



Contents lists available at [USN Scientific Journal Publisher](#)

## Scale Journal of Civil Engineering

journal homepage: <https://jurnal.usn.ac.id/index.php/sjce>



# Analisis Struktur Kolom dan Balok Bangunan Kantor KNPI Kolaka Sesuai SNI 1726:2019 dengan Menggunakan SAP 2000

Aryandi Akir<sup>a</sup>, Mursalim Ninoy La Ola<sup>a,\*</sup>, Bagus Eko Prasetyo<sup>a</sup>, Septi Adnan<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka - Indonesia 93516

### ARTICLE INFO

Handling Editor – H. Purnama

*Keywords:*  
Seismic hazard, Earthquake resistant, SNI 1726:2019, Concrete structure

### ABSTRACT

The earthquakes in Palu in 2018 and Mamuju in 2021 serve as clear warnings about the seismic hazards faced by the island of Sulawesi. While earthquakes may not directly cause casualties, poorly designed buildings are a significant contributing factor. SNI 1726:2019 provides guidelines for earthquake-resistant structural planning that accommodate the heightened seismic risk for Sulawesi.

Many buildings in Kolaka Regency have not been designed in accordance with SNI 1726:2019, including the KNPI Kolaka Building, which is the subject of this study. The research entails gathering existing field data of the building and modeling it using structural analysis software, then analyzing it in accordance with SNI 1726:2019. The findings indicate that the KNPI Kolaka Building still meets all the latest seismic parameters despite being designed using outdated codes. Checks on column dimensions, beam dimensions, and deflection also meet design criteria.

\* Korespondensi ke: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka, Kolaka - Indonesia 93516  
E-mail address: [ur\\_mantan@usn.ac.id](mailto:ur_mantan@usn.ac.id) (F. R. Rustan).

## 1. Pendahuluan

Gempa bumi yang paling banyak terjadi di Indonesia adalah gempa bumi tektonik, yang merupakan jenis gempa yang menimbulkan kerusakan paling luas. Gempa bumi tektonik adalah jenis gempa bumi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng plat tektonik. Secara geografis, Indonesia berada di wilayah lingkaran api Pasifik atau cincin api Pasifik dimana merupakan pertemuan tiga lempeng tektonik dunia seperti lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik (Dewi dan Sudrajat, 2019).

Dalam kurun waktu lima tahun terakhir terjadi dua gempa besar menghantam Sulawesi, yaitu gempa Palu (2018) dan Gempa Mamuju (2021). Gempa Palu berkekuatan 7,4 SR diikuti dengan tsunami yang melanda pantai barat Pulau Sulawesi, Indonesia, bagian utara pada tanggal 28 September 2018, pukul 18.02 WITA. Pusat gempa berada di 26 km utara Donggala dan 80 km barat laut kota Palu dengan kedalaman 10 km. Gempa mamuju berkekuatan 6,2 SR berlokasi di Timur Laut Majene dengan kedalam pusat Gempa 21 km. Kedua Gempa ini memberikan dampak yang luar biasa dengan karakteristik yang cukup spesifik. Hal ini mendorong dikeluarkannya SNI Gempa 2019 yang merupakan pembaruan dari SNI Gempa 2013.

Saat ini berlaku dua Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait dengan gempa dan pembebanan yaitu SNI 03-1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung yang memberikan pedoman untuk perencanaan dan desain struktur bangunan guna meningkatkan ketahanan terhadap gempa bumi. Mencakup klasifikasi wilayah gempa di Indonesia, pembebanan gempa, analisis struktural, dan detail konstruksi yang diperlukan untuk memastikan ketahanan struktur terhadap gempa. SNI 1727-2020: Beban Minimum untuk Perencanaan Struktur Beton Normal, Beton Prategang, dan Beton Pracetak, memberikan persyaratan untuk pembebanan minimum yang harus diterapkan dalam perencanaan struktur beton normal, beton prategang, dan beton pracetak. Pembebanan yang dijelaskan dalam standar ini melibatkan berbagai faktor termasuk beban mati, beban hidup, dan beban lainnya yang relevan. Kedua standar ini adalah bagian dari upaya untuk meningkatkan standar keselamatan dan keamanan struktur bangunan di Indonesia, terutama dalam menghadapi risiko gempa bumi. non-bangunan, termasuk pembebanan gempa. SNI 1726:2019 adalah revisi dari versi sebelumnya, SNI 1726:2012.

Pada daerah Sulawesi khususnya Kabupaten Kolaka, rata-rata bangunan gedung/kantor belum menggunakan SNI terbaru tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung dalam hal ini SNI 1726:2019. Bangunan yang terbangun masih merujuk pada SNI Gempa lama yaitu SNI 1726:2012. Salah satu bangunan yang kemudian menjadi focus penelitian ini adalah Gedung Kantor KNPI Kolaka. Gedung ini dibangun pada Tahun 2021 dan diketahui direncanakan masih menggunakan peraturan gempa lama yaitu SNI 1726:2012. Gedung ini yang kemudian dilakukan pengecekan kelayakan gedung terhadap SNI Gempa yang terbaru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pemodelan Struktur Gedung KNPI dan pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2019. Kemudian bagaimana kriteria struktur yang dianalisis dan dimodelkan berdasarkan SNI Gempa 1726:2019. Penelitian juga ditujukan untuk mengecek kemampuan struktur dan elemen balok kolom eksisting terhadap beban Gempa baik itu rasio dan lendutannya.

## 2. Metode

Objek Penelitian adalah Gedung KNPI Kolaka yang bertempat di Jalan Pemuda, Kelurahan Laloeha Kabupaten Kolaka. Data Primer berupa Pengukuran langsung fisik gedung di lapangan (gambar 1 dan gambar 2) dan data sekunder adalah dari dokumen perencanaan gedung (gambar 3).

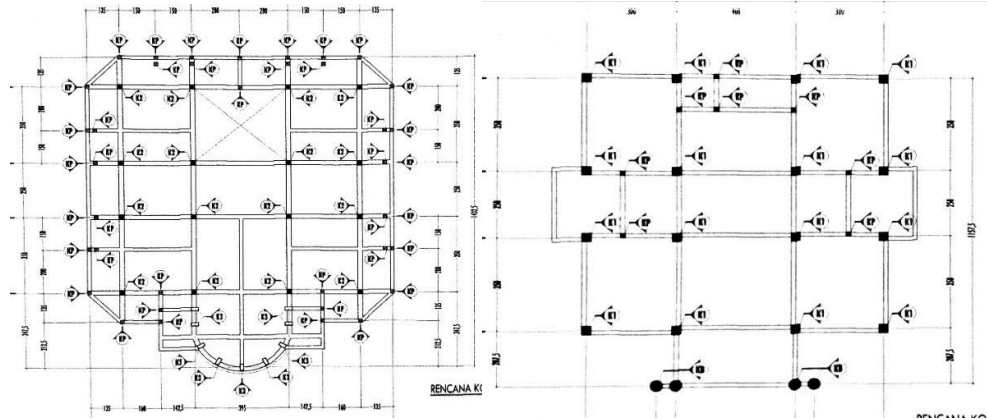
Dari data primer dan data sekunder, gedung kemudian dimodelkan kedalam software analisis struktur. Beban-beban dimasukkan sesuai dengan SNI 1727:2019, Parameter gempa kemudian dimasukkan sesuai dengan Gempa SNI 1726:2019. Struktur kemudian di analisis, kemudian dilakukan pengecekan terhadap syarat-syarat keamanan gempa sesuai dengan SNI 1726:2019.



**Gambar 1.** Lokasi Gedung KNPI Kolaka



Gambar 2. Gedung KNPI Kolaka



Gambar 3. Denah Balok dan Kolom Gedung KNPI Kolaka

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan dalam skala 3 dimensi dengan memasukkan elemen struktur berupa kolom, balok, dan pelat. Pelat beton dimodelkan sebagai diafragma kaku yang berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya lateral ke elemen-elemen struktur. Ukuran dan jarak disesuaikan dengan gambar struktur. Dimensi balok dan kolom yang dimasukkan dalam data sesuai dengan ukuran yang ada di gambar kerja maupun yang ada di lapangan (lampiran) yang tentunya akan diubah apabila penampang struktur tidak mencukupi dan tidak sesuai dengan SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 2847-2019.

#### 3.2. Tipe Material

Pada tabel 1 dapat dilihat data material yang menjadi dasar pemodelan.

Tabel 1

Data Material

No.	Material Struktur	Diameter (mm)	Berat Jenis (kN/m <sup>3</sup> )	Kekuatan Mutu (MPa)
1	Beton K225	-	23,536	18,68
2	Beton K250	-	23,536	20,75
3	Beton K300	-	23,536	24,9
4	Rebar	8	76,982	240
5	Rebar	10	76,982	240
6	Rebar	12	76,982	240
7	Rebar	14	76,982	400
8	Rebar	16	76,982	400

**Tabel 2**

Data elemen balok

No.	Elemen Struktur	Section	Dimensi (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Geser
1	Balok B1	Rectangular	200 x 400	ϕ 16	ϕ 8
2	Balok B2	Rectangular	150 x 350	ϕ 12	ϕ 8
3	Balok B3	Rectangular	150 x 300	ϕ 12	ϕ 8

### 3.3. Elemen Pelat

Plat lantai dimodelkan sebagai Shell, sehingga selain menerima gaya vertikal akibat beban mati dan hidup, plat juga diasumsikan menerima gaya horizontal/ lateral akibat gempa. Pelat diasumsikan menerima gaya vertikal dan lateral tanpa penebalan karena (Shell thin) pada hasil penelitian ini pelat tidak dicantumkan secara detail dan hanya meneruskan beban-beban yang ada ke struktur yang lainnya (kolom dan balok).

### 3.4. Parameter Beban Gempa

Menurut SNI 1726-2019 pasal 4.1.2, untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa  $I_e$  menurut Tabel 4. Berdasarkan pasal tersebut maka gedung ini termasuk kategori risiko II yaitu gedung perkantoran serta faktor keutamaan gempa  $I_e = 1,0$  (Kategori risiko II).

**Tabel 3**

Data parameter peta gempa Kabupaten Kolaka

PGA (g)	0,284	PSA (g)	0,350
SS (g)	0,7	SMS (g)	0,868
S1 (g)	0,258	SM1 (g)	0,486
CRS	1,096	SDS (g)	0,579
CR1	1,024	SD1 (g)	0,324
FPGA	1,231	T0 (detik)	0,112
FA	1,24	TS (detik)	0,561
FV	1,883		

### 3.5. Periode dan Frekuensi

Aplikasi akan secara otomatis menganalisis struktur yang telah dibuat untuk menghasilkan output yang dibutuhkan. Gedung dimodelkan sebagai sistem rangka pemikul momen khusus, rangka menanggung seluruh gaya seismik yang diperlukan tanpa didukung atau terhubung dengan komponen yang lebih kaku. Hasil analisis menunjukkan delapan (8) mode dengan frekuensi dan periode seperti dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4**

Periode Fundamental Pendekatan

Output Case	StepType	StepNum	Period	Frequency
		Unitless	Sec	Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,17856	6,0836
MODAL	Mode	2	0,164403	6,6223
MODAL	Mode	3	0,146502	7,3549
MODAL	Mode	4	0,077389	15,079
MODAL	Mode	5	0,073552	15,998
MODAL	Mode	6	0,062469	18,788
MODAL	Mode	7	0,030841	34,296
MODAL	Mode	8	0,020577	53,389

### 3.6. Jumlah Ragam

Sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.1 yang menyatakan analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 90% dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (single rigid body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik. Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Hasil pemeriksaan jumlah ragam dapat dilihat pada tabel 5, pada kolom SumUX dan SumUY, pada ragam mode ke-5 partisipasi rasio kedua arah sudah melebihi 90%.

**Tabel 5**

Jumlah ragam

StepType	StepNum	SumUX	SumUY
	Unitless	Unitless	Unitless
Mode	1	0.34005	0.00001646
Mode	2	0.34008	0.81722
Mode	3	0.83645	0.81724
Mode	4	0.92913	0.81725
Mode	5	0.92914	0.99916
Mode	6	0.99929	0.99916
Mode	7	0.99929	0.99926
Mode	8	0.99929	0.99954

### 3.7. Perbandingan Geser Dasar Statis dan Geser Dasar Dinamis

Geser dasar statis arah-X diperoleh dari baris SX, kolom GlobalFX,  $V_{SX} = 58,06$  kN. Geser dasar dinamis arah-X diperoleh dari baris DX, kolom GlobalFX,  $V_{DX} = 105,513$  kN.  $V_{SX} = 58,06$  kN <  $V_{DX} = 105,513$  kN (OK).

Geser dasar statis arah-Y diperoleh dari baris SY, kolom GlobalFY,  $V_{SY} = 58,06$  kN. Geser dasar dinamis arah-Y diperoleh dari baris DY, kolom GlobalFY,  $V_{DY} = 131,846$  kN.  $V_{SY} = 58,06$  kN <  $V_{DY} = 131,845$  kN (OK).

**Tabel 6**

Geser Dasar

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
	kN	kN
SX	-58,06	7,412E-13
SY	6,634E-13	-58,06
DX	105,513	0,626
DY	0,624	131,845

### 3.8. Desain Tulangan Lentur Balok

Hasil analisis menunjukkan kombinasi gaya terbesar berada pada balok 144. Desain tulangan lapangan yang dibutuhkan dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.

Output desain balok 144 dari output SAP 2000 menunjukkan bahwa luas tulangan lentur minimum pada ujung tepi atas yang dibutuhkan adalah  $569,846$  mm<sup>2</sup>. Sedangkan luas tulangan lentur pada daerah lapangan yang dibutuhkan  $241,315$  mm<sup>2</sup>. Digunakan tulangan diameter 16 (D16) dengan luas penampang adalah  $200,96$  mm<sup>2</sup>.

FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3				
		Required	+veMoment	-veMoment
		Rebar	Rebar	Rebar
Top	(+2 Axis)	569.846	0.000	569.846
Bottom	(-2 Axis)	270.472	270.472	0.000

**Gambar 4.** Detail tulangan longitudinal tumpuan minimum balok 144

FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3				
		Required	+veMoment	-veMoment
		Rebar	Rebar	Rebar
Top	(+2 Axis)	241.315	0.000	239.897
Bottom	(-2 Axis)	176.186	132.139	0.000

**Gambar 5.** Detail tulangan longitudinal lapangan minimum balok 144

Tulangan utama daerah tumpuan

$$\text{Luas tulangan bagian atas} = 569,846 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dipakai} = 569,846 \text{ mm}^2 / 200,96 \text{ mm}^2 = 2,835 = 3$$

$$\text{Luas tulangan bagian bawah} = 270,472 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dipakai} = 270,472 \text{ mm}^2 / 200,96 \text{ mm}^2 = 1,34 = 2$$

Tulangan utama daerah lapangan

$$\text{Luas tulangan bagian atas} = 241,315 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan yang dipakai} = 241,315 \text{ mm}^2 / 200,96 \text{ mm}^2 = 1,2 = 2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan bagian bawah} &= 176,186 \text{ mm}^2 \\ \text{Jumlah tulangan yang dipakai} &= 176,186 \text{ mm}^2 / 200,96 \text{ mm}^2 = 0,87 = 2 \end{aligned}$$

### 3.9. Desain Tulangan Geser Balok

Shear Rebar Design					
Stress	Conc.Cpcty	Uppr.Limit	RebarArea		
v	vc	vmax	Av		
8.783E-04	5.674E-04	0.004	0.345		

**Gambar 6.** Detail tulangan minimum tumpuan geser balok 144

Shear Rebar Design					
Stress	Conc.Cpcty	Uppr.Limit	RebarArea		
v	vc	vmax	Av		
7.526E-04	5.674E-04	0.004	0.287		

**Gambar 7.** Detail tulangan minimum lapangan geser balok 144

Output desain balok 144 dari output SAP 2000 menunjukkan bahwa luas tulangan geser minimum pada tumpuan yang dibutuhkan adalah  $0,345 \text{ mm}^2$ . Sedangkan luas tulangan lentur pada daerah lapangan yang dibutuhkan  $0,287 \text{ mm}^2$ .

### 3.10. Desain Tulangan Utama Kolom

Output desain kolom 199 dari output SAP 2000 menunjukkan bahwa luas tulangan lentur minimum yang dibutuhkan adalah  $899,996 \text{ mm}^2$ . Dipakai tulangan diameter 16 (D16) dengan luas penampang yaitu  $200,96 \text{ mm}^2$ , maka jumlah tulangan yang dipakai adalah  $899,996 / 200,96 = 4,478 = 5$ . Hal ini menunjukkan bahwa asumsi gambar kerja pemakaian tulangan 8D16 sudah sesuai namun boros karena diameter tulangan yang dipakai terlalu besar.

MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3					
Rebar Area	Rebar %	Design Pu	Design Mu2	Design Mu3	
899.996	1.000	52.148	10047.398	2971.550	

**Gambar 8.** Detail luas tulangan lentur minimum kolom 199

### 3.11. Desain Tulangan Geser Kolom

Dari SAP detail luas tulangan geser (sejangkang) kolom yang ditinjau adalah  $0,431 \text{ mm}^2$ . Digunakan tulangan polos  $\phi 8-150$ ,  $A_s = 50,24 \text{ mm}^2$ . Jarak sejangkang =  $50,24 / 0,431 = 116,56 \text{ mm}$ , digunakan  $150 \text{ mm}$ . Jadi tulangan geser (sejangkang) kolom adalah  $\phi 8-150$  (OK, AMAN).

SHEAR DESIGN FOR U2,U3					
	Design Rebar	Design Uu	Design Pu	Design Mu	
Major Shear(U2)	0.431	0.442	57.253	2838.846	
Minor Shear(U3)	0.431	14.260	57.253	-14018.023	

**Gambar 9.** Detail luas tulangan geser minimum kolom 199

### 3.12. Lendutan Balok

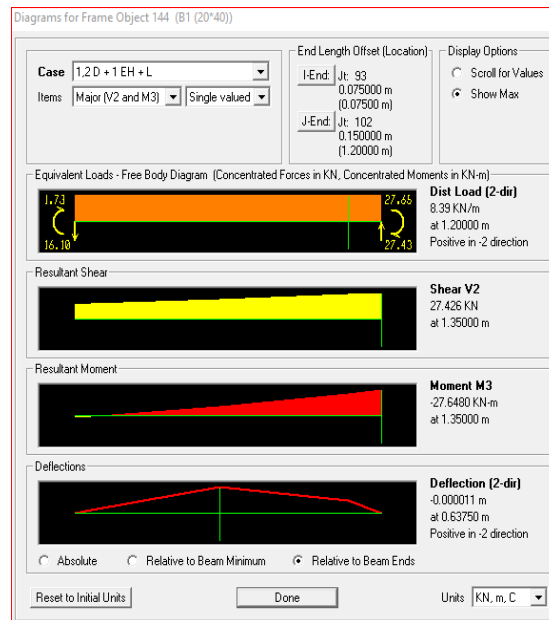
Menurut SNI 2847-2019 T pasal R24.2.2, untuk struktur-struktur tersebut dimana komponen-komponen strukturalnya sepertinya dipengaruhi oleh lendutan atau deformasi komponen-komponen struktur dimana komponen-komponen struktural tersebut dihubungkan dengan cara sedemikian rupa sehingga memberikan pengaruh yang merugikan kekuatan struktur tersebut, lendutan-lendutan dan gaya-gaya yang ditimbulkan tersebut harus dipertimbangkan secara eksplisit dalam analisis dan desain struktur.

$$\Delta_{ijin} = Lx/240$$

$$\Delta_{ijin} = 3500/240$$

$$\Delta_{ijin} = 14,58 \text{ mm} = 0,01458 \text{ m}$$

Pada output SAP 2000 otomatis menampilkan lendutan yang terjadi pada balok akibat beban yang ada pada balok tersebut, baik itu beban kombinasi maupun dari beban balok itu sendiri.



**Gambar 10.** Lendutan maksimal balok 144

Pada penulangan struktur kolom dan balok diatas dalam hal ini pada output SAP 2000 menampilkan penulangan minimal kolom dan balok utama. Terjadi perbedaan tulangan yang dipakai pada balok utama khususnya penulangan gaya geser (sejang) pada tumpuan dari D8-150 menjadi D8-100, hal ini diakibatkan karena balok utama tidak mampu menerima gaya geser akibat beban gempa sehingga jarak antar tulangan sejang harus lebih dekat.

Berdasarkan hasil penelitian, lendutan yang terjadi pada balok utama sebesar 0,000011 m, nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan lendutan ijin maksimum yaitu sebesar 0,01458 m, sehingga dapat dikategorikan aman.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

Pemodelan struktur gedung Kantor KNPI Kolaka dimodelkan dalam bentuk 3D dengan mendefinisikan semua material dan penampang yang digunakan pada eksisting gedung. Pemodelan beban mati yaitu berat dinding di sepanjang tepi balok bangunan sebesar 8,088 kN/m, beban mati pada pelat sebesar 1,175 kN/m<sup>2</sup> serta beban hidup sebesar 2,451 kN/m<sup>2</sup>. Adapun data beban gempa gedung Kantor KNPI Kolaka berdasarkan [rsa.pu.go.id](http://rsa.pu.go.id) masuk dalam kategori wilayah gempa 2 dan didapatkan parameter gempa yaitu S<sub>s</sub> sebesar 0,7 dan S<sub>1</sub> sebesar 0,258 serta T<sub>0</sub> dan T<sub>s</sub> sebesar 0,112 dan 0,561 detik.

Pada struktur gedung Kantor KNPI Kolaka diperoleh Time Periode ragam pertama sebesar 0,17856, dengan ini didapatkan koefisien C<sub>u</sub> yaitu 1,4 dan C<sub>t</sub> 0,0466 maka diperoleh T<sub>max</sub> sebesar 0,553 yang nilainya jauh lebih besar dibanding periode ragam pertama. Hasil pemeriksaan jumlah ragam pada kolom SumUX dan SumUY, pada ragam mode ke-5 partisipasi rasio kedua arah sudah melebihi 90%. Geser dasar statis yang diperoleh pada arah X dan Y yaitu 58,06 kN, sedangkan geser dasar dinamis pada arah X yaitu 105,513 kN dan arah Y yaitu 131,845 kN, hal ini membuktikan bahwa ketentuan V<sub>statis</sub> lebih besar daripada V<sub>dinamis</sub> hasilnya memenuhi. Adapun simpangan antar lantai yang terjadi yaitu 2,131 mm, nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan nilai simpangan yang diizinkan sebesar 75 mm.

Kemampuan penampang balok utama kolom, dan lendutan gedung Kantor KNPI Kolaka masuk dalam kategori Aman serta telah memenuhi aturan yang diizinkan berdasarkan SNI 1726:2019. Jika dibandingkan dengan hasil analisis bantuan SAP 2000, pemakaian penulangan eksisting dapat dikatakan aman namun boros, terutama pada pemakaian jumlah tulangan longitudinal pada balok dan kolom karena tulangan D16 yang dipakai terlalu besar.

#### 5. Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk ikut menganalisis penulangan pelat, pengklasifikasian tanah perlu dari hasil penyelidikan tanah serta analisis yang lebih detail mengacu SNI 1726:2019.

## Referensi

- AISC, (2005). *Specification for Structural Steel Building*, Chicago: American Institute of Steel Construction.
- ASCE 41-13, (2014). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dewi dan Sudrajat, (2019). *Sistem Analisa Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Jakarta: Erlangga.
- Mackenzie, (2015). ASCE 41-13 Structural Evaluation, Pendleton.
- Mulyati, (2017). *Penyederhanaan Cara Perhitungan Struktur untuk Bangunan Tahan Gempa Tertentu*. Seminar dan Pameran HAKI, Konstruksi Tahan Gempa di Indonesia.
- Purwanto, (2017). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press.
- Puskim.pu.go.id, Nilai Spektral Percepatan Di Permukaan Dari Gempa Risk-Targeted Maximum, 2017 [Online]
- Standar Nasional Indonesia (SNI 2847:2019). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- W. Dewobroto, (2006). "Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000", *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 17–18.