



ISSN : 2355-617X
E-ISSN : 2828-1160

Jurnal Ilmiah Bering

Editor Office : PPPM Institut Teknologi Pagar Alam

Jl. Masik Siagim No 75 Simpang Mbacang, Pagar Alam, SUM-SEL, Indonesia

Phone : 0852-9064-2110

Email : itpaberings89@gmail.com

PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN STRUKTUR MENGGUNAKAN METODE DISTRIBUSI MOMEN (*CROSS*) DAN SAP2000 PADA RUKO 3 LANTAI KLINIK NENSKIN *BEAUTY CARE* SIRAH PULAU PADANG

Hermawati¹, Hasyim Pratama², Siti Muslikah³, Yosieguspa⁴, Sri Yulianti⁴, M. Rafiq Wahiputra⁵

Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Ogan Komering Ilir

Sur-el : hermawatiema2024@gmail.com

Abstrak: Membandingkan hasil perhitungan struktur menggunakan Metode Distribusi Momen (Metode Cross) secara manual dan perangkat lunak SAP2000 pada bangunan ruko 3 lantai Klinik Nenskin Beauty Care di Sirah Pulau Padang, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Elemen utama struktur yang dianalisis, yaitu balok dan kolom. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua metode pada seluruh lantai. Hal ini menegaskan bahwa metode Cross masih layak digunakan untuk verifikasi perhitungan awal, sedangkan SAP2000 lebih unggul dalam hal efisiensi dan visualisasi pemodelan struktur.

Kunci Utama: Metode Cross; SAP2000; Analisis Struktur; Ruko 3 Lantai

Abstract: Comparing the results of structural calculations using the Moment Distribution Method (Cross Method) manually and SAP2000 software for a 3-story shophouse at the Nenskin Beauty Care Clinic in Sirah Island, Padang, Ogan Komering Ilir Regency. The main structural elements analyzed were beams and columns. The calculation results showed no significant differences between the two methods across all floors. This confirms that the Cross method is still suitable for verifying initial calculations, while SAP2000 is superior in terms of efficiency and visualization of structural modeling.

Keywords : Cross Method; SAP2000; Structural Analysis; 3-Story Shophouse

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur harus dirancang dengan baik agar mampu menahan beban yang bekerja, seperti beban statis maupun beban dinamis. Salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam pembangunan infrastruktur yaitu perhitungan struktur. Dengan pemilihan metode perhitungan yang sesuai dapat menentukan keamanan dan kekokohan dari bangunan tersebut.

Seiring dengan berjalannya waktu, perkembangan teknologi semakin pesat. Banyak teknologi yang membantu untuk mempermudah dalam berbagai aktivitas. Dalam perencanaan struktur sudah banyak program aplikasi yang membantu perencanaan seperti Autocad, SAP2000, ETABS, STAAD Pro, dan sebagainya.

Pada dasarnya, sistem pada program aplikasi tersebut didasari oleh metode perhitungan manual, seperti Metode cross (distribusi momen) dan Metode kani (kontribusi rotasi). Metode cross dan

Metode kani merupakan contoh dari beberapa metode yang digunakan pada analisis struktur statis tak tentu.

Klinik Nenskin Beauty Care sebagai objek penelitian ini merupakan ruko bertingkat yang berfungsi sebagai tempat serta layanan kesehatan, sehingga beban operasionalnya cukup tinggi. Perhitungan struktur merupakan salah satu hal yang penting agar kualitas gedung ruko Klinik Nenskin Beauty Care di sirah pulau padang ini terjamin keamanan dan ketahanannya.

Dalam studi ini, beberapa elemen struktur seperti kolom dan balok akan dilakukan analisis terhadap elemen tersebut. Kemudian masing-masing metode akan dibandingkan untuk melihat perbedaan nilai dan akurasi hasil perhitungannya. Berbagai literatur yang membahas teori dasar perhitungan struktur, panduan penggunaan SAP2000, serta studi kasus sebelumnya merupakan beberapa referensi yang digunakan dalam penelitian ini.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membandingkan hasil struktur menggunakan metode program aplikasi SAP2000 dan metode manual. Dengan adanya perbandingan ini, diharapkan para insinyur maupun peneliti selanjutnya mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing dari metode manual maupun menggunakan program aplikasi SAP2000.

2. METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif yang bersifat analitis dan komparatif. Fokus utama penelitian adalah membandingkan hasil perhitungan struktur balok dan kolom menggunakan Metode Distribusi Momen (Metode Cross) dan perangkat lunak SAP2000 v26 pada bangunan ruko tiga lantai. Analisis dilakukan terhadap elemen-elemen struktur utama, seperti balok dan kolom, pada satu bentang tipikal untuk mengevaluasi perbedaan nilai momen, gaya geser, dan lendutan..

2.1 Data Penelitian

2.1.1. Data Primer

- a. Gambar kerja struktur (layout balok, kolom dan sloof)
- b. Spesifikasi material (mutu beton)
- c. Beban-beban yang bekerja (beban mati, hidup, dan tambahan)

2.1.2. Data skunder

- a. Literatur, SNI, jurnal ilmiah, dan referensi lainnya yang berhubungan dengan metode cross dan SAP2000
- b. Manual software SAP2000

2.2. Tahapan penelitian

1. Melakukan Pengumpulan data-data primer dan studi literatur yang berhubungan dengan perhitungan struktur.
2. Melakukan Perhitungan struktur secara manual dengan Metode Cross.
3. Pemodelan struktur dengan SAP2000 v22.
4. Menganalisis dan melakukan perbandingan dari hasil kedua metode tersebut.

2.3. Tata Cara Perhitungan dengan Metode Cross

2.3.1. Hitung Momen Primer Untuk Masing-Masing Bentang Balok

Untuk setiap batang, tentukan momen ujung tetap akibat beban. Contoh untuk balok bentang L dengan beban merata ω :

$$M_{AB} = -\frac{\omega L^2}{12}$$
$$M_{BA} = +\frac{\omega L^2}{12} \dots\dots\dots(1)$$

Untuk beban terpusat di tengah :

$$M_{AB} = -\frac{PL}{8}$$
$$M_{BA} = +\frac{PL}{8} \dots\dots\dots(2)$$

2.3.2. Hitung Kekakuan Relatif (Stiffness) Tiap Ujung Elemen

Kekakuan batang ditentukan dari panjang dan jenis tumpuan:

1. Jika kedua ujung jepit :

$$K = \frac{4EI}{L} \dots\dots\dots(3)$$

2. Jika salah satu ujung sendi:

$$K = \frac{3EI}{L} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

- *E*: Modulus elastisitas
- *I*: Momen inersia penampang
- *L*: Panjang batang

2.3.3. Menentukan Faktor Distribusi (*Distribution Factor / DF*)

Faktor distribusi menyatakan proporsi kekakuan yang dimiliki batang terhadap sambungan .

$$DF_i = \frac{K_i}{\sum K} \dots\dots\dots(5)$$

Misalnya jika di satu joint ada tiga batang dengan kekakuan *K*₁,*K*₂,*K*₃, maka :

$$DF_i = \frac{K_1}{K_1+K_2+K_3} \dots\dots\dots(6)$$

2.3.4. Perhitungan Tabel Cross

untuk mengetahui hasil momen akhirnya. Dengan syarat dan keterangan berikut :

1. Pada distribusi pertama, momen primer di titik simpul dan dikali dengan faktor distribusi dan dilanjutkan dengan mendistribusi ke sebelahnya
2. pada induksi pertama momen primer di titik kumpul ditambahkan dan ditambah distribusi diatasnya lalu di distribusi ke sebelahnya.
3. Pada distribusi ke-2 atau baris ke 3 momen primer di titik simpul ditambahkan dan dikali dengan faktor distribusi dan didistribusi disebelahnya diteruskan sampai akhir hingga mencapai momen di titik kumpul sama dan apabila dijumlahkan nol

Tabel 1 Cara Perhitungan Tabel Cross

Titik	A	B	C	D
batang	A B	BA	BC	CB CD D C
Fak.distri	Hasil perhitungan Faktor Distribusi			
m.primer	Hasil perhitungan Momen Primer			
Distribusi 1	D _{1CB} : 2		(MP _{CB} +MP _{CD}) x FD _{CB}	(MP _{CB} +MP _{CD}) x FD _{CD}
Induksi 1	I _{1B} A: 2	(D _{1BC} +MP _{BA}) x FD _{BA}	(D _{1BC} +MP _{BC}) x FD _{BC}	I _{1BC} : 2
Distribusi 2	D _{2CB} : 2		D _{1CB} x FD _{CB}	D _{1CD} x FD _{CD}

Induksi 2 I_{1B} I_{2BA} X F_DB_A I_{2BC} X F_DB_C I_{1BC} : 2
A : 2

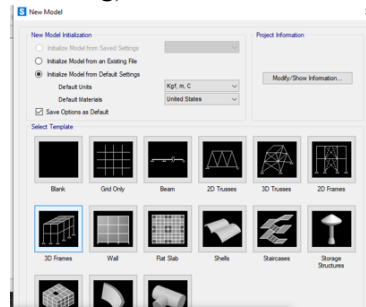
Untuk distribusi dan induksi selanjutnya menyesuaikan perhitungannya seperti distribusi dan induksi sebelumnya hingga hasilnya 0 atau seperti arahan no 3

Totalkan semua hasil per titik batang

2.4. Tata Cara Pemodelan Menggunakan SAP2000 v22

2.4.1. Persiapan Awal

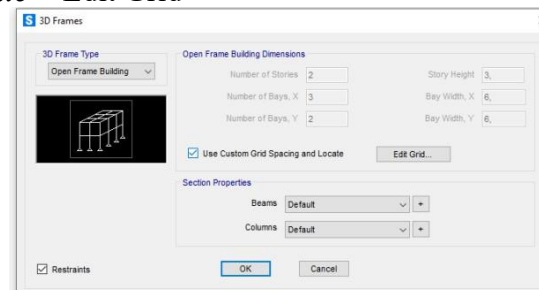
1. Buka aplikasi SAP2000 v26 dengan cara klik 2 kali
2. Klik menu file> New model > pilih template 3D Frames
3. Pilih satuan sistem (KN, m, kg).



Gambar 1. New Model

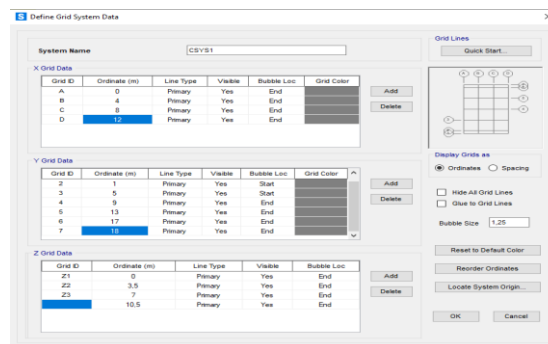
2.4.2. Menentukan Geometri Struktur

1. Setelah menekan 3d frames tadi, selanjutnya centang pada *Use Custom Grid Spacing and Locate* < Edit Grid



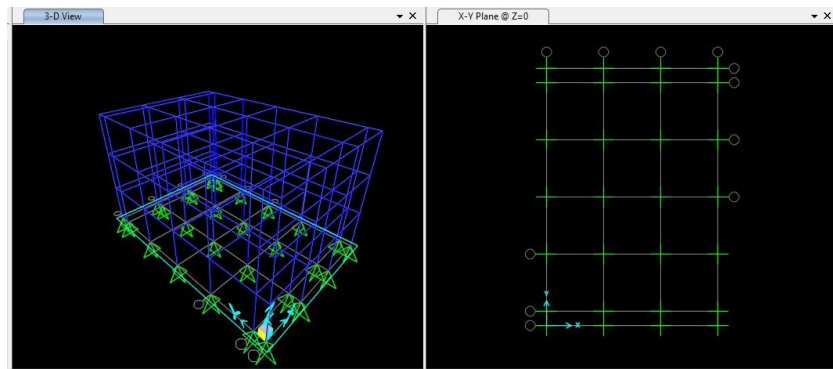
Gambar 2. 3D Properties

2. Lakukan pengeditan grid sesuai detail gambar yang digambar, dengan rujukan koordinat x untuk lebar bangunan, y untuk panjang bangunan serta z untuk tinggi bangunan. Setelah selesai diisi lalu klik OK.



Gambar 3. Define Grid System Data

Layar monitor secara langsung akan menampilkan gambar struktur dalam bentuk 2D maupun 3D



Gambar 4. Tampilan 3D dan 2D

2.4.3. Menentukan Material dan Penampang Portal

1. Material

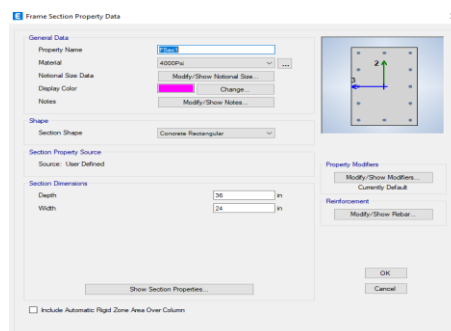
Pilih menu Define > Materials > klik add new material. Selanjutnya isi spesifikasi material beton sesuai dengan ketentuan standar yang digunakan dalam proyek bangunan yang diambil. Setelah selesai lalu klik OK.



Gambar 5. Material Property Data

2. Penampang Portal

- Pilih menu Define > Section Properties > Frame Section. Maka akan muncul tampilan " Frame Properties ".
- Pada bagian ini masukan macam macam dimensi penampang yang akan digunakan. Dengan cara Define > Section Properties > Frame Section > Klik Add New Material.
- Pada bagian Frame Section Property Type pilih Concrete Lalu pilih bentuk concrete yang akan digunakan. Klik Concrete Reinforcement kemudian Design Type pilih Column atau Beam lalu Reinforcement Comfiguration pilih Rectangular dan Cover To Rebar Center ambil selimut 0.05 m untuk selimut beton



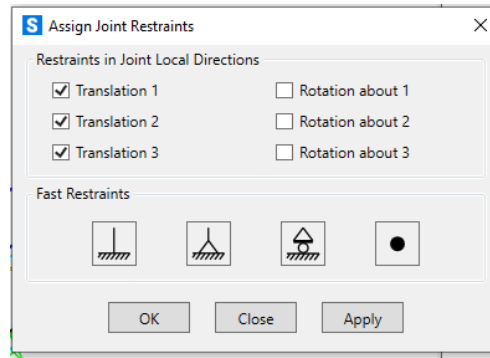
Gambar 6. Frames Section Property Data

2.4.4. Membuat Gambar Konstruksi dan Property Element

- Pilih menu draw kemudian pilih Draw Frame/ Cable / Tendon . Kemudian

gambar sesuai konstruksi portal yang direncanakan pada grid yang telah dibuat pada langkah pertama tadi.

2. Setelah gambar selesai kemudian membuat peletakan dengan milih semua titik titik pondasi lalu pilih menu *Assign > Joint > Restraints*, akan tampil menu *Joint Restraints* kemudian pilihlah perletakan yang akan digunakan.

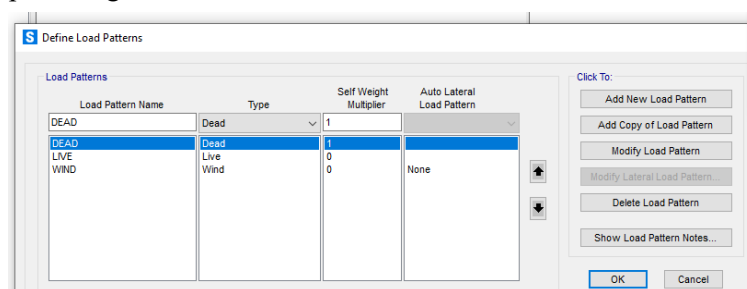


Gambar 7. Assign Joint Restraints

2.4.5. Menentukan Pembebanan

Untuk menganalisis struktur gedung, diperlukan beberapa macam loadcase yaitu akibat beban mati (DL), akibat beban hidup (LL) dan akibat beban angin (WL). Langkah-langkah untuk menentukan load case antara lain pilih menu Define Load Patterns

1. Pada Kolom Load Name ketik BEBAN MATI, pada kolom Type pilih DEAD, dan pada kolom Self Weight Multiples ketik angka 1, kemudian klik Add New Load.
2. Pada Kolom Load Name ketik BEBAN HIDUP, pada kolom Type pilih LIVE, dan pada kolom Self Weight Multiples ketik angka 0, kemudian klik Add New Load.
3. Pada Kolom Load Name ketik BEBAN ANGIN, pada kolom Type pilih WIND, dan pada kolom Self Weight Multiples ketik angka 0, kemudian klik Add New Load.
4. Pada Kolom Load Name ketik BEBAN GEMPA, pada kolom Type pilih DEAD, dan pada kolom Self Weight Multiples ketik angka 0, kemudian klik Add New Load. Maka akan tampil dialog box "Define Load Pattern"



Gambar 8. Define Load Patterns

2.4.6. Menentukan Kombinasi Beban

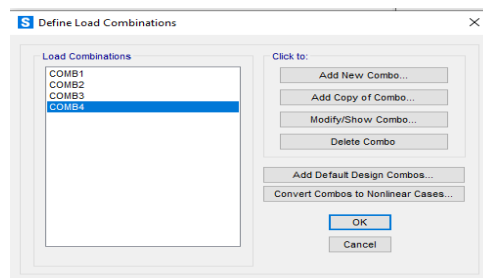
Untuk analisis struktur diperlukan tiga macam beban. Pertama beban mati (DL) beban hidup (LL) dan beban angin (WL).

- 1.1.4 DL
- 2.1.2 DL + 1.6 LL
- 3.1.2 DL + 1.0 LL + 1.6 W
- 4.0.9 DL + 1.2 W

Dari menu utama, klik *Define > load combination*. Pada kotak dialog *Define load combination* klik *add new combo* lalu masukkan data data sebagai berikut :

1. *Load combination name* : kombinasi 1
2. *Load case name* : beban mate, scale factor 1.4 > add
3. Klik OK untuk menutup kotak *dialog load combination 1*

Ulangi langkah diatas untuk mendefinisikan KOMBINASI 2, 3 dan KOMBINASI 4
Kombinasi 2 : 1.2 beban mati + 1.6 beban hidup
Kombinasi 3 : 1.2 beban mati + 1.0 beban hidup + 1.6 beban angin
Kombinasi 4 : 0.9 beban mati + 1.6 beban angin
Klik OK untuk menutup kotak *dialog load combination*
Kemudian akan muncul kembali *dialog box " design load combination selection"* pada bagian *combination* sudah ada kombinasi 1, kombinasi 2, kombinasi 3 dan kombinasi 4.

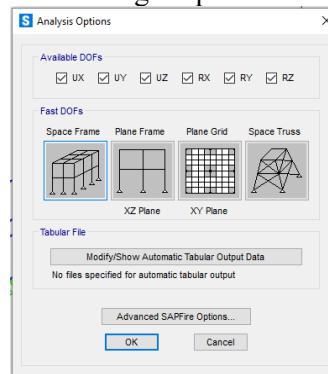


Gambar 9. Define Load Combinations

2.4.7. Perintah Analisa

Untuk analisis model dilakukan sebagai berikut:

1. Pilih menu Analyzer/set option akan ditampilkan dialog box analysis option!. Dari dialog box ini pilih pada fast DOF's dengan space frame lalu klik OK



Gambar 10 .Analysis Options

2. Sebelum *run* simpan data dengan judul yang diinginkan dengan *save as* lalu klik nama file kita
3. Pilih menu run analyzer maka akan tampil dialog box set analysis Cases kemudian klik *run now*, kemudian OK.



Gambar 11. Set Load Cases to Run

3. HASILDAN PEMBAHSAN

3.1. Gambaran Umum Proyek

Proyek yang menjadi objek penelitian ini adalah Pembangunan Ruko Klinik Nenskin Beauty Care yang berada di Kecamatan Sirah Pulau Padang, Kabupaten Ogan

Komering Ilir. Bangunan ini dirancang sebagai ruko 3 lantai dengan fungsi utama sebagai klinik kecantikan, tempat pelayanan perawatan kulit, serta ruang administrasi dan komersial.

Secara struktural, bangunan ini menggunakan sistem rangka portal beton bertulang dengan material utama beton mutu K-250. Analisis dilakukan pada elemen-elemen struktural utama seperti kolom dan balok dengan dua metode, yaitu perhitungan manual dengan menggunakan Cross dan menggunakan Software SAP2000 versi 26.

3.2. Data Struktur Bangunan

Struktur bangunan yang akan diteliti memiliki elemen-elemen sebagai berikut :

1. Kolom
K1 : 25 x 30 cm
K2 : 25 x 25 cm
K3 : 15 x 15 cm
2. Balok
B1 : 20 x 35 cm (Balok Utama)
B2 : 15 x 20 cm (Balok Anak)
S1 : 20 x 35 cm (Balok Samping)
3. Tebal Plat Lantai : 12 cm
4. Tinggi lantai : 3,5 m
5. Mutu Beton : K-250

3.3. Data Pembebanan

Adapun pembebanan memiliki 3 jenis, yaitu beban mati, beban hidup dan beban angin. Beban mati didapat dari jenis material yang digunakan, seperti tebal pelat, jenis finishing lantai, jenis plafon, dan jenis atap serta fungsi ruang per lantai, yang mengacu pada dokumen perencanaan dan gambar arsitektur, sehingga bobot beban hidup disesuaikan berdasarkan standar PPIUG 1983. Sedangkan untuk beban hidup masing-masing ditentukan berdasarkan fungsi ruang yang tercantum.

3.3.1. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat sendiri struktur serta elemen-elemen non-struktural permanen seperti lantai, dinding, plesteran, dan plafon. Perhitungan beban mati dilakukan per meter persegi lantai, dengan pendekatan volume dan berat jenis masing-masing material.

Berikut ini adalah uraian perhitungan beban mati pada bangunan:

1. Plat Beton
Pelat lantai memiliki tebal 12 cm (0,12 m), dengan berat jenis beton sebesar 2400 kg/m³.

$$\omega_{plat} = t \times \gamma = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{2,88 \text{ kN/m}^2}$$

2. Keramik (ubin + perekat)
Keramik yang digunakan berukuran 40 cm × 40 cm. Beban dari keramik beserta perekatnya sebesar:

$$\omega_{Keramik} = 50 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{0,50 \text{ kN/m}^2}$$

3. Plafon
Plafon menggunakan bahan gypsum board ringan. Beban rata-rata plafon gypsum adalah:

$$\omega_{Plafon} = 10 \text{ kg/m}^2 = \mathbf{0,10 \text{ kN/m}^2}$$

4. Dinding
Dinding menggunakan pasangan bata dengan tebal 10 cm dan tinggi antar lantai 3,5 meter. Berat jenis bata ringan diambil sebesar 1800 kg/m³. Panjang dinding rata-rata per m² lantai adalah 4 meter.

- Volume per m panjang dinding = $t \times h = 0,10 \times 3,5 = 0,35 \text{ m}^3$
- Berat dinding per m panjang = $0,35 \times 1800 = 630 \text{ kg/m}$
- Beban dinding per m^2 lantai = $4 \times 630 = 2520 \text{ kg/m}^2 = 2,52 \text{ kN/m}^2$

5. Plesteran Dinding

Plesteran dilakukan pada kedua sisi dinding dengan tebal total 1,5 cm (0,015 m), berat jenis 1800 kg/m^3 .

- Volume per m panjang dinding (dua sisi) = $0,015 \times 3,5 \times 2 = 0,105 \text{ m}^3$
- Berat per m panjang = $0,105 \times 1800 = 189 \text{ kg/m}$
- Beban plesteran per $\text{m}^2 = 4 \times 189 = 756 \text{ kg/m}^2 = 0,76 \text{ kN/m}^2$

6. Balok (20×35 cm)

Balok induk tersebar merata dengan volume efektif per m^2 lantai sebesar:

$$\text{Volume} = 0,20 \times 0,35 \times \frac{1}{4} = 0,0175 \text{ m}^3$$

$$\omega_{\text{balok}} = 0,0175 \times 2400 = 42 \text{ kg/m}^2 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

7. Kolom (25×30 cm)

Kolom terdapat satu buah tiap 4 m^2 lantai. Maka volume dan berat per m^2 adalah:

$$\text{Volume} = 0,25 \times 0,30 \times \frac{1}{4} \times 3,5 = 0,065625 \text{ m}^3$$

$$\omega_{\text{balok}} = 0,065625 \times 2400 = 157,5 \text{ kg/m}^2 = 1,58 \text{ kN/m}^2$$

8. Dak Atap Beton (Lantai 3 Saja)

Khusus lantai 3, digunakan dak beton bertulang dengan ketebalan 15 cm.

$$\omega_{\text{dak}} = 0,15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 = 3,60 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 2. Rekapitulasi Beban Mati Tiap Lantai

Komponen	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3
Plat Beton 12cm	2,88	2,88	2,88
Ubin Keramik	0,50	0,50	0,50
Plafon GRC	0,10	0,10	0,10
Dinding Bata	2,52	2,52	2,52
Plesteran Dinding	0,76	0,76	0,76
Balok	0,42	0,42	0,42
Kolom	1,58	1,58	1,58
Dak Beton	-	-	3,60
Total Beban Mati	8,76	8,76	12,36

3.3.2. Beban Hidup

Beban hidup diperoleh berdasarkan fungsi ruang sesuai SNI 1727:2020. Karena bangunan berfungsi sebagai klinik dan ruko, maka pembagian beban hidup disesuaikan dengan aktivitas di setiap lantai:

Tabel 3. Beban Hidup Tiap Lantai

Lantai	Fungsi	Beban Hidup (kg/m^2)	Beban Hidup (kN/m^2)
Lantai 1	Area tunggu + Pelayanan	250	2,50
Lantai 2	Perawatan / Kantor	250	2,50
Lantai 3	Gudang / Penyimpanan	400	4,00

3.3.3. Beban Angin

Perhitungan beban angin dilakukan sesuai SNI 1727:2020, dengan mempertimbangkan lokasi Bangunan di Sirah Pulau Padang, Kabupaten Ogan Komering Ilir. Berikut langkah-langkah perhitungannya:

Tabel 4. Hasil Beban Angin Tiap Lantai

Lantai	Tekanan angin qz (kN/m ²)	Gaya angin per lantai (kN)
Lantai 1	0,356	14,95
Lantai 2	0,356	14,95
Lantai 3	0,356	14,95

3.3.4. Beban Terfaktor

$$\omega_u = 1,2 \times DL + 1,6 \times LL + 0,5 \times WL$$

- Lantai 1

$$\omega_u = 1,2 \times 8,76 + 1,6 \times 2,50 + 0,5 \times 0,356 = 14,69 \text{ kN/m}^2$$

- Lantai 2

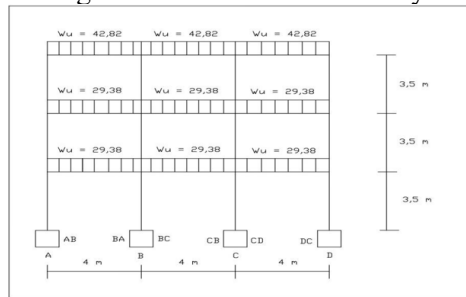
$$\omega_u = 1,2 \times 8,76 + 1,6 \times 2,50 + 0,5 \times 0,356 = 14,69 \text{ kN/m}^2$$

- Lantai 3

$$\omega_u = 1,2 \times 12,36 + 1,6 \times 4,00 + 0,5 \times 0,356 = 21,41 \text{ kN/m}^2$$

3.4. Hasil Perhitungan Manual dengan Metode Cross

Sebelum mendapatkan hasil momen akhir perhitungan menggunakan metode cross, terlebih dahulu perlu mengetahui data-data umum yang ingin dihitung, data-data pembebanan seperti beban mati dan beban hidup. Kemudian setelah semua data telah didapat, dilanjutkan dengan menghitung metode cross yang diawali dengan perhitungan momen primer, menghitung kekakuan, faktor distribusi, dan tabel cross untuk mengetahui hasil momen akhirnya.



Gambar 12. Tumpuan Perletakan

3.4.1. Momen Primer

- Lantai 1

Tabel 5. Beban Terfaktor Lantai 1

Batang	Beban (kN/m ²)	Tributary (m)	Beban garis (w, kN/m)
AB/BA	14,69	2	29,38
BC/CB	14,69	2	29,38
CD/DC	14,69	2	29,38

- Lantai 2

$$M = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{29,38 \cdot 4^2}{12} = -39,17 \text{ kN/m}$$

- Lantai 3

Tabel 6. Beban Terfaktor Lantai 3

Batang	Beban (kN/m ²)	Tributary (m)	Beban garis (w, kN/m)
AB/BA	21,41	2	42,82
BC/CB	21,41	2	42,82
CD/DC	21,41	2	42,82

$$M = \frac{\omega L^2}{12} = \frac{42,82 \cdot 4^2}{12} = -57,09 \text{ kN/m}$$

$$\text{Hasil momen primer} = M_{AB} = M_{BC} = M_{CD} = -57,09 \text{ kN/m}$$

3.4.2. Faktor Distribusi

Sebelum menghitung faktor distribusi, terlebih dahulu menghitung kekakuan dulu.

Rumus $K = \frac{I}{L}$. Dikarenakan I dan L sama, maka $K = \frac{1}{L}$ dikarenakan I dan L sama, maka $K=1$

1. Titik A = $FD_{AB} = 1,00$
2. Titik B = $FD_{BA} = FD_{BC} = \frac{1}{1+1} = 0,5$
3. Titik C = $FD_{CA} = FD_{CD} = \frac{1}{1+1} = 0,5$
4. Titik D = $FD_{DC} = FD_{DB} = 1,00$

Tabel 7. Faktor Distribusi

Simpul	Arah	FD
A	A-B	1,00
B	B-A	0,50
	B-C	0,50
C	C-B	0,50
	C-D	0,50
D	D-C	1,00

3.4.3. Tabel Cross

1. Lantai 1

Tabel 8. Hasil Tabel Cross Lantai 1

TITIK	A		B		C		D
BATANG	AB	BA	BC	CB	CD	DC	
FAK. DISTRI		-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,830
M. PRIMER	-39,170	-39,170	-39,170	-39,170	-39,170	-	
DISTRIBUSI			0,250	0,500	0,500	-	
INDUKSI	-0,063	-0,125	-0,125	-0,063		-	
DISTRIBUSI			0,016	0,031	0,031	-	
INDUKSI	-0,004	-0,008	-0,008	-0,004		-	
DISTRIBUSI			0,001	0,002	0,002	-	
INDUKSI	0,000	0,000	0,000	0,000		-	
DISTRIBUSI			0,000	0,000	0,000	-	
INDUKSI	0,000	0,000	0,000			-	
							-
	-39,103	-39,303	-39,303	-38,703	-39,703		-

2. Lantai 2

Tabel 9. Hasil Tabel Cross Lantai 2

TITIK	A		B		C		D
BATANG	AB	BA	BC	CB	CD	DC	
FAK. DISTRI		-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,830	
M. PRIMER	-39,170	-39,170	-39,170	-39,170	-39,170	-	
DISTRIBUSI			0,250	0,500	0,500	-	
INDUKSI	-0,063	-0,125	-0,125	-0,063		-	
DISTRIBUSI			0,016	0,031	0,031	-	
INDUKSI	-0,004	-0,008	-0,008	-0,004		-	
DISTRIBUSI			0,001	0,002	0,002	-	
INDUKSI	0,000	0,000	0,000	0,000		-	
DISTRIBUSI			0,000	0,000	0,000	-	

INDUKSI	0,000	0,000	0,000	-
				-
	-39,103	-39,303	-39,303	-38,703
				-39,703

2. Lantai 3

Tabel 9. Hasil Tabel Cross Lantai 3

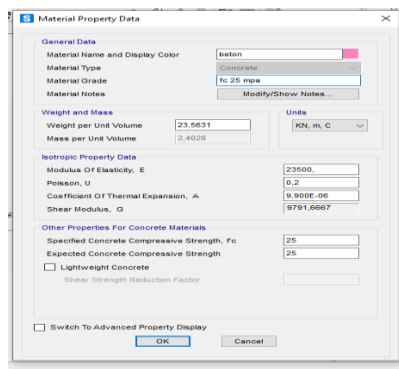
TITIK	A		B		C		D
BATANG	AB	BA	BC	CB	CD	DC	
FAK. DISTRI		-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,830
M.							
PRIMER	-57,090	-57,090	-57,090	-57,090	-57,090	-	
DISTRIBUSI			0,250	0,500	0,500	-	
INDUKSI	-0,063	-0,125	-0,125	-0,063		-	
DISTRIBUSI			0,016	0,031	0,031	-	
INDUKSI	-0,004	-0,008	-0,008	-0,004		-	
FAK. DISTRI		-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,830	
M.							
PRIMER	-57,090	-57,090	-57,090	-57,090	-57,090	-	
DISTRIBUSI			0,250	0,500	0,500	-	
DISTRIBUSI			0,001	0,002	0,002	-	
INDUKSI	0,000	0,000	0,000	0,000		-	
DISTRIBUSI			0,000	0,000	0,000	-	
INDUKSI	0,000	0,000	0,000			-	

3. 5 Hasil Pemodelan Struktur Menggunakan SAP2000

3.5.1. Definisi Material

Material yang digunakan dalam struktur bangunan ini adalah beton mutu K- 250. Material ini didefinisikan dahulu pada menu Define > Materials di SAP2000. Parameter yang dimasukkan meliputi :

1. Nama material : Beton k-250
2. Jenis Material : Concrete
3. Kuat tekan beton (f'c) : 25 Mpa
4. Modulus elastisitas : 23.500 Mpa
5. Berat Jenis : 24 kN/m³



Gambar 13. Definisi Material

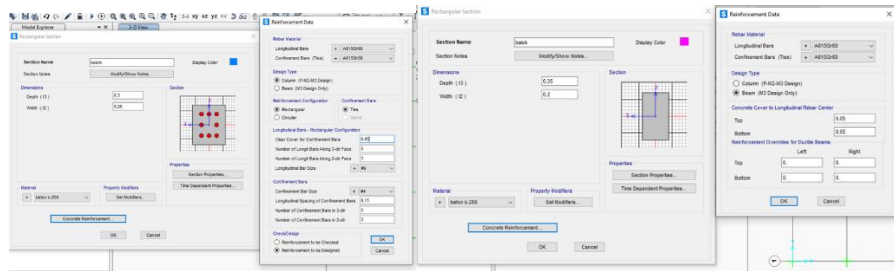
3.5.2. Definisi Penampang (Frame sections)

Penampang balok dan kolom didefinisikan menggunakan tipe penampang Rectangular (Persegi Panjang). Pendefinisian dilakukan melalui menu Define > Frame Sections. Adapun penampang antara lain :

Kolom : 25 x 30 cm

Balok : 20 x 35 cm

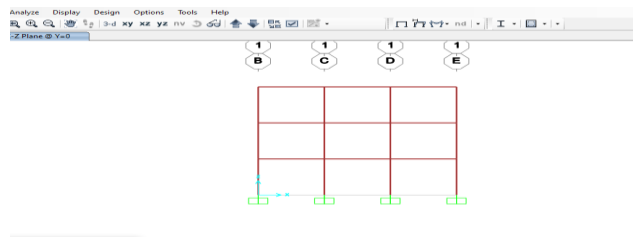
Setiap penampang diberi nama yang sesuai agar mudah dalam proses penggambaran dan pengaturan elemen struktur.



Gambar 14. (a) Definisi Kolom (b) Definisi Balok

3.5.3. Pemodelan Geometri Struktur

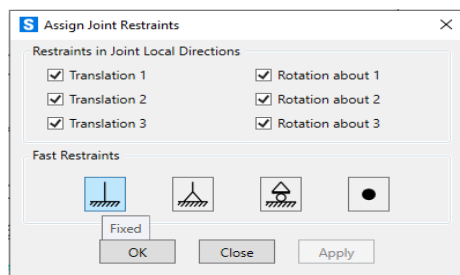
Struktur dimodelkan dalam bentuk rangka ruang (3D Frame) yang terdiri dari 3 Lantai, masing-masing setinggi 3,5 meter. Jarak antar kolom adalah 4 meter baik secara memanjang maupun melintang. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perintah Draw Frame Element untuk elemen balok dan kolom.



Gambar 15. Pemodelan Struktur

3.5.4. Perletakan

Dalam pemodelan SAP2000, seluruh ujung bawah kolom lantai dasar diberikan perletakan jepit penuh (fixed support). Pemberian perletakan dilakukan melalui perintah *Assign > Joint > Restraints > Fix all DOF*



Gambar 15. Perletakan

3.5.5. Pemberian Beban

Setelah geometri struktur selesai, langkah selanjutnya setelah mendefinisikan dan memberikan beban pada elemen struktur.

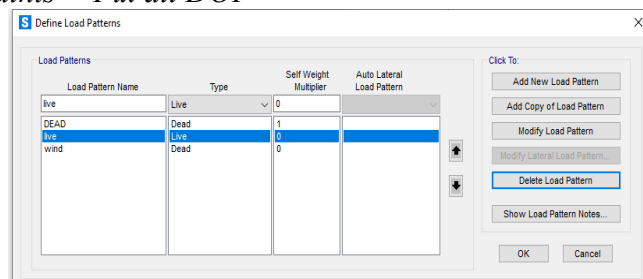
1. Mendefinisikan Pola Beban

Masuk ke Menu Define > Load Patterns.

Pola Beban yang dibuat :

- Dead (Beban Mati)
- Live (Beban Hidup)
- Wind (Beban Angin)

Restraints > Fix all DOF

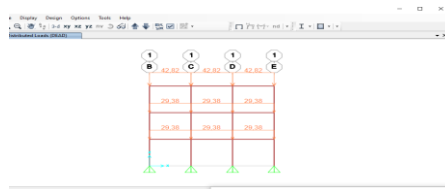


Gambar 16. Pendefinisian pola beban

2. Memberikan Beban Ke Elemen Balok

Melalui menu *Assign > Frame Load > Distributed*. Kemudian isi data berikut

- a. *Load Pattern : Dead / Live*
- b. *Direction : Gravity* (negatif Global Z)
- c. *Load Type : Uniform*
- d. *Value* : untuk value mengisi jumlah beban mati dan beban hidup. Jumlah angkanya berada Pada subbab 4.3.1 Data Pembebanan.

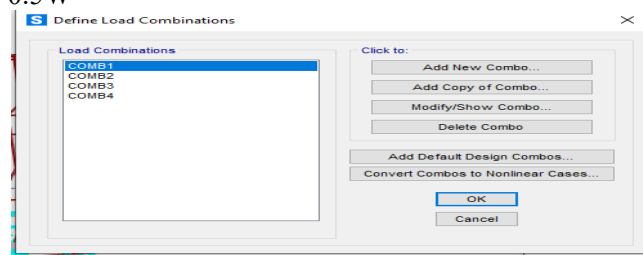


Gambar 17. Pemberian beban

3.5.6. Kombinasi Beban

Kombinasi beban dihitung berdasarkan SNI 1727:2020. Kombinasi ini didefinisikan melalui : Define > Load Combinations. Beberapa kombinasi yang digunakan :

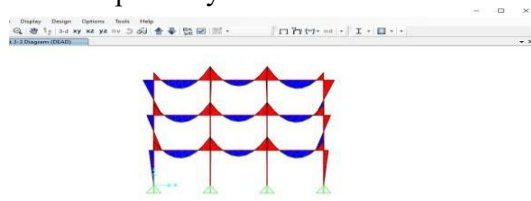
- 1. 1.4D
- 2. 1.2D + 1.6L
- 3. 1.2D + 1.6L + 0.5W



Gambar 18. Kombinasi beban

3.5.7. Analisa Struktur

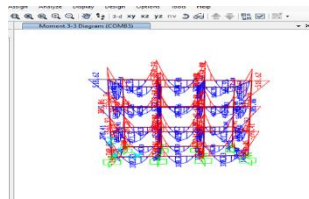
Setelah semua elemen struktur, material dan pembebanan dimasukkan, proses analisis struktur dijalankan melalui menu Analyze > Run Analysis. Gambar berikut menunjukkan bahwa proses analisis berhasil dijalankan tanpa adanya error.



Gambar 19. Hasil Run Analysis

3.5.8. Menampilkan Hasil Run pada Menu Frame Distributed Load

Setelah proses pembebanan dilakukan pada pemodelan SAP2000, penting untuk memverifikasi apakah beban telah diterapkan dengan benar pada setiap elemen struktur, khususnya pada elemen balok (frame element). Salah satu cara pengecekan visual di SAP2000 adalah melalui fitur "Display Frame Loads". Langkah-langkah untuk menampilkan beban garis (distributed load) pada balok yaitu Display > Show forces / stress > frames / cables / tendons



Gambar 20. Beban Garis

3.6. Perbandingan Hasil Momen Akhir Pada Metode Cross dan SAP2000

3.6.1. Data Hasil Momen Akhir Per Lantai

Analisis dilakukan terhadap struktur portal pada tiap lantai (lantai 1 s.d lantai 3). Berikut ini adalah hasil momen akhir dari kedua metode tersebut

Tabel 10. Momen Akhir Lantai 1

Batang	Metode Cross	SAP2000	Selisih (kNm)
AB	-39,103	-33,90	5,43
BA	-39,303	-43,48	4,17
BC	-39,303	-41,93	2,63
CB	-38,703	-41,93	2,627
CD	-39,703	-43,48	3,77

Tabel 11. Momen Akhir Lantai 2

Batang	Metode Cross	SAP2000	Selisih (kNm)
AB	-39,103	-39,94	0,84
BA	-39,303	-40,96	1,65
BC	-39,303	-41,04	1,73
CB	-38,703	-41,04	2,33
CD	-39,703	-40,96	1,26

Tabel 13. Momen Akhir Lantai 3

Batang	Metode Cross	SAP2000	Selisih (kNm)
AB	-57,023	-54,25	2,77
BA	-57,223	-64,32	7,097
BC	-57,223	-60,83	3,61
CB	-56,623	-60,83	4,21
CD	-57,263	-54,25	3,013

3.6.2. Analisis Hasil Perbandingan

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa:

- Selisih tidak konsisten antar batang maupun antar lantai.
- Pada lantai 1, batang AB menunjukkan selisih paling besar (5,43 kNm),
- Lantai 2 didominasi oleh selisih sedang, namun batang AB dan BA justru sangat mendekati.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis struktur bangunan Ruko 3 lantai Klinik Nenskin Beauty Care menggunakan dua pendekatan, yaitu metode manual (Metode Cross) dan perangkat lunak SAP2000, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Metode Cross secara manual menghasilkan nilai momen akhir yang cukup akurat dan dapat dijadikan acuan dalam perencanaan struktur sederhana.
 - Pada Lantai 1 Metode Cross menghasilkan momen terbesar sebesar - 38,703 kNm (batang CB) dan momen terkecil -39,703 kNm (batang CD).
 - Pada Lantai 2 Metode Cross menghasilkan momen terbesar sebesar - 39,703 kNm (batang CD) dan momen terkecil -39,103 kNm (batang AB).
 - Pada Lantai 3 Metode Cross menghasilkan momen terbesar sebesar - 57,263 kNm (batang CD) dan momen terkecil -57,023 kNm (batang AB).
- SAP2000 memberikan hasil perhitungan struktur yang cepat, rinci, dan efisien, terutama dalam struktur kompleks dan bertingkat.
 - Pada Lantai 1 SAP2000 menghasilkan momen terbesar sebesar -43,48 kNm (batang BA dan CD) dan momen terkecil -33,90 kNm (batang AB).
 - Pada Lantai 2 SAP2000 menghasilkan momen terbesar sebesar -41,04 kNm (batang BC dan CB) dan momen terkecil -39,94 kNm (batang AB).
 - Pada Lantai 3 SAP2000 menghasilkan momen terbesar sebesar 64,32 kNm (batang BA) dan momen terkecil -54,25 kNm (batang AB dan CD).

3. Hasil perhitungan momen akhir antara metode Cross dan SAP2000 menunjukkan bahwa pada lantai 1, lantai 2 dan lantai 3, perbedaan nilai momen relatif kecil, yaitu hanya berkisar antara ± 2 hingga 3 kNm, atau sekitar 5–7%, yang masih dapat dianggap dalam batas toleransi wajar. Kedua metode memiliki pendekatan dan hasil yang valid sesuai dengan prinsip analisis struktur. Metode Cross memberikan gambaran distribusi momen yang logis secara manual, sementara SAP2000 menyediakan hasil yang mempertimbangkan deformasi dan interaksi struktur secara menyeluruh.
4. Perbedaan hasil perhitungan antara metode Cross dan SAP2000 disebabkan oleh beberapa faktor utama, yaitu:
 - a. Pembulatan angka dalam metode manual yang menyebabkan akumulasi selisih;
 - b. Perbedaan perhitungan kekakuan, di mana metode Cross menggunakan pendekatan ideal sementara SAP2000 menggunakan properti elemen aktual seperti momen inersia dan panjang bentang sesungguhnya;
 - c. Perbedaan dalam pemodelan pembebanan, SAP2000 mampu mengakomodasi beban lateral, distribusi beban tidak merata, dan kombinasi beban secara lebih rinci;

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8460:2017 – Tata cara perencanaan pondasi dalam untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Jakarta: BSN.
- [3] Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 – Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. Jakarta: BSN.
- [4] CSI (Computers and Structures, Inc.). (2022). SAP2000 User's Manual Version 22. Berkeley, California: Computers and Structures Inc.
- [5] Cross, H. (1933). Analysis of Continuous Frames by Distributing Fixed-End Moments. Engineering News Record.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983). Jakarta: DPU.
- [7] Frapanti, E. (2018). Perancangan Struktur Portal Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya: ITS Press.
- [8] Gunawan, B., & Sofyan, H. (2020). Struktur Bangunan Gedung dan Pembebanan. Jakarta: Erlangga.
- [9] Hibbeler, R. C. (2016). Structural Analysis (9th ed.). Pearson Education.
- [10] Sutarman, E. (2014). Analisa Struktur 1 (Metode Cross dan Kani). Bandung: Penerbit Mandiri.