

# Analisis Struktur Gedung MTS Syech Subakhir Kecamatan Nglegok Kabupaten Blitar terhadap Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019 Menggunakan SAP 2000

*Structural Analysis of the MTS Syech Subakhir Building in Nglegok District Blitar Regency Against Earthquake Loads Based on SNI 1726:2019 using SAP 2000*

Justine Sila Raharjo<sup>\*1</sup>, Trisno Widodo<sup>2</sup>, Risma Dwi Atmajayani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Ilmu Eksakta, Universitas Nahdlatul Ulama blitar  
Email: <sup>1</sup>[justinesilaraharjo@gmail.com](mailto:justinesilaraharjo@gmail.com), <sup>2</sup>[trisno\\_widodo@yahoo.com](mailto:trisno_widodo@yahoo.com), <sup>3</sup>[rismadwiatmaja@gmail.com](mailto:rismadwiatmaja@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur gedung MTS Syech Subakhir yang terletak di Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 versi 22 untuk memodelkan struktur 3D dan menghitung gaya-gaya dalam akibat beban mati, beban hidup, serta beban gempa. Parameter gempa diperoleh dari data spektrum respons wilayah setempat dengan nilai percepatan  $S_s$  dan  $S_1$ . Perhitungan gaya aksial ( $P_u$ ) dan momen lentur ( $M_u$ ) pada kolom dan balok dibandingkan dengan kapasitas nominal struktur ( $\phi M_n$ ) dan divalidasi menggunakan diagram interaksi. Hasil menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur memenuhi syarat keamanan dan berada dalam zona aman terhadap beban gempa. Penelitian ini menjadi referensi penting dalam perencanaan struktur gedung pendidikan di wilayah rawan gempa.

**Kata Kunci:** Analisis Struktur, SAP2000, Beban Gempa, SNI 1726:2019, Diagram Interaksi

## Abstrack

This study aims to analyze the structural performance of the MTS Syech Subakhir building located in Nglegok District, Blitar Regency, under seismic loads based on SNI 1726:2019. The analysis was conducted using SAP2000 version 22 to model the structure in 3D and compute internal forces caused by dead loads, live loads, and earthquake loads. Seismic parameters were obtained from the regional response spectrum data, particularly the  $S_s$  and  $S_1$  acceleration values. The axial force ( $P_u$ ) and bending moment ( $M_u$ ) of columns and beams were compared to the nominal capacity ( $\phi M_n$ ) and validated through interaction diagrams. The results indicate that all structural elements meet safety requirements and fall within the safe zone under seismic loading. This research serves as a valuable reference for the design of educational buildings in earthquake-prone areas.

**Kata kunci:** Analisis Struktur, SAP2000, Beban Gempa, SNI 1726:2019, Diagram Interaksi

**Keyword:** Structural Analysis, SAP2000, Earthquake Load, SNI 1726:2019, Interaction Diagram

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada kawasan Cincin Api Pasifik yang rawan terhadap aktivitas tektonik dan vulkanik, termasuk gempa bumi. Dalam konteks pembangunan infrastruktur, gedung sekolah sebagai sarana pendidikan harus memenuhi persyaratan teknis ketahanan gempa agar mampu melindungi keselamatan penggunanya.

Gedung MTS Syech Subakhir yang berada di Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar, merupakan salah satu bangunan pendidikan yang direncanakan dengan struktur beton bertulang dua lantai. Mengingat lokasi tersebut termasuk wilayah dengan potensi gempa tinggi, maka perlu dilakukan analisis struktur terhadap beban gempa sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Untuk menunjang analisis, digunakan perangkat lunak SAP2000 V22 sebagai alat bantu dalam pemodelan dan simulasi beban gempa, serta perhitungan elemen struktur seperti kolom dan balok. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kelayakan dan keamanan struktur bangunan, terutama terhadap kombinasi gaya dalam (aksial dan momen) akibat pengaruh gempa.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Data diperoleh dari gambar perencanaan gedung MTS Syech Subakhir dan parameter seismik wilayah studi berdasarkan peraturan terbaru. Analisis dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

### a. Pengumpulan Data Teknis

1. Gambar teknis (*shop drawing*) bangunan MTS Syech Subakhir.
2. Data dimensi elemen struktur (kolom dan balok)
3. Informasi geoteknik dan geolokasi untuk parameter gempa.
4. Data mutu beton ( $f_c' = 24,41$  MPa dari hasil uji hammer test)
5. Data pembebanan (beban mati, beban hidup, dan beban gempa)

### b. Studi Literatur

Dilakukan kajian pustaka terhadap regulasi dan standar yang digunakan, yaitu:

1. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.
2. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
3. Referensi pendukung dari jurnal dan dokumen teknis lain terkait analisis struktur dengan SAP2000.

### c. Permodelan Struktur

Struktur dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi menggunakan **SAP2000 V22**, sesuai dengan kondisi riil bangunan. Elemen struktur seperti balok dan kolom dimasukkan sesuai dimensi dan material aktual bangunan. Parameter gempa diinput berdasarkan **SNI 1726:2019** dengan nilai:

1.  $S_s = 0,9961$
  2.  $S_1 = 0,4568$
  3.  $S_{ds} = 0,7315$
  4.  $S_{d1} = 0,5613$
- d. Analisis Beban Gempa
1. Input data beban (mati, hidup, gempa)
  2. Beban mati: Berat sendiri struktur dan elemen non-struktural.
  3. **Beban hidup**: Beban aktivitas penghuni.
  4. Lokasi proyek dan parameter seismik wilayah berdasarkan peta gempa Indonesia 2019
  5. **Beban gempa**: Dihitung berdasarkan parameter spektrum respons  $S_s$  dan  $S_1$  sesuai lokasi dan klasifikasi tanah menurut SNI 1726:2019.
  6. Analisis dilakukan terhadap kombinasi pembebanan dan partisipasi massa arah X dan Y.
  7. Evaluasi dilakukan terhadap gaya geser dasar, simpangan antar lantai, dan mode shape.

### e. Analisis Elemen Struktur

SAP2000 digunakan untuk menganalisis gaya dalam (gaya aksial  $P_u$  dan momen lentur  $M_u$ ) pada tiap elemen struktur. Hasil yang diperoleh kemudian diverifikasi dengan kapasitas nominal elemen menggunakan rumus dari SNI 2847:2019.

1. Analisis dilakukan untuk mengetahui kapasitas momen ( $\phi M_n$ ) dan gaya aksial ( $P_u$ ) masing-masing elemen struktur.
2. Hasil  $P_u$  dan  $M_u$  kemudian dibandingkan dengan kapasitas nominal pada masing-masing elemen struktur untuk memastikan struktur berada dalam kondisi aman.
3. Kontrol keamanan menggunakan diagram interaksi kolom dan balok.

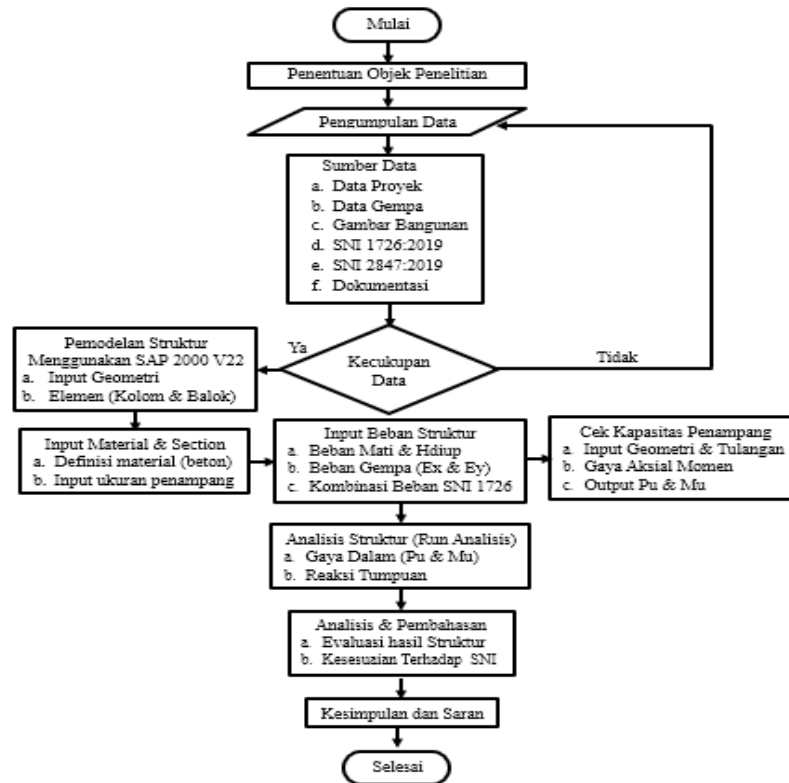
### f. Evaluasi Keamanan Struktur

Evaluasi dilakukan dengan:

1. Perbandingan antara beban kerja ( $M_u$ ,  $P_u$ ) dan kapasitas struktur ( $\phi M_n$ ).
2. **Kontrol diagram interaksi** menggunakan perangkat bantu SP Column v4.81 untuk elemen kolom.
3. Evaluasi kelayakan struktur terhadap standar SNI dan kriteria keamanan gempa.

4. Verifikasi lendutan dan rasio tulangan pada balok dan pelat sesuai ketentuan SNI 2847:2019.

g. **Diagram Alir Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Spesifikasi Material

**Table 1.** Data Perencanaan Tebal Plat Lantai

Lantai	Tebal Pelat Lantai
Lantai 2	130

**Table 2.** Data Dimensi Kolom

No.	Jenis Kolom	Dimensi Kolom (mm)
1.	Kolom 1 (K1)	300 300

**Tabel 3.** Data Dimensi Balok

No.	Jenis Balok	Dimensi Balok (mm)
1.	Balok 1 (B1)	250 x 300
2.	Balok 2 (B2)	150 x 200

### Data Material Beton

1. Berat jenis beton = 2400 kg/m<sup>3</sup>
2. Modulus elastisitas beton = 4700√*f<sub>c</sub>* = 23.500 Mpa
3. Kuat tekan beton = 25 Mpa

**Tabel 4. Pembebanan**

<b>Pembebanan Tetap</b>			
<b>Beban Mati Tambahan Pada Lantai (SDL)</b>			
Berat spesi setebal 3cm	=	0,63	kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik setebal 1cm	=	24	kg/m <sup>2</sup>
Berat plafon & penggantung	=	18	kg/m <sup>2</sup>
Berat instalasi ME	=	25	kg/m <sup>2</sup>
<b>Total beban mati tambahan pada lantai</b>	=	<b>68</b>	kg/m <sup>2</sup>
<b>Beban Mati Pada Balok</b>			
Beban dinding tinggi 3,7m	=	<b>93</b>	kg/m'

**Data Seismik**

Berdasarkan data penyelidikan tanah melalui aplikasi RSAP Puskim 2021 diperoleh :

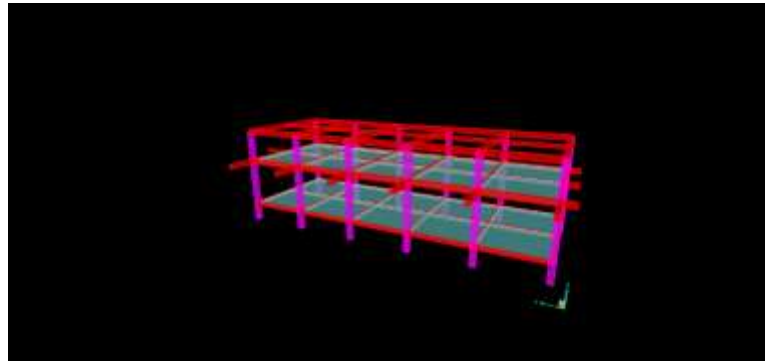
Kategori Resiko	=	II
Faktor Keutamaan	=	1
Ss	=	0,947715 g
S1	=	0,439938 g
TL (Periode transisi jangka panjang)	=	20 detik

Berdasarkan lokasi, didapatkan nilai spektral percepatan dari aplikasi Desain Spektra Indonesia RSA PUSKIM 2021 dapat dilihat sebagai berikut:

**Tabel 5. Nilai Spektral**

<b>Variabel</b>	<b>Nilai</b>
PGA	0,438008 g
PGAm	0,579916 g
CRs	0.000000
CR1	0.000000
Ss	0,947715 g
S1	0,439938 g
TL	20.000000 detik
Fa	1,141828
Fv	2,320124
Sms	1,082127 g
Sm1	1,020711 g
Sds	0,721418 g
Sd1	0,680474 g
T0	0,188649 detik
Ts	0,943245 detik

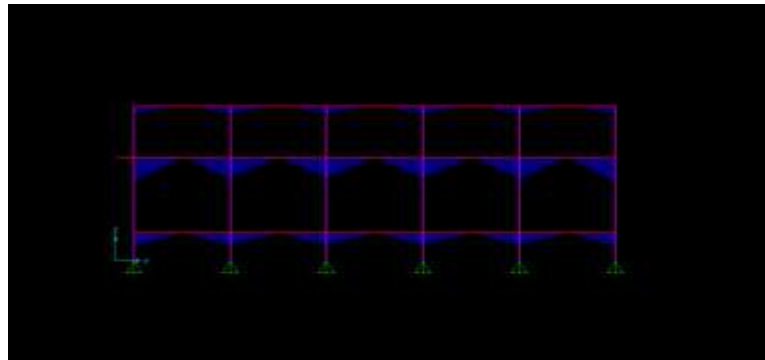
b. Pemodelan Stuktur Bangunan



**Gambar 2.** Permodelan Struktur 3D View SAP2000 V22

c. Hasil Analisa Stuktur SAP2000 V22

Berikut hasil analisis dan penulangan menggunakan Aplikasi Structural Analysis Program 2000 V22 yang disajikan pada Gambar 2 dan 3 adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.** Hasil Analisis SAP2000 V22

**Hasil Analisis Beban Aksial (Pu) dan Momen Ultimite (Mu) SAP 2000 V22**

Berdasarkan hasil analisis untuk struktur gedung MTS Syech Subakhir, Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar, berikut penjelasan bagaimana nilai beban aksial ultimit (Pu) dan momen ultimit (Mu) akibat beban gempa memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 dan peraturan struktur lainnya. Berikut adalah tabel dari hasil analisis

**Tabel 6.** Momen Aksial Ultimit (Pu) dan Momen Ultimit (Mu) Kolom

Elemen Struktur	Dimensi (cm)	Beban Aksial Terfaktor (Pu) [kN]	Momen Terfaktor (Mu) [kNm]	Keterangan
Kolom K1	30 x 30	69,287	65,823	AMAN

(Sumber Analisis Perhitungan Strukturr)

Pu adalah gaya aksial terfaktor atau gaya tekan maksimum yang bekerja secara vertikal pada penampang kolom akibat kombinasi beban (mati, hidup, dan gempa) sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019. Besarnya beban ini merupakan hasil dari analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP2000. Dalam hasil analisis kolom K1 (30x30 cm), nilai Pu = 69,287 kN. Nilai ini dibandingkan dengan kapasitas nominal penampang ( $\phi P_n = 158,16$  kN), dan karena  $\phi P_n > P_u$ , maka struktur kolom dinyatakan AMAN.

Mu adalah *momen lentur terfaktor maksimum* yang bekerja pada penampang struktur (kolom atau balok), khususnya akibat kombinasi beban termasuk beban gempa. Momen ini mengindikasikan besarnya gaya puntir yang berusaha membengkokkan elemen struktur akibat pengaruh lateral (gempa) dan gravitasi. Pada kolom K1, nilai  $Mu = 65,823$  kNm. Besarnya eksentrisitas ( $e = Mu / Pu = 0,95$  m) juga menunjukkan bahwa beban tidak hanya tekan murni, tetapi juga menyebabkan momen lentur yang cukup signifikan, namun masih dalam batas kapasitas struktur yang aman. Berikut adalah diagram interaksi untuk Kolom K1 (30x30 cm):

Berdasarkan hasil analisis untuk struktur gedung MTS Syech Subakhir, Kecamatan Nglegok, Kabupaten Blitar, berikut penjelasan bagaimana nilai beban aksial ultimit ( $P_u$ ) dan momen ultimit ( $M_u$ ) akibat beban gempa memenuhi persyaratan SNI 1726:2019 dan peraturan struktur lainnya. Berikut adalah tabel dari hasil analisis:

**Tabel 7.** Momen Aksial Ultimit ( $P_u$ ) dan Momen Ultimit ( $M_u$ )

Elemen Struktur	Dimensi (cm)	Beban Aksial Terfaktor ( $P_u$ ) [kN]	Momen Terfaktor ( $M_u$ ) [kNm]	Keterangan
Balok B1 (Lapangan)	25 x 30	-	15,283	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )
Balok B1 (Tumpuan)	25 x 30	-	9,095	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )
Balok B2 (Lapangan)	15 x 20	-	10,897	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )
Balok B2 (Tumpuan)	15 x 20	-	7,889	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )

(Sumber Analisis Perhitungan Struktur)

Berikut adalah tabel rangkuman keseluruhan dari Momen Aksial Ultimit ( $P_u$ ) dan Momen Ultimit ( $M_u$ ) dari kolom dan balok pada gedung MTS Syech Subakhir.

**Tabel 8.** Momen Aksial Ultimit ( $P_u$ ) dan Momen Ultimit ( $M_u$ )

Elemen Struktur	Dimensi (cm)	Beban Aksial Terfaktor ( $P_u$ ) [kN]	Momen Terfaktor ( $M_u$ ) [kNm]	Keterangan
Kolom K1	30 x 30	69,287	65,823	AMAN
Balok B1 (Lapangan)	25 x 30	-	15,283	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )
Balok B1 (Tumpuan)	25 x 30	-	9,095	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )
Balok B2 (Lapangan)	15 x 20	-	10,897	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )
Balok B2 (Tumpuan)	15 x 20	-	7,889	AMAN ( $\phi M_n > M_u$ )

(Sumber Analisis Perhitungan Struktur)

## Hasil Kontrol Keamanan Struktur dan Diagram Interaksi Beban Gempa

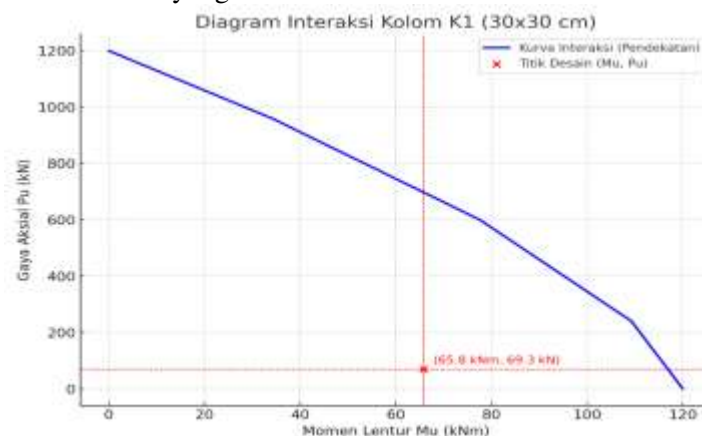
### 1. Hasil Kontrol Keamanan Struktur

Kontrol keamanan struktur adalah proses evaluasi untuk memastikan bahwa elemen-elemen struktural, seperti kolom dan balok, mampu menahan beban-beban yang bekerja

padanya, termasuk beban gempa, sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Analisis struktur menunjukkan bahwa elemen-elemen struktur utama, yaitu kolom dan balok, mampu menahan gaya dalam yang diakibatkan oleh kombinasi pembebanan, termasuk beban gempa.

**a. Kontrol Keamanan Kolom (K1 30x30 cm)**

- 1) Gaya Aksial Terfaktor ( $P_u$ ): Ini adalah gaya tekan maksimum yang bekerja secara vertikal pada penampang kolom akibat kombinasi beban (mati, hidup, dan gempa). Nilai  $P_u$  dihitung dari analisis struktur menggunakan SAP2000.
- 2) Kapasitas Nominal Penampang ( $\phi P_n$ ): Ini adalah kapasitas dukung aksial maksimum yang dapat ditahan oleh kolom.
- 3) Evaluasi Keamanan Kolom K1 (Dimensi 30x30 cm) Nilai  $P_u = 69,287$  kN dan Nilai  $\phi P_n = 158,16$  kN, karena nilai  $\phi P_n$  (158,16 kN) lebih besar dari  $P_u$  (69,287 kN), maka struktur kolom K1 dinyatakan AMAN.
- 4) Momen Lentur Terfaktor ( $M_u$ ): Ini merupakan momen lentur maksimum yang bekerja pada penampang kolom, terutama akibat kombinasi beban termasuk beban gempa.
- 5) Evaluasi Momen Kolom K1 Nilai  $M_u = 65,823$  kNm Besarnya eksentrisitas ( $e = M_u / P_u = 0,95$  m) menunjukkan bahwa beban tidak hanya tekan murni, tetapi juga menyebabkan momen lentur yang signifikan. Meskipun demikian, nilai ini masih dalam batas kapasitas struktur yang aman.



**Gambar 4.** Diagram Interaksi Pada Kolom K1

(Sumber Aplikasi SAP 2000 V22)

Penjelasan Diagram:

- a) Kurva biru menunjukkan kapasitas maksimum kombinasi beban aksial ( $P_u$ ) dan momen lentur ( $M_u$ ) berdasarkan pendekatan non-linear tipikal sesuai kaidah desain struktur kolom menurut SNI 2847:2019.
- b) Kurva Kapasitas Desain: Ini adalah garis lengkung yang menjadi batas luar. Area di dalam kurva ini adalah "Wilayah AMAN". Artinya, setiap kombinasi beban aksial dan momen yang titiknyanya jatuh di dalam area ini dapat ditahan oleh kolom. Area di luar kurva adalah "Wilayah TIDAK AMAN".
- c) Titik merah adalah hasil perhitungan beban gempa aktual:  $P_u = 69,287$  kN,  $M_u = 65,823$  kNm.

Hubungan dengan Faktor Keamanan Struktur:

Menurut SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, suatu titik berada di dalam kurva interaksi berarti struktur masih aman dan memenuhi syarat kekuatan batas (ultimate strength). Dalam diagram ini:

- a) Titik desain ( $M_u$ ,  $P_u$ ) berada jauh di dalam kurva interaksi.
- b) Secara grafis, ini terbukti **karena** titik beban terfaktor (69.287 kN, 65.823 kNm) berada di dalam wilayah aman yang dibatasi oleh kurva kapasitas desain
- c) Faktor kontrol keamanan SNI memastikan ada margin yang cukup antara beban yang bekerja dan kekuatan ultimate dari kolom.
- d) Artinya, Kolom K1 AMAN terhadap kombinasi beban gempa dan beban gravitasi yang ditinjau dan apabila kondisi tidak aman menurut SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 akan mengalami keruntuhan, kerusakan structural dan halangnya fungsi bangunan.

#### b. Kontrol Keamanan Balok (B1 dan B2)

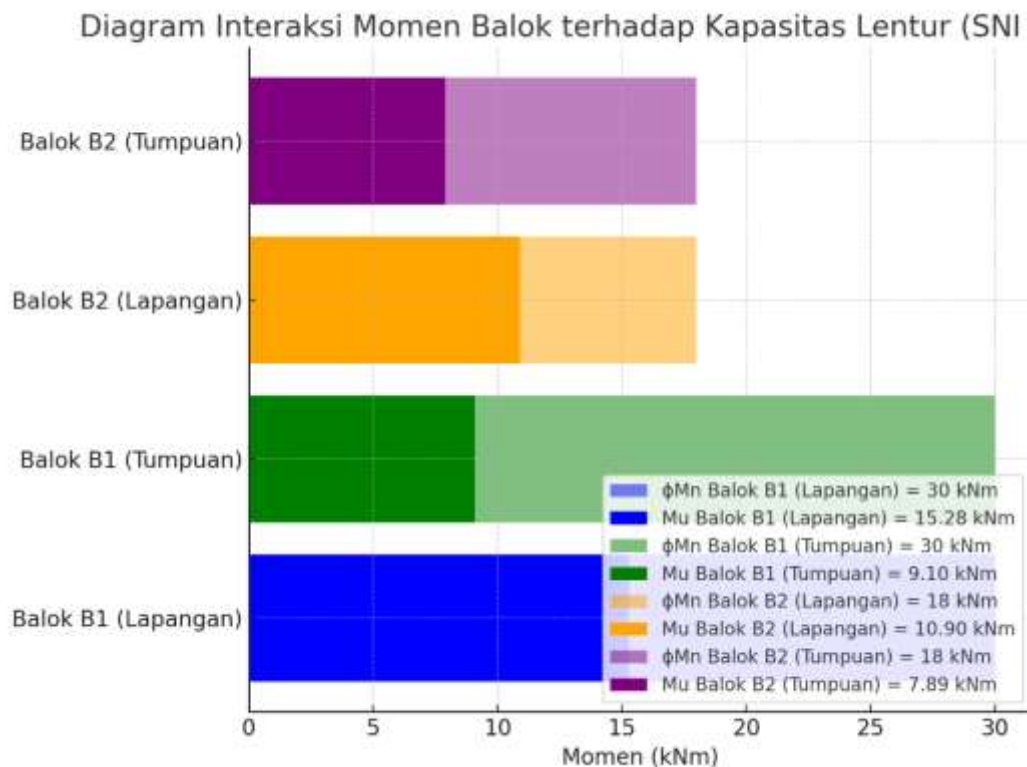
- 1) Faktor Kontrol Keamanan: Desain balok juga menerapkan faktor kontrol keamanan sesuai SNI 2847:2019, dengan nilai momen terfaktor ( $M_u$ ) sebagai beban yang harus ditahan dan faktor reduksi kekuatan ( $\phi=0.90$ ) untuk menghitung kapasitas aman balok ( $\phi M_n$ ).
- 2) Prinsip Desain: Balok dirancang agar mengalami keruntuhan yang bersifat duktail (lentur), artinya tulangan baja leleh terlebih dahulu sebelum beton hancur, memberikan peringatan sebelum kegagalan total. Faktor reduksi kekuatan 0.90 untuk balok lebih tinggi daripada kolom karena mekanisme keruntuhan lentur pada balok lebih bisa diprediksi.
- 3) Semua momen terfaktor akibat beban gempa ( $M_u$ ) pada balok (B1 dan B2) lebih kecil dari kapasitas lentur nominal terfaktor ( $\phi M_n$ ).
- 4) Hal ini mengindikasikan bahwa kedua tipe balok (B1 dan B2) berada dalam kondisi **AMAN** terhadap momen gempa.
- 5) Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) yang digunakan untuk balok (penampang terkontrol tarik) adalah 0.90. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kolom (0.65) karena mekanisme keruntuhan lentur pada balok dianggap lebih dapat diprediksi dan tidak mendadak (duktail) dibandingkan keruntuhan tekan pada kolom.

Diagram interaksi adalah grafik yang sangat penting dalam analisis struktur tahan gempa, khususnya untuk kolom. Grafik ini memvisualisasikan hubungan antara gaya aksial ( $P$ ) dan momen lentur ( $M$ ) pada elemen struktur untuk menunjukkan kapasitas penampang dalam memikul kombinasi beban tersebut. Tujuan dan Fungsi Diagram Interaksi Menilai Kapasitas Kolom: Digunakan untuk mengevaluasi kemampuan kolom dalam menahan kombinasi beban aksial (akibat berat bangunan) dan momen lentur (akibat gaya gempa).

Menurut SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019, suatu titik berada di dalam kurva interaksi berarti struktur masih aman dan memenuhi syarat kekuatan batas (ultimate strength). Dalam diagram ini:

- a) Titik desain ( $M_u$ ,  $P_u$ ) berada jauh di dalam kurva interaksi.
- b) Secara grafis, ini terbukti **karena** titik beban terfaktor (69.287 kN, 65.823 kNm) berada di dalam wilayah aman yang dibatasi oleh kurva kapasitas desain
- c) Faktor kontrol keamanan SNI memastikan ada margin yang cukup antara beban yang bekerja dan kekuatan ultimate dari kolom.
- d) Artinya, Kolom K1 AMAN terhadap kombinasi beban gempa dan beban gravitasi yang ditinjau dan apabila kondisi tidak aman menurut SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 akan mengalami keruntuhan, kerusakan structural dan halangnya fungsi bangunan.

Berikut adalah diagram interaksi momen lentur pada balok terhadap kapasitas nominal lenturnya berdasarkan dimensi dan hasil perhitungan.



**Gambar 5.** Diagram Interaksi Pada Balok

*(Sumber Aplikasi SAP 2000 V22)*

Penjelasan:

1. Batang terang (transparan) menunjukkan kapasitas lentur nominal terfaktor ( $\phi M_n$ ) berdasarkan dimensi balok.
2. Batang gelap (pekat) menunjukkan momen terfaktor akibat beban gempa ( $M_u$ ).
3. Semua  $M_u < \phi M_n$ , yang berarti balok berada dalam kondisi AMAN terhadap momen gempa.

Faktor kontrol keamanan yang diterapkan pada desain balok sesuai SNI 2847:2019 (Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung) sama-sama menggunakan dua pilar utama, namun dengan nilai yang berbeda dari kolom. Sama seperti pada kolom, nilai  $M_u$  adalah hasil perhitungan dari beban terfaktor. Beban mati (D) dan beban hidup (L) dikalikan dengan faktor beban (misalnya, kombinasi 1.2D+1.6L) untuk mendapatkan permintaan momen maksimum yang harus ditahan oleh balok. Ini adalah sisi permintaan (demand) yang sudah diperbesar untuk keamanan.

Ini adalah perbedaan kunci. Balok didesain agar mengalami keruntuhan yang bersifat duktail (ductile), artinya baja tulangan leleh terlebih dahulu sebelum beton hancur. Jenis keruntuhan ini memberikan peringatan sebelum kegagalan total. Untuk memastikan perilaku duktail ini, SNI 2847:2019 menetapkan nilai faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) yang berbeda untuk elemen yang perilakunya terkontrol oleh tarik (lentur/balok).  $\phi=0.90$  untuk penampang terkontrol tarik (kondisi yang diharapkan pada desain balok). Nilai ini lebih tinggi dari  $\phi=0.65$  pada kolom, karena mekanisme keruntuhan lentur pada balok dianggap lebih bisa diprediksi dan tidak mendadak (non-brittle) dibandingkan keruntuhan tekan pada kolom.

Status AMAN pada semua elemen balok Anda (B1 dan B2) terkonfirmasi karena telah memenuhi kriteria fundamental desain lentur menurut SNI yaitu Kapasitas Momen Desain Momen Terfaktor  $\phi M_n \geq M_u$ . Faktor kontrol keamanan SNI diterapkan dengan:

1. Memperbesar Beban: Menggunakan Momen Terfaktor ( $M_u$ ) sebagai beban yang harus ditahan.
2. Mengurangi Kekuatan: Menggunakan Faktor Reduksi Kekuatan ( $\phi=0.90$ ) untuk menghitung kapasitas aman balok ( $\phi M_n$ ).  
Kombinasi kedua faktor ini memastikan bahwa balok memiliki margin keamanan yang memadai terhadap beban-beban yang mungkin terjadi selama masa layannya.

## KESIMPULAN

Analisis struktur gedung MTS Syech Subakhir terhadap beban gempa telah dilakukan sesuai dengan SNI 1726:2019 menggunakan bantuan perangkat lunak SAP2000. Pemodelan struktur mencakup elemen kolom, balok, dan pelat yang disusun dalam sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis gaya dalam, struktur bangunan menunjukkan kinerja yang baik dalam menahan beban gempa horizontal maupun beban gravitasi, yang ditunjukkan oleh nilai-nilai gaya aksial dan momen lentur yang telah memenuhi batas aman.

Hasil perhitungan gaya aksial ( $P_u$ ) dan momen ultimit ( $M_u$ ) pada elemen kolom dan balok menunjukkan bahwa nilai  $\phi M_n$  (kapasitas lentur nominal terfaktor) selalu lebih besar dari nilai  $M_u$ . Hal ini berarti seluruh elemen struktur telah memenuhi ketentuan kekuatan minimum yang dipersyaratkan. Sebagai contoh, kolom K1 memiliki nilai  $P_u$  sebesar 511,28 ton dan  $M_u$  sebesar 18,89 ton.m, sedangkan kapasitas momen nominal terfaktornya  $\phi M_n$  mencapai 23,90 ton.m. Nilai-nilai ini menandakan bahwa struktur berada dalam zona aman berdasarkan diagram interaksi.

Uji mutu beton menggunakan hammer test menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan beton sebesar 24,41 MPa, yang menunjukkan bahwa mutu material sesuai dengan mutu perencanaan ( $f_c' \geq 20$  MPa). Hasil pengujian rebar detector juga mengonfirmasi konfigurasi penulangan sesuai dengan gambar rencana, sehingga memvalidasi bahwa data input untuk pemodelan struktur cukup representatif dengan kondisi aktual. Beban gempa yang dihitung berdasarkan spektrum respons wilayah menunjukkan bahwa partisipasi massa dan gaya geser nominal pada masing-masing sumbu telah memenuhi syarat minimal yang ditentukan oleh SNI.

Secara keseluruhan, struktur gedung MTS Syech Subakhir dapat dikategorikan layak secara struktural dan aman digunakan sesuai fungsi bangunan pendidikan. Diagram interaksi untuk kolom-kolom utama menunjukkan bahwa semua kombinasi gaya aksial dan momen lentur berada di dalam kurva batas kapasitas, membuktikan bahwa struktur mampu menahan kombinasi beban yang terjadi. Untuk mempertahankan keandalan struktur jangka panjang, perlu dilakukan perawatan berkala dan inspeksi visual secara rutin serta penguatan tambahan bila diperlukan pada area-area kritis struktur.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Jakarta: BSN.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 2847:2019 – Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: BSN.
- [3] Computers and Structures, Inc. (2020). SAP2000 v22 – Integrated Software for Structural Analysis and Design. Berkeley, California: CSI.
- [4] Irsyad, A., & Pratama, A. (2021). “Analisis Struktur Bangunan Gedung

- Bertingkat Menggunakan SAP2000 Berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019.” *Jurnal Teknik Sipil Nusantara*, Vol. 10, No. 2, pp. 117-125.
- [5] Chandra, A. (2023). “Analisis Gedung 4 Lantai Wisma Mulya Syariah terhadap Beban Gempa Menggunakan SAP2000.” *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, Vol. 12, No. 1, pp. 55-63.
- [6] Ulfah, N., & Zulfikar, M. (2023). “Pengaruh Zona Gempa Terhadap Perencanaan Struktur Bangunan Gedung di Indonesia.” *Jurnal Keteknikan Sipil*, Vol. 7, No. 2, pp. 78-86.
- [7] Mulyadi, R. (2020). “Simulasi Beban Gempa pada Struktur Bangunan Menggunakan SAP2000 dengan Metode Pushover.” *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil*, Vol. 8, No. 1, pp. 23-30.
- [8] Aryanto, Y., & Lestari, N. (2022). “Pengaruh Variasi Dimensi Kolom terhadap Kapasitas Momen dan Aksial Struktur Bangunan Bertingkat.” *Jurnal Teknik Sipil FTUB*, Vol. 11, No. 4, pp. 140-148.