

Studi Penggunaan Balok Lintel Pada Bangunan Gedung Infilled Frame 2 Lantai Menggunakan Sap2000

Study Of The Use Of Lintel Beams In 2 Stories Infilled Frame Building By Using Sap2000

Petrus Tobi Tukan¹, Partogi H. Simatupang², Elia Hunggurami^{3*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Balok Lintel, Bangunan Gedung
Infilled Frame, SAP2000

Keywords:

Lintel Beams, Infilled Frame Buildings,
SAP2000

Article history:

Received: 28-07-2021

Accepted: 07-08-2021

*Koresponden email:

obbytukan96@gmail.com

simatupangpartogi@yahoo.com

Abstrak

Pembangunan gedung bertingkat 2 lantai atau yang biasa disebut dengan gedung 2 lantai saat ini sudah sangat populer di Indonesia. Jenis dan tipe dari teknologi gedung bertingkat yang dikembangkan di dunia konstruksi juga cukup beragam, perkembangan ini juga tidak terlepas dariantisipasi dalam keadaan-keadaan pembebanan yang pun beragam. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian tentang penggunaan balok lintel pada bangunan gedung *infilled frame* 2 lantai. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000. Model struktur dianalisis dengan membandingkan respon struktur antara gedung yang menggunakan sistem kerja balok lintel dan yang tidak menggunakan sistem kerja balok lintel, dimana beban yang diidealisasikan besarnya sama. Hasil dari analisis didapatkan perbandingan presentase nilai *base shear* antara bangunan gedung *infilled frame* 2 lantai yang menggunakan balok lintel dan tanpa balok lintel untuk arah x adalah 1,45% dan arah y adalah 1,13%, untuk presentase perbandingan nilai maksimum momen kolom adalah 0,30%, sedangkan untuk presentase perbandingan *drift lateral* arah x adalah 0,62% dan arah y adalah 0,09%.

Abstract

The two stories building construction or which is commonly called the two stories building these days is very popular in Indonesia. The type of multistories building technology that develop in the world of construction is very diverse, this development is can not be separated from the anticipation of the various of loading conditions. Based on that facts, the research of the use of lintel beams in 2 stories infilled frame buildings is conducted. The analysis can be done by using SAP2000 software. The structure model analyzed by comparing the structure responses between the building that use the lintel beams system and the other one is the building that don't use that system, where as the idealized loading is same. The result of the analysis obtained the percentage comparison on base shear value between 2 stories infilled frame building that use lintel beams system and the building that doesn't use the lintel beams system for x axis is 1,45% and y axis is 1,13% , and for the percentage comparison on maximum column moment value is 0,30% , while the percentage comparison on drift lateral value for x axis is 0,62% and y axis is 0,09%

Kutipan: Diisi oleh Editor

1. Pendahuluan

Pembangunan gedung bertingkat 2 lantai atau yang biasa disebut dengan gedung 2 lantai saat ini sudah sangat populer di Indonesia. Jenis dan tipe dari teknologi gedung bertingkat yang dikembangkan di dunia konstruksi juga cukup beragam, perkembangan ini juga tidak terlepas dariantisipasi dalam keadaan-keadaan pembebanan yang juga beragam. Salah satu beban yang cukup populer dalam dunia konstruksi adalah beban gempa, Indonesia sendiri memiliki 6 zona gempa yang berbeda berdasarkan kondisi besarnya skala gempa yang mungkin terjadi (Haryanto, 2011). Dalam salah satu teknologi bangunan bertingkat yakni *infilled frame* pun tidak terlepas dari adanya beban gempa yang mungkin akan membebani struktur, dalam *infilled frame* pun terkadang ditemui balok lintel yang mana balok tersebut adalah balok yang biasanya berada diatas kusen pintu maupun jendela. Balok lintel pada *infilled frame* inilah yang akan penulis tinjau dalam tulisan ini, yang akan dibantu dengan menggunakan aplikasi SAP2000 yang merupakan aplikasi pembantu penghitung kekuatan dan kelayakan struktur.

2. Bahan dan Metode

2.1. Balok Lintel

Balok lintel atau balok latei adalah balok yang terletak di atas kusen pintu atau jendela. Balok ini berfungsi menahan beban dari bagian atasnya agar beban tidak langsung diterima kusen pintu atau jendela. Dengan adanya konstruksi balok latei maka kusen pintu atau jendela akan tetap kokoh dan kuat serta tidak melengkung. Baik untuk kusen pintu atau jendela yang terbuat dari kayu ataupun kusen yang terbuat dari alumunium (Fepy Supriani, 2011).

2.2. Beban-Beban pada Struktur Gedung

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian - penyelesaian, mesin – mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983). Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727, 2013). Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983). Gempa bumi adalah peristiwa alam berupa getaran atau gerakan bergelombang pada kulit bumi yang ditimbulkan oleh tenaga dari dalam (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi (baik itu gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

2.3. Kombinasi Pembebanan

Menurut Badan Standarisasi Nasional tahun 2013, dijelaskan bahwa struktur, komponen dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi tersebut:

$$1,4D \quad (1)$$

Apabila hanya beban mati, beban hidup dan beban hidup atap atau beban salju atau beban hujan yang masuk dalam perhitungan :

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

Apabila hanya beban mati, beban hidup atap atau beban salju atau beban hujan dan beban hidup atau beban angin yang masuk dalam perhitungan :

$$1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (3)$$

Apabila hanya beban mati, beban angin, beban hidup dan beban hidup atap atau beban salju atau beban hujan yang masuk dalam perhitungan :

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (4)$$

Apabila hanya beban mati, beban gempa, beban hidup dan beban salju yang masuk dalam perhitungan :

$$1,2D + 1,0E + L + 0,2S \quad (5)$$

Apabila hanya beban mati dan beban angin yang masuk dalam perhitungan :

$$0,9D + 1,0W \quad (6)$$

Apabila hanya beban mati dan beban gempa yang masuk dalam perhitungan :

$$0,9D + 1,0E \quad (7)$$

Keterangan :

D : Beban Mati

L : Beban Hidup

L_r : Beban Hidup Atap

S : Beban Salju

R : Beban Hujan

W : Beban Angin

E : Beban Gempa

2.4 Simpangan Lateral

Besarnya simpangan horisontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu untuk kinerja batas layan struktur dan kinerja batas ultimit. Simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks*.

Drift Indeks dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Drift Indeks} = \frac{\Delta}{h} \quad (8)$$

Keterangan :

Δ = besar defleksi maksimum yang terjadi (m)

h = ketinggian struktur portal (m)

2.5 System Applicatin and Prodct in Data Processing (SAP) 2000

Program SAP 2000 sebagai salah satu program rekayasa teknik sipil yang berbeda dengan program komputer pada umumnya. Program ini digunakan untuk analisis dan desain struktur menggunakan konsep metode elemen hingga yang didukung dengan analisis statis, dinamis, linear, maupun non linear (Computers and Structures, 1997). Setelah analisis selesai dilakukan dan didapat hasil yang benar selanjutnya dapat langsung dilakukan desain untuk memperoleh dimensi profil atau tulangan baja yang mencukupi. Analisis ulang dan redesain dapat dilakukan dengan mudah dengan SAP 2000. Model struktur pada SAP 2000 dapat diidealisasikan dalam berbagai macam elemen, antara lain *joint* (titik), *frame* (batang), *shell* (pelat), sampai pada elemen *solid*. Misalnya balok dan kolom pada bangunan bertingkat dimodelkan sebagai elemen *frame*, pelat jembatan atau dinding geser sebagai *shell*, tubuh bendung dibagi – bagi dalam pias – pias kecil elemen *solid*, dan lain – lain.

2.6 Jenis Data

Data sekunder yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari publikasi hasil penelitian para pakar di dunia teknik sipil, peraturan-peraturan yang berlaku, dan buku-buku terutama yang berhubungan dengan tema penelitian ini. Adapun literatur yang digunakan dalam perancangan penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726, 2012)
- Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung (SNI 2847, 2013)
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983)
- Data *respon spectral* yang diambil dari (Puskim PU, 2011)

2.7. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi SAP2000 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Membuat pemodelan struktur gedung
- Menginput mutu bahan dan dimensi penampang
- Menginput beban-beban yang terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, dan kombinasi pembebanan

d. Menganalisis struktur

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Base Shear (Gaya Geser Dasar)* (Shendkar et al., 2020)

Tabel 1. Perhitungan *Base Shear* (Gaya Geser Dasar)

TABLE: Base Reactions

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
EX	LinRespSpec	Max	359,648	112,017
EY	LinRespSpec	Max	117,277	348,221

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui nilai maksimum untuk *base shear* (gaya geser dasar) arah x adalah sebesar 359,648 KN sedangkan gaya geser dasar untuk arah y adalah sebesar 348,221 KN.

3.2. *Momen Kolom*

Tabel 2. Rekapitulasi Momen Kolom Maksimum Pada Portal Melintang dan Memanjang

Arah	Portal	Frame	Momen Maksimum (kNm)
Melintang	1-1	84	99,58
	2-2	118	74,22
	3-3	150	77,30
	4-4	182	67,72
Memanjang	A-A	74	76,12
	B-B	76	78,12
	C-C	80	99,19
	D-D	84	99,58
	E-E	87	67,95
	F-F	185	63,60

Berdasarkan tabel di atas diperoleh momen kolom maksimum portal melintang dan memanjang terjadi pada frame 84 dengan nilai momen kolom sebesar 99,58 kNm.

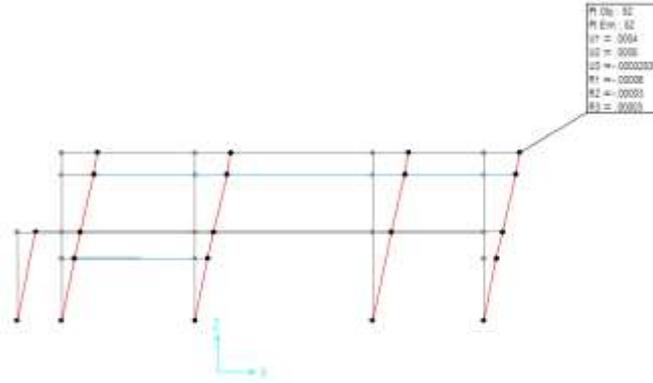
3.3. *Simpangan Lantai (Drift Lateral)*(Kaputing et al., 2019) (Saiya et al., 2018)

3.3.1. *Portal 1-1*

Tabel 3. *Drift Lateral* Portal 1-1 Arah X dan Y Akibat Beban Kombinasi Terbesar

Lantai	Arah	Drift Lateral Maksimum (m)
Atap	x	0,000374
	y	0,000452
2	x	0,000214
	y	0,000213
1	x	0,000000
	y	0,000000

Dari tabel di atas didapatkan *drift lateral* maksimum akibat beban kombinasi untuk portal 1-1 arah x adalah 0,000374 m dan arah y adalah 0,000452 m. Diagram *drift lateral* akibat kombinasi beban terbesar pada portal 1-1 bangunan 2 lantai dengan balok lintel dapat dilihat pada gambar berikut.



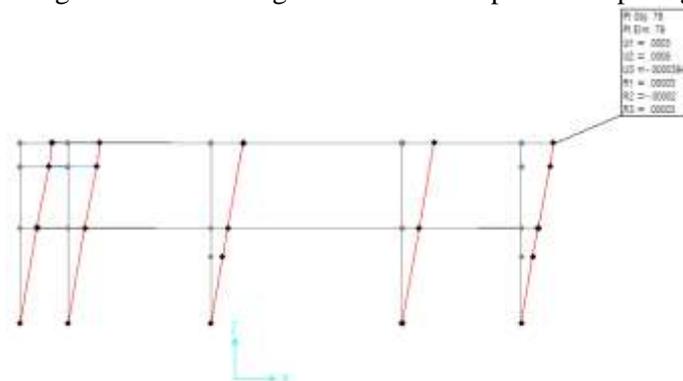
Gambar 1. Diagram *Drift Lateral* Portal 1-1 Bangunan 2 Lantai Dengan Balok Lintel

3.3.2. Portal 2-2

Tabel 4. *Drift Lateral* Portal 2-2 Arah X dan Y Akibat Beban Kombinasi Terbesar

Lantai	Arah	Drift Lateral Maksimum (m)
Atap	X	0,000285
	Y	0,000452
2	X	0,000157
	Y	0,000213
1	x	0,000000
	y	0,000000

Dari di atas didapatkan *drift lateral* maksimum akibat beban kombinasi untuk portal 2-2 arah x adalah 0,000285 m dan arah y adalah 0,000452 m. Diagram *drift lateral* akibat kombinasi beban terbesar pada portal 2-2 bangunan 2 lantai dengan balok lintel dapat dilihat pada gambar berikut.



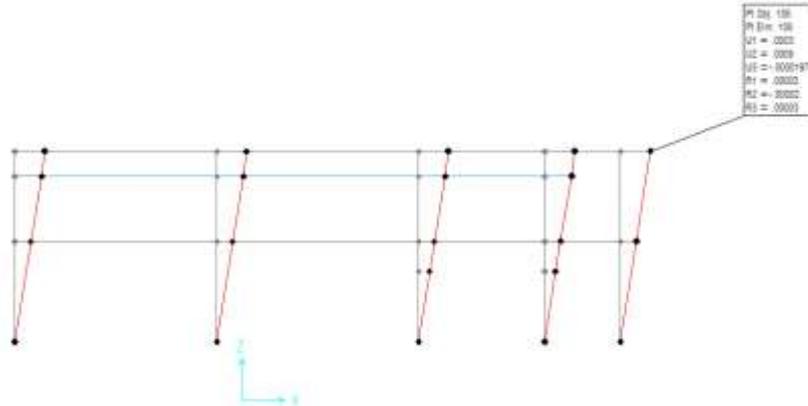
Gambar 2. Diagram *Drift Lateral* Portal 2-2 Bangunan 2 Lantai Dengan Balok Lintel

3.3.3. Portal 3-3

Tabel 5. *Drift Lateral* Portal 3-3 Arah X dan Y Akibat Beban Kombinasi Terbesar

Lantai	Arah	Drift Lateral Maksimum (m)
Atap	x	0,000329
	y	0,000533
2	x	0,000166
	y	0,000254
1	x	0,000000
	y	0,000000

Dari tabel di atas didapatkan *drift lateral* maksimum akibat beban kombinasi untuk portal 3-3 arah x adalah 0,000329 m dan arah y adalah 0,000533 m. Diagram *drift lateral* akibat kombinasi beban terbesar pada portal 3-3 bangunan 2 lantai dengan balok lintel dapat dilihat pada berikut.



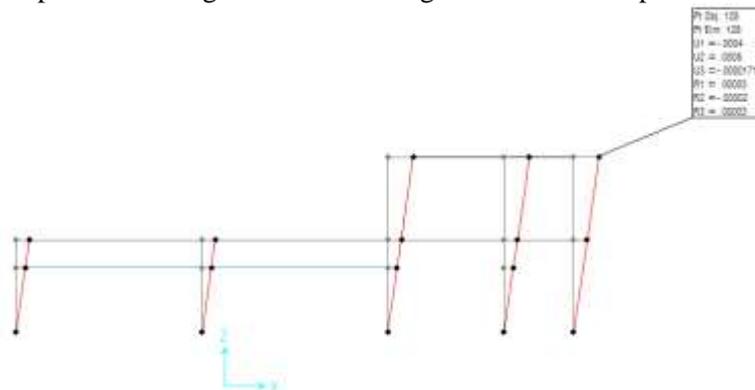
Gambar 3. Diagram *Drift Lateral* Portal 3-3 Bangunan 2 Lantai Dengan Balok Lintel

3.3.4. Portal 4-4

Tabel 6. *Drift Lateral* Portal 4-4 Arah X dan Y Akibat Beban Kombinasi Terbesar

Lantai	Arah	Drift Lateral Maksimum (m)
Atap	x	0,000401
	y	0,000533
2	x	0,000197
	y	0,000254
1	x	0,000000
	y	0,000000

Dari tabel di atas didapatkan *drift lateral* maksimum akibat beban kombinasi untuk portal 4-4 arah x adalah 0,000401 m dan arah y adalah 0,000533 m. Diagram *drift lateral* akibat kombinasi beban terbesar pada portal 4-4 bangunan 2 lantai dengan balok lintel dapat dilihat pada berikut.



Gambar 4. Diagram *Drift Lateral* Portal 4-4 Bangunan 2 Lantai Dengan Balok Lintel

3.4. Perbandingan Bangunan Dengan Balok Lintel dan Bangunan Tanpa Balok Lintel

3.4.1. Perbandingan Base Shear

Tabel 7. Perbandingan Bangunan Infilled Frame 2 Lantai Yang Menggunakan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

Bangunan	Arah	Base shear (KN)
Dengan Balok Lintel	x	359,648
	y	348,221
Tanpa Balok Lintel	x	349,359
	y	340,470

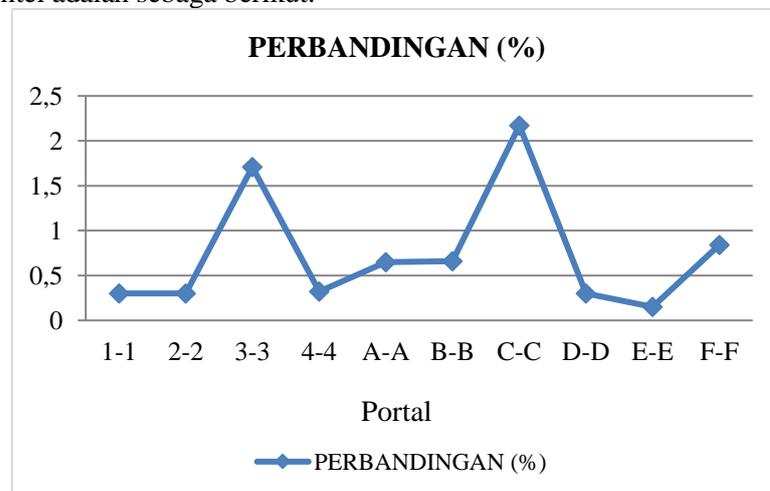
Dari tabel di atas dapat diketahui perbandingan *base shear* untuk bangunan *infilled frame 2* lantai yang menggunakan balok lintel untuk arah x adalah sebesar 359,648 KN dan tanpa balok lintel untuk arah x adalah sebesar 349,359 KN, sedangkan perbandingan *base shear* untuk bangunan *infilled frame 2* lantai yang menggunakan balok lintel untuk arah y adalah sebesar 348,221 KN dan tanpa balok lintel untuk arah y adalah sebesar 340,470 KN.

3.4.2. Perbandingan Momen Kolom

Tabel 8. Rekapitulasi Momen Kolom Maksimum Pada Portal Melintang dan Memanjang Untuk Bangunan *Infilled Frame 2* Lantai Tanpa Balok Lintel

Arah	Portal	Frame	Momen Maksimum (kNm)
Melintang	1-1	84	98,98
	2-2	118	73,77
	3-3	150	74,70
	4-4	182	68,16
Memanjang	A-A	74	75,13
	B-B	76	75,56
	C-C	80	94,97
	D-D	84	98,98
	E-E	87	68,16
	F-F	185	62,54

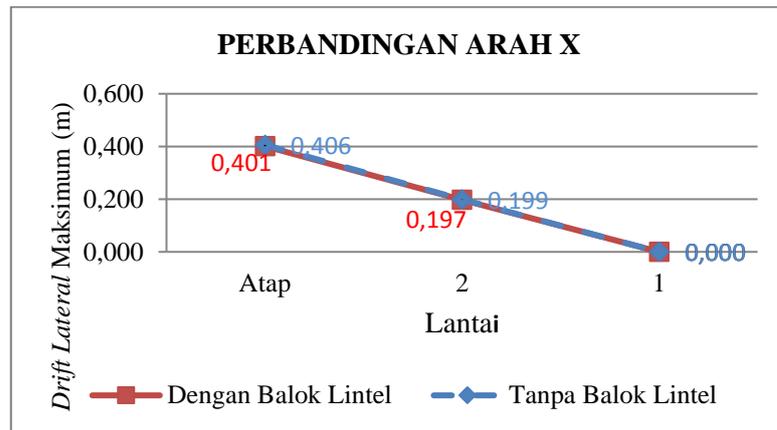
Berdasarkan tabel di atas diperoleh momen kolom maksimum portal melintang dan memanjang terjadi pada frame 84 dengan nilai momen kolom sebesar 98,98 kNm. Maka didapatkan perbandingan bangunan *infilled frame 2* lantai yang menggunakan balok lintel dan tanpa balok lintel adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Perbandingan Momen Kolom Maksimum Bangunan *Infilled Frame 2* Lantai Menggunakan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

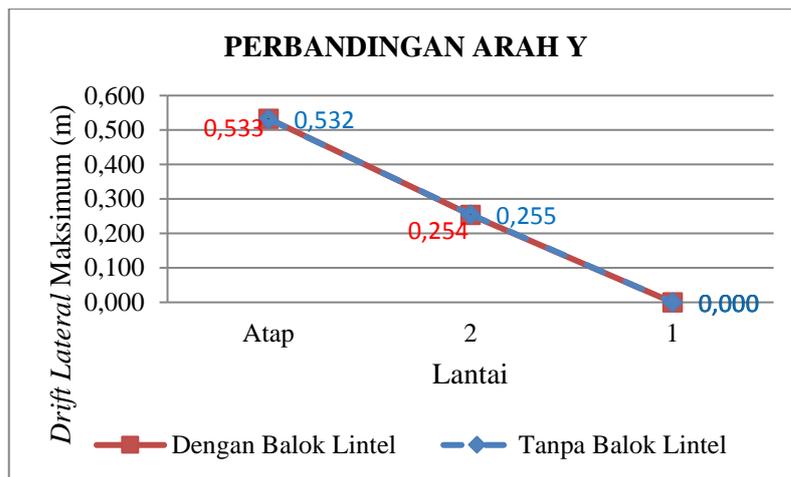
3.4.3. Perbandingan Drift Lateral

1. Portal 1-1



Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah X Portal 1-1 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

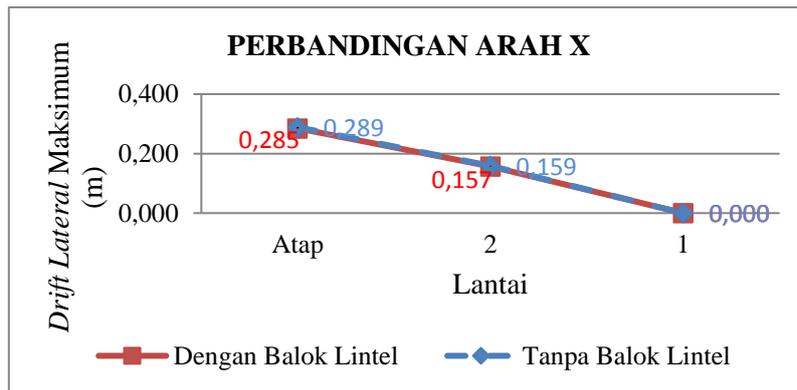
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah x portal 1-1 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,3740 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,379 m.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah Y Portal 1-1 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

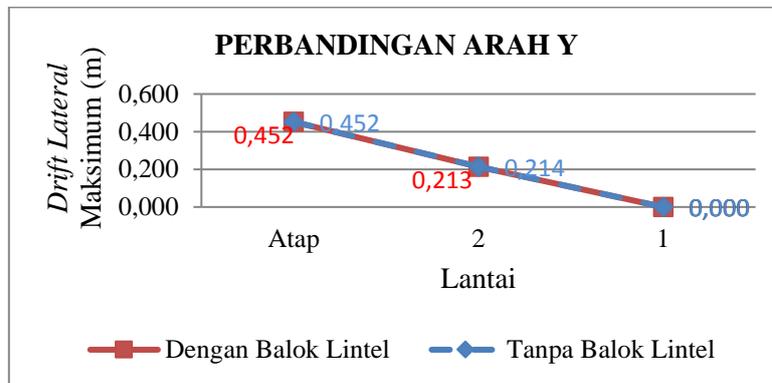
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah y portal 1-1 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,452 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,452 m.

2. Portal 2-2



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah X Portal 2-2 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

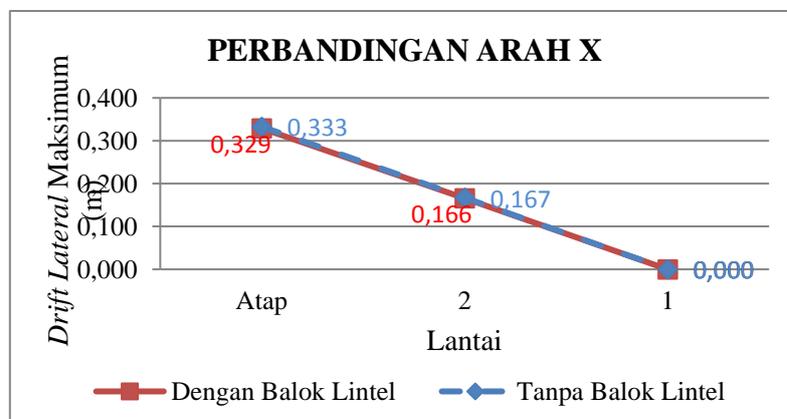
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah x portal 2-2 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,285 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,289 m.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah Y Portal 2-2 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

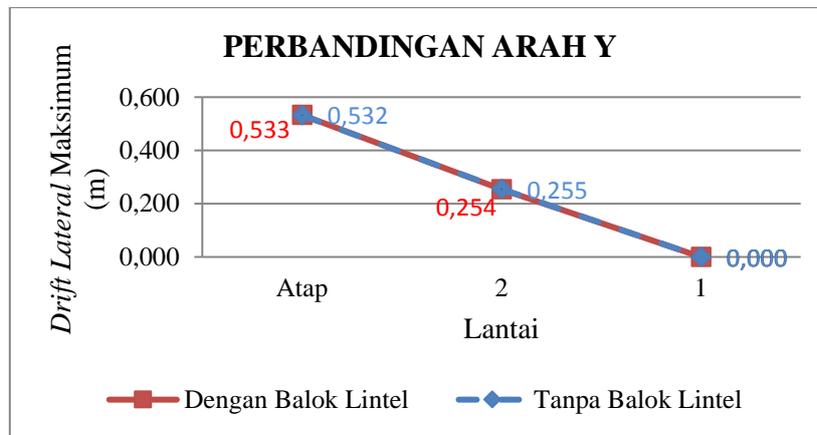
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah y portal 2-2 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,452 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,452 m.

3. Portal 3-3



Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah X Portal 3-3 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

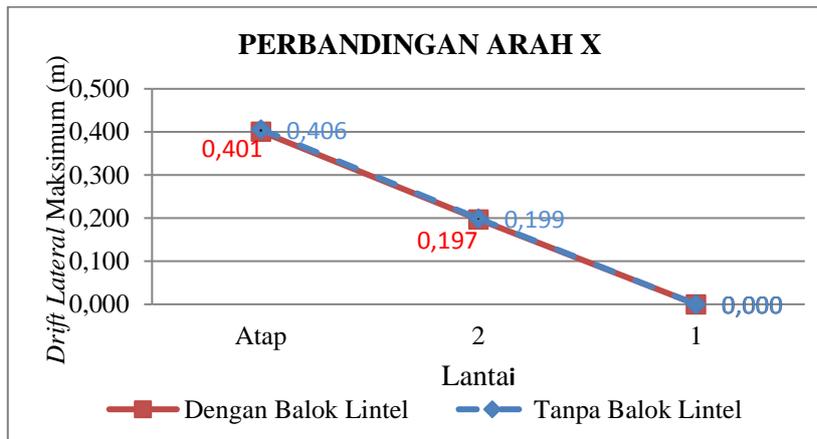
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah x portal 3-3 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,329 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,333 m.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah Y Portal 3-3 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

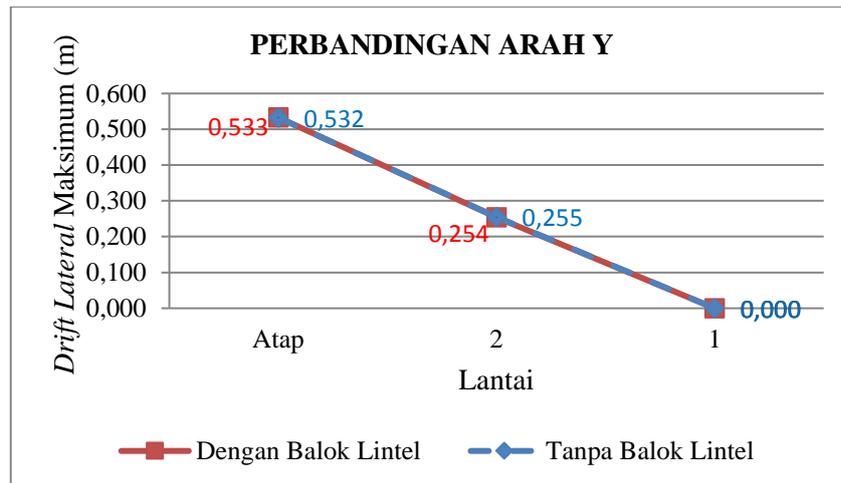
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah y portal 3-3 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,533 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,532 m.

4. Portal 4-4



Gambar 11. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah X Portal 4-4 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah x portal 4-4 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,401 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,406 m.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Nilai Maksimum *Drift Lateral* Arah Y Portal 4-4 Bangunan *Infilled Frame* 2 Lantai Dengan Balok Lintel dan Tanpa Balok Lintel

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa nilai maksimum *drift lateral* arah y portal 4-4 pada bangunan *infilled frame* 2 lantai dengan balok lintel adalah 0,533 m sedangkan tanpa balok lintel adalah 0,532 m.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : Penggunaan balok lintel pada bangunan gedung *infilled frame* 2 lantai diperoleh nilai maksimum *base shear* arah x adalah 344,088 KN sedangkan arah y adalah 363,001 KN, nilai maksimum momen kolom adalah 99,58 kNm dan nilai maksimum *drift lateral* arah x adalah 0,000401 dan arah y adalah 0,000533, dan untuk bangunan gedung *infilled frame* 2 lantai tanpa menggunakan balok lintel diperoleh nilai maksimum *base shear* arah x adalah 336,425 dan arah y adalah 354,539, nilai maksimum momen kolom adalah 98,98 dan nilai maksimum *drift lateral* arah x adalah 0,000406 dan arah y adalah 0,000532. Sehingga didapatkan nilai presentase perbedaan *base shear* arah x adalah 1,45 % dan arah y adalah 1,13%, nilai presentase perbedaan momen kolom maksimum adalah 0.30 %, sedangkan nilai presentase perbedaan *drift lateral* arah x adalah 0.62 % dan arah y adalah 0.09 %.

4.1. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

Bagi mahasiswa yang ingin melakukan atau melanjutkan penelitian serupa diharapkan untuk memperbaharui pembebanan gempa sesuai dengan SNI yang terbaru jika sudah ada RSNI terbaru, peneliti selanjutnya dapat menggunakan struktur bangunan gedung bertingkat lebih dari 2 lantai, dan peneliti selanjutnya dapat menggunakan struktur bangunan gedung real atau bangunan gedung yang sudah beroperasi.

Daftar Pustaka

- Computers and Structures, I. (1997). *SAP 2000 Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures, Tutorial Manual* SAP 2000 Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures, Tutorial Manual. University Venue Berkeley, California 94704 USA.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Fepy Supriani. (2011). Analisis Tipikal Rumah di Kota Bengkulu dan Kesesuaian Rumah Tahan Gempa. *Inersia*, 2(2), 19–26.
- Haryanto, A. (2011). Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Tidak Beraturan Dengan Analisis Dinamik Menggunakan Metode Analisis Respon Spektrum. *Teknik Sipil Universitas*

Sebelas Maret Surakarta.

- Kaputing, A. R. P., Simatupang, P. H., & Kumalawati, A. (2019). Respon Struktur Bangunan Beraturan 2 Dimensi Menggunakan Time History Gempa El-Centro. *Teknik Sipil, VIII*(1), 29–42.
- Puskim PU. (2011). *Design Spectral*. Puskim PU. <http://puskim.pu.go.id>
- Saiya, M. V., Intan, S., & V. Johannes. (2018). Perbandingan Respon Struktur Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam akibat Gempa Dengan Menggunakan Analisis Statik Ekuivalen Dan Time History. *Manumata, 4*(2), 64–72.
- Shendkar, M. R., Mandal, S., & Kumar, R. P. (2020). Effect of lintel beam on response reduction factor of RC-infilled frames. *CURRENT SCIENCE, 118*(7), 1077–1086.
- SNI 1726. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. *SNI*.
- SNI 1727. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. *SNI*.
- SNI 2847. (2013). Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. *SNI*.