

IDENTIFIKASI PENYEBAB KERUSAKAN KONSTRUKSI BANGUNAN BETON BERTULANG PASCA BENCANA GEMPA BUMI

JAFRIL TANJUNG^{1,2*}, NILDA TRI PUTRI^{1,3}

¹Pendidikan Profesi Insinyur, Program Pascasarjana, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat.

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat.

³Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat

*Corresponding Author : ✉ jafrihtanjung@eng.unand.ac.id

Naskah diterima : 24 Juli 2023. Disetujui: 27 Agustus 2023. Diterbitkan : 30 Agustus 2023

ABSTRAK

Beton bertulang merupakan konstruksi yang rentan terhadap kerusakan saat terjadi gempa bumi jika tidak dikerjakan dengan baik. Artikel ini fokus pada hasil observasi lapangan setelah bencana gempa di Lombok dan Palu pada tahun 2018, dengan tujuan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan yang terjadi pada bangunan beton bertulang. Identifikasi ini penting untuk memahami penyebab potensial dari kerusakan dan/atau keruntuhan pada bangunan beton bertulang. Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa mutu beton yang rendah dan kurang standarnya proses detailing penulangan merupakan faktor utama yang berkontribusi terhadap banyaknya bangunan yang mengalami kerusakan dan/atau keruntuhan selama gempa. Mutu beton yang buruk, seperti ketidaksesuaian dalam campuran atau kekurangan kekuatan, dapat membuat struktur menjadi rapuh dan tidak mampu menahan gaya gempa yang berlebihan. Selain itu, kurangnya perhatian terhadap proses detailing penulangan juga menjadi penyebab kerusakan yang signifikan. Detailing penulangan yang tidak standar mencakup kurangnya jumlah tulangan yang diperlukan dalam struktur, pemasangan tulangan geser yang tidak memenuhi persyaratan, dan kekurangan tulangan geser pada sambungan balok dan kolom. Kurangnya tulangan pada sambungan struktural mengurangi kekuatan dan kekakuan sistem struktur, sehingga meningkatkan risiko keruntuhan saat terjadi gempa. Lokasi dan metode pemasangan dinding bata juga merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan bangunan. Melalui analisis hasil observasi ini, dapat disimpulkan bahwa kualitas beton yang baik dan proses detailing penulangan dan dinding bata yang sesuai standar sangat penting untuk mengurangi kerusakan dan meningkatkan ketahanan struktur beton bertulang terhadap gempa bumi. Implementasi yang tepat dari spesifikasi desain struktur dan pemantauan yang cermat selama konstruksi dapat membantu mengurangi risiko kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi.

Kata kunci : gempa bumi, konstruksi beton bertulang, observasi pasca bencana, dinding pengisi

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi terjadi ketika terjadi pergerakan dan/atau tumbukan antara lempeng tektonik yang membentuk kerak bumi. Di bagian selatan-barat pulau Sumatra, terdapat daerah pertemuan lempeng yang membentang dari Papua di timur hingga depan Himalaya di barat. Daerah Sumatera-Andaman merupakan zona subduksi megathrust dari palung Sunda-Jawa, di mana lempeng Indo-Australia bertemu dengan lempeng Sunda. Pertemuan ini menjadi penyebab utama terjadinya gempa-gempa di sepanjang pesisir barat pulau Sumatra. Sejarah mencatat beberapa gempa besar terjadi di masa lampau, seperti tahun 1797 (M8,7 - M8,9), tahun 1833 (M8,9 - M9,1), dan tahun 1861 (M8,5) (Hayes, et al, USGS, 2013). Selain itu, pulau Sumatra juga menghadapi ancaman gempa darat yang berasal dari pergeseran sesar Semangko yang membentang sepanjang bagian tengah pulau Sumatra, yakni sepanjang Bukit Barisan.

Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, Indonesia telah mengalami rentetan gempa yang memiliki intensitas besar. Rentetan ini dimulai dengan gempa Aceh pada 26 Desember 2004 (M9.1) yang memicu tsunami dengan tinggi lebih dari 10 meter. Gempa-gempa lain yang terjadi antara lain gempa Nias pada 28 Maret 2005 (M8.6), gempa Yogyakarta pada 26 Mei 2006 (M6.3), gempa Jawa Barat pada 27 Juli 2006 (M7.7), gempa Solok pada 6 Maret 2007 (M6.4), gempa Bengkulu pada 12-13 September 2007 (M8.5 dan M7.9), gempa Sumbawa pada 26 November 2007 (M6.5), gempa Gorontalo pada 17 November 2008 (M7.4), gempa Tasikmalaya pada 2 September 2009 (M7.0), gempa Padang Pariaman pada 30 September 2009 dan 1 Oktober 2009 (M7.6 dan M6.6), gempa pantai barat Mentawai pada 25 Oktober 2010 (M7.8), dan gempa Simeulue pada 11 April 2012 (M8.6 dan M8.2) (Hayes, et al, USGS, 2013). Selain itu, rentetan gempa besar juga terjadi di sepanjang sesar pulau Sumatra antara tahun 2006 hingga 2008, termasuk gempa Muara Sipongi pada 17 Desember 2006 (M5.5), gempa Padang Panjang dan gempa Singkarak pada 6 Maret 2007 (M6.4 dan M6.3), dan gempa Sibolga pada 19 Mei 2008 (M6.0) (Vigny, CNRS, 2009). Terdapat juga gempa Pidie Jaya pada 7 Desember 2016 (M6.5) (Irsyam, 2017), serangkaian gempa di Lombok yang terdiri dari enam kali gempa dengan magnitudo di atas M5.5 dan yang terbesar M7.0, yang terjadi antara bulan Juli hingga Agustus 2018 (Irsyam, 2018-1), gempa Palu pada 28 September 2018 (M7.4) yang diikuti oleh tsunami dan likuifaksi (Irsyam, 2018-2), serta gempa Mamuju pada 14-15 Januari 2021 (M5.9 dan M6.2).

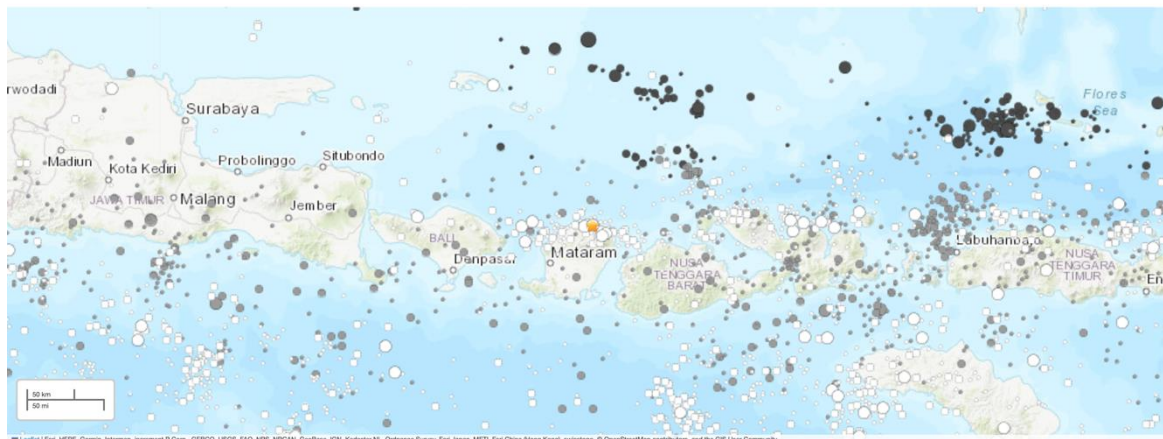
Pasca bencana gempa bumi, observasi lapangan menunjukkan banyak bangunan beton bertulang mengalami kerusakan bahkan mengalami keruntuhan. Dalam banyak kasus, keruntuhan bangunan ini menyebabkan korban jiwa. Artikel ini bertujuan untuk memberikan penjelasan yang lebih rinci mengenai observasi lapangan pasca gempa di Lombok dan Palu pada tahun 2018, dengan fokus pada identifikasi kemungkinan penyebab kerusakan atau keruntuhan bangunan beton bertulang. Kegiatan observasi ini mengacu kepada kegiatan sebelumnya yang pernah dilakukan di Sumatera Barat (Maidiawati dan Sanada, 2018). Dengan observasi lapangan pasca gempa Lombok dan Palu ini, diharapkan akan diperoleh catatan penting untuk meningkatkan kualitas perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bangunan beton bertulang di wilayah rawan gempa. Melalui identifikasi penyebab kerusakan atau keruntuhan bangunan, langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk memperkuat struktur dan mengurangi risiko kerugian manusia akibat gempa bumi di masa yang akan datang.

2. METODA PENELITIAN

Artikel ini membahas hasil observasi yang dilakukan pasca gempa Lombok dan Palu pada tahun 2018. Pada Gambar 1 dan Gambar 2, diperlihatkan lokasi episenter rangkaian gempa beruntun di Lombok dan gempa di Palu tersebut. Observasi dilakukan dengan melakukan survei langsung ke daerah yang terdampak oleh bencana gempa bumi. Waktu yang digunakan untuk observasi adalah 3 (tiga) hari di daerah Lombok dan 3 (tiga) hari di daerah Palu. Kunjungan ke Lombok pada dua minggu setelah gempa dan ke Palu pada tiga minggu setelah gempa.

M 6.4 - 33 km NNW of Labuan Lombok, Indonesia

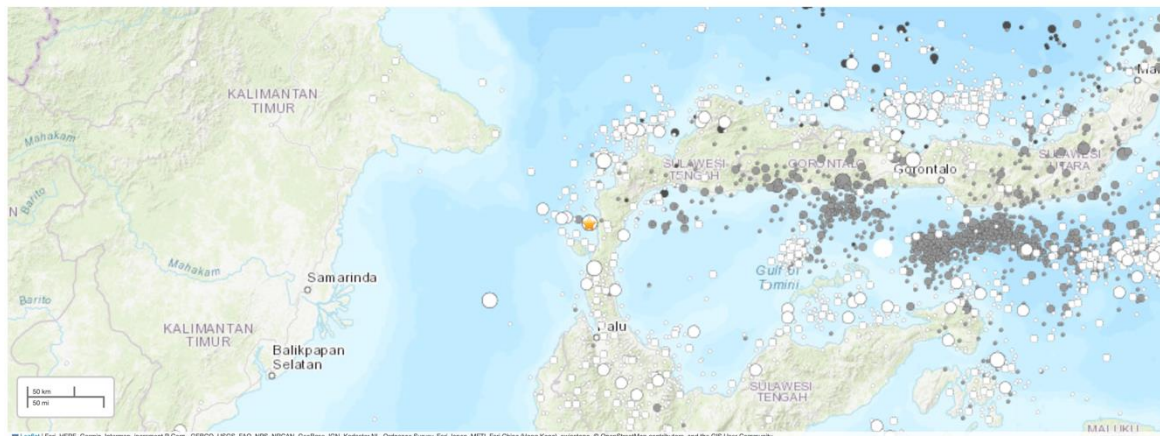
2018-07-28 22:47:38 (UTC) | 8.240°S 116.508°E | 14.0 km depth



Gambar 1. Lokasi Episenter Gempa Lombok 2018 (Sumber: USGS)

M 7.2 - 118 km N of Palu, Indonesia

1968-08-14 22:14:23 (UTC) | 0.157°N 119.802°E | 20.0 km depth



Gambar 2. Lokasi Episenter Gempa Palu 2018 (Sumber: USGS)

Fokus dari observasi ini adalah bangunan beton bertulang, termasuk bangunan pemerintah dan bangunan masyarakat umum. Penelitian lebih terperinci dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan dan keandalan struktur bangunan ini dalam menghadapi bencana gempa. Hasil dari observasi lapangan kemudian dibandingkan dengan standar bangunan beton bertulang yang sesuai untuk daerah-daerah yang rawan bencana gempa bumi. Sesuai dengan tujuan penelitian ini yakni untuk memahami sejauh mana dampak bencana gempa

bumi pada bangunan beton bertulang di daerah terdampak, serta untuk mengidentifikasi kelemahan, kekurangan serta kesalahan yang umum terjadi dalam konstruksi bangunan tersebut. Dengan membandingkan hasil observasi dengan standar bangunan yang sesuai, diharapkan dapat diambil langkah-langkah perbaikan yang tepat guna meningkatkan ketahanan bangunan di masa yang akan datang. Penekanan pada bangunan beton bertulang menjadi penting karena jenis struktur ini sering digunakan pada daerah rawan gempa bumi. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja bangunan tersebut, langkah-langkah mitigasi dan perbaikan yang sesuai dapat diambil untuk meminimalkan kerugian dan melindungi masyarakat dari dampak bencana gempa bumi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 hingga Gambar 7 memperlihatkan kerusakan bangunan beton bertulang akibat gempa Palu 2018. Kerusakan seperti ini sangat umum dijumpai pasca bencana gempa bumi. Banyak faktor yang mungkin jadi penyebab kerusakan bangunan. Berikut ini akan dijelaskan berdasarkan hasil observasi pasca gempa Lombok 2018 dan Palu 2018.



Gambar 3. Kerusakan Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa 2018



Gambar 4. Mutu Beton Yang Relatif Rendah

Masalah mutu beton yang tidak memadai masih menjadi perhatian serius dalam banyak kasus bangunan yang mengalami kerusakan atau keruntuhan, terutama pada bangunan yang dibangun oleh masyarakat tanpa pengawasan tenaga ahli bangunan gedung. Jenis bangunan ini sering kali termasuk dalam kategori perumahan rakyat dan rumah ibadah. Salah satu contoh gambaran yang mencolok tentang mutu beton yang rendah dan keruntuhan akibat gempa Palu tahun 2018 terlihat dalam Gambar 4. Bangunan-bangunan ini cenderung digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan berfungsi sebagai tempat ibadah ini penting untuk difahami bahwa masalah ini dapat saja menimbulkan korban jiwa. Hasil pengujian untuk memprediksi mutu beton yang ada pada bangunan yang mengalami keruntuhan menunjukkan bahwa kuat tekan beton berada di bawah batas minimal yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019, yaitu sebesar 21 MPa. Hal ini mengindikasikan bahwa beton yang digunakan tidak cukup kuat untuk menahan beban dan tekanan akibat gempa bumi.



Gambar 5. Penulangan Yang Tidak Memadai



Gambar 6. Detailing Sambungan Balok-Kolom Yang Tidak Memadai

Gambar 6 menampilkan contoh sambungan balok-kolom pada bangunan yang tidak memenuhi persyaratan untuk daerah yang rawan bencana gempa bumi. Sambungan ini memiliki kelemahan yang serius dalam hal detailing, terutama terkait kurangnya atau bahkan ketiadaan tulangan geser. Akibatnya, ketika terjadi gempa, sambungan tersebut tidak mampu menahan gaya geser yang dihasilkan, sehingga banyak bangunan beton bertulang mengalami kerusakan atau bahkan keruntuhan karena lemahnya sambungan

balok-kolom ini. Perlu dicatat bahwa sambungan balok-kolom adalah bagian yang paling kritis dalam struktur bangunan, karena harus mampu menahan beban lateral yang timbul akibat gempa bumi. Kurangnya tulangan geser pada sambungan berarti bahwa tidak ada pengamanan yang memadai untuk mencegah kerusakan yang terjadi pada sambungan balok dan kolom selama gempa. Kondisi sambungan seperti ini sangat berbahaya, terutama dalam daerah yang rawan bencana gempa bumi, di mana guncangan yang kuat sering terjadi. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa sambungan balok-kolom dirancang dan dibangun dengan memenuhi persyaratan teknis dan standar keamanan yang sesuai. Dalam daerah rawan gempa, tambahan tulangan geser dan tindakan penguatan lainnya harus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan sambungan tersebut. Dengan meningkatkan kualitas detailing sambungan balok-kolom dan mematuhi standar teknis yang berlaku, diharapkan dapat mengurangi risiko kerusakan dan keruntuhan pada bangunan beton bertulang selama gempa bumi.



Gambar 7. Kerusakan Akibat Adanya Dinding Pengisi

Dinding bata sangat umum digunakan sebagai dinding pengisi pada bangunan beton bertulang. Adanya dinding pengisi ini dapat meningkatkan kinerja seismik bangunan beton bertulang. Akan tetapi, penempatan dan ukuran dinding pengisi yang kurang tepat dapat mengakibatkan kerusakan bahkan keruntuhan bangunan. Dinding yang tidak penuh dapat mengakibatkan kolom pengekang dinding berperilaku sebagai kolom pendek. Penempatan yang tidak sesuai juga dapat berakibat struktur bangunan berperilaku soft story. Peran dari dinding pengisi ini sangat penting dalam membantu bangunan beton bertulang mengatasi beban lateral yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Namun, kekurangan dalam rancangan dan penempatan dapat menyebabkan masalah serius dalam kinerja seismik bangunan. Oleh karena itu, kerjasama antara arsitek, insinyur struktur, dan pihak terkait lainnya sangatlah penting untuk memastikan bahwa dinding pengisi yang digunakan memiliki peran yang efektif dalam meningkatkan ketahanan dan keamanan bangunan beton bertulang saat menghadapi bencana gempa.

4. KESIMPULAN

Observasi lapangan pasca gempa Lombok 2018 dan Gempa Palu 2018 memberikan wawasan yang berharga tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan bangunan beton bertulang dalam menghadapi gempa. Beberapa temuan penting yang menyebabkan keruntuhan struktur antara lain mutu material yang tidak memadai, detailing penulangan

yang tidak standar serta kemungkinan ketidaksesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan konstruksi. Tidak sesuai kualitas material yang digunakan, seperti mutu beton yang rendah, tentunya akan mengurangi kapasitas struktur beton bertulang. Disamping ikatan antara beton dan baja tulangan, dapat saja menyebabkan kerusakan bangunan pada saat gempa terjadi. Detailing serta luasan penulangan yang tidak mengikuti standar bangunan untuk daerah rawan bencana gempa bumi, mengakibatkan struktur bangunan tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menerima beban gempa. Penempatan maupun pemasangan dinding pengisi juga menjadi salah satu penyebab banyaknya bangunan beton bertulang yang mengalami kegagalan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Observasi lapangan ini merupakan bagian dari penelitian kerjasama internasional yang dibiayai oleh JSPS Jepang tahun 2016 hingga 2018. Penulis pertama mengucapkan terimakasih untuk bantuan yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Hayes, G.P., Bernardino, Melissa, Dannemann, Fransiska, Smoczyk, Gregory, Briggs, Richard, Benz, H.M., Furlong, K.P., and Villaseñor, Antonio (2013). Seismicity of the Earth 1900–2012 Sumatra and vicinity: U.S. Geological Survey Open-File Report 2010–1083-L, scale 1:6,000,000, <https://pubs.usgs.gov/of/2010/1083/l/>.
- Vigny, C. (2009). The Earthquake of Padang, Sumatra of 30 September 2009, Scientific Information and Update, Laboratoire de Géologie Geoscience Department of ENS, UMR8538 of CNRS.
- Irsyam, M., Hanifa, N.R., dan Djarwadi, D. (2017). Kajian Gempa Pidie Jaya Provinsi Aceh Indonesia 7 Desember 2016 (6.5 SR), Tim Pusat Studi Gempa Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Irsyam, M., Hanifa, N.R., dan Djarwadi, D. (2018). Kajian Gempa Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat 29 Juli 2018 (6.4 SR) 5 Agustus 2018 (7.0 SR) 19 Agustus 2018 (6.9 SR), Tim Pusat Studi Gempa Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Irsyam, M., Hanifa, N.R., dan Djarwadi, D. (2018). Kajian Gempa Palu Provinsi Sulawesi Tengah 28 September 2018 (7.4 SR), Tim Pusat Studi Gempa Nasional, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Maidiawati and Sanada, Y. (2008). Investigation and Analysis of Buildings Damaged during the September 2007 Sumatra, Indonesia Earthquakes, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering JAABE*, Vol.7 No.2: 371-378.
- USGS (2018), Lombok Earthquake, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us1000g3ub/technical>
- USGS (2018), Palu Earthquake, <https://www.usgs.gov/news/featured-story/magnitude-7.5-earthquake-near-palu-indonesia>.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan