

DAFTAR PUSTAKA

Al-Sulayfani, B., & Al-Taee, H. (2008). Modeling of Stress-Strain Relationship for Fibrous Concrete Under Cyclic Loads. *Eng. Tech*, 26(1), 45–54.

Antonius, A. (2007). DS, & Ruslan.(2007). *Kajian Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Bumi (Studi Kasus Gempa Di NTB 2004)*.

Boen, T. (2001). Earthquake resistant design of non-engineered buildings in Indonesia. *EQTAP Conference*.

Boen, T. (2010). Retrofitting simple buildings damaged by earthquakes. *World Seismic Safety Initiative, Singapore*.

Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (1993). In search of understanding: The case for constructivist classrooms. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.(p. 17) in Henrique, L.(1997) *http. Cambridge, MA: Harvard University Press. Carlsen, WS (1991). Questioning in Classrooms: A Sociolinguistic Perspective. Review of Educational Research, 61(2), 157–178.*

Cavaleri, L., & Di Trapani, F. (2014). Cyclic response of masonry infilled RC frames: Experimental results and simplified modeling. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 65, 224–242.*

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology, 18(1), 117–143.*

Erva, J., & Tanjung, J. (2016). Evaluasi Kekuatan Lateral Dinding Bata Dalam Struktur Rangka Beton Bertulang Dengan Studi Eksperimen Dan Model Numerik. *Proceedings ACES (Annual Civil Engineering Seminar), 1, 177–184.*

Fiore, A., Netti, A., & Monaco, P. (2012). The influence of masonry infill on the seismic behaviour of RC frame buildings. *Engineering Structures, 44, 137–145.*



- Ismail, F. A., & Hakam, A. (2011). Kerusakan Bangunan Hotel Bumi Minang Akibat Gempa Padang 30 September 2009. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 18(2), 1–8.
- Lim, S. K., Tan, C. S., Lim, O. Y., & Lee, Y. L. (2013). Fresh and hardened properties of lightweight foamed concrete with palm oil fuel ash as filler. *Construction and Building Materials*, 46, 39–47.
- Liu, Y.-S., & Li, G.-Q. (2004). Behavior of steel frames with and without AAC infilled walls subjected to static and cyclic horizontal loads. *13th World Conference on Earthquake Engineering*, 1112.
- Mydin, M. A. O., & Wang, Y. C. (2012). Mechanical properties of foamed concrete exposed to high temperatures. *Construction and Building Materials*, 26(1), 638–654.
- Noor, D. (2006). Geologi Lingkungan. *Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- Paulay, T., Priestley, M. J. N., & Syngge, A. J. (1982). Ductility in earthquake resisting squat shearwalls. *Journal Proceedings*, 79(4), 257–269.
- Raharjo, F., Arfiadi, Y., Lisantono, A., & Wibowo, F. (2007). *Pelajaran dari gempa bumi Yogyakarta 27 Mei 2006*.
- Salonikios, T. N., Kappos, A. J., Tegos, I. A., & Penelis, G. G. (1999). Cyclic load behavior of low-slenderness reinforced concrete walls: Design basis and test results. *Structural Journal*, 96(4), 649–660.
- Setiadji, R., & Husin, A. A. (2008). Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton. *Pusat Litbang Pemukiman*.
- Turang, R. B. E., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Analisa Portal Dengan Dinding Tembok Pada Rumah Tinggal Sederhana Akibat Gempa. *Jurnal Sipil Statik*, 2(6).
- Umar, M., Shah, S. A. A., Shahzada, K., Naqash, T., & Ali, W. (2020). Assessment of seismic capacity for reinforced concrete frames with perforated unreinforced brick masonry infill wall. *Civil Engineering Journal*, 6(12), 2397-2415.

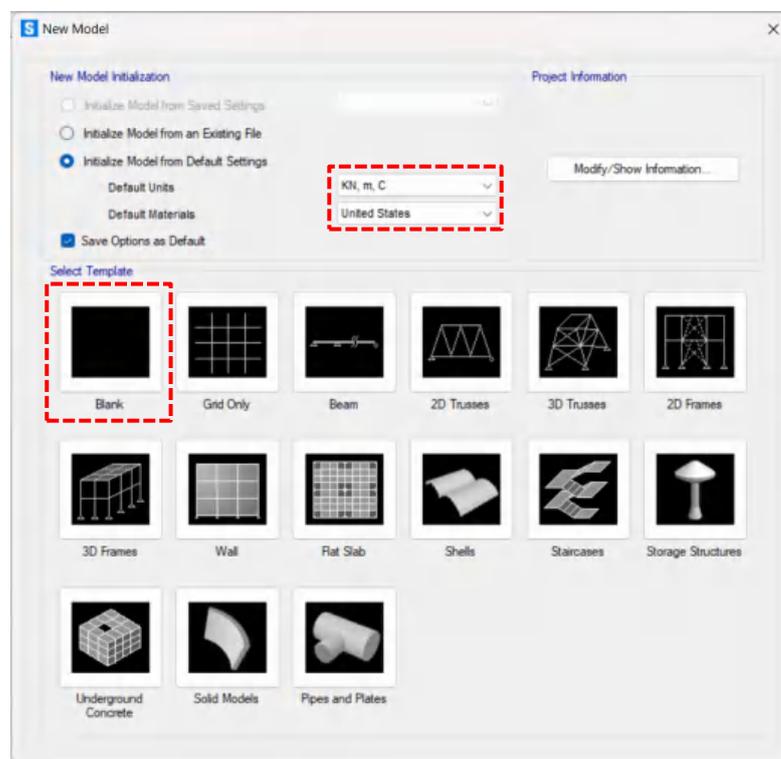


PROSEDUR PEMODELAN STRUKTUR

Pemodelan struktur yang dimaksud adalah membuat model struktur yang akan dirancang menggunakan bantuan aplikasi SAP2000 v22. Berikut langkah-langkahnya:

1. Buka aplikasi SAP2000

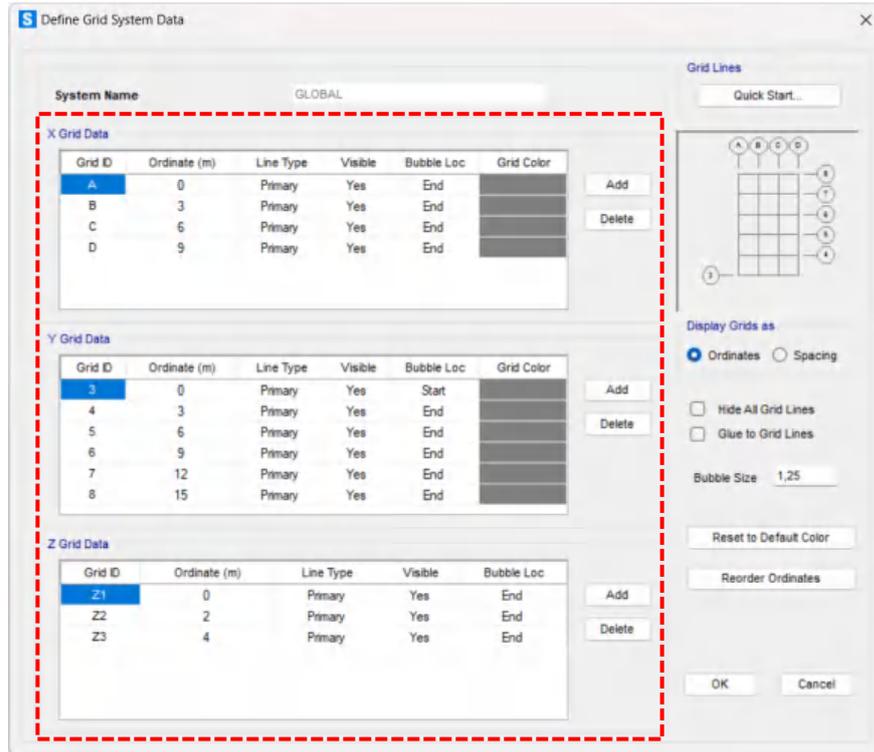
- a. Buka aplikasi SAP2000 lalu pilih menu *File – New Model* akan muncul menu tampilan sebagai berikut:



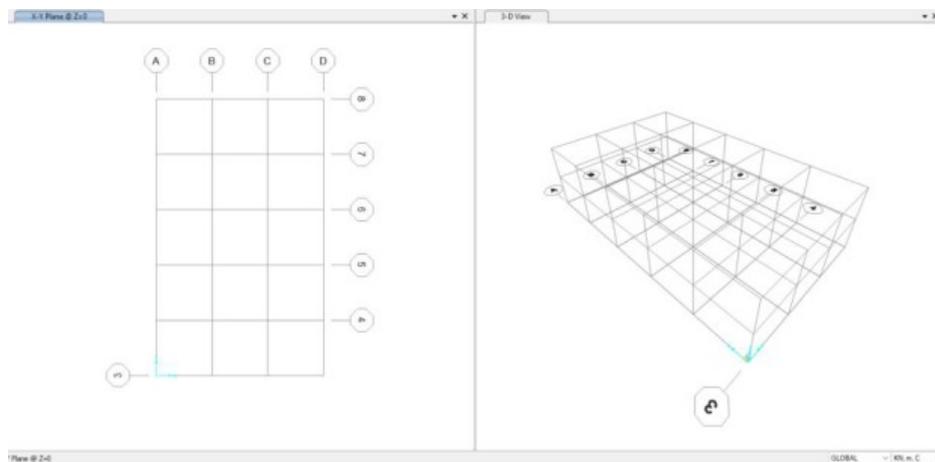
Gambar 1. Tampilan *New Model*

- b. Pada gambar diatas, pilih satuan kN , m , C sesuai dengan satuan yang ditetapkan dalam SNI. Kemudian klik *Blank*.
- c. Kemudian membuat *grid lines 3D* sesuai dengan gambar rencana





Gambar 2. Mengisi *Grid Data*

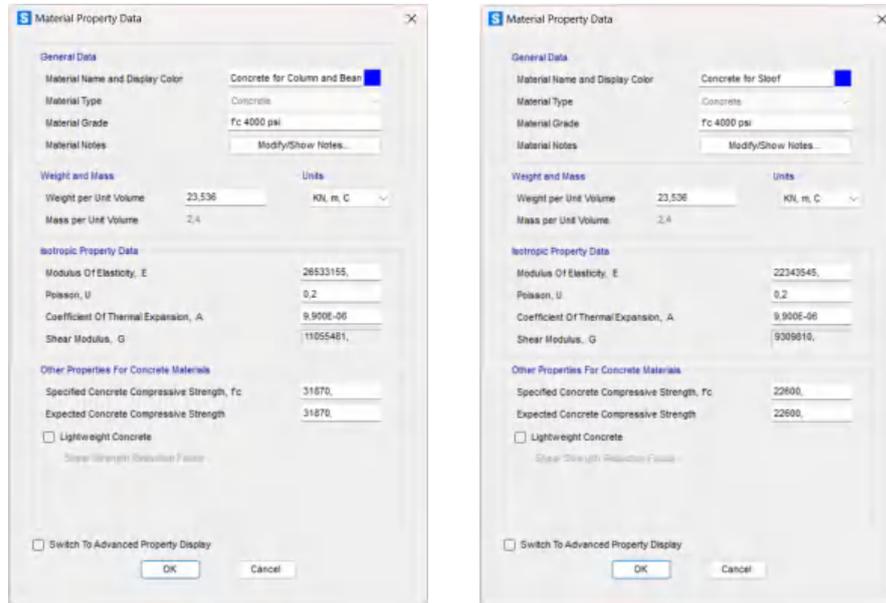


Gambar 3. Tampilan *Grid Lines 2D* dan *3D*

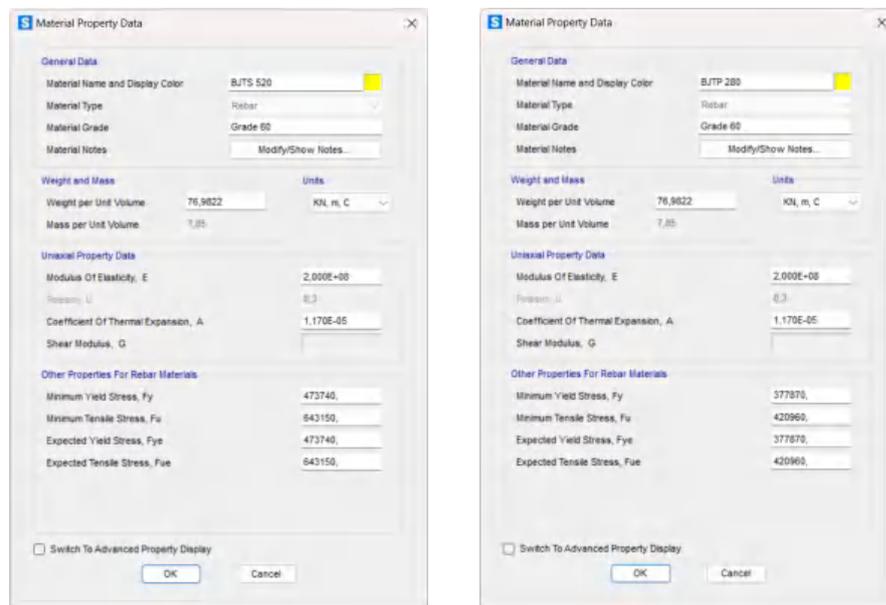


2. Mendefinisikan Material

- a. Untuk menambahkan material baru yang akan dipakai pada pemodelan, pada menu bar pilih **Define – Material -Add New Material**, lalu akan muncul menu *Material property data* seperti gambar dibawah.



Gambar 4. Tampilan *Material Concrete*



Gambar 5. Tampilan *Material Rebar*



- b. Untuk pemodelan strat diagonal dimulai dari perhitungan lebar strat, untuk perhitungan lebar strat ini ada 2 variasi yaitu dengan dinding penuh dan dinding dengan bukaan, untuk dinding penuh menggunakan persamaan FEMA 356 (2.10), sedangkan untuk dinding berlubang digunakan persamaan (2.13) dari penelitian Wirawan, et al., (2022). Setelah didapatkan lebar strat dari masing-masing persamaan, dilanjutkan dengan membuat pemodelan pada aplikasi SAP2000, pertama masukan data material dinding pengisi melalui menu bar **Define – Material – add New Material**, lalu akan muncul gambar seperti dibawah ini.

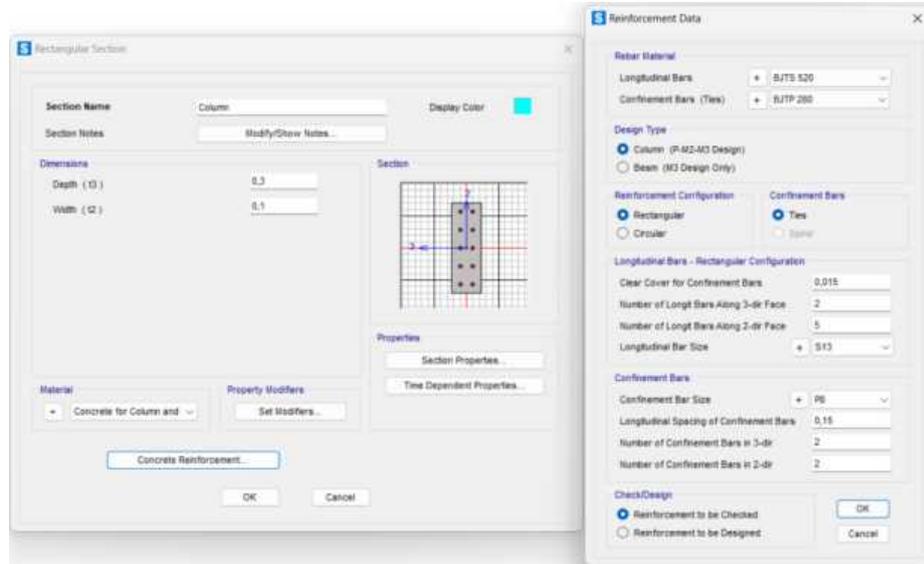


Gambar 6. Tampilan *Material Concrete* (dinding pengisi)

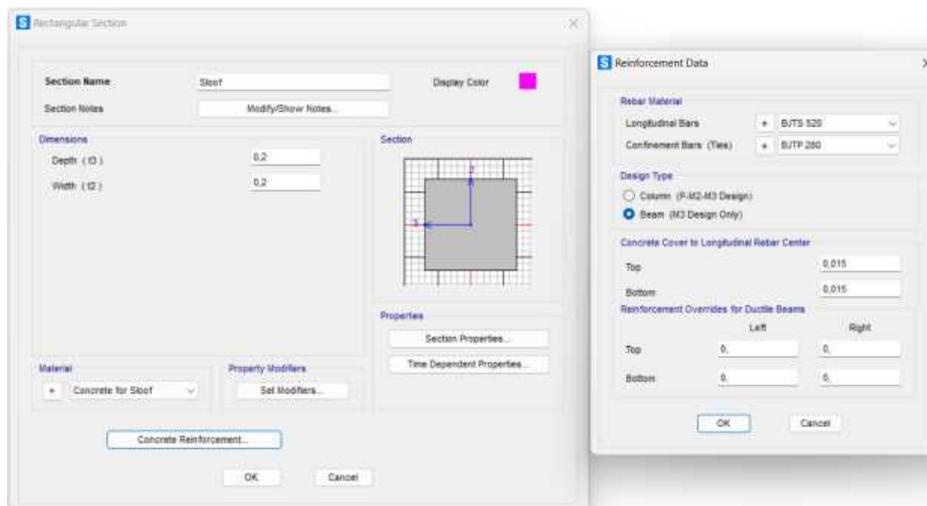


3. Mendefinisikan Penampang Elemen Struktur

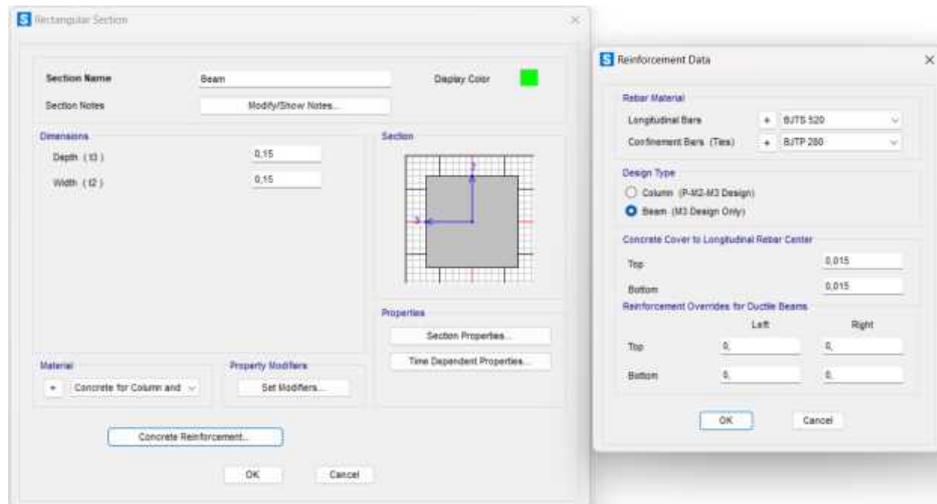
- a. Pada menu bar klik *Define – Section Properties – Frame Sections* – Klik *Add New Property* untuk menambahkan tipe penampang baru.



Gambar 7. Tampilan penampang Kolom

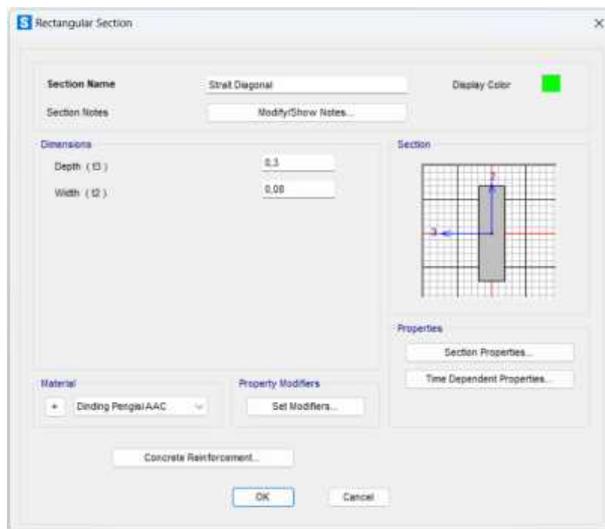


Gambar 8. Tampilan penampang Balok Sloof



Gambar 9. Tampilan penampang Balok

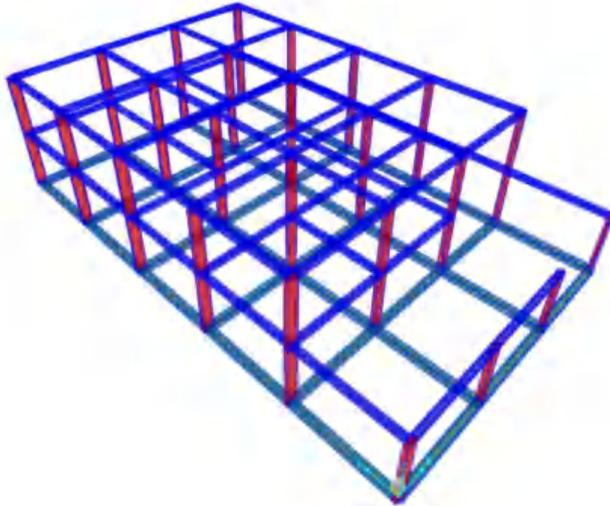
- b. Untuk pembuatan penampang untuk strat diagonal, dengan menu seperti sebelumnya yaitu *Define – Section Properties – Frame sections – Add New Property*. Kemudian disesuaikan ukuran dan material sesuai dengan material dinding AAC yang telah dibuat sebelumnya.



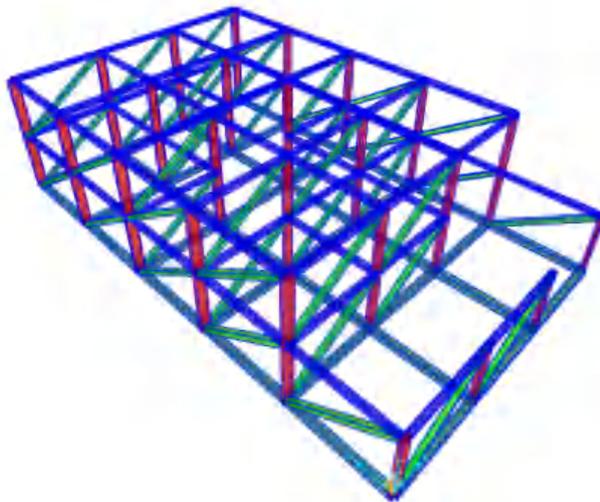
Gambar 10. Tampilan penampang dinding diagonal

4. Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan sesuai dengan gambar rencana yang tersedia. Pada kondisi ini dibuat 2 model yaitu struktur tanpa adanya dinding diagonal dan struktur dengan dinding diagonal.



Gambar 11. Tampilan model struktur tanpa *strat*

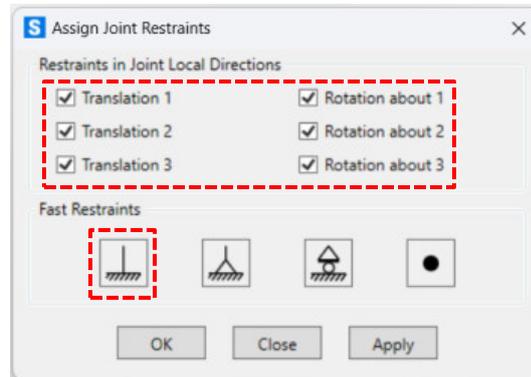


Gambar 12. Tampilan model struktur dengan *strat*



5. Mendefinisikan Perletakan Struktur

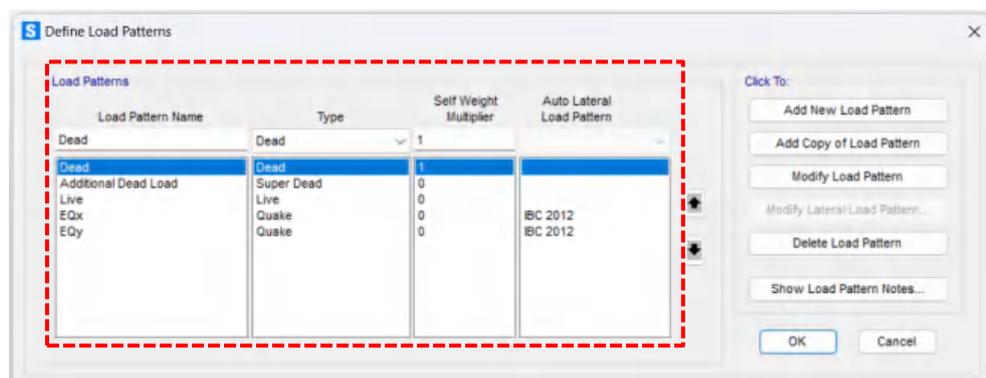
Pilih semua titik yang memiliki perletakan lalu klik pada bagian bawah yang akan diisi perletakan, selanjutnya pada menu bar pilih **Assign – Joint – Restraint** lalu pilih perletakan sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 13. Tampilan *Joint Restraints*

6. Mendefinisikan Pembebanan

Pada menu bar klik **Define – Load Pattern** – definisikan beban sesuai kebutuhan – **Add New Load Pattern** – OK. Pada tampilan ini kita dapat memasukkan karakter beban dan jenis-jenis beban sesuai ketentuan.

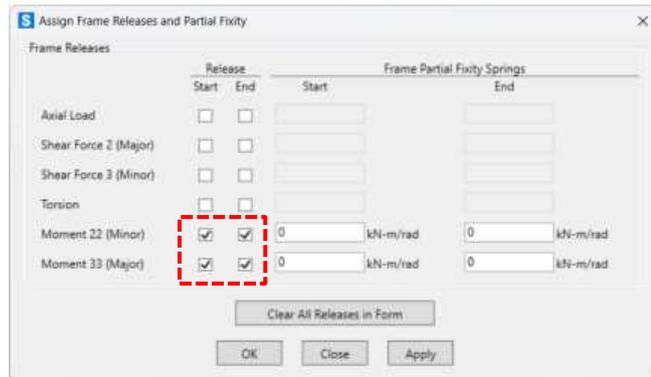


Gambar 14. Tampilan *Define Load Patterns*

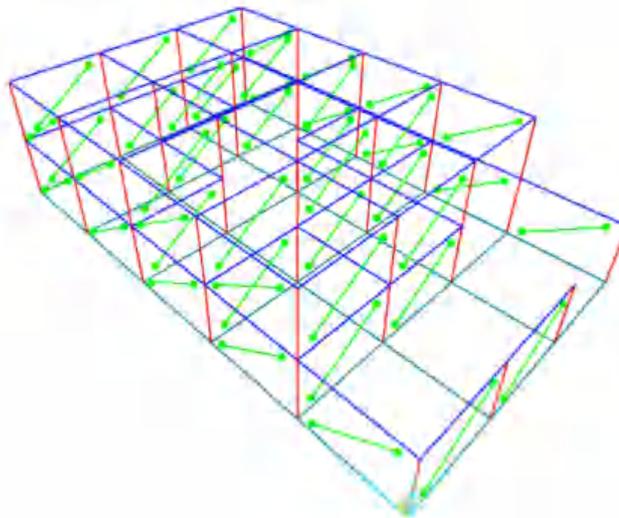


7. Merelases Model Strat

Setelah dibuat model strat dilanjut dengan merelases model strat tersebut dengan cara *select* terlebih dahulu bagian strat lalu klik menu bar **Assign – Frame - Releases/Partial Fixity** lalu pada tampilan *assign frame releases* di pilih pada baris Moment 22 (*minor*) dan moment 33 (*major*) *release start* dan *end* dengan cara dicentang. Berikut tampilan dari *assign frame releases*.



Gambar 19. Tampilan *Frame Releases and Partial Fixity*

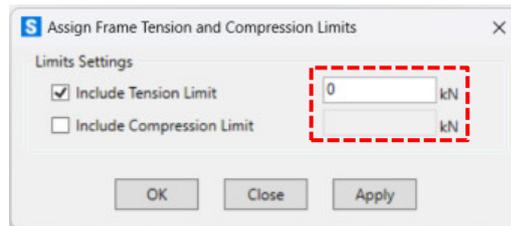


Gambar 20. Tampilan untuk model struktur dengan *strat*

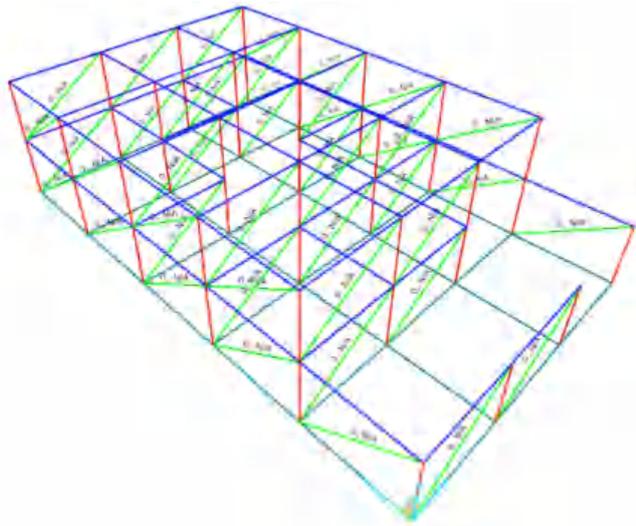


8. Membuat *Tension* pada *Strat*

Setelah selesai di *releases* lanjut untuk membuat *tension* pada strat tersebut bernilai nol, dengan cara mengklik terlebih dahulu model strat diagonal yang sudah di *releases* lalu pada menu bar pilih **Assign – Frame - Tension/Compression Limits** lalu pada tampilan *frame T/C Limits* pada baris *tension limit* diisi dengan nilai 0. Berikut tampilan dari *frame T/C Limits*.



Gambar 21. Tampilan *frame T/C Limits*



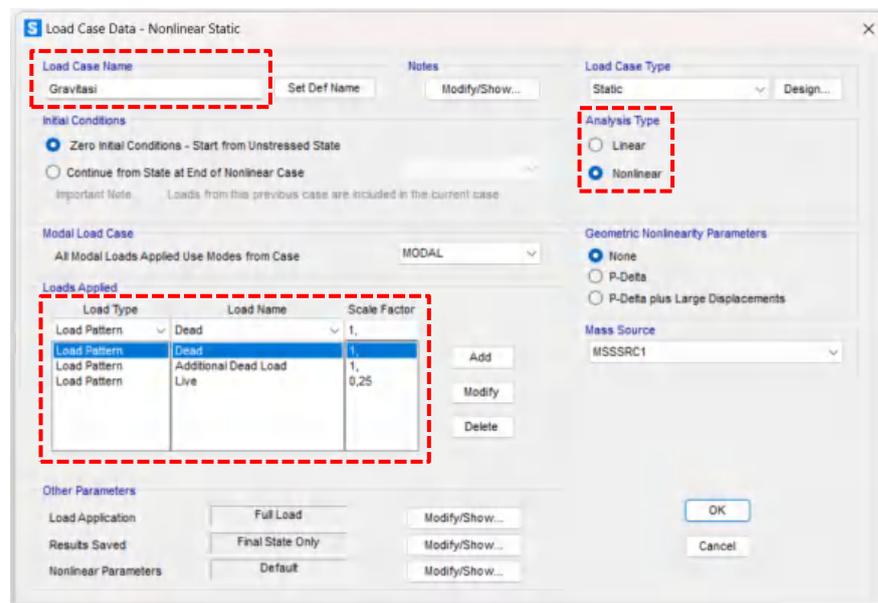
Gambar 22. Tampilan untuk model struktur dengan *strat* dengan *tension*

9. Analisis *Pushover*

Analisis nonlinier (*pushover*) merupakan fitur pada SAP2000 yang bertujuan untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi pada sebuah struktur, sehingga didapatkan suatu informasi yang dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya struktur tersebut. Analisis *pushover* dikerjakan setelah analisis linier statik dengan menggunakan kondisi akhir pada analisis sebelumnya sebagai kondisi awal pada analisis *pushover*. Langkah-langkah dalam analisis *pushover* dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Mendefinisikan beban gravitasi

Klik menu bar *Define – Load Cases – Add New Load Case*. Beban gravitasi memiliki tipe analisa non-linier dengan kombinasi dari beban mati dan 30 persen beban hidup. Pilih *Zero Initial Conditions* untuk pilihan *Initial Conditions* dan efek P-delta tidak berpengaruh. Berikut tampilan *Load Case* beban gravitasi

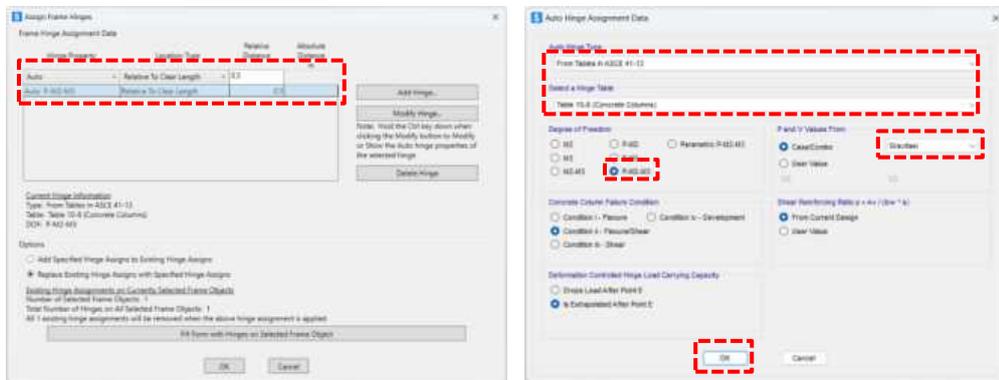


Gambar 23. Tampilan kasus beban gravitasi

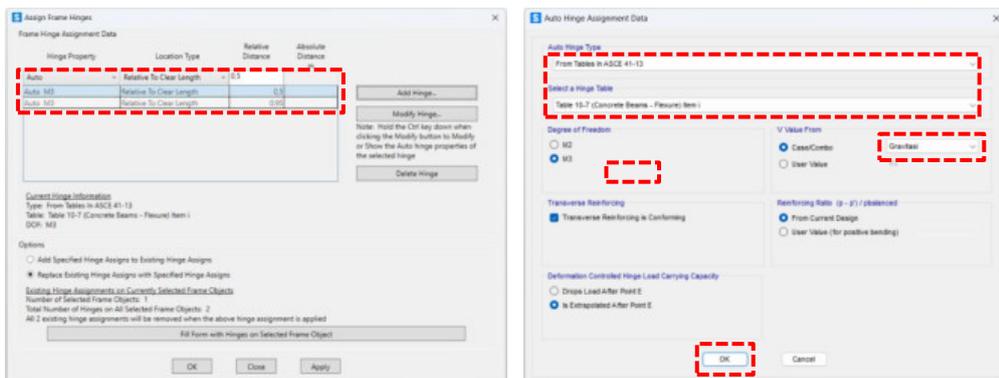


b. Memasang *Hinges* pada elemen struktur

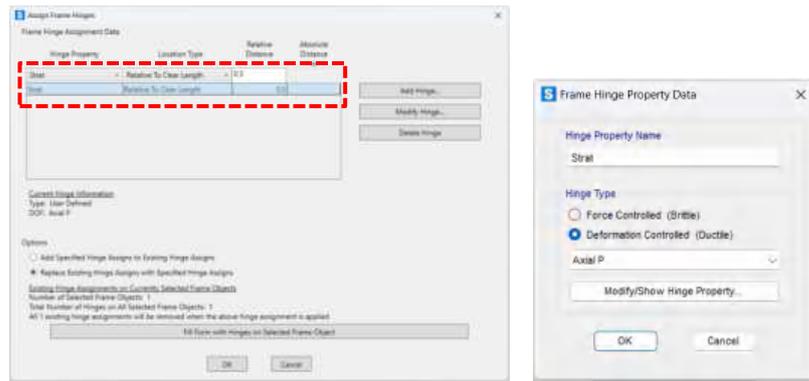
Klik pada menu bar *Assign - Frame - Hinges*. Kolom menggunakan derajat kebebasan P-M2-M3, balok menggunakan momen M3 dan strat menggunakan Axial P. Untuk nilai beban P dan V gunakan *Load Case* beban gravitasi yang sudah didefinisikan sebelumnya. Sendi plastis diterapkan pada kedua ujung elemen struktur (*Relative Distance* 0,05 dan 0,95). Sendi plastis pada kolom diletakkan pada ujung kolom, sendi plastis balok diletakkan pada ujung dan sendi plastis strat ditempatkan pada ujung dan tengah bentang.



Gambar 24. Tampilan Sendi Plastis pada kolom



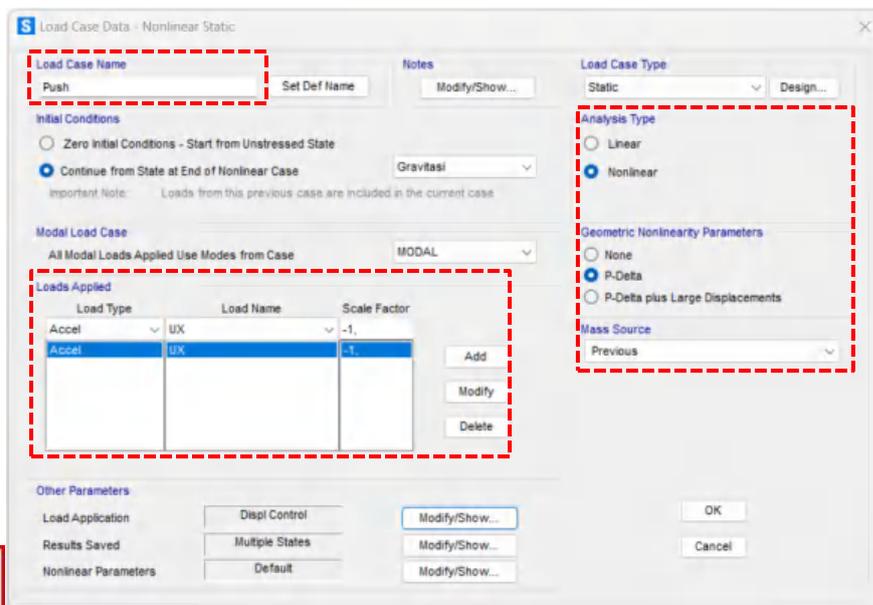
Gambar 25. Tampilan Sendi Plastis pada balok



Gambar 26. Tampilan Sendi Plastis pada *strat*

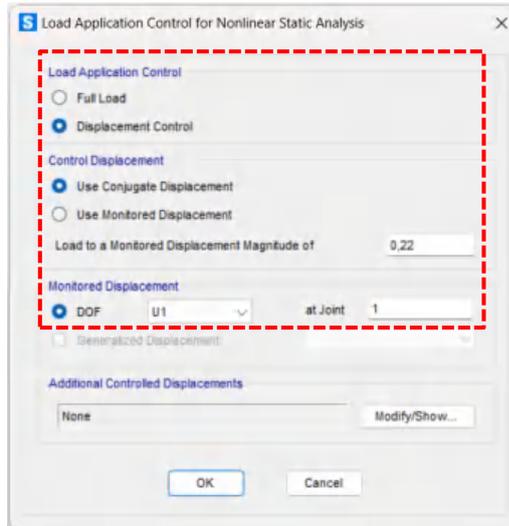
c. Mendefinisikan *Load Case* untuk analisa statik non-linier *pushover*

Untuk *Initial Conditions* digunakan *Continue from state at end of nonlinear case* beban gravitasi yang sudah didefinisikan sebelumnya. Tipe beban yang digunakan yaitu *Accel* dalam arah UX dengan skala faktor 1. Untuk parameter lainnya gunakan *Displacement Control* dengan *monitored displacement magnitude* minimal sebesar 2 % dari ketinggian total bangunan. Perpindahan yang dimonitor adalah pada titik atap bangunan dalam arah U1. Pada pilihan *Results Saved* pilih *Multiple States* antara 10 hingga 100 langkah. Parameter nonlinier lainnya dibiarkan default. Berikut tampilan dari *Load Case pushover*.

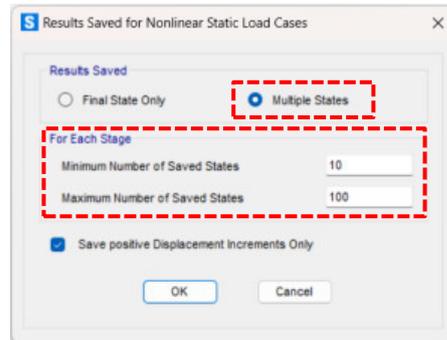


Gambar 27. Tampilan *Load Case Pushover*





Gambar 28. Tampilan *Load Application Control* untuk analisis *Pushover*

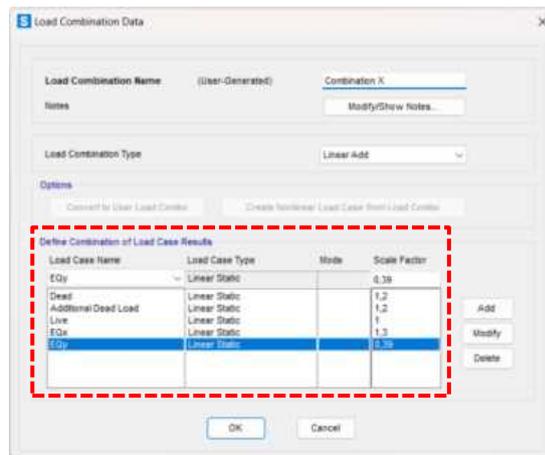


Gambar 29. Tampilan *Result Saved* untuk kasus analisis *Pushover*

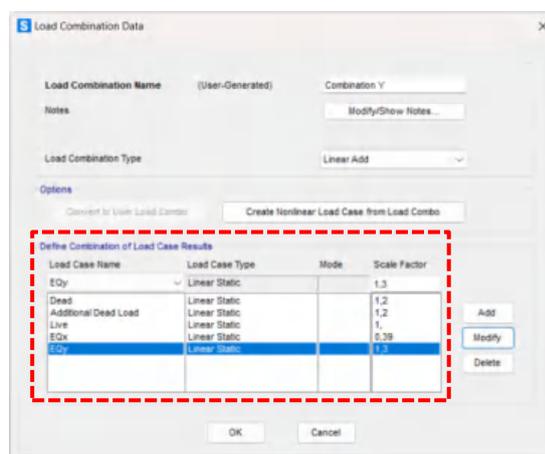


d. Mendefinisikan Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726:2019 pasal 4.2.2.1 bahwa Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai di bawah. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. seismik harus ditinjau, dengan memerhatikan Faktor redundansi (ρ) melalui pasal 7.3.4 terhadap pengaruh beban gempa horizontal dan parameter percepatan periode pendek (SDs) yang dijelaskan pada pasal 6.3. Untuk prosedur pembuatan kombinasi pembebanan yaitu dengan cara klik pada menu bar **Define – Load Combinations**. Kemudian di input kombinasi pembebanan yang memuat beban statik dan beban seismik terhadap arah X dan Y.



Gambar 30. Tampilan kombinasi pembebanan seismik arah X

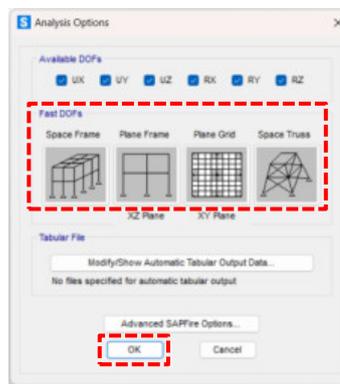


Gambar 31. Tampilan kombinasi pembebanan seismik arah Y



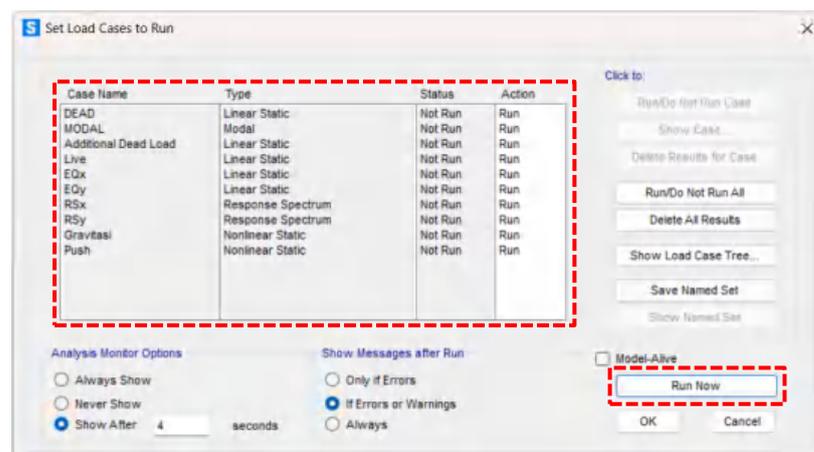
e. **Proses Run Analisis SAP2000**

- 1) Setelah semua tahapan pemodelan telah selesai, tahap berikutnya adalah melakukan pengecekan terhadap pemodelan untuk mengetahui kondisi bangunan setelah mendapat pembebanan. Sebelum melakukan Analisis data terlebih dahulu dilakukan percobaan, dari menu *Analyze – Set Options*. lalu akan ditampilkan pada kotak *Analysis Options*. Pada Kotak Tampilan pilih pada *Fast DOFs* untuk jenis derajat kebebasan dari struktur dengan cara klik gambar model struktur sesuai dengan kebutuhan lalu tekan OK.



Gambar 32. Tampilan *Analysis Option*

- 2) Dari menu *Analyze – Run Analysis* – sebelum di *Run* – klik modal – klik *Run/Do Not Run Case – Run Now* – klik OK.



Gambar 33. Tampilan *Run Analysis*



PERHITUNGAN STRUT

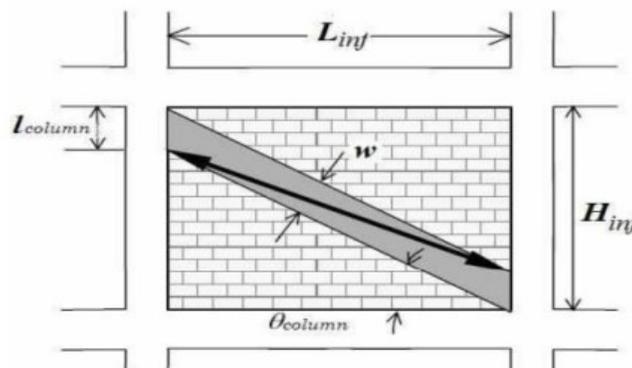
Untuk analisa numerik digunakan alat bantu *software* SAP 2000 versi 22, dengan analisis pushover. permodelan rangka beton bertulang dengan prefabrikasi CLC digunakan metode *diagonal strut equivalent*. Pada metode ini keberadaan dinding dalam struktur rangka digantikan oleh diagonal strut equivalent yang mempunyai ketebalan dan material yang sama dengan panel dinding. Dimensi strut berupa panjang, lebar dan tebal. Tebal strut adalah tebal dinding pengisi tersebut dan panjang diagonalnya adalah hasil sisi miring dari panjang dan lebar dinding pengisi. Lebar strut dihitung berdasarkan persamaan pada FEMA 356 yaitu :

$$w = 0,175 (\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (1)$$

dimana λ_1 adalah

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

Dengan a adalah lebar strut diagonal, r_{inf} adalah panjang strut, 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 diantara as balok, h_{inf} adalah tinggi dinding pengisi, dan θ adalah sudut yang dibentuk oleh strut diagonal. Penerapan diagonal strut equivalent dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Equivalent Diagonal Strut (FEMA 356)



fck	31.87	MPa
Ef	26533.155	MPa
Column size	100 x 300	mm
Beam size	100 x 150	mm
fm	4	MPa
Em	775	MPa
Height	2000	mm
Length	2050	mm
Tinggi terisi	1650	mm
Lebar terisi	1750	mm
Tebal terisi	80	mm
I Column	225000000	mm ⁴
I balok	28125000	mm ⁴
θ	0.7559949	
Lds	2182.5545	mm
λ_1	1.8472054	
Wds	298.81133	

Sehingga diperoleh tebal struct yaitu 300 mm

