

Evaluasi Potensi Defisiensi pada Bangunan Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang terhadap Gempabumi Menggunakan Metode Evaluasi Tier 1 Berdasarkan RSNI (ASCE 41-17)

Furqan Aziul Ardi, Maidiawati* & Anggun Pratiwi

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Padang-Indonesia

Email: maidiaawati@itp.ac.id

Dikirim: 21 Maret 2024

Direvisi: 23 Juli 2024

Diterima: 29 Juli 2024

ABSTRAK

Gempabumi merupakan gejala alam yang tidak dapat dihilangkan atau ditiadakan. Kejadian gempabumi sangat berpengaruh terhadap bangunan. Indonesia merupakan suatu wilayah yang hampir seluruhnya berada di sekitar *ring on fire* (daerah yang sering mengalami gempabumi dengan intensitas sedang hingga tinggi dan letusan gunung api). Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang memiliki 3 lantai yang berfungsi untuk praktikum dan perkuliahan. Sebagai sebuah gedung pendidikan, kenyamanan pengguna menjadi prioritas utama, sehingga dilakukanlah evaluasi guna memastikan bahwa struktur bangunan tersebut memenuhi standar keamanan yang diperlukan serta mampu bertahan tanpa mengalami keruntuhan saat terjadi gempabumi dengan menggunakan metode evaluasi tier 1 berdasarkan ASCE 41-17. Evaluasi tier 1 pada gedung ini dilakukan berdasarkan gambar struktur gedung, pemodelan struktur menggunakan ETABS dan perhitungan manual dengan *software excel*. Hasil penelitian yaitu terdapat ceklis yang terpenuhi pada evaluasi tier 1, adalah jalur beban, bangunan yang berdekatan, tingkat lemah, tingkat lunak, geometri, massa, torsi, kegagalan lereng, guling, redudansi, tegangan geser kolom, tegangan aksial kolom, rangka pelat datar, kolom kaptif, tidak ada kegagalan geser, tulangan balok, sambungan tulangan balok, eksentrisitas joint, Kontinuitas diafragma dan penulangan diafragma pada bukaan. Pernyataan ceklis yang tidak terpenuhi pada evaluasi tier 1, adalah dinding yang menghalangi, kolom kuat balok lemah, spasi tie kolom, spasi sengkang, dan kompatibilitas defleksi. Berdasarkan hasil evaluasi ceklis tier 1, bangunan gedung ini tidak memenuhi tingkat kinerja *immediate occupancy* karena terdapat beberapa kriteria ceklis yang tidak terpenuhi.

Kata kunci: evaluasi potensi defisiensi, tier 1, RSNI/ASCE 41-17, ETABS, Gempabumi

1. PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan gejala alam yang tidak dapat dihilangkan atau ditiadakan, yang sangat berpengaruh terhadap bangunan, terutama pada bangunan bertingkat. Perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa sangat penting di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan suatu wilayah yang hampir seluruhnya berada di sekitar *ring on fire* (daerah yang sering mengalami gempabumi dengan intensitas sedang hingga tinggi dan letusan gunung api), yang memanjang dari Pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Sulawesi (Vicky, 2014).

Penelitian analisis kapasitas seismik bangunan gedung sebelumnya telah banyak dilakukan peneliti terdahulu dengan beberapa metode, di antaranya metode evaluasi kekuatan berdasarkan SNI1726 (Yulianto and Marcello A, 2022), metode RVS (Birawaputra and Tethool, 2019), metode JBDPA (Nining, 2014), metode *pushover* (Sriwahyuningsih, 2019), ASCE 41-17 (Adhitama et al., 2022) dan ASCE 41-13 (Adeswastoto et al., 2017).

Penelitian ini melakukan evaluasi potensi defisiensi pada bangunan Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang terhadap gempabumi yang telah dibangun pada tahun 2019. Gedung ini berfungsi sebagai gedung praktikum dan perkuliahan, diharapkan gedung ini dapat menahan beban gempa yang terjadi nantinya. Evaluasi seismik bangunan gedung ini dianalisis menggunakan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI)/ASCE 41-17 dengan prosedur tier 1 untuk mengidentifikasi kekurangan yang bisa saja terjadi pada bangunan gedung terkait ketahanan gedung terhadap beban gempa. RSNI ini merupakan rancangan standar pertama untuk evaluasi seismik dan rehabilitasi bangunan eksisting di Indonesia yang diadopsi dari standar ASCE 41-17 (American Society of Civil Engineering 41-17) dan saat ini belum resmi ataupun belum disahkan menjadi Standar Nasional Indonesia karena rancangan standar ini belum disesuaikan dengan parameter yang ada di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi defisiensi pada struktur pada bangunan Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang terhadap gempa dengan menggunakan metode evaluasi awal atau tier 1 berdasarkan RSNI/ASCE 41-17.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini evaluasi seismik bangunan gedung mengacu pada RSNI/ASCE 41-17. Pada RSNI/ASCE 41-17 terdapat 3 tahapan (*tier*), yaitu:

- a. *Tier 1*, tahapan penyaringan.
Tahapan berbasis ceklis yang mengidentifikasi berbagai potensi kekurangan/defisiensi pada kondisi aktual bangunan gedung berdasarkan tingkat kinerja seismisitas.
- b. *Tier 2*, tahapan evaluasi berbasis defisiensi.
Tahapan analisis tambahan yang dilakukan lebih rinci atau *detail* berdasarkan defisiensi yang teridentifikasi pada tahapan penyaringan (*tier 1*).
- c. *Tier 3*, tahapan evaluasi sistematis.
Tahapan analisis menyeluruh pada bangunan gedung dan bersifat spesifik. Tahap ini merupakan tindak lanjut dari evaluasi *tier 1* dan *tier 2* untuk menentukan karakteristik kekuatan, kekakuan, dan daktilitas pada komponen struktur sesuai dengan tujuan kinerja.

Tahapan penelitian ini dibagi dalam beberapa bagian, yaitu studi literatur, pengumpulan data, pemilihan formulir ceklis *tier 1*, pemodelan struktur bangunan dengan ETABS, evaluasi kriteria ceklis *tier 1* yang dilakukan berdasarkan gambar struktur gedung dan hasil pemodelan ETABS, pembahasan, dan kesimpulan.

2.1 Data

Analisis pada Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang ini menggunakan data sekunder berupa gambar rencana gedung ini. Gedung ini berlokasi Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat. Gedung ini terdiri dari 3 lantai yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan dan labor praktikum, gedung eksisting dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Foto eksisting Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang

Informasi bangunan Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, yaitu:

- a. Tujuan kinerja: Gedung ini termasuk kepada jenis tujuan kinerja dasar untuk bangunan gedung eksisting (TKDBGGE). Tujuan kinerja ini memiliki tingkat kinerja yang bervariasi berdasarkan kategori resiko bangunan untuk beban gempa.
- b. Tingkat seismisitas: Untuk menentukan tingkat seismisitas dibutuhkan nilai parameter percepatan spektral desain (S_{DS} dan S_{DI}) yang ditentukan oleh lokasi bangunan. Bangunan Gedung ini memiliki nilai parameter percepatan spektral desain $S_{DS} = 1,90$ g dan $S_{DI} = 0,56$ g (Desain Spektra Indonesia, 2021). Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan bahwa bangunan gedung ini berada pada tingkat seismisitas tinggi.

Tabel.1 Tingkat seismisitas (Sumber: RSNI/ASCE 41-17)

Level seismisitas ^a	S_{DS}	S_{DI}
Sangat rendah	$< 0,167$ g	$< 0,067$ g
Rendah	$\geq 0,167$ g	$\geq 0,067$ g
	$< 0,33$ g	$< 0,133$ g
Sedang	$\geq 0,33$ g	$\geq 0,133$ g
	$< 0,50$ g	$< 0,20$ g
Tinggi	$\geq 0,50$ g	$\geq 0,20$ g

^a Level seismisitas yang lebih tinggi yang ditentukan oleh S_{DS} atau S_{DI} harus memenuhi

- c. Tingkat kinerja: Tingkat kinerja bangunan eksisting ditentukan berdasarkan kategori resiko bangunan. Bangunan Gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang berada pada kategori resiko IV, sehingga berdasarkan Tabel 2 tingkat bangunan kinerja struktural *Immediate Occupancy* (IO) pada tingkat kegempaan BSE-1E dan struktural *Life Safety* (LS) pada tingkat kegempaan BSE-2E.

Tabel 2. Lingkup penilaian yang dibutuhkan untuk Tier 1 dan Tier 2 dengan TKDBGE

Kategori risiko	Tier 1 dan Tier 2 ^a	
	BSE-1E	BSE-2E
I dan II	Tidak dievaluasi	Kinerja struktural <i>CP</i>
	Kinerja nonstruktural <i>LS</i> (3-C)	Kinerja nonstruktural <i>HR</i> ^b (5-D)
III	Tidak dievaluasi	Kinerja struktural <i>LdS</i> ^c
	Kinerja nonstruktural <i>PR</i> (2-B)	Kinerja nonstruktural <i>HR</i> ^b (4-D)
IV	Kinerja struktural <i>IO</i>	Kinerja struktural <i>LS</i> ^d
	Kinerja nonstruktural <i>PR</i> (1-B)	Kinerja nonstruktural <i>HR</i> ^b (3-D)

^a Untuk penilaian kategori risiko I-III pada tier 1 dan tier 2, kinerja struktural untuk BSE-1E tidak perlu dievaluasi secara eksplisit

^b Sesuai dengan ketentuan dalam RSNIXXXX-202X untuk konstruksi baru

^c Untuk kategori risiko III, daftar pemeriksaan tier 1 harus berdasarkan level kinerja *CP* (S-5), kecuali jika daftar pemeriksaan menggunakan prosedur cek cepat dari 4.4.3 harus berdasarkan faktor M_s yang diambil sebagai rata-rata nilai untuk *LS* dan *CP*.

^d Untuk kategori risiko IV, daftar pemeriksaan tier 1 harus berdasarkan level kinerja *CP* (S-5), kecuali jika daftar pemeriksaan menggunakan prosedur cek cepat dari 4.4.3 harus berdasarkan faktor M_s untuk *LS*.

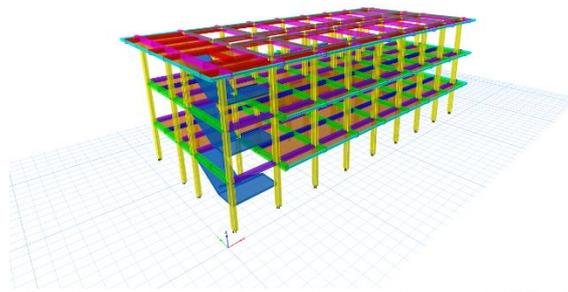
(Sumber: RSNIXXXX:202X, n.d.)/ ASCE 41-17)

2.2 Formulir Tier 1

Formulir ceklis tier 1 yang digunakan pada penelitian ini, yaitu konfigurasi dasar bangunan dan struktur dengan konstruksi rangka momen beton (C1) pada tingkat kinerja *immediate occupancy* (IO). Formulir ceklis konfigurasi dasar bangunan memiliki beberapa pernyataan, yaitu: jalur beban, bangunan yang berdekatan, mezanin, tingkat lemah, tingkat lunak, ketidakberaturan vertikal, geometri, massa, torsi, likuifaksi, kegagalan lereng, patahan sesar permukaan, guling, dan sengkang ikat antara elemen fondasi. Formulir ceklis struktur dengan konstruksi rangka momen beton (C1) memiliki beberapa pernyataan, yaitu: redudansi, dinding yang menghalangi, cek tegangan geser kolom, cek tegangan aksial kolom, kolom beton, rangka pelat datar, elemen rangka prategang, kolom kaptif, tidak ada kegagalan geser, tulangan balok, sambungan tulangan kolom, sambungan tulangan balok, spasi tie kolom, spasi sengkang, *joint* penulangan melintang, eksentrisitas *joint*, sengkang dan sengkang ikat, kompatibilitas defleksi, pelat datar, kontinuitas diafragma, ketidakberaturan denah, penulangan diafragma pada bukaan, dan gaya angkat pada poer.

2.3 Pemodelan Struktur Gedung

Pemodelan struktur menggunakan *software* ETABS (Extended Three - Dimensional Analysis of Building System) bertujuan untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya dalam yang diterima setiap elemen struktur akibat beban-beban yang bekerja pada bangunan gedung. Pemodelan struktur gedung ini dibuat mengikuti gambar rencana dan fokus hanya pada struktur atas yaitu balok, kolom, plat lantai dan pondasi bangunan diasumsikan mampu membatasi pergerakan translasi dan rotasi sehingga seluruh titik perletakan bangunan direpresentasikan dalam pemodelan sebagai perletakan jepit. Pemodelan struktur bangunan gedung ini pada ETABS dapat dilihat pada Gambar 2. Beban yang bekerja pada gedung ini, yaitu beban mati berdasarkan PPPURG (1987), beban hidup berdasarkan SNI-1727-2020) dan beban gempa menggunakan metoda statik ekuivalen berdasarkan SNI-1726-2019).



Gambar 1. Pemodelan struktur gedung pada ETABS

2.4 Evaluasi Ceklis Tier 1

Bangunan gedung ini dianalisis berdasarkan gambar struktur bangunan gedung dan hasil pemodelan struktur bangunan gedung pada ETABS berupa gaya dalam (gaya aksial), simpangan antar lantai, tingkat lunak dan torsi. Analisis bangunan gedung yang membutuhkan perhitungan dilakukan menggunakan *software excel*. Analisis bangunan gedung yang membutuhkan perhitungan antara lain: pembebanan struktur bangunan gedung, tingkat lunak, tingkat lemah, massa, torsi, tegangan geser kolom, tegangan aksial kolom, kolom kuat balok lemah, dan lain-lainnya.

2.5 Pembahasan

Dari hasil analisis struktur bangunan gedung ini yang dilakukan sesuai dengan pernyataan pada formulir ceklis konfigurasi dasar bangunan dan formulir ceklis khusus struktur, maka dapat diketahui apakah pernyataan pada formulir ceklis tersebut sesuai (C), tidak sesuai (NC), tidak berlaku (N/A), atau tidak diketahui (U). Kemudian pernyataan ceklis yang tidak sesuai dilakukan pembahasan mengenai dampak dari pernyataan ceklis tersebut pada bangunan gedung.

3. HASIL DAN DISKUSI

Evaluasi *tier 1* pada bangunan gedung ini dilakukan sesuai dengan formulir ceklis konfigurasi dasar bangunan dan ceklis struktur dengan tipe bangunan konstruksi rangka momen beton (C1) pada tingkat *immediate occupancy* (IO).

3.1 Konfigurasi Dasar Bangunan

Pada formulir ceklis konfigurasi dasar bangunan untuk gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang ini untuk ketentuan semua ceklis sesuai (C) dan tidak ada yang tidak sesuai (NC) akan tetapi ada satu yang tidak berlaku (N/A) yaitu mezanin, dan juga yang ada yang tidak diketahui (U) yaitu likuifaksi, patahan sesar permukaan, dan sengkang ikat di antara elemen fondasi. Informasi hasil dari semua ceklis bisa dilihat lebih detail pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekap ceklis konfigurasi dasar bangunan

No	Evaluasi	Standar	Ceklis
1	Jalur beban	Jalur beban lengkap dan semua elemen vertikal menerus ke fondasi	C
2	Bangunan yang berdekatan	Jarak bersih antar gedung yang dievaluasi dan bangunan yang berdekatan: lebih besar 3% dari tinggi bangunan yang lebih pendek pada seismisitas tinggi.	C
3	Mezanin	Level mezanin interior terbreising secara terpisah dari struktur utama atau diangkur ke elemen penahan gaya gempa dari struktur utama.	N/A
4	Tingkat lemah	Jumlah kekuatan geser sistem penahan gaya seismik di setiap tingkat dan di setiap arah tidak kurang dari 80% kekuatan di tingkat atas yang berdekatan.	C
5	Tingkat lunak	Kekakuan sistem penahan gaya seismik pada tiap tingkat tidak kurang dari 70% dari kekakuan sistem penahan gaya seismik tingkat di atasnya yang berdekatan.	C
6	Ketidakteraturan vertikal	Seluruh elemen vertikal pada sistem penahan gaya seismik bersambung dengan fondasi.	C
7	Geometri	Tidak ada perubahan dalam dimensi bersih horizontal dari sistem penahan gaya seismik yang lebih dari 30% pada tingkat yang saling berhubungan.	C
8	Massa	Tidak ada perubahan massa efektif lebih dari 50% dari 1 lantai ke lantai selanjutnya.	C
9	Torsi	Estimasi jarak antar pusat massa tingkat dan pusat rigiditas tingkat adalah kurang dari 20% lebar bangunan.	C
10	Likuifaksi	Tidak ada tanah fondasi di kedalaman 50 kaki (15,2 m) di bawah bangunan.	U
11	Kegagalan lereng	Lokasi bangunan terletak jauh dari potensi gempa bumi yang disebabkan oleh kegagalan lereng atau runtuh batu.	C
12	Patahan sesar permukaan	Patahan sesar permukaan dan perpindahan permukaan pada bangunan tidak diantisipasi.	U
13	Guling	Rasio dimensi horizontal terkecil dari sistem penahan gaya seismik pada tingkat fondasi dengan tinggi bangunan (dasar/tinggi) lebih besar dari 0,6 S_a .	C
14	Sengkang ikat diantara elemen fondasi	Fondasi memiliki sengkang ikat yang memadai untuk menahan gaya seismik di mana fondasi, tiang pancang, dan pilar tidak terkekang oleh balok, pelat, atau tanah yang diklasifikasikan sebagai Kelas Situs A, B, atau C.	U

Catatan: Sesuai (C), Tidak Sesuai (NC), Tidak Berlaku (N/A), Tidak Diketahui (U).

3.2 Struktur untuk Konstruksi Rangka Momen Beton (C1)

Pada ceklis struktur kontruksi rangka momen beton untuk gedung Labor dan Bengkel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang ini untuk ketentuan ceklis hanya beberapa yang sesuai (C) yaitu, redudansi, cek tegangan geser kolom, cek tegangan aksial kolom, rangka pelat datar, tidak ada kegagalan geser, tulangan balok, eksentrisitas join, kontinuitas diafragma, dan penulangan diafragma pada bukaan. Pada ceklis ini ada yang tidak berlaku (N/A) yaitu, elemen rangka prategang dan plat datar dan untuk yang tidak diketahui (U) yaitu, kolom beton, sambungan tulangan kolom, sambungan tulangan balok, joint penulangan melintang, sengkang dan sengkang ikat, ketidakberaturan denah, gaya angkat pada poer.

Pada ceklis struktur kontruksi rangka momen beton untuk gedung ini untuk ketentuan ceklis yang tidak sesuai (NC) yaitu,

1. Dinding yang menghalangi

Pasangan dinding pada gedung ini tidak terisolasi dari elemen rangka struktur (balok dan kolom). Pasangan dinding yang tidak diisolasi dari elemen rangka struktur menyebabkan dinding ikut menahan gaya gempa dan dapat menambah kekakuan struktur serta memperkecil nilai deformasi yang terjadi. Satu hal lagi yaitu perlu diperhatikan juga bahwa jika terjadi gempa, pasangan dinding yang tidak terisolasi ini akan berisiko mengalami kerusakan dan bahkan keruntuhan pada dindingnya.

2. Kolom kuat balok lemah

Kolom kuat balok lemah merupakan sistem yang digunakan untuk perencanaan bangunan gedung. Pola kerusakan yang diharapkan pada kolom kuat balok lemah yaitu balok akan mengalami kerusakan terlebih dahulu dari pada kolom dan apabila kolom tidak kuat dan balok lebih kuat, maka akan terjadi keruntuhan pada kolom. Jika kolom runtuh, maka semua sistem struktur yang berada di atasnya ikut runtuh juga. Pada gedung ini ada kapasitas momen kolom yang kurang dari 1,2 kapasitas momen balok yaitu kolom K1 pada lantai 3 yang dapat dilihat pada Tabel 4. Sehingga, kolom kuat balok lemah pada gedung ini tidak memenuhi standar ceklis.

Tabel 4. Kapasitas momen kolom dan balok

Tipe Kolom	Mnc Atas	Mnc Bawah	Mnb Kiri (-)	Mnb Kanan (+)	Mnc a + Mnc b	Mnb ki + Mnb ka	6/5 x (Mnb ki + Mnb ka)	Status
	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	
Lantai 3								
K1 (tepi) X	0,00	326,00	0,00	140,41	326,00	140,41	168,49	C
K1 (tepi) Y	0,00	326,00	185,77	264,71	326,00	450,48	540,58	NC
K1 (tengah) X	0,00	307,00	74,85	140,41	307,00	215,26	258,31	C
K1 (tengah) Y	0,00	307,00	185,77	264,71	307,00	450,48	540,58	NC
Lantai 2								
K1 (tepi) X	326,00	365,00	0,00	140,41	691,00	140,41	168,49	C
K1 (tepi) Y	326,00	365,00	185,77	264,71	691,00	450,48	540,58	C
K1 (tengah) X	307,00	361,00	74,85	140,41	668,00	215,26	258,31	C
K1 (tengah) Y	307,00	361,00	185,77	264,71	668,00	450,48	540,58	C
Lantai 1								
K1 (tepi) X	365,00	321,00	0,00	140,41	686,00	140,41	168,49	C
K1 (tepi) Y	365,00	321,00	185,77	264,71	686,00	450,48	540,58	C
K1 (tengah) X	361,00	329,00	74,85	140,41	690,00	215,26	258,31	C
K1 (tengah) Y	361,00	329,00	185,77	264,71	690,00	450,48	540,58	C

3. Spasi tie kolom

Spasi tie kolom yang lebar dapat mengurangi daktilitas kolom dan balok, sehingga memiliki kapasitas geser yang terbatas ini dapat mengalami kegagalan geser. Pada gedung ini ada spasi sengkang kolom pada tumpuan yang kurang dari $d/4$ dan $8d_b$, yaitu pada kolom tipe K1, yang dapat dilihat pada Tabel 5. Sehingga, spasi tie kolom pada gedung ini tidak memenuhi standar ceklis.

Tabel 5. Spasi Tie Kolom

Tipe kolom	Dimensi		Diameter tulangan utama	Diameter tulangan sengkang	Spasi sengkang tumpuan	d/4	8d _b	Cek
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
K1	300	500	19	10	75	62,625	152	NC

4. Spasi sengkang

Spasi sengkang pada balok yang lebar dapat mengurangi daktilitas kolom dan balok, sehingga memiliki kapasitas geser yang terbatas ini dapat mengalami kegagalan geser. Pada gedung ini tipe balok B3 dan RB tidak memenuhi ketentuan spasi sengkang, yaitu untuk balok B3 kurang dari d/4 dan untuk balok RB kurang dari d/4 dan 8d_b untuk spasi sengkang tumpuan dan d/2 untuk spasi sengkang lapangan balok, yang dapat dilihat pada Tabel 6. Sehingga spasi tie kolom pada gedung ini tidak memenuhi standar ceklis.

Tabel 6. Spasi Sengkang Balok

Tipe Balok	Dimensi (mm)	Jarak Sengkang Tumpuan (mm)	Diameter tulangan utama	Diameter tulangan sengkang	d/4 (mm)	8d _b (mm)	Status		Jarak Sengkang Lapangan (mm)	d/2 (mm)	Status ≤ d/2
							≤ d/4	≤ 8 d _b			
B1	300 × 400	75	19	10	85	152	C	C	150	170,25	C
B2	300 × 500	75	19	10	110	152	C	C	150	220,25	C
B3	250 × 350	100	16	10	73,00	128	NC	C	200	146	NC
RB1	250 × 400	75	16	10	85,50	128	C	C	150	171	C
RB2	300 × 450	75	16	10	98	128	C	C	150	196	C
RB	130 × 200	100	12	8	37	96	NC	NC	200	73	NC

5. Kompatibilitas defleksi.

Kompabilitas defleksi yang tidak memenuhi ketentuan karenanya spasi tie kolom dan spasi sengkang pada balok yang tidak memenuhi syarat dan ketentuan, sehingga dapat menyebabkan kegagalan nondaktail dan keruntuhan bangunan. Berdasarkan hasil ceklis terkait pernyataan spasi tie kolom dan spasi sengkang, ada kolom dan balok yang tidak memenuhi syarat dan ketentuan sehingga kolom dan balok tidak memiliki kapasitas geser untuk mengembangkan kekuatan lentur. Maka komabilitas defleksi pada gedung ini tidak memenuhi standar ceklis.

Informasi hasil dari semua ceklis bisa dilihat lebih detail pada Tabel 7.

Tabel 7. Rekap ceklis struktur untuk konstruksi momen beton

No	Evaluasi	Standar	Ceklis
1	Redudansi	Jumlah garis dinding geser disetiap arah utama lebih besar dari atau sama dengan 2. Jumlah portal rangka momen pada setaip garis lebih dari atau sama dengan 3.	C
2	Dinding yang menghalangi	Semua dinding pengisi beton dan mansori yang ditempatkan pada rangka momen diisolasi dari elemen struktur.	NC
3	Cek tegangan geser kolom	Tegangan geser pada kolom beton kurang dari yang lebih besar dari 100 lb/inci ² (0,69 MPa) atau 2√f' _c .	C
4	Cek tegangan aksial kolom	Tegangan aksial pada kolom kurang dari 0,30f' _c .	C
5	Kolom beton	Semua kolom beton didowel ke dalam fondasi, dan dowel mampu untuk mengembangkan kapasitas tarik tulangan kolom pada sistem penahan gaya seismik.	U
6	Rangka pelat datar	Sistem penahan gaya seismik bukan merupakan rangka yang terdiri dari kolom dan pelat datar atau pelat tanpa balok.	C
7	Elemen rangka prategang	Prategang rata-rata melebihi yang lebih kecil dari 700 lb/inci ² (4,83 MPa) atau f' _c /6 di lokasi sendi potensial.	N/A

8	Kolom kaptif	Tidak ada kolom pada tingkat rasio tinggi/kedalaman kurang dari 75% dari rasio tinggi/kedalaman nominal kolom tipikal pada tingkat tersebut.	C
9	Tidak ada kegagalan geser	Kapasitas geser komponen struktur rangka mampu mengembangkan kapasitas momen diujung komponen struktur.	C
10	Kolom kuat balok lemah	Jumlah kapasitas momen kolom adalah 20% lebih besar dari pada balok pada joint rangka.	NC
11	Tulangan balok	Setidaknya ada dua batang atas memanjang dan dua batang bawah memanjang secara menerus sepanjang balok pada rangka. Setidaknya 25% dari tulangan longitudinal disediakan pada joint baik pada momen positif atau negatif secara menerus sepanjang komponen struktur.	C
12	Sambungan tulangan kolom	Semua panjang sambungan lewatan tulangan kolom lebih besar dari $50 d_b$ dan ditutup dengan pengikat berjarak $8d_b$ atau kurang. Sebagai alternatif, tulangan kolom disambung dengan kopler mekanis dengan kapasitas sekurang-kurangnya 1,25 kali kekuatan leleh nominal batang yang disambung.	U
13	Sambungan tulangan balok	Sambungan lewatan atau kopler mekanis untuk tulangan longitudinal balok tidak terletak pada $l_b/4$ joint dan tidak terletak di sekitar lokasi berpotensi terjadinya sendi plastis.	U
14	Spasi tie kolom	Rangka kolom memiliki jarak sengkang ikat sebesar $d/4$ atau kurang sepanjang jarak kolom dan/atau kurang dari $8d_b$ di semua lokasi berpotensi terjadinya sendi plastis.	NC
15	Spasi sengkang	Semua balok memiliki jarak stirrup sebesar $d/2$ atau kurang sepanjang panjangnya. Pada lokasi berpotensi terjadinya sendi plastis, sengkang diberi jarak minimal atau kurang dari $8d_b$ atau $d/4$.	NC
16	Joint penulangan melintang	Joint balok-kolom memiliki jarak sengkang ikat sebesar $8d_b$ atau kurang.	U
17	Eksentrisitas joint	Tidak ada eksentrisitas yang lebih besar dari 20% dari dimensi denah kolom terkecil antara gelagar dan garis tengah kolom.	C
18	Sengkang dan sengkang ikat	Sengkang balok dan sengkang ikat kolom diangkurkan ke inti komponen struktur dengan kait 135 derajat atau lebih.	U
19	Kompatibilitas defleksi	Komponen sekunder memiliki kapasitas geser untuk mengembangkan kekuatan lentur komponen dan sesuai dengan item berikut dalam tabel ini: SAMBUNGAN TULANGAN KOLOM, SAMBUNGAN TULANGAN BALOK, SPASI TIE KOLOM, SPASI SENGGANG, dan SENGGANG DAN SENGGANG IKAT	NC
20	Pelat datar	Pelat atau pelat datar yang bukan bagian dari sistem penahan gaya seismik memiliki tulangan bawah menerus melalui joint kolom.	N/A
21	Kontinuitas diafragma	Diafragma tidak terdiri dari lantai level terpisah dan tidak memiliki joint ekspansi.	C
22	Ketidakteraturan denah	Ada kapasitas tarik untuk mengembangkan kekuatan diafragma pada sudut dalam atau lokasi lain dari ketidakteraturan denah.	U
23	Penulangan diafragma pada bukaan	Ada penulangan disekitar semua bukaan diafragma yang lebih besar dari 50% dari lebar bangunan.	C
24	Gaya angkat pada poer	Poer memiliki tulangan atas, dan tiang diangkur ke poer. Penulangan poer dan angkur tiang mampu untuk mengembangkan kapasitas tarik tiang.	U

Catatan: Sesuai (C), Tidak Sesuai (NC), Tidak Berlaku (N/A), Tidak Diketahui (U).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian evaluasi potensi defisiensi pada bangunan Gedung Labor dan Bengel Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang terhadap gempa bumi menggunakan metode evaluasi *tier 1* berdasarkan RSNI/ASCE 41-17, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat pernyataan ceklis yang terpenuhi pada evaluasi *tier 1*, antara lain: jalur beban, bangunan yang berdekatan, tingkat lemah, tingkat lunak, geometri, massa, torsi, kegagalan lereng, guling, redundansi, tegangan geser kolom, tegangan aksial kolom,

rangka pelat datar, kolom kaptif, tidak ada kegagalan geser, tulangan balok, eksentrisitas join, kontinuitas diafragma, dan penulangan diafragma pada bukaan. Pernyataan ceklis yang tidak terpenuhi pada evaluasi *tier* 1, antara lain: dinding yang menghalangi, kolom kuat balok lemah, spasi tie kolom, spasi sengkang, dan kompatibilitas defleksi. Berdasarkan hasil evaluasi ceklis *tier* 1, bangunan gedung ini tidak memenuhi tingkat kinerja *immediate occupancy* karena terdapat beberapa kriteria ceklis yang tidak terpenuhi. Maka untuk mengetahui lebih lanjut kinerja bangunan dan mengetahui seberapa besar dampak dari pernyataan ceklis tier 1 yang tidak terpenuhi terhadap bangunan gedung ini, maka perlu dilakukan evaluasi tier 2 dan tier 3.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeswastoto, H., Djauhari, Z., Suryanita, R., 2017. Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung terhadap Gempabumi Berdasarkan ASCE 41-13. Siklus: Jurnal Teknik Sipil 3, 86–99. <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.383>
- Adhitama, Y.A., Supriyadi, B., Suhendro, B., 2022. Evaluasi Seismik Gedung Bertingkat Eksisting Menggunakan Prosedur ASCE 41-17. Jurnal Riset Rekayasa Sipil 6, 1–10. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v6i1.65864>
- Birawaputra, I., Tethool, Y.C.V., 2019. Penggunaan Metode Rapid Visual Screening dalam Menentukan Kerentanan Bangunan Akibat Gempa. INTAN Jurnal Penelitian Tambang 2.
- Desain Spektra Indonesia, rsa. ciptakarya. pu. go. id, 2021. Desain Spektra Indonesia [WWW Document]. URL <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/index.php?pga=0.8713&ss=2.3719&s1=0.6028&tl=20&kelas=3&range=6#grafik> (accessed 11.1.24).
- Nining, M.L., 2014. Evaluasi Kapasitas Seismik Struktur Bangunan Bertingkat Beton Bertulang Eksisting (Studi Kasus : Kantor Bupati Pasaman, Sumatera Barat) (diploma). Universitas Andalas.
- PPPURG, 1987. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SKBI1.3.53.1987, UDC:624.042).
- RSNI XXXX:202X, n.d. Evaluasi dan rehabilitasi seismik untuk bangunan gedung eksisting.
- SNI 2847:2019, 2019. Persyaratan Beton Stuktural untuk Bangunan Gedung.
- SNI-1726-2019, 2019. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung.
- SNI-1727-2020, 2020. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.
- Sriwahyuningsih, Y., 2019. Analisis Kinerja Struktur Gedung Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Beban Dorong (Pushover) (Studi Kasus : Hotel Santika Banyuwangi).
- Vicky, R., 2014. Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang dengan Pushover Analysis Akibat Beban Gempa Padang. Presented at the ITS Paper and Presentations Civil Engineering, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Yulianto, M.S., Marcello A, D., 2022. Evaluasi Kekuatan Gedung 11 Lantai Berdasarkan SNI 1726:2019 dan Analisis Kinerja Berdasarkan ASCE 41-17 (Studi Kasus Proyek X di Kota Semarang) (other). Universitas Katholik Soegijapranata Semarang.