

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia terletak di zona Cincin Api Pasifik, yang memiliki tingkat aktivitas seismik tinggi akibat pergerakan lempeng tektonik (Febrianto et al., 2024). Menurut data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), dilaporkan bahwa pada Juli 2025, terjadi 3.375 gempa bumi di Indonesia, di antaranya 22 gempa dengan magnitudo 5,0 atau lebih, serta dua gempa yang merusak, yaitu Gempa Poso 5,3 pada 14 Juli dan Gempa Poso 6,0 pada 24 Juli (<https://news.detik.com/berita/d-8053376/bmkg-catat-3-375-gempa-di-indonesia-sepanjang-juli-2025>). Gempa besar yang terjadi di Aceh pada tahun 2004, Yogyakarta pada tahun 2006, dan Palu pada tahun 2018, telah menyebabkan kerusakan infrastruktur yang signifikan serta banyaknya korban jiwa (Imani et al., 2022).

Berdasarkan peta sumber dan bahaya gempa yang diperbarui dalam SNI 1726:2019 dari versi sebelumnya, beban gempa di beberapa daerah meningkat antara 27% hingga 69%, termasuk di DKI Jakarta yang rentan karena dekat dengan sesar Baribis, Lembang, dan Cimandiri (Nurusyifa et al., 2023). Fenomena gempa yang berulang menunjukkan bahwa kerusakan bangunan biasanya terjadi karena struktur tidak mampu menahan gaya lateral saat gempa, dengan keruntuhan beton bertulang sering dimulai dari kelemahan sistem pemikul gaya lateral, seperti kolom yang roboh, sendi plastis yang tidak terkendali, atau distribusi gaya yang tidak merata (Febrianto et al., 2024).

Oleh karena itu, bangunan di Indonesia harus dirancang dan dievaluasi agar memiliki kekuatan, kekakuan, dan daktilitas yang mampu menahan beban gempa (Hidayati et al., 2023). Untuk menangani kondisi ini, evaluasi kinerja seismik pada bangunan yang sudah ada sangat diperlukan guna memastikan ketahanan struktur. Pemerintah melalui Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) telah menerapkan survei kerentanan aset bangunan sebagai bagian dari mitigasi bencana, yang mengacu pada standar internasional ASCE 41-17: *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* (BNPB, 2025). Standar Internasional ASCE 41-17 ini

menetapkan prosedur evaluasi seismik dan perbaikan bangunan sebelum gempa, dengan mempertimbangkan kelemahan seperti kualitas bahan dan verifikasi kinerja di bawah intensitas gempa tertentu (Adhitama et al., 2022). Evaluasi dalam ASCE 41-17 terbagi menjadi tiga tingkatan: *Tier 1* untuk penyaringan awal, *Tier 2* untuk memeriksa titik-titik yang tidak sesuai atau tidak diketahui, dan *Tier 3* untuk evaluasi detail secara sistematis (ASCE, 2017).

Dengan itu BNPB menyusun Modul Teknis Survei Kerentanan Bangunan berdasarkan ASCE 41-17 untuk mendukung pelaksanaan survei bagi enumerator, koordinator lapangan, dan pengambil keputusan. Modul teknis survei tersebut memuat beberapa tabel, yaitu: Tabel 17-2 dan 17-3, yaitu menjelaskan kerentanan global bangunan, yang dikembangkan oleh Azra Amalia Fasya, Tabel 17-22 dan 17-23, yaitu menjelaskan struktur rangka beton yang dikembangkan oleh Putri Oktavia Rahmayati. Pada Tabel 17-22, yaitu sebagai alat penyaringan awal di lapangan, dan tabel 17-23 yaitu, sebagai alat evaluasi teknis kolom kritis, Tabel 17-24 dan 17-25, yaitu menjelaskan dinding geser beton dan sistem ganda, yang dikembangkan oleh Intan Aulia. Tabel 17-34 dan 17-35, yaitu menjelaskan dinding bata bertulang dan fondasi, yang dikembangkan oleh Hafizah Intan (BNPB, 2025). Karena penelitian ini tidak bertujuan mengembangkan seluruh materi survei kerentanan bangunan, tetapi secara spesifik berfokus pada asesmen struktur rangka beton (C1). Oleh karena itu, Tabel 17-22 dan 17-23 dipilih karena paling sesuai dengan tujuan pembelajaran, objek asesmen, dan ruang lingkup e-modul yang dikembangkan.

Dalam konteks penelitian untuk pengembangan modul tersebut, Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan (PTB) memiliki keterkaitan (*link and match*) dengan berbagai institusi strategis, seperti Kementerian Keuangan (KEMENKEU) di unit Direktorat Jenderal Kekayaan Negara (DJKN), World Bank, dan BNPB. Salah satu bentuk implementasi kerja sama tersebut adalah penggunaan Modul Teknis Survei KKB yang telah digunakan pada tahap pertama survei kerentanan bangunan oleh BNPB, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), serta empat perguruan tinggi di wilayah Jakarta. Modul teknis ini berfungsi sebagai panduan asesmen awal dalam pelaksanaan survei lapangan terhadap kerentanan aset bangunan.

Pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan belum banyak membahas evaluasi struktur berdasarkan ASCE 41-17, khususnya terkait kerentanan bangunan dan parameter kinerja seismik, dan masih menerapkan perancangan struktur sesuai dengan SNI 2847:2019 dalam bahan ajar (Pertiwi et al., 2024). Kebutuhan pengembangan bahan ajar diperkuat dari pernyataan Kepala Seksi Penilai II, Bidang Pengelolaan Kekayaan yang menegaskan perlunya modul yang mampu mengintegrasikan teori dengan praktik lapangan, khususnya dalam kegiatan survei kerentanan bangunan. Digunakan sebagai *e-learning* untuk menyediakan fleksibilitas dalam belajar dengan akses *online* ke materi pelatihan di *Learning Management System* (LMS) oleh peserta pelatihan dan fasilitator (Fadhillah et al., 2024).

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tahap 1 terhadap mahasiswa Universitas Negeri Jakarta yang terlibat dalam survei kerentanan bangunan menunjukkan bahwa modul teknis yang digunakan berada pada kategori “cukup dibutuhkan” dengan nilai rata-rata 58,26%. Modul tersebut dinilai masih memiliki keterbatasan pada aspek tampilan visual, sistematika penyajian materi, dan kemudahan penggunaan karena di lapangan. Selanjutnya, analisis kebutuhan tahap 2 menunjukkan bahwa materi teknis pada Tabel 17-22 dan 17-23 belum didukung oleh penjelasan konseptual yang memadai, serta keterkaitan antara parameter teknis dan perilaku struktur saat gempa. Dengan hasil persentase untuk kebutuhan e-modul 2, yaitu 81,36%, dan total skor 3,25. Hasil tersebut menunjukkan pada kategori “sangat dibutuhkan” untuk di kembangkan pada materi tabel 17-22 dan 17-23.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pengembangan bahan ajar berbasis penelitian dan pengembangan (R&D) dalam bentuk e-modul. E-modul merupakan bahan ajar elektronik yang dirancang secara sistematis untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri, dan aplikatif, khususnya pada materi teknis (Sidiq & Najuah, 2020). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pengembangan e-modul dengan model ADDIE mampu menghasilkan produk yang valid, praktis, dan efektif dalam pendidikan teknik bangunan. Model ADDIE, sebuah kerangka kerja sistematis dalam desain pembelajaran yang terdiri dari lima fase *Analysis* (Analisis), *Design* (Perancangan), *Development* (Pengembangan),

Implementation (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Model ADDIE ini dipilih karena bersifat iteratif, sistematis, dan dapat meningkatkan kualitas produk secara signifikan jika setiap fase dijalankan dengan benar.

Meskipun penelitian terkait ASCE 41-17 telah banyak dilakukan dalam bidang teknik sipil, integrasinya ke dalam bahan ajar e-modul, khususnya ASCE 41-17 *Tier* 1, masih sangat terbatas. Sehingga diperlukan pengembangan e-modul digital yang lebih aplikatif dan kontekstual (Nasution et al., 2024 ; Ditosurya & Irawati, 2025). Dalam penelitian ini, pengembangan e-modul memanfaatkan aplikasi Canva karena *platform* tersebut relatif belum banyak digunakan dalam pengembangan bahan ajar teknis, namun telah dinyatakan layak sebagai media pembelajaran digital yang efektif dan mudah diakses (Puspita et al., 2021). Selain itu e-modul berbasis teknologi informasi, baik berbasis web maupun aplikasi Android, mampu meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa teknik terhadap materi struktural yang kompleks (Rachmi, 2020). E-Modul ini diharapkan dapat berfungsi sebagai alat bantu modern yang valid dan layak untuk mencapai tujuan tersebut (Jarek, 2025).

Sehubungan dengan itu, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan E-Modul. Asesmen Struktur Rangka Beton (C1) untuk Kerentanan Aset Bangunan berdasarkan ASCE 41-17 *Tier* 1, khususnya Tabel 17-22 dan 17-23, dengan menggunakan model ADDIE. E-modul ini dirancang dengan 4 Bab sebagai berikut: Bab I yaitu, memuat konsep kinerja sistem struktur rangka beton, seperti struktur rangka beton, redundansi struktur, prinsip kolom kuat-balok lemah, serta kontinuitas diafragma. Bab II yaitu, pembahasan mengenai sistem penahan gaya seismik tentang perilaku sistem struktur, dan komponen utama struktur rangka beton. Bab III yaitu, kapasitas tegangan geser dan tegangan aksial kolom beton. Bab IV yaitu, instrumen asesmen kerentanan struktur sesuai dengan ASCE 41-17. Pengembangan ini diharapkan dapat membantu peserta pelatihan memahami hubungan antara perilaku elemen struktural dan terkait keseluruhan bangunan terhadap beban gempa secara lebih komprehensif.

Dengan demikian, pengembangan e-modul ini diharapkan mampu menjembatani kesenjangan antara teori perancangan struktur dan praktik evaluasi kinerja seismik bangunan, meningkatkan kemampuan analitis peserta pelatihan,

serta memperkuat relevansi pembelajaran dengan kebutuhan industri konstruksi yang berorientasi pada keselamatan dan ketahanan struktur. Berdasarkan dari penjelasan tersebut, penelitian ini diberi judul **“Pengembangan E-Modul Asesmen Struktur Rangka Beton (C1) Untuk Kerentanan Aset Bangunan”**.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, masalah yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Modul Teknis Survei Kerentanan Bangunan berdasarkan ASCE 41-17 yang digunakan oleh BNPB masih memiliki keterbatasan dalam aspek penjelasan konseptual, sistematika penyajian, dan kemudahan penggunaan di lapangan oleh peserta pelatihan tahap pertama.
2. Materi inti pada Tabel 17-22 dan 17-23 belum dilengkapi dengan penjelasan yang mengaitkan parameter teknis dengan perilaku struktur rangka beton saat gempa.
3. Belum tersedia e-modul yang aplikatif, kontekstual, dan berbasis digital untuk mendukung pembelajaran dan pelatihan pada survei kerentanan bangunan.

1.3 Pembatasan Masalah

Dikarenakan luasnya ruang lingkup penelitian yang akan dijalankan maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian difokuskan pada pengembangan bahan ajar berupa E-Modul Asesmen Struktur Rangka Beton (C1) untuk Kerentanan Aset Bangunan.
2. Materi yang dikembangkan dibatasi pada ASCE 41-17 *Tier 1*, khususnya Tabel 17-22 dan Tabel 17-23 mengenai struktur rangka beton.
3. Penelitian difokuskan pada pengembangan e-modul untuk bahan ajar peserta pelatihan survei kerentanan bangunan dilaksanakan oleh BNPB dan DJKN.
4. E-modul dikembangkan menggunakan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi.
5. Pada tahap implementasi, uji coba skala besar hanya masukan dari peserta pelatihan, dan tidak ada hasil efektivitas.

6. Media pengembangan e-modul dibatasi menggunakan aplikasi Canva sebagai *platform* utama.
7. Sasaran produk penelitian adalah peserta pelatihan survei kerentanan bangunan dilaksanakan oleh BNPB, DJKN, dan World Bank.

1.4 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari penelitian ini adalah "Bagaimana Pengembangan E-Modul Asesmen Struktur Rangka Beton (C1) untuk Kerentanan Aset Bangunan dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*)?"

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan produk berupa E-Modul Struktur Rangka Beton (C1) untuk Kerentanan Aset Bangunan dengan model ADDIE, digunakan oleh peserta pelatihan survei kerentanan bangunan di LMS.

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka manfaat penelitian sebagai berikut :

1.6.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian diharapkan dapat memperkaya kajian keilmuan di Program Studi PTB melalui pengembangan bahan ajar digital (*e-modul*) berdasarkan ASCE 41-17. Melalui integrasi parameter teknis pada Tabel 17-22 dan 17-23 ASCE 41-17, penelitian ini memperkuat pemahaman konseptual mengenai perilaku nyata elemen struktur rangka beton (C1) saat menerima beban gempa. Sehingga menghasilkan landasan teori yang lebih komprehensif, aplikatif, dan relevan dengan kebutuhan mitigasi bencana saat ini.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Bagi Mahasiswa

Produk E-Modul yang dikembangkan dapat membantu mahasiswa sebagai peserta pelatihan kegiatan survei kerentanan bangunan dapat memahami konsep struktur rangka beton (C1) secara lebih visual, aplikatif, dan mandiri.

2. Bagi Institusi dan Praktisi di Lapangan

Produk E-Modul ini menjadi panduan lapangan yang lebih aplikatif, sistematis, dan komunikatif secara visual untuk mempermudah enumerator serta koordinator lapangan dalam melakukan penyaringan awal (*Tier 1*) terhadap Barang Milik Negara (BMN).

3. Bagi Perkembangan Media Pembelajaran Digital

Produk E-Modul ini penerapan dengan *platform* Canva dan *flipbook* di LMS, yang dikembangkan dengan model ADDIE menjadi media pembelajaran teknis yang kompleks agar lebih mudah dipahami dan menarik secara tampilan.

