

Perencanaan Ulang Struktur Gedung Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Redesign of Earthquake Resistant Building Structures Based on SNI 03-1726-2012

Akbar Saprido, As'at Pujianto

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Evaluasi struktur sesuai dengan peraturan terbaru perlu dilakukan karena struktur harus memikul beban rancang secara aman sesuai dengan standar yang berlaku. Gedung yang tidak memiliki ketahanan yang kuat terhadap beban gempa dapat bergoyang bahkan runtuh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi ketahanan gedung terhadap gempa. Komponen utama struktur atas sebuah gedung yaitu balok, kolom, dan pelat lantai, dimodelkan menggunakan *software* SAP2000 versi 14 sesuai dengan *as built drawing*. Pemodelan diawali dengan menggambarkan elemen struktur dan dilanjutkan dengan menginput material struktur, yaitu beton dengan Mutu Beton ($f'c$) = 25 MPa untuk komponen struktur. Hasil analisis dengan menggunakan metode statik ekuivalen menunjukkan bahwa berdasarkan data yang didapat dari analisis perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya dari *software* SAP2000 versi 14 dapat diketahui bahwa ada beberapa frame kolom pada struktur gedung ini yang dinyatakan tidak aman terhadap gaya-gaya yang bekerja terhadap struktur, maka dari itu perlu dilakukan perkuatan terhadap beberapa struktur kolom pada bangunan ini. Pada penelitian ini sistem perkuatanyang digunakan adalah dengan cara penambahan tulangan terhadap struktur kolom. Sedangkan Hasil analisis *software* SAP2000 versi 14 untuk elemen struktur balok menunjukkan bahwa semua tipe balok dapat dikatakan sangat aman atau boros sehingga perlu adanya pengurangan jumlah dan jarak tulangan yang digunakan sehingga memenuhi kebutuhan jumlah tulangan hasil perencanaan.

Kata Kunci : Beton, SAP2000 versi 14, Perencanaan Ulang, Gempa, Kekuatan Struktur, Pemodelan

Abstract. Evaluation of structures in accordance with the latest regulations needs to be done because the structure must bear the burden of designing safely in accordance with applicable standards. Buildings that do not have strong resistance to earthquake loads can sway and even collapse. This study aims to analyze and evaluate the resistance of buildings to earthquakes. The main components of the structure of a building are beams, columns, and floor slabs, modeled using SAP2000 version 14 software in accordance with as built drawing. The modeling begins with describing structural elements and is followed by inputting structural material, namely concrete with Concrete Quality ($f'c$) = 25 MPa for structural components. The results of the analysis using the equivalent static method indicate that based on the data obtained from the analysis of calculations that have been done previously from SAP2000 version 14 software it can be seen that there are several column frames in this building structure which are declared insecure against forces acting on the structure, so from that it is necessary to reinforce several column structures in this building. In this study the reinforcement system used is by adding reinforcement to the column structure. While the results of the analysis of SAP2000 version 14 software for beam structural elements indicate that all types of beams can be said to be very safe or wasteful so it is necessary to reduce the number and distance of reinforcement used to meet the needs of the number of reinforcement planning results.

Key Words: Concrete, SAP2000 version 14, Redesign, Earthquake, Structural Strength, Modeling

1. Pendahuluan

Gempa Bumi adalah guncangan yang terjadi di permukaan Bumi yang disebabkan adanya pelepasan energi yang menyebabkan pergeseran Lempeng Bumi. Semakin lama energi itu akan membesar dan akan mencapai keadaan *maximun*. Apabila pinggiran lempeng tidak bisa menahan energi tersebut maka akan mengakibatkan terjadinya gempa bumi.

Disamping pergeseran lempeng bumi, gerak lempeng yang saling menjauh juga dapat memicu terjadinya gempa bumi. Karena apabila dua lempeng tersebut saling menjauh maka akan membentuk lempeng baru diantara kedua lempeng tersebut. Lempeng yang baru akan ditekan oleh kedua lempeng lama, yang akan mengakibatkan lempeng baru bergerak ke bawah. Dari hal inilah akan menghasilkan

suatu energi dengan kekuatan yang sangat luar biasa. Maka dari itu struktur bangunan harus direncanakan sedemikian rupa sesuai dengan regulasi bangunan tahan gempa sehingga bisa mengantisipasi dan menerima gaya lateral yang terjadi akibat gempa bumi serta dapat meminimalisir dampak kerugian yang dapat terjadi akibat gempa bumi baik dari segi ekonomi, sosial, dan diharapkan juga dapat menekan angka korban jiwa akibat bencana alam tersebut.

Maka dari itu konstruksi gedung tersebut haruslah diperhitungkan terhadap beban-beban yang akan diterima oleh struktur gedung tersebut baik itu beban mati maupun beban hidup. Beban-beban yang bekerja tersebut antara lain beban angin, beban gempa, beban tornado dan beban dari gedung itu sendiri. Beban eksternal adalah beban yang berasal dari luar gedung termasuk faktor ketahanan tanah, sedangkan beban internal yaitu berat sendiri gedung dan berat yang ditanggung di dalam gedung. Perhitungan terhadap beban gempa yang diterima haruslah dipertimbangkan dengan gabungan dari beban hidup yang telah direduksi dan beban mati. Demikian pula untuk pengaruh struktur terhadap akibat penurunan atau penyusutan yang ditimbulkan akibat dari perubahan suhu. Perhitungan pembebanan berdasarkan peraturan pembebanan untuk gedung di Indonesia (Saptowati dan Prayogo, 2015)

Ghaffar, dkk. (2015) telah melakukan penelitian tentang perencanaan ulang struktur gedung tahan gempa menggunakan metode dinding geser pada gedung Universitas Brawijaya yang bertujuan untuk memperoleh besarnya momen, gaya lintang dan gaya lateral yang digunakan untuk menghitung luas tulangan dan dimensi elemen struktur balok, kolom dan dinding geser. Peneliti juga menggunakan konsep perencanaan *ultimate strength method*, dimana beban bekerja pada elemen struktur dinaikkan secukupnya dengan beberapa faktor reduksi untuk mendapatkan beban yang mana keruntuhan dinyatakan “telah diambang pintu” atau biasa disebut juga dengan beban berfaktor. Pada perencanaan ulang, peneliti melakukan beberapa perubahan terhadap desain awal yaitu perubahan desain gedung, dimensi elemen struktur, dan dinding geser. Perencanaan tulangan lentur dan

tulangan geser dibatasi pada Portal E yang dianggap telah mewakili portal yang lainnya. Hasil perhitungan yang didapat digunakan untuk menghitung detail gambar penulangan. Dengan adanya pendetailan pada elemen-elemen struktur baik balok, kolom, dinding geser dan hubungan balok kolom diharapkan mampu memperkecil kemungkinan kerusakan pada bangunan yang diakibatkan oleh gaya lateral tersebut. Pada perencanaan ulang ini dilakukan perubahan desain gedung struktur aktual terhadap dimensi elemen struktur balok, kolom, serta penambahan dinding geser pada Portal A dan Portal F. Menurut Solystik dan Jankowski (2015) bahwa menumbuk secara substansial dapat mempengaruhi respon bangunan baja yang meningkatkan kerusakan mereka selama gempa bumi.

Tujuan dari penyusunan tugas akhir yaitu:

1. Menghitung beban yang bekerja terhadap struktur bangunan
2. Menganalisis kekuatan struktur atas Gedung Upacara dan Parkir SMA muhammadiyah 3 Yogyakarta terhadap beban gempa.
3. Mengetahui kemungkinan terjadi kegagalan struktur dilihat dari jumlah tulangan struktur.

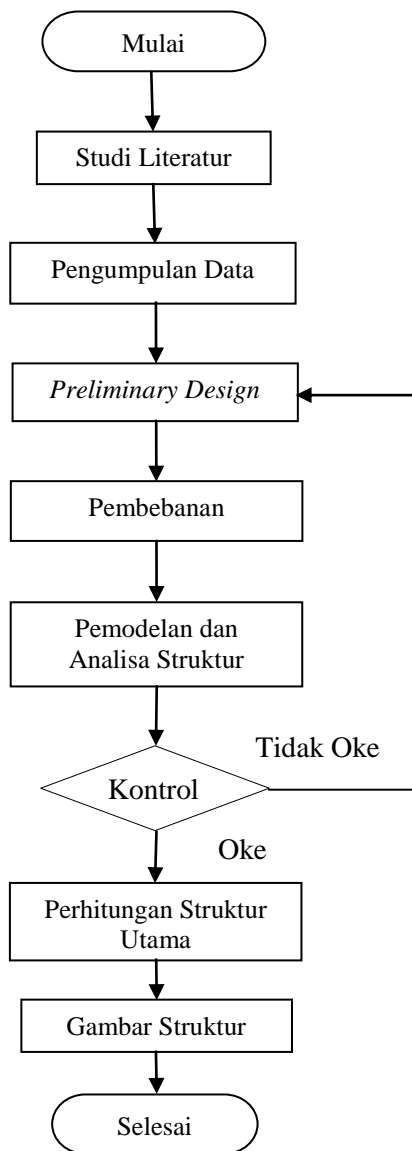
Oleh karena itu penting untuk

2. Pengumpulan Data dan Analisis

Tahapan awal daripada penelitian ini antara lain adalah pengumpulan data-data pendukung yang bersifat essential dan diperlukan dalam perancangan bangunan gedung dan studi literatur yang dilakukan dengan mempelajari dan memahami peraturan-peraturan dalam perencanaan struktur tahan gempa serta penelitian-penelitian sebelumnya terkait bangunan gedung tahan gempa maupun tentang gempa bumi itu sendiri. Berikut ini adalah peraturan-peraturan yang menjadi acuan dalam penelitian ini :

1. Pedoman Perencanaan Pembangunan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987.
2. Peraturan SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

3. Peraturan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
 4. Peraturan SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural
- Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:

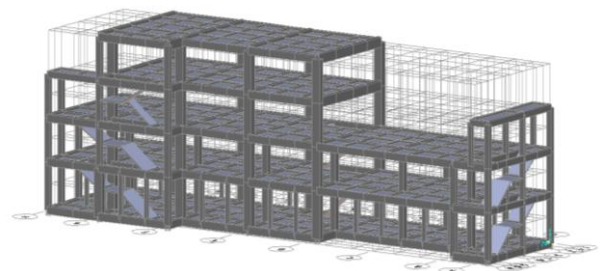


Gambar 1 Bagan alir penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan Struktur

Pemodelan diawali dengan menggambarkan elemen struktur pada grid-grid arah tiga dimensi, sumbu x, y, dan z. Pemodelan dilanjutkan dengan menginput material struktur. Setelah struktur gedung dimodelkan dalam software SAP2000 versi 14, model struktur tersebut diberikan beban yang mengacu pada SNI 1727-1013.



Gambar 2 Pemodelan pada SAP2000 versi 14

Pembebanan Struktur Portal

DL dinding bata: 250 kg/m² (PPURG 1987)

LL pelat lantai : 400 kg/m² (PPURG 1987)

LL pelat bordes: 250 kg/m² (PPURG 1987)

LL pelat tangga: 250 kg/m² (PPURG 1987)

LL pelat Atap : 250 kg/m² (PPURG 1987)

Beban mati balok induk :

h balok induk = 0,7 m

b balok induk = 0,4 m

$$\begin{aligned}
 t' &= t - h \\
 &= 4 - 0,7 \\
 &= 3,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban balok} &= \text{berat dinding bata} \times t' \\
 &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,3 \text{ m} \\
 &= 825 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban mati balok sloof :

h balok sloof = 0,7 m

b balok sloof = 0,4 m

$$\begin{aligned}
 t' &= t - \left(\frac{1}{2} h \text{ induk} + \frac{1}{2} h \text{ sloof}\right) \\
 &= 4 - \left(\frac{1}{2} 0,7 + \frac{1}{2} 0,7\right) \\
 &= 3,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban balok} &= \text{berat dinding bata} \times t' \\
 &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 3,3 \text{ m} \\
 &= 825 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban mati balok bordes :

h balok bordes = 0,5

b balok bordes = 0,2

$$\begin{aligned}
 t' &= \frac{1}{2} t - \left(\frac{1}{2} h \text{ induk} + \frac{1}{2} h \text{ bordes}\right) \\
 &= 2 - \left(\frac{1}{2} 0,7 + \frac{1}{2} 0,5\right) \\
 &= 1,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban balok} &= \text{berat dinding bata} \times t' \\
 &= 250 \text{ kg/m}^2 \times 1,4 \text{ m} \\
 &= 350 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban mati pelat lantai :

Tebal pelat = 0,12 m

BJ beton = 2400 kg/m³

Tebal spasi = 0,02 m

BJ spasi = 2100 kg/m³

Tebal pasir = 0,05 m

BJ pasir = 1600 kg/m³

Beban plafon	= 18 kg/m ²
Beban pelat	= 0,12 × 2400 = 288 kg/m ²
Beban spasi	= 0,02 × 2100 = 42 kg/m ²
Beban keramik	= 24 kg/m ²
Beban pasir	= 0,05 × 1600 = 80 kg/m ²
Total beban mati	= 452 kg/m ²
Beban mati pelat atap :	
Tebal pelat	= 0,12 m
BJ beton	= 2400 kg/m ³
Tebal spasi	= 0,02 m
BJ spasi	= 2100 kg/m ³
Tebal pasir	= 0,05 m
BJ pasir	= 1600 kg/m ³
Beban plafon	= 18 kg/m ²
Beban pelat	= 0,12 × 2400 = 288 kg/m ²
Beban spasi	= 0,02 × 2100 = 42 kg/m ²
Beban pasir	= 0,05 × 1600 = 80 kg/m ²
Total beban mati	= 428 kg/m ²
Beban mati pelat bordes :	
Tebal pelat	= 0,12 m
BJ beton	= 2400 kg/m ³
Tebal spasi	= 0,02 m
BJ spasi	= 2100 kg/m ³
Tebal pasir	= 0,05 m
BJ pasir	= 1600 kg/m ³
Beban pelat	= 0,12 × 2400 = 288 kg/m ²
Beban spasi	= 0,02 × 2100 = 42 kg/m ²
Beban keramik	= 24 kg/m ²
Beban pasir	= 0,05 × 1600 = 80 kg/m ²
Total beban mati	= 434 kg/m ²

Pembebanan Gempa

Penelitian ini difokuskan pada wilayah Kota Yogyakarta provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan parameter kondisi tanah pada semua jenis kondisi tanah, mulai dari tanah keras, tanah sedang hingga tanah lunak. Dalam SNI 03-1726-2012, bangunan sekolah dikategorikan sebagai bangunan dengan kategori resiko IV terhadap gempa bumi dengan nilai faktor keutamaan gempa (I_e) = 1,50. Nilai desain percepatan respons spektra yang diperoleh dari hasil analisis pada aplikasi

yang tersedia dalam *website* Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman (PUSKIM), Kementerian Pekerjaan Umum, diketahui nilai $S_s = 1,221$ dan $S_1 = 0,447$.

Menentukan nilai F_a dan F_v :

$$S_s = \frac{1,221-1,0}{1,25-1,0} = \frac{F_a-1,0}{1,0-1,0}$$

$$= \frac{0,221}{0,25} = \frac{F_a-1,0}{0}$$

$$= 0 = 0,25F_a - 0,25$$

$$= 0,25F_a = 0,25 - 0$$

$$= F_a = \frac{0,25}{0,25}$$

$$= 1$$

$$S_1 = \frac{0,447-0,4}{0,5-0,4} = \frac{F_v-1,4}{1,3-1,4}$$

$$= \frac{0,047}{0,1} = \frac{F_v-1,4}{-0,1}$$

$$= -0,0047 = 0,1F_v - 0,14$$

$$= 0,1F_v = 0,14 - 0,0047$$

$$= F_v = \frac{0,1353}{0,1}$$

$$= 1,353$$

Nilai parameter respon spektrum percepatan pada periode pendek 0,2 detik (S_{ms}) dan nilai parameter respon spektrum percepatan pada periode 1 detik (S_{m1}) :

$$S_{ms} = F_a \times S_s$$

$$= 1 \times 1,221$$

$$= 1,221$$

$$S_{m1} = F_v \times S_1$$

$$= 1,353 \times 0,447$$

$$= 0,6048$$

Parameter percepatan spektral desain dengan periode pendek 0,2 detik (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{ms}$$

$$= \frac{2}{3} \times 1,221$$

$$= 0,814$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{m1}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,6048$$

$$= 0,4032$$

Nilai periode getar struktur T_0 dan T_s :

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= 0,2 \times \frac{0,4032}{0,814}$$

$$= 0,099$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= \frac{0,4032}{0,814}$$

$$= 0,495$$

Nilai respon spektrum desain (S_a) untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ($0 \leq T < T_0$):

$$S_a = S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{T}{T_0}\right)$$

$$= 0,814 \times \left(0,4 + 0,6 \times \frac{T}{0,099}\right)$$

$$= 0,3256$$

Periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$):

$$S_a = S_{DS}$$

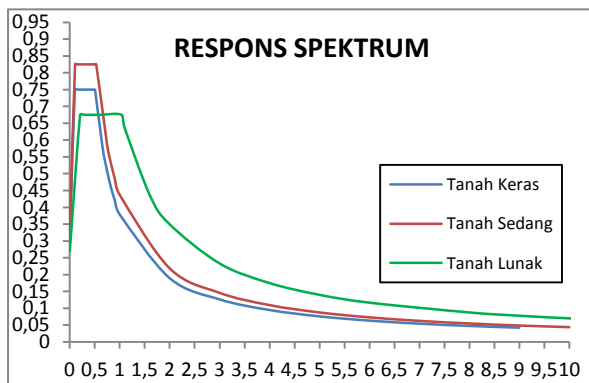
$$= 0,814$$

Periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_s ($T_0 \geq T_s$):

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

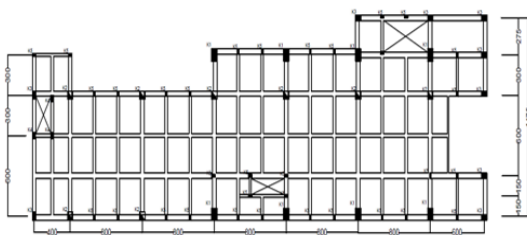
$$= \frac{0,4032}{1}$$

$$= 0,4032$$



Gambar 3 Response spectrum Kota Yogyakarta.

Analisis Struktur Kolom



Gambar 4 Denah kolom pada bangunan.

Kolom yang digunakan pada struktur Gedung Upacara dan Parkir SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta berbentuk persegi. Berdasarkan data yang didapat dari analisis perhitungan yang dilakukan sebelumnya dari software SAP2000 versi 14 diketahui ada beberapa frame kolom pada struktur gedung ini yang dinyatakan tidak aman terhadap gaya-gaya yang bekerja terhadap struktur, hal itu disebabkan karena kesalahan dalam operasional dari produk

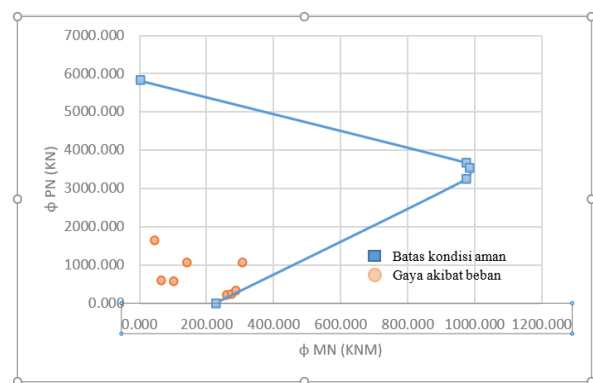
konstruksi tersebut, dimana pihak pemilik merubah dari fungsi awalnya yang diperuntukan untuk gedung parkir dan perkantoran menjadi gedung parkir, perkantoran dan gedung sarana olahraga yang menyebabkan perubahan pada beban hidup yang diterima struktur meningkat dimana beban hidup yang digunakan untuk bangunan sekolah dan kantor sebesar 250 kg/m^2 menjadi 400 kg/m^2 berdasarkan fungsi dari bangunan itu sendiri seperti yang tertera pada PPURG 1987. Oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan terhadap beberapa struktur kolom pada bangunan ini. Pada penelitian ini sistem perkuatan yang digunakan adalah dengan cara penambahan jumlah tulangan terhadap struktur kolom. Adapun perbandingan jumlah tulangan berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Hasil kekuatan kolom (kolom K1).

Item	P (kN)	M2(kN.m)
P terbesar	229,618	259,302
P terkecil	1642,505	44,954
V2 terbesar	564,247	102,195
V2 terkecil	1070,748	140,309
M2 terbesar	264,355	274,773
M2 terkecil	314,785	285,783
M3 terbesar	590,601	66,960
M3 terkecil	1070,748	309,275

Tabel 2 Hasil kekuatan kolom (kolom K1).

Keadaan	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)	e (mm)
Keadaan	ϕP_n (kN)	ϕM_n (kNm)	E
Sentris	6856,990	0	0
Ek. Kecil	5828,441	0	0
Patah Desak	3676,222	974,199	265
Seimbang	3535,637	986,786	
Patah Tarik	3252,249	975,675	300



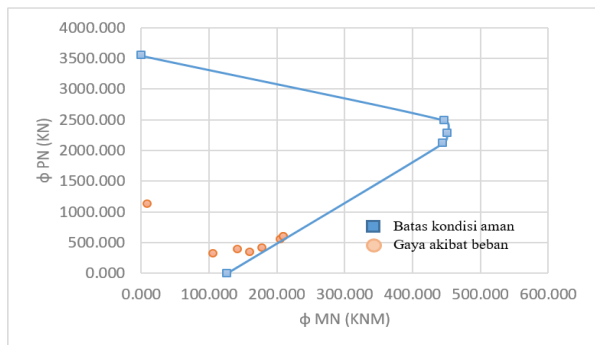
Gambar 5 Diagram interaksi (kolom K1).

Tabel 3 Hasil kekuatan kolom (kolom K2).

Item	P (kN)	M2(kN.m)
P terbesar	537,760	205,297
P terkecil	1128,098	8,995
V2 terbesar	344,881	161,819
V2 terkecil	314,602	105,703
M2 terbesar	596,504	209,929
M2 terkecil	598,918	210,131
M3 terbesar	403,713	178,075
M3 terkecil	392,101	143,453

Tabel 4 Hasil kekuatan kolom (kolom K2).

Keadaan	ϕPn (kN)	ϕMn (kNm)	e (mm)
Sentris	4426,975	0	0
Ek. Kecil	3541,580	0	0
Patah Desak	2486,144	447,506	180
Seimbang	2268,967	450,763	
Patah Tarik	2122,894	445,808	210
Momen	0	126,520	
Murni			



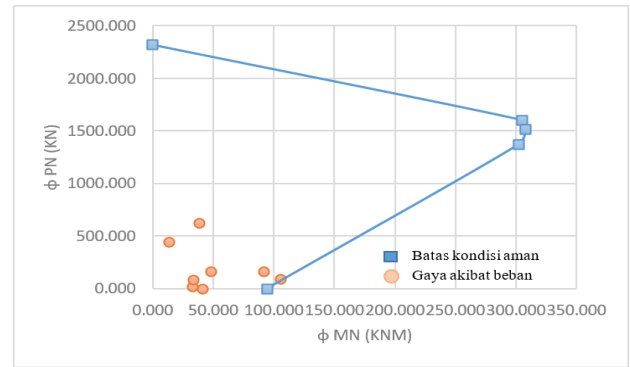
Gambar 6 Diagram interaksi (kolom K2).

Tabel 5 Hasil kekuatan kolom (kolom K3).

Item	P (kN)	M2(kN.m)
P terbesar	166,401	47,908
P terkecil	624,920	37,691
V2 terbesar	4,049	41,023
V2 terkecil	448,798	13,709
M2 terbesar	89,375	105,609
M2 terkecil	167,468	92,009
M3 terbesar	21,433	32,295
M3 terkecil	84,044	33,126

Tabel 6 Hasil kekuatan kolom (kolom K3).

Keadaan	ϕPn (kN)	ϕMn (kNm)	e (mm)
Sentris	2903,157	0	0
Ek. Kecil	2322,526	0	0
Patah Desak	1604,968	304,944	190
Seimbang	1516,144	307,361	
Patah Tarik	1372,772	302,010	220
Momen	0	94,414	
Murni			



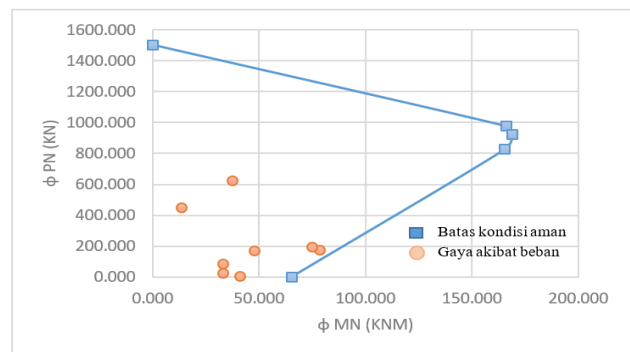
Gambar 7 Diagram interaksi (kolom K3).

Tabel 7 Hasil kekuatan kolom (kolom K4).

Item	P (kN)	M2(kN.m)
P terbesar	166,401	47,908
P terkecil	624,920	37,691
V2 terbesar	4,049	41,023
V2 terkecil	448,798	13,709
M2 terbesar	175,375	78,609
M2 terkecil	192,468	75,007
M3 terbesar	21,433	32,996
M3 terkecil	84,044	33,125

Tabel 8 Hasil kekuatan kolom (kolom K4).

Keadaan	ϕPn (kN)	ϕMn (kNm)	e (mm)
Sentris	1824,938	0	0
Ek. Kecil	1459,950	0	0
Patah Desak	996,820	159,491	170
Seimbang	926,021	162,319	
Patah Tarik	837,537	159,132	200
Momen	0	54,757	
Murni			



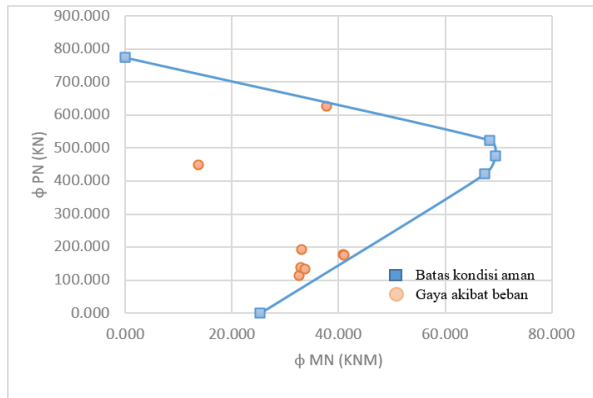
Gambar 8 Diagram interaksi (kolom K4).

Tabel 9 Hasil kekuatan kolom (kolom K5).

Item	P (kN)	M2(kN.m)
P terbesar	176,401	40,908
P terkecil	624,920	37,691
V2 terbesar	174,350	41,023
V2 terkecil	448,798	13,709
M2 terbesar	115,375	32,609
M2 terkecil	192,468	33,098
M3 terbesar	137,433	32,996
M3 terkecil	134,044	33,742

Tabel 10 Hasil kekuatan kolom (kolom K5).

Keadaan	$\phi Pn(kN)$	$\phi Mn(kNm)$	e (mm)
Sentris	967,719	0	0
Ek. Kecil	774,175	0	0
Patah Desak	524,787	68,222	130
Seimbang	476,786	69,407	
Patah Tarik	421,123	67,380	160
Momen Murni	0	25,288	

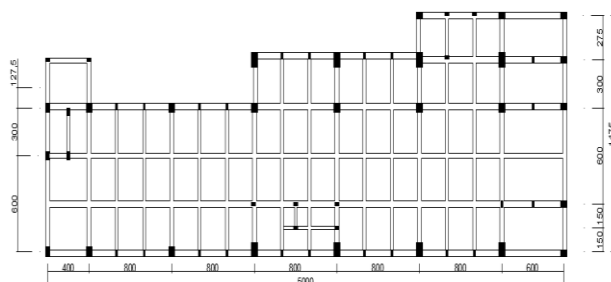


Gambar 9 Diagram interaksi (kolom K5).

Tabel 11 Penulangan pada kolom.

Tipe Kolom	Tul.	Awal		Rencana	
		Tu	La	Tu	La
K1 600x900	Utama	24D 22	24D22	26D22	26D22
	Begel	4P10 -100	4P10- 150	4P10- 100	4P10- 150
K2 600x600	Utama	20D 22	20D22	24D22	24D22
	Begel	4P10 -100	4P10- 150	4P10- 100	4P10- 150
K3 400x600	Utama	18D 19	18D19	22D22	22D22
	Begel	4P10 -100	4P10- 150	4P10- 100	4P10- 150
K4 300x500	Utama	12D 19	12D19	12D19	12D19
	Begel	3P10 -100	3P10- 150	3P10- 100	3P10- 150
K5 200x400	Utama	6D1 9	6D19	6D19	6D19
	Begel	2P10 -100	2P10- 150	2P10- 100	2P10- 150

Analisis Struktur Balok



Gambar 10 Denah balok pada bangunan.

Berdasarkan hasil yang didapat dari analisis *software* SAP2000 versi 14 menunjukkan bahwa semua tipe balok dapat dikatakan sangat aman atau boros yang menunjukkan perlu adanya pengurangan jumlah dan jarak tulangan yang digunakan sehingga memenuhi kebutuhan jumlah tulangan hasil perencanaan seperti pada tabel berikut:

Tabel 12 Hasil analisis balok.

Hasil analisis balok	
Balok TB-1	
Ukuran (mm)	400x700
Mu ⁺ (kNm)	159,155
Mu ⁻ (kNm)	269,359
Vu (kNm)	157,670
Balok TB-2	
Ukuran (mm)	300x600
Mu ⁺ (kNm)	83,963
Mu ⁻ (kNm)	127,033
Vu (kNm)	65,367
Balok B1-1	
Ukuran (mm)	400x900
Mu ⁺ (kNm)	358,984
Mu ⁻ (kNm)	520,694
Vu (kNm)	209,751
Balok B2-1	
Ukuran (mm)	400x700
Mu ⁺ (kNm)	358,984
Mu ⁻ (kNm)	574,273
Vu (kNm)	273,155
Balok B3-1	
Ukuran (mm)	200x500
Mu ⁺ (kNm)	57,335
Mu ⁻ (kNm)	68,909
Vu (kNm)	73,858
Balok B4-1	
Ukuran (mm)	200x500
Mu ⁺ (kNm)	57,335
Mu ⁻ (kNm)	112,683
Vu (kNm)	78,144
Balok B5-1	
Ukuran (mm)	200x500
Mu ⁺ (kNm)	49,092
Mu ⁻ (kNm)	149,002
Vu (kNm)	74,209
Balok BA-1	
Ukuran (mm)	300x600
Mu ⁺ (kNm)	134,235
Mu ⁻ (kNm)	207,215
Vu (kNm)	75,233

Tabel 13 Penulangan pada balok.

Tipe Balok	Tul.	Awal		Rencana	
		Tu	La	Tu	La
TB-1	Atas	8D22	8D22	6D22	4D22
	Bawah	8D22	8D22	4D22	6D22
	Begel	4P10-100	4P10-150	3P10-250	3P10-250
TB-2	Atas	4D22	4D22	4D22	3D22
	Bawah	4D22	4D22	3D22	4D22
	Begel	3P10-100	3P10-150	2P10-200	2P10-200
B1-1	Atas	10D22	4D22	8D22	4D22
	Bawah	5D22	6D22	5D22	6D22
	Begel	4P10-60	4P10-150	4P10-250	3P10-250
B2-1	Atas	8D22	4D22	8D22	4D22
	Bawah	6D22	6D22	6D22	6D22
	Begel	4P10-60	4P10-150	3P10-200	3P10-250
B3-1	Atas	3D19	3D19	2D19	2D19
	Bawah	3D19	3D19	2D19	2D19
	Begel	3P10-60	3P10-150	2P10-220	2P10-250
B4-1	Atas	4D22	3D22	3D22	2D22
	Bawah	3D22	4D22	2D22	3D22
	Begel	4P10-100	4P10-150	2P10-250	2P10-250
B5-1	Atas	3D22	3D22	4D22	2D22
	Bawah	3D22	3D22	2D22	4D22
	Begel	4P10-100	4P10-150	2P10-250	2P10-250
BA-1	Atas	4D22	4D22	4D22	4D22
	Bawah	4D22	4D22	4D22	4D22
	Begel	3P10-150	3P10-150	3P10-250	3P10-250

Analisis Komponen Pelat

Dari pemodelan dan analisis struktur pada komponen pelat telah didapat desain yang aman terhadap lendutan total akibat beban yang diterima.

Tabel 14 Desain struktur pelat.

No.	Komponen	Tulangan
1	Pelat Lantai	2P10–120
2	Pelat Bordes	2P10–180
3	Pelat Tangga	2P10–180
4	Pelat Atap	2P10–180

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pembebanan terhadap struktur gedung yang meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin dan beban

hujan, dengan kombinasi pembebanan yang mengacu pada SNI 03-1726-2012 menunjukkan terjadinya kegagalan terhadap struktur kolom karena ada beberapa kolom penyusun gedung yang tidak aman terhadap gaya dan beban yang bekerja seperti pada kolom K1, K2, dan K3 sebab besarnya gaya-gaya yang bekerja pada komponen struktur kolom tersebut lebih besar dari kemampuan struktur kolom tersebut untuk menahan beban seperti yang ada pada Gambar 4.6, Gambar 4.8, dan Gambar 4.10. Tidak hanya itu hal tersebut juga di pengaruhi oleh kesalahan dalam operasional dari produk konstruksi tersebut, dimana pihak pemilik merubah dari fungsi awalnya yang diperuntukan untuk gedung parkir dan perkantoran menjadi gedung parkir, perkantoran dan gedung sarana olahraga yang menyebabkan perubahan pada beban hidup yang diterima struktur meningkat dimana beban hidup yang digunakan untuk bangunan sekolah dan kantor sebesar 250 kg/m^2 menjadi 400 kg/m^2 berdasarkan fungsi dari bangunan itu sendiri seperti yang tertera pada PPURG 1987 . Maka perlu adanya perkuatan pada struktur kolom tersebut, dan pada penelitian ini dilakukan dengan cara penambahan jumlah tulangan pada kolom. Sedangkan untuk struktur balok sendiri menunjukkan tidak terjadinya kegagalan struktur karena elemen balok penyusun gedung itu sendiri sudah memenuhi desain yang masih sangat aman terhadap beban-beban yang bekerja dimana itu dapat dilakukan evaluasi pengurangan jumlah dan perubahan jarak pada tulangan geser guna meghindari biaya yang lebih besar.

5. Daftar Pustaka

- Afifuddin, M., Panjaitan, M. A. R., Ayuna, D., 2016, *The Behaviour of Reinforced Concrete Structure Due to Earthquake Load Using Time History Analysis Method*, AIWEST-DR 2016, Banda Aceh, 22-24 Nopember 2016.
- Adeswastoto, H., Djauhari, Z., dan Suryanita, R., 2017, *Evaluasi Kerentanan Bangunan Gedung Terhadap Gempa Bumi Berdasarkan ASCE 41-13*, Jurnal Teknik Sipil Siklus, 3 (2), 86-99.
- Agus, dan Gushendra, R., 2015, *Perbandingan Analisa Struktur Model Portal Open*

- Frame, Bracing dan Dinding Geser pada Struktur Gedung Beton Bertulang terhadap Beban Gempa*, Jurnal Momentum, 17 (2), 6-13.
- BSN, 2012, SNI 1726-2012: *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2013, SNI 1727-2013: *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- BSN, 2013, SNI 2847-2013: *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Budiwati, I. A. M., Sukrawa, M., 2017, *Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Penambahan Dinding Pengisi Berlubang sebagai Perkuatan Seismik*, Jurnal Teknik Sipil, 24 (1), 43-50.
- Chandurkar, P. P., Pajgade, P. S., 2013, *Seismic Analysis of RCC Building with and without Shear Wall*, International Journal of Modern Engineering Research, 3 (3), 1805-1810.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Ghaffar, M. A., Djodjoatmodjo, A. S. M., Nuralinah, D., 2015, *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Metode Dinding Geser Yang Mengacu Pada SNI 1726-2012 Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*, Tugas Akhir, Universitas Brawijaya, Malang.
- Hadibroto, B., Perangin-angin, S dan Alvan, S., 2012, *Evaluasi Ketahanan Gempa Bangunan Ruko di Kota Pematang Siantar*, Jurnal Saintika, 12 (2), 105-119.
- Haryanto, Y., Sudiby, G, H dan Wariyatno, N, G., 2015, *Kinerja Model Struktur Gedung Lima Lantai Pada Kondisi Tanah Keras Di Wilayah Banyumas Akibat Beban Gempa SNI 03-1726-2002 Dan SNI 03-1726-2012*, Dinamika Rekayasa, 11 (2), 80-84.
- Hermawan, F., dan Indarto, H., 2017, *Mekanisme Kebijakan Standar Ketahanan Gempa Baru pada Bangunan*, Teknik, 38 (2), 103-112.
- Leksono, R, S., Iranata, D dan Kristijanto, H., 2012, *Studi Pengaruh Kekuatan dan Kekakuan Dinding Bata Pada Bangunan Bertingkat*, Jurnal Teknik ITS, 1 (1), 30-33.
- Saptowati, H dan Prayogo, K., 2015, *Analisis Gempa Pada Struktur Gedung Irradiator Gamma Kapasitas 2 MCi*, Jurnal Perangkat Nuklir, 9 (2), 80-90.
- Soltsyik, B., Jankowski, R., 2015, *Building Damage Due to Structural Pounding During Earthquakes*, DAMAS 2015, Belgium, 24-26 Agustus 2015.
- Sukrawa, M., 2015, *Earthquake Response of RC Infilled Frame with Wall Openings in Low-Rise Hotel Buildings*, Procedia Engineering 125, pp: 933-939.
- Tajunnisa, Y., Chadaffi, M dan Ramadhaniyawan, V., 2014, *Perbandingan Evaluasi Kinerja Bangunan Tahan Gempa Antara Metode SRPMM dan SRPMK*, Jurnal Aplikasi, 12 (1), 1-16.