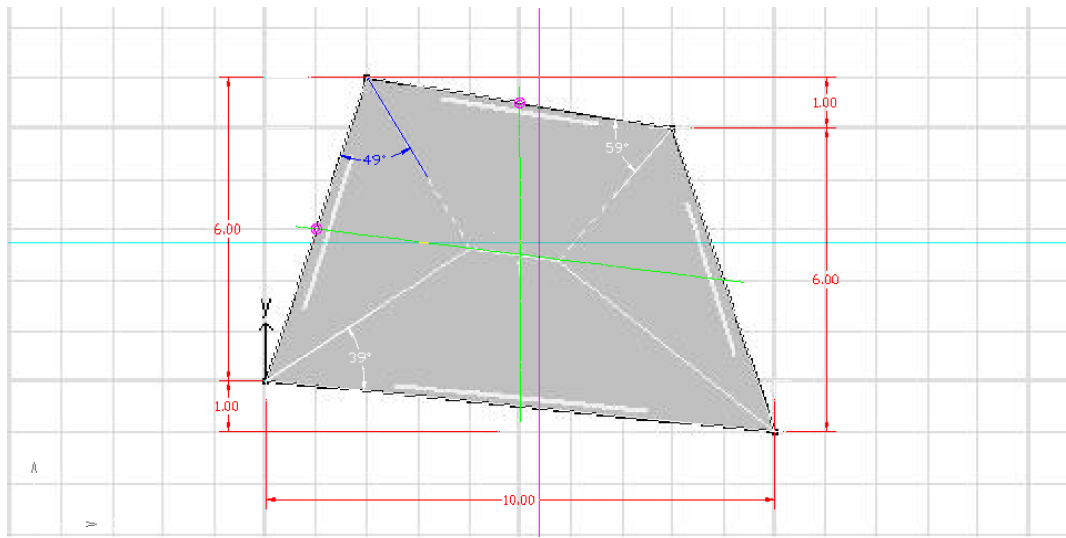


## SAP2000 - Distribusi Beban Lantai ke Balok

Semalem instal sebuah software struktur (demo) ada fasilitas *Tributary Loaded Areas* (TLA) yg auto secara 2ways dan 1way, yang menariknya tarikan garis dari batasan beban yang diterima suatu sisi balok dapat ditampilkan. Coba cari tahu berdasarkan konsep yang saya biasa dapet di text book bahwa penyebaran beban merupakan tarikan garis 45° untuk balok ortho yang mempunyai kekakuan sama dan sudut ~60° untuk balok yang salah satu mempunyai kekakuan lebih kecil. Kebanyakan panel beban berbentuk persegi dan baloknya orthogonal jadi ngga terlalu *concern* pada balok yang spesifik tidak orthogonal.

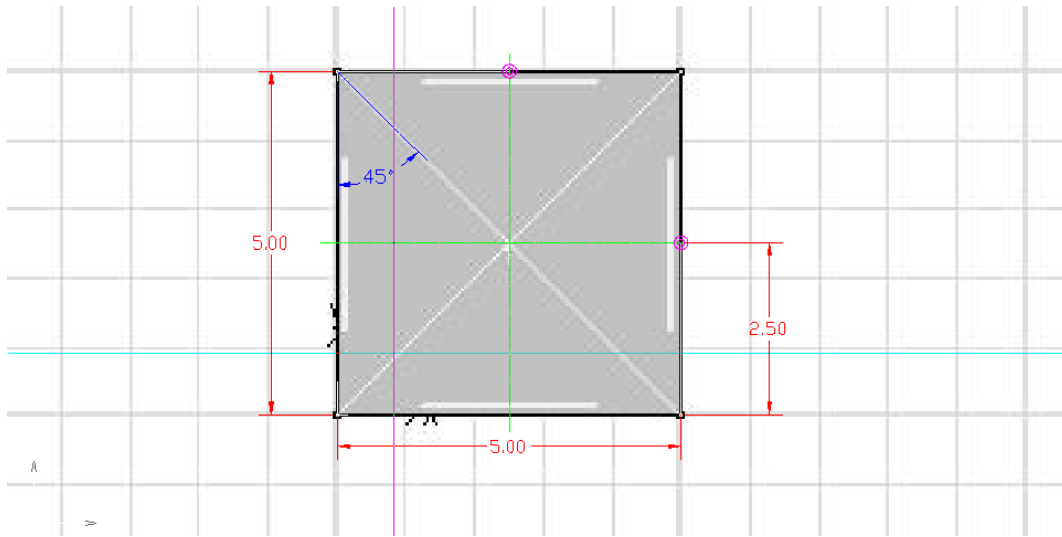


Saat dicoba pada balok yang khusus yaitu pada keadaan tidak biasa, ternyata terlihat tidak stabil konsep tersebut jika diterapkan. Berikut perbandingan hasil konsep tersebut pada 7 jenis kasus atau keadaan, diantaranya adalah penyebaran bentuk triangular & trapezoidal beraturan dan tidak beraturan serta salah satu sisi tanpa balok. Analisa dilakukan dgn SAP2000 dgn data: material beton *default*, tebal pelat 12 cm, dimensi balok 20×50 cm, tumpuan sederhana, beban merata 5kN/m'. Model pertama dgn cara auto fasilitas yang tersedia yaitu *Tributary Loaded Areas for membrane behaviour*, sedangkan model kedua dengan FE element *shell* dan *frame* dengan eksentrisitas.

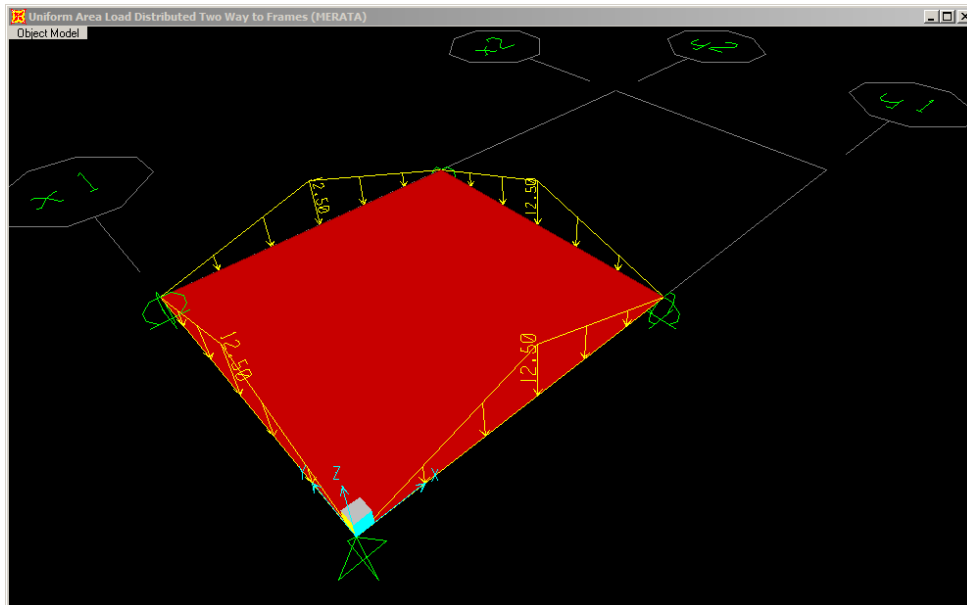
Kunci jawaban dari puzzle TLA tersebut cukup sederhana, yang menjadi pegangan adalah sudut yang terbentuk dari dua garis balok yang bertemu lalu dibagi dua. Tarikan garis imajiner ini dicari untuk keempat sudut, sesudah itu hubungkan garis pertemuan (*intersection*) sisi segitiga satu dgn yang lainnya menjadikan distribusi beban trapesium atau sama segitiga jika  $L_x = L_y$ .

### **Kasus 1**

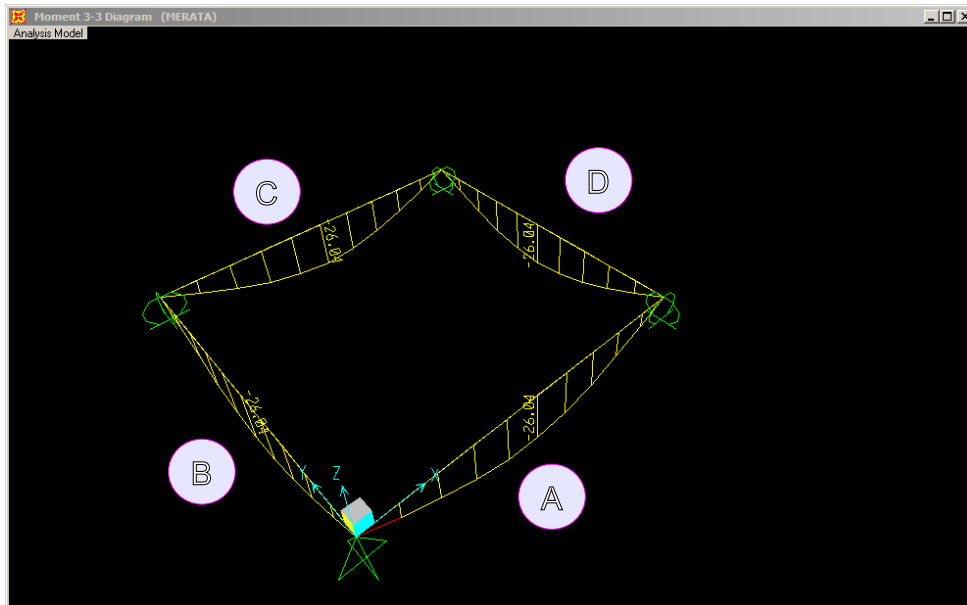
Balok orthogonal dengan panjang  $L_x = L_y = 5,0$  m



$$q = (1/2) * 5 * 5,0 = 12,5 \text{ kN/m' (peak values)}$$

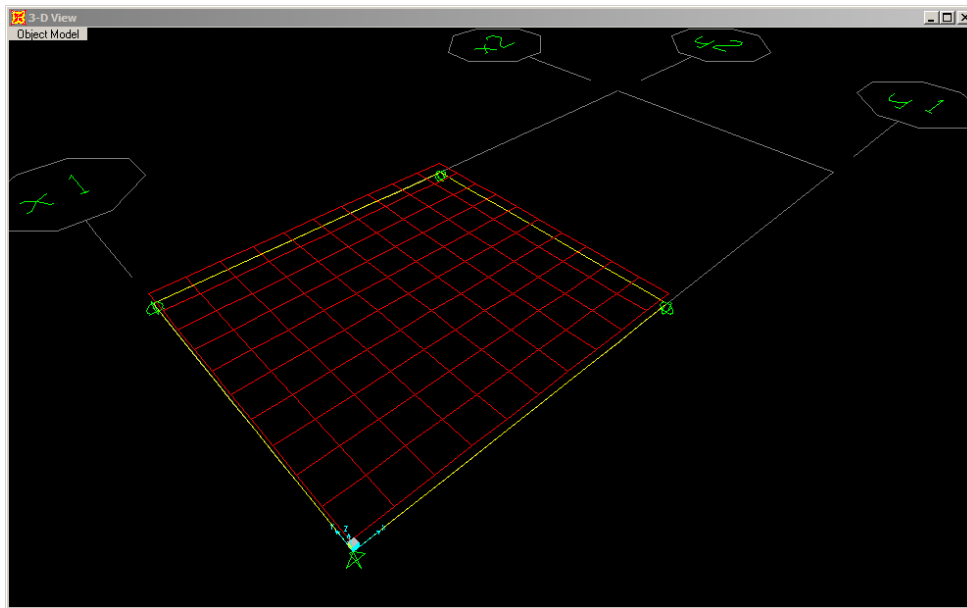


Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways

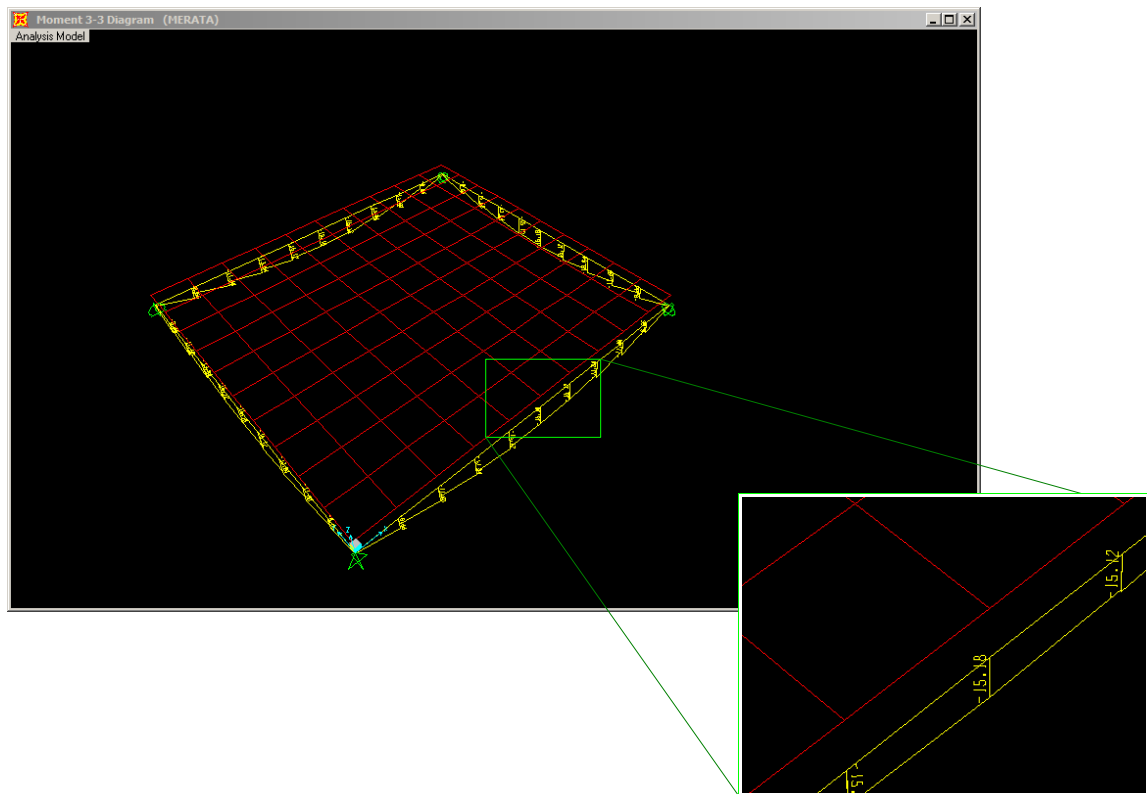


Momen Lentur balok sumbu kuat :  
 $M_A = M_B = M_C = M_D = 26,042 \text{ kN.m}$   
 (Kondisi simetris)

Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)



Tampilan Elemen Shell dan Frames dgn eksentrisitas



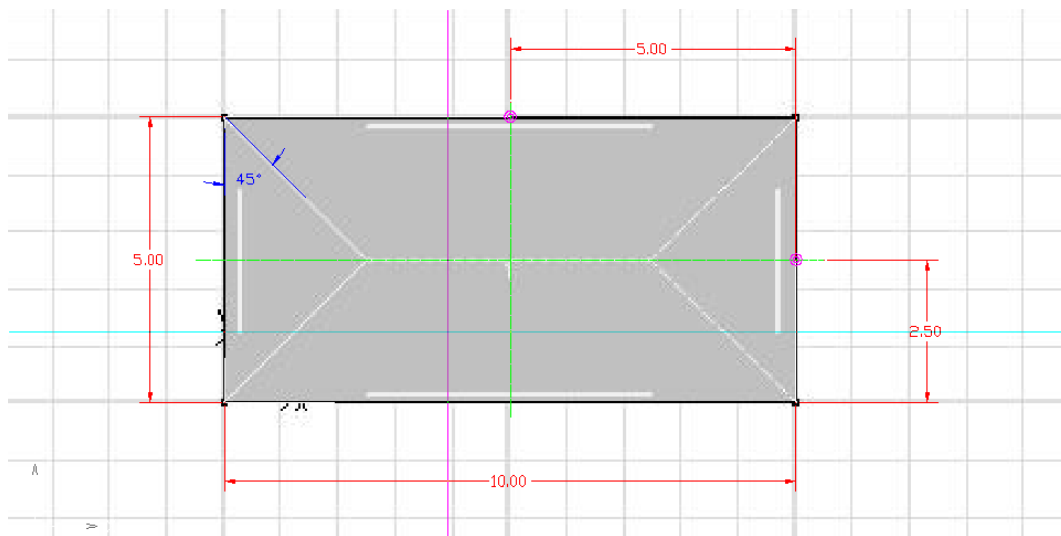
Momen Lentur balok sumbu kuat :

$$M_A = M_B = M_C = M_D = 15,061 + (86,742 * 0,19) = 31,542 \text{ kN.m}$$

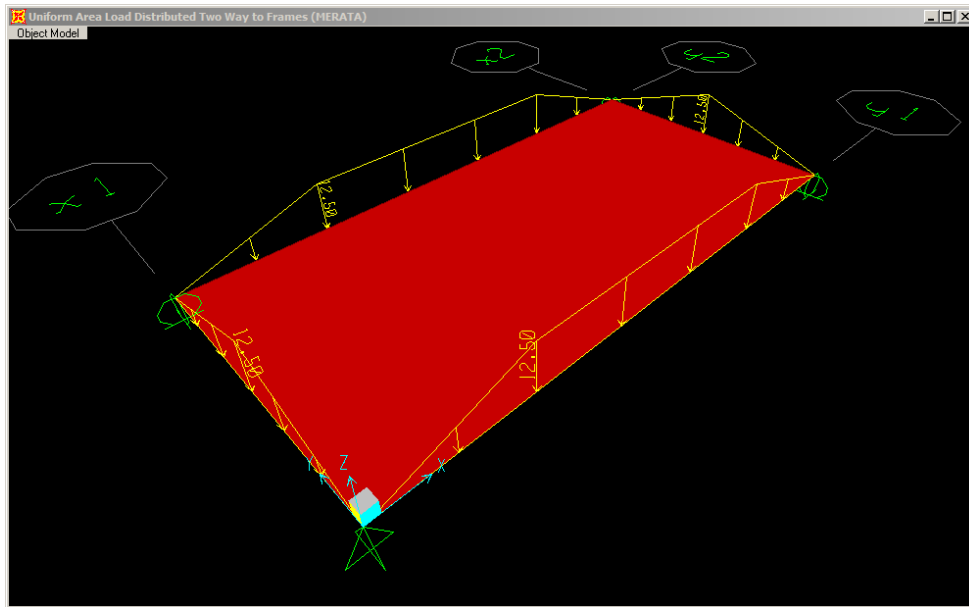
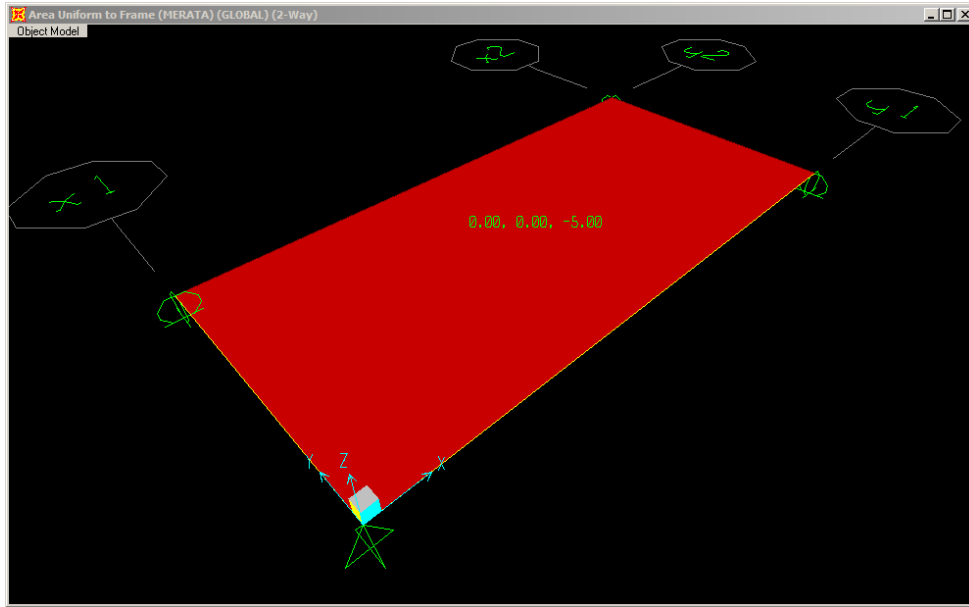
(Kondisi simetris)

## **Kasus 2**

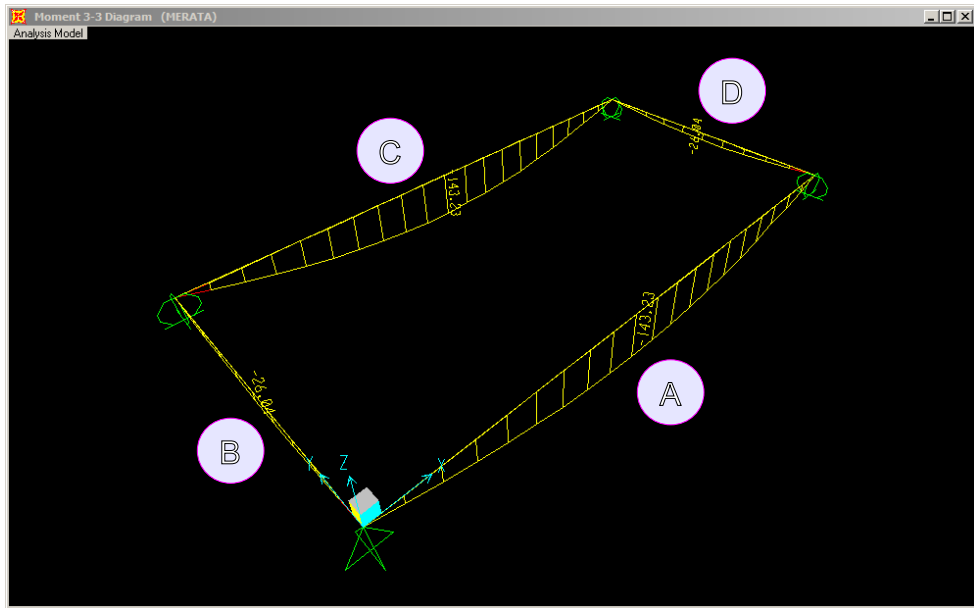
Balok orthogonal dengan panjang  $L_x = 10,0 \text{ m}$  dan  $L_y = 5,0 \text{ m}$



$$q = (1/2) * 5 * 5.0 = 12,5 \text{ kN/m' (peak values)}$$

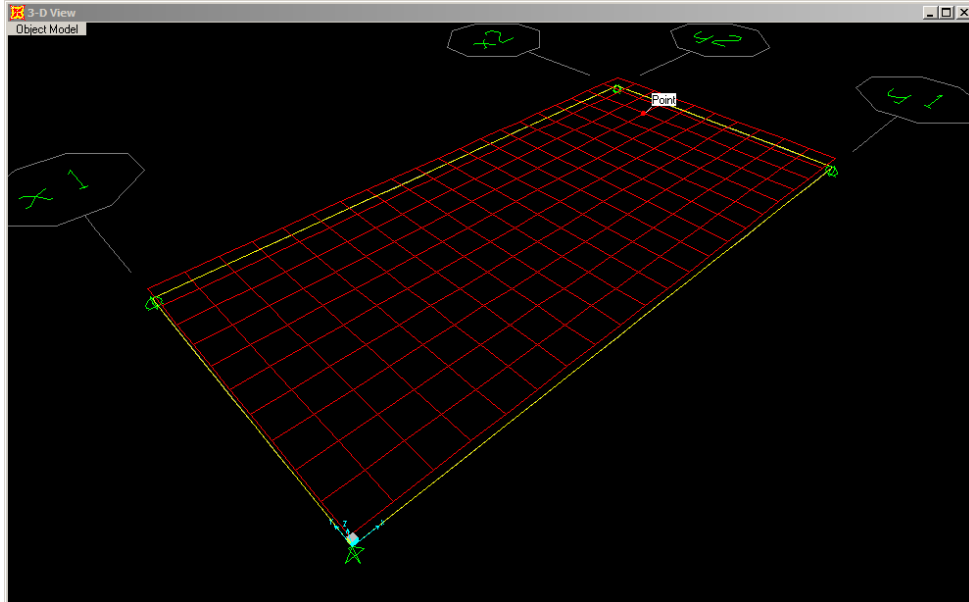


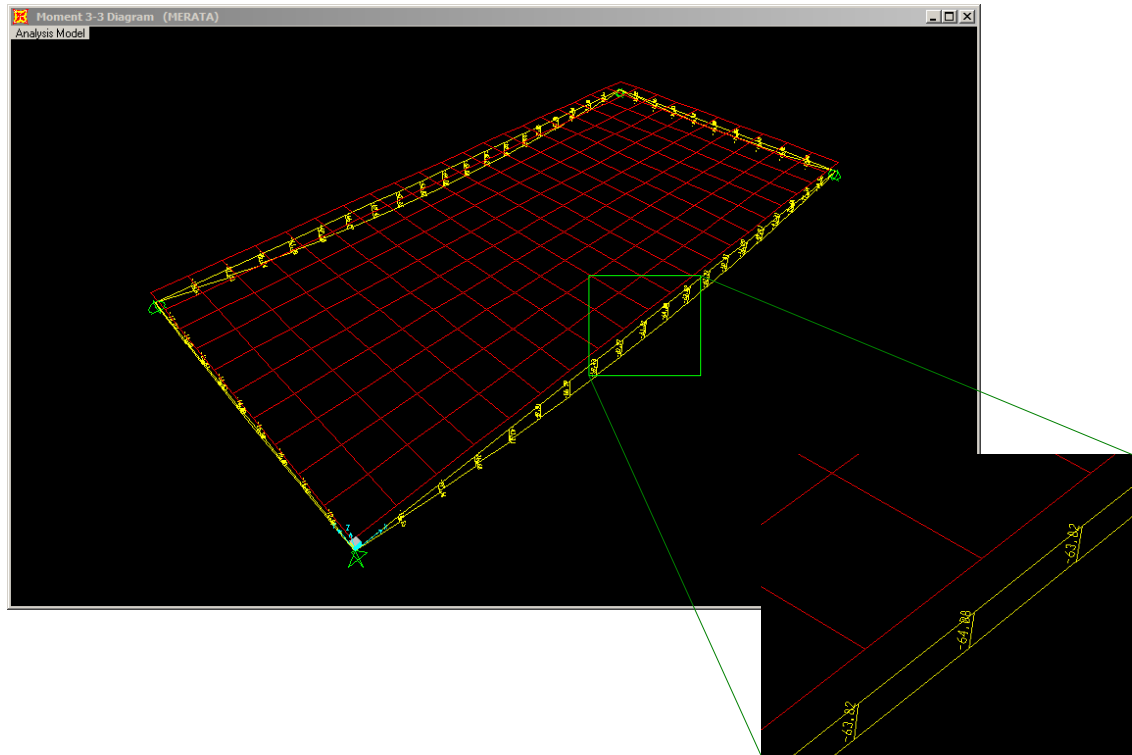
Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways



Momen Lentur balok sumbu kuat :  
 $M_A = M_C = 143,229 \text{ kN.m}$   
 $M_B = M_D = 26,042 \text{ kN.m}$

Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)



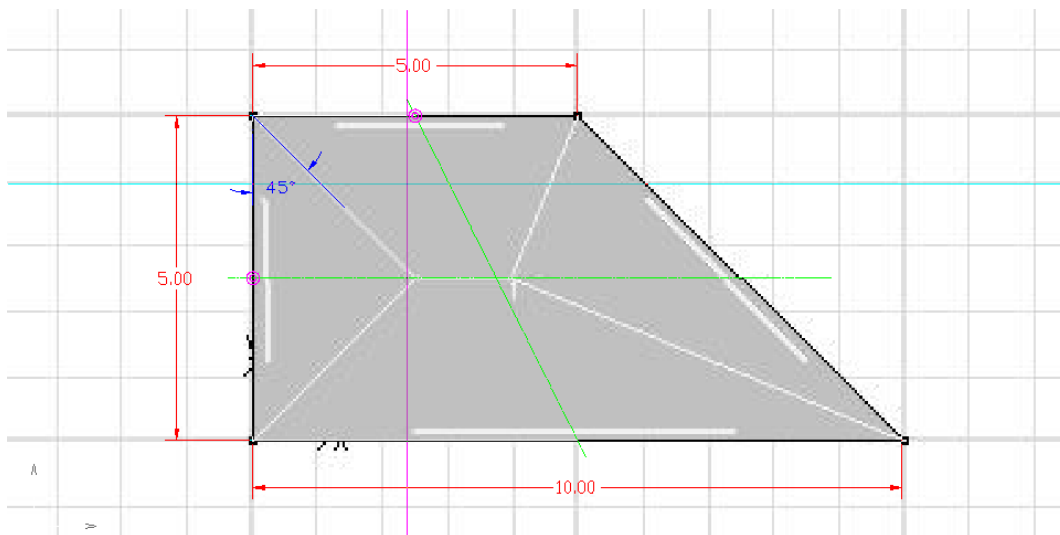


Momen Lentur balok sumbu kuat :

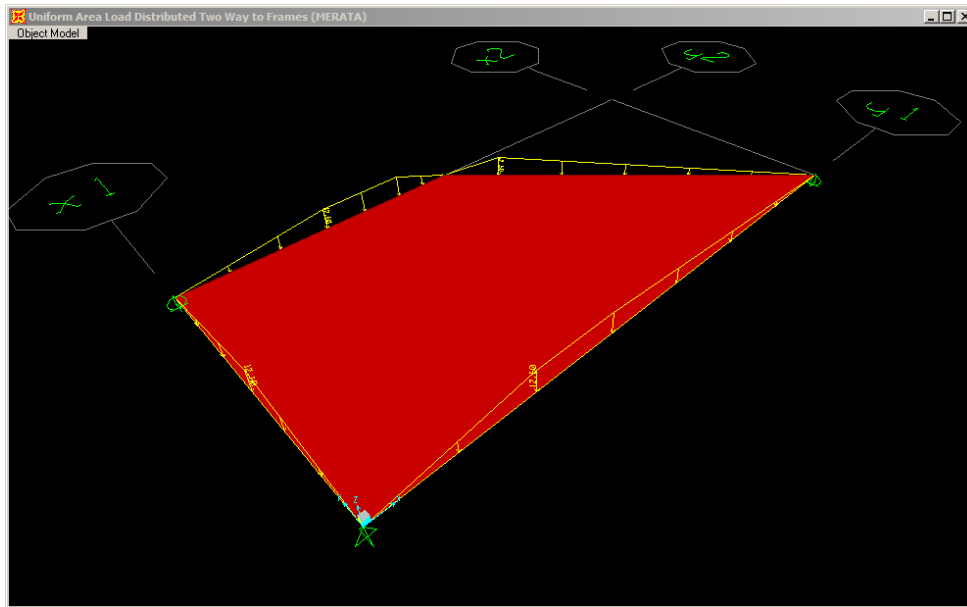
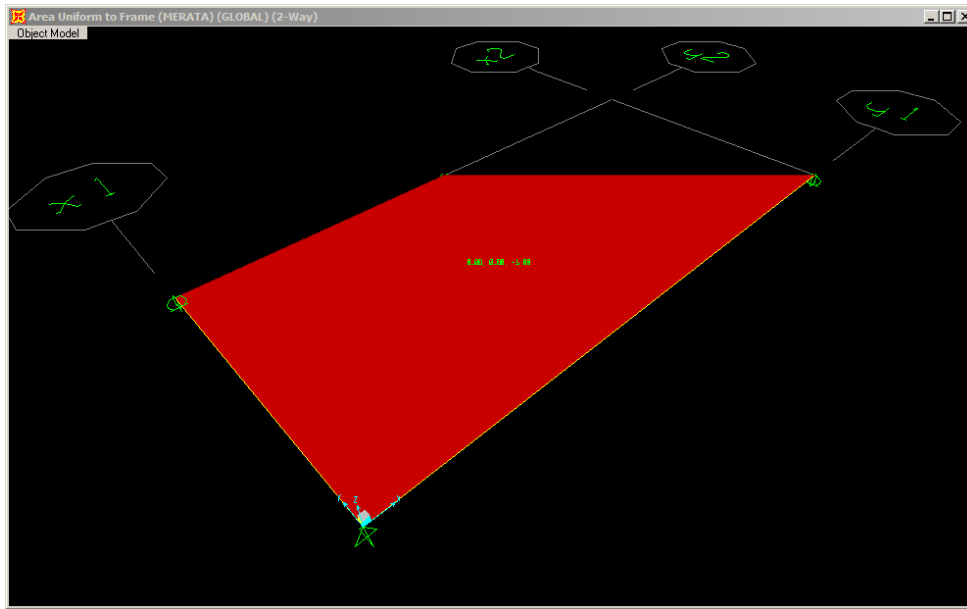
$$M_A = M_C = 64,085 + (400,985 * 0,19) = 140,27 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_D = 16,767 + (150,166 * 0,19) = 45,299 \text{ kN.m}$$

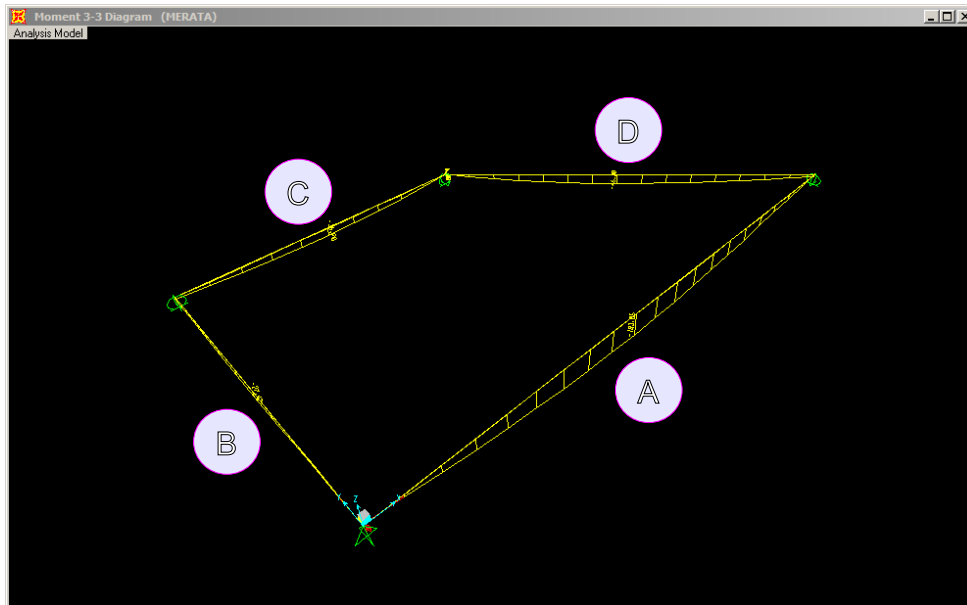
### **Kasus 3**



$$q = (1/2) * 5 * 5.0 = 12,5 \text{ kN/m}^2 \text{ (peak values)}$$



Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways



Momen Lentur balok sumbu kuat :

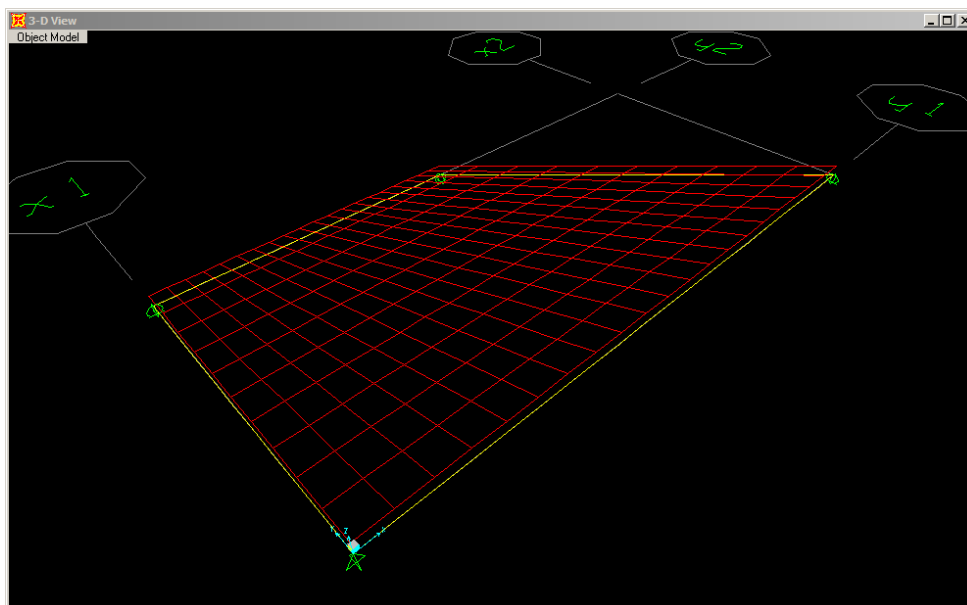
$$M_A = 103,853 \text{ kN.m}$$

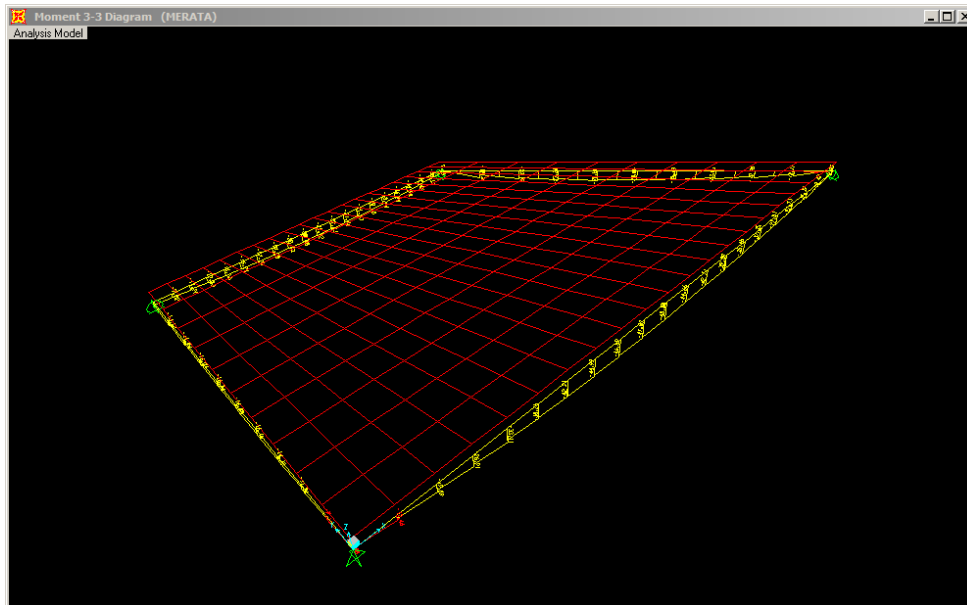
$$M_B = 27,418 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 35,897 \text{ kN.m}$$

$$M_D = 46,298 \text{ kN.m}$$

Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)





Momen Lentur balok sumbu kuat :

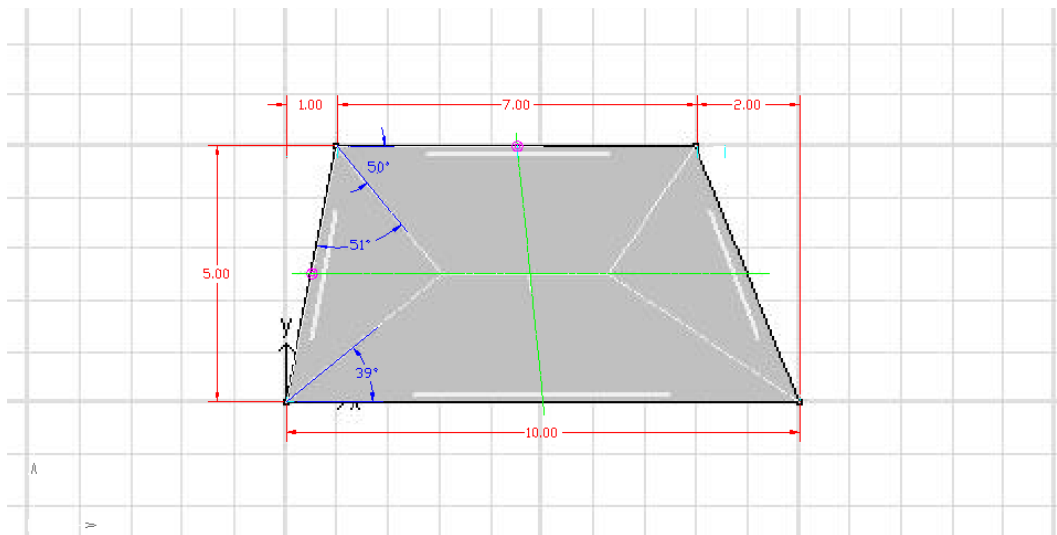
$$M_A = 47,066 + (261,600 * 0,19) = 96,770 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 16,876 + (116,132 * 0,19) = 38,941 \text{ kN.m}$$

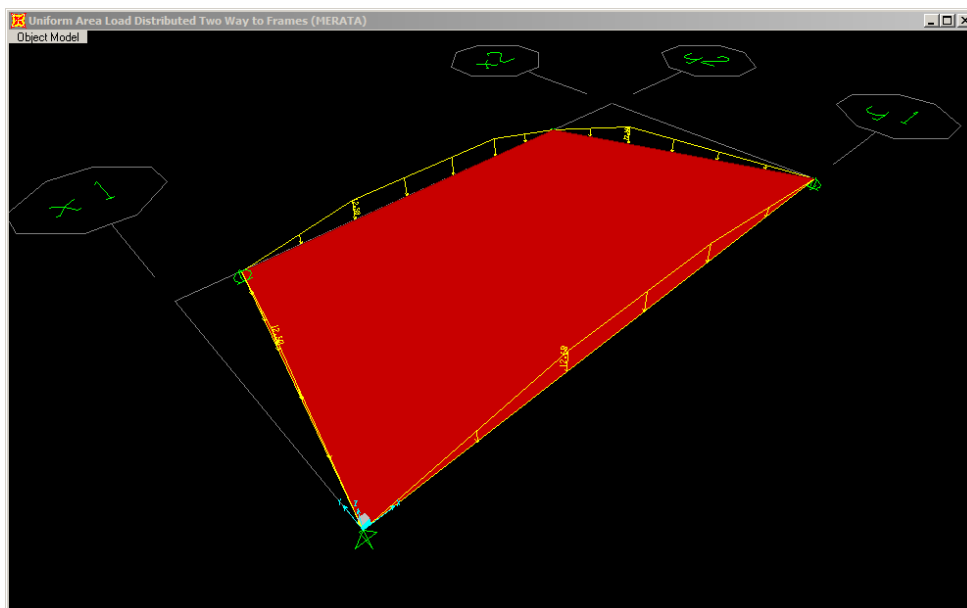
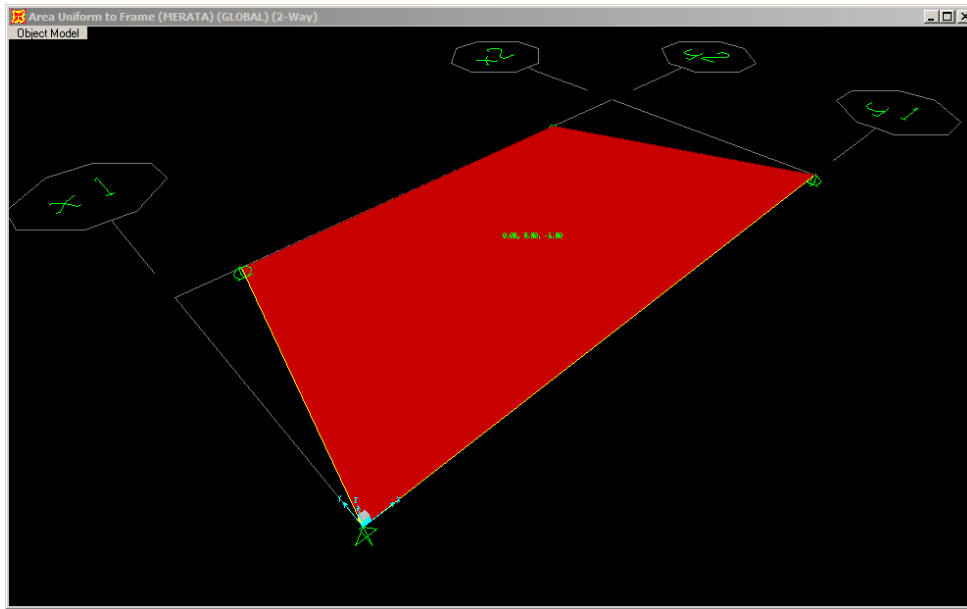
$$M_C = 22,025 + (148,192 * 0,19) = 50,181 \text{ kN.m}$$

$$M_D = 27,383 + (172,945 * 0,19) = 60,243 \text{ kN.m}$$

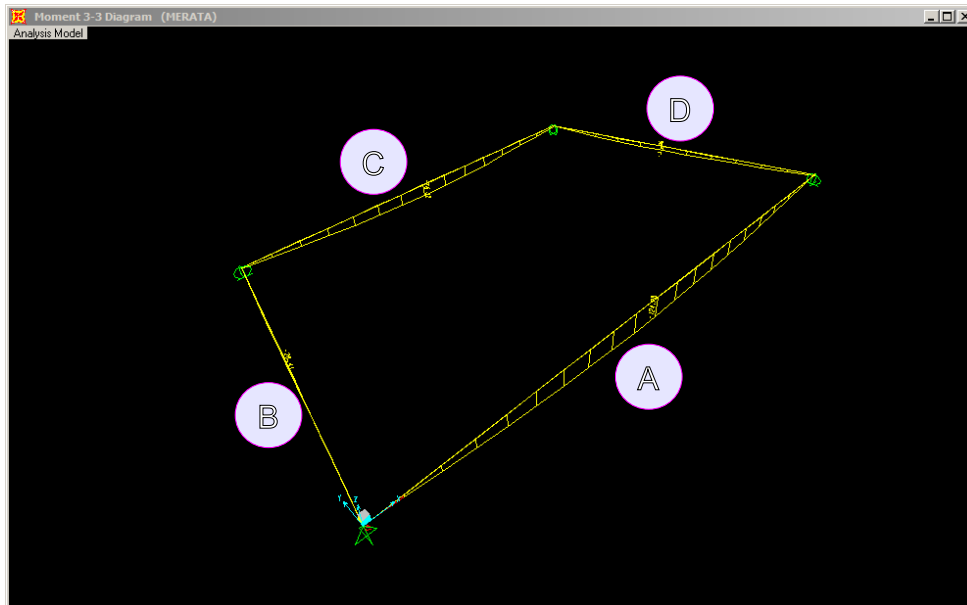
#### **Kasus 4**



$$q = (1/2) * 5 * 5.0 = 12,5 \text{ kN/m' (peak values)}$$



Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways



Momen Lentur balok sumbu kuat :

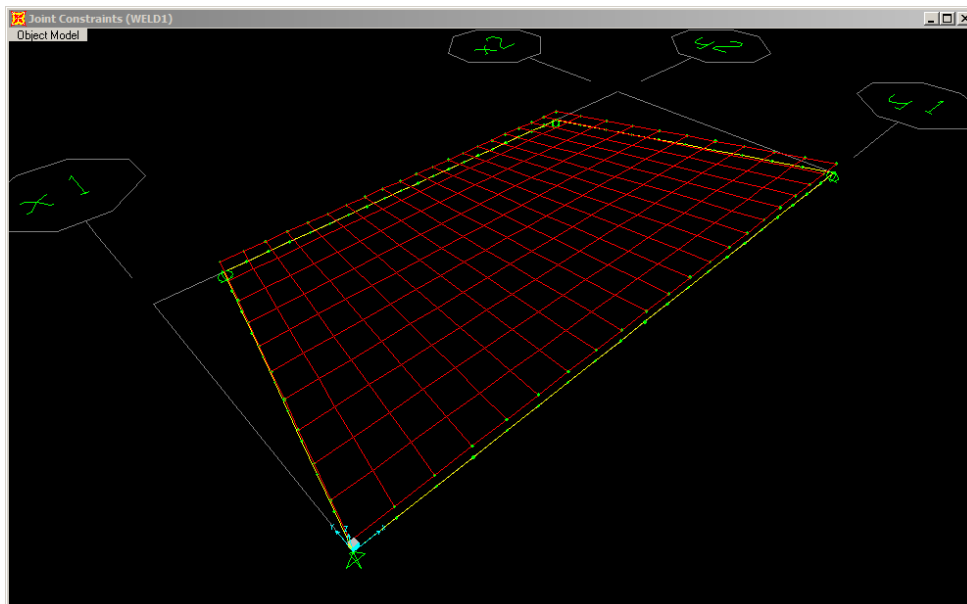
$$M_A = 124,985 \text{ kN.m}$$

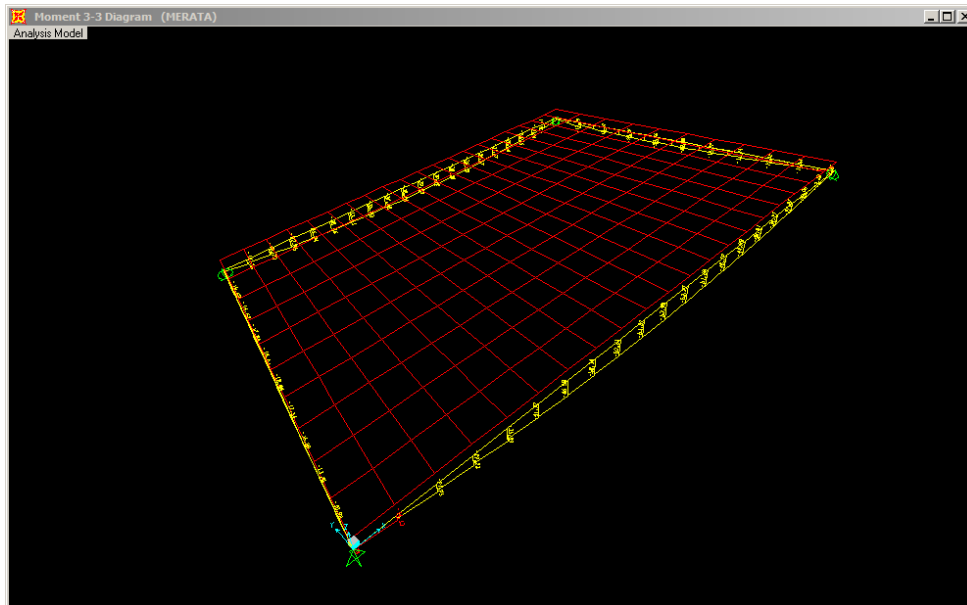
$$M_B = 28,408 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 76,321 \text{ kN.m}$$

$$M_D = 31,364 \text{ kN.m}$$

Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)





Momen Lentur balok sumbu kuat :

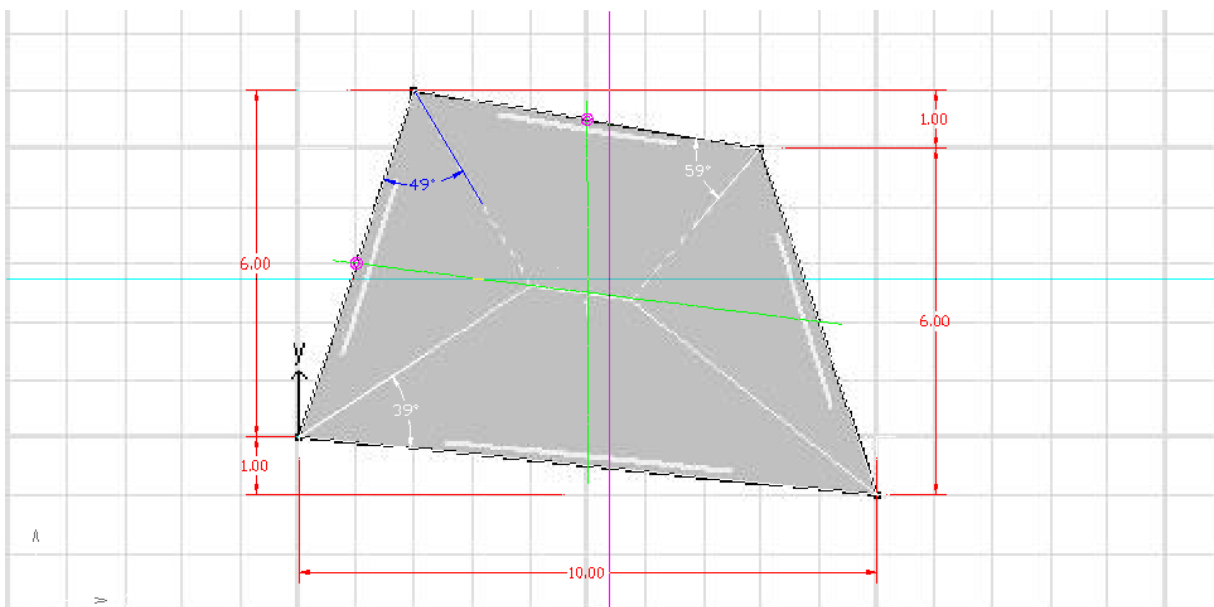
$$M_A = 53,749 + (317,328 * 0,19) = 114,041 \text{ kN.m}$$

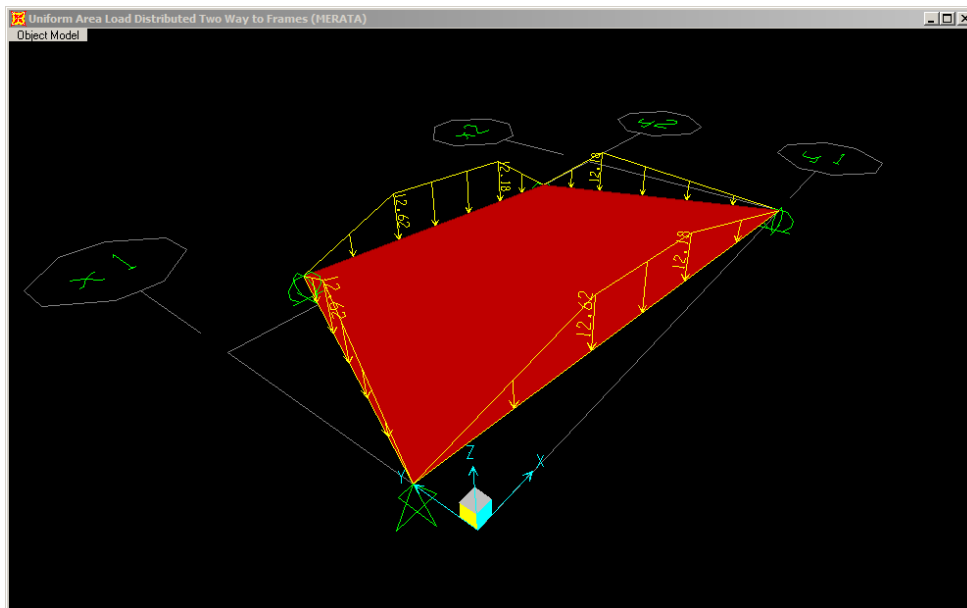
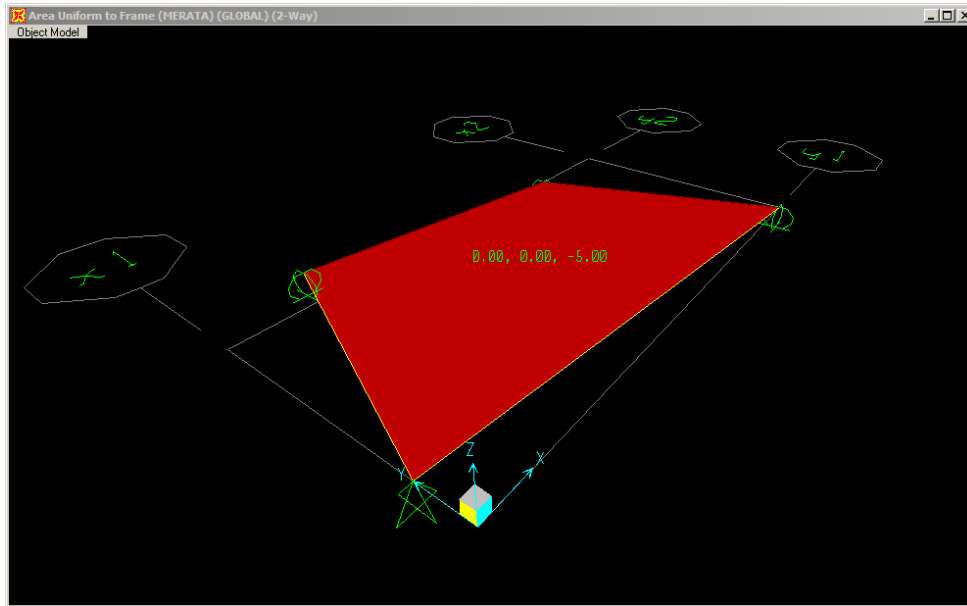
$$M_B = 18,184 + (136,674 * 0,19) = 44,152 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 39,232 + (253,414 * 0,19) = 87,381 \text{ kN.m}$$

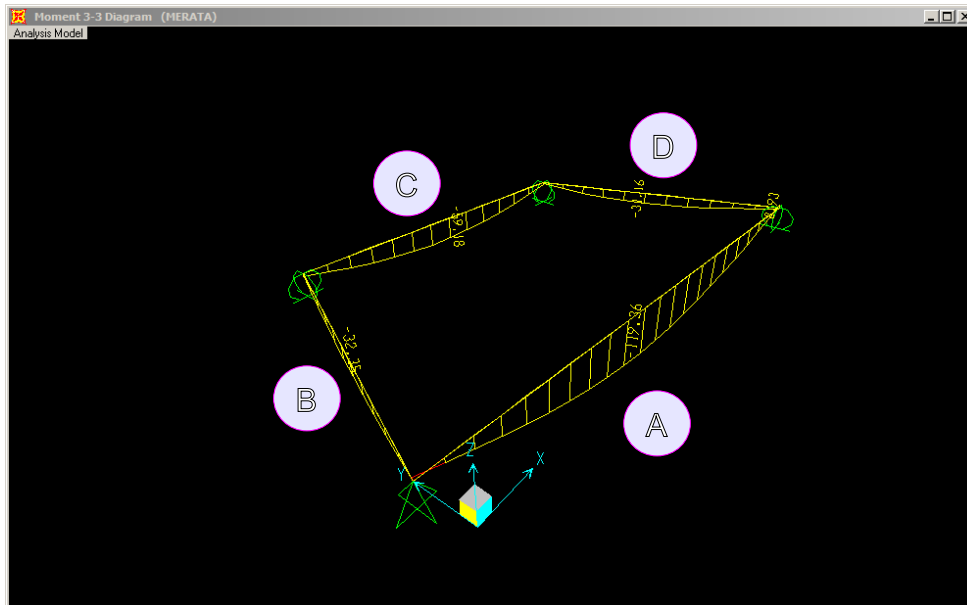
$$M_D = 19,982 + (152,527 * 0,19) = 48,962 \text{ kN.m}$$

### Kasus 5





Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways



Momen Lentur balok sumbu kuat :

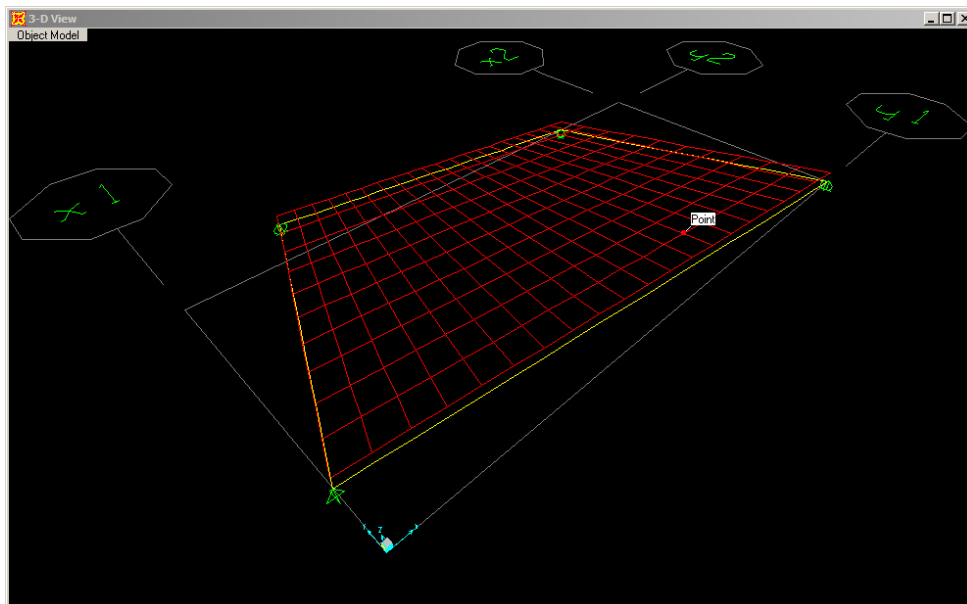
$$M_A = 119,362 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 32,353 \text{ kN.m}$$

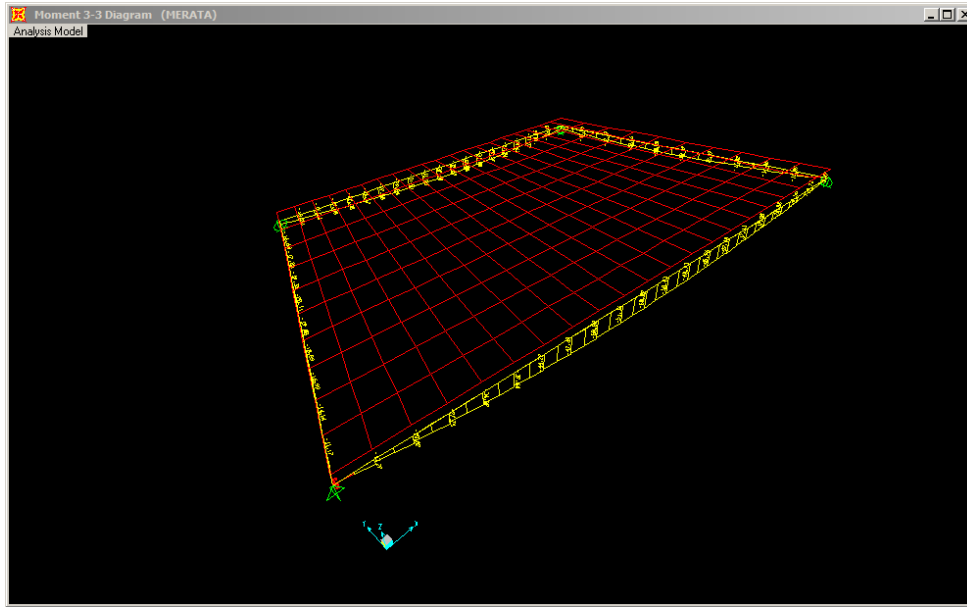
$$M_C = 59,182 \text{ kN.m}$$

$$M_D = 31,156 \text{ kN.m}$$

Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)



Tampilan Element Shell dan Frames dgn eksentrisitas



Momen Lentur balok sumbu kuat :

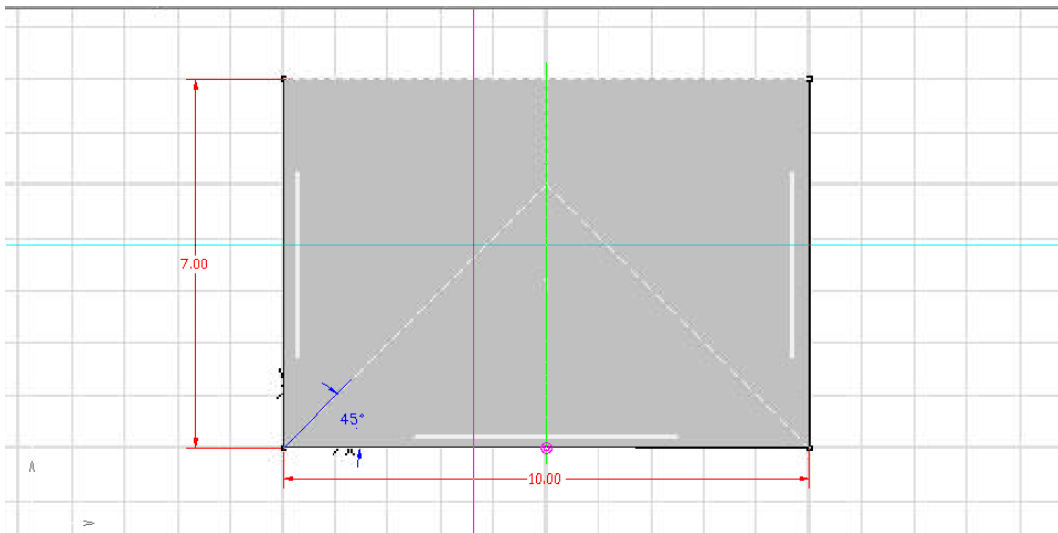
$$M_A = 51,123 + (298,061 * 0,19) = 107,755 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 20,1075 + (142,034 * 0,19) = 47,094 \text{ kN.m}$$

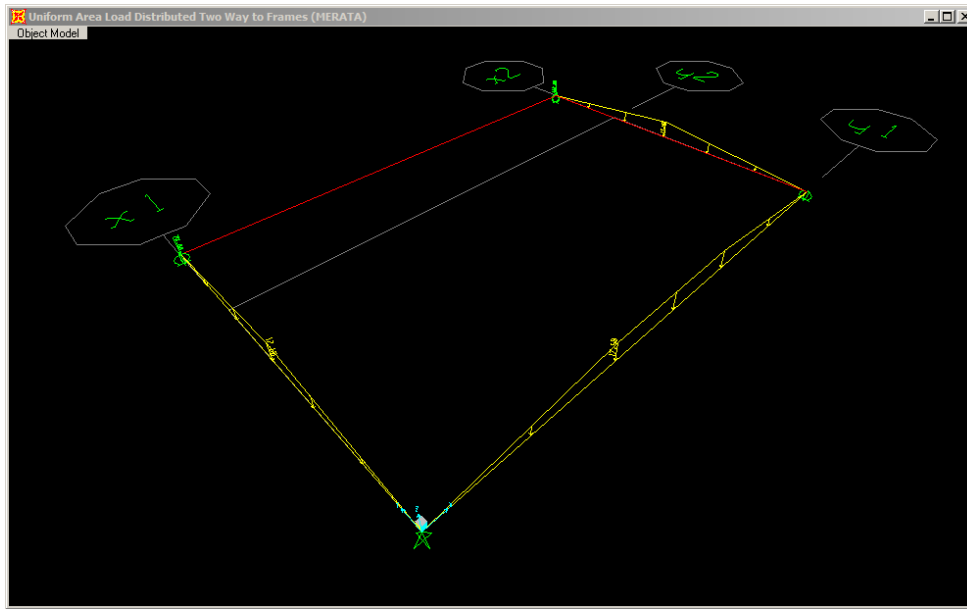
$$M_C = 32,619 + (215,314 * 0,19) = 73,529 \text{ kN.m}$$

$$M_D = 20,1897 + (135,245 * 0,19) = 45,886 \text{ kN.m}$$

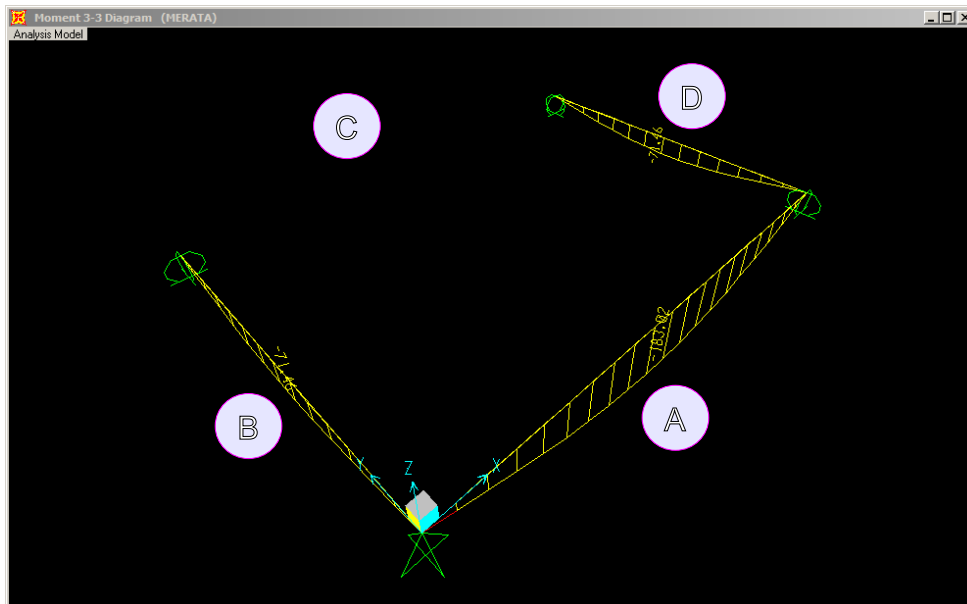
### Kasus 6



$$q = (1/2) * 5 * 7,0 = 17,5 \text{ kN/m' (peak values)}$$



Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways  
 (Mengapa sisi pendek berupa beban segitiga ? jadi ada *Point Loads*)



Momen Lentur balok sumbu kuat :

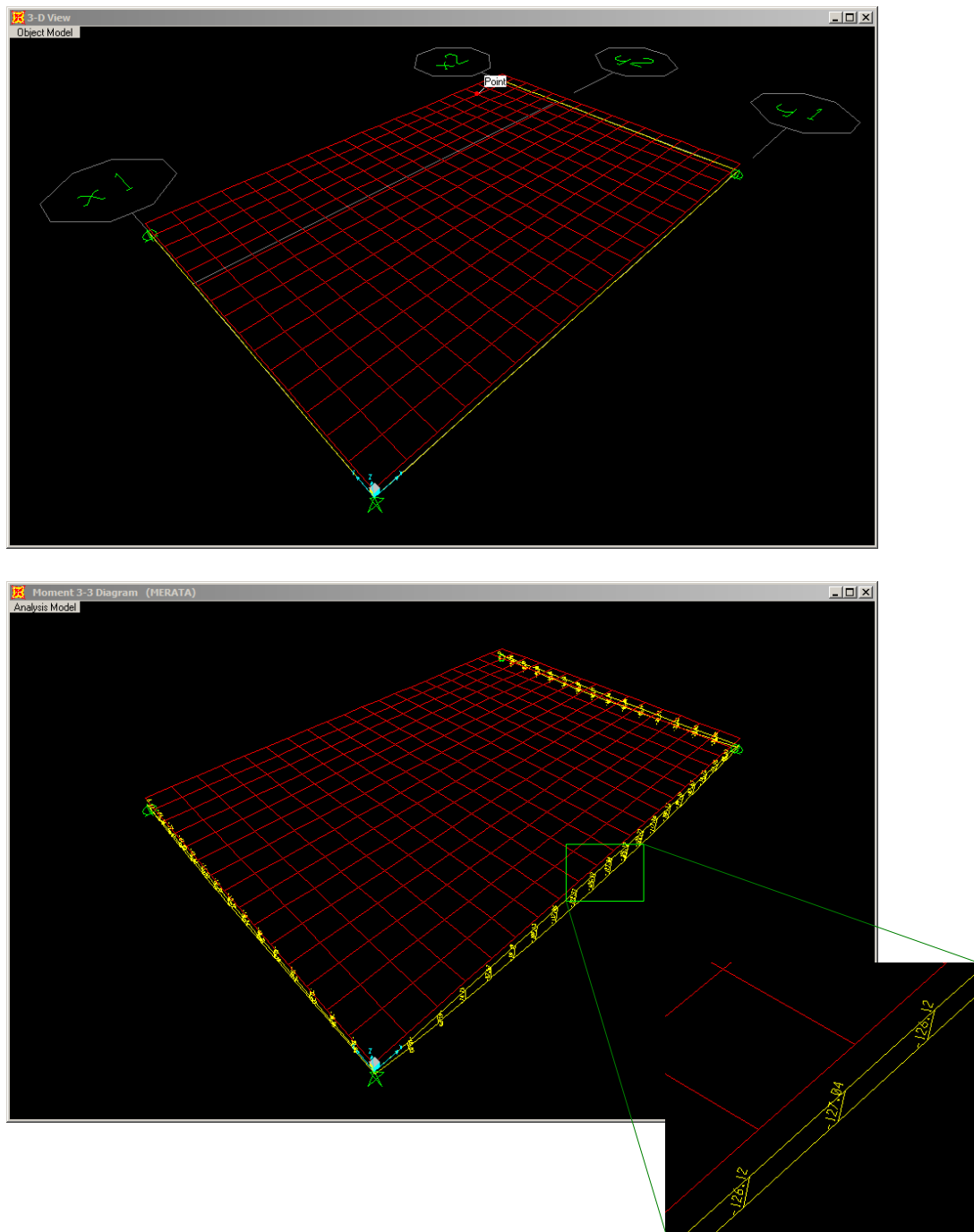
$$M_A = 183,021 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 71,458 \text{ kN.m}$$

$$M_C = \text{None}$$

$$M_D = M_B \text{ (Simetris)}$$

## Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)



Momen Lentur balok sumbu kuat :

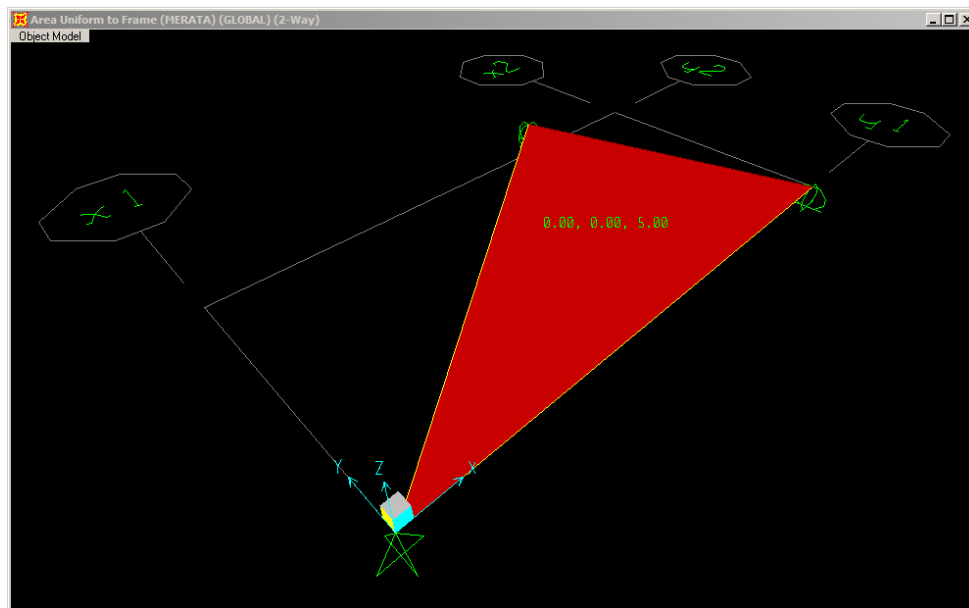
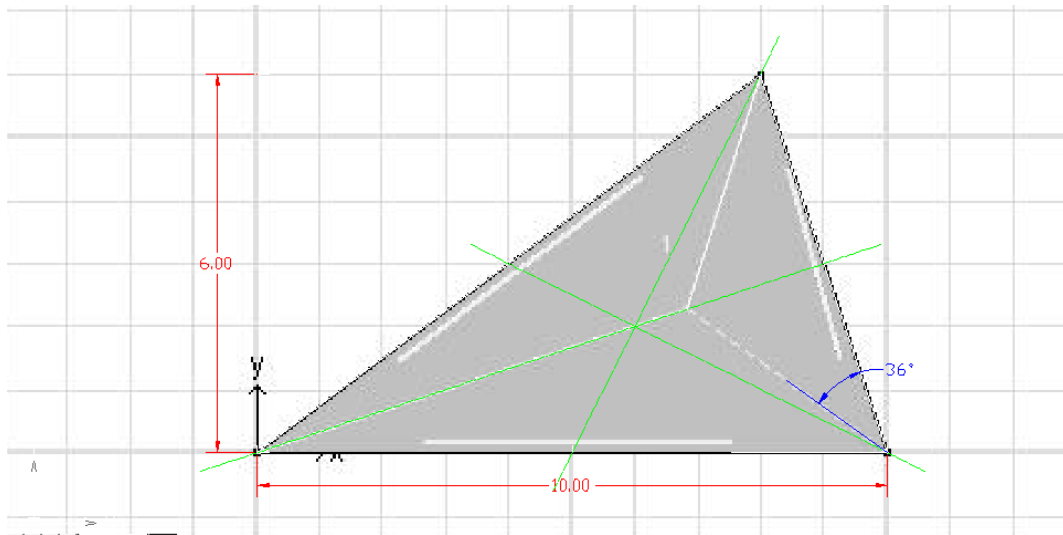
$$M_A = 127,038 + (739,615 * 0,19) = 267,565 \text{ kN.m}$$

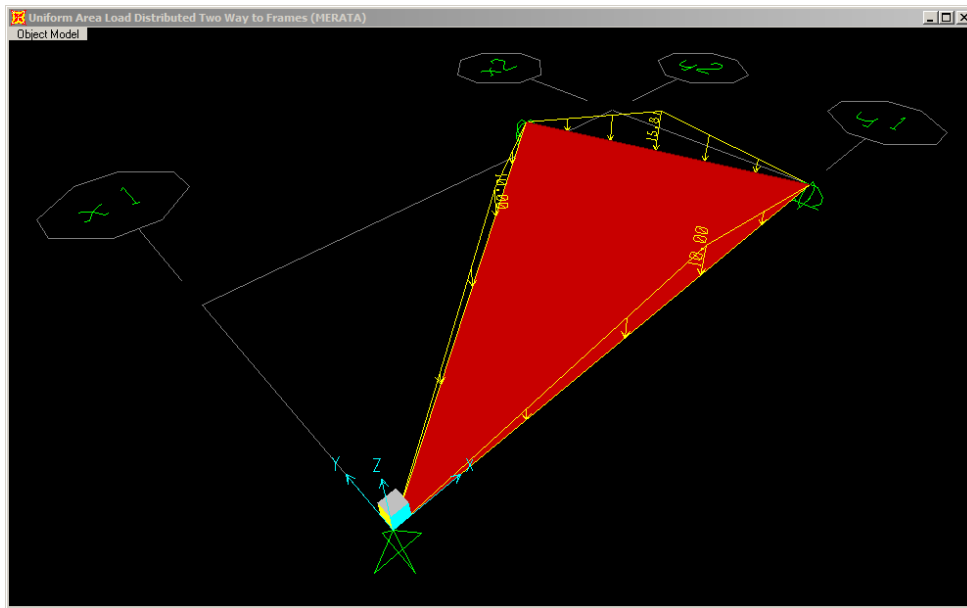
$$M_B = 52,271 + (302,887 * 0,19) = 109,819 \text{ kN.m}$$

$$M_C = \text{None}$$

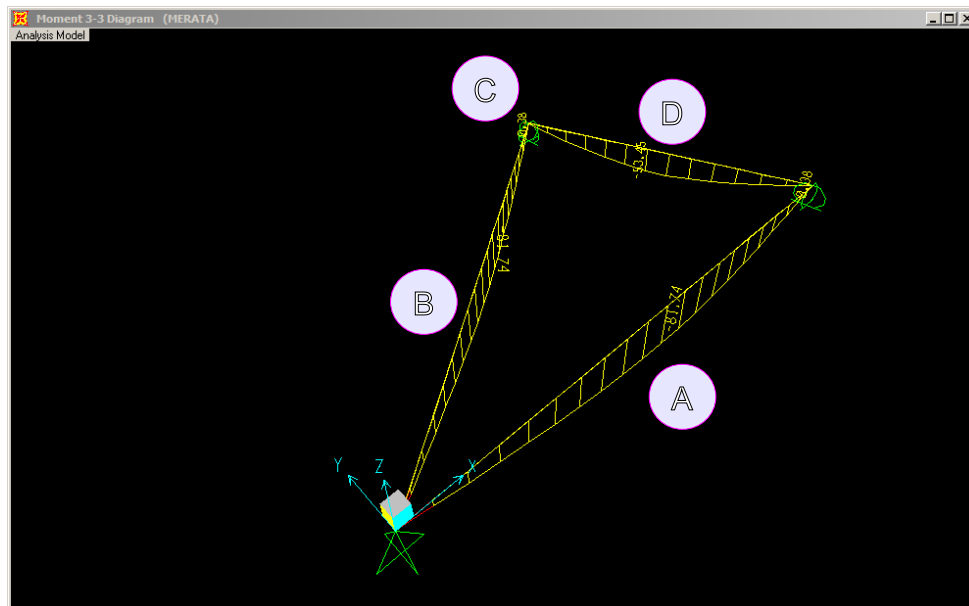
$$M_D = M_B \text{ (Simetris)}$$

## Kasus 7





Uniform Load to Frames Resultants – Two Ways



Momen Lentur balok sumbu kuat :

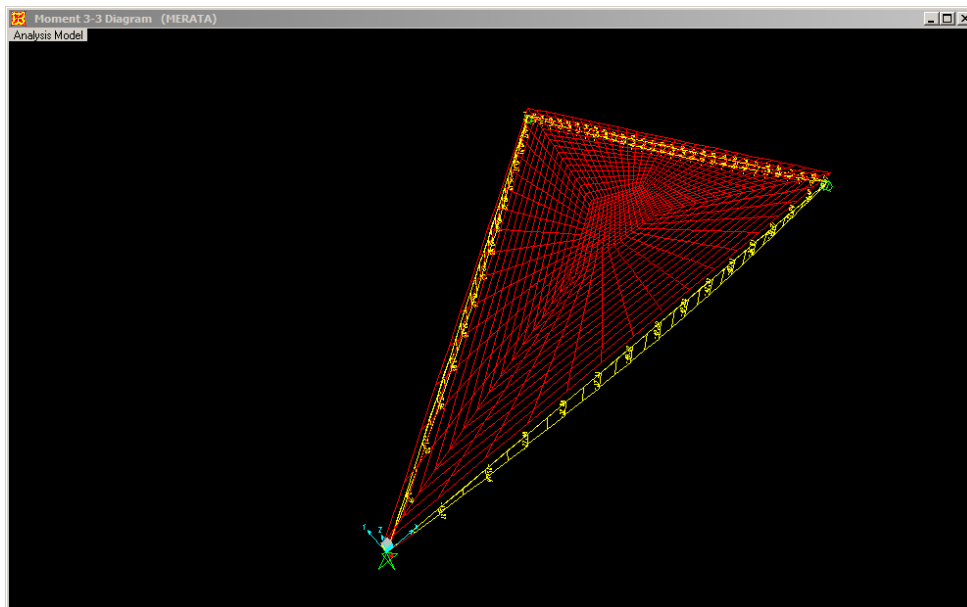
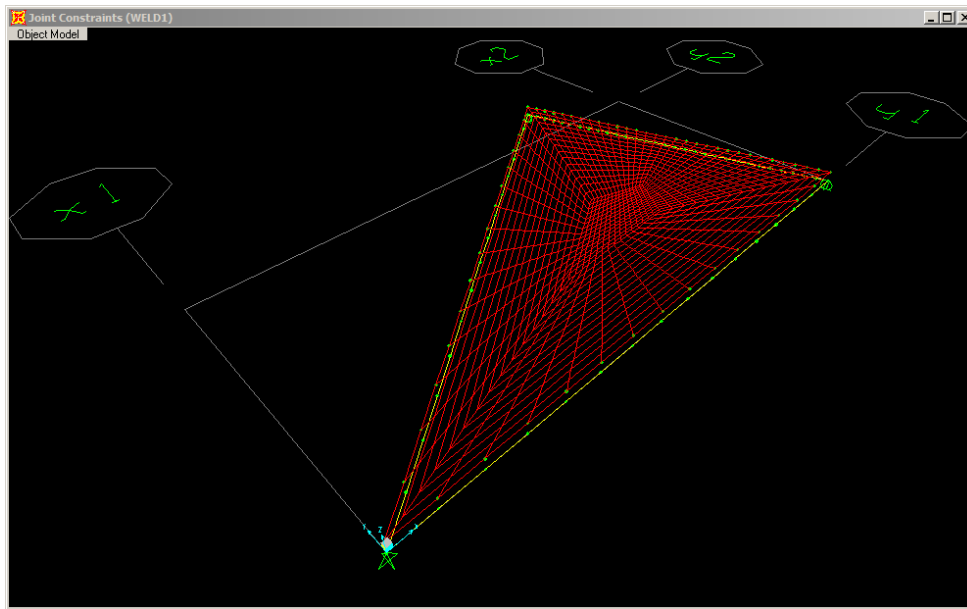
$$M_A = 81,738 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_A \text{ (Simetris)}$$

$$M_C = \text{None}$$

$$M_D = 53,451 \text{ kN.m}$$

## Pemodelan Finite Element (*Shell, Frames, Rigid Links*)



Momen Lentur balok sumbu kuat :

$$M_A = 42,826 + (243,166 * 0,19) = 89,028 \text{ kN.m}$$

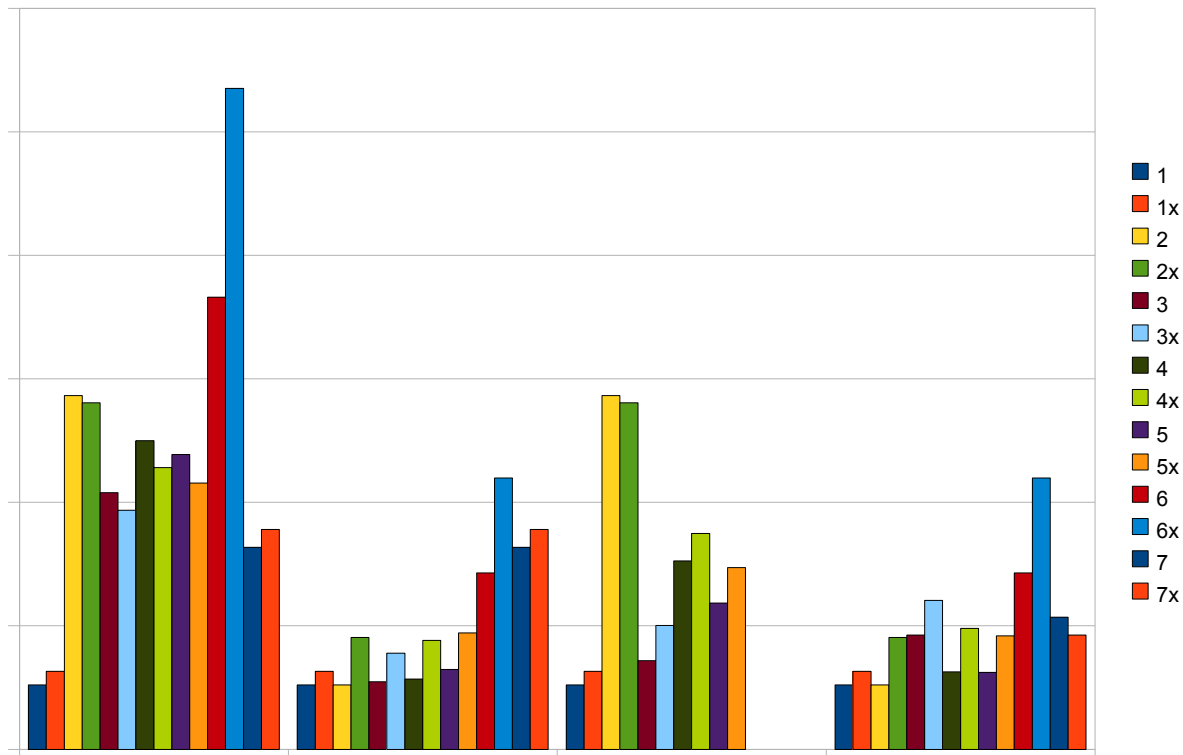
$$M_B = M_A \text{ (Simetris)}$$

$$M_C = \text{None}$$

$$M_D = 19,500 + (140,773 * 0,19) = 46,247 \text{ kN.m}$$

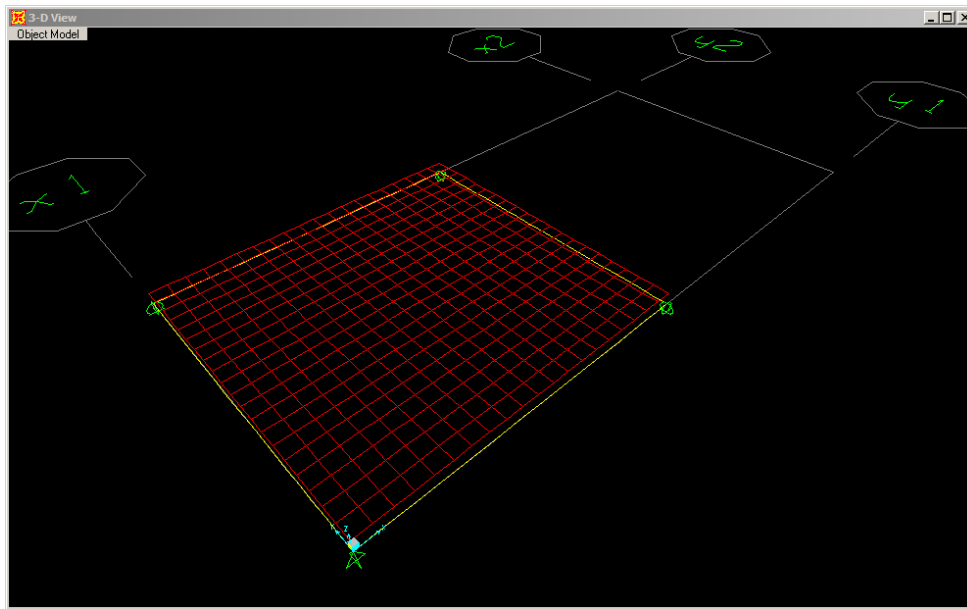
Hasil kedua metode tersebut dilakukan perbandingan, ditunjukkan dalam tabel dan grafik berikut.

Kasus	Ma	Mb	Mc	Md	% Max. Diff
1	26.042	26.042	26.042	26.042	
1x	31.542	31.542	31.542	31.542	17.44
2	143.229	26.042	143.229	26.042	
2x	140.270	45.299	140.270	45.299	42.51
3	103.853	27.418	35.897	46.298	
3x	96.770	38.941	50.181	60.243	29.59
4	124.985	28.408	76.321	31.364	
4x	114.041	44.152	87.381	48.962	35.94
5	119.362	32.353	59.182	31.156	
5x	107.755	47.094	73.529	45.886	32.10
6	183.021	71.458	0.000	71.458	
6x	267.565	109.819	0.000	109.819	34.93
7	81.738	81.738	0.000	53.451	
7x	89.028	89.028	0.000	46.247	13.48

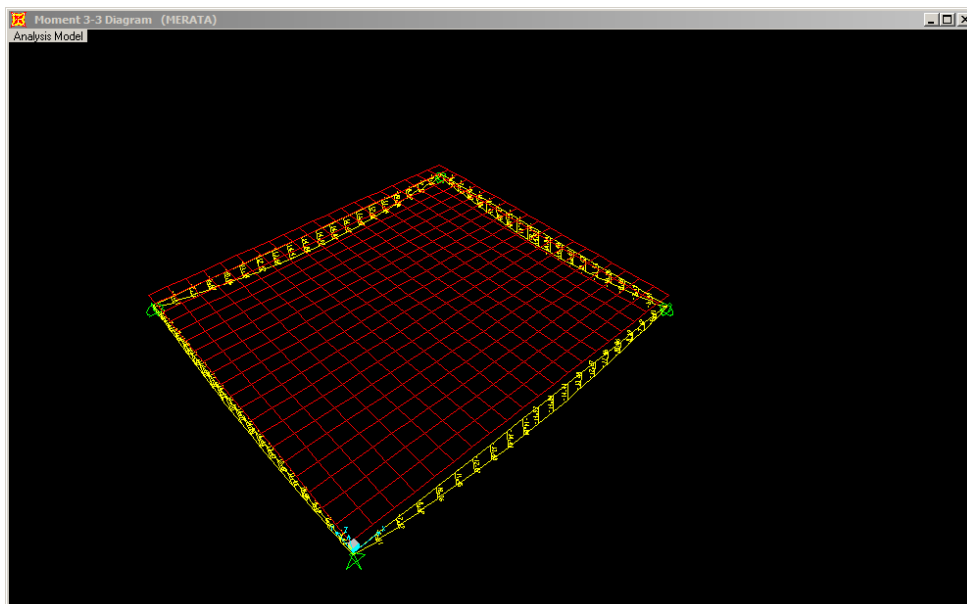


Dapat dilihat bahwa pada permasalahan khusus maka akan menghasilkan perbedaan pada kedua metode tersebut yang cukup signifikan walau hanya dengan mesh yang kasar. Penyebab lain dari perbedaan tersebut adalah kemungkinan dari cara model eksentrisitas balok dan pelat serta meshing elemen *shell*, jika dilakukan analisa ulang dengan menambahkan jumlah pias dua kali lipat pada Kasus 1 maka akan diketahui tingkat konvergensinya. Dibawah ini dapat diketahui bahwa meshing awal sudah mencukupi, terlihat bahwa perbedaannya hanya kecil walau dilakukan *meshing* jumlah pias yang

dua kali lipatnya.



Meshing dua kali lipat model awal



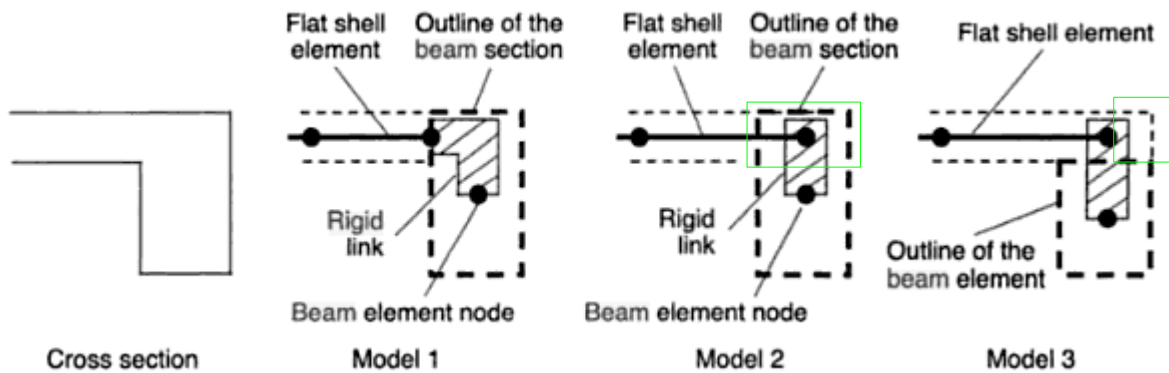
Momen Lentur balok sumbu kuat :

$$M_x = 26,042 \text{ kN.m (Auto Distribution - 2 ways)}$$

$$M_x = 31,542 \text{ kN.m (10 x 10 pias)}$$

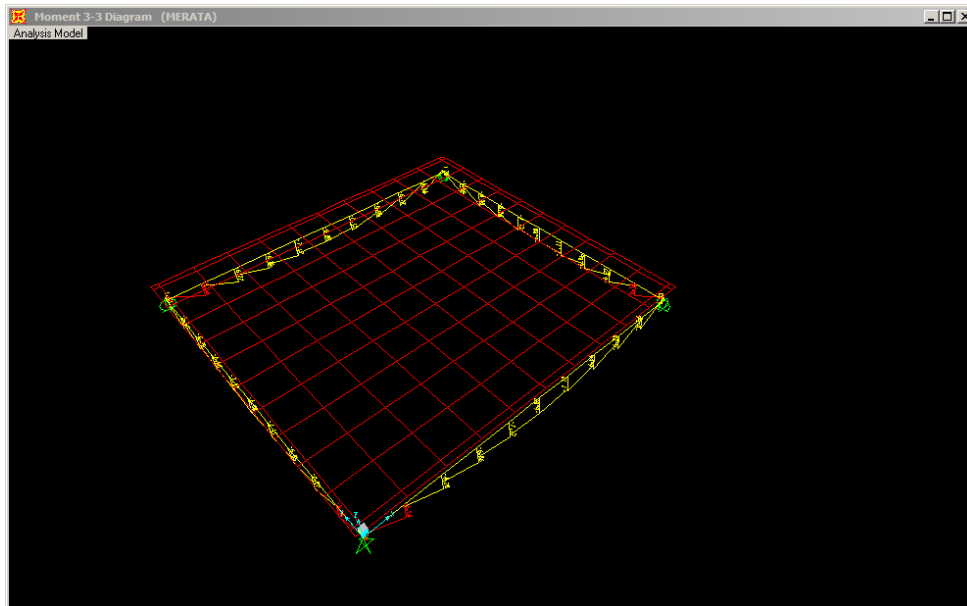
$$M_x = 14,971 + (87,503 * 0,19) = 31,596 \text{ kN.m (20 x 20 pias)}$$

Penyebab lain dari selisih kemungkinan dikarenakan representasi eksentrisitas dengan rigid links, MacLeod., I (2005) menyampaikan bahwa pemodelan tersebut pada Model 2 yang digunakan penulis tidak direkomendasikan dikarenakan adanya overlap antara balok dan slab.



Kemudahan dalam modelisasi tanpa kehilangan ketelitian yang besar adalah syarat efisiensi analisa struktur, diantara ketiga model tersebut yang paling cepat adalah Model 2 dan Model 3 (*recommended*), namun jika diperhatikan masing-masing ada keurangannya. Pada Model 2 terjadi overlap, sedangkan pada Model 3 adanya luasan balok yang tidak diperhitungkan atau *missing*. Berikut perbandingannya untuk Kasus 1 dengan representasi Model 3, terlihat hasil tidak begitu signifikan.

Model 3 tambahan adanya *overhang* slabs 10cm.

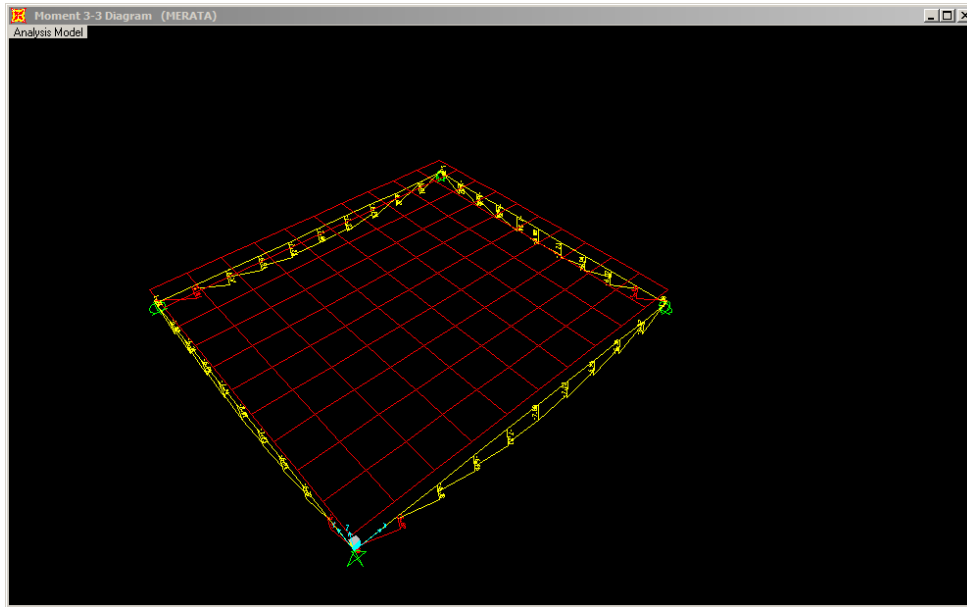


Momen Lentur balok sumbu kuat :

$$M_A = M_B = M_C = M_D = 6,887 + (97,636 * 0,25) = 31,296 \text{ kN.m}$$

(Kondisi simetris)

Model 3 tanpa adanya overhang slabs.



Momen Lentur balok sumbu kuat :

$$M_A = M_B = M_C = M_D = 7,001 + (97,244 * 0,25) = 31,312 \text{ kN.m}$$

(Kondisi simetris)

Seperti terlihat diatas Model 3 dengan dan tanpa *overhang* slabs 10cm dibanding dengan Model 2 yang lebih sederhana tidak meunjukkan perbedaan hasil yang signifikan.