

EVALUASI KINERJA STRUKTUR GEDUNG EKSISTING FAKULTAS EKONOMI & BISNIS UMS 8 LANTAI MENGGUNAKAN METODE ANALISIS *PUSHOVER* BERDASARKAN ATC-40

Rivan Bintang Pambudi : Budi Setiawan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat aktivitas kegempaan yang tinggi karena secara geologis berada pada kawasan konvergensi tiga lempeng tektonik utama dunia. Kondisi tersebut menjadikan evaluasi terhadap bangunan yang telah beroperasi sebagai langkah penting untuk memastikan kemampuan struktur dalam menerima dan menahan beban gempa sesuai dengan persyaratan kinerja yang ditetapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kapasitas struktur melalui kurva kapasitas, menentukan *performance point*, mengevaluasi tingkat kinerja struktur, serta menelaah mekanisme terbentuknya sendi plastis pada Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta yang terdiri atas delapan lantai. Analisis dilakukan menggunakan metode analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) dengan mengacu pada ketentuan ATC-40. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas struktur masih mampu memenuhi kebutuhan ketahanan terhadap pembebanan gempa pada arah memanjang maupun melintang bangunan. Penilaian berdasarkan nilai *drift* menunjukkan bahwa tingkat kinerja struktur termasuk dalam kategori *Immediate Occupancy* (IO), yang mengindikasikan bahwa bangunan tetap dapat difungsikan setelah mengalami gempa rencana karena hanya mengalami kerusakan yang terbatas. Selain itu, sebaran sendi plastis yang terbentuk memperlihatkan bahwa respons struktur masih mengikuti mekanisme keruntuhan yang direncanakan sehingga belum menunjukkan indikasi terjadinya kegagalan struktur secara menyeluruh.

Kata Kunci: Analisis Pushover, ATC-40, Evaluasi kinerja struktur, Performance point, Immediate occupancy.

Abstract

Indonesia is one of the countries with a high level of seismic activity due to its geological location at the convergence of three major tectonic plates. This condition necessitates the evaluation of existing buildings to ensure that their structural systems are capable of resisting earthquake loads in accordance with the required performance criteria. This study aims to evaluate the structural capacity curve, determine the performance point, assess the structural performance level, and examine the plastic hinge formation mechanism of the eight-story Faculty of Economics and Business Building at Universitas Muhammadiyah Surakarta. The analysis was conducted using the nonlinear static analysis (*pushover analysis*) method based on the ATC-40 guidelines. The results indicate that the structure possesses sufficient capacity to withstand seismic loading in both the longitudinal and transverse directions. Based on the drift evaluation, the structural performance level is classified as Immediate Occupancy (IO), indicating that the building remains operational after the design earthquake with only limited structural damage. Furthermore, the distribution of plastic hinges demonstrates that the structural response follows the intended failure mechanism and has not reached the stage of overall structural failure.

Keywords: Pushover Analysis, ATC-40, Structural performance evaluation, Performance point, Immediate occupancy.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang berada pada kawasan pertemuan tiga lempeng tektonik aktif, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik, sehingga memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi. Kondisi geologis tersebut meningkatkan potensi terjadinya kerusakan pada struktur bangunan akibat beban seismik. Oleh sebab itu, evaluasi terhadap kinerja struktur perlu dilakukan untuk menilai kemampuan bangunan dalam memenuhi persyaratan keselamatan serta mempertahankan fungsi operasionalnya setelah mengalami kejadian gempa.

Evaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa dapat dilakukan menggunakan metode analisis statik nonlinier (pushover analysis). Metode ini diterapkan untuk mengevaluasi perilaku struktur setelah melewati batas elastis melalui proses pembentukan sendi plastis secara bertahap. Hasil analisis berupa kurva kapasitas yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan performance point, mengevaluasi tingkat kinerja struktur, serta mengidentifikasi mekanisme keruntuhan struktur akibat pengaruh beban gempa.

Sebagai salah satu gedung pendidikan bertingkat, Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta memerlukan evaluasi kinerja struktur untuk menilai kemampuan bangunan dalam menahan pengaruh beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kurva kapasitas, menentukan performance point, mengevaluasi tingkat kinerja struktur berdasarkan pedoman ATC-40, serta mengkaji mekanisme pembentukan sendi plastis melalui metode analisis statik nonlinier (pushover analysis). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kapasitas struktur dan karakteristik respons bangunan terhadap pembebanan gempa sehingga dapat dijadikan sebagai dasar dalam mengevaluasi tingkat keandalan struktur. (Sungkono, Krisdianti, & Gunarso, 2024).

2. METODE

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB) Universitas Muhammadiyah Surakarta yang berlokasi di Jl. Ahmad Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta. Gedung ini memiliki 8 lantai dengan tinggi total bangunan 33,18 m.

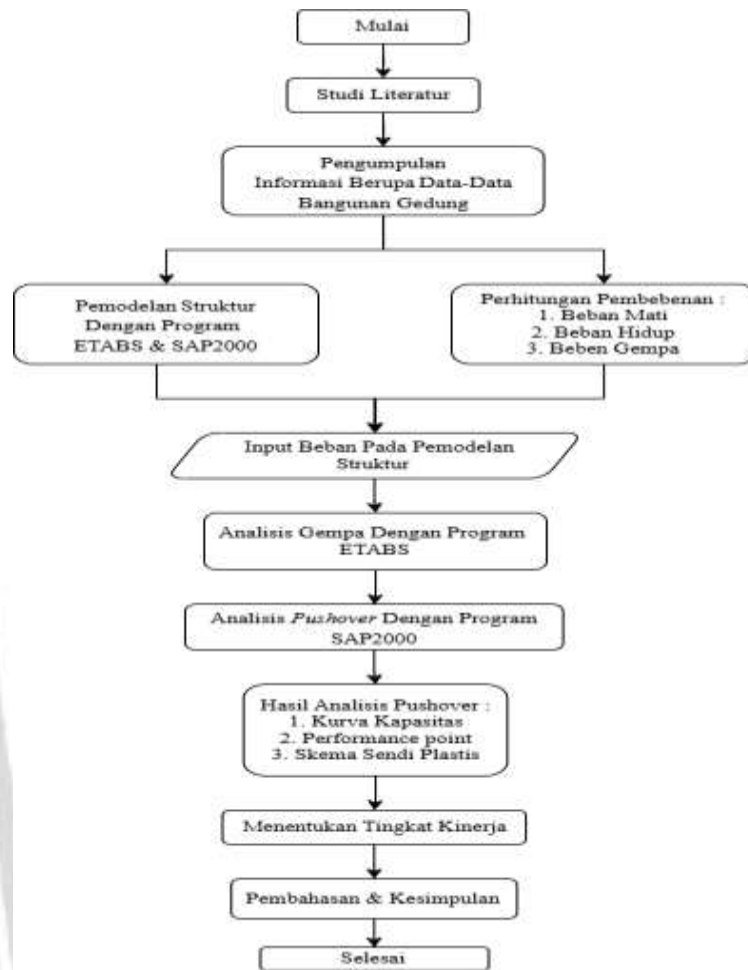
2.2 Data Penelitian

Data pada penelitian ini berupa data primer yaitu data asli yang diperoleh atau dikumpulkan oleh peneliti. Data yang diperoleh adalah penggunaan material, as-built drawing, dimensi balok, kolom, dan hasil penyelidikan tanah (SPT).

2.3 Program yang digunakan

Program yang digunakan dengan bantuan software ETABS V22 digunakan untuk analisis gempa (respons spektrum) & SAP2000 V26 digunakan untuk analisis Statik Non-Linear (Pushover Analysis) sesuai dengan data aktual lapangan yang diperoleh.

2.4 Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Tahap Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Pembebanan

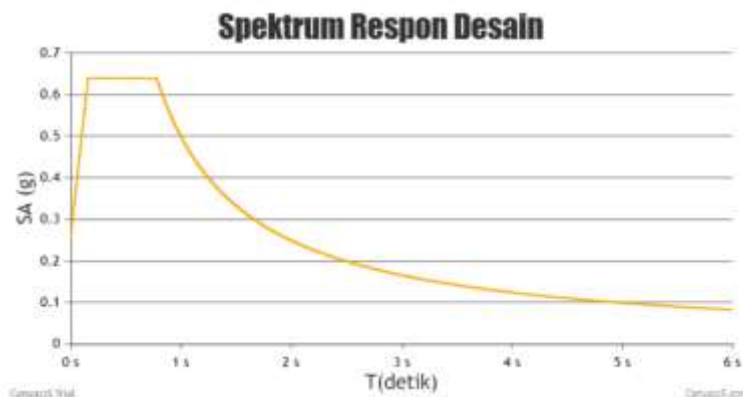
Analisis struktur dilakukan dengan menerapkan pembebanan gempa dinamis menggunakan metode respons spektrum berdasarkan klasifikasi tanah sedang (SD) pada lokasi dengan koordinat 110,8288° BT dan -7,5699° LS. Parameter seismik yang digunakan mengacu pada RSA 2019. Sementara itu, analisis pushover dilaksanakan dengan mempertimbangkan kombinasi beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup sebagai pembebanan pada struktur.

Tabel 1. Perhitungan Pembebanan mati – mati tambahan

No.	Beban	Nilai	Satuan
1	DL Self Weight	Automatic	kN/m ²
2	SDL Dinding Hebel	1.6	kN/m ²
3	SDL Finish Lantai	1,35	kN/m ²
4	Atap	0.2	kN/m ²
5	Lift Load	125	kN

Tabel 2. Perhitungan Pembebanan hidup

No.	Beban	Nilai	Satuan
1	Parkir Motor	2.0	kN/m ²
2	Sekolah/Perkuliahan	4.79	kN/m ²
3	Air Hujan Atap	0.2	kN/m ²
4	Atap	0,96	kN/m ²



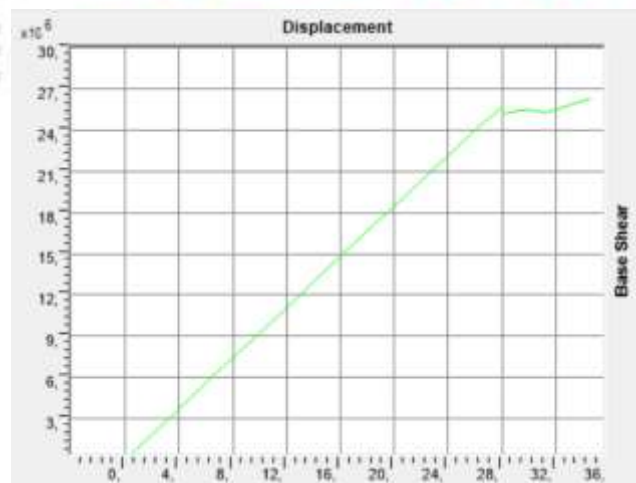
Sumber : RSA 2019

Gambar 2. Grafik Spektrum Respon Desain

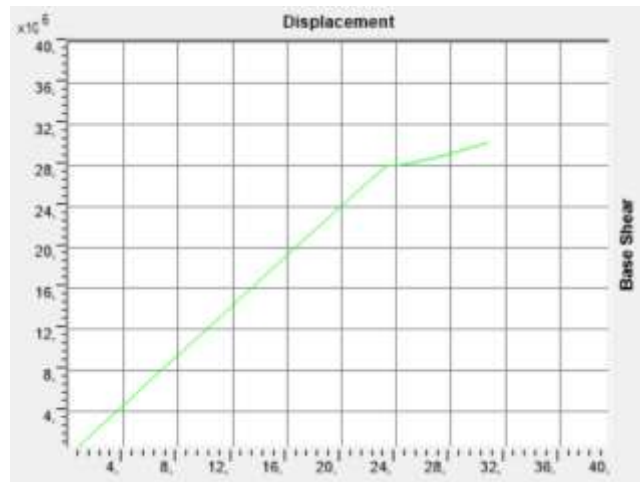
3.2. Hasil Analisis *Pushover*

Kurva Kapasitas

Proses iterasi menghasilkan kurva kapasitas yang merepresentasikan keterkaitan antara perpindahan lateral (D) dengan gaya geser dasar (V). Kurva ini menjadi dasar dalam mengevaluasi kemampuan struktur terhadap pembebanan lateral.



Gambar 3. Kurva Kapasitas Arah X



Gambar 4. Kurva Kapasitas Arah Y

Tabel 3. Hasil Kurva Kapasitas Arah X

Step	Displacement	Base Force	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	KN					
0	0,052207	0	2400	0	0	0	2400
1	3,247793	3048355,43	2400	0	0	0	2400
2	6,547793	6093812,09	2400	0	0	0	2400
3	9,847793	9134300,56	2400	0	0	0	2400
4	13,147793	12179926,11	2400	0	0	0	2400
5	16,447793	15226456,25	2400	0	0	0	2400
6	19,747793	18268142,07	2400	0	0	0	2400
7	23,047793	21297907,9	2400	0	0	0	2400
8	26,347793	24293723,36	2400	0	0	0	2400
9	27,997793	25714372,96	2400	0	0	0	2400
10	27,998599	25152706,63	2400	0	0	0	2400
11	29,648599	25508130,96	2400	0	0	0	2400
12	31,298599	25236451,04	2400	0	0	0	2400
13	34,598599	26255137,44	2400	0	0	0	2400

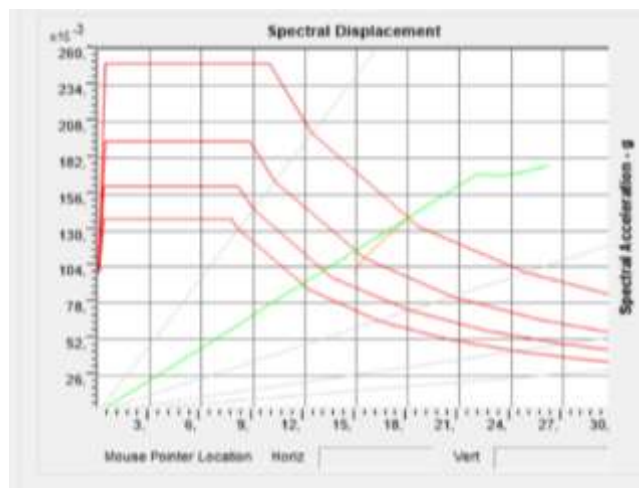
Tabel 4. Hasil Kurva Kapasitas Arah Y

Step	Displacement	Base Force	A-IO	IO-LS	LS-CP	>CP	Total
	mm	KN					
0	0,171308	0	2400	0	0	0	2400
1	3,471308	4025041,26	2400	0	0	0	2400
2	6,771308	8050268,43	2400	0	0	0	2400
3	10,071308	12074214,62	2400	0	0	0	2400
4	13,371308	16097259,64	2400	0	0	0	2400
5	16,671308	20117076,61	2400	0	0	0	2400
6	19,971308	24058338,73	2400	0	0	0	2400
7	23,271308	27928422,36	2400	0	0	0	2400
8	24,096308	27986017,58	2400	0	0	0	2400
9	27,396308	28884588,12	2400	0	0	0	2400
10	30,696308	30262514,81	2400	0	0	0	2400

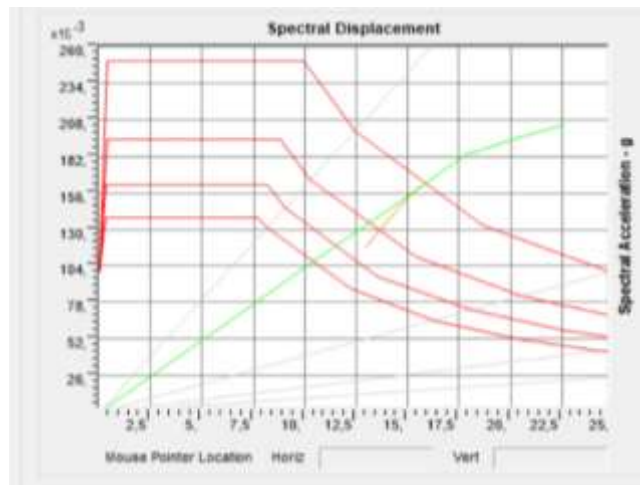
Berdasarkan data pada Tabel 3 dan Tabel 4, kurva kapasitas pada arah Y menunjukkan kemiringan yang lebih rendah dibandingkan dengan kurva kapasitas pada arah X. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa struktur pada arah Y mampu menahan gaya geser dasar (base shear) yang lebih besar, sehingga menghasilkan perpindahan lateral yang lebih tinggi dibandingkan arah X.

Performance Point

Kurva kapasitas yang dihasilkan dari analisis pushover dikonversi terlebih dahulu ke dalam format ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum) untuk memperoleh performance point. Kurva ADRS merepresentasikan hubungan antara nilai spectral acceleration (S_a) dan spectral displacement (S_d).



Gambar 5. Spektrum Kapasitas Arah X



Gambar 6. Spektrum Kapasitas Arah Y

Tabel 5. Nilai *performance point*

Arah Beban	<i>Performance Point</i>					
	V_t (kN)	D_t (mm)	S_a	S_d	T_{eff}	β_{eff}
Arah X	20972,021	22,693	0,139	17,907	0,721	0,05
Arah Y	24203,662	20,095	0,159	15,497	0,626	0,051

Berdasarkan Tabel 5, nilai periode efektif (T_{eff}) arah X lebih besar dibandingkan arah Y. Karena kekakuan berbanding terbalik dengan periode efektif, maka struktur gedung pada arah Y memiliki kekakuan yang lebih besar dibandingkan arah X.

Tingkat Kinerja

Dalam analisis kinerja struktur berdasarkan ATC-40, evaluasi dilakukan menggunakan rasio simpangan (drift ratio), yaitu maksimum total drift dan maksimum inelastic drift. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\text{Maksimal Drift} = \frac{D_t}{H_{\text{total}}}$$

$$\text{Maksimal In-Elastic Drift} = \frac{D_t - D_1}{H_{\text{total}}}$$

Keterangan:

D_t : *displacement* atap (paling atas)

D_1 : *displacement* lantai 1 (lantai di atas penjepit lateral)

Hasil Kinerja Struktur Arah X

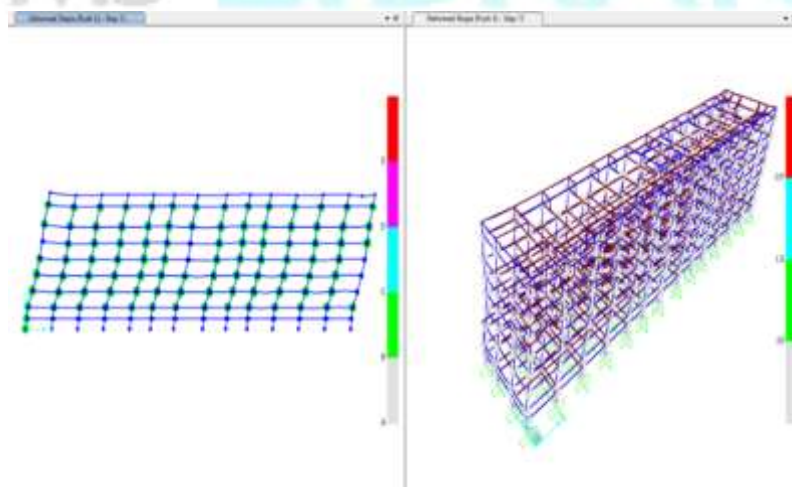
Berdasarkan hasil analisis pushover pada arah X, diperoleh nilai maximum total drift sebesar 0,001042 ($< 0,01$) dan maximum inelastic drift sebesar 0,000944 ($< 0,005$). Kedua parameter tersebut memenuhi batas kriteria yang ditetapkan dalam ATC-40 sehingga tingkat kinerja struktur diklasifikasikan sebagai Immediate Occupancy (IO). Kategori ini menunjukkan bahwa bangunan masih aman untuk digunakan setelah mengalami gempa rencana dengan tingkat kerusakan struktural yang minimal.

Evaluasi Kinerja Struktur Arah Y

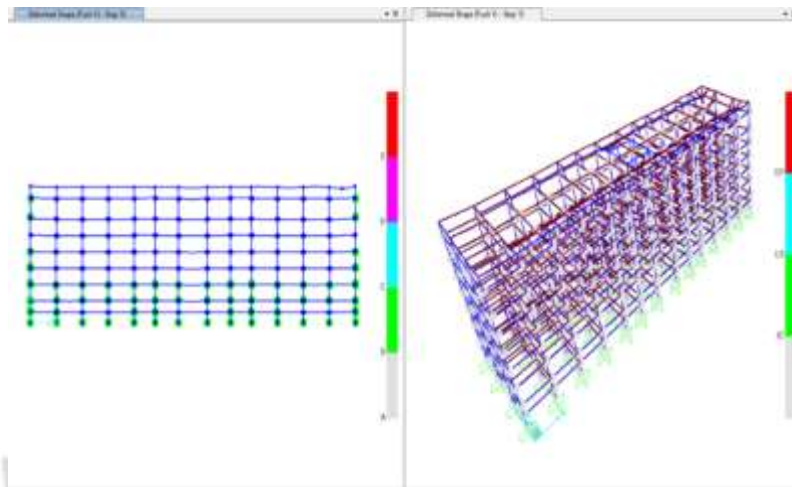
Berdasarkan hasil analisis pushover pada arah Y, diperoleh nilai maximum total drift sebesar 0,000925 ($< 0,01$) dan maximum inelastic drift sebesar 0,000821 ($< 0,005$). Kedua nilai tersebut memenuhi batas kriteria yang ditetapkan dalam ATC-40, sehingga tingkat kinerja struktur termasuk dalam kategori Immediate Occupancy (IO). Hal ini mengindikasikan bahwa struktur tetap mampu mempertahankan fungsi operasionalnya setelah mengalami gempa rencana dengan tingkat kerusakan struktural yang minimal.

Mekanisme Sendi Plastis (Hinge)

Distribusi sendi plastis ditunjukkan pada gambar Deformed Push arah X dan Y. Pada step awal hingga pertengahan, sendi plastis mulai terbentuk pada balok lantai 8 yang ditandai dengan warna hijau. Pada step terakhir, iterasi berhenti sehingga sendi plastis hanya berkembang pada elemen balok dengan tingkat kinerja B dan Immediate Occupancy (IO), yang ditampilkan dengan warna hijau dan abu-abu pada SAP2000.



Gambar 7. Deformed Push X



Gambar 8. Deformed Push Y

4. PENUTUP

Penelitian yang berjudul "Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Eksisting Fakultas Ekonomi dan Bisnis UMS 8 Lantai Menggunakan Metode Analisis Pushover Berdasarkan ATC-40" bertujuan mengevaluasi kinerja struktur melalui analisis pushover dengan meninjau kurva kapasitas, performance point, tingkat kinerja struktur, dan distribusi pembentukan sendi plastis. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur gedung termasuk dalam kategori Immediate Occupancy (IO) serta masih memenuhi mekanisme keruntuhan yang direncanakan sesuai dengan ketentuan ATC-40.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2017). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-16). Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Applied Technology Council (ATC). (1996). ATC-40: Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings (Volume 1). Redwood City, California: Applied Technology Council.
- RSA 2019. Aplikasi Respons Spektrum Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2019.
- SNI 1726:2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Badan Standardisasi Nasional. 2019.
- SNI 1727:2020. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Badan Standardisasi Nasional. 2020.
- SNI 2847:2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. 2019.