

EVALUASI STRUKTUR RANGKA BAJA PADA GEDUNG PARKIR UNIVERSITAS TIDAR BERDASARKAN SNI-1729-2015

Misbakhul Fahri ^{*1)}, Yudhi Arnandha ¹⁾, Dwi Sat Agus Yuwana ¹⁾, Teguh Mulyo Wicaksono ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman No.39, Potrobangsari, Magelang Utara, Kota Magelang, Jawa Tengah 56116

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang, 50275

*E-mail: fahri.misbakhul@gmail.com

ABSTRAK

Standar perencanaan baja meliputi dasar perencanaan, perilaku tegangan dan pengaruh stabilitas struktur baja sesuai SNI 1729 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural. Peraturan SNI 1729-2015, terdapat metode desain Direct Analysis Method (DAM) sebagai alternatif dari Effective Length Method (ELM) yang telah digunakan pada SNI 03-1729-2002. Gedung parkir Universitas Tidar dibangun tahun 2019 direncanakan menggunakan peraturan SNI 03-1729-2002 maka diperlukan tinjauan ulang menggunakan peraturan terbaru. Bangunan model rangka portal baja atau biasa disebut Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada kondisi tanah sedang (SD). Parameter respons spektral percepatan gempa berdasarkan peraturan SNI 1726-2019. Dalam periode fundamental struktur (T) terdapat faktor yang mempengaruhi berdasarkan kategori resiko antara lain C_u 1,4, untuk rangka pemikul momen C_t 0,0724 dan α 0,8, maka T_a didapatkan 0,608 detik, faktor sistem penahan gaya gempa Ω_0 3, C_d 5,5, dan R 8. Didapatkan C_s sebesar 0,153 lebih besar dari C_s minimum 0,0406 maka koefisien respons seismik (C_s) sudah memenuhi ketentuan. Dari analisis massa ragam menunjukkan angka 0,999 dan 1 pada MODAL 12 yang menunjukkan partisipasi massa ragam telah mendekati 100% dan telah memenuhi syarat peraturan yang digunakan dengan mode getar translasi pada mode 1 dan 2 sedangkan mode 3 mulai bersifat rotasi. Simpangan terbesar ada pada lantai 3 yaitu sebesar 0,0067 dengan simpangan ijin maks adalah 0,065. Gaya dalam terbesar muncul akibat kombinasi beban ke 4 yaitu $1,2 D+1,3 W+\gamma L+0,5(L_a \text{ atau } H)$. Dari SAP2000 pada elemen struktur gedung parkir Universitas Tidar tidak ada satupun elemen struktur yang berwarna merah over strength (O/S) maka konstruksi dapat dikatakan aman.

Kata kunci: Volume, Portal baja, Gedung Parkir, SNI 03-1729-2015, SAP2000.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan material baja sebagai bahan konstruksi mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan menggunakan material konstruksi lainnya yaitu baja mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi berat sendiri dari struktur itu sendiri, dan memiliki keawetan yang tinggi, serta keuntungan lainnya seperti kemudahan dalam penyambungan antar elemen yang satu dengan yang lain dapat

menggunakan alat sambung las ataupun baut (Sangidun, 2017).

Standar perencanaan baja di Indonesia yang meliputi dasar perencanaan, perilaku tegangan dan pengaruh stabilitas struktur baja tertuang dalam peraturan SNI 1729 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Baja Struktural. Peraturan terbaru tersebut dikeluarkan pada tahun 2015 menggantikan peraturan sebelumnya yang dipublikasikan pada tahun 2002. Standar perencanaan terbaru yaitu peraturan SNI 1729-2015 ini mengacu pada peraturan Amerika AISC-360-10,

sehingga terdapat beberapa perbedaan yang cukup signifikan dibanding peraturan sebelumnya (Kurniadi, 2018). Peraturan SNI 1729-2015, terdapat metode desain stabilitas yang baru yaitu *Direct Analysis Method* (DAM) sebagai alternatif dari *Effective Length Method* (ELM) yang telah digunakan pada SNI 03-1729-2002.

Direct Analysis method merupakan metode yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan dalam menghitung analisis struktur linier yang tidak dapat mengakses stabilitas. Penerapan dan pengaplikasian peraturan terbaru tersebut dimaksudkan untuk mengevaluasi kesesuaian bangunan gedung tersebut terhadap kekuatannya menahan berbagai kombinasi beban namun tetap efisien. Sehingga kegagalan struktur dapat diminimalisir dengan efektif (Raflesia, 2017).

Penggunaan peraturan SNI 1729:2015 memiliki hasil yang lebih efisien dibandingkan dengan peraturan SNI 03-1729-2002. Rasio kapasitas kuat lentur dan kuat geser maksimal pada peraturan SNI 1729-2015 dibandingkan dengan SNI 03-1729-2002 kuat geser maksimal pada peraturan SNI 1729-2015 dibandingkan dengan SNI 03-1729-2002 lebih besar mencapai 3,1% dan 3,8%. Menggunakan metode stabilitas DAM lebih kecil sebesar 23,45% sedangkan untuk peraturan SNI 03-1729-2002 yang menggunakan metode stabilitas ELM sebesar 4,81% (Kurniadi, 2018).

Peraturan SNI 03-1729-2002 dan peraturan SNI 1729-2015 mempunyai beberapa perbedaan terutama pada desain komponen struktur untuk tekan, lentur, dan sambungan. Selain itu, terdapat metode desain baru pada SNI 1729-2015 yaitu *Direct Analysis Method* (DAM). Perbedaan rasio kuat kolom antara ELM dan DAM adalah 6,7%. Ini

menunjukkan bahwa rancangan kolom dengan cara DAM menghasilkan kapasitas profil yang lebih besar dibandingkan dengan metode ELM sehingga profil yang digunakan dapat lebih hemat (Phiegiarto, 2018).

Perbandingan kapasitas tekan terhadap teori Euler menunjukkan pendekatan pada kondisi sendi - jepit dengan rasio 0,66, sedangkan perbandingan terhadap SNI 03-1729-2002 dan SNI 1729-2015 menunjukkan pendekatan terhadap kondisi tumpuan jepit - jepit dengan rasio sebesar 1,05 untuk SNI 03-1729-2002 dan 0,42 untuk SNI 1729-2015 (Hasibuan, dkk, 2015).

Gedung parkir Universitas Tidar dibangun pada tahun 2019 yang terdiri dari 4 (empat) lantai, lantai pertama digunakan sebagai ruangan untuk Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) dan lantai 2 (dua) sampai 4 (empat) digunakan sebagai tempat parkir bagi mahasiswa Universitas Tidar.

Pembangunan gedung sudah direncanakan cukup lama menggunakan peraturan SNI 03-1729-2002 yang pada saat pembangunan telah keluar peraturan yang terbaru sehingga dianggap kurang relevan lagi jika diterapkan untuk pembangunan saat ini, peraturan tersebut telah diperbarui menjadi SNI 1729-2015 guna mengurangi risiko terjadinya kegagalan konstruksi dan memungkinkan menghasilkan struktur yang lebih baik dan efisien dengan biaya yang lebih sedikit, maka diperlukan tinjauan ulang menggunakan peraturan terbaru yaitu peraturan SNI 1729-2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural terhadap bangunan gedung parkir Universitas Tidar magelang tersebut.

Tinjauan ulang pada struktur gedung parkir Universitas Tidar, Kota Magelang menggunakan peraturan

terbaru yaitu SNI-1729-2015 diharapkan dapat mengetahui kelayakan bangunan eksisting terutama pada bagian balok dan kolom dirancang menggunakan kedua peraturan tersebut.

Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui kekuatan dan mengevaluasi struktur pada gedung Parkir Universitas Tidar yang sebelumnya dirancang berdasarkan SNI-03.1729-2002 dalam memenuhi persyaratan keamanan struktur berdasarkan SNI-1729-2015 yang didesain menggunakan alat bantu SAP2000 menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), dan dapat memberikan kesimpulan yang mampu membantu dalam hal perencanaan struktur bangunan yang menggunakan struktur baja kedepannya.

METODE PENELITIAN

Studi kasus dilakukan pada gedung parkir, Universitas Tidar Magelang, struktur gedung menggunakan struktur baja yang terdiri dari empat lantai. Pada lantai satu digunakan sebagai ruang Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) dan lantai kedua sampai keempat digunakan sebagai tempat parker mahasiswa Universitas Tidar magelang. Perencanaan struktur gedung parkir Universitas Tidar masih menggunakan peraturan SNI 03-1729-2002 yang akan dievaluasi kembali menggunakan peraturan terbaru yaitu peraturan SNI-1729-2015, untuk peraturan pembebanan menggunakan peraturan SNI-1727-2013, untuk persyaratan ketahanan gempa sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019 dan untuk persyaratan beton struktural untuk perencanaan bangunan gedung menggunakan peraturan SNI 2847-2013.

Load and Resistance Factor Design (LRFD)

Pada kedua peraturan menggunakan rumus yang sama, yaitu:

$$R_u \leq \phi R_n \dots \dots \dots (1)$$

R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban *LRFD*(konstanta)

ϕ = faktor ketahanan (konstanta)

R_n = kekuatan nominal (konstanta)

ϕR_n = kekuatan desain (konstanta)

Desain Komponen Struktur Tarik

Kedua peraturan tersebut untuk menghitung kekuatan tarik nominal (P_n) menggunakan rumus dan faktor ketahanan (ϕ_t) yang sama.

$$P_n = F_{cr} A_g \dots \dots \dots (2)$$

Sedangkan untuk luas penampang bersih SNI 03-1729-2002 Pasal 17.3.6

Diameter nominal dari suatu lubang yang sudah jadi, harus 2mm lebih besar dari diameter nominal baut untuk suatu baut yang diameternya tidak melebihi 24 mm, dan maksimum 3 mm lebih besar untuk baut dengan diameter lebih besar, kecuali untuk lubang pada pelat landas.

SNI 1729-2015 Pasal B4.3b

Perhitungan luas neto untuk tarik dan geser, lebar lubang baut harus diambil sebesar $1/16$ in atau sama dengan 2 mm lebih besar dari dimensi nominal dari lubang.

Desain Komponen Struktur Tekan

Kekuatan tekan nominal (P_n) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas lentur. Terdapat perubahan pada perhitungan ketentuan dan faktor ketahanannya (ϕ_c) dalam perhitungan tegangan kritis (F_{cr})

Desain Komponen Struktur Lentur

SNI 03-1729-2002 Semua jenis profil berdasarkan tekuk lokal (penampang kompak, tidak kompak, dan langsing) dan tekuk lateral (panjang

bentang) dalam menghitung kekuatan lentur nominal (Mn)

SNI 1729-2015 Menghitung kekuatan lentur nominal (Mn) telah dibagi - bagi dalam beberapa pasal tergantung pada jenis profil (profil I, siku, kanal, HSS) dan kekompakan profil (kompak, tidak kompak, langsing)

Kedua peraturan dalam menghitung faktor modifikasi tekuk torsi - lateral (Cb) pada komponen struktur simetris tunggal dan ganda masih menggunakan rumus yang sama, tetapi pada peraturan SNI 1729-2015 tidak ada lagi batasan untuk hasil perhitungan Cb.

Desain Komponen Struktur Geser

Kedua peraturan tersebut masih menggunakan rumus yang sama dalam menghitung kekuatan geser nominal (Vn) dan faktor ketahanan (ϕ_v), akan tetapi pada peraturan SNI 1729-2015 terdapat ketentuan tambahan pada Cv yaitu:

Untuk badan komponen struktur profil I canal panas memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots\dots\dots(3)$$

$\phi_v = 1,00$
 $C_v = 1,0$

Pembebanan Struktur

Berdasarkan SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2012, struktur suatu bangunan perlu direncanakan kekuatannya terhadap kombinasi dari beban - beban beban mati dan beban mati tambahan (DL), beban hidup (LL), Beban Angin (W), Beban Gempa (E),

Menurut SNI 1729-2012 struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- a. 1,4 D
- b. 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a atau H)

- c. 1,2 D + 1,6 (L_a atau H) + (γ_L L atau 0,8W)
- d. 1,2 D + 1,3 W + γ_L L + 0,5 (L_a atau H)
- e. 1,2 D ± 1,0 E + γ_L L
- f. 0,9 D ± (1,3W atau 1,0E)

Analisis Kegempaan

Berdasarkan SNI 1726-2019, untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung ditentukan sesuai SNI 1726-2019 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (Ie) sesuai tabel 1 dimana gedung parkir fasilitas pendidikan termasuk kategori resiko IV dengan faktor keutamaan 1,5.

Tabel 1.
 Faktor Keutamaan Gempa
 Kategori Risiko Faktor Keutamaan Gempa (Ie)

I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Klasifikasi situs yang memberikan kriteria desain seismic berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan termasuk pada klasifikasi tanah sedang (SD) dengan \bar{V}_s (175 -350 m/detik), \bar{N} atau \bar{N}_{ch} 15 – 50, \bar{S}_n (50 – 100 kPa).

Nilai parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss) dan nilai percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1) diperoleh dari peta gempa atau dapat diperoleh langsung dari <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/penggunaan> kedua parameter tersebut untuk menentukan parameter percepatan spektral desain SDS dan SD1 sesuai dengan SNI 1726-2019.

Koefisien situs faktor amplikasi terkait percepatan pada getaran periode pendek (Fa) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv) sesuai dengan Tabel 2 dan Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 2.
Koefisien Situs, Fa

Kelas Situs	T=0,2 detik, S _s					
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s = 1,25	S _s ≥ 1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Tabel 3.
Koefisien Situs, Fv

Kelas Situs	T periode 1 detik, S ₁					
	S _s ≤ 0,1	S _s = 0,2	S _s = 0,3	S _s = 0,4	S _s ≥ 0,5	S _s ≥ 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,2	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	3,3	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

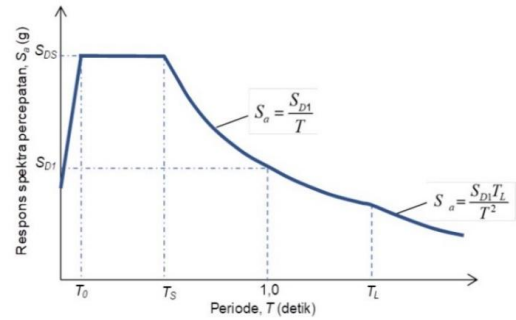
SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, sesuai Pasal 6.10.11

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) dan untuk periode 1 detik (SD1) sesuai dengan SNI 1726-2019 sebagai berikut:

$$SDS = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (4)$$

$$SD1 = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (5)$$

Kurva respons spektral ditunjukkan pada Gambar 2.2 sesuai SNI 1726-2019, sebagai berikut:



Gambar 1. Spektrum Respons Desain

$T < T_0$, spektrum respons percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan sebagai berikut:

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

$T_0 \leq T \leq T_s$, spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS}

$T_s < T \leq T_L$, respons spektral percepatan desain, S_a , ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$S_a = \frac{SD1}{T} \dots\dots\dots (7)$$

$T > T_L$, respons spektral percepatan desain, S_a , ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$S_a = \frac{SD1 T_L}{T^2} \dots\dots\dots (8)$$

Permodelan Struktur

Analisis untuk pemodelan struktur menggunakan SAP 2000 yang mana aplikasi tersebut mendukung analisis statis, dinamis, linier, maupun nonlinier. Permodelan yang dilakukan meliputi komponen kolom, balok dan pelat. Pembangunan gedung parkir Universitas Tidar, pada bagian lantai yang dibangun menggunakan struktur beton dengan penulangan menggunakan steeldeck dan wiremesh. Steeldeck dan wiremesh dimodelkan menjadi pelat ekuivalen dengan shell yang mempunyai ketebalan tertentu. Shell dan steeldeck harus mempunyai deformasi yang sama atau setidaknya mendekati sehingga kekakuan steeldeck dan wiremesh bisa diwakili dengan shell yang merupakan

plat ekivalen tersebut (Hardawati dkk, 2016).

Tabel 4.

Profil Baja yang Digunakan pada Gedung Parkir Universitas Tidar

No.	Struktur	Profil Baja
1.	Kolom	Baja H300x300x10x15 Baja H350x350x12x19 Baja 2H200x200x8x12
2.	Balok	Baja H400x200x8x13 Baja H300x150x6,5x9
3.	Lantai miring	Baja H200x100x5,5x8 Baja H300x150x6,5x9
4.	Tangga	Baja H250x125x6x9 Baja UNP150x75x6,5x10
5.	Atap	Baja WF 150x75x5x7 Baja WF 250x125x6x9 Gording C150x65x20x2,3

Pemodelan matrial beton struktural menggunakan beton dengan mutu $f_c' 25$ Mpa sedangkan untuk kolom praktis menggunakan $f_c' 15$ Mpa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Permodelan

Pemodelan bangunan model rangka portal baja atau biasa disebut Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang terletak pada kondisi tanah sedang (SD). Penentuan kategori resiko bangunan adalah termasuk pada kategori resiko IV yaitu merupakan gedung fasilitas pendidikan sehingga memiliki faktor keutamaan gempa I_e paling tinggi 1,5.

Koordinat untuk gedung parkir Universitas Tidar berdasarkan peta respons spektrum yang diperoleh dan didapatkan dari akses halaman <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> memiliki percepatan spektrum periode 0,2 detik (S_s) dan percepatan spektrum periode 1 detik (S_1) sebagai berikut:

S_s : 0,7764
 S_1 : 0,3837
 Lokasi : Kota Magelang
 Koordinat : 7.4602242,110.2148649
 Provinsi : Jawa Tengah

Peta respons spektrum untuk mendapatkan nilai S_s untuk periode 0,2 detik diperlihatkan pada Gambar 4.2 dan nilai S_1 untuk periode 1 detik diperlihatkan pada Gambar 4.3.



Gambar 2. Peta Respon Spektral Percepatan 0,2 Detik



Gambar 3. Peta Respon Spektral Percepatan 1 Detik

Parameter respons spektral percepatan gempa yang berada di permukaan tanah berdasarkan peraturan SNI 1726-2019 dihitung dengan menentukan beberapa faktor antara lain sesuai dengan klasifikasi situs tanah faktor percepatan pada getaran periode pendek (F_a) 1,189, faktor percepatan pada getaran 1 detik (F_v) 1,916, Penentuan hasil respons spektral percepatan gempa MCER, diperlukan faktor amplifikasi seismik pada periode pendek 0,2 detik (S_{ms}) 0,923g dan periode 1 detik (S_{m1}) 0,735g, Penentuan parameter percepatan spektral desain dengan periode pendek (S_{DS}) 0,615g dan periode 1 detik (S_{D1}) 0,490g, kurva

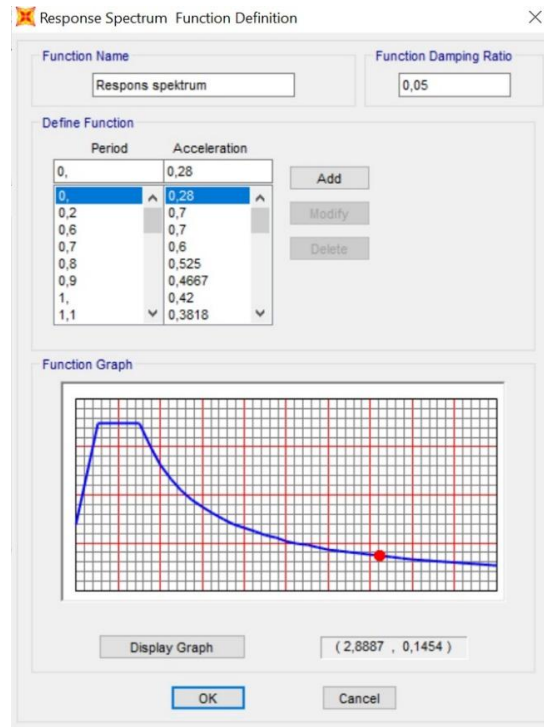
respons spektral desain saat T_0 0,159g, dan saat T_1 0,796g. Dikarenakan $S_{DS} > 0,50$ dan $S_{D1} > 0,20$ maka termasuk kategori resiko D. Dalam periode fundamental struktur T diperlukan faktor yang mempengaruhi berdasarkan kategori resiko antara lain C_u 1,4, untuk rangka baja pemikul momen C_t 0,0724 dan α 0,8, maka T_a didapatkan 0,608 detik, faktor sistem penahan gaya gempa Ω 3, C_d 5,5, dan R 8. Didapatkan C_s sebesar 0,153 lebih besar dari C_s minimum 0,0406 maka Koefisien respons seismik (C_s) sudah memenuhi ketentuan.

Tabel 5.

Perbandingan Parameter Beban Gempa yang Diambil dari Ciptakarya dan Hasil Perhitungan Manual Peta Gempa

Variabel	Nilai	
	Data Ciptakarya	Manual peta gempa
S_s (g)	0,7764	0,7764
S_1 (g)	0,3837	0,3837
F_A	1,186	1,186
F_v	1,916	1,916
S_{MS} (g)	0,923	0,923
S_{M1} (g)	0,735	0,735
S_{DS} (g)	0,61	0,615
S_{D1} (g)	0,49	0,49
T_0 (detik)	0,16	0,159
T_s (detik)	0,80	0,796

Gambar 4 merupakan grafik respons spektrum yang didapatkan dari website Ciptakarya, yang termasuk dalam jenis tanah sedang, dan dimasukan sebagai fungsi respons spektrum pada SAP 2000 ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Respons Spektrum

Pengecekan massa ragam pada strukturbangunan parkir, Universitas Tidar ditunjukkan pada Tabel 6, sebagai berikut:

Tabel 6.

Analisis Spektrum Respons Massa Ragam

Output Case	Step Number	Period	Sum UX	Sum UY
Text		Sec		
MODAL	1	0,471412	0,146	0,0000
MODAL	2	0,3688	0,621	0,0041
MODAL	3	0,346184	0,624	0,66
MODAL	4	0,258788	0,693	0,66
MODAL	5	0,222712	0,699	0,66
MODAL	6	0,168672	0,699	0,706
MODAL	7	0,135958	0,797	0,706
MODAL	8	0,114634	0,799	0,803
MODAL	9	0,106033	0,849	0,811
MODAL	10	0,084063	0,993	0,819
MODAL	11	0,078439	0,999	0,942
MODAL	12	0,0613	0,999	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan

Dari analisis massa ragam menunjukkan angka 0,999 dan 1 pada mode getar 12 yang menunjukkan partisipasi massa ragam terkombinasi telah mendekati 100% dan telah memenuhi syarat peraturan yang digunakan dengan mode getar translasi pada mode 1 dan 2 sedangkan mode 3 mulai bersifat rotasi.

Penentuan distribusi gaya gempa perlu mempertimbangkan nilai faktor eksponen (k). Berdasarkan dari hasil analisis SAP2000 didapatkan periode terbesar 0,608 detik, masih perlu dilakukan interpolasi untuk menentukan nilai faktor eksponen, setelah dilakukan interpolasi diperoleh nilai faktor eksponen sebesar 1,054. Tabel 7 menunjukkan distribusi beban gempa pada setiap lantai.

Tabel 7.
Distribusi Beban Gempa

Lantai	h_i (m)	W_i (kN)	$W_i \times h_i^k$ (kN/m)
Atap	14,3	69420,66	1146074,7
4	9,2	392131,1	4066902,3
3	6,6	418078,1	3055320,5
2	4	418078,1	1802306,7
1	1	313824,7	313824,74
Total		1611532	10384429

Berdasarkan SNI 1726-2019 apabila periode fundamental hasil analisis lebih besar dari nilai $C_u T_a$ pada suatu arah tertentu, maka struktur T harus sama dengan nilai $C_u T_a$. Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil dari analisis ragam (V_t) kurang dari 100% dari gaya geser (V), maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/V_t , jika hasil analisis masih belum memenuhi persyaratan maka perlu dikalikan dengan skala faktor (*load case*).

Tabel 8.
Hasil Perbandingan Geser Dasar dan Dinamis

Base Shear	Dinamik (V_D)	Statik (V_S)	Faktor skala	kontrol
	Geser Dasar (kN)	Geser Dasar (kN)	V_S / V_D	$(V_D) \geq 100\% V_s$
Arah x	210695,2	172467,69	0,818565	OK
Arah y	258817,4	171514,83	0,662687	OK

Berdasarkan SNI 1726-2019, simpangan antar lantai desain (Δ) harus lebih kecil dari simpangan antar lantai ijin (Δ_a) yang ditentukan berdasarkan Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9.
Simpangan Lantai Arah X

Lantai	h_{sx} (mm)	dx (mm)	Δx (mm)	Δa (Ijin) (mm)	Kontrol $\Delta x < \Delta$ ijin
LT.4	2,600	0,0050	0,0032	0,065	OK
LT.3	2,600	0,0041	0,0055	0,065	OK
LT.2	3,000	0,0026	0,0073	0,075	OK
LT.1	1,000	0	0	0	

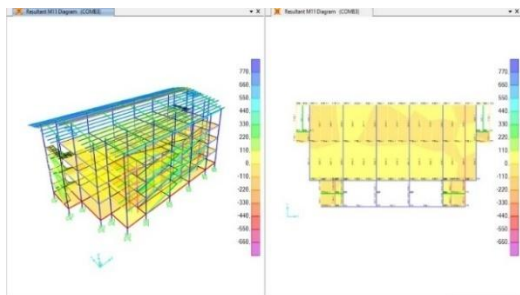
Tabel 10.
Simpangan Lantai Arah Y

Lantai	h_{sx} (mm)	dy (mm)	Δy (mm)	Δa (Ijin) (mm)	kontrol $\Delta y < \Delta$ ijin
LT.4	2,600	0,0065	0,0058	0,065	OK
LT.3	2,600	0,0049	0,0067	0,065	OK
LT.2	3,000	0,0030	0,0110	0,075	OK
LT.1	1,000	0	0	0	

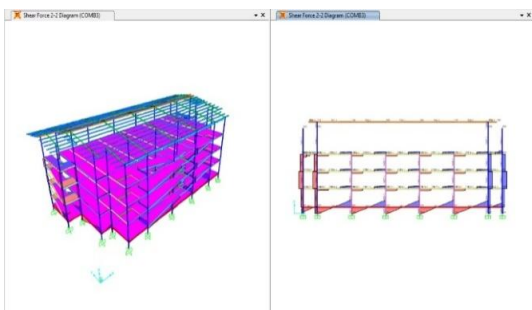
Gaya dalam akibat beban kombinasi meliputi gaya aksial, geser, dan momen lentur. Elemen struktur bangunan dinyatakan aman apabila elemen struktur bangunan mampu menahan gaya - gaya yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Portal yang dianalisis adalah bentuk portal pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) hasil *output* dari aplikasi SAP2000 pada pemodelan gedung parkir Universitas Tidar yang

terdiri dari 4 lantai yang terletak di wilayah kota Magelang yang memiliki Kategori Desain Seismik D (KDS D).

Dari berbagai kombinasi beban didapatkan hasil momen dan gaya dalam terbesar terjadi pada kombinasi 4. Gaya dalam yang terjadi akibat beban kombinasi 4 yaitu $1,2 D+1,3W+\gamma LL+0,5 (L_a \text{ atau } H)$ Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan gaya dan momen terbesar yang bekerja pada portal akibat beban kombinasi 4 dibandingkan dengan kombinasi beban lainnya. Kedua gambar tersebut menunjukkan tidak adanya kegagalan elemen struktur tersebut.



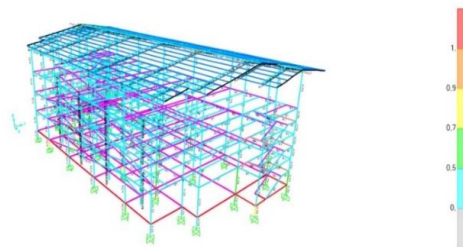
Gambar 5. Gaya Geser Akibat Beban Kombinasi 4



Gambar 6. Momen yang Bekerja Akibat Beban Kombinasi 4

Berdasarkan output yang diperoleh SAP2000 yang didesain berdasarkan SNI 1729-2015 terhadap *Detail Engineering Design* (DED) struktur gedung eksisting, semua elemen struktur yang digunakan dalam konstruksi gedung parkir Universitas Tidar mampu menahan semua beban yang bekerja pada struktur tersebut dengan baik. Hasil analisis SAP2000 ketika elemen struktur berwarna merah setelah dilakukannya

Run Analyze pada bagian *design section* maka elemen struktur tersebut bisa dinyatakan tidak aman atau *over strenght* (O/S) dan perlu dilakukan pengecekan ulang. Gambar 7 Dari SAP2000 pada elemen struktur gedung parkir Universitas Tidar tidak ada satupun elemen struktur yang berwarna merah, kecuali elemen struktur sloof yang memang dari awal didesain menggunakan warna merah untuk mempermudah membedakan dengan struktur lainnya. Sehingga tidak ada elemen struktur yang mengalami kegagalan.



Gambar 7. Hasil Analisis *Design Section* pada SAP2000

Tingkat resiko kegempaan pada gedung parkir Universitas Tidar yang berada di wilayah kota Magelang dengan klasifikasi situs tanah sedang (SD) dan kategori desain seismik (KDS) gedung parkir ini masuk pada kelas D yang berarti gedung ini direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang mempunyai tingkat daktilitas penuh dan memenuhi persyaratan *detailing* yang khusus.

Simpangan antar lantai yang diperoleh dari beban arah x dan arah y memenuhi persyaratan, $(\Delta) < \Delta$ ijin.

Hasil evaluasi untuk struktur kolom dan balok pada sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sudah memenuhi syarat dan tidak terjadi kegagalan pada struktur atau *overstrenght* (O/S). Struktur kolom dan balok yang direncanakan mampu

menahan semua beban yang terjadi pada struktur tersebut.

PENUTUP

Simpulan

Hasil yang didapatkan dari penelitian evaluasi gedung parkir Universitas Tidar dengan menggunakan SNI 1729-2015 dan 1726-2019, hasil dari evaluasi menggunakan aplikasi SAP2000 untuk semua elemen struktur kolom dan balok, telah memenuhi persyaratan untuk perencanaan struktur yang didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan tidak ada yang mengalami kegagalan struktur atau *over strenght* (O/S). Berdasarkan hasil yang sudah diperoleh gedung parkir Universitas Tidar yang dibangun berdasarkan SNI 03-1729-2002 sudah memenuhi persyaratan yang ada pada peraturan terbaru yaitu SNI 1729-2015.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Unit layanan pengadaan dan stake holder Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang. Apabila terdapat pendapat, temuan, dan kesimpulan atau rekomendasi dalam tulisan ini adalah dari penulis dan tidak berkaitan dengan substansi yang bersifat institusional.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardawati, A., Triwiyono, Siswosukarto, S., 2016, *Aplikasi Orthotropic Steel Deck (OSD) Dengan Ribs Penampang V Pada Jembatan Rangka Tipe Calendar Hamilton (CH)*. Jurnal Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hasibuan, P., Putra, R., Ridha, A., 2015, *Perilaku Batang Tekan Profil Siku Tunggal dengan Sambungan Baut Di Kedua Ujung Tumpuan*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Kurniadi, A., 2018, *Analisa Rasio Elemen Struktur Baja pada Gedung Kondotel Amarsvati Lombok Berdasarkan SNI 1729-2015 dan SNI 03-1729-2002*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat.
- Phiegiarto, F., Santoso, H., Muljati, I., Tjanniadi, J., 2018, *Perencanaan Elemen Struktur Baja Berdasarkan SNI 1729-2015*. Jurnal Teknik Sipil, Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Raflesia, E., Mughnie, H., 2017, *Studi Perbandingan Stress Ratio dengan ELM (Effective Length Method) dan DAM (Direct Analysis Method) Bangunan Workshop pada Proyek Cirebon*. Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta.
- Sangidun, M., 2017, *Redesain Struktur Atas (Upper Structure) Gedung Kantor DPPKAD Kab. Purworejo Menggunakan Konstruksi Baja*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Purworejo.
- SNI 1727-2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung*

dan Struktur Lain. 2013, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

SNI 1726-2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.* 2019, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

SNI 03-1729-2015, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, 2015.* Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.