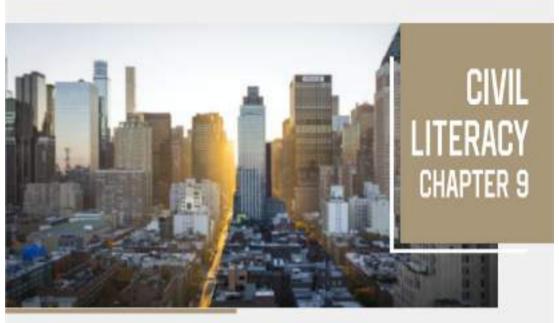


MERANCANG INFRASTRUKTUR BERBASIS APLIKASI



M. HIDAYATULLAH ZAKARIA ACIM BIYA RAMISENTINUS MA'RUF MUHAMMAD F. MAHENDRA KELILAW

ISBN: 978-623-284-047-8

UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO | 2019

CIVIL LITERACY MERANCANG INFRASTRUKTUR BERBASIS APLIKASI



Universitas Negeri Gorontalo Press

Jl. Jend. Sudirman No.6 Telp. (0435) 821125 Kota Gorontalo Website: www.ung.ac.id

Penulis:

M. Hidayatullah Zakaria Acim Biya Ramisentinus Ma'ruf Muhammad F. Mahendra Kelilaw

CIVIL LITERACY MERANCANG INFRASTRUKTUR BERBASIS APLIKASI

ISBN: 978-623-284-047-8

i-iv, 117 hal; 14.5 Cm x 21 Cm Desain Tataletak: Ivhan M.

Diterbitkan oleh: UNG Press Gorontalo

Cetakan Pertama : Maret 2019 Cetakan Kedua : September 2021

Penerbit UNG Press Gorontalo

Isi diluar tanggungjawab Percetakan

© 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini **tanpa izin tertulis** dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga *Book Chapter* Jurusan Teknik Sipil dapat terbit. *Book Chapter* ini merupakan wadah untuk menampung hasil karya ilmiah dari Tenaga Pengajar dan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo dan merupakan bagian dari salah satu program kegiatan Jurusan yaitu di bidang pendidikan. Tulisan yang disusun oleh tenaga pengajar dan mahasiswa dikemas sesuai dengan konsentrasi yang ada di Jurusan Teknik Sipil.

Topik untuk setiap book chapter merujuk pada 6 konsentrasi yang ada di Jurusan Teknik Sipil yaitu: Struktur, Geoteknik, Keairan, Transportasi, Manajemen Rekayasa Konstruksi dan Lingkungan. Edisi ini mengambil judul Merancang Infrastruktur Berbasis Aplikasi dan memuat sebanyak 4 (empat) paper hasil penelitian Dosen dan Mahasiswa.

Besar harapan kami, dengan terbitnya *Book Chapter* edisi ini, dapat menambah referensi dan wawasan tentang Ketekniksipilan bagi tenaga pengajar, mahasiswa, praktisi serta dapat digunakan sebagai rujukan oleh berbagai pihak yang berkaitan dengan bidang teknik sipil.

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Dr. Moh. Yusuf Tuloli, S.T., M.T

Civil Literacy iii

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Kata Pengantar	iii
	iv
ANALISIS PENGARUH MUKA AIR SUNGAI TERHADAP STABILITAS TURAP DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS 2D (Studi Kasus Proyek Pengendalian Banjir Sungai Bolango) M. Hidayatullah Zakaria	1
ANALISIS POSISI BRESING TIPE SRBE PADA TORSI LATERAL DAN SIMPANGAN GEDUNG BERTINGKAT BANYAK KDSD Acim Biya	37
PENGARUH PENAMBAHAN JUMLAH LANTAI PADA GEDUNG DAN PENGGUNAAN BRESING SEBAGAI PERKUATAN TAMBAHAN Ramisentinus Ma'ruf	71
TINJAUAN KINERJA STRUKTUR YANG DIRANCANG BERDASARKAN SNI 1726-2002 TERHADAP SNI 1726-201 (Studi Kasus Struktur SRPMK KDS D Di Kota Gorontalo) Muhammad Farhan Mahendra Kelilaw	12 94

TINJAUAN KINERJA STRUKTUR YANG DIRANCANG BERDASARKAN SNI 1726-2002 TERHADAP SNI 1726-2012

(Studi Kasus Struktur SRPMK KDS D Di Kota Gorontalo)

Muhamad Farhan Mahendra Kelilaw¹, Rahmani Kadarningsih² and Mirzan Gani³

1 Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo 2 Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo

INTISARI

Muhammad Farhan Mahendra Kelilaw. 2021. "Tinjauan Kinerja Struktur yang Dirancang Berdasarkan SNI 1726:2002 terhadap SNI 1726:2012 (Studi Kasus Struktur SRPMK KDS D di Kota Gorontalo)". Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo. Pembimbing I, Dr. Rahmani Kadarningsih, S.T., M.T. dan Pembimbing II, Mirzan Gani S.T., M.T.

Gempa bumi merupakan salah satu penyebab utama dari keruntuhan struktur bangunan bertingkat tinggi. Dalam melakukan pembangunan gedung bertingkat kekuatan dan kekauan menjadi hal yang wajib diperhatikan. Untuk gedung tahan gempa, Indonesia mempunyai pedoman dalam perencanaan yaitu SNI 1726:2012. Sebelum diterbitkannya SNI 1726:2012, untuk gedung tahan gempa Indonesia pernah mengacu pada SNI 1726:2002, dimana untuk perencanaan gempa dibagi menjadi 6 wilayah gempa dan mengganggap semua daerah di setiap kota memiliki respons spektra yang sama. Dengan adanya perubahan pedoman tersebut gedung yang dibangun bedasarkan SNI 1726:2002 perlu dievaluasi terhadap perubahan-perubahan ketentuan dalam SNI 1726:2012.

Prosedur analisis menggunakan bantuan program *ETABS* (*Extended Three Dimensional Analysis of Bulilding Systems*) versi 9.7 untuk gedung dengan SNI 1726:2002 dan versi 17.0.1 untuk gedung dengan SNI 1726:2012 yang meliputi analisis pembebanan hingga pemeriksaan kinerja struktur. Gayagaya ultimit penampang akan dikontrol berdasarkan nilai kapasitas yang diperoleh melalui tahap desain awal pada gedung semula baik untuk kapasitas momen dan geser untuk penampang balok dan kolom.

Berdasarkan hasil analisis, kinerja struktur Gedung 8 lantai berdasarkan SNI 1726:2002 di Kota Gorontalo, masih memiliki simpangan antar lantai yang aman berdasarkan ketentuan SNI 1726:2002, yakni sebesar 10,006 mm lebih kecil dari yang diijinkan yaitu sebesar 12,35 mm, akan tetapi jika dievaluasi dengan SNI 1726:2012 simpangan antar lantai yang terjadi sebesar 95,31 mm lebih besar dari yang dijinkan SNI 1726:2012 yakni sebesar 70 mm dan penambahan kolom sebagai perkuatan sktruktur Gedung 8 lantai di Kota Gorontalo pada bagian eksterior gedung mampu menambah kekakuan struktur dan meredam simpangan antar lantai yang terjadi dari 95,31 mm ke 69,53 mm sehingga memenuhi simpangan ijin berdasarkan SNI 1726:2012.

Kata Kunci: Gempa, Penambahan Kolom, Struktur SRPMK.

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari bawah permukaan secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi merupakan salah satu penyebab utama dari keruntuhan struktur bangunan bertingkat tinggi.

Dalam melakukan pembangunan gedung bertingkat kekuatan dan kekauan menjadi hal yang wajib diperhatikan. Kemampuan gedung dalam menerima beban yang bekerja, khususnya beban gempa harus diperhitungkan. Hal ini tentu untuk mengantisipasi kegagalan bangunan. Untuk gedung tahan gempa, Indonesia mempunyai pedoman dalam perencanaan yaitu SNI-1726-2012. Pada pedoman ini setiap tempat atau setiap lokasi dengan koordinat lintang dan bujurnya memiliki respons spektra yang berbeda, karena wilayah gempa ditentukan berdasarkan parameter gerak tanah Ss (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan S₁ (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), sehingga respon spektrum yang terbentuk pada setiap tempat berbeda. Sebelum diterbitkannya SNI-1726-2012, untuk

gedung tahan gempa Indonesia pernah mengacu pada SNI-1726-2002, dimana untuk perencanaan gempa dibagi menjadi 6 wilayah gempa dan mengganggap semua daerah di setiap kota memiliki respons spektra yang sama. Dengan adanya perubahan pedoman tersebut gedung yang dibangun bedasarkan SNI-1726-2002 perlu dievaluasi terhadap perubahan-perubahan ketentuan dalam SNI-1726-2012.

Perkuatan pada struktur gedung akibat peningkatan gaya gempa menjadi solusi dalam meningkatkan kekauan struktur. Kekakuan struktur dapat direpresentasikan dengan nilai waktu getar alami atau periode struktur.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengetahui kinerja struktur gedung yang dirancang dengan SNI 1726 2002 jika dievaluasi berdasarkan SNI 1726 2012. 2) Mengetahui kinerja struktur dengan penambahan kolom sebagai salah satu solusi perkuatan tambahan struktur.

KAJIAN TEORITIS

2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah desain strukur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi).Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa R dapat diambil sebesar 8, yang artinya bahwa gaya gempa rencana hanya 1/8 dari gaya gempa untuk elastis desain (Pengambilan nilai R>1 artinya mempertimbangkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelehan tanpa kegagalan fungsi) (Hastomi, 2013).Desain SPRMK beton bertulang harus mengikuti pendetailan yang telah ditetapkan dalam SNI-1726-2012 dan SNI 2847-2013.

2.2. Perencanaan Beban Gempa untuk Bangunan Gedung

Data perencanaan beban gempa untuk bangunan gedung dan non gedungdiperoleh berdasarkan peta zonasi gempa. Analisis beban gempa terbagi atas: 1) Metode statik ekivalen; adalah suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi, yang mana gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi gaya horizontal(Widodo, 2001). 2) Metode respon spectrum: adalah suatu spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getar struktur T, lawan respon-respon maksimum berdasarkan rasio redaman dan gempa tertentu. 3) Metode time history: metode yang paling mendekati untuk meramalkan respons parameter dari struktur akibat gempa.

2.3. Pemeriksaan Perilaku Struktur

1. Eksentrisitas Gedung

Pemeriksaan eksentrisitas struktur bangunan pada lantai bertingkat, dihitung tegak lurus pada arah gempa, dinyatakan dengan (b), maka eksentrisitas rencana (E_d) harus ditentukan sebagai berikut:

a. Untuk
$$0 < e < 0.3 b$$

 $E_d = 1.5 \pm 0.05b$ atau,
 $E_d = e \pm 0.05b$(1)
b. Untuk $0 > 0.3 b$

$$E_d = 1.33 + 0.1b$$
 atau,
 $E_d = 0.17e - 0.1b$(2)

2. Torsi Lateral Gedung

Ketidakteraturan torsi ekstrim terjadi bila rasio dari simpangan antar tingkat lebih besar dari 1,4 Ketidakberaturan torsi dapat juga ditentukan dengan menghitung faktor pembesaran torsi Ax dengan formula sebagai berikut:

$$A_{x} = \left(\frac{\delta_{m}}{1.2 \times \delta a}\right)^{2}....(3)$$

3. Pemeriksaan Kekakuan Diafragma

Saat beban gempa bekerja lantai diafragma akan mengalami tegangan tarik, tekan dan geser sesuai kekakuan dan distribusi massa. Jika displacement diafragma lebih besar dari 2 kali simpangan ratarata elemen vertikal maka diafragma harus dianggap fleksibel. Analisis harus diulang jika analisis sebelumnya diafragma dianggap kaku.

4. Pemeriksaan Pengaruh P-Delta

Jika koefisien stabilitas (\square) lebih besar dari 0,1 tetapi kurang dari atau sama dengan faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-Delta pada perpindahan dan gaya elemen struktur harus ditentukan dengan analisis rasional. Sebagai alternatif, diijinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya elemen struktur dengan 1,0 / (1- \square). Jika $\square > \square_m$ struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

5. Simpangan Antar Lantai

Sesuai Pasal 4.3.3 simpangan dan simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali ξ sebagai berikut:

a. Untuk struktur gedung beraturan:

$$\xi = 0.7 \ R$$
.....(4)

b. Untuk Struktur gedung tak beraturan:

$$\xi = \frac{0.7 \, R}{Faktir \, Skala}.$$
 (5)

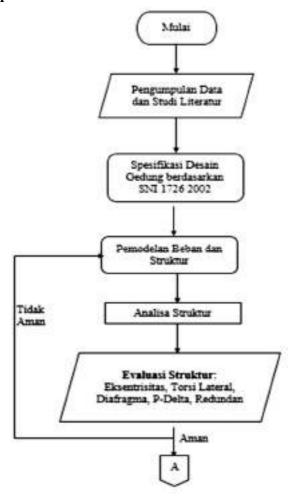
2.4. Perkuatan Struktur

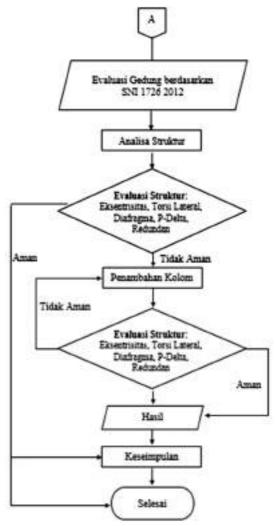
Dalam bangunan, kolom berfungsi sebagai elemen struktur yang menyalurkan gaya-gaya dalam dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi. Gaya dari balok dan pelat yang disalurkan berupa gaya aksial tekan dengan/tanpa momen lentur.

Pada struktur bangunan atas, kolom memegang peranan penting pada keutuhan struktur, apabila kolom mengalami kegagalan maka berakibat pada keruntuhan struktur secara keseluruhan (Krisnamurti, dkk. 2013)

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian





Gambar1.Bagan Alir Penelitian

3.2 Pembebanan

- 1. Beban Mati
 - a. Berat sendiri komponen
 - b. Beban mati tambahan

Tabel 1. Beban Mati Tambahan untuk Lantai

	Balok	Balok	Non-	Plat
Beban Mati Tambahan	Eksternal	Internal	Dinding	lantai
	Kg/m'	Kg/m'	Kg/m'	Kg/m ²
Dinding ½ bata (tinggi 3,5 m)	875	-	-	-
Partisi tebal 10 mm + Rangka	-	157,5	-	-
Finishing arsitektural	50	50	50	-
Plumbing	50	50	50	20
HVAC/ME	50	50	50	20
Tak Terduga	50	50	50	50
Cladding	52,5	-	-	-
Keramik + Spesi	-	-	-	110
Plafond dan rangka		-		50
Total	1127,5	357,5	200	250
Diambil	1130	360	200	250

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 2. Beban Mati Tambahan untuk Atap

	Balok	Balok	Non-	Plat
Beban Mati Tambahan	Eksternal	Internal	Dinding	atap
	Kg/m'	Kg/m'	Kg/m'	Kg/m ²
Dinding ½ bata (tinggi 3,5 m)	218,75	-	-	-
Finishing arsitektural	12,5	50	50	-
Plumbing	50	50	50	20
HVAC/ME	50	50	50	20
Tak Terduga	50	50	50	50
Cladding	13,125	-	-	-
Plafond dan rangka	-	-	-	50
Waterprofing	-	-	-	28
Total	394,37	200	200	168
Diambil	400	200	200	170

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Beban Hidup

Tabel 3. Beban Hidup Perkantoran

	Ruan	g kantor	Ko	oridor	A	Atap
Beban hidup plat lantai	SNI 1727 2013	PPRUG 1987	SNI 1727 2013	PPRUG 1987	SNI 1727 2013	PPRUG 1987
	kN/m ²		kN/m ²		kN/m ²	
Atap	-	-	-	-	0,96	1
Lantai 2-7	2,4	3	3,83	3	-	-
Lanati 1	2,4	3	4,79	3	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

Pembebanan gempa pada perancangan bangunan ini menggunakan analisis respon spektra (*Respon Spectrum Analysis*). Berdasarkan SNI 1726-2012, pembebanan gempa yang terletak didaerah Gorontalo memiliki parameter sebagai berikut:

• Lokasi : Kota Gorontalo

• Kondisi tanah :Tanah Sedang (SD)

• Nilai *S*: 1,796g

• Nilai $S_1:0,709g$

• Kategori resiko gedung : II

• Faktor keutamaan (I_e): 1 (Gedung Perkantoran)

• Penahan beban lateral : SRPMK

• Faktor reduksi gempa (*R*) : 8

• Faktor kuat lebih (\square_0) : 3

3.3 Pemodelan

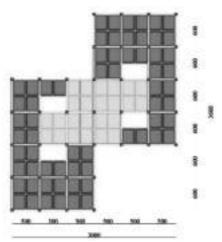
Analisis yang dilakukan yakni berdasarkan model Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan variasi beban gempa berdasarkan SNI-1726-2002 dan SNI 1726-2012.

¹⁰² Civil Literacy

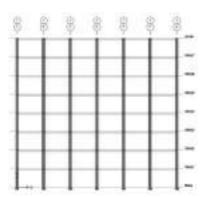
Tabel 4. Dimensi Komponen Gedung

	•	•
Penampang	Ukuran	Satuan
Kolom	50x50	cm
Balok induk	35x45	cm
Balok anak	25x30	cm
Plat lantai	12	cm

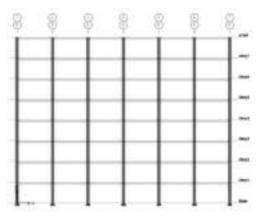
Sumber: Hasil Perhitungan



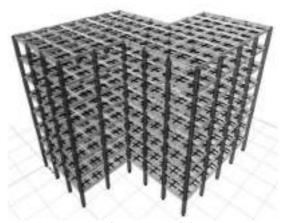
Gambar 2.Denah Bangunan



Gambar 3.Tampak Arah X



Gambar 4.Tampak Arah Y



Gambar 5.Tampak 3D

Luas total gedung adalah 720 m² dengan tinggi masing-masing lantai 3,5 m yang terdiri dari setiap komponen berupa balok induk, balok anak, kolom dan plat lantai. Untuk bagian yang terbuka dalam denah merupakan bukaan tangga dan lingkaran hitam merupakan rencana posisi untuk penambahan kolom. Penambahan kolom dilakukan dari lantai satu sampai dengan lantai lima.

¹⁰⁴ Civil Literacy

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Analisis Spektrum Respons

1. Jumlah Beban Gravitasi

Tabel 5. Jumlah Beban Gravitasi

		PPPURG	SNI	Total		
Story	Load	1987	1727 2013	PPPURG 1987	SNI 1727 2013	
	Berat Sendiri	4536	4536			
Atap	Beban luar pelat	1416,33	1407,69	7.377	7.368	
	Beban luar balok	1423,93	1423,93			
Story 7	Berat Sendiri	4403	4403			
	Beban luar pelat	2140,10	2170,52	9.189	9.219	
	Beban luar balok	2645,05	2645,05	-		
	Berat Sendiri	4403	4403			
Story 6	Beban luar pelat	2140,10	2170,52	9.189	9.219	
	Beban luar balok 2645,05 2645,05		2645,05			
	Berat Sendiri	4403	4403			
Story 5	Beban luar pelat	2140,10	2170,52	9.189	9.219	
	Beban luar balok	2645,05	2645,05			
	Berat Sendiri	4403	4403			
Story 4	Beban luar pelat	2140,10	2170,52	9.189	9.219	
	Beban luar balok	2645,05	2645,05	-		
	Berat Sendiri	4403	4403			
Story 3	Beban luar pelat	2140,10	2170,52	9.189	9.219	
	Beban luar balok	2645,05	2645,05			
	Berat Sendiri	4403	4403			
Story 2	Beban luar pelat	2140,10	2170,52	9.189	9.219	
	Beban luar balok	2645,05	2645,05			
	Berat Sendiri	4403	4403			
Story 1	Beban luar pelat	2140,10	2222,36	9.189	9.271	
-	Beban luar balok	2645,05	2645,05	-		
	Total bel	an		71.696,29	71.952,43	
	Suml					

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Parameter Desain

Tabel 6. Parameter desain SNI 1726 2012

Struktur Rangka Penahan Momen Khusus

Kategori resiko	ī	
Kategori resiko	1	
Faktor keutamaan gempa	1	
S_S	1,796	
S_I	0,709	
S_{ds}	1,1973	
S_{d1}	0,706	
Kategori desain seismik	D	
Koefisien situs F_a	1	
Koefisien situs F_{ν}	1,5	
Koefisien modifikasi respon R	8	
Faktor kuat lebih □0	3	
Faktor pembesaran defleksi Cd	5,5	
a 1 11 11		_

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Periode Struktur

Periode Struktur Berdasarkan SNI 1726 2002

 $T < \zeta n$, sehingga T = 0.16 x 8 = 1.28 detik < 1.583 detik maka periode struktur yang digunakan adalah 1.28 detik.

Periode struktur berdasarkan SNI 1726 2012

$$T_a = C_t$$
. $h_n^x = 0.0466$. $28^{0.9} = 0.935$ detik

$$T_a = 0.1 \cdot N = 0.1 \cdot 8 = 0.8 \text{ detik}$$

Diambil $T_a = 0.935$ detik (terbesar dari dua hasil di atas)

Dari analisis *ETABS*: T_c = 1,545 detik

Batasan periode $CuTa = 1,4 \cdot 0,935 = 1,309$ detik

Jika Tc > CuTa, gunakan T = CuTa

Jika Ta < Tc < CuTa, gunakan T = Tc

Jika Tc < Ta maka gunakan T = Ta

Karena Tc > CuTa yakni 1,45> 1,309 maka digunakan T = CuTa = 1,309 detik.

4. Gaya Geser Bangunan

Tabel 7. Beban Statik Ekivalen SNI 1726 2002

Story	Tinggi	Massa	Wi x zi	$F_i(\mathbf{kN})$
Atap	28	7.376,75	206.548,99	614,76
Story 7	24,5	9.188,51	225.118,38	670,03
Story 6	21	9.188,51	192.958,61	574,31
Story 5	17,5	9.188,51	160.798,84	478,59
Story 4	14	9.188,51	128.639,07	382,87
Story 3	10,5	9.188,51	96.479,30	287,15
Story 2	7	9.188,51	64.319,54	191,44
Story 1	3,5	9.188,51	32.159,77	95,72
JUML	AH □	71.696,29	1.107.022,50	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Beban Statik Ekivalen SNI 1726 2012 Sebelum Penambahan Kolom

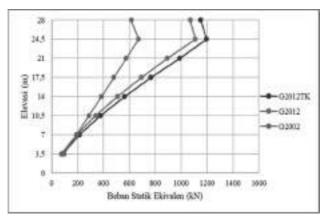
	20	ocidin i ciic	inounum 11010	111	
Story	Tinggi	Massa	$w_i h_i^{k}$	C_{vi}	$F_i(kN)$
Atap	28	7.368,11	794.192,15	0,220	1.069,76
Story 7	24,5	9.218,93	823.756,15	0,228	1.109,58
Story 6	21	9.218,93	663.392,01	0,183	893,58
Story 5	17,5	9.218,93	513.520,99	0,142	691,70
Story 4	14	9.218,93	375.358,00	0,104	505,60
Story 3	10,5	9.218,93	250.591,37	0,069	337,54
Story 2	7	9.218,93	141.788,68	0,039	190,99
Story 1	3,5	9.270,77	53.860,79	0,015	72,55
JUML	АН 🗆	71.952,43	3.616.460,14		

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8. Beban Statik Ekivalen SNI 1726 2012 Sesudah Penambahan Kolom

Story	Tinggi	Massa	$w_i h_i^k$	C_{vi}	F_i (kN)
Atap	28	7.368,11	770.664,06	0,228	1.150,50
Story 7	24,5	9.218,93	800.316,11	0,237	1.194,77
Story 6	21	9.453,61	661.842,86	0,196	988,05
Story 5	17,5	9.453,61	513.165,51	0,152	766,09
Story 4	14	9.453,61	375.854,31	0,111	561,10
Story 3	10,5	9.453,61	251.575,03	0,075	375,57
Story 2	7	9.453,61	142.867,08	0,042	213,28
Story 1	3,5	9.505,45	54.603,42	0,016	81,52
JUML	АН 🗆	73.360,56	3.373.417,88		

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 6. Distribusi Massa Lantai Beban Statik Ekivalen Sumber: Hasil Perhitungan

5. Pemeriksaan Partisipasi Masa

Sesuai SNI-1726-2002 pasal 7.2.1 dan SNI-1726-2012 Pasal 7.9.1 perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus sekurang-kurangnya 90%.

Rasio partisipasi massa utama diambil dari *ETABS* dalam bentuk tabel. Jumlah mode didesain minimal 12 mode. Jika dalam 12 mode partisipasi massa belum memenuhi 90%, maka didesain lagi dengan jumlah mode yang memperhitungkan paling tidak setiap lantai terjadi 3 mode.

6. Penetuan Skala Nilai Respon Spektrum

Sesuai SNI1726-2002 pasal 7.1.3 nilai gaya geser dasar hasil analisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama, dimana dalam hal ini gaya geser dasar nominal ialah 0,8 kali gaya geser dasar ragampertama. Gaya geser dasar nominal terhadap 80% dari gaya geser statik didapat faktor skala, dimanauntuk pendekatan statiknya diperlukan *scale up* dari perhitungan dinamiknya.

Berdasarkan SNI-1726-2012 Pasal 7.9.4.1 nilai akhir respons spektrum jika kurang dari 85% nilai respons ragam pertama atau $Vdinamik \geq 0.85 \ VStatik$ maka gaya geser tingkat nominal akibat pengaruh gempa rencana sepanjang tinggi struktur gedung hasil analisis ragam spektrum respons dalam suatu arah tertentu, harus dikalikan nilainya dengan faktor skala.

1.2 Pemeriksaan Perilaku Struktur

1. Pemeriksaan Eksentrisitas Struktur

Tabel 8. Eksentrisitas Struktur G2002 arah X

Story	XCM	XCR	e_{0X}	$e_A = 0.05L$	$e_X = e_{0X} + e_A$
ATAP	14,986	15	0,014	1,5	1,514
Story7	14,988	15	0,012	1,5	1,512
Story6	14,988	15	0,012	1,5	1,512
Story5	14,988	15	0,012	1,5	1,512
Story4	14,988	15	0,012	1,5	1,512
Story3	14,988	15	0,012	1,5	1,512
Story2	14,988	15	0,012	1,5	1,512
Story1	14,988	15	0,012	1,5	1,512
	1,514				
Panja	ng Benta (L):	ng X	30	Rasio Eksentrisitas X:	0,050

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 8. Eksentrisitas Struktur G2002 arah Y

Story	YCM	YCR	e_{0X}	$e_A = 0.05L$	$e_X = e_{\theta X} + e_A$
ATAP	17,995	17,993	-0,002	1,8	1,798
Story7	17,996	17,994	-0,002	1,8	1,798
Story6	17,996	17,994	-0,002	1,8	1,798
Story5	17,996	17,994	-0,002	1,8	1,798
Story4	17,996	17,994	-0,002	1,8	1,798
Story3	17,996	17,995	-0,001	1,8	1,799
Story2	17,996	17,996	0	1,8	1,8
Story1	17,996	17,998	0,002	1,8	1,802
Maksimum :					1,802
Panjan	g Bentan	g Y (L):	36	Rasio Eksentrisitas X:	0,05

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 9. Eksentrisitas Struktur G2012 arah X

Story	XCM	XCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0.05L.A_X$	$e_X = e_{\theta X} + e_A$
ATAP	15	15	15	0	1	1.5
Story7	15	15	15	0	1	1.5
Story6	15	15	15	0	1	1.5
Story5	15	15	15	0	1	1.5
Story4	15	15	15	0	1	1.5
Story3	15	15	15	0	1	1.5
Story2	15	15	15	0	1	1.5
Story1	15	15	15	0	1	1.5
	1,5					
Panjang Bentang X (L): 30 Rasio Eksentrisitas X:						0,050

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 10. Eksentrisitas Struktur G2012 arah Y

Story	YCM	YCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0,05L.A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$
ATAP	18	18	0	1	1.8	1.8
Story7	18	18	0	1	1.8	1.8
Story6	18	18	0	1	1.8	1.8
Story5	18	18	0	1	1.8	1.8
Story4	18	18	0	1	1.8	1.8
Story3	18	18	0	1	1.8	1.8
Story2	18	18	0	1	1.8	1.8
Story1	18	18	0	1	1.8	1.8
	1,8					
Panjang Bentang X (L):			36	Eks	Rasio entrisitas X:	0,050

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 11. Eksentrisitas Struktur G2012TK arah X

Story	YCM	YCR	$e_{\theta X}$	A_X	$e_A = 0,05L.A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$
ATAP	15	15	0	1	1.5	1.5
Story7	15	15	0	1	1.5	1.5
Story6	15	15	0	1	1.5	1.5
Story5	15	15	0	1	1.5	1.5
Story4	15	15	0	1	1.5	1.5
Story3	15	15	0	1	1.5	1.5
Story2	15	15	0	1	1.5	1.5
Story1	15	15	0	1	1.5	1.5
	1,5					
Panjang		36	Rasio Eksentrisitas X:		0,050	

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 12. Eksentrisitas Struktur G2012TK arah Y

Story	YCM	YCR	e_{0X}	A_X	$e_A = 0.05L.A_X$	$e_X = e_{0X} + e_A$
ATAP	18	18	0	1	1,8	1,8
Story7	18	18	0	1	1,8	1,8
Story6	18	18	0	1	1,8	1,8
Story5	18	18	0	1	1,8	1,8
Story4	18	18	0	1	1,8	1,8
Story3	18	18	0	1	1,8	1,8
Story2	18	18	0	1	1,8	1,8
Story1	18	18	0	1	1,8	1,8
	1,8					
Panjang Bentang X (L):			36	Rasio Eksentrisitas X:		0,050

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Pemeriksaan Torsi Lateral

Torsi tidak dapat dihilangkan melainkan dapat diminimalisir. Pembesaran torsi akibat terjadinya puntiran atau torsi tidak boleh melebihi 3,0 bedasarkan SNI 1726;2012 Pasal 7.8.4.3.

 Δ maks < 1,2. Δ avg :Ketidak-beraturan torsi tidak terjadi 1,2. Δ avg \leq Δ maks \leq 1,4. Δ avg :Terjadi ketidak-beraturan torsi Δ maks > 1,4. Δ avg :Terjadi ketidak-beraturan torsi ekstrim Δ maks adalah simpangan antar lantai maksimum dan Δ avg adalah simpangan antar lantai rata-rata. Nilai Δ maks dan Δ avg diperoleh dari output *ETABS*.

 Δ Maks adalah perpindahan maksimum dan Δ avg adalah perpindahan ratarata. Nilai Δ maks dan Δ avg diperoleh dari hasil perhitungan *ETABS* yang ditabelkan dalam excel. Dari hasil Tabel 4.20-4.25, menunjukan bahwa ketidak beraturan torsi tidak terjadi pada struktur, sehingga struktur aman terhadap torsi.

3. Pemeriksaan Diafragma

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 8.7.4 analisis diafragma didesain sebagai kaku jika simpangan diafragma lebih kecil dari 2 kali simpangan rata-rata elemen vertikal. Displesement diafragma jika lebih besar dari 2 kali simpangan rata-rata elemen vertikal maka diafragma harus dianggap fleksibel dan analisis harus diulang jika analisis sebelumnya diafragma dianggap kaku.

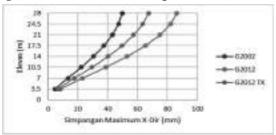
Nilai Max drift yang merupakan output *ETABS*, adalah simpangan antar lantai maksimum pada diafragma akibat beban statik ekivlen arah X dan arah Y, sedangkan nilai Average merupakan nilai rata-rata dari drift maksimum dan drift minimum pada join elemen vertikal yang terjadi akibat beban statik. Pada awal analisis, diafragma didesain sebagai kaku (rigid), maka diafragma tidak perlu diubah.

4. Pengaruh P-Delta

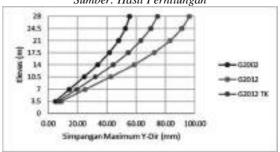
Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.7 pengaruh P-Delta pada semua tingkat harus diperiksa rasio stabilitas tingkat, untuk diperhitungkan koefisien stabilitas $\theta \le 0.1$. Bila $\theta \ge 0.1$ dan masih lebih kecil dari θ maks maka faktor peningkatan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur diijinkan untuk direduksi sebesar $(1-\theta)$.

Pemeriksaan P-Delta harus dilakukan untuk memenentukan stabilitas dari struktur stabil atau P-Delta tidak ada, jika P-Delta terjadi (ada P-Delta) maka struktur harus didesain kembali. Pada struktur ini tidak terjadi P-Delta maka tidak dilakukan desain kembali. Artinya dalam analisis ini P-delta telah memenuhi syarat stabilitas.

1.3 Simpangan Maksimum (Max Displacement)



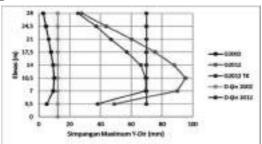
Gambar 7.Simpangan Maksimum Arah X Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 8.Simpangan Maksimum Arah Y Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh simpangan maksimum G2002 terjadi pada sumbu Y sebesar 55,61 mm, setelah dievaluasi dengan SNI 1726 2012 meningkat menjadi 96,283 mm. Kemudian setelah dilakukan penambahan kolom pada bagian luar gedung, mengalai penurunan menjadi 74,562 mm.

1.4 Simpangan Antar Lantai



Gambar 9. Grafik Simpangan Antar Lantai Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa G2002 sebelumnya memenuhi simpangan yang diijinkan, akan tetapi saat dievaluasi menggunakan SNI 1726-2012 simpangan telah melewati simpangan yang dijinkan. Namun akibat penambahan kolom pada sisi luar gedung simpangan kembali memenuhi simpangan ijin berdasarkan SNI 1726-2012.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

 Kinerja struktur berdasarkan SNI 1726 2002 di Kota Gorontalo jika dievaluasi dengan SNI 1726 2012 masih aman terhadap torsi lateral dan efek P-Delta, tetapi simpangan antar lantai terjadi sebesar 95,31 mm sehingga melewati batas ijin SNI 1726 2012.

2. Penambahan kolom sebagai perkuatan sktruktur di Kota Gorontalo pada bagian eksterior gedung mampu menambah kekakuan struktur dan meredam simpangan antar lantai yang terjadi dari 95,31 mm ke 69,53 mm sehingga memenuhi simpangan ijin berdasarkan SNI 1726 2012.

Saran

- 1. Penelitian ini hanya fokus pada kinerja struktur berdasarkan analisis linier. Penelitian selanjutnya dapat dilkakukan dengan bangunan yang lebih tinggi dan menggunakan analisis non-linier.
- Penelitian ini tidak memperhitungkan gaya yang terjadi pada balok akibat penambahan kolom, maka diharapkan penelitian selanjutnya dapat memperhitungkan gaya yang terjadi pada balok.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional, (2002). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN. Jakarta.
- Badan Standar Nasional, (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN. Jakarta.
- Badan Standar Nasional, (2013). Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. BSN. Jakarta
- Badan Standar Nasional, (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. BSN. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, Desain Spektra Indonesia,

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

¹¹⁶ Civil Literacy

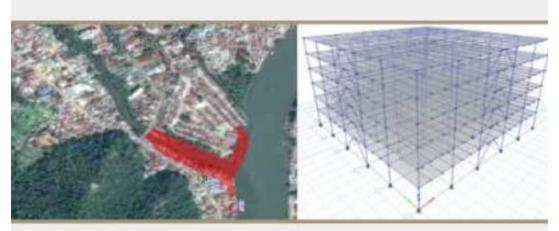
- Hastomi, (2013). Desain Struktur Beton dengan SRPMK, https://hastomiaf.wordpress.com/2013/09/28/desain-struktur-betondengan-srpmk-12/.
- Krisnamurti, Wiswamitra, K. A. & Kriswardhana, W., 2013.

 Pengaruh Variasi Bentuk Penampang Kolom Terhadap

 Perilaku Elemen Struktur Akibat Beban Gempa. Universitas

 Jember
- Mulia, rezky, (2011). *Perencanaan Beban Gempa Sesuai ASCE7-10*, https://rezkymulia.wordpress.com/2011/07/22/perencanaan-beban-gempasesuai-asce-7-10/
- Mulia, rezky, (2011). *Perencanaan Respons Spektrum Sesuai ASCE* 7-10, https://rezkymulia.wordpress.com/2011/03/28/perencanaan-responsspektrum-sesuai-asce-7-10/
- Nasution, Amrinsyah, (2009). *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. ITB. Bandung
 - Widodo, (2001), *Respon Dinamik Struktur Elastik*. Jurusan Teknik Sipil, FTSP, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

CIVIL LITERACY CHAPTER 9



JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO 2019

