung Kantor DPRD Kabupaten Parigi Moutong (*Gambar 1b*).
 - c) Retakan struktur lainnya berupa retak ringan pada ujung bawah kolom seperti pada bangunan gedung Kantor Bupati dan DPRD Kabupaten Donggala (*Gambar 2b* dan *Gambar 2c*).
 - d) Pergeseran pada area dilatasi antar kolom seperti pada bangunan RSUD Anuntaloko Parigi (*Gambar 2d*).
- 2) Kerusakan elemen-elemen nonstruktural

Kerusakan non struktural pasca gempa 28 September 2018 pada bangunan yang diasesmen berupa kerusakan tipikal berupa :

 - a) Retakan kecil hingga rekahan pada dinding partisi
 - b) Runtukan penutup hingga rangka *plafond* khususnya yang menggunakan rangka *plafond* baja ringan (kasus di bangunan Kantor DPRD Kabupaten Parigi Moutong).
 - c) Terkupasnya beberapa lapisan penutup lantai.
 - d) Retakan pada kolom *ornament* yang didalamnya dipasang pipa air hujan (kasus pada bangunan RSUD Anuntaloko Parigi).
 - e) Runtuhan kuda-kuda pasangan batu bata (kasus pada Kantor DPRD Kabupaten Parigi Moutong dan kantor Bupati Kabupaten Donggala).
 - f) Retakan dinding pada area: sudut kusen, bawah kusen, pertemuan dinding-kolom praktis.
 - g) Terkupasnya plesteran kolom.
 - h) Rekahan pada talud pasangan pondasi batu kali (kasus pada kantor Bupati Kabupaten Donggala).
 - i) Lapuknya penutup *plafond* seperti pada kantor DPRD Kota Palu (*Gambar 2a*).

Berdasarkan data kategori kerusakan serta jenis dan tipe kerusakan dapat diberikan metode perbaikan pada tahapan rehab rekon sebagai berikut :

- 1) Perbaikan elemen struktural meliputi :
 - a) Untuk rekahan pada plat lantai gedung kantor DPRD Kota Palu sebaiknya dilakukan antar massa bangunan. Bangunan bentuk denah angka 8 (delapan) sebaiknya dibuat dilatasi dengan jarak celah 10 cm. pada area pertemuan antar massa bangunan. Penutup celah bisa digunakan bahan karet (elastomer).
 - b) Untuk retakan cukup besar pada *joint* balok-kolom pada bangunan kantor DPRD Parigi Moutong sebaiknya dilakukan *grouting* bahan semen *grout* sejenis produksi SIKA. Sebelum dibobok semua balok harus disokong dengan shoring baja profil. Setelah bahan *grouting* berumur sekitar 2 (dua) minggu barulah *shoring* nya dilepas kembali.

- c) Untuk kerusakan struktur dengan kategori ringan berupa retakan kecil, bisa dilakukan injeksi bahan anti susut dari produk sejenis SIKA. Bahan dan peralatan harus sesuai persyaratan untuk pekerjaan injeksi untuk pekerjaan perbaikan dan kekuatan struktur.
 - d) Perbedaan deformasi permanen pada kolom berdekatan (area dilatasi antar bangunan), seperti kasus gedung Rawat Inap RSUD Anuntaloko Parigi, perbaikan dilakukan dengan tambahan plesteran pada kolom sehingga tidak terlihat lagi perbedaan posisi kolom. Hal ini untuk mengembalikan segi estetika bangunannya.
- 2) Perbaikan elemen nonstruktural meliputi:
 - a) Retakan kecil hingga rekahan pada dinding dilakukan perbaikan berupa pengupasan plesteran, penjahitan atau penembahan tulangan dan kawat ram dan kemudian diplester kembali.
 - b) Untuk runtuh pada kuda-kuda batu bata dilakukan kekuatan kolom dan ring balok keliling sehingga jika terjadi gempa tidak akan runtuh lagi.
 - c) *Plafond* dengan rangka baja ringan sebaiknya diganti dengan rangka kayu. Untuk penutup *plafond* gipsun juga diganti dengan triplek, *lembersering*, *calsiboard* atau bahan lain yang tidak mudah runtuh saat terjadi gempa. Penutup *plafond* yang lapuk akibat hujan juga diganti, sebelum diganti kebocoran atap harus diperbaiki.
 - Penutup lantai yang lepas langsung diganti.
 - Kolom *ornament* dari pasangan batako untuk menutupi saluran pipa air hujan diganti dengan *ornament* baja siku dengan penutup *calsiboard* atau bahan lain yang tahan cuaca.
 - Talud pasangan batu kali yang merekah atau retak terbuka dibongkar dan ditambahkan struktur kolom dan balok slof agar menyatu dan tidak mudah terlepas saat terjadi gempa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disampaikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Bangunan yang diasesmen dari ke 3 (tiga) wilayah yaitu : Kota Palu, Kabupaten Donggala dan Parigi Moutong, telah mengalami kerusakan pasca gempa 28 September 2018.
- 2) Kategori kerusakan dari bangunan yang diperiksa yaitu : 4 (empat) bangunan yang mengalami Rusak Ringan yaitu : bangunan gedung Kantor DPRD Palu, Kantor Bupati dan DPRD Donggala dan bangunan Rawat Inap RSUD Anuntaloko Parigi. Sedangkan yang Rusak Sedang adalah bangunan Kantor Wali Kota Palu dan Kantor DPRD Parigi Moutong.
- 3) Hasil kategori kerusakan dengan menggunakan form dari Ditjen Puslitbangkim PUPR dan *form* dari *World Bank* (WB) menghasilkan tingkat kategori kerusakannya yang sama.
- 4) Bangunan yang mengalami tingkat kerusakan Rusak Ringan dan Rusak Sedang masih bisa dilakukan perbaikan dan kekuatan sehingga nantinya pasca rehab rekon masih dapat dipergunakan kembali.

5) Pemilihan metode, bahan dan alat serta teknologi dan personal yang akan melakukan pekerjaan perbaikan dan perkuatan harus dilakukan dengan sebaik-baiknya agar bangunan pasca perbaikan dan perkuatan dapat menahan beban-beban yang bekerja pada saat difungsikan kembali.

5. Kesimpulan

- [1] C.S. Oliveira, *The Influence of Scale on Microzonation and Impact Studies*, Netherland: Kluwer Academic Publihsing, 2004.
- [2] A. Widiati, "Aplikasi Manajemen Risiko Bencana Alam dalam Penataan Ruang Kabupaten Nabire", *Jurnal Sain dan Teknologi Indonesia*, vol. 10, no. 1, 2008.
- [3] E. Anantasari, M. Daly, P. Glassey, E. Grace, M. Coomer, and R. Wood, "Disaster Risk Reduction in Indonesia, Disaster Risk Reduction", *Disaster Risk Reduction*, p. 147, 2017.
- [4] G. Ananda, T. Ophyandri, and E. Hasymi, "Resilience Measurement of Padang City's Infrastructures Toward Multi-Hazard", *Proc. 4th International Conference on Earthquake and Disaster Mitigation*, p. 1, 2019.
- [5] K.S. Vatsa, "Risk, vulnerability, and asset-based approach to disaster risk management", *International Journal of Sociology and Social Policy*, vol. 24 no. 10, p.1, 2004.
- [6] R. Paulik, "Tsunami Hazard and Built Environment Damage Observations from Palu City after the September 28 2018 Palu Earthquake and Tsunami", *Pure and Applied Geophysics*, vol. 176, p. 3305, 2019.
- [7] I.M. Watkinson and R. Hall, "Fault Systems of the Eastern Indonesian Triple Junction: Evaluation of Quaternary Activity and Implications for Seismic Hazards". *Geological Society*, vol. 441, no. 1, p. 71, 2016.
- [8] A. Kijko, S.J.P. Retief, and G. Graham "Seismic Hazard Risk Assessment Tulbagh, South Africa: Part II – Assessment of Seismic Risk", *Natural Hazard*, vol. 30, p. 25, 2003.
- [9] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, *Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana*, Jakarta: BNPB, 2015T. Andriono and G. Kusuma, *Strudi tentang Prosedur Pemeriksaan Ketahan Struktur Rangka Beton Bertulang*, Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Universitas Petra, 1999.

- [10] Y. Afriadi and I. Satyarno, "Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI Gempa 2012 dan SNI Gempa 2012", *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*, *Univesitas Sebelas Maret Surakarta*, p. 1, 2013.
- [11] I.K. Sulendra, "Asesment Bangunan Gedung di Universitas Tadulako Palu pasca Gempa 28 September 2018 untuk Pelaksanaan Rehabilitasi dan Rekonstruksi", *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, vol. 2, no. 1, p. 47, 2021.
- [12] I.K. Sulendra, A. Dolu, I.S. Oktaviana, and T.M. Kamaludin, "Lesson Learned from 28 September 2018 Palu-Donggala Earthquake", *Proc. 4th International Conference on Earthquake Engineering and Disasters Management*, p. 1, 2019.
- [13] A. Dolu, I.K. Sulendra, J. Hasan, and G.M. Oka, "Kegagalan Struktur Bangunan dan Jembatan Saat Gempa Palu 28 September 2018", *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-13*, vol. 1, p. 1, 2019.
- [14] Tim Pusat Studi Gempa Nasional, *Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah*, Jakarta: Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN), 2019.
- [15] Badan Standar Nasional, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2019*, Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi
- [16] Direktorat Jenderal Cipta Karya, *Form Penilaian Keandalan Struktur Bangunan Gedung rangka Beton dengan Pasangan Dinding*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2008.
- [17] Pusat Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, *Panduan Praktis Pemeriksaan Kerusakan Rumah Tembok akibat Gempa Bumi*, Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2006.
- [18] PUPR, *Behavior of Building during Earthquake, Technical Knowledge Sharing*, Palu: PUPR-World Bank, 2020.
- [19] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, *Kerangka Kerja Sendai untuk Pengurangan Risiko Bencana*, Jakarta: BNPB, 2015