
**ANALISIS KINERJA RUAS JALAN
AKIBAT AKTIVITAS PASAR BADUNG
(Studi Kasus: Jalan Cokroaminoto, Denpasar)**

Made Novia Indriani, Ida Ayu Putu Sri Mahapatni, Gede Ari Lesmana

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia
madenovia@gmail.com dayumaha71@yahoo.com

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas pada ruas jalan telah menjadi masalah, terutama di kota-kota besar seperti Kota Denpasar, khususnya di Jalan Cokroaminoto, Denpasar. Hal ini disebabkan oleh tingginya aktivitas pasar badung dan banyaknya hambatan samping yang dapat memperparah kinerja ruas jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja ruas jalan pada jam puncak aktivitas pasar dan mengetahui alternatif solusi guna memperbaiki kinerja ruas jalan yang ditinjau.

Parameter yang digunakan untuk mengetahui kinerja lalu lintas antara lain volume lalu lintas, kapasitas jalan, derajat kejenuhan, kecepatan, dan tingkat pelayanan jalan. Data primer yang digunakan pada penelitian ini meliputi kondisi geometric jalan, jumlah hambatan samping, volume lalu lintas dan kecepatan kendaraan. Sedangkan data sekunder yang digunakan meliputi jumlah penduduk dan peta lokasi penelitian. Perhitungan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI, 1997) untuk jalan perkotaan.

Dari hasil survei dan analisis kinerja ruas jalan akibat aktivitas pasar badung di Jalan Cokroaminoto, Denpasar pada jam puncak diperoleh volume arus total (Q) tertinggi pada pukul 17.00 – 18.00 sebesar 3.063,50 smp/jam, memiliki nilai kecepatan setempat (V) sebesar 13,47 km/jam, kapasitas jalan (C) sebesar 2.387,64 smp/jam, dan derajat kejenuhan (DS) sebesar 1,28, yang dimana tingkat pelayanan jalan menunjukkan tingkat pelayanan (LoS) F. Hasil analisis alternatif solusi pada ruas jalan yang ditinjau yaitu dengan cara pengalihan arus (dengan parkir) diperoleh kecepatan arus bebas (FV) = 35,57 km/jam, kapasitas jalan (C) = 4.394,92 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) = 0,69 dan tingkat pelayanan jalan di Los C, sedangkan dengan cara pengalihan arus (tanpa parkir) diperoleh kecepatan arus bebas (FV) = 41,04 km/jam, kapasitas jalan (C) = 7.738,84 smp/jam, derajat kejenuhan (DS) = 0,39 dan tingkat pelayanan jalan di (Los) B.

Kata kunci : Kinerja ruas jalan, Aktivitas pasar, MKJI 1997

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan lalu lintas pada ruas jalan telah menjadi masalah, terutama di Kota Denpasar telah menunjukkan gejala sebagai kota metropolitan yang menjadi pusat kegiatan, baik kegiatan sosial budaya, kegiatan pemerintahan,

kegiatan perdagangan, kegiatan pendidikan dan lain-lain. Terutama pada ruas Jalan Cokroaminoto yang ada di depan Pasar Badung tersebut sering mengalami penurunan kinerja lalu lintas akibat aktivitas pasar badung yang dapat menimbulkan tingginya arus lalu lintas sehingga berpotensi

terjadinya kemacetan lalu lintas yang cukup padat terutama pada saat jam sibuk seperti sore hari yang diakibatkan hambatan samping/parkir dipinggir jalan, khususnya penggunaan parkir kendaraan roda 2 (dua) maupun kendaraan roda 4 (empat) yang memakai badan jalan di Ruas Jalan Cokroaminoto Denpasar.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kinerja Ruas Jalan Cokroaminoto Denpasar pada jam puncak aktivitas pasar Badung.
2. Untuk mengetahui alternatif solusi ruas Jalan Cokroaminoto Denpasar akibat jam puncak aktivitas pasar Badung.

1.3 Batasan Penelitian

1. Sikap dan perilaku pengemudi kendaraan tidak dibahas dalam penelitian ini.
2. Ruas Jalan yang di tinjau hanya sepanjang 300 m dari keseluruhan ruas jalan Cokroaminoto Denpasar.
3. Waktu penelitian hanya dilakukan pada pagi hari dan sore hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kinerja Lalu Lintas Jalan

Kinerja lalu lintas adalah kemampuan lalu lintas jalan untuk melayani kebutuhan arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya yang dapat diukur dan dibandingkan dengan standar tingkat pelayanan jalan. Nilai

tingkat pelayanan jalan yang dijadikan sebagai parameter kinerja lalu lintas.

Di bawah ini parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan kinerja lalu lintas atau ruas jalan.

2.1.1. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melalui suatu titik pada suatu jalur gerak per satuan waktu, dan karena itu biasanya diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu, dinyatakan dalam Q_{kend} dan Q_{smp} (jam).

2.1.2. Kapasitas

Kapasitas adalah tingkat arus maksimum dimana kendaraan dapat diharapkan untuk melalui suatu potongan pada periode waktu tertentu untuk kondisi lajur, lalu lintas, pengendalian lalu lintas dan kondisi cuaca yang berlaku. Faktor yang mempengaruhi kapasitas jalan kota adalah lebar jalur atau lajur, ada tidaknya pemisah/median jalan, hambatan bahu/kerb jalan, dan ukuran kota.

Rumus yang dipakai untuk menghitung kapasitas jalan perkotaan, menurut MKJI (1997) adalah, sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \times FC_{cs} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

C = Kapasitas Sesungguhnya (smp/jam)

C_o = Kapasitas Dasar (smp/jam)

FC_w = Faktor Penyesuaian Akibat Lebar Jalan

FC_{sp} = Faktor Penyesuaian Akibat Pemisah Arah

FCsf = Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping Dan Bahu Jalan/Kerb
 FCcs = Faktor Penyesuaian Akibat Ukuran Kota

2.1.3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan (DS) merupakan rasio arus terhadap kapasitas yang digunakan sehingga factor utama dalam penentuan tingkat kinerja dan segmen jalan, nilai derajat kejenuhan juga menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Derajat kejenuhan pada jalan tertentu dihitung sebagai berikut:

$$DS = Q/C \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

Ds = Derajat kejenuhan
 Q = Arus lalu lintas (smp/jam)
 C = Kapasitas sesungguhnya (smp/jam)

2.1.4. Kecepatan

Waktu perjalanan bergerak dapat diperoleh dari metode kecepatan setempat. Metode kecepatan setempat dimaksudkan untuk pengukuran karakteristik kecepatan pada lokasi tertentu pada lalu-lintas dan kondisi lingkungan yang ada pada saat studi. Sejumlah kecepatan ini perlu diambil, agar dapat diperoleh hasil yang dapat diterima secara statistik. Lokasi pengamatan kecepatan setempat sebaiknya dipilih pada ruas jalan diantara persimpangan, sedangkan waktu pengamatan tergantung pada tujuan penggunaan hasil survei.

Untuk mendapatkan kecepatan setempat pada penggal jalan tertentu, rumus yang digunakan adalah:

$$V = (3,6 \times J) / W \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

V = Kecepatan setempat (km/jam)
 J = Panjang Jalan (m)
 W = Rata-rata waktu tempuh (detik)

2.1.5. Kecepatan Arus Bebas

Kecepatan arus bebas merupakan kecepatan pada tingkat arus nol, yaitu kecepatan yang akan dipilih pengemudi jika mengendarai kendaraan bermotor tanpa dipengaruhi kendaraan bermotor lain di jalan.

Persamaan untuk kecepatan arus bebas mempunyai bentuk umum sebagai berikut:

$$FV = (FV_O + FV_W) \times FV_{SF} \times FV_{CS} \dots\dots(4)$$

Dimana:

FV = kecepatan arus bebas kendaraan ringan sesungguhnya (km/jam).

FV_O = kecepatan arus bebas dasar kendaraan ringan.

FV_W = penyesuaian lebar jalur lalu lintas efektif (km/jam).

FV_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping dan lebar bahu/jarak kerb ke penghalang.

FV_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota.

2.1.6. Tingkat Pelayanan Jalan (LoS)

Level of Service merupakan pengukuran kualitatif yang menerangkan tentang kondisi operasional dalam suatu aliran lalu lintas, persepsi pemakai jalan. Umumnya dinyatakan dalam bentuk kecepatan perjalanan, kebebasan

mengadakan manuver, kemudahan dan keselamatan. Tingkat pelayanan kinerja ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Kondisi operasional untuk setiap tingkat pelayanan dinyatakan sebagai berikut (Tamin, 2008):

1. LoS A (0,00-0,20)
Menggambarkan arus lalu lintas yang bebas, kecepatan kendaraan dikendalikan oleh keinginan pengemudi.
2. LoS B (0,21-0,44)
Menunjukkan arus lalu lintas stabil, kecepatan operasi kendaraan, mulai terbatas akibat kendaraan lain.
3. LoS C (0,45-0,75)
Menunjukkan arus masih stabil, pengemudi sangat merasakan pengaruh kendaraan lain sehingga kebebasan menentukan kecepatan dipengaruhi oleh kendaraan lain, tingkat kenyamanan mulai berkurang.
4. LoS D (0,76-0,84)
Menunjukkan keadaan mendekati tidak stabil, kecepatan yang layak masih bisa dipertahankan tetapi keterbatasan pada arus lalu lintas mengakibatkan kecepatan menurun. Kebebasan bergerak agak kecil, sementara kenyamanan pengemudi relatif rendah.
5. LoS E (0,85-1,00)
Menunjukkan arus tidak stabil, keadaan mendekati atau pada kapasitas jalan. Penambahan kendaraan dapat mengakibatkan kemacetan, kebebasan bergerak tidak ada kecuali memaksa kendaraan lain untuk tidak bergerak atau pejalan kaki

memberi kesempatan berjalan pada kendaraan, hal ini membuat tingkat kenyamanan sangat buruk sehingga pengemudi sering tegang atau *stress*.

6. LoS F (>1,00)
Menggambarkan keadaan tidak stabil, pada keadaan ini terjadi antrian kendaraan yang keluar lebih sedikit dari pada kendaraan yang masuk pada ruas jalan tersebut sehingga terjadi *Stop and Go Waves*, yaitu kendaraan bergerak beberapa puluh meter dan ini terjadi berulang-ulang.

2.2. Jam Puncak Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas jam puncak merupakan volume kendaraan lalu lintas yang terjadi pada jam sibuk, dimana jam tersibuk ini dapat terjadi pada beberapa waktu yang berlainan seperti pada pagi hari, siang hari, maupun sore hari yang mengakibatkan tingginya aktivitas arus lalu lintas sehingga menyebabkan kemacetan atau antrian kendaraan yang cukup lama (MKJI, 1997).

2.3. Solusi Alternatif Permasalahan Lalu Lintas

Pada daerah perkotaan, penambahan jaringan jalan sudah bukan merupakan alternatif terbaik untuk menyelesaikan problem lalu lintas. Hal ini terjadi karena sudah padatnya lahan dalam kota sehingga pengembangan jaringan jalan baru merupakan alternatif yang memerlukan biaya sangat besar, maka dari itu

diperlukan alternatif penyelesaian yang lain seperti:

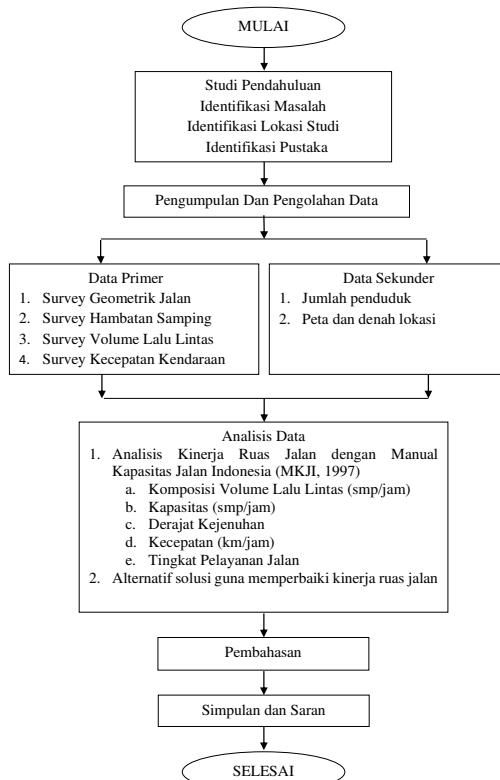
1. Analisis Tingkat Ruas
2. Analisis Tingkat Simpang
3. Analisis Tingkat Area

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Ruas Jalan Cokroaminoto Kota Denpasar. Titik awalnya (STA Awal) di sebelah utara, yaitu di simpang 3 Jl. Maruti. Titik akhirnya (STA Akhir) di selatan yaitu di simpang tiga Jl. Sutomo dan Jl. Setiabudi. Ruas jalan Cokroaminoto ini di teliti sepanjang 300 m.

3.2. Kerangka Penelitian



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Data yang telah didapat, baik data primer yang berasal dari hasil survai di lapangan maupun data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik dan satelit/*maps* selanjutnya akan dikumpulkan. Data yang diperoleh masih merupakan data mentah yang selanjutnya akan disusun terlebih dahulu untuk kemudian dianalisis.

4.1.1 Data Geometrik Jalan

Data geometrik jalan adalah data tentang kondisi jalan itu sendiri secara nyata di lapangan. Adapun data geometrik jalan pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Geometrik Jalan pada lokasi penelitian.

Nama Jalan	Jalan Cokroaminoto
Tipe jalan	2/2 UD
Jenis Perkerasan	Aspal Beton (AC-WC)
Kondisi Permukaan	Baik
Lebar Perkerasan Jalan	9 m
Lebar Jalur (Wj)	9 m
Lebar Lajur (Wi)	4,5m
Lebar Bahu (Ws)	Full Wide
Median Jalan	Tidak ada
Kemiringan	Landai

Sumber: Hasil Survei (2018)

4.1.2 Data Hambatan Sampung

Data survei hambatan sampung di Ruas Jalan Cokroaminoto, Denpasar diperoleh berdasarkan survei yang dilakukan pada hari rabu, 08 Agustus 2018 dengan waktu pengamatan selama 8 jam/hari yaitu pada pukul 06.00 – 10.00 Wita, dan pukul 15.00 – 19.00 Wita.

Hasil rekapitulasi pengamatan terhadap tipe kejadian hambatan samping di Ruas Jalan Cokroaminoto pada hari rabu saat jam puncak dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini:

Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil data hambatan samping selama jam puncak pk.06.00-07.00wita

No	Tipe Kejadian Hambatan Samping	Satuan	Frekuensi kejadian	Faktor	Bobot kejadian
				Berbobot	
1	Pejalan Kaki	Org/jam/200 m	336	0,5	168
2	Kendaraan Berhenti atau parkir	Kend/jam/200 m	552	1	552
3	Kendaraan masuk keluar	Kend/jam/200 m	559	0,7	391,3
4	Kendaraan lambat	Kend/jam/200 m	54	0,4	21,6
Total Bobot Hambatan Samping					1.132,90

Sumber: Hasil Survei (2018)

4.1.3 Data Volume Lalu Lintas

Dari hasil survei yang telah diperoleh kemudian dicari volume terpadatnya. Pengolahan data volume lalu lintas dilakukan dengan cara mengkonversi (mengalikan) setiap jenis kendaraan (kend/jam) dengan ekivalensi mobil penumpang (emp) berdasarkan MKJI 1997, yang sudah ditentukan.

Data volume kendaraan pada saat jam puncak dalam 4 hari penelitian di ruas Jalan Cokroaminoto, Denpasar dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini:

Tabel 4.3 Data volume kendaraan dua arah pada jam puncak

Hari	Waktu/Jam Puncak	Volume Kendaraan dari arah selatan ke utara		Volume Kendaraan dari arah utara ke selatan		Total (Kend/jam)
		(Kend/15')	(Kend/jam)	(Kend/15')	(Kend/jam)	
Senin	17.00-17.15	882,0		694,0		
	17.15-17.30	886,0		582,0		
	17.30-17.45	1007,0		542,0		
	17.45-18.00	1105,0	3880,0	439,0	2257,0	6137,0
Rabu	17.00-17.15	897,0		668,0		
	17.15-17.30	932,0		556,0		
	17.30-17.45	992,0		516,0		
	17.45-18.00	1084,0	3905,0	413,0	2153,0	6058,0
Sabtu	17.15-17.30	859,0		538,0		
	17.30-17.45	927,0		498,0		
	17.45-18.00	1014,0		395,0		
	18.00-18.15	992,0	3792,0	368,0	1799,0	5591,0
Minggu	16.45-17.00	881,0		445,0		
	17.00-17.15	882,0		600,0		
	17.15-17.30	901,0		488,0		
	17.30-17.45	865,0	3529,0	448,0	1981,0	5510,0

4.1.4 Data Kecepatan

Untuk mendapatkan jumlah sampel yang diperlukan pada survei kecepatan, terlebih dahulu dilakukan pilot survei. Dimana survei ini dilakukan pada kendaraan ringan pada arah lalu lintas yang berbeda.

Waktu	Panjang Segmen(m)	Waktu tempuh (detik)							Waktu tempuh rata-rata (detik)
		Sampel.1	Sampel.2	Sampel.3	Sampel.4	Sampel.5	Sampel.6	Sampel.7	
17.00-17.15	50	6,64	9,67	13,95	7,41	33,02	26,2	21,49	16,91
17.15-17.30	50	8,52	8,54	7,59	16,39	22,68	14,12	16,57	13,49
17.30-17.45	50	9,44	17,16	11,9	11,07	9,57	15,88	21,76	13,83
17.45-18.00	50	9,43	9,14	9,6	15,94	20,53	15,98	25,44	15,15

keterangan:
 Sampel 1 s/d 4 menunjukkan jenis kendaraan MC = Sepeda Motor
 Sampel 5 s/d 7 menunjukkan jenis kendaraan ringan LV = Mobil penumpang

4.1.5 Data Jumlah Penduduk

Data Jumlah penduduk berasal dari data sekunder dimana diperoleh dari instansi terkait dalam hal ini adalah Badan Pusat Statistik Kota Denpasar.

No.	Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Tingkat Laju Pertumbuhan (%)
1	2011	810900	2,83
2	2012	828900	2,22
3	2013	846200	2,09
4	2014	863600	2,06
5	2015	880600	1,97

4.2 Analisis Kinerja Ruas Jalan Akibat Aktivitas Pasar

4.2.1 Analisis Volume LaluLintas

Dari hasil analisis penelitian volume lalu lintas yang dilakukan pada hari Senin, 6 Agustus 2018, Rabu, 8 Agustus 2018, Sabtu, 11 Agustus 2018, dan Minggu, 12 Agustus 2018 diperoleh volume lalu lintas tertinggi pada jam puncak yaitu pada hari Senin, 6 Agustus 2018 dengan interval waktu pada pk.17.00 – 18.00 sebesar 3.063,5 smp/jam.

Dibawah ini pada Tabel 4.6 merupakan rekapitulasi jam puncak volume lalulintas kedua arah.

Hari/Tanggal	Jam puncak	Volume lalu lintas (kend/jam)						Total (kend/jam)	Tot (smp/)
		MC		LV		HV			
		Kend	emp	Kend	emp	Kend	emp		
Senin, 06 Agustus 2018	17.00 - 18.00	5144	0,4	369	1	43	1,3	6137,0	306,
Rabu, 08 Agustus 2018	17.00 - 18.00	5020	0,4	995	1	43	1,3	6058,0	305,
Sabtu, 11 Agustus 2018	17.15 - 18.15	4559	0,4	981	1	51	1,3	5591,0	287,
Minggu, 12 Agustus 2018	16.45 - 17.45	4704	0,4	768	1	38	1,3	5510,0	269,

4.2.2 Analisis Kapasitas Jalan

Perhitungan analisis kapasitas jalan berdasarkan MKJI 1997, ini dipengaruhi oleh 5 hal yaitu kapasitas dasar (C₀), faktor penyesuaian kapasitas untuk pengaruh lebar jalur (FC_w), faktor penyesuaian kapasitas untuk pemisah arah (FC_{sp}), faktor penyesuaian untuk hambatan samping (FC_{sf}), dan faktor penyesuaian ukuran kota (FC_{cs}).

Tabel 4.7 Kapasitas Ruas Jalan

Kapasitas Dasar (C ₀) Smp/jam	Faktor Lebar Lajur (FC _w)	Faktor Pemisah Arah (FC _{sp})	Faktor Hambatan Samping (FC _{sf})	Faktor Ukuran Kota (FC _{cs})	Kapasitas Ruas Jalan (C)
1	2	3	4	5	6
2900	1,25	0,91	0,77	0,94	2.387,64

4.2.3 Analisis Derajat Kejenuhan

Dari Volume dan Kapasitas yang telah diperoleh dapat dihitung seberapa besar derajat kejenuhannya dengan Rumus 2. Hasil analisis nilai derajat kejenuhan dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Waktu	Volume	Kapasitas	Derajat kejenuhan $DS = \frac{Q \text{ smp/jam}}{C}$
	Q smp/jam	C	
Senin, 6 Agustus 2018	3.063,50	2.387,64	DS = 3,063,50 / 2,387,64
			DS = 1,28

4.2.4 Analisis Kecepatan

Hasil perhitungan kecepatan kendaraan ringan di segmen jalan Cokroaminoto, Denpasar pada masing-masing arah pergerakan pada jam puncak volume lalu lintas, dapat dilihat pada Tabel 4.9

Segmen Jalan	Waktu	Kecepatan				Kecepatan Rata-rata Total 2 arah
		Utara ke selatan		Selatan ke Utara		
		Rata-rata Kecepatan Per 15 menit (km/jam)	Rata-rata Kecepatan Per jam (km/jam)	Rata-rata Kecepatan Per 15 menit (km/jam)	Rata-rata Kecepatan Per jam (km/jam)	
Jalan Cokroaminoto	17.00-17.15	16,69		10,64		
	17.15-17.30	14,21		13,35		
Jalan Cokroaminoto	17.30-17.45	17,07	14,73	13,02	12,22	13,47
	17.45-18.00	10,95		11,88		

4.2.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan diperoleh dari rasio volume lalulintas terhadap kapasitas jalan, berdasarkan

survei dan analisis yang telah dilakukan maka dapat di peroleh tingkat pelayanan jalan pada saat jam puncak yang paling tinggi dengan nilai rasio Q/C sebesar 1,28. Tingkat pelayanan jalan saat aktivitas pasar beroperasi pada jam puncak sore, tingkat pelayanan jalan terletak pada level F yang artinya $>1,00$, dimana pada tingkat pelayanan F ini volume lalu lintas dalam keadaan tidak stabil, dan arus lalu lintas sering terhenti sehingga menimbulkan antrian kendaraan yang panjang dan ini terjadi berulang-ulang.

4.3 Analisis Alternatif Solusi

Dari hasil analisis diketahui penurunan kapasitas jalan di ruas Jalan Cokroaminoto, Denpasar ditimbulkan oleh hambatan samping dan parkir badan jalan akibat aktivitas pasar. Permasalahan yang ditimbulkan oleh hambatan samping dapat dipecahkan apabila diketahui terlebih dahulu faktor hambatan samping apa yang berpengaruh terhadap kapasitas Jalan dan kecepatan arus bebas.

Maka dari itu, ada beberapa alternatif solusi terhadap permasalahan kinerja ruas jalan di jalan Cokroaminoto, Denpasar akibat aktivitas pasar yang menyebabkan tingginya hambatan samping yang dapat di lihat pada rekapan dibawah ini:

Tabel 4.10 Rekapitulasi setiap analisis alternatif

Parameter Kinerja Ruas Jalan	Alternatif Solusi	
	Pengalihan arus lalu lintas (dengan parkir)	Pengalihan arus lalu lintas (tanpa parkir)
Volume Lalu Lintas (Q) (smp/jam)	3.063,50	3.063,50
Kecepatan Arus Bebas (FV) (km/jam)	35,57	41,04
Kapasitas Jalan (C) (smp/jam)	4.394,92	7.738,84
Derajat Kejenuhan (DS)	0,69	0,39
Tingkat Pelayanan Jalan (Los)	LoS C	LoS B

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah dilakukan pengamatan dan hasil pembahasan pada analisis kinerja ruas Jalan Cokroaminoto Denpasar dengan memakai Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei dan analisis kinerja ruas Jalan Cokroaminoto, Denpasar pada kondisi jam puncak akibat aktivitas pasar badung diperoleh volume lalu lintas tertinggi (Q) = 3.063,50 smp/jam, kecepatan setempat (V) = 13,47 km/jam, kapasitas jalan (C) = 2.387,64 smp/jam, dan derajat kejenuhan (DS) = 1,28 yang menentukan tingkat pelayanan jalan ini berada di tingkat pelayanan (LoS) F.
2. Berdasarkan hasil analisis alternatif solusi pada ruas Jalan Cokroaminoto, Denpasar yaitu

dengan cara alternatif pengalihan arus menjadi satu arah dengan parkir di kedua sisi jalan diperoleh nilai kecepatan arus bebas (FV) = 35,57 km/jam, kapasitas jalan (C) = 4.394,92 smp/jam, dan derajat kejenuhan (DS) = 0.69 dimana tingkat pelayanan jalan (LoS) berada ditingkat pelayanan C, sedangkan dengan cara alternative pengalihan arus menjadi satu arah tanpa adanya parkir di kedua sisi jalan diperoleh nilai kecepatan arus bebas (FV) = 41,04 km/jam, kapasitas jalan (C) = 7.738,84 smp/jam, dan derajat kejenuhan (DS) = 0,39 dimana tingkat pelayanan jalan (Los) berada ditingkat pelayanan B yang artinya dengan cara alternatif ini kondisi jalan berada di arus lalu lintas stabil.

5.2 Saran

1. Bagi pemerintah Kota Denpasar perlunya dilakukan pengaturan manajemen lalu lintas untuk memperlancar pergerakan lalu lintas pada ruas jalan Cokroaminoto dengan bertindak tegas dalam menerapkan kebijakan-kebijakan dalam pengendalian parkir agar masyarakat lebih patuh terhadap kebijakan yang ada dan mengawasi para juru parkir yang memberi parkir di badan jalan sehingga bukan hanya pengguna parkir yang dikenai sanksi tetapi juga tukang parkir harus dikenai.
2. Merealisasikan alternatif yang ada yaitu meniadakan parkir di kedua

sisi jalan agar meningkatkan tingkat pelayanan dan kapasitas jalan sehingga arus lalu lintas pada ruas Jalan Cokroaminoto tepatnya depan pasar badung menjadi lebih lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. *Denpasar Dalam Angka 2015*. Denpasar: Pemerintah Kota Denpasar.
- Departemen Perhubungan Republik Indonesia. 2011. *Peraturan Presiden (Perpres) No. 45 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan*.
- Direktorat Jendral Bina Marga (Dirjen BM). 1990. *Panduan Survei dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jendral Bina Marga (Dirjen BM). 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Perhubungan (Dirjen Perhub). 1998. *Sistem Transportasi Kota*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Direktorat Jenderal Perhubungan (Dirjen Perhub). 1999. *Pedoman Pengumpulan Data Lalu Lintas*. Jakarta: Departemen Perhubungan.
- Presiden RI. 2009. Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang *Lalu Lintas dan Angkutan*

- Jalan*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Putra, I Gede Mahendra Edy. 2017. *Analisis Kinerja Ruas Jalan Akibat Akitivitas Pasar Tradisional Baturiti Kabupaten Tabanan*. Tugas Akhir. Denpasar: Jurusan Teknik Sipil FT UNHI
- Tamin, Ofyar Z. 2008. *Perencanaan, Pemodelan, & Rekayasa Transportasi*. Bandung: ITB

PERBANDINGAN ANALISIS KONSTRUKSI BERTAHAP DENGAN ANALISIS KONVENSIONAL PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN *SOFT STORY*

I Nyoman Suta Widnyana, Komang Anom Adi Putra

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hindu Indonesia

ABSTRAK

Pada umumnya struktur portal bertingkat dianalisis secara konvensional dengan asumsi bahwa beban bekerja pada struktur ketika struktur telah berdiri secara keseluruhan. Padahal dalam kenyataannya dilapangan, struktur dikerjakan secara bertahap mulai dari tingkat terbawah sampai tingkat teratas. Pada penyelesaian tiap tingkatnya, beban sudah langsung bekerja pada tingkat tersebut. Ketidakberaturan konfigurasi bangunan dalam perencanaan struktur tidak dapat dihindari, termasuk ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak yang terjadi pada lantai pertama bangunan.

Dengan program analisis struktur yang ada saat ini, dimungkinkan untuk menganalisis struktur dengan memperhitungkan pengaruh pembangunan bertahap tersebut. Tulisan ini membandingkan hasil analisis antara metode konvensional dengan metode konstruksi bertahap pada kasus struktur portal bertingkat dengan *soft story* dalam pemodelan tiga dimensi. Hasil analisis yang ditinjau adalah gaya-gaya dalam dan deformasi struktur akibat beban gravitasi.

Dari analisis struktur yang dilakukan, didapat rasio momen balok analisis konstruksi bertahap terhadap analisis konvensional M_2/M_1 maksimum pada lantai 2 sebesar 1,126. Gaya geser balok dengan analisis konstruksi bertahap mencapai nilai maksimum pada lantai 2 dengan rasio D_2/D_1 sebesar 1,064. Ditinjau dari momen pada kolom, didapat bahwa momen pada kolom analisis konstruksi bertahap mencapai nilai maksimum pada lantai 1 sebesar 174,92 KNm dengan rasio terhadap momen kolom analisis konvensional M_{k2}/M_{k1} sebesar 1,940.

Kata kunci : Analisis Konstruksi Bertahap, *Soft Story* dan Gaya-gaya Dalam

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi gedung bertingkat dianalisis dengan dua cara yaitu secara konvensional dan konstruksi bertahap, dimana beban diasumsikan bekerja pada struktur secara keseluruhan. Setiap elemen struktur menerima beban pada saat yang bersamaan, sehingga struktur akan mengalami deformasi. Ini berarti seluruh tingkat pada struktur portal memiliki kondisi awal yang sama dimana tegangan awal, gaya luar dan deformasi elemen struktur adalah nol.

Dalam analisis portal bertingkat dengan metode konstruksi bertahap, dengan model struktur portal beton bertulang tingkat 4 dan lebar bentang 6 meter dengan model struktur tiga dimensi, didapat lendutan maksimum balok dengan metode analisis konstruksi bertahap 1,16 kali dari analisis konvensional dan momen lapangan balok 1,11 kali dari analisis konvensional. Pada penelitian ini tidak dianalisis perbandingan antara analisis konvensional dengan analisis konstruksi bertahap pada ketidakaturan vertikal (Arman 2005).

Bagiarta (2009) melakukan

penelitian dengan judul Analisis Konstruksi Bertahap pada Portal Beton Bertulang dengan Variasi Panjang dan Jumlah Tingkat menunjukkan bahwa pada pembebanan vertikal, analisis konstruksi bertahap memberikan nilai lendutan dan gaya-gaya dalam yang lebih besar dari pada analisis konvensional, dengan rasio berkisar antara 1,069 sampai dengan 2,248 dan rasio ini dominan pada tahap awal pelaksanaan konstruksi. Akibat pembebanan gempa, rasio ini mendekati 1(satu) karena konstruksinya dianalisis dalam keadaan lengkap. Penambahan panjang bentang balok cenderung meningkatkan rasio nilai lendutan dan gaya-gaya dalam pada analisis konstruksi bertahap, sedangkan penambahan jumlah tingkat cenderung tidak berpengaruh terhadap rasio nilai lendutan dan gaya-gaya dalam struktur kecuali gaya aksial kolom.

Menurut Budiono dan Wicaksono (2016), penelitian dengan judul Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakaturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebihan dan Masa Terhadap Beban Gempa menunjukkan bahwa ketidakaturan kekakuan tingkat lunak yang terjadi pada lantai bawah memberikan respon yang paling menyimpang jika dibandingkan terhadap struktur bangunan dasar. Namun demikian perlu dicermati juga perilakunya apabila dianalisis dengan analisis konstruksi bertahap, apakah momen kolom dan balok sudah mencapai nilai maksimum.

Maka dari itu, dengan kemajuan teknologi komputer struktur perlu dianalisis secara bertahap agar didapat gaya-gaya

dalam maksimum beserta rasionya. Analisis konstruksi bertahap dapat dilakukan dengan menggunakan software SAP2000 (*Structure Analysis Program 2000*). Sebagai pembanding dibuat model struktur gedung beton bertulang dengan *soft story* dengan metode analisis konvensional. Berdasarkan SNI 1726-2012 dinyatakan bahwa untuk menentukan perioda fundamental pendekatan, dalam detik untuk struktur gedung dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat, sehingga dalam penelitian ini menggunakan struktur bangunan gedung 10 tingkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah:

1. Bagaimana perilaku struktur gedung dengan *soft story* menggunakan analisis konstruksi bertahap yang dibandingkan dengan analisis konvensional?
2. Bagaimana rasio gaya dalam yang terjadi pada gedung dengan *soft story* menggunakan analisis konvensional dengan analisis konstruksi bertahap?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui simpangan struktur gedung dengan *soft story* menggunakan analisis konstruksi bertahap.
2. Untuk mengetahui kekakuan dan kekuatan struktur gedung dengan *soft story*

- menggunakan analisis konstruksi bertahap.
3. Untuk mengetahui deformasi struktur gedung dengan *soft story* menggunakan analisis konstruksi bertahap.
 4. Untuk mengetahui rasio gaya dalam yang terjadi pada gedung dengan *soft story* menggunakan analisis konvensional dengan analisis konstruksi bertahap.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Untuk menambah wawasan mengenai perilaku dan rasio gaya dalam struktur gedung dengan *soft story* untuk gedung 10 lantai menggunakan analisis konstruksi bertahap.
2. Untuk bahan referensi dalam perencanaan dengan analisis konstruksi bertahap.
3. Sebagai acuan pelaksanaan struktur dilapangan

1.5 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan tidak terlalu luas, maka diambil beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis pondasi diabaikan.
2. Tidak melakukan perhitungan manual dimensi balok dan kolom.
3. Volume tulangan pelat tidak dihitung
4. Beban tembok diabaikan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

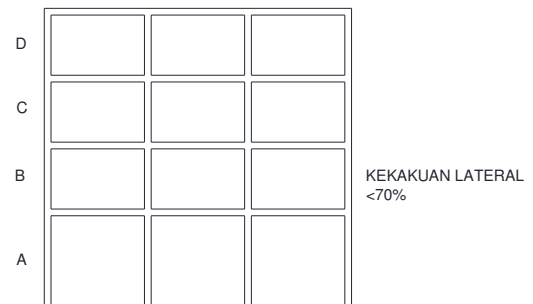
2.1 Umum

Konstruksi gedung bertingkat dianalisis dengan dua cara yaitu secara konvensional dan numerik, dimana beban diasumsikan bekerja pada struktur secara keseluruhan. Setiap

elemen struktur menerima beban pada saat yang bersamaan, sehingga struktur akan mengalami deformasi. Selain masalah deformasi tidak secara bersamaan ketidakteraturan pada struktur dan konfigurasi bangunan sering kali tidak dapat dihindari. Salah satu ketidakteraturan konfigurasi vertikal adalah *soft story*. Demikian juga gaya geser, aksial, serta lendutan yang terjadi akan sangat berbeda saat tahap pembangunan dibandingkan dengan analisis konvensional. Perbedaan tersebut akan berpengaruh pada rasio tulangan yang diperlukan oleh masing-masing komponen struktur.

2.2 Ketidakberaturan Vertikal Menurut SNI 1726-2012

Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung non gedung SNI 1726-2012 struktur gedung yang mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 70% dari kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Salah satu contoh ketidakberaturan konfigurasi bangunan secara vertikal adalah *soft story*.



Gambar 2.1 Portal Struktur *soft story*
Sumber : SNI 2012

2.3 Pembebanan Struktur

Beban yang bekerja pada struktur ditimbulkan secara langsung

oleh gaya-gaya alamiah atau manusia dengan kata lain terdapat dua sumber dasar beban bangunan, geofisik dan buatan manusia. Gaya-gaya geofisik yang dihasilkan oleh perubahan-perubahan yang senantiasa berlangsung di alam dapat dibagi lagi menjadi gaya-gaya gravitasi, meteorologi dan seismologi. Karena gravitasi maka berat bangunan itu sendiri akan menghasilkan gaya struktur yang dinamakan beban mati dan beban ini akan tetap sepanjang tunduk pada efek gravitasi sehingga menghasilkan perbedaan pembebanan sepanjang waktu tertentu. Beban meteorologi berubah menurut waktu dan tempat serta tampil berwujud angin, suhu, kelembaban, hujan, salju dan es. Gaya-gaya seismologi dihasilkan oleh gerak tanah yang tak teratur (Schueller, 1989).

2.4 Kombinasi Pembebanan

Bangunan tinggi akan menghadapi berbagai beban sepanjang bangunan tersebut dan banyak diantaranya bekerja bersamaan. Efek beban harus digabung apabila bekerja pada garis keja yang sama dan harus dijumlahkan. Kemungkinan terjadinya beban kombinasi harus dievaluasi secara statistik dan diramalkan akibatnya. Kombinasi beban yang efektif disyaratkan dalam peraturan pembebanan. Peraturan membolehkan peningkatan ijin sebesar 33 persen apabila beban hidup secara penuh digunakan Bersama-sama dengan beban angin atau gempa (Schueller, 1989).

Untuk pemodelan rangka dengan pembebanan gempa berdasarkan SNI 03-1727-2013 adalah sebagai berikut:

$$1,4D$$

$$1,2D+1,6L+0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$1,2D+1,6(L_r \text{ atau } R)+(L \text{ atau } 0,5W)$$

$$1,2D+1,0W+L+0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$1,2D+1,0E+L$$

$$0,9D+1,0W$$

$$0,9D+1,0E$$

Keterangan:

D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

L_r = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

R = Beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W = Beban angin.

E = Beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 1726-2012 dengan, $\gamma_L=0,5$ bila $L<5$ kPa dan $\gamma_L=1$ bila $L\geq 5$ kPa.

2.5 Metode Analisis Struktur

Menurut *Analysis Reference* SAP2000 (2002) metode analisis menjelaskan bagaimana beban dikerjakan pada struktur (statis atau dinamis), bagaimana respon struktur (linear atau nonlinear), dan bagaimana analisis diselesaikan baik modal atau integrasi langsung. Terdapat banyak perbedaan tipe analisis, namun kebanyakan analisis digolongkan menjadi analisis linear dan nonlinear.

a. Analisis linear

Menurut respon struktur terdapat pembebanan, analisis digolongkan ke dalam dua metode yaitu analisis linear dan analisis

nonlinear. Analisis struktur digolongkan ke dalam analisis linear jika:

- a) Karakteristik struktur (kekuatan, redaman dan sebagainya) konstan selama analisis.
- b) Analisis mulai dengan kondisi tegangan awal nol. Analisis tidak mengikutsertakan beban dari analisis sebelumnya, walaupun menggunakan kekuatan dari analisis nonlinear sebelumnya.
- c) Seluruh hasil analisis berupa lendutan, gaya dalam, reaksi dan sebagainya sebagian dengan beban yang bekerja. Hasil-hasil analisis linear yang berbeda dapat langsung disuperposisikan setelah semua analisis berakhir.

Jenis-jenis analisis linear yaitu:

- a) Analisis statis linear
- b) Analisis dinamis respon getar
- c) Analisis tekuk
- d) Analisis beban bergerak untuk beban hidup kendaraan pada jembatan
- e) Analisis respon spectrum untuk respon gempa

Analisis Nonlinear

Analisis struktur digolongkan ke dalam analisis nonlinear jika:

- a) Karakteristik struktur dapat berubah-ubah terhadap waktu, deformasi dan pembebanan
- b) Analisis merupakan lanjutan dari analisis nonlinear sebelumnya, dimana analisis mengintruksikan seluruh beban, deformasi dan tegangan dari analisis sebelumnya.
- c) Karena karakteristik struktur mungkin bervariasi dan karena adanya kemungkinan kondisi awal bukan nol respon spektrum mungkin

saja tidak berbanding linear dengan pembebanan. Seluruh beban yang bekerja pada struktur dikombinasikan secara langsung dalam proses analisis. Oleh karena itu hasil dari beberapa analisis nonlinear tidak selalu dapat disuperposisikan.

Analisis statis nonlinear dapat digunakan untuk beberapa tujuan yang meliputi:

- a) Analisis struktur berdasarkan material nonlinear dan geometri nonlinear.
- b) Analisis konstruksi bertahap
- c) Analisis struktur kabel
- d) Analisis statik *pushover*

Jenis-jenis analisis nonlinear yaitu:

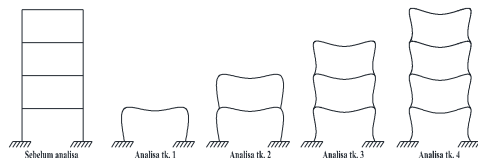
- a) Analisis statik nonlinear
- b) Analisis waktu getar nonlinear

2.6 Analisis Portal Bertingkat Metode Konstruksi Bertahap

Menurut *Analisisi Reference* SAP2000 (2002) pada metode konstruksi bertahap, urutan analisis memperhitungkan pengaruh nonlinearan struktur akibat pelaksanaan bertahap di lapangan. Pelaksanaan bertahap yang dimaksud pada struktur portal bertingkat adalah pembangunan pertingkat yang bertahap. Seluruh tingkat pada portal tidak dibangun secara bersamaan, melainkan dimulai dari tingkat satu, tingkat dua, dan seterusnya sampai dengan tingkat teratas.

Langkah awal analisis konstruksi bertahap pada portal bertingkat adalah dengan mendefinisikan masing-masing tingkat ke dalam kelompok (group) yang

berbeda. Setiap elemen struktur baik itu balok, pelat, dan kolom, yang termasuk ke dalam tingkat yang sama, dikelompokkan menjadi satu kelompok. Semua kelompok yang ada dianalisis dengan urutan analisis sesuai dengan urutan pelaksanaan di lapangan.



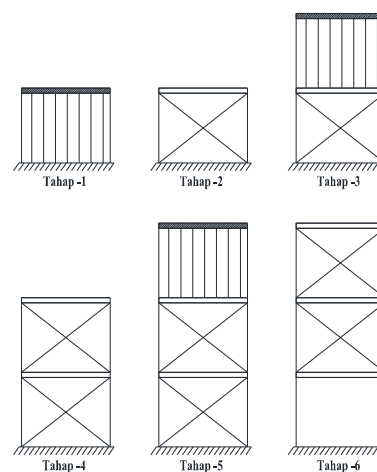
Gambar 2.2 Tahapan Analisis Metode Konstruksi Bertahap

Analisis dimulai dari kelompok tingkat terbawah yaitu tingkat satu. Seluruh hasil analisis tingkat satu (gaya dalam dan deformasi) merupakan kondisi awal bagi analisis tingkat selanjutnya. Demikian seterusnya sampai analisis tingkat teratas selesai. Ini berarti bahwa setiap tingkat dianalisis dengan kondisi awal yang berbeda. Tingkat pertama dianalisis dengan kondisi awal (tegangan dan deformasi) nol. Analisis tingkat selanjutnya dimulai dengan kondisi awal yang bukan nol, melainkan sudah terdapat tegangan dan deformasi struktur akibat analisis tingkat sebelumnya. Seluruh beban yang bekerja pada suatu tahap secara otomatis diikutsertakan pada analisis tahap selanjutnya. Untuk setiap analisis konstruksi bertahap, diijinkan untuk menggunakan berbagai kombinasi pembebanan. Namun pada umumnya, hanya beban gravitasi yang diperhitungkan.

2.7 Metode Pelaksanaan Shore and Reshore

ACI Committee 347 merekomendasikan metode *Shore and Reshore* sebagai metode pelaksanaan

struktur bertingkat banyak. Adapun tahapan metode *Shore and Reshore* tersebut (Gambar 2.3) adalah sebagai berikut, tahap 1, pelat lantai dicor, seluruh beban ditransfer ke tanah melalui begisting dan perancah (*shores*). Tahap 2, begisting dibuka sehingga pelat lantai 1 menahan berat sendiri dan penahan dipasang kembali (*reshore*) di bawah pelat lantai. Tahap 3, begisting pelat lantai 2 dipasang dan pelat lantai 2 dicor.



Gambar 2.3 Tahapan metode *shore and reshore*

Sumber: ACI Committee 347 (2005)

Pelat lantai 1 tidak dapat berdeformasi dan semua beban ditahan oleh penahan yang disalurkan ke tanah. Tahap 4, begisting lantai 2 dibuka sehingga pelat lantai 2 menahan berat sendiri saja dan penahan dipasang kembali (*reshore*) di bawah pelat lantai 2. Tahap 5, begisting pelat lantai 3 dipasang dan pelat lantai 3 dicor. Semua tambahan beban ditransfer ke tanah lewat penahan. Tahap 6, begisting lantai 3 dibuka sehingga pelat lantai 3 menahan berat sendiri saja dan penahan pelat lantai 1 dibuka dan dipasang kembali (*reshore*) di bawah

pelat lantai 3. Pemindahan dan penempatan kembali begisting dan penahan untuk mengerjakan pelat lantai yang baru di atas pelat lantai yang paling atas dilanjutkan dengan cara yang sama. Setelah tahap 6, siklus yang sama diulang sampai semua tingkat bangunan.

2.8 Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, Δ harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekakuan yang di tetapkan dalam pasal 7.8 tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin. Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) seperti di tentukan dalam 7.8.6, 7.9.2 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δa) seperti didapatkan dari tabel 16 untuk semua tingkat.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah perencanaan yang bersifat fiktif. Pada penelitian ini dirancang gedung 10 tingkat yang berada pada kota Denpasar.

3.2 Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh peneliti secara langsung (dari tangan pertama),

sementara data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada.

1. Data Primer
 - a. Gambar Desain Gedung 10 Tingkat.
2. Sekunder
 - a. Literatur
 - b. Jurnal
 - c. Peraturan: SNI, ACI, PPIUG

3.2.1 Data-Data Model Struktur

Adapun data-data yang digunakan dalam perhitungan nantinya dapat dilihat pada tabel 3.1 adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Propertis Material

No	Propertis Material	Model Struktur
1	Mutu Beton	30 Mpa
2	Mutu baja tulangan utama (fy)	390 Mpa
3	Mutu baja tulangan geser (fys)	240 Mpa
4	Modulus elastisitas beton (Ec)	25742,96 Mpa
5	Modulus elastisitas baja (Es)	199947,98 Mpa

Tabel 3.2 Data-data Model Struktur

No	Keterangan	Model Struktur
1	Fungsi Bangunan	Perkantoran
2	Wilayah Gempa	Denpasar
3	Luas setiap lantai (m)	24x24
4	Jumlah tingkat	10
5	Jarak Ground Floor ke L1 (m)	7
6	Jarak Lantai 1-Lantai 10 (m)	3,5
7	Tebal pelat lantai (mm)	150
8	Estimasi dimensi balok (mm)	500
9	Estimasi dimensi kolom (mm)	250

3.2.2 Pemodelan Struktur

Metode penelitian ini menggunakan metode analisis perencanaan yang difokuskan untuk mengetahui perilaku struktur gedung dengan *soft story* pada kasus struktur beton dalam portal 3D. Analisis yang digunakan didasarkan pada Tata Cara Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung menurut SNI 1726 2012.

3.2.3 Pemodelan Menggunakan SAP2000

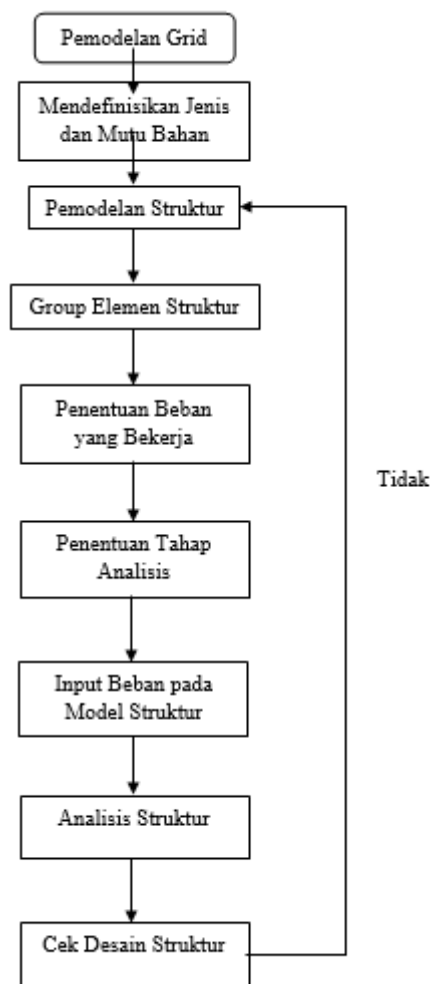
Pemodelan struktur dengan SAP 2000 secara umum sebagai berikut:

1. Langkah awal pemodelan yaitu menentukan satuan dan *grid* struktur.
2. Balok dan kolom dimodel dengan elemen *frame* sedangkan pelat dan dinding geser dimodel dengan *shell elemnt*.
3. Balok, kolom, dan pelat momen dua arah harus direduksi sesuai dengan SNI 2847-2013 yaitu untuk memperhitungkan kekakuan gaya-gaya dalam dan simpangan pada struktur harus didasarkan pada model struktur yang didasarkan pada penampang retak.
4. Dalam membuat model struktur, umumnya mengabaikan dimensi dari titik sambungan. Cara tersebut cukup memadai bagi sebagian struktur rangka. Namun, apabila yang terjadi ukuran sambungan yang cukup besar diabaikan, hal ini akan mengakibatkan kesalahan yang fatal. Sehingga, pada SAP2000 pendekatan pengaruh kekakuan sambungan dapat dimodelkan sebagai Rigid Zone Offset.
5. Perletakan struktur dimodel dengan asumsi terjepit.
6. Beban hidup dan beban gempa yang bekerja harus direduksi pada perintah *mass source*.
7. Untuk menjamin keamanan struktur maka perlu diperhatikan faktor reduksi kekuatan sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.3.2, selanjutnya dimodel pada SAP

2000 pada *Options > Preferences > Concrete Frame Design*.

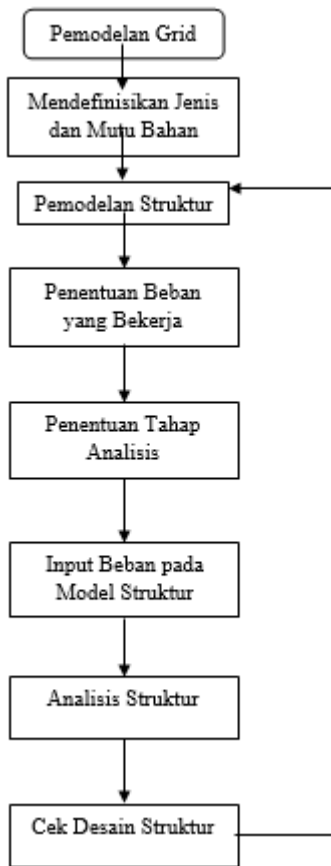
8. Fungsi beban gempa menggunakan Respon Spektrum dengan memperhitungkan massa dari dimensi struktur dan akibat beban yang bekerja pada *define mass > source*.

3.3 Langkah Pemodelan Analisis Konstruksi Bertahap



Gambar 3.1 Diagram alur analisis konstruksi bertahap

3.4 Langkah Pemodelan Analisis Konvensional



Gambar 3.2 Diagram alur analisis konvensional

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Dalam penelitian ini, dibuat 2 model yaitu model 1 dianalisis dengan konstruksi bertahap dan model 2 dianalisis dengan analisis konvensional. Masing-masing model lantai 10 dengan ketinggian *typical* 3,5m dan tinggi dari *ground floor* ke lantai 1 7m. Model dianalisis sebagai model 3D dengan menyertakan model pelat, dimana balok dan kolom dimodel elemen *frame*, pelat dimodel sebagai elemen *shell*. Pembahasan dilakukan dengan membandingkan

analisis tersebut pada setiap model dengan tujuan untuk mengetahui perilaku dan tulangan struktur bangunan tersebut. Hal yang dibahas dalam bab ini adalah hasil-hasil analisis struktur dari kedua metode analisis yaitu analisis konvensional dan analisis konstruksi bertahap. Hasil analisis berupa gaya-gaya dalam dan deformasi dari kedua metode analisis dibandingkan untuk kemudian dibahas. Portal yang ditinjau untuk perbandingan adalah portal tengah dan portal tepi dalam satu arah memanfaatkan kesimetrisan geometri struktur.

4.2 Data-Data Struktur

4.2.1 Konfigurari Gedung

Tabel 4.1 Konfigurasi Gedung

No	Lantai	Tinggi lantai (m)	Tinggi bangunan (m)
1	Lantai 1	7	7
2	Lantai 2	3,5	10,5
3	Lantai 3	3,5	14
4	Lantai 4	3,5	17,5
5	Lantai 5	3,5	21
6	Lantai 6	3,5	24,5
7	Lantai 7	3,5	28
8	Lantai 8	3,5	31,5
9	Lantai 9	3,5	35
10	Lantai 10	3,5	38,5

4.2.2 Gambaran Umum Model Struktur

1. Fungsi Bangunan : Perkantoran
2. Model Struktur : 10 lantai tinggi keseluruhan 38,5m
3. Jenis Bangunan : Struktur Beton Bertulang

4.2.3 Propertis Material

1. Mutu Beton ($f'c$) : 30 MPa
2. Mutu baja tulangan Longitudinal (f_y) : 400 MPa
3. Mutu baja tulangan transversal (f_{ys}) : 240 MPa

4. Modulus elastisitas beton (E_c) :
 $4700\sqrt{f'c}=25742,9602$
 MPa
5. Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 MPa
6. Berat jenis beton bertulang : 2400 Kg/m³

4.2.4 Data Beban Struktur

1. Beban Mati (D)
 - a. Berat sendiri komponen struktur dihitung oleh SAP2000
 - b. Beban mati tambahan:
 - a) Berat beton basah lantai 10 : 549,48 Kg/m²
 - b) Berat beton basah lantai 2-9 : 513,37 Kg/m²
2. Beban Hidup (L)
 - a. Pada pelat atap : 100 Kg/m²
 - b. Pada pelat lantai : 250 Kg/m²
3. Beban Gempa (E)

Beban gempa menggunakan beban respon spektrum untuk wilayah gempa 5, kondisi tanah sedang. Beban gempa ditinjau 2 arah, yaitu arah sumbu x (E_x) dan beban gempa arah sumbu y (E_y). Sedangkan faktor keutamaan (I) adalah 1(perkantoran).

4.3 Estimasi Dimensi Komponen Struktur

4.3.1 Balok

Untuk balok induk tinggi penampang (h) diambil berdasarkan panjang bentangnya (L), yaitu $1/10L$ sampai $1/12L$. Persyaratan lainnya yang harus dipenuhi adalah dimensi minimum untuk lebar balok adalah 250mm dan perbandingan antara lebar (b) dengan tinggi (h) balok harus

memenuhi $b/h > 0,3$. Lebar balok tersebut tidak boleh lebih lebar dari ketentuan $b_{balok} \leq b_{kolom} + \frac{3}{4}h_{balok}$. Dengan demikian dimensi balok yang digunakan seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.2 Dimensi Balok Induk

Jenis Balok	Panjang Bentang Maksimum (cm)	Tinggi Balok Minimum (cm)	Lebar Balok Minimum (cm)
Balok Induk	600	55	30
Balok Induk	600	50	25
Balok Induk	600	60	30
Balok Anak	600	40	20

4.3.2 Kolom

Untuk kolom, perbandingan b/h ketentuan $b_{kolom} \geq b_{balok}$ maka digunakan dimensi kolom dengan luas penampang 2500 cm² sampai 4900cm².

4.4 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antarlantai berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, dihitung sebagai defleksi pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat x harus ditentukan dengan persamaan:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Nilai C_d merupakan faktor pembesaran defleksi, untuk rangka beton bertulang pemikul momen khusus adalah 5,5. Sedangkan nilai I_e merupakan faktor keutamaan gempa yaitu 1.

Untuk memenuhi syarat kinerja batas ultimit, simpangan antar lantai tidak boleh melebihi 0,02 kali tinggi tingkat. Berikut merupakan simpangan antar lantai berdasarkan SNI 03-1726-2012 dari program SAP 2000 V15:

1. Untuk menentukan Drift δ_{xe} antar lantai yaitu:

Story Drift lantai 2 – Story Drift lantai 1

$$15,3465 - 8,5571 = 5,84931 \text{ mm}$$

$$\delta_x = \frac{5,5 \times 9,49719}{1} = 52,234545 \text{ mm}$$

2. Untuk menentukan Drift δ_x antar lantai yaitu:

Drift antar lantai 2 – Drift antar lantai 1

$$52,234545 - 32,17 = 20,06 \text{ mm}$$

3. Untuk menentukan simpangan ijin berdasarkan SNI 1726-2012

$$0,02 \times 7000 = 140 \text{ mm}$$

Kontrol : $\delta_x < \Delta$ izin
 $52,234545 < 140 \dots\dots OK$

Jadi, simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726-2012 untuk analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Simpangan antar lantai analisis konstruksi bertahap berdasarkan SNI 1726-2012

Lantai	Story Drift δ_{xe} (mm)	Drift δ_{xe} antar lantai (mm)	δ_x (mm)	Drift δ_x antar lantai (mm)	Δ izin=0,02.hi (mm)	Cek
Lantai atap	44,5137	1,2839	7,06	4,10	70	OK
Lantai 9	43,2298	2,0297	11,16	4,32	70	OK
Lantai 8	41,2001	2,8143	15,48	4,01	70	OK
Lantai 7	38,3858	3,5431	19,49	3,52	70	OK
Lantai 6	34,8427	4,1822	23,00	2,87	70	OK
Lantai 5	30,6605	4,7034	25,87	2,34	70	OK
Lantai 4	25,9571	5,1291	28,21	1,94	70	OK
Lantai 3	20,828	5,482	30,15	2,22	70	OK
Lantai 2	15,346	5,8856	32,37	19,66	70	OK
Lantai 1	9,4604	9,4604	52,03	52,03	140	OK

Berdasarkan Tabel 4.3 analisis konstruksi bertahap memiliki nilai simpangan antar lantai sebesar 52,03 mm pada lantai 1 dengan tinggi lantai 7000 mm. Nilai simpangan tersebut lebih kecil atau sama dengan simpangan izin sebesar 140mm.

Tabel 4.4 Simpangan antar lantai analisis konvensional berdasarkan SNI 1726-2012

Lantai	Story Drift δ_{xe} (mm)	Drift δ_{xe} antar lantai (mm)	δ_x (mm)	Drift δ_x antar lantai (mm)	Δ izin=0,02.hi (mm)	Cek
Lantai atap	44,4802	1,2354	6,79	4,33	70	OK
Lantai 9	43,2448	2,0218	11,12	4,44	70	OK
Lantai 8	41,223	2,8297	15,56	3,99	70	OK
Lantai 7	38,3933	3,5555	19,56	3,44	70	OK
Lantai 6	34,8378	4,1814	23,00	2,87	70	OK
Lantai 5	30,6564	4,7032	25,87	2,34	70	OK
Lantai 4	25,9532	5,1286	28,21	1,92	70	OK
Lantai 3	20,8246	5,4781	30,13	2,04	70	OK
Lantai 2	15,3465	5,84931	32,17	20,06	70	OK
Lantai 1	9,49719	9,49719	52,23	52,23	140	OK

Berdasarkan Tabel 4.4 analisis konvensional memiliki nilai simpangan antar lantai sebesar 52,23 mm pada lantai 1 dengan tinggi lantai 7000 mm. Nilai simpangan tersebut lebih kecil atau sama dengan simpangan izin sebesar 140mm.

4.5 Soft Story Gedung

Untuk menentukan *Soft Story* gedung betingkat yaitu terdapat suatu tingkat dimanakekakuan lateralnya kurang dari 70% dari kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya. Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (drift) bangunan. Dari Tabel 4.3 dapat dilihat kekakuan lantai dengan *soft sotry* mencapai nilai 62% dengan demikian gedung tersebut sudah mengalami *soft story*.

4.6 Momen Balok

Perbandingan antara nilai momen balok analisis konstruksi bertahap terhadap analisis konvensional ditunjukkan dengan nilai angka rasio M_2/M_1 , dimana M_1 adalah nilai momen analisis konvensional dan M_2 adalah momen maksimum analisis konstruksi bertahap. Rasio M_2/M_1 lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa nilai momen balok analisis konstruksi bertahap lebih besar daripada analisis konvensional. Demikian sebaliknya,

rasio M_2/M_1 lebih kecil daripada 1 menunjukkan bahwa nilai momen analisis konstruksi bertahap lebih kecil daripada analisis konvensional.

4.6.1 Portal Tengah

Nilai momen maksimum balok pada portal tengah beserta rasio M_2/M_1 ditampilkan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan momen maksimum balok portal tengah (KNm)

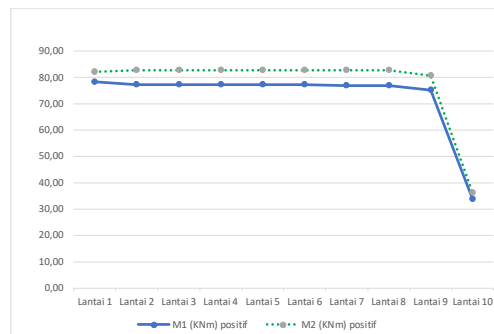
	M1 (KNm)		M2 (KNm)		M2/M1	
	positif	negatif	positif	negatif	positif	negatif
Lantai 1	78,12	125,88	81,96	136,45	1,049	1,084
Lantai 2	77,33	122,77	82,87	138,26	1,072	1,126
Lantai 3	77,35	123,48	82,90	138,12	1,072	1,119
Lantai 4	77,23	124,70	82,89	137,88	1,073	1,106
Lantai 5	77,16	125,64	82,88	137,64	1,074	1,096
Lantai 6	77,09	126,37	82,86	137,40	1,075	1,087
Lantai 7	76,82	126,66	82,85	137,17	1,079	1,083
Lantai 8	76,96	127,52	82,84	136,95	1,076	1,074
Lantai 9	75,27	123,25	80,63	133,09	1,071	1,080
Lantai 10	33,57	46,99	36,08	44,08	1,075	0,938

Catatan :

M_1 : analisis konvensional

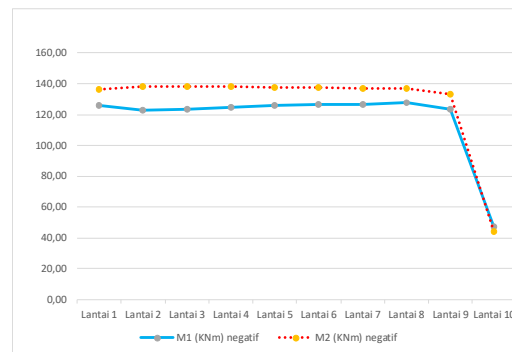
M_2 : analisis konstruksi bertahap

Dari Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa momen positif maksimum balok pada portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap (M_2 positif) mencapai nilai maksimum pada lantai 3 yaitu sebesar 82,90 KNm dengan rasio M_2/M_1 sebesar 1,072. Untuk momen negatif balok pada portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap (M_2 negatif) mencapai nilai maksimum pada lantai 2 yaitu sebesar 138,26 KNm dengan rasio M_2/M_1 sebesar 1,126.



Gambar 4.1 Grafik momen positif maksimum balok portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.1 bahwa momen positif maksimum balok portal tengah analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional. Sedangkan, terjadi penurunan nilai momen kedua analisis pada lantai 10, disebabkan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.



Gambar 4.2 Grafik momen negatif maksimum balok portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.2 bahwa momen negatif maksimum balok portal tengah berdasarkan analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional. Sedangkan, terjadi penurunan nilai momen analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional pada lantai 10 disebabkan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.

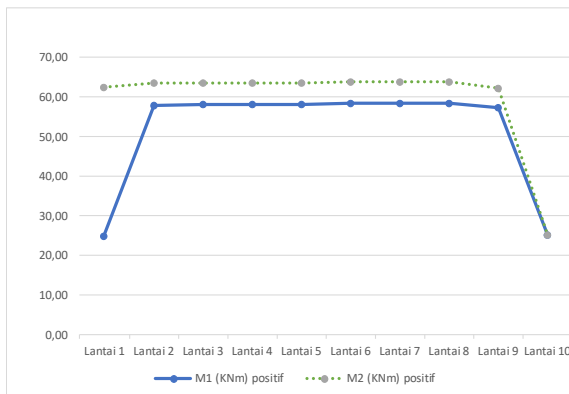
4.6.2 Portal Tepi

Nilai momen maksimum balok pada portal tepi beserta rasio M_2/M_1 ditampilkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan momen maksimum balok portal tepi (KNm)

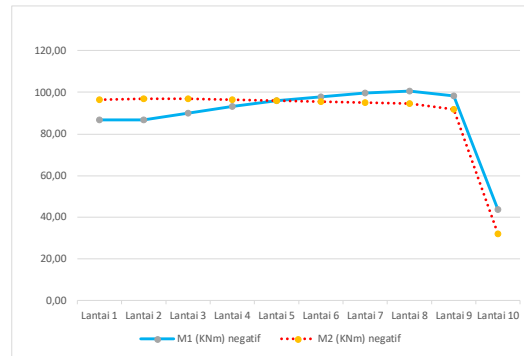
	M1 (KNm)		M2 (KNm)		M2/M1	
	positif	negatif	positif	negatif	positif	negatif
Lantai 1	25,00	86,82	62,44	96,42	2,498	1,111
Lantai 2	57,94	86,85	63,61	97,11	1,098	1,118
Lantai 3	58,20	90,12	63,70	96,72	1,095	1,073
Lantai 4	58,25	93,30	63,73	96,29	1,094	1,032
Lantai 5	58,33	95,88	63,75	95,87	1,093	1,000
Lantai 6	58,38	97,98	63,77	95,47	1,092	0,974
Lantai 7	58,47	99,57	63,79	95,09	1,091	0,955
Lantai 8	58,39	100,77	63,81	94,73	1,093	0,940
Lantai 9	57,41	98,51	62,23	92,06	1,084	0,935
Lantai 10	25,15	43,73	25,33	32,06	1,007	0,733

Dari Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa momen positif balok pada portal tepi dengan analisis konstruksi bertahap (M_2 positif) mencapai nilai maksimum pada lantai 8 yaitu sebesar 63,81 KNm dengan rasio M_2/M_1 sebesar 1,093. Sedangkan, momen negatif balok pada portal tepi dengan analisis konstruksi bertahap M_2 negatif mencapai nilai maksimum pada lantai 2 yaitu sebesar 97,11 KNm dengan rasio sebesar 1,118.



Gambar 4.3 Grafik momen positif maksimum balok portal tepi

Berdasarkan Gambar 4.3 bahwa momen positif maksimum balok portal tepi analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional. Sedangkan, terjadi penurunan nilai momen analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional pada lantai 10, disebabkan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.



Gambar 4.4 Grafik momen negatif maksimum balok portal tepi

Berdasarkan Gambar 4.4 bahwa momen negatif maksimum balok portal tepi analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional dari lantai 1 sampai lantai 5. Sedangkan, pada 5 sampai lantai 10 nilai momen pada analisis konvensional lebih besar dibandingkan analisis konstruksi bertahap. Pada lantai 10 terjadi penurunan nilai momen pada analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional disebabkan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.

4.7 Gaya Geser Balok

Gaya geser ditinjau pada arah 2-2 yaitu gaya geser yang timbul akibat beban yang bekerja searah sumbu 2-2 penampang struktur. Perbandingan antara nilai gaya geser balok analisis konstruksi bertahap terhadap analisis konvensional ditunjukkan dengan angka rasio D_2/D_1 , dimana D_1 adalah nilai geser analisis konvensional dan D_2 adalah nilai gaya geser maksimum analisis konstruksi bertahap. Rasio D_2/D_1 lebih besar dari 1 menunjukkan bahwa nilai momen balok analisis konstruksi bertahap lebih besar dari pada analisis konvensional. Demikian sebaliknya,

rasio D_2/D_1 lebih kecil dari pada 1 menunjukkan bahwa nilai analisis konstruksi bertahap lebih kecil daripada analisis konvensional.

4.7.1 Portal Tengah

Nilai gaya geser balok maksimum pada portal tengah beserta rasio D_2/D_1 ditampilkan dalam Tabel 4.7.

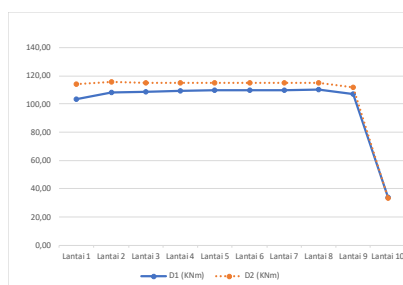
Tabel 4.7 Perbandingan gaya geser maksimum balok portal tengah (KN)

	D1 (KNm)	D2 (KNm)	D2/D1
Lantai 1	103,34	114,23	1,105
Lantai 2	108,39	115,34	1,064
Lantai 3	108,72	115,30	1,061
Lantai 4	109,15	115,19	1,055
Lantai 5	109,49	115,09	1,051
Lantai 6	109,74	114,98	1,048
Lantai 7	109,62	114,88	1,048
Lantai 8	110,15	114,78	1,042
Lantai 9	106,97	111,64	1,044
Lantai 10	33,56	33,34	0,994

Catatan: D₁ : analisis konvensional

D₂ : analisis konstruksi bertahap

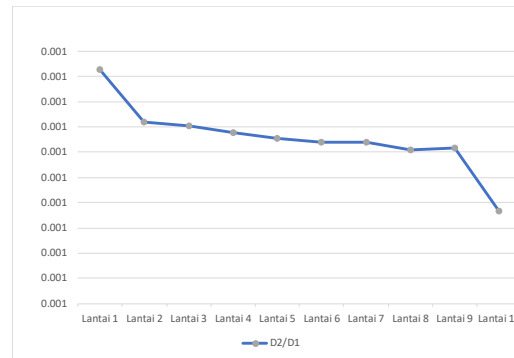
Dari Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa gaya geser balok pada portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap (D₂) mencapai nilai maksimum pada lantai 2 yaitu sebesar 115,34 KNm dengan rasio D_2/D_1 sebesar 1,064.



Gambar 4.5 Grafik gaya geser maksimum balok portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.5 bahwa gaya geser maksimum balok portal tengah analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional.

Sedangkan, terjadi penurunan nilai gaya geser pada analisis konstruksi bertahap dari lantai 9 sampai lantai 10 pada kedua analisis, dikarenakan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.



Gambar 4.6 Grafik rasio gaya geser balok portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.6 bahwa rasio gaya geser maksimum balok portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap dibandingkan analisis konvensional terjadi penurunan nilai rasio pada lantai 1 sampai lantai 10.

4.7.2 Portal Tepi

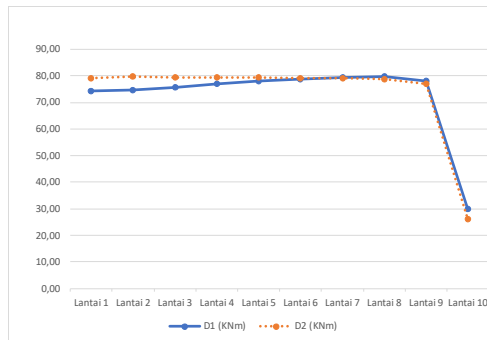
Nilai gaya geser balok maksimum pada portal tengah beserta rasio D_2/D_1 ditampilkan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan gaya geser maksimum balok portal tepi (KN)

	D1 (KNm)	D2 (KNm)	D2/D1
Lantai 1	74,40	79,02	1,062
Lantai 2	74,53	79,65	1,069
Lantai 3	75,82	79,55	1,049
Lantai 4	77,00	79,41	1,031
Lantai 5	77,98	79,27	1,017
Lantai 6	78,77	79,15	1,005
Lantai 7	79,38	79,02	0,995
Lantai 8	79,80	78,90	0,989
Lantai 9	78,14	76,90	0,984
Lantai 10	29,93	26,11	0,872

Catatan: D₁ : analisis konvensional
 D₂ : analisis konstruksi bertahap

Dari Tabel 4.8 dapat dilihat bahwa gaya geser balok pada portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap (D₂) mencapai nilai maksimum pada lantai 2 yaitu sebesar 79,65 KNm dengan rasio D₂/D₁ sebesar 1,069.



Gambar 4.8 Grafik gaya geser maksimum balok portal tepi

Berdasarkan Gambar 4.8 bahwa gaya geser maksimum balok portal tepi analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional dari lantai 1 sampai 6. Pada lantai 7 sampai lantai 10 nilai gaya geser analisis konvensional lebih besar dengan analisis konstruksi bertahap. Sedangkan, terjadi penurunan nilai gaya geser pada lantai 9 ke lantai 10 pada kedua analisis, dikarenakan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.

4.8 Momen Kolom

Perbandingan antara nilai momen kolom analisis konstruksi bertahap terhadap analisis konvensional ditunjukkan dengan angka rasio M_{k2}/M_{k1} , dimana M_{k1} adalah nilai momen kolom analisis konvensional dan M_{k2} adalah nilai

momen kolom maksimum analisis konstruksi bertahap. Rasio M_{k2}/M_{k1} lebih besar 1 menunjukkan bahwa nilai momen balok analisis konstruksi bertahap lebih besar dari pada analisis konvensional. Demikian sebaliknya, rasio M_{k2}/M_{k1} lebih kecil dari pada 1 menunjukkan bahwa nilai analisis konstruksi bertahap lebih kecil daripada analisis konvensional.

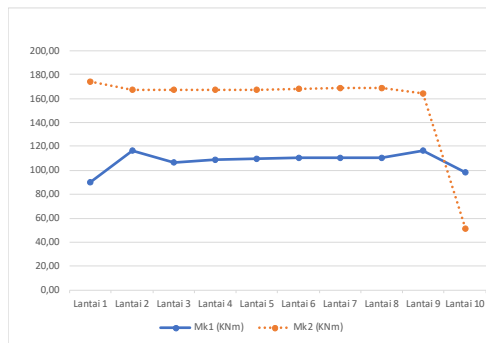
4.8.1 Kolom Tengah

Nilai momen maksimum pada kolom portal tengah beserta rasio M_{k2}/M_{k1} ditampilkan dalam Tabel 4.9. Tabel 4.9 Perbandingan momen maksimum kolom portal tengah (KNm)

	Mk1 (KNm)	Mk2 (KNm)	Mk2/Mk1
Lantai 1	89,71	174,03	1,940
Lantai 2	116,56	167,14	1,434
Lantai 3	106,90	167,08	1,563
Lantai 4	108,69	167,41	1,540
Lantai 5	109,48	167,74	1,532
Lantai 6	110,84	168,07	1,516
Lantai 7	110,49	168,89	1,529
Lantai 8	110,10	168,70	1,532
Lantai 9	116,87	164,51	1,408
Lantai 10	98,59	51,41	0,521

Catatan: Mk₁ : analisis konvensional
 Mk₂ : analisis konstruksi bertahap

Dari Tabel 4.9 dapat dilihat bahwa momen maksimum pada kolom portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap (M_{k2}) mencapai nilai maksimum pada lantai 1 yaitu sebesar 174,92 KNm dengan rasio M_{k2}/M_{k1} sebesar 1,940. Momen pada M_{k2} disebabkan karena pengaruh *soft story* pada lantai tersebut sehingga lantai 1 memiliki nilai momen yang paling besar.



Gambar 4.9 Grafik momen maksimum kolom portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.9 bahwa momen maksimum kolom portal tengah analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional dari lantai 1 sampai 9. Pada lantai 10 nilai momen analisis konvensional lebih besar dengan analisis konstruksi bertahap. Sedangkan, terjadi penurunan nilai momen kolom pada lantai 10 analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional disebabkan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.

4.8.2 Kolom Tepi

Nilai momen maksimum pada kolom tepi beserta rasio M_{k2}/M_{k1} ditampilkan pada Tabel 4.10.

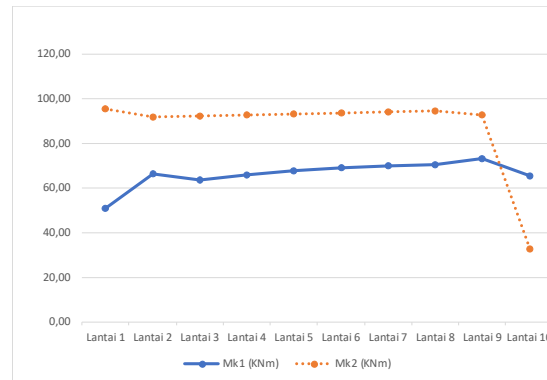
Tabel 4.10 Perbandingan momen maksimum kolom portal tepi (KNm)

	Mk1 (KNm)	Mk2 (KNm)	Mk2/Mk1
Lantai 1	50,91	95,38	1,874
Lantai 2	66,47	91,70	1,380
Lantai 3	63,70	92,03	1,445
Lantai 4	65,97	92,57	1,403
Lantai 5	67,58	93,09	1,378
Lantai 6	68,93	93,60	1,358
Lantai 7	70,10	94,09	1,342
Lantai 8	70,45	94,55	1,342
Lantai 9	73,28	92,61	1,264
Lantai 10	65,60	32,47	0,495

Catatan: M_{k1} : analisis konvensional

M_{k2} : analisis konstruksi bertahap

Dari Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa momen maksimum pada kolom tepi dengan analisis konstruksi bertahap (M_{k2}) mencapai nilai maksimum pada lantai 1 yaitu sebesar 95,38 KNm dengan rasio M_{k2}/M_{k1} sebesar 1,874.



Gambar 4.10 Grafik momen maksimum kolom portal tepi

Berdasarkan Gambar 4.10 bahwa momen maksimum kolom portal tepi analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional dari lantai 1 sampai 9. Pada lantai 10 nilai momen analisis konvensional lebih besar dengan analisis konstruksi bertahap. Sedangkan, terjadi penurunan nilai momen pada lantai 10 analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional disebabkan pada lantai 10 tidak terdapat beban mati tambahan seperti yang terjadi pada lantai 1 sampai lantai 9.

4.9 Gaya Normal Kolom

Perbandingan antara nilai gaya normal kolom analisis konstruksi bertahap terhadap analisis konvensional ditunjukkan dengan rasio N_2/N_1 , dimana N_1 adalah nilai gaya normal kolom analisis konvensional dan N_2 adalah nilai gaya normal kolom maksimum analisis konstruksi bertahap. Rasio N_2/N_1 lebih besar dari

1 menunjukkan bahwa nilai momen balok analisis konstruksi bertahap lebih besar dari pada analisis konvensional. Demikian sebaliknya, rasio N_2/N_1 lebih kecil dari pada 1 menunjukkan bahwa nilai analisis konstruksi bertahap lebih kecil daripada analisis konvensional.

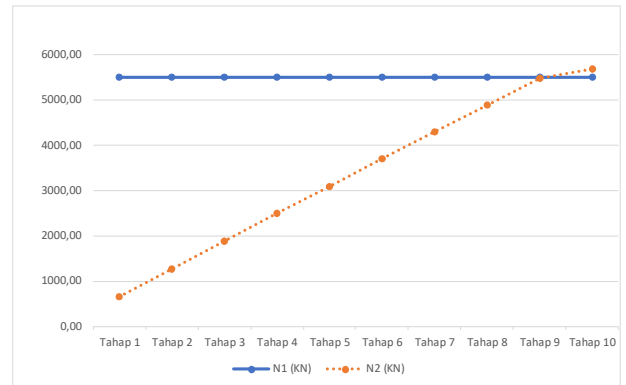
4.9.1 Portal Tengah

Nilai gaya normal maksimum pada kolom portal tengah beserta rasio N_2/N_1 ditampilkan pada Tabel 4.11. Tabel 4.11 Perbandingan gaya normal maksimum kolom portal tengah (KN)

	N1 (KN)	N2 (KN)	N2/N1
Lantai 1	5496,25	Tahap 1 655,25	0,119
	5496,25	Tahap 2 1266,63	0,230
	5496,25	Tahap 3 1877,10	0,342
	5496,25	Tahap 4 2485,25	0,452
	5496,25	Tahap 5 3090,94	0,562
	5496,25	Tahap 6 3693,84	0,672
	5496,25	Tahap 7 4293,70	0,781
	5496,25	Tahap 8 4890,30	0,890
	5496,25	Tahap 9 5468,69	0,995
	5496,25	Tahap 10 5683,72	1,034

Catatan: N_1 : analisis konvensional
 N_2 : analisis konstruksi bertahap

Dari Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa gaya normal maksimum pada kolom tepi dengan analisis konstruksi bertahap (N_2) mencapai nilai maksimum pada tahap 10 yaitu sebesar 5683,72 KNm dengan rasio M_{k2}/M_{k1} sebesar 1,034. Perbedaan nilai gaya normal tersebut karena pada analisis konvensional tidak terjadi proses penambahan beban mati tambahan dan beban tersebut dianggap tetap bekerja pada bangunan tersebut.



Gambar 4.11 Grafik gaya normal maksimum kolom portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.11 bahwa gaya normal maksimum kolom portal tengah analisis konvensional lebih besar dibandingkan dengan analisis konstruksi bertahap. Pada analisis konstruksi bertahap terjadi peningkatan nilai gaya normal pada tahap 10.

4.9.2 Portal Tepi

Nilai gaya normal maksimum pada kolom portal tepi beserta rasio N_2/N_1 ditampilkan pada Tabel 4.12.

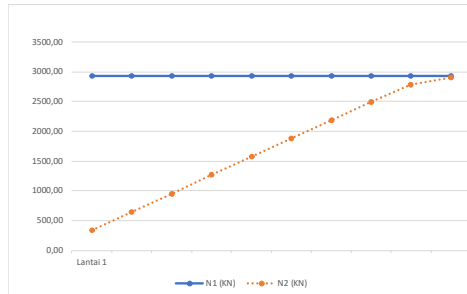
Tabel 4.12 Perbandingan gaya normal maksimum kolom portal tepi (KN)

	N1 (KN)	N2 (KN)	N2/N1
Lantai 1	2932,67	Tahap 1 344,54	0,117
	2932,67	Tahap 2 650,73	0,222
	2932,67	Tahap 3 956,81	0,326
	2932,67	Tahap 4 1262,81	0,431
	2932,67	Tahap 5 1568,69	0,535
	2932,67	Tahap 6 1874,42	0,639
	2932,67	Tahap 7 2180,01	0,743
	2932,67	Tahap 8 2485,45	0,848
	2932,67	Tahap 9 2783,67	0,949
	2932,67	Tahap 10 2908,04	0,992

Catatan: N_1 : analisis konvensional
 N_2 : analisis konstruksi bertahap

Dari Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa gaya normal maksimum pada kolom tepi dengan analisis konstruksi bertahap (N_2) mencapai nilai maksimum pada tahap 10 yaitu sebesar 2908,04 KNm dengan rasio M_{k2}/M_{k1} sebesar 0,992. Perbedaan

nilai gaya normal tersebut karena pada analisis konvensional tidak terjadi proses penambahan beban mati tambahan dan beban tersebut dianggap tetap bekerja pada bangunan tersebut.



Gambar 4.12 Grafik gaya normal maksimum kolom portal tepi

Berdasarkan Gambar 4.12 bahwa gaya normal maksimum kolom portal tepi analisis konvensional lebih besar dibandingkan dengan analisis konstruksi bertahap.

4.10 Lentutan Absolut Balok

Perbandingan antara nilai lentutan absolut balok analisis konstruksi bertahap terhadap analisis konvensional ditunjukkan dengan angka rasio LA_2/LA_1 , dimana LA_1 adalah nilai lentutan absolut balok analisis konvensional dan LA_2 adalah nilai lentutan absolut balok maksimum analisis konstruksi bertahap.

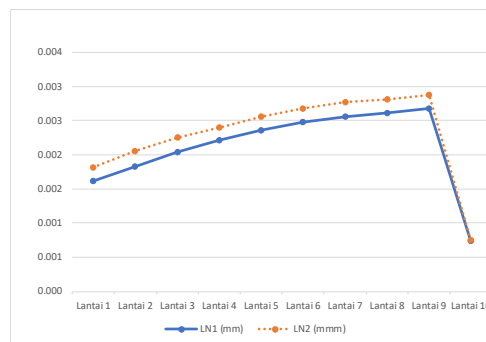
4.10.1 Portal Tengah

Nilai lentutan absolut balok maksimum pada portal tengah beserta rasio LA_2/LA_1 ditampilkan dalam Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perbandingan lentutan absolut balok portal tengah (mm)

	LN1 (mm)	LN2 (mm)	LN2/LN1
Lantai 1	1,617	1,817	1,124
Lantai 2	1,831	2,051	1,120
Lantai 3	2,039	2,247	1,102
Lantai 4	2,213	2,404	1,086
Lantai 5	2,359	2,559	1,085
Lantai 6	2,475	2,675	1,081
Lantai 7	2,559	2,764	1,080
Lantai 8	2,614	2,815	1,077
Lantai 9	2,677	2,877	1,075
Lantai 10	0,740	0,750	1,014

Dari Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa nilai lentutan absolut balok pada portal tengah dengan analisis konstruksi bertahap (LA_2) mencapai nilai maksimum pada lantai 9 yaitu sebesar 2,877mm dengan rasio LA_2/LA_1 sebesar 1.075.



Gambar 4.13 Grafik lentutan maksimum absolut balok portal tengah

Berdasarkan Gambar 4.13 bahwa lentutan maksimum absolut balok portal tengah analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional dari lantai 1 sampai lantai 10. Nilai lentutan pada lantai 9 sampai 10 mengalami penurunan karena pada lantai 10 tidak terjadi beban mati tambahan.

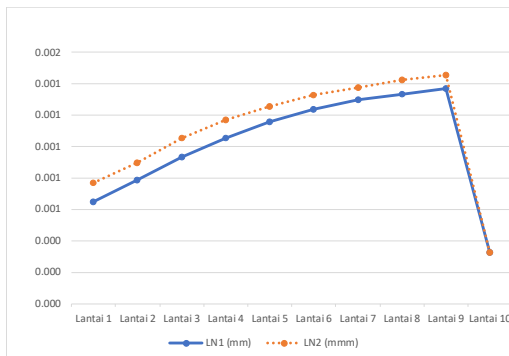
4.10.2 Portal Tepi

Nilai lendutan absolut balok maksimum pada portal tepi beserta rasio LA_2/LA_1 ditampilkan dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perbandingan lendutan absolut balok portal tepi (mm)

	LN1 (mm)	LN2 (mmm)	LN2/LN1
Lantai 1	0,646	0,766	1,186
Lantai 2	0,787	0,897	1,140
Lantai 3	0,934	1,054	1,129
Lantai 4	1,054	1,172	1,112
Lantai 5	1,156	1,254	1,085
Lantai 6	1,236	1,327	1,073
Lantai 7	1,300	1,378	1,060
Lantai 8	1,335	1,426	1,068
Lantai 9	1,372	1,452	1,058
Lantai 10	0,323	0,328	1,014

Dari Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa nilai lendutan absolut balok pada portal tepi dengan analisis konstruksi bertahap (LA_2) mencapai nilai maksimum pada lantai 9 yaitu sebesar 1.473 mm dengan rasio LA_2/LA_1 sebesar 1.074.



Gambar 4.14 Grafik lendutan absolut balok portal tepi

Berdasarkan Gambar 4.14 bahwa lendutan absolut balok portal tepi analisis konstruksi bertahap lebih besar dibandingkan dengan analisis konvensional dari lantai 1 sampai lantai 10.

4.11 Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen Berdasarkan SNI 03-1726-2012

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2, periode fundamental struktur T dibatasi oleh batas maksimum dan batas maksimum, yaitu:

$$T_{a(\min)} = C_t h_n^x = 0,0465 \cdot 14 \cdot 4^{0,9} = 0,513 \text{ detik}$$

$$T_{a(\max)} = C_u T_{a(\min)} = 1,4 \cdot 0,513 = 0,718 \text{ detik}$$

Jadi nilai T yang digunakan adalah 0,513 detik

Sedangkan nilai koefisien respons seismik C_s ditentukan sebagai berikut:

1. C_s Maksimum

$$C_{s \text{ maksimum}} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,651}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,081375$$

2. C_s Hitungan

$$C_{s \text{ hasil hitungan}} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,240}{0,513 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,05847$$

3. C_s Minimum

$$C_{s(\min)} = 0,044 S_{DS} I = 0,044 \cdot 0,651 \cdot 1 = 0,0286$$

4. C_s minimum tambahan berdasarkan S_1 jika lebih besar dari 0,6g

$$C_{s \text{ minimum tambahan}} = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,5 \cdot 0,2}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0125$$

Jadi, nilai C_s yang digunakan adalah 0.081375 karena nilai $C_{s(\max)}$ terletak di interval antara $C_{s(\min)}$ dan $C_{s(\text{hitungan})}$. Kemudian dilakukan perhitungan gaya geser dasar nominal statik ekuivalen adalah:

$$V = C_s \cdot W_t = 0.081375 \cdot 3012042 = 245109,92 \text{ kg}$$

Distribusi vertikal gaya gempa ditentukan berdasarkan :

$$F_i = C_{vx}V = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} V$$

Distribusi vertikal gaya gempa ditentukan berdasarkan :

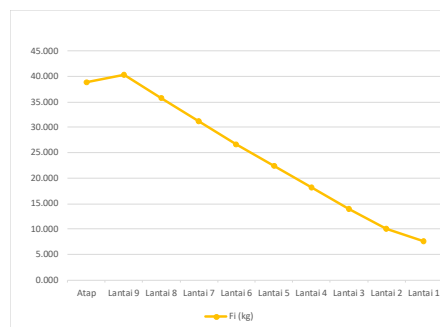
$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i$$

Nilai k merupakan eksponen terkait dengan periode struktur. Untuk struktur yang mempunyai T = 0,5 detik atau kurang, k=1. Untuk struktur yang mempunyai T = 2,5 detik atau lebih, k=2. Sedangkan untuk struktur yang mempunyai T antara 0,5 – 2,5 detik, k harus diinterpolasi. Maka nilai k yang digunakan dengan T=0,81375 detik adalah:

$$\frac{(2 - 1)}{(k - 1)} = \frac{(2,5 - 0,5)}{(0,81375 - 0,5)} \rightarrow k = 1,181$$

Tabel 4.15 Perhitungan distribusi gaya geser berdasarkan SNI 1726-2012

Lantai	Wi (Kg)	hi (m)	Wihi ^k (kgm)	Cvx	Fi (kg)	Vi (kg)
Atap	257952	38,5	17608354,82	0,159	38935,977	38935,977
Lantai 9	298656	35	18258494,41	0,165	40373,579	79309,556
Lantai 8	298656	31,5	16163271,43	0,146	35740,577	115050,133
Lantai 7	298656	28	14104321,26	0,127	31187,782	146237,914
Lantai 6	298656	24,5	12085448,11	0,109	26723,605	172961,520
Lantai 5	298656	21	10111455,87	0,091	22358,671	195320,190
Lantai 4	298656	17,5	8188623,186	0,074	18106,861	213427,052
Lantai 3	298656	14	6325547,414	0,057	13987,188	227414,240
Lantai 2	298656	10,5	4534815,418	0,041	10027,482	237441,722
Lantai 1	364842	7	3465593,519	0,031	7663,196	245104,918
Total	3012042		110845925,44	1,000	245104,9178	



Gambar 4.25 Grafik Distribusi gaya geser berdasarkan statik ekivalen SNI 03-1726-2012

4.12 Lendutan Balok

Lendutan akibat beban yang dijelaskan pada subbab sebelumnya kemudian dicek apakah lendutan tersebut masih di dalam batas lendutan yang diatur oleh SNI-2847-2013. Lendutan maksimum yang diizinkan adalah sebesar $\frac{L}{360}$. Hasil analisis diperoleh dari program SAP 2000 yang kemudian di tabelkan dan dibandingkan dengan lendutan maksimum yang diijinkan. Di bawah ini merupakan tabel perbandingan lendutan maksimum dan batas lendutan.

Lendutan maksimum diizinkan

$$\frac{6000}{360} = 16,667 \text{ mm}$$

Kontrol : $\sigma \leq \bar{\sigma} = 2,877 \leq 16,667 \dots$
OK

Jadi, lendutan izin maksimum balok berdasarkan SNI 2847-2013 untuk analisis konstruksi bertahap dan analisis konvensional dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.16 Lendutan balok analisis konstruksi bertahap berdasarkan SNI 2847-2013

No	Lantai	Jenis Balok	Panjang Balok (mm)	Lendutan Analisis (mm)	Lendutan Ijin (mm)	Kesimpulan
1	1	Balok B2	6000	1,817	16,667	OK
2	2	Balok B2	6000	2,051	16,667	OK
3	3	Balok B2	6000	2,247	16,667	OK
4	4	Balok B2	6000	2,404	16,667	OK
5	5	Balok B2	6000	2,559	16,667	OK
6	6	Balok B2	6000	2,675	16,667	OK
7	7	Balok B2	6000	2,764	16,667	OK
8	8	Balok B2	6000	2,815	16,667	OK
9	9	Balok B2	6000	2,877	16,667	OK
10	10	Balok B2	6000	0,750	16,667	OK

Berdasarkan Tabel 4.16 analisis konstruksi bertahap memiliki nilai lendutan maksimum balok sebesar 2,877 mm pada lantai 9 dengan panjang bentang 6000 mm. Nilai lendutan maksimum tersebut lebih kecil atau sama dengan lendutan izin sebesar 16,667 mm.

Tabel 4.17 Lendutan balok analisis konvensional berdasarkan SNI 2847-2013

No	Lantai	Jenis Balok	Panjang Balok (mm)	Lendutan Analisis (mm)	Lendutan Ijin (mm)	Kesimpulan
1	1	Balok B2	6000	1,617	16,667	OK
2	2	Balok B2	6000	1,831	16,667	OK
3	3	Balok B2	6000	2,039	16,667	OK
4	4	Balok B2	6000	2,213	16,667	OK
5	5	Balok B2	6000	2,359	16,667	OK
6	6	Balok B2	6000	2,475	16,667	OK
7	7	Balok B2	6000	2,559	16,667	OK
8	8	Balok B2	6000	2,614	16,667	OK
9	9	Balok B2	6000	2,677	16,667	OK
10	10	Balok B2	6000	0,740	16,667	OK

Berdasarkan Tabel 4.17 analisis konstruksi bertahap memiliki nilai lendutan maksimum balok sebesar 2,677 mm pada lantai 9 dengan panjang bentang 6000 mm. Nilai lendutan maksimum tersebut lebih kecil atau sama dengan lendutan izin sebesar 16,667 mm.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis pada struktur portal bertingkat yang ditinjau dari gaya-gaya dalam dan deformasinya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Momen positif balok dengan analisis konstruksi bertahap (M_2) mencapai nilai maksimum pada lantai 3 yaitu sebesar 82,90 KNm dengan rasio maksimum terhadap momen analisis konvensional M_2/M_1 sebesar 1,072. Momen negatif balok dengan analisis konstruksi bertahap mencapai nilai maksimum pada lantai 2 yaitu sebesar 138,26 KNm dengan rasio M_2/M_1 sebesar 1,126.
2. Gaya geser balok dengan analisis konstruksi bertahap (D_2) mencapai nilai maksimum pada lantai 2 yaitu sebesar 115,34 KNm dengan rasio maksimum

terhadap gaya geser analisis konvensional D_2/D_1 sebesar 1,064.

3. Momen pada kolom dengan analisis konstruksi bertahap (M_{k2}) mencapai nilai maksimum pada lantai 1 yaitu sebesar 174,92 KNm dengan rasio terhadap momen kolom analisis konvensional M_{k2}/M_{k1} sebesar 1,940.

5.2 Saran

1. Dengan adanya perbedaan hasil analisis antara kedua metode, maka disarankan untuk memperhatikan pengaruh akibat pembangunan bertahap dalam suatu analisis struktur.
2. Analisis konvensional mengansumsikan bahwa seluruh beban bekerja setelah struktur berdiri secara keseluruhan. Konsekuensinya, untuk mengurangi pengaruh pembangunan bertahap dalam pengerjaan struktur portal bertingkat, disarankan agar perancah penahan suatu tingkat tidak dilepas dahulu sampai pengerjaan tingkat di atasnya selesai.
3. Analisis konstruksi bertahap perlu digunakan untuk perencanaan struktur gedung dengan *soft story* karena hasil analisisnya jauh berbeda dengan analisis konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. 2005. *Guide for Shoring/Reshoring of Concrete Multistory Buildings*. Washington, D.C: ACI Committee 347.

- Arman A. 2005. *Analisis Portal Bertingkat dengan Metode Konstruksi Bertahap* (Sekripsi). Badung: Universitas Udayana.
- Bagiarta Y. 2010. *Analisis Konstruksi Bertahap pada Portal Beton Bertulang dengan Variasi Panjang Bentang dan Jumlah Tingkat*(Jurnal). Denpasar: Universitas Warmadewa
- Budiono Wicaksono. 2016. *Perilaku Struktur Bangunan dengan Ketidakteraturan Vertikal Tingkat Lunak Berlebihan dan Massa Terhadap beban Gempa* (jurnal). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum
Direktorat Jendral Cipta Karya.
1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*.
Yayasan Lembaga
Penyelidikan Masalah
Bangunan, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013).
Tata Cara Perencanaan
Struktur Beton Untuk
Bangunan Gedung.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013).
Beban Minimum untuk
Perencanaan Bangunan
Gedung dan Struktur Lain.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013).
Tata Cara Perencanaan
Ketahanan Gempa untuk
Struktur Bangunan Gedung
dan Non Gedung.
- Dewobroto W. 2013. *Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000*. Tangerang: Lumina Press.
- Mamesah H.Y. 2014. *Analisis Pushover pada Bangunan dengan Soft First Story*(Jurnal). Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Nasution A. 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Nawy,E.G.2009.*Prestressed Concrete Fifth Edition Upgrade:ACI,AAS HTO,IBC2009 Codes Version..*
Pearson Education Inc.
- Schueller W. 1989. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung: Pt Eresco.