

Evaluasi kerentanan bangunan gedung bertingkat terhadap bahaya gempa bumi dengan aplikasi ACeBS

Magaliasih Pasorong Randa¹, Sarwidi^{2,*} dan Fitri Nugraheni³

¹ Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta

^{2,3} Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Article history:

Available online

Keywords:

Gempa bumi
Kerentanan
Evaluasi struktur
ACeBS
Bangunan

Corresponding Author:

Sarwidi
sarwidi@uii.ac.id

Abstract

Earthquakes will damage buildings that are not strong enough to withstand the forces they generate or are susceptible to earthquakes. The damage that occurs in buildings differs depending on the building vulnerability. One method to determine the level of building vulnerability is to use the ACeBS application installed on a smartphone. This study focuses on rapid visual screening of building vulnerability by assessing two to four-story buildings. The purpose of this study was to determine the level of vulnerability of Buildings IX and XII in the Yogyakarta City Hall Complex by using the ACeBS. The application uses FEMA 154 by adapt the conditions in Indonesia. The research methodology used was field observation and reviewing existing building documents. Observation results in the form of data and information will enter into the ACeBS for assessment. Interpretation of results of field observations into data input into the application needs to be careful because it determines the result. Based on the input data, ACeBS will calculate basic scores and modifier scores to determine the final score. A final score that is more or equal to 2 indicates that the building is safe from earthquakes and vice versa is a building susceptible to earthquakes and needs to be evaluated further in detail. The assessment results show that Building IX and Building XII have a final score of 1.2, which means that the level of vulnerability is very high and requires further detailed structural evaluation.

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Kondisi alam Indonesia merupakan wilayah dengan potensi yang sangat rawan terhadap gempa bumi yang diakibatkan oleh gerakan tanah secara tektonik. Gempa bumi tektonik merupakan salah satu

bencana yang diakibatkan oleh peristiwa geologi yang terjadi akibat adanya gerakan lempeng tektonik yang saling bertumbukan. Prediksi terjadinya gempa bumi sudah lama dilakukan oleh para ahli dan sampai saat ini terus dilakukan

penelitian untuk menemukan sesuatu yang baru agar prediksi tersebut semakin mendekati kejadian yang sebenarnya. Kejadian gempa bumi pada masa datang merupakan prediksi yang sudah dilakukan pada masa sebelum terjadinya sehingga memberikan peringatan kepada semua orang yang tinggal di lokasi rawan gempa (Coburn & Spence, 2002). Sifat kejadian yang akan selalu berulang tersebut meskipun dalam jangka waktu tidak tentu (*uncertainty*) merupakan suatu kesempatan bagi masyarakat untuk mempersiapkan diri melalui mitigasi dalam menghadapi bencana berikutnya agar kerugian yang dialami sekecil mungkin. Pola penanganan bencana yang demikian merupakan penerapan manajemen risiko yang akan menjadi dasar penanganan bencana di berbagai tingkat pemerintahan (UNDP, 2008). Berkaitan dengan hal tersebut, evaluasi kerentanan bangunan merupakan salah satu upaya untuk mengantisipasi dampak bahaya gempa bumi karena dengan mengetahui kerentanan bangunan akan menjadi dasar bagi pemilik melakukan perbaikan (*retrofitting*) atau upaya bentuk lainnya untuk memperkuat gedungnya terhadap bahaya guncangan gempa bumi. Selain itu, data kerentanan bangunan gedung juga dapat digunakan oleh pemerintah sebagai pengambil kebijakan dalam upaya untuk pengurangan risiko bencana gempa bumi (Yunus (Ed), 2021).

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menentukan kerentanan bangunan gedung adalah dengan menggunakan aplikasi ACeBS (Asesmen Cepat Bangunan Sederhana) yang terdapat pada aplikasi inaRISK Personal yang saat ini sudah mencapai versi 5.2.11+159.

Aplikasi ACeBS merupakan salah satu fitur yang dikembangkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) bekerjasama dengan Museum Gempa Prof. Dr. Sarwidi sejak tahun 2019. Pada awal pengembangan, aplikasi ini hanya digunakan sebagai perangkat

penilaian bangunan rumah 1 lantai berdinding tembokan pasangan bata sederhana. Mulai tahun 2020 hingga 2021 dikembangkan perangkat untuk penilaian bangunan bertingkat 2 (dua) sampai 4 (empat) lantai berstruktur beton bertulang dengan dinding tembokan batu bata, batako, bata ringan) atau yang setara yang berada di lokasi yang mempunyai *hazard* guncangan gempa bumi. Perangkat penilaian bangunan ini bertujuan untuk mengurangi risiko dari terjadinya gempa bumi. Mekanismenya masyarakat dapat melakukan penilaian secara mandiri terhadap rumah atau bangunan miliknya. Setelah melakukan penilaian mandiri, akan ada beberapa rekomendasi yang dapat ditindaklanjuti agar bangunan tersebut menjadi bangunan yang aman dari gempa (Yunus (Ed), 2021). Metode ACeBS merupakan salah satu metode evaluasi struktur secara cepat untuk mengukur kerentanan bangunan gedung.

Penelitian ini fokus pada evaluasi cepat kerentanan bangunan dengan penilaian pada gedung bertingkat dua sampai empat lantai. Studi kasus yang digunakan adalah Gedung IX dan Gedung XII yang berlokasi di Kompleks Balaikota Yogyakarta. Gedung tersebut dibangun pada tahun 1975 dan mengalami dampak akibat terjadinya Gempa Yogyakarta 2006. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi struktur untuk mengetahui kerentanan bangunan sebagai upaya untuk mengurangi risiko gempa bumi pada masa datang.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kerentanan bangunan Gedung IX dan Gedung XII di Kompleks Balaikota Yogyakarta dengan metode *rapid visual screening* dengan perangkat aplikasi ACeBS.

Beberapa penelitian terdahulu berkaitan dengan *rapid visual screening* telah dilakukan sebagaimana uraian berikut ini. Sarwidi dkk (2013) melakukan penelitian evaluasi bangunan sederhana (tipikal tembokan) dengan mengambil studi kasus di SMK Nasional Berbah, Kabupaten

Sleman, Provinsi DI Yogyakarta. Sunarya (2016) melakukan penelitian evaluasi bangunan kantor dengan kesiapsiagaan bangunan dilakukan dengan metode evaluasi cepat bangunan tembok sederhana. Santoso (2018) melakukan penelitian kesiapsiagaan struktur bangunan kelurahan dengan evaluasi sederhana tipikal bangunan tembok di Kecamatan Plered, Kabupaten Bantul. Laksana (2017) melakukan penelitian dengan Membuat aplikasi berbasis android terhadap penilaian bangunan *non-engineered* dengan metode *Rapid Visual Screening* (RVS). Irnawan (2016) melakukan penelitian membuat aplikasi berbasis android terhadap penilaian bangunan tipe *engineered* menggunakan FEMA 154 Tahun 2002. Perkasa (2015) melakukan penelitian evaluasi bangunan menggunakan metode evaluasi bangunan sederhana tembokan.

Landasan teori

Gempa bumi

Gempa bumi merupakan fenomena alam berupa terjadinya getaran pada kerak bumi akibat adanya dinamika geologis. Getaran pada permukaan bumi tersebut diakibatkan oleh berbagai sumber atau kejadian yang melepaskan energi pada suatu titik tertentu yang disebut pusat gempa bumi (Sarwidi, 2015). Gempa bumi dapat dikategorikan berdasarkan sebab-sebab kejadiannya, mulai dari gempa bumi yang relatif kecil sampai gempa bumi besar. Jenis gempa bumi tersebut adalah sebagai gempa vulkanik, tektonik, runtuh dan getaran (Bolt, 1976, dalam Widodo, 2006).

Akibat dari gempa bumi dapat berupa akibat langsung dan akibat tidak langsung (Sarwidi, 2006). Adapun akibat langsung dari gempa bumi antara lain kerusakan bangunan rumah tinggal sederhana dari yang retak-retak hingga yang roboh, atau kerugian-kerugian lainnya, misalnya rusaknya gedung teknis, jembatan, instalasi listrik, telepon, dan pipa-pipa air minum serta gas, penurunan atau peninggian permukaan tanah, tanah

longsor, tanah pecah atau rekah, likuifaksi, dimana sewaktu gempa terjadi sifat lapisan tanah berubah menjadi seperti cairan sehingga tak mampu menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya, dan tsunami.

Sedangkan akibat gempa secara tidak langsung antara lain korban jiwa dan luka-luka yang disebabkan oleh keruntuhan bangunan, korban jiwa dan luka-luka yang disebabkan oleh gelombang besar tsunami pada daerah di sekitar pantai, kebakaran yang disebabkan oleh putusnya saluran gas dan hubungan pendek listrik atau letupan kompor, wabah penyakit yang disebabkan oleh sarana dan prasarana kesehatan tidak berfungsi dengan baik, masalah keamanan akibat terjadi penjarahan, perampokan, dan ekonomi yang diakibatkan oleh hancurnya sarana dan prasarana ekonomi, sosial, misalnya terjadi pengungsian dan gelandangan.

Kerentanan bangunan

Kerentanan bangunan merupakan faktor yang harus diperhitungkan dalam pengurangan risiko bencana gempa bumi sebagai salah satu unsur dalam kerentanan komunitas dalam menghadapi bencana. Menurut Pine (2009), kerentanan (*vulnerability*) merupakan hasil dari suatu kondisi dan proses yang dipengaruhi dari bahaya yang berasal dari alam, teknologi, atau situasi ekstrim tertentu. Dimensi kerentanan mencakup pada kerentanan sosial, kerentanan ekonomi, dan kerentanan lingkungan.

Kerentanan bangunan sebagai bagian dari kerentanan fisik lingkungan, didefinisikan sebagai fungsi kinerja struktur bangunan dalam merespon gempa, yaitu semakin tinggi level kegempaanannya, maka semakin berat kinerja struktur untuk mengurangi dampak kerusakannya (Zulfiar dkk., 2015). Faktor penyebab utama kerentanan bangunan dikelompokkan menurut lokasi bangunan, massa dan bentuk bangunan, struktur bangunan, dan kondisi bangunan (Boen, 2009). Lokasi bangunan berkaitan dengan topografi, geologi dan daya

dukung tanah. Massa dan bentuk bangunan berkaitan dengan pembebanan dan material bangunan, keteraturan vertikal dan horizontal yang menyebabkan torsi, dan ukuran bukaan pada dinding yang cenderung memperlemah struktur bangunan. Struktur konstruksi bangunan berkaitan dengan sistem struktur atau kesesuaian struktur dengan tingkat kerawanan lokasi, prinsip struktur atau taraf keamanan struktur yang direncanakan terhadap gempa bumi, dan mutu konstruksi. Sedangkan kondisi bangunan berkaitan dengan pemanfaatan, pemeliharaan bangunan, dan usia pakai bangunan.

Filosofi bangunan tahan gempa

Bangunan tahan gempa atau *earthquake resistant building* adalah bangunan yang relatif kuat terhadap bahaya gempa tetapi pembangunannya tidak mahal atau ekonomis. Pada kondisi ini, bangunan masih dimungkinkan untuk mengalami kerusakan dengan tingkat kerusakan berbeda-beda yang tergantung pada besarnya kekuatan gaya gempa yang terjadi, serta kemungkinan periode ulang/kejadiannya. Faktor ketahanan bangunan juga berpengaruh pada disain bangunan tahan gempa yaitu semakin penting suatu bangunan, maka semakin lama bangunan tersebut harus bertahan, berarti semakin besar gaya gempa yang harus diperhitungkan pada bangunan tersebut (Widodo, 2006). Adapun filosofi bangunan tahan gempa tersebut atau sering juga disebut prinsip-prinsip bangunan tahan gempa (Sarwidi, 2006) adalah sebagai berikut. Pada gempa kecil (*light atau minor earthquake*) yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang masih dapat ditoleransi pada elemen non-struktur masih dibolehkan. Pada gempa menengah (*moderate earthquake*) yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan tapi masih dapat diperbaiki. Elemen non-struktur dapat saja rusak tetapi masih dapat diganti yang baru.

Pada gempa kuat (*strong earthquake*) atau gempa besar (*great earthquake*) yang jarang terjadi, maka bangunan boleh rusak tetapi tidak boleh runtuh total (*totally collapse*), yang tujuannya adalah melindungi manusia/penghuni bangunan secara maksimum.

Penilaian kerentanan bangunan secara cepat

Penilaian kerentanan bangunan secara cepat (*rapid visual screening, RVS*) merupakan tahap awal pengukuran suatu bangunan terhadap kinerja seismik. Melalui prosedur ini, dapat dilakukan inventarisasi bangunan yang berpotensi mengalami kegagalan akibat guncangan gempa bumi sebagai bagian dari manajemen risiko bencana (FEMA, 2002).

Prosedur penilaian cepat dirancang untuk diterapkan tanpa melakukan analisis struktur dengan menggunakan sistem penilaian yang mengharuskan surveyor untuk menentukan jenis bangunan dengan mengidentifikasi bahan konstruksi dan sistem penahan gaya gempa utama, serta mengidentifikasi atribut bangunan yang memodifikasi kinerja seismik yang diharapkan berdasarkan tipe bangunan. Pengumpulan data dan penilaian dilakukan di lokasi bangunan melalui pengamatan yang dicatat pada formulir pengumpulan data (FEMA, 2002).

Penilaian kerentanan bangunan dengan metode ACeBS

Metode ACeBS merupakan salah satu metode penilaian cepat kerentanan bangunan yang dikembangkan oleh Badan Nasional Pengurangan Bencana bekerja sama dengan Museum Gempa Prof. Dr. Sarwidi. Metode ini dapat dilakukan untuk penilaian gedung 1 lantai sederhana dan gedung bertingkat 2-4 lantai dengan tipe bangunan C3 menurut *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) yaitu bangunan dengan struktur beton bertulang dengan dinding pengisi tanpa perkuatan. Metode ini dikembangkan melalui suatu aplikasi yang disebut ACeBS (Asesmen Cepat Bangunan Sederhana) yang

merupakan salah satu fitur dalam aplikasi inaRISK personal yang dipasang pada telepon pintar (*smartphone*) dengan maksud agar metode ini dapat digunakan secara luas oleh masyarakat (Yunus (Ed), 2021).

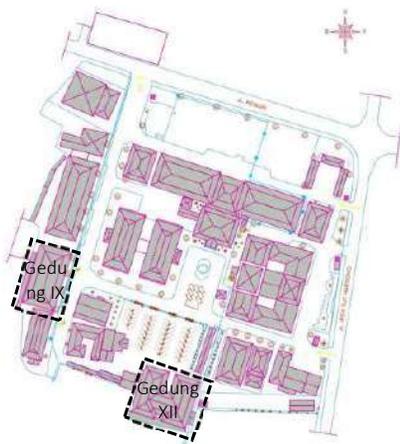
Metodologi penelitian

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada dalam Kompleks Balaikota Yogyakarta (Gambar 1) dengan memilih 2 (dua) buah bangunan 2 (dua) sampai 4 (empat) lantai yang difungsikan untuk kantor.

Bangunan gedung yang dipilih adalah sebagai berikut ini.

- Gedung IX yaitu gedung yang digunakan secara bersama sebagai Kantor Dinas Pekerjaan Umum, Perumahan dan Kawasan Permukiman (DPUPKP) dan Badan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah (BPKAD); dan
- Gedung XII yaitu gedung yang digunakan secara bersama sebagai Kantor Dinas Pertanahan dan Tata Ruang (Dinpetaru) dan Bagian Hukum Sekretariat Daerah.



Gambar 1. Kompleks Balaikota Yogyakarta

Pemilihan kedua gedung dilakukan atas dasar bahwa gedung tersebut merupakan gedung yang keberadaannya sejak awal kompleks yang telah mengalami dampak gempa bumi tahun 2006, serta memiliki dokumen teknis berupa dokumen rencana renovasi.

Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan dan evaluasi dokumen perencanaan gedung bila diperoleh serta wawancara dengan pemilik gedung. Pada penelitian ini, diperoleh dokumen renovasi Gedung IX tahun 2019 dan Gedung XII tahun 2022. Wawancara dilakukan dengan pengelola pemeliharaan gedung yaitu pegawai Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman Kota Yogyakarta. Observasi gedung dilakukan dengan melihat bangunan dari sisi luar dengan berjalan di sekitar gedung, serta melihat sisi dalam gedung dengan cara memasuki gedung.

Data dan informasi yang dikumpulkan selanjutnya dimasukkan pada aplikasi yang telah mengakomodir ruang untuk menginput informasi identifikasi bangunan, lokasi koordinat bangunan, penggunaan atau fungsi bangunan dan ukurannya, foto bangunan, sketsa atau denah, dan dokumentasi data terkait dengan kinerja seismik. Data atau informasi tersebut dimasukkan dalam sebuah formulir yang sudah disiapkan oleh aplikasi ACeBS dengan cara memberikan centang pada pilihan, memberikan catatan atau angka, dan mengunggah foto. Pada pelaksanaan di lapangan, data atau informasi dapat dimasukkan langsung ke dalam aplikasi, namun pada kondisi jaringan internet tidak tersedia, dapat pula dilakukan setelah semua data dan informasi dikumpulkan.

Teknik pengisian data

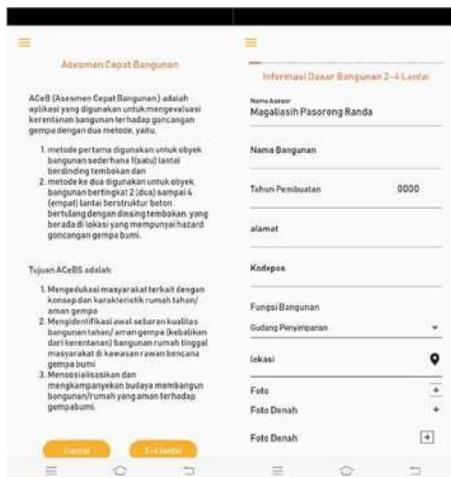
Proses pengisian data dalam aplikasi ACeBS untuk penilaian bangunan bertingkat 2 (dua) sampai 4 (empat) lantai adalah sebagai berikut.

- Masuk ke aplikasi inaRISK Personal pada menu *smartphone*, dan pilih fitur aplikasi ACeBS (Gambar 2). Apabila aplikasi belum terpasang, dapat diunduh dari *website* inaRISK atau *playstore* untuk *android*,

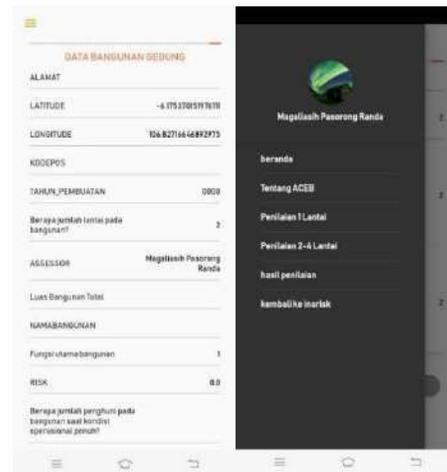


Gambar 2. Tampilan awal aplikasi inaRISK Personal

- b. Pilih menu “Penilaian 2-4 lantai” untuk masuk ke dalam menu instrumen penilaian bangunan bertingkat 2-4 lantai yang dimulai dengan menampilkan Tahap Asesmen 1: Informasi dasar bangunan 2-4 Lantai (Gambar 3).



Gambar 3. Tampilan awal aplikasi ACeBS dan Informasi dasar bangunan



Gambar 4. Pratinjau Jawaban untuk Penilaian Bangunan Bertingkat 2-4 Lantai dan menu untuk melihat hasil asesmen

- c. Proses dilanjutkan ke Tahap Asesmen 2: Kegunaan dan Fungsi Bangunan dan tahap asesmen berikutnya sampai seluruh pertanyaan terisi. Adapun tahap asesmen berikutnya diantaranya ketidakteraturan pada bangunan, kondisi fisik bangunan, risiko non struktural, kolom tidak menerus, tinggi bangunan, dimensi kolom, dimensi balok, fungsi bangunan, mutu beton dan jumlah kolom, jarak bangunan bersebelahan, dan kolom pendek. Untuk bantuan pengisian, dapat memilih menu “i” dalam lingkaran hijau yang terdapat di depan pertanyaan. Untuk menutup bantuan pilih “OK”.
- d. Setelah mengisi seluruh pertanyaan, masuk ke dalam menu “Pratinjau Jawaban” yang dapat digunakan untuk melihat seluruh jawaban yang telah diisikan. Apabila ada jawaban yang belum sesuai, dapat diubah sebelum menyimpan data ke sistem aplikasi.
- e. Selanjutnya data disimpan dan hasil asesmen termuat dalam sistem basis data InaRisk yang dapat dilihat dengan membuka menu “History Penilaian 2-4 lantai” dan memilih gedung yang dievaluasi (Gambar 4).

Metode analisis data

Prosedur penilaian yang dilakukan dalam aplikasi ACeBS mengacu pada FEMA 154 tahun 2002 dan FEMA 310, namun telah disesuaikan untuk keperluan penggunaan penilaian kerentanan bangunan gedung

bertingkat yang umum di Indonesia. Sesuai dengan keterangan dalam aplikasi ACeBS, penyesuaian yang dilakukan berkaitan dengan peraturan atau standar yang digunakan adalah Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman; Permen PUPR Nomor 5 Tahun 2016 tentang Izin Mendirikan Bangunan Gedung; Permen PUPR Nomor 27 Tahun 2018 tentang Izin Mendirikan Bangunan Gedung; SNI 1726-2019; SNI 1727-2013; dan Desain Spektra Puskim yang berlaku terkini.

Untuk mengetahui hasil penilaian terhadap kerentanan, dilakukan dengan melihat skor yang diperoleh berdasarkan kondisi bangunan. Secara otomatis aplikasi ACeBS langsung melakukan perhitungan skor atau nilai pada saat data yang telah diisikan pada aplikasi disimpan. Perhitungan skor mengacu pada FEMA 154 (2002) sebagaimana dalam Tabel 1.

Tabel 1. Skor dasar, Skor Pengubah dan skor final sesuai tingkat seismisitas untuk bangunan tipe C3 (FEMA, 2002).

Basic score, Modifiers, Final Score, S	Seismicity		
	High	Moderate	Low
Basic Score	1,6	3,2	4,4
Mid Rise (4 to 7 stories)	+0,2	+0,2	-0,4
Vertical Irregularity	-1,0	-2,0	-
Plan Irregularity	-0,5	-0,5	-2,0
Pre-Code	-0,2	-1,0	-0,8
Post-Benchmark	N/A	N/A	N/A
Soil Type C	-0,4	-0,6	-0,4
Soil Type B	-0,4	-1,0	-0,8
Soil Type A	-0,8	-1,6	-2,0

Skor dasar (*Basic Score*) merupakan nilai awal yang diberikan terhadap semua gedung yang dievaluasi, menyesuaikan wilayah seismisitasnya yang telah ditentukan otomatis oleh aplikasi berdasarkan Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 yang dapat diakses melalui alamat <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> website di lokasi gedung dan pembagian wilayah tingkat seismisitas sesuai dengan FEMA 154 (Gambar 5).

Table 2-1 Regions of Seismicity with Corresponding Spectral Acceleration Response (from FEMA 310)

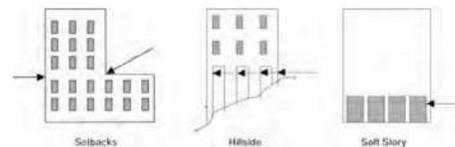
Region of Seismicity	Spectral Acceleration Response, SA (short-period, or 0.2 sec)	Spectral Acceleration Response, SA (long-period or 1.0 sec)
Low	less than 0.167 g (in horizontal direction)	less than 0.067 g (in horizontal direction)
Moderate	greater than or equal to 0.167 g but less than 0.500 g (in horizontal direction)	greater than or equal to 0.067 g but less than 0.200 g (in horizontal direction)
High	greater than or equal to 0.500 g (in horizontal direction)	greater than or equal to 0.200 g (in horizontal direction)

Notes: g = acceleration of gravity

Gambar 5. Pembagian wilayah seismisitas (FEMA, 2002)

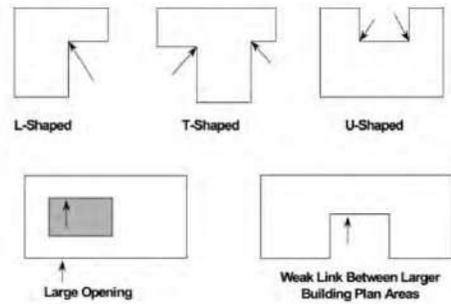
Skor Pengubah (*Modifiers Score*) merupakan bagian atau faktor yang berkaitan dengan kinerja struktur bangunan pada saat terjadi guncangan gempa bumi, yang nilainya bervariasi berdasarkan tingkat keparahan dampak pada struktur. Definisi untuk Skor Pengubah adalah sebagai berikut.

- Mid Rise*, skor ini digunakan apabila bangunan memiliki jumlah tingkat 4 sampai dengan 7 lantai.
- Vertical Irregularity*, skor ini berkaitan dengan ketidakteraturan bangunan secara vertikal. Kondisi ketidakteraturan secara vertikal dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Ketidakteraturan bangunan secara vertikal (FEMA, 2002)

- Plan Irregularity*, skor ini berkaitan dengan ketidakteraturan denah bangunan. Kondisi ketidakteraturan denah bangunan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Ketidakteraturan denah bangunan (FEMA, 2002)

- d. *Pre-Code*, skor ini digunakan untuk kondisi mengacu pada tahun bangunan dirancang dan dibangun yang mana peraturan ketahanan gempa pertama kali diadopsi dan diatur. Untuk bangunan dengan tipe Rangka Beton dengan Dinding Bata Tanpa Perkuatan (C3), aplikasi ACeBS menggunakan tahun 1970 sebagai acuan penerapan perencanaan ketahanan gempa sesuai dengan tahun diterbitkannya Peraturan Muatan Indonesia 1970. Skor ini digunakan apabila perencanaan dan pembangunannya sebelum Tahun 1970.
- e. *Post Benchmark*, skor ini mengacu pada tahun dimana telah dilakukan peningkatan dalam perencanaan dan pembangunan bangunan gedung yang diatur dalam peraturan ketahanan gempa yang diadopsi atau diatur. Skor ini digunakan apabila perencanaan dan pembangunannya setelah Tahun 1970.
- f. *Soil Type C, D, E*, skor ini digunakan dengan menyesuaikan jenis tanah pada lokasi bangunan. Apabila tidak ada data jenis tanah, yang digunakan adalah jenis tanah E.
- g. Skor akhir (*Final Score, S*) diperoleh dengan menambahkan seluruh skor dalam tabel untuk Skor Dasar (*Basic Score*), Skor tinggi bangunan, ketidakteraturan vertikal dan mendatar, *pre-code* atau *post benchmark*, dan jenis tanah. Skor akhir tersebut dibandingkan dengan nilai skor 2 yang merupakan nilai batas acuan perlu dilakukannya tahap evaluasi lanjutan (*Tier 2*).

Berdasarkan hasil skor akhir tersebut, aplikasi memutuskan apakah bangunan tersebut aman atau memerlukan evaluasi lebih rinci yang kemudian tercatat "YA"

atau "TIDAK" di hasil analisis. Apabila skor akhir lebih kecil dari 2 maka aplikasi ACeBS menuliskan "YA" dan sebaliknya menuliskan "TIDAK".

Interpretasi skor tersebut pada dasarnya adalah perkiraan kemungkinan suatu bangunan akan runtuh jika terjadi gerakan tanah atau gempa. Nilai skor akhir (S) adalah probabilitas yang didefinisikan sebagai logaritma negatif (basis 10) dari probabilitas runtuhnya bangunan yang dituliskan dengan $S = -\log_{10}(P)$ dimana P adalah probabilitas runtuhnya bangunan. Sebagai contoh, skor akhir $S = 3$ berarti 1 dari 1000 atau 0,1% kemungkinan bangunan itu akan runtuh jika terjadi gerakan gempa bumi pada tanah tersebut. Sebuah skor akhir $S = 2$ berarti 1 dari 100, atau 1% kemungkinan bangunan akan runtuh jika tanah tersebut terjadi gerakan.

Hasil dan pembahasan

Data input pada aplikasi ACeBS

Pengisian data pada aplikasi ACeBS menyesuaikan dokumen renovasi gedung dan hasil observasi lapangan. Pengisian data melalui beberapa tahapan asesmen sebagaimana dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data input pada aplikasi ACeBS

Gedung IX	Gedung XII
Tahap Asesmen 1: Informasi dasar bangunan (Gambar 8)	
<ul style="list-style-type: none"> • Dibangun 1975. • Fungsi Perkantoran. • Jumlah lantai 3 tanpa <i>basement</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Dibangun 1975. • Fungsi Perkantoran • Jumlah lantai 3 tanpa <i>basement</i>
Tahap Asesmen 2: Pengisian data bangunan (Gambar 9)	
<ul style="list-style-type: none"> • Penghuni 75 org. • Luas 680 m² per lantai, semua sama. • Luas total 2040 m² 	<ul style="list-style-type: none"> • Penghuni 263 org. • Luas 815 m² per lantai, semua sama. • Luas total 2445 m²
Tahap Asesmen 3: Data Tanah	
<ul style="list-style-type: none"> • Dokumen renovasi 2019, tidak ada uji tanah 	<ul style="list-style-type: none"> Dokumen renovasi 2022, ada data uji tanah 2019. Kuat tanah $q_c = 200$ kg/cm² pada kedalaman 1,6 m.

Tabel 2. Data input pada aplikasi ACeBS (lanjutan)

Tahap Asesmen 4: Iregularitas pada bangunan (Gambar 8 dan Gambar 9)	
<ul style="list-style-type: none"> Secara vertikal tampak simetris, tidak terdapat iregularitas vertikal. 	<ul style="list-style-type: none"> Secara vertikal tampak simetris, tidak terdapat iregularitas.
<ul style="list-style-type: none"> Secara horizontal, denah bangunan sama dari lantai 1 s/d 3 namun posisi tangga tidak simetris, terdapat iregularitas horizontal. 	<ul style="list-style-type: none"> Secara horizontal, denah bangunan berbentuk U, terdapat iregularitas horizontal.
Tahap Asesmen 5: Kondisi fisik bangunan	
Kondisi bangunan baik, tidak ditemukan retak-retak, keramik pecah, selimut beton mengelupas, dan lendutan lantai.	Kondisi bangunan baik, tidak ditemukan retak-retak, keramik pecah, selimut beton mengelupas, dan lendutan lantai.
Tahap Asesmen 6: Risiko <i>cladding</i> (Gambar 8)	
Terdapat konsol atap genteng beton yang berisiko jatuh	Terdapat pasangan roster dan konsol atap genteng beton yang berisiko jatuh
Tahap Asesmen 7: Kolom tidak menerus (Gambar 10)	
Semua kolom menerus.	Semua kolom menerus.
Tahap Asesmen 8: Tinggi bangunan (Gambar 8)	
Tinggi setiap lantai sama, 4,1 m.	Tinggi tiap lantai sama 3,6 m
Tahap Asesmen 9: Dimensi kolom (Gambar 10)	
<ul style="list-style-type: none"> Dimensi semua kolom sama dari lantai 1 s/d lantai 3 sama. Ukuran semua kolom 30/60 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensi semua kolom dari lantai 1 s/d lantai 3 sama. Pada sudut gedung berukuran 50/50 cm kolom lainnya berukuran 30/50 cm.
Tahap Asesmen 10: Dimensi balok	
<ul style="list-style-type: none"> Lantai 1 dan 2: balok melintang 30/75, balok 	<ul style="list-style-type: none"> Lantai 1 dan 2: balok melintang 30/65, balok memanjang 30/50.

<ul style="list-style-type: none"> memanjang 30/50. Lantai 3: balok melintang 15/50, balok memanjang 15/25. 	<ul style="list-style-type: none"> Lantai 3: balok melintang 30/50, balok memanjang 30/40.
Tahap Asesmen 11: Fungsi bangunan	
Semua lantai untuk perkantoran	Semua lantai untuk perkantoran
Tahap Asesmen 12: Mutu beton dan jumlah kolom	
<ul style="list-style-type: none"> Mutu beton tidak diketahui, diasumsikan $f_c' = 17,5$ MPa Jumlah kolom pada tiap lantai sama (44 buah) 	<ul style="list-style-type: none"> Mutu beton tidak diketahui, diasumsikan $f_c' = 17,5$ MPa Jumlah kolom tiap lantai sama (66 buah)
Tahap Asesmen 13: Jarak bangunan bersebelahan	
Bangunan terdekat berjarak 3,6 meter, lebih dari 4% dari tinggi bangunan	Bangunan terdekat hanya dipisahkan dilatasi, risiko tumbukan ada
Tahap Asesmen 14: Kolom pendek	
Pada tanah datar, tidak ada kolom pendek	Pada tanah datar, tidak ada kolom pendek

Hasil asesmen ACeBS

Setelah semua data terisi pada aplikasi dan selanjutnya disimpan, melalui menu “History penilaian 2-4 lantai” akan diperoleh hasil asesmen sebagaimana pada Gambar 11 untuk Gedung IX dan Gambar 12 untuk Gedung XII.



Gambar 8. Tampak perspektif gedung

Penentuan tipe bangunan dilakukan dengan memperhatikan struktur pemikul gaya lateral seperti kolom dan balok. Pencermatan pada dokumen perencanaan bangunan sangat penting apabila diperoleh datanya. Secara visual dapat dilihat bahan atau material pembuat struktur. Selanjutnya diperhatikan bahan pengisi untuk dinding, apakah terbuat dari pasangan bata atau terdapat dinding geser atau bahan lainnya. Prosedur ini dilakukan di lapangan dan ditemukan bahwa baik Gedung IX maupun Gedung XII memiliki tipe bangunan sama C3, yaitu bangunan rangka beton bertulang dengan dinding bata. Tipe bangunan ini penting karena menentukan nilai dasar (*basic score*) yang digunakan dalam ACeBS.

Penentuan kondisi tanah juga perlu lebih teliti karena dapat berpengaruh pada skor pengubah (*modifier score*). Untuk Gedung IX, tidak diperoleh data pengujian tanah sehingga pada formulir ACeBS diberi tanda tidak diketahui. Untuk Gedung XII, diperoleh data pengujian tanah yang dilaksanakan pada tahun 2019. Berdasarkan laporan pengujian tanah tersebut diketahui bahwa letak tanah keras $q_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ terletak pada kedalaman 1,6 meter.

Pencermatan terhadap ketidakteraturan vertikal dan horizontal melalui proses yang relatif rumit dengan cara mengidentifikasi ketidakteraturan melalui dokumen perencanaan dan observasi lapangan. Secara visual tidak ditemukan adanya ketidakteraturan vertikal pada Gedung IX karena denah bangunan semua sama dari lantai 1 hingga lantai 3 dan berbentuk persegi panjang. Struktur kolom juga semuanya menerus sampai ujung atas dengan ukuran yang semuanya sama yaitu 30/60 cm. Demikian halnya dengan Gedung XII, ketidakteraturan vertikal tidak ditemukan melalui oservasi eksterior bangunan karena memiliki denah yang sama pada setiap lantainya. Struktur kolom juga semuanya menerus sampai ujung atas dengan ukuran yang semuanya sama yaitu

50/50 cm pada sudut bangunan dan 30/50 cm pada kolom lainnya.

Ketidakteraturan denah atau horizontal secara visual mudah ditemukan pada Gedung XII karena bentuk denahnya U. Untuk Gedung IX secara visual tidak ditemukan ketidakteraturan denah karena bentuk denah yang persegi panjang dengan penataan ruangan interior yang relatif seragam. Ketidakteraturan denah ditemukan melalui pencermatan dokumen perencanaan renovasi gedung tahun 2019 sebagaimana pada Gambar 9. Pada denah ditemukan bahwa posisi tangga tidak simetris sehingga dapat memicu torsi pada bangunan akibat perbedaan titik pusat massa dengan titik pusat kekakuan.

Penentuan adanya tingkat lunak atau lemah dapat dilakukan dengan membandingkan struktur pemikul beban antar lantai. Pada Gedung IX dan Gedung XII tidak ditemukan adanya tingkat lemah karena semua kolom menerus dengan ukuran sama dan pola dinding pada setiap lantai hampir sama.

Untuk identifikasi bahaya non struktural, dilakukan melalui observasi eksterior dan interior bangunan. Hasil observasi pada Gedung IX dan Gedung XII menunjukkan bahwa terdapat bahaya non struktural berupa jatuhnya eksterior pada saat terjadi gempa bumi berupa kanopi pada lantai satu dan dua yang cukup berat akibat material penutupnya berupa genteng beton.

Hasil asesmen ACeBS (Gambar 11 dan 12) memperlihatkan bahwa nilai *pre code* diberi nilai -1 yang mengasumsikan bahwa gedung dibangun sebelum tahun 1970 pada lokasi seismisitas sedang (*moderate seismicity*), namun pada kenyataannya Gedung IX dan Gedung XII dibangun pada tahun 1975. *Pre code* merupakan kondisi di mana bangunan telah dibangun sebelum adanya peraturan yang telah memperhitungkan beban gempa. Indonesia menerapkan Peraturan Muatan Indonesia (PMI) yang telah memperhitungkan beban gempa pada tahun 1970 (Lumantarna,

2008). Tahun 1970 ini menandakan bahwa batas sebelum dan sesudah penerapan peraturan yang menerapkan pembebanan gempa yang dikenal sebagai bangunan yang dibangun sebelum 1970 diberi skor pengubah yang disebut *pre code*. Untuk kasus Gedung IX dan Gedung XII, proses perencanaan kedua gedung tidak diketahui berlangsung tahun berapa karena tidak ada dokumen yang dapat menjadi acuan. Jadi penerapan *pre code* pada situasi ini merupakan pilihan kondisi yang paling aman.

Berdasarkan hasil asesmen ACeBS diperoleh bahwa Gedung IX dan Gedung XII memiliki tingkat kerentanan pada kategori sangat rentan dan diperlukan evaluasi struktural yang lebih detail.

Kesimpulan dan saran

Setelah dilakukan evaluasi struktur bangunan gedung dengan metode ACeBS terhadap Gedung IX dan Gedung XII diperoleh kesimpulan bahwa kedua gedung pada kategori sangat rentan dan memerlukan evaluasi struktur lanjutan yang lebih detail.

Untuk penggunaan gedung saat ini disarankan untuk mengurangi beban bangunan dengan penggantian atap genteng beton menjadi bahan yang lebih ringan, mengurangi beban hidup pada lantai 2 dan 3 dengan memindahkan arsip-arsip ke lantai 1 atau ke gedung lainnya. Pertimbangan untuk dirobohkan dan diganti gedung baru karena umur ekonominya sudah hampir habis dapat menjadi alternatif solusi jangka panjang.

Ucapan terima kasih

Tulisan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, diantaranya Bapak Ir. Dwi Santoso, MT. selaku Kepala Museum Gempa Prof. Dr. Sarwidi, Bapak Rizal Maulana, S.T., M.T. selaku anggota penyusun aplikasi AceBS dan Bapak Ridwan Yunus selaku Tenaga Ahli BNPB dan UNDP (*United Nations Development Programme*). Atas dukungan dan bantuannya, kami ucapkan terima kasih.

Daftar pustaka

- Boen, T. (2009). Cara memperbaiki bangunan sederhana yang rusak akibat gempa bumi. *Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction*.
- Coburn, A., & Spence, R. J. S. (2002). *Earthquake protection* (2nd ed.). J. Wiley.
- FEMA. (2002). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook* (2nd Editions, Vol. 12). <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/dpm.2003.07312dab.014/full/html>
- Lumantarna, B. (2008). *Perkembangan Peraturan Pembebanan dan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa*.
- Pine, J. C. (2009). *Natural hazards analysis: Reducing the impact of disasters*. Auerbach Publications.
- Sarwidi. (2015). *Pengetahuan Dasar Kebencanaan dan Kegempaan* (Cetakan Kedua). Kati-Kata.
- Sarwidi. (2006). *Manual Barrataga (Bangunan Rumah Rakyat Tahan Gempa) Dinding Tembokan* (04 ed.). CEDEDES UII.
- UNDP. (2008). *Disaster Management Preparedness Methodology In Assam*. <http://data.undp.org.in/dmweb/ArticleDRM%20Assam.pdf>
- Widodo. (2006). *Teknik Gempa*. Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
- Yunus (Ed), R. (2021). *Petunjuk Teknis Perangkat Penilaian Kerentanan Bangunan Bertingkat*. Direktorat Mitigasi Bencana, BNPB.
- Zulfiar, M. H., Tamin, T., Pribadi, K. S., & Irwan, I. (2015). Identifikasi Faktor Dominan Penyebab Kerentanan Bangunan Di Daerah Rawan Gempa, Provinsi Sumatera Barat. *Semesta Teknika*, 17(2), 116–125. <https://doi.org/10.18196/st.v17i2.419>