

STUDI PERBANDINGAN HASIL GAYA DALAM DARI SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS KONDISI ELASTIS DAN KONDISI PLASTIS PADA TANAH SEDANG DI KOTA SANGATTA

Rahmat Sidik Irjali¹, Purwanto²

¹Karya Siswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda 75124

²Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda 75124

Abstrak

Indonesia terletak didaerah rawan gempa, sehingga perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil gaya dalam dari Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) kondisi elastis dan kondisi plastis. Penelitian ini mengacu pada ATC-40 dan SNI-1726:2012. Beban gempa kondisi elastis meliputi statik ekuivalen dan respons spektrum dengan program ETABS, sedangkan untuk kondisi plastis meliputi analisa pushover dengan program ETABS. Peneletian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi sendi plastis, perbandingan hasil gaya dalam dan mengetahui pola keruntuhan. Hasil penelitian menunjukkan sendi-sendi plastis terjadi pada elemen balok baru kemudian elemen kolom, nilai gaya dalam dengan perbedaan tidak signifikan pada nilai momen, gaya geser dan torsi, sedangkan untuk gaya aksial perbedaan nilai terlihat signifikan. Level kinerja struktur masuk kriteria Immediate Occupancy yang berarti terjadi kerusakan kecil pada struktural dan bangunan dapat segera digunakan kembali.

Kata kunci : *pushover, kondisi elastis, kondisi plastis*

Abstract

Indonesia is located in earthquake prone areas, so it is necessary to plan earthquake resistant building structures. This study was conducted to compare the results of the internal forces of the Special Moment Resisting Frame System (SMRF) elastic conditions and plastic conditions. This study refers to ATC-40 and SNI-1726: 2012. Earthquake load elastic conditions include equivalent static and spectrum response with ETABS program, while for plastic conditions include pushover analysis with ETABS program. This study aims to determine the distribution of plastic joints, comparison of the results of internal forces and determine the pattern of collapse. The results showed that the plastic joints occurred on the new beam elements and column elements, the value of the inner force with the difference was not significant at the moment value, shear force and torque, while for the axial force the difference in value was significant. The structure performance level is included in the Immediate Occupancy criteria which means that there is minor damage to the structure and the building can be reused immediately.

Keywords : *pushover, elastic conditions, plastic conditions*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang rawan terjadi gempa. Gempa bumi yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng bumi merupakan penyebab terbesar dari gempa yang akan menimbulkan kerusakan pada struktur gedung. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia sering kali memakan korban jiwa. Namun, dapat dipastikan bahwa penyebab adanya korban jiwa bukan diakibatkan secara langsung oleh gempa, tetapi diakibatkan oleh rusaknya bangunan yang menyebabkan keruntuhan pada bangunan tersebut.

Jenis sistem rangka pemikul momen yang digunakan adalah SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Dari hasil penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil gaya dalam dari Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) kondisi elastis dan kondisi plastis. Penelitian ini mengacu pada ATC-40 dan SNI-1726:2012)

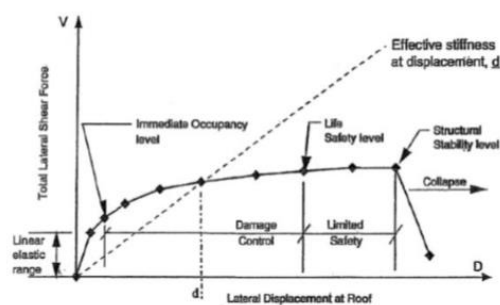
TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Model Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), jenis bangunan SRPMK akan direncanakan dengan konsep *Strong Column and Weak Beam* (kolom kuat dan balok lemah), dengan detailing penuh. (Purwono & Tavo, 2010). SRPMK memperhitungkan kapasitas geser pada kolom dan balok untuk menghindari tekuk inelastik premature pada balok dan menjamin terjadinya sendi plastis pada balok, sedangkan didaerah luar sendi plastis tidak perlu didetail secara khusus.

Kriteria Struktur Tahan Gempa

Menurut ATC-40, kriteria-kriteria struktur tahan gempa adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Kurva kriteria kinerja

- SP-1 Immediate Occupancy
- SP-2 Damage Control
- SP-3 Life Safety
- SP-4 Limited Safety
- SP-5 Structural Stability

- SP-6 Not Considerd

Analisis Pushover

Analisis non linier *pushover* (ATC 40, 1997) merupakan salah satu komponen performance based design yang menjadi sarana dalam mencari kapasitas dari suatu struktur. Dasar dari analisis pushover sebenarnya sangat sederhana yaitu memberikan pola beban tertentu dalam arah lateral yang ditingkatkan secara bertahap pada suatu struktur sampai struktur tersebut mencapai target displacement tertentu atau mencapai pola keruntuhan tertentu. Prosedur perhitungan dengan analisis pushover (ATC 40, 1997) adalah sebagai berikut :

- Pembuatan model komputer struktur yang akan dianalisis secara dua atau tiga dimensi.
- Dimensi suatu kriteria performance, seperti batas izin simpangan pada lantai atap pada titik sendi tertentu, dan lain-lain.
- Pembebanan struktur dengan gaya gravitasi sesuai dengan rencana.
- Pembebanan dengan pola beban statik tertentu yang didapatkan dari standar yang berlaku di masing-masing negara.
- Penentuan Titik Kendali tertentu untuk memantau perpindahan, biasanya titik pada lantai atap.
- Struktur didorong (*push*) dengan pola pembebanan yang ditentukan sebelumnya secara bertahap hingga mencapai batas izin simpangan atau mencapai keruntuhan yang direncanakan.
- Penggambaran kurva kapasitas, yaitu kurva hubungan antara Gaya Geser Dasar dengan Perpindahan pada Titik Kendali.

METODOLOGI PENELITIAN

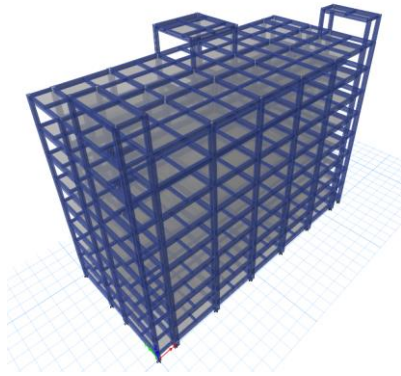
Objek kajian yang dibahas adalah berupa struktur portal beton bertulang pada Bangunan Sekolah Kota Sangatta. Penelitian ini meliputi pemilihan model struktur dan analisis statik ekuivalen, respons spektrum dan analisis *pushover* dengan ETABS. Literatur yang digunakan dalam kajian ini yaitu:

- Tata Cara Perhitungan Perencanaan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726-2012).
- Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).
- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
- ATC-40.

PEMBAHASAN

Model Struktur

Gedung yang dianalisa adalah bangunan sekolah. Jumlah lantai direncanakan adalah 10 lantai dengan kategori resiko IV.



Gambar 2 Model Struktur

Kategori Desain Seismik

Berdasarkan data hasil sondir didapatkan nilai $N = 22,2$, dengan mengacu pada SNI 1726:2012 Tabel 3 didapatkan kelas situs tanah sedang (SD) dan nilai $S_s = 0,319g$. Nilai F_a adalah 1,545 dan $S_1 = 0,141g$. Nilai $F_v = 2,235$. $S_{MS} = 0,493g$ dan $S_{M1} = 0,315g$ menurut pasal 6.2. Merujuk pasal 6.3 nilai $S_{DS} = 0,329$ dan $S_{D1} = 0,21$. Berdasarkan tabel 7 dan nilai S_{DS} dan S_{D1} didapatkan KDS D dan dengan merujuk pada pasal 7.2.2 didapatkan sistem penahan gempa dengan SRPMK.

Preliminary Design

Tipe balok yang digunakan adalah balok tanpa *prestress* dengan pendekatan $h = 1/10 - 1/16$ L dan $b = 1/2 - 2/3$ h. Sedangkan untuk struktur kolom digunakan pendekatan dengan rumus

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

Tabel 1 Perencanaan Dimensi Balok

Tipe Balok	L (cm)	B (cm)	H (cm)
B1	800	40	70
B2	400	30	50
B3	300	25	40
RB1	800	30	60
RB2	400	25	40
BB	300	20	30

Tabel 2 Perencanaan Dimensi Kolom

Tipe Kolom	L (cm)	B (cm)	H (cm)
K1	350	80	80
K2	420	40	60

Tabel 3 Perencanaan Dimensi Pelat

Desain Komponen Struktur Lentur

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.5.1, syarat komponen struktur lentur:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 A_g f_c'$.
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.
4. Lebar komponen tidak boleh:
 - a. Kurang dari 250 mm – Ok.
 - b. Melebihi lebar struktur penumpu.

Balok harus memikul beban gempa dengan perencanaan lentur momen ultimit (M_u) \leq momen nominal (M_n) pada daerah tumpuan dan lapangan balok. Kuat lentur maksimum (M_{pr}) pada daerah sendi plastis dihitung berdasarkan tulangan terpasang dengan tegangan tarik baja $f_s = 1,25 f_y$ dan faktor reduksi 1,0 dan tidak boleh lebih kecil dari gaya geser berdasarkan analisis struktur.

Gaya geser balok dihitung dengan:

$$V_e = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-2}}{l_n} + \frac{\omega_u \times l_n}{2}$$

Desain Komponen Struktur Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6 dijelaskan bahwa untuk komponen- komponen struktur pada perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang memikul gaya akibat beban gempa dan menerima beban aksial terfaktor yang lebih besar dari $0,1 A_g f_c'$, maka komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi $0,1 A_g f_c'$.
2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
3. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurusnya tidak kurang dari 0,4.

Kuat lentur kolom dihitung berdasarkan desain kapasitas *strong column weak beam* menurut Pasal 21.6.2.2 yaitu sebagai berikut.

$$\Sigma M_c > 1,2 \Sigma M_g - \text{Ok}$$

Sedangkan gaya geser kolom menurut pasal 23.4.5.1 dihitung sebagai berikut:

$$V_e = \frac{M_{pr-3} + M_{pr-4}}{l_n}$$

Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok–kolom (HBK) atau *beam–column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hal ini dapat mengakibatkan joint yang mempertemukan balok dan kolom menjadi tidak kuat dan cepat runtuh. Maka dari itu diperlukan tulangan pengekang untuk mampu menerima dan menyalurkan gaya-gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom.

Rekapitulasi Komponen Struktur

Dari hasil perhitungan, didapatkan desain komponen struktur untuk semua kombinasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Rekapitulasi Penulangan Balok

No	Nama	Dimensi (cm)	Posisi	Tulangan Longitudinal		Tulangan Geser	
				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
1	B1a	40 x 70	Atas	8 D 22	3 D 22	10 Ø-100	Ø10 -150
			Bawah	4 D 22	4 D 22	10 Ø-100	
2	B1b	40 x 70	Atas	7 D 22	3 D 22	10 Ø-120	Ø10-180
			Bawah	3 D 22	4 D 22	10 Ø-120	
3	B1'	40 x 70	Atas	5 D 22	2 D 22	10 Ø-150	Ø10-200
			Bawah	3 D 22	3 D 22	10 Ø-150	
4	B2	30 x 50	Atas	4 D 19	2 D 19	10 Ø-100	Ø10-150
			Bawah	3 D 19	2 D 19	10 Ø-100	
5	B3	25 x 50	Atas	3 D 19	2 D 19	10 Ø-100	Ø10-150
			Bawah	2 D 19	2 D 19	10 Ø-100	
6	RB1	30 x 60	Atas	6 D 19	2 D 19	10 Ø-150	Ø10-200
			Bawah	3 D 19	4 D 19	10 Ø-150	
7	RB2	25 x 40	Atas	3 D 19	2 D 19	10 Ø-100	Ø10-150
			Bawah	2 D 19	2 D 19	10 Ø-100	

Tabel 5. Rekapitulasi Penulangan Kolom

No	Nama	Dimensi (cm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Geser	
				Tumpuan	Lapangan
1	K1	80 x 80	20 D 25	4 D 13-100	4 D 13-150
2	K2	40 x 60	20 D 19	4 D 10-100	4 D 10-150

Perbandingan Hasil Gaya Dalam

Dari hasil *running* didapatkan perbandingan hasil gaya dalam antara kondisi elastis dan kondisi plastis sebagai berikut :

Tabel 5 Perbandingan Hasil Gaya Dalam

Kondisi	Momen (kNm)		Gaya Geser (kNm)		Aksial (kN)	Torsi (kNm)
	+	-	+	-		
Elastis	355,852	549,285	422,049	397,807	7557,714	99,106
Plastis	593,11	694,398	498,92	437,338	12337,1	181,421

Level Kinerja Struktur

Batasan rasio *drift* yang dievaluasi dengan analisis static ekuivalen dan analisis ragam spektrum respons pada gedung, dengan parameter maksimum total *drift* dan maksimum *inelastic drift*, maka :

Persamaan yang digunakan :

$$\text{Maksimal Drift} = \frac{Dt}{H_{total}}$$

Maksimal *Drift* x = 0,00073 → IO

Maksimal *Drift* y = 0,00088 → IO

$$\text{Maksimal In-elastic Drift} = \frac{D_I - D_1}{H_{total}}$$

Maksimal *In-elastic Drift* x = 0,00088 → IO

Maksimal *In-elastic Drift* x = 0,00087 → IO

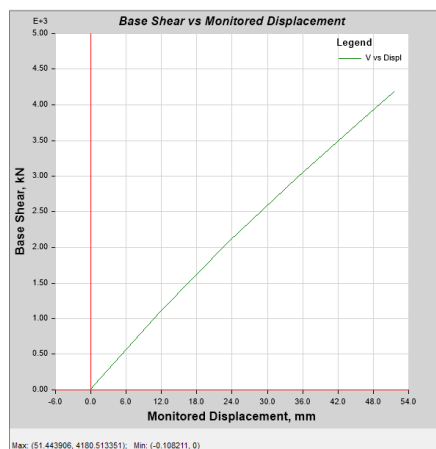
Hasil Analisa Pushover

Kurva Kapasitas Arah X



Gambar 3 kurva kapasitas arah x

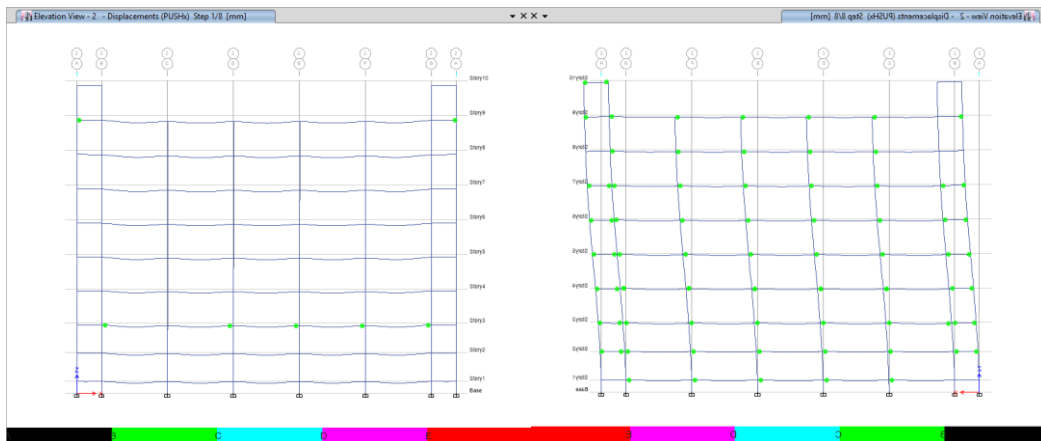
Kurva Kapasitas Arah Y



Gambar 4 kurva kapasitas arah y

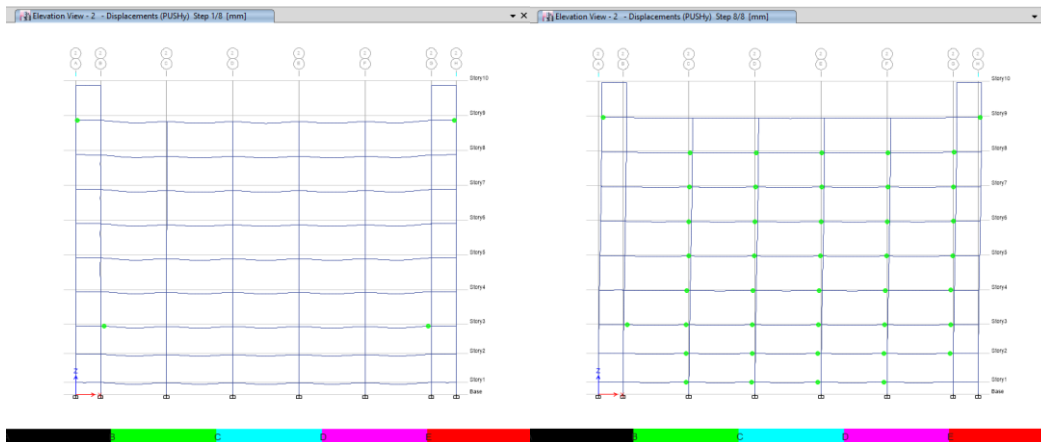
Distribusi Sendi Plastis

Pada gambar skema distribusi sendi plastis, diambil contoh gambar portal As 2 dengan pertimbangan portal tersebut terdapat kolom utama sehingga menjadi parameter utama apabila terjadi keruntuhan total.



Gambar 4 Push x-x step 1

Gambar 4 Push x-x step 8



Gambar 4 Push y-y step 1

Gambar 4 Push y-y step 8

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah menganalisis struktur gedung sekolah menggunakan metode analisis pushover, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil Analisa *pushover* didapatkan skema kelelahan (distribusi sendi plastis terjadi pada arah x berhenti pada step ke-8 dan pada arah y pun berhenti pada step ke-8. Sendi plastis muncul hampir di seluruh elemen balok serta beberapa kolom dengan sifat in-elastis.

2. Dari hasil *running* didapatkan perbandingan hasil gaya dalam antara kondisi elastis dan kondisi plastis sebagai berikut :

Kondisi	Momen (kNm)		Gaya Geser (kNm)		Aksial (kN)	Torsi (kNm)
	+	-	+	-		
Elastis	355,852	549,285	422,049	397,807	7557,714	99,106
Plastis	593,11	694,398	498,92	437,338	12337,1	181,421

3. Berdasarkan hasil analisis static ekuivalen dan analisis ragam spektrum terhadap level kinerja struktur sesuai ATC-40, pada arah X maupun arah Y nilai maksimum total drift menunjukkan gedung yang dianalisis termasuk dalam kategori level Immediate Occupancy. Nilai maksimum total inelastik drift pada arah X menunjukkan gedung yang dianalisis juga termasuk dalam kategori level Immediate Occupancy.

Saran

Adapun saran dalam tugas akhir ini diantaranya sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, maka evaluasi dapat dilanjutkan dengan analisa time history.
2. Memperhatikan parameter-parameter yang akan digunakan dalam proses analisis pushover dengan bantuan program software, agar hasil analisis akurat dan sesuai dengan kondisi yang terjadi akibat gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council. ATC 40, 1996, “*Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*”, Redwood City, California, U.S.A.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 1727:2013 : *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.*
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 2847-2013 : *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.*
- Badan Standarsasi Nasional. (2012). SNI 1726-2012 : *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung.*
- Dea Meillia Fransisca (2016). *Studi Performa Struktur Gedung Bertingkat Ketidakberaturan Torsi Berdasarkan Perencanaan Urutan Sendi Plastis Dengan Pushover Analysis.*
- Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2007. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures (FEMA 451B)*

Riza, M.M., *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung Dengan ETABS*, Reka Struktur.

Wuaten, H.M, 2017. *Dasar-Dasar Teknik Gempa*, Samarinda, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.

Yurinda Timur Laresi. (2016). *Analisa Pushover Terhadap Ketidakberaturan Struktur Gedung 9 Lantai*.

Zainal Arifin (2015). *Analisis Struktur Gedung POP Hotel Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Pushover Analysis*.