

## ANALISIS KONSTRUKSI BERTAHAP PADA STRUKTUR RANGKA DENGAN DINDING PENGISI BERLUBANG

I Putu Agus Putra Wirawan<sup>1\*</sup>, I Ketut Diartama Kubon Tubuh<sup>2</sup>, I Gede Gegiranang Wiryadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar  
\*Email: agusputrawirawan2020@unmas.ac.id

**ABSTRAK:** Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap penambahan dinding pengisi berlubang sebagai perkuatan seismik pada struktur gedung. Analisis dilakukan secara bertahap, dimana dinding pengisi ditambahkan setelah struktur dibebani beban mati dan beban hidup. Struktur dibebani beban gempa setelah dinding pengisi ditambahkan. Dinding pengisi memiliki kemampuan untuk menahan beban lateral dan mampu menambah kekakuan struktur sehingga simpangan struktur dengan dinding pengisi lebih kecil dari pada struktur rangka terbuka. Dari hasil analisis, perkuatan dengan dinding pengisi mampu memperkecil simpangan hingga 3,1%-59,57% dengan persentase bukaan dinding 80% hingga model rangka dinding penuh. Analisis konstruksi bertahap menghasilkan simpangan yang lebih besar  $\pm 1\%$ , momen kolom lebih besar 31,05% dan momen balok lebih besar 31,98% dari analisis konvensional. Dapat disimpulkan analisis konstruksi bertahap lebih aman dibandingkan dengan analisis konvensional.

**Kata kunci:** Analisis Konvensional, Konstruksi Bertahap, Perilaku Struktur, Rangka Dinding Pengisi.

**ABSTRACT:** In this study, an analysis was conducted on the addition of perforated infill walls as seismic reinforcement to the building structure. The analysis was carried out in stages, where the infilled frame was added after the structure was loaded with dead and live loads. The structure was loaded with earthquake loads after the infilled frame were added. Infilled frame has the ability to withstand lateral loads and are able to increase the stiffness of the structure so that the deviation of the structure with infilled frame is smaller than the open frame structure. From the results of the analysis, reinforcement with infilled frame was able to reduce the deviation by 3.1% -59.57% with a wall opening percentage of 80% to a full wall frame model. The analysis of the staged construction produced a deviation that was  $\pm 1\%$ , column moment that was 31.05% and beam moment that was 31.98% greater than the conventional analysis. It can be concluded that the analysis of the staged construction is safer than the conventional analysis.

**Keywords:** Conventional Analysis, Staged Construction, Structural Behavior, Infilled Frame.

### PENDAHULUAN

Ditetapkannya SNI 1726:2019 sebagai revisi dari SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung, maka terdapat beberapa perubahan pada parameter gempa rencana. Salah satu dari perubahan akibat revisi tersebut adalah peningkatan kategori risiko gempa, sebagai contoh daerah Bali selatan yang sebelumnya berada pada wilayah gempa V dengan resiko gempa sedang menjadi KDS D. Perubahan ini akan mengakibatkan terjadinya peningkatan beban gempa rencana dan peningkatan pendetailan struktur.

Secara teori peningkatan beban gempa rencana akibat perubahan ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur bangunan yang didesain berdasarkan SNI lama. Kerusakan yang terjadi diawali dengan terjadinya tegangan berlebih pada komponen-komponen struktur seperti balok dan kolom. Permasalahan inilah yang perlu ditindaklanjuti dengan pemberian perkuatan seismik pada struktur bangunan yang sudah berdiri (eksisting).

Saat ini terdapat banyak metode perkuatan struktur yang sudah dilakukan. Beberapa metode yang sudah sering dilakukan, antara lain peningkatan kekuatan elemen struktur dengan pembesaran dimensi, pengurangan beban komponen non-struktural, penambahan komponen struktural dan penambahan komponen pengaku seperti breising dan dinding pengisi (Wiryadi et al., 2023).

Dinding pengisi terutama dinding pasangan bata sudah banyak diuji dan telah diakui dapat meningkatkan kekuatan dan kekakuan pada struktur bangunan (Asteris et al., 2012). Hal tersebut dapat menjadi alasan untuk mengubah struktur rangka terbuka (RT) menjadi struktur rangka dengan dinding pengisi (RDP), yang bertujuan untuk memberi perkuatan seismik pada struktur eksisting. Metode yang telah dikembangkan dalam memodel dinding pengisi pun beragam. Secara umum pemodelan dinding pengisi dapat dibagi menjadi dua kategori: model makro yang berdasarkan metode strat diagonal, dan model mikro yang berdasarkan metode elemen *shell*.

Strat diagonal merupakan metode pemodelan dinding pengisi yang telah ditetapkan dalam FEMA-356. Pemodelan dengan cara ini memiliki beberapa kelemahan akibat kesederhanaannya, salah satunya adalah tidak mampu memodel dinding dengan bukaan atau lubang dengan akurat. Sukrawa (2015) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa model dinding pengisi berlubang dengan strat diagonal dengan lebar tereduksi memiliki respon yang lebih lemah dibandingkan dengan model dinding pengisi yang dimodel dengan elemen shell. Selain itu, dijelaskan pula rasio lubang yang optimum pada dinding pengisi yaitu kurang dari 80%.

Selain pemilihan metode yang sesuai, dalam memberikan perkuatan seismik pada struktur eksisting juga diperlukan analisis mengenai tahapan pelaksanaan yang tepat dan sesuai. Sampai saat ini perencanaan perkuatan struktur gedung terutama struktur gedung bertingkat sebagian besar masih dilakukan secara konvensional, dimana diasumsikan beban bekerja setelah konstruksi diberi perkuatan. Perencanaan yang demikian tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya, karena gedung sudah terbebani sebelum perkuatan dilaksanakan. Dalam penelitiannya, Melina (2014) menyatakan bahwa analisis konstruksi bertahap pada gedung akan memberikan hasil simpangan, lendutan, momen dan geser yang lebih besar (kritis) dibandingkan analisis secara konvensional.

Terkait dengan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap penambahan dinding pengisi berlubang sebagai perkuatan seismik pada struktur gedung. Analisis dilakukan secara bertahap, dimana dinding pengisi ditambahkan setelah struktur dibebani beban mati dan beban hidup. Struktur dibebani beban gempa setelah dinding pengisi ditambahkan. Sebagai pembanding, dibuat model struktur rangka terbuka dan model struktur dengan perkuatan dinding pengisi yang dianalisis dengan metode analisis konvensional.

Dari permasalahan yang diuraikan pada latar belakang dapat ditarik rumusan masalah berupa: "Bagaimanakah perilaku struktur rangka beton bertulang yang diberikan perkuatan dinding pengisi berlubang menggunakan analisis konstruksi bertahap yang dibandingkan dengan analisis konvensional". Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penulisan penelitian ini adalah, untuk mengetahui perilaku struktur rangka beton bertulang yang diberikan perkuatan dinding pengisi berlubang menggunakan analisis konstruksi bertahap.

## Model Struktur

SAP2000 digunakan untuk pemodelan struktur, analisis, desain, dan sekaligus menampilkan model struktur yang telah dibuat. Berikut ini akan mengenalkan beberapa bagian SAP2000 *Graphical User Interface* sebagai dasar dalam penggunaan program.

Pada SAP2000 analisis dan desain struktur menggunakan model yang didefinisikan oleh pengguna dengan memanfaatkan *graphical user interface facility* sebagai konsep dasar program berbasis Windows. Model tersebut biasanya dilengkapi dengan fitur-fitur yang mewakili struktur, antara lain:

- a. Properti material
- b. Elemen frame untuk menunjukkan balok, kolom, dan atau rangka batang
- c. Elemen shell untuk menunjukkan dinding, lantai, dan elemen-elemen yang tipis
- d. Joints untuk menunjukkan hubungan antara elemen-elemen
- e. Restraints dan Springs untuk dukungan atau perletakan titik
- f. Pembebanan, termasuk berat sendiri, suhu atau panas, gempa, dan sebagainya
- g. Setelah menganalisis struktur, maka model juga menampilkan displacements, gaya-gaya internal, maupun reaksi-reaksi pada join-join tertentu sesuai dengan pembebanan yang telah ditentukan.

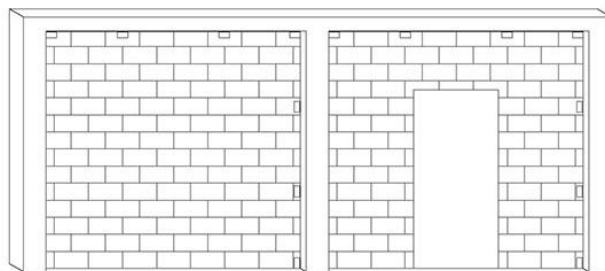
## Dinding Pengisi

### 1. Definisi

Dinding pengisi merupakan dinding yang berada di antara balok dan kolom. Secara struktural dinding pengisi memberikan pengaruh memperkaku rangka terhadap beban horizontal. Dinding pengisi umumnya digunakan untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur beton bertulang dan umumnya dianggap sebagai elemen non-struktural.

### 2. Rangka dengan Dinding Pengisi

RDP (*infilled frame*) ialah struktur yang terdiri atas kolom dan balok berbahan baja atau beton bertulang dengan dinding didalamnya.

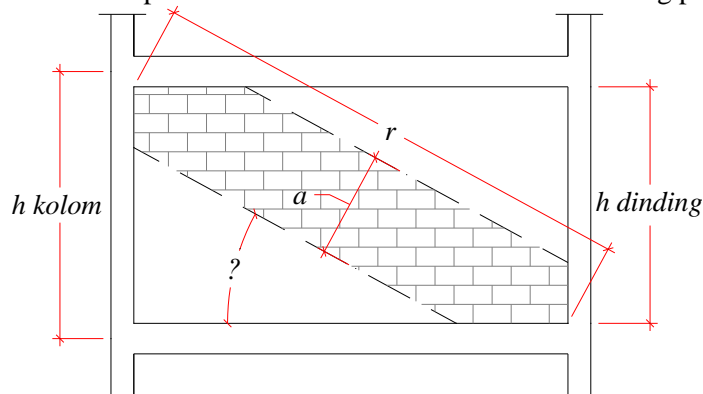


Gambar 1. Rangka dengan Dinding Pengisi

Perilaku struktur rangka akibat adanya dinding pengisi tentu berbeda dengan struktur rangka tanpa dinding pengisi. Perilaku seperti deformasi dan gaya-gaya dalam pada struktur akan diterima pula oleh dinding pengisi yang berarti dinding pengisi akan mendistribusikan gaya-gaya yang ada pada struktur sampai pada batas kemampuannya. Adanya kontak antara dinding dan struktur yang mengelilinginya dan perilaku struktur ketika mendapat beban lateral mengakibatkan dinding pengisi mengalami pola keruntuhan tertentu. Keruntuhan yang terjadi pada dinding salah satunya terjadi pada bagian sudut-sudutnya. Ketika menerima beban lateral, struktur rangka akan menekan dinding bagian ujung, sementara dinding akan menahan gaya tersebut. Konsep inilah yang menjadi dasar untuk memodelkan dinding pengisi sebagai sebuah strat diagonal.

### 3. Strat Diagonal

Dinding pengisi yang dimodel sebagai strat diagonal sudah lama diterapkan dan sudah banyak pula referensi terkait hal tersebut. Dinding pengisi diasumsikan menerima gaya dari struktur rangka di sekelilingnya yang telah menerima gaya lateral sehingga dinding mengalami gaya tekan. Gaya yang diberikan oleh struktur rangka tersebut akan ditahan oleh dinding secara diagonal. Perumpamaan tersebut yang menjadi dasar untuk memodel dinding pengisi sebagai strat. Strat dalam desainnya juga hanya mampu menerima gaya aksial tekan atau tidak menerima gaya tarik. Asumsinya bahwa dinding pengisi tersusun atas material yang tidak homogen sehingga kuat tarik yang dimiliki material ini diabaikan. Perumusan untuk lebar strat pun sudah banyak berkembang. Salah satu rumus yang cukup banyak digunakan termasuk dalam peraturan FEMA-356 terkait analisis dinding pengisi.



Gambar 2. Model Dinding Pengisi Sebagai Strat Diagonal

$$a = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \tag{1}$$

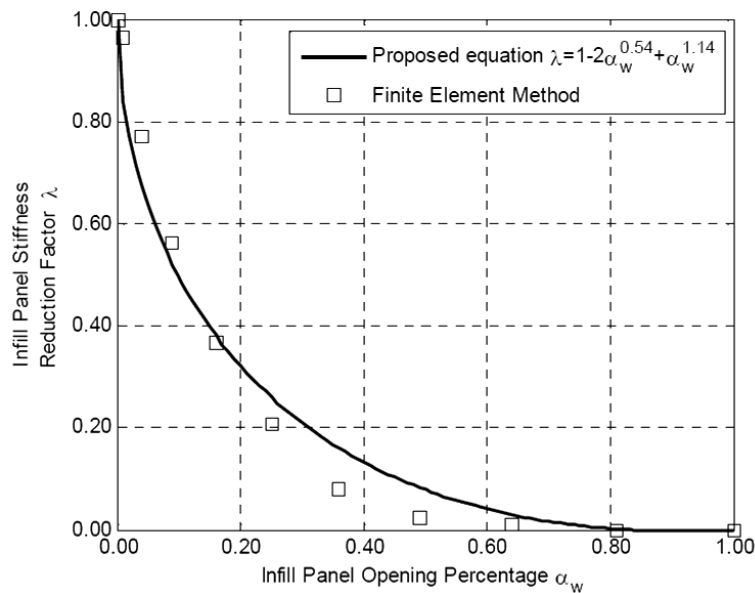
dimana  $\lambda_1$  adalah:

$$\lambda_1 = \left[ \frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}} \tag{2}$$

dengan  $a$  adalah lebar strat diagonal,  $r_{inf}$  adalah panjang strat,  $E_{me}$  adalah modulus elastisitas dinding pengisi,  $E_{fe} I_{col}$  adalah modulus elastisitas dan momen inersia kolom,  $t_{inf}$  adalah tebal dinding dan tebal strat,  $h_{col}$  adalah tinggi kolom di antara as balok,  $h_{inf}$  adalah tinggi dinding pengisi, dan  $\theta$  adalah sudut yang dibentuk oleh strat diagonal.

Berdasarkan cara di atas, pemodelan dinding pengisi sebagai strat diagonal tidak akan mampu meninjau adanya bukaan atau lubang pada dinding. Maka dari itu, Asteris, et al. (2012) mengusulkan

adanya faktor reduksi terhadap dimensi strat diagonal akibat adanya lubang, dengan ketentuan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Faktor Reduksi dengan Persentase Lubang pada a Dinding

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara persentase bukaan dinding dan faktor reduksi terhadap kekakuan dinding. Persamaan yang dihasilkan oleh grafik tersebut adalah:

$$\lambda = 1 - 2\alpha_w^{0.54} + \alpha_w^{1.14} \quad (3)$$

dengan  $\alpha_w$  adalah persentase lubang (luas lubang dibagi luas dinding)

#### 4. Elemen Shell

Elemen *shell* adalah tipe dari obyek area yang digunakan untuk memodel perilaku membran, pelat, dan *shell* dalam bidang dan struktur tiga dimensi. Perbedaan dari tipe-tipe perilaku elemen *shell* adalah sebagai berikut (Computers and Structures, 2015):

##### 1. Shell

- a. Berperilaku *shell* penuh, yaitu kombinasi dari perilaku membran dan pelat
- b. Dapat menerima semua gaya dan momen
- c. Menggunakan formulasi pelat tipis atau pelat tebal
- d. Bersifat linier dengan material homogen.

Setiap elemen *shell* dapat mempunyai bentuk sebagai berikut:

1. Segiempat (*quadrilateral*), yang didefinisikan oleh 4 join  $j_1, j_2, j_3,$  dan  $j_4$ .
2. Segitiga (*triangular*), yang didefinisikan oleh 3 join  $j_1, j_2,$  dan  $j_3$ .

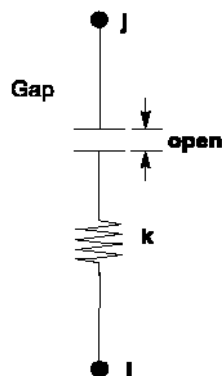
Formulasi *quadrilateral* lebih akurat dibandingkan *triangular*. Elemen *triangular* direkomendasikan hanya untuk lokasi dimana tegangan tidak berubah dengan cepat. Penggunaan dari *triangular* yang besar tidak direkomendasikan dimana tekuk *in-plane* lebih signifikan.

Untuk memodelkan suatu elemen *shell*, dalam metode elemen hingga elemen *shell* harus dibagi menjadi elemen-elemen yang lebih kecil (*mesh*) untuk meningkatkan keakuratan hasil yang didapat.

##### 5. Elemen Gap

Elemen gap merupakan elemen yang menghubungkan dua material yang berbeda dengan tujuan untuk menyalurkan gaya yang berasal dari masing-masing material tersebut. Pada program SAP2000 terdapat fitur *link element* atau elemen penghubung yang dapat digunakan sebagai elemen gap. Elemen ini bekerja dengan cara mengikat dua buah titik simpul dan dapat dilepas sesuai kondisi tertentu.

Gambar 4. menunjukkan elemen gap dan komponennya, dengan i dan j sebagai simpul (titik ujung) dari elemen gap. Simpul atau titik ujung yang dimaksud nodal dari elemen frame dan nodal elemen shell sedangkan k merupakan nilai kekakuan dari elemen gap.



Gambar 4. Elemen Gap

Sumber: *Computers and Structures* (2015)

Aplikasi elemen kontak ini pada dinding pengisi salah satunya dibahas dalam penelitian dari Dorji dan Thambiratnam (2009). Pada penelitian tersebut dijelaskan tentang perbandingan kekakuan yang dimiliki oleh elemen gap dengan kekakuan dari dinding pengisi.

Persamaan dari grafik yang menjelaskan kekakuan Elemen GAP.

$$K_g = 0.0378K_i + 347$$

dengan  $K_i$

$$K_i = E_i t$$

dimana  $K_g$  adalah kekakuan dari gap element dalam satuan N/mm,  $K_i$  adalah kekakuan dari dinding pengisi,  $E_i$  adalah modulus elastisitas dinding dan  $t$  adalah tebal dinding.

#### 6. Analisis Konstruksi Bertahap

Berdasarkan *CSI Analysis Reference Manual* (2022), analisis konstruksi bertahap merupakan bagian analisis nonlinier khusus yang memerlukan beberapa kondisi sehingga dapat diterima program. Konstruksi bertahap memungkinkan kita sebagai pengguna untuk menentukan tahapan yang ingin ditambahkan atau dikurangi dari struktur yang dianalisis, memilih secara selektif beban yang akan dikerjakan pada struktur, serta mempertimbangkan perilaku material struktur terhadap waktu, seperti usia, penyusutan dan rangkaknya.

Analisis konstruksi bertahap digolongkan menjadi analisis nonlinier statik karena dalam analisisnya struktur yang dianalisis dapat berubah seiring waktu. Oleh karena itu, analisis konstruksi bertahap dapat dikerjakan bersamaan dengan beberapa tahap yang melibatkan analisis nonlinier lainnya seperti *Time History Analysis* dan *Stiffness Basic Analysis*. Dalam analisis konstruksi bertahap, hasil analisis pada tahap terakhirlah yang akan digunakan sebagai acuan.

Dalam SAP2000, untuk setiap analisis nonlinier konstruksi bertahap, akan ditentukan beberapa tahapan yang akan digunakan. Tahapan-tahapan ini akan dianalisis sesuai dengan urutan tahapan yang ditentukan, mulai dari tahap pertama dan seterusnya. Pengguna dapat menentukan berapa banyak tahapan yang diinginkan dalam satu *Load Case*. Analisis konstruksi bertahap juga dapat diteruskan dari satu *Load Case* ke *Load Case* lainnya. Dalam tiap tahapan, perlu ditentukan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Durasi, dalam hari. Hal ini akan digunakan untuk *Time-dependent effects*. Namun, jika analisis ini tidak ingin digunakan, atur durasinya menjadi nol.
- b. Jumlah objek yang dikelompokkan dalam tahap tersebut ditambahkan ke struktur. Usia/umur objek merupakan fungsi dari *Time-dependent effects* jika diperhitungkan.
- c. Jumlah objek yang dihilangkan dari struktur.
- d. Jumlah objek yang akan dibebani ditentukan. Apakah seluruh objek yang ada akan dibebani ataukah hanya objek dalam grup yang baru ditambahkan dalam tahapan ini yang akan dibebani.

Objek dapat ditentukan secara detail dengan menggunakan kelompok-kelompok. Pada umumnya penggunaan kelompok/grup ini akan sangat memudahkan, sehingga dalam analisis konstruksi bertahap, langkah pertama dalam analisis adalah untuk menentukan kelompok/grup untuk setiap tahapannya. Setiap tahapan dalam analisis konstruksi bertahap dianalisis secara terpisah untuk tahapan yang telah ditentukan. Analisis setiap tahap memiliki dua bagian, yaitu:

- a. Perubahan struktur dan pengaplikasian beban dianalisis.
- b. Ketika ditentukan kondisi durasi sama dengan nol, kemudian dianalisis *time-dependent material effects*. Selama masa ini, struktur tidak berubah dan pengaplikasiannya beban dianggap konstan.

Dalam analisis konstruksi bertahap ini, kondisi yang benar-benar dipakai adalah kondisi terakhir dari struktur. Jika suatu objek berada di beberapa kelompok, maka objek tersebut akan diasumsikan sesuai dengan kelompok terakhir yang mengikutsertakannya.

## METODE PENELITIAN

### 1. Data pemodelan struktur gedung 4 tingkat

Sebelum melakukan pemodelan dinding pengisi pada SAP2000, perlu disiapkan data yang diperlukan dalam pemodelan. Data tersebut antara lain bentuk rangka terbuka yang akan dimodel, jenis material yang digunakan, dimensi rangka dan beban yang bekerja.

#### a. Data material

Material Beton Struktur Utama

Kuat tekan puncak ( $f'_c$ ) = 25 MPa

Berat Beton ( $w_c$ ) = 2000 kg/m<sup>3</sup>

Modulus elastisitas ( $E_c$ ) = 19230.185 MPa

Material Beton Kolom Praktis

Kuat tekan puncak ( $f'_t$ ) = 10 MPa

Modulus elastisitas ( $E_c$ ) = 12162.237 MPa

Material Gap

Kekakuan gap ( $K_g$ ) = 9702.5 MPa

*Effective damping* = 0.05

Material Pasangan Dinding

Tebal dinding ( $t$ ) = 15 cm

Kuat tekan maksimum ( $f'_m$ ) = 3 MPa

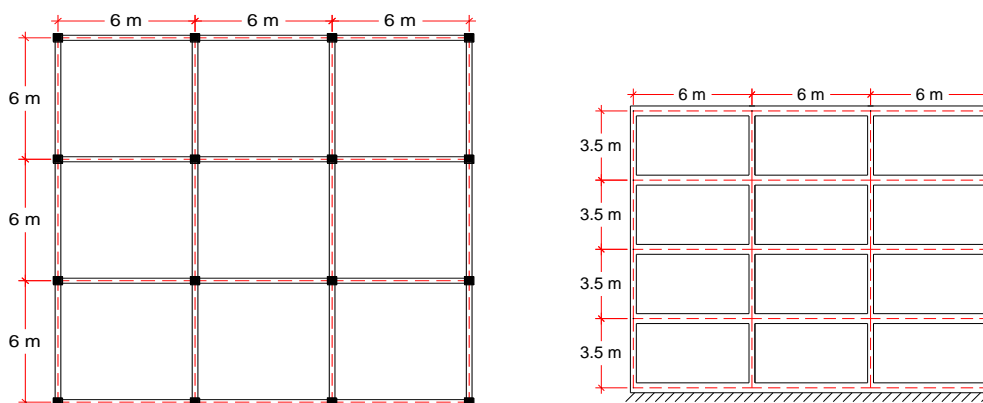
Modulus elastisitas ( $E_m$ ) = 1650 MPa

Berat dinding = 1700 kg/m<sup>3</sup>

*Poisson ratio* ( $\nu_m$ ) = 0.15

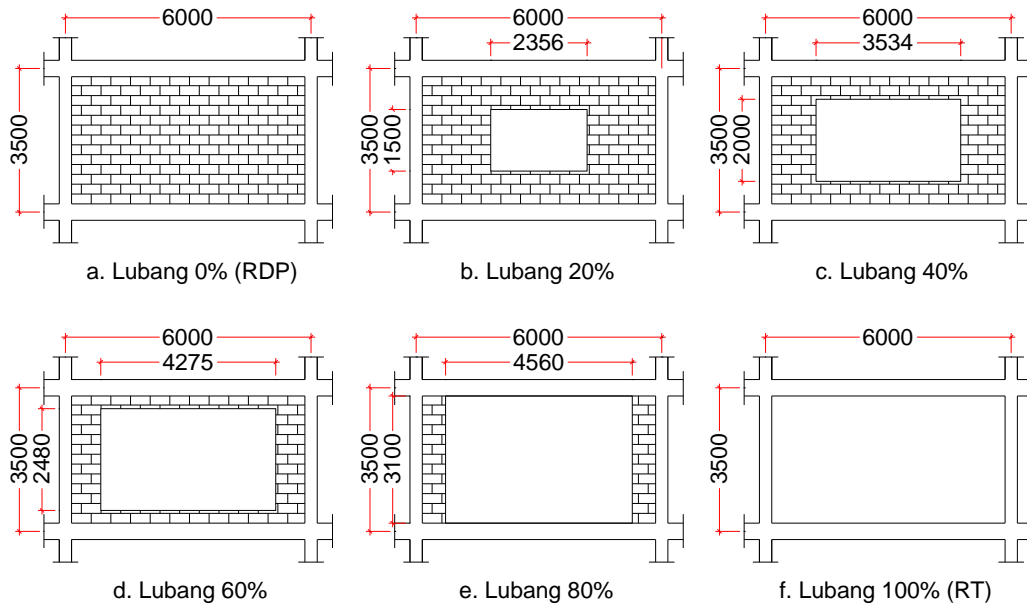
#### b. Data geometri struktur

Direncanakan struktur bangunan gedung perkantoran 4 tingkat dengan dimensi seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Geometri Struktur Gedung (a) Denah, (b) Portal Gedung 4 Tingkat

Dimensi penampang yang digunakan ditentukan berdasarkan perencanaan beban gempa sesuai SNI 2019. Variasi persentase lubang pada dinding pengisi dari setiap model dibuat seperti pada Gambar 6.

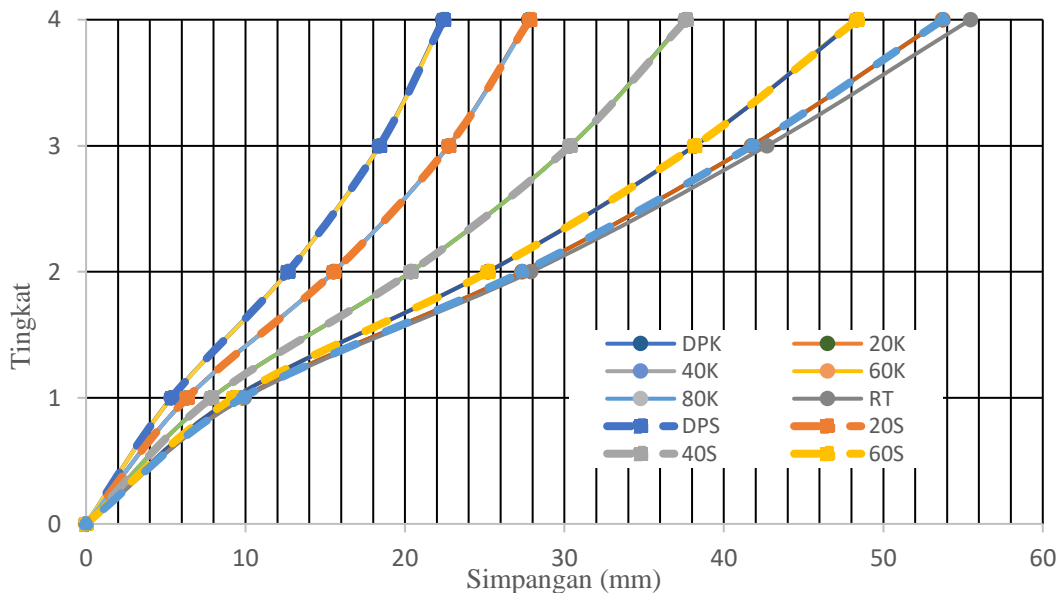


Gambar 6. Variasi Lubang Dinding Pengisi

Dinding pengisi di model pada gedung dan ditempatkan pada betang tengah dari masing-masing sisi gedung. Model dengan dinding pengisi berlubang juga ditambahkan balok dan kolom praktis di sekeliling lubang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

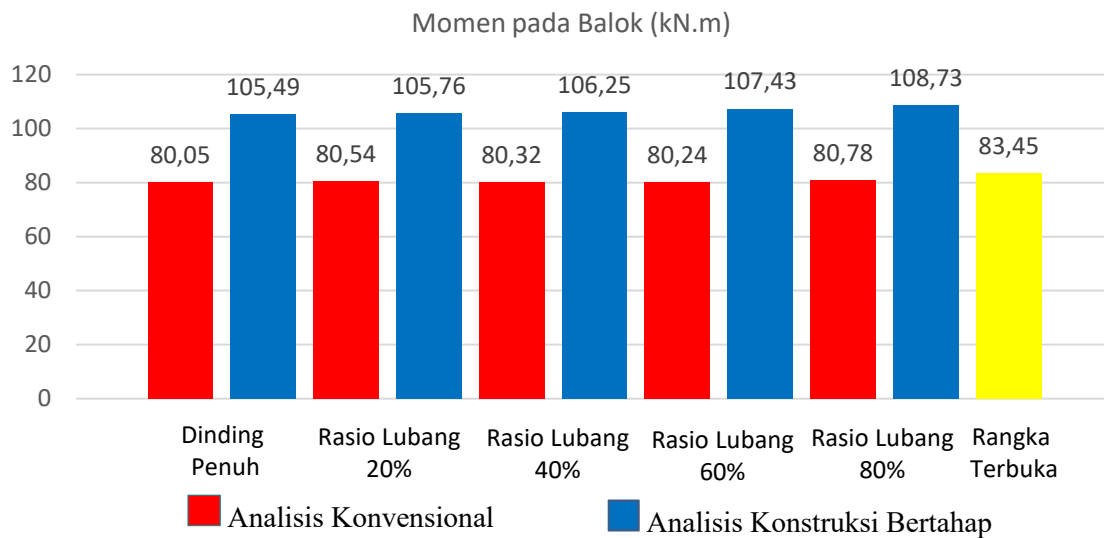
### 1. Simpangan



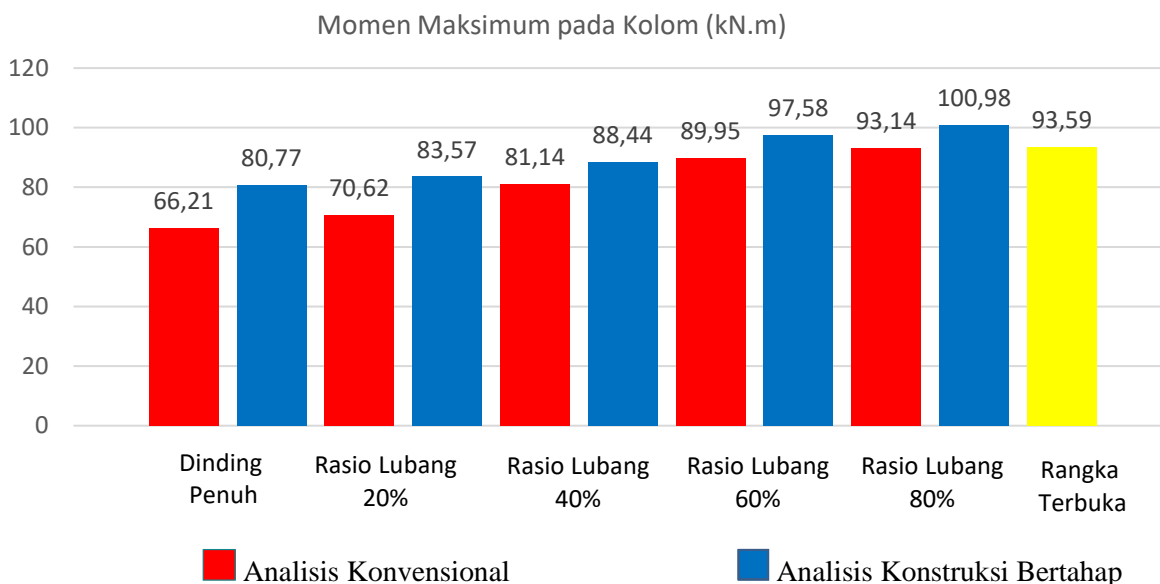
Gambar 7. Perbandingan Simpangan antar Tingkat

Dari Gambar 7. di atas, dapat dilihat bahwa struktur dengan dinding pengisi dapat memperkecil simpangan yang terjadi. Model dengan dinding pengisi dengan rasio lubang 0% sampai dengan 40% dapat memperkecil simpangan dari 32,11% hingga 59,57%, sementara untuk dinding dengan rasio lubang 60% simpangan dapat diperkecil menjadi 12,8%. Pada model dengan rasio lubang 80% memberi pengaruh yang kecil pada simpangan, pengurangan hanya terjadi sekitar 3,1%. Analisis konstruksi bertahap menghasilkan simpangan yang lebih besar  $\pm 1\%$  dari analisis konvensional.

2. Momen



Gambar 8. Perbandingan Momen pada Balok



Gambar 9. Perbandingan Momen pada Kolom

Dari Gambar 8. dan 9., dapat dilihat perbedaan hasil antara momen hasil analisis konstruksi bertahap dengan analisis konvensional. Untuk kolom yang ditinjau adalah kolom tengah dan balok bentang tengah berhimpit dengan dinding pengisi. Dimensi struktur yang diperoleh adalah kolom lantai 1 350x350mm, kolom lantai 2 dan 3 300x300mm, kolom lantai 4 250x250mm, balok induk lantai 250x400mm dan balok anak 200x400mm. Perbedaan tersebut berkisar 31.05% untuk momen pada kolom dan 31.78% untuk momen pada balok. Pada struktur RDP yang dianalisis secara konvensional, momen yang dihasilkan lebih rendah dari pada momen rangka terbuka. Pada struktur RDP dengan rasio lubang 0%-40% yang dianalisis konstruksi bertahap momen yang dihasilkan lebih rendah dari pada struktur RT, sementara pada struktur RDP dengan rasio lubang 60% dan 80% momen yang dihasilkan lebih besar dari pada momen pada struktur RT.

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dinding pengisi yang dimodel sebagai strat diagonal dan elemen shell dapat disimpulkan sebagai berikut:



- a. Dinding pengisi memiliki kemampuan untuk menahan beban lateral dan mampu menambah kekakuan struktur sehingga simpangan struktur dengan dinding pengisi lebih kecil daripada struktur rangka terbuka. Dari hasil analisis, perkuatan dengan dinding pengisi mampu memperkecil simpangan hingga 3,1%-59,57% dengan persentase bukaan dinding 80% hingga model rangka dinding penuh (0%).
- b. Analisis konstruksi bertahap menghasilkan simpangan yang lebih besar  $\pm 1\%$  dari analisis konvensional.
- c. Analisis konstruksi bertahap menghasilkan momen kolom yang lebih besar 31,05% dari analisis konvensional.
- d. Analisis konstruksi bertahap menghasilkan momen balok yang lebih besar 31,98% dari analisis konvensional.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asteris, P.G., Giannopoulos, I.P., and Chrysostomou, C.Z. 2012. Modeling of infilled frames with openings, *The Open Construction and Building Technology Journal*, 2012, 6 (Suppl 1-M6), pp. 81-91
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung-SNI 1726:2019*
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung-SNI 2847:2019*
- Computers and Structures, Inc. California. USA. 2013. *Analysis Reference Manual SAP 2000*.
- Dorji, J. and Thambiratnam, D.P. 2009. Modeling and Analysis of Infilled Frame Structures Under Seismic Loads. *The Open Construction and Building Technology Journal 2009*, pp. 119-126
- Federal Emergency Management Agency. 2000. *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA-356*. Washington D.C.
- Melina, (2014). Analisis Konstruksi Bertahap Pada Struktur Rangka Dengan Dinding Pengisi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.
- Smith, B. S., & Coull, A. 1991. *Tall Building Structures-Analysis and Design*. John Wiley & Sons, Inc
- Sukrawa, M. 2015. Earthquake response of RC infilled frame with wall openings in low-rise hotel buildings, *Procedia Engineering*, 125 (2015) 933-939
- Wiryadi, IGG., Wirawan, IPAP., Tubuh, IKDK., Adnyana, INE. 2023. Perilaku Struktur Gedung dengan Perkuatan Bresing X dan Canggah Wang dalam Menahan Beban Gempa. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 12 (2): 174-183.