

Perbandingan Model Pertemuan *Element Frame* dengan *Shell*

Pemodelan struktural hubungan antara element frame dan shell terkadang ditemui seperti hubungan balok lintel dengan dinding geser, efisiensi model pada pertemuan sambungan tinjauan konsentrasi tegangan, dll. Penggunaan *rigid constraints* adalah salah satu yang biasa tersedia pada banyak software FE seperti SAP2000. Pendekatan tersebut kurang mewakili perilaku struktural sebenarnya sesuai teori elastisitas dalam distribusi tegangan normal, geser dan perpindahan, perlu persamaan *constraint* berdasarkan *mixed dimensional interface* (Monaghan, 2000), walaupun demikian tetap penulis gunakan untuk studi perbandingan awal.

Diambil suatu struktur balok sederhana kantilever, dengan :

Panjang, $L_x = 6.0$ m

Dimensi, $B = 20$ cm; $H = 60$ cm

Inersia penampang, $I_x = \frac{1}{12} \cdot B \cdot H^3 = (1/12) \cdot 20 \cdot 60^3 = 360000 \text{ cm}^3$

Karakteristik Material Beton (*left it default in SAP2000*)

Mod. Elastisitas, $E_c = 253456.36 \text{ kg/cm}^2$

Angka perbandingan poisson, $\nu = 0.2$

Mod. Geser, $G = \frac{E_c}{2 \cdot (1 + \nu)} = 253456.36 / (2 \cdot (1 + 0.2)) = 105606.81 \text{ kg/cm}^2$

Beban Terpusat

$P_z = 15000$ kgf (arah Z tanda minus)

Berat sendiri tidak dimasukkan

Sehingga besarnya momen lentur dan tegangan lentur adalah sbb :

Momen

X@0.0m (tumpuan)

$$\begin{aligned} M_y &= P_z \cdot L_x \\ &= 5000 \cdot (6.0 \cdot 100) = 3000000 \text{ kgf.cm} \end{aligned}$$

Tegangan

$$\sigma_x = \frac{M_y \cdot y}{I_x}$$

$$\text{Teg}_x @ 30\text{cm} = (3000000 \cdot 30) / 360000 = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Teg}_x @ 15\text{cm} = (3000000 \cdot 15) / 360000 = 125 \text{ kg/cm}^2$$

X@3.0m (Tengah Bentang)

$$M = 5000 \cdot ((6.0 - 3.0) \cdot 100) = 1500000 \text{ kgf.cm}$$

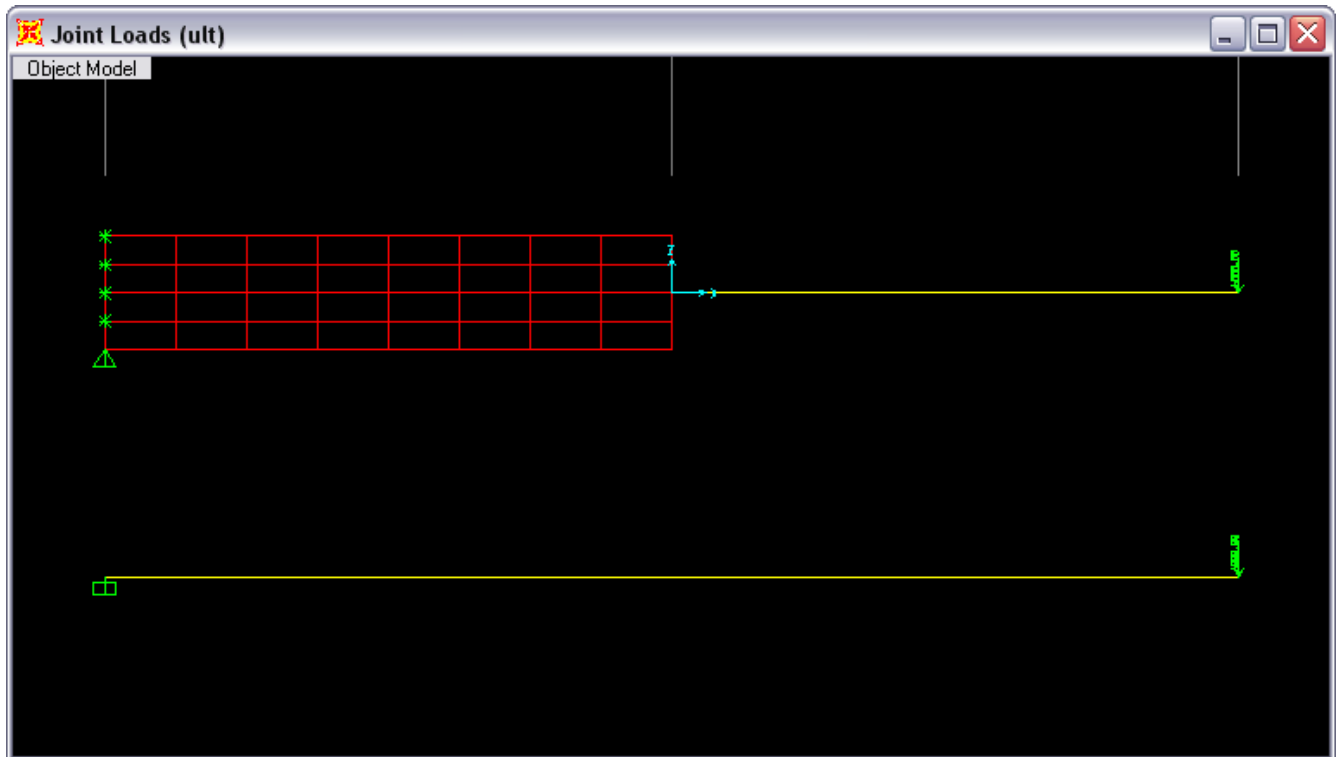
Tegangan

$$\text{Teg}_x @ 30\text{cm} = (1500000 \cdot 30) / 360000 = 125 \text{ kg/cm}^2$$

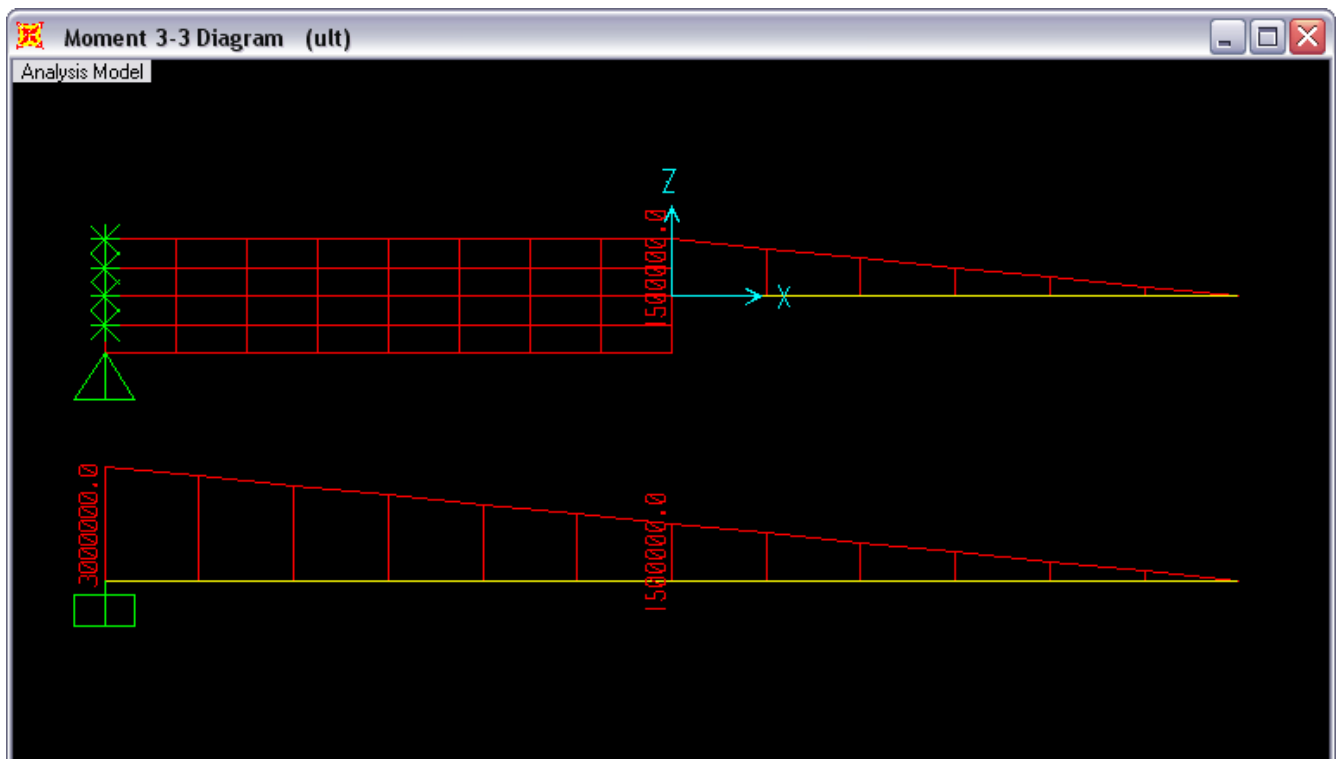
$$\text{Teg}_x @ 15\text{cm} = (1500000 \cdot 15) / 360000 = 62.5 \text{ kg/cm}^2$$

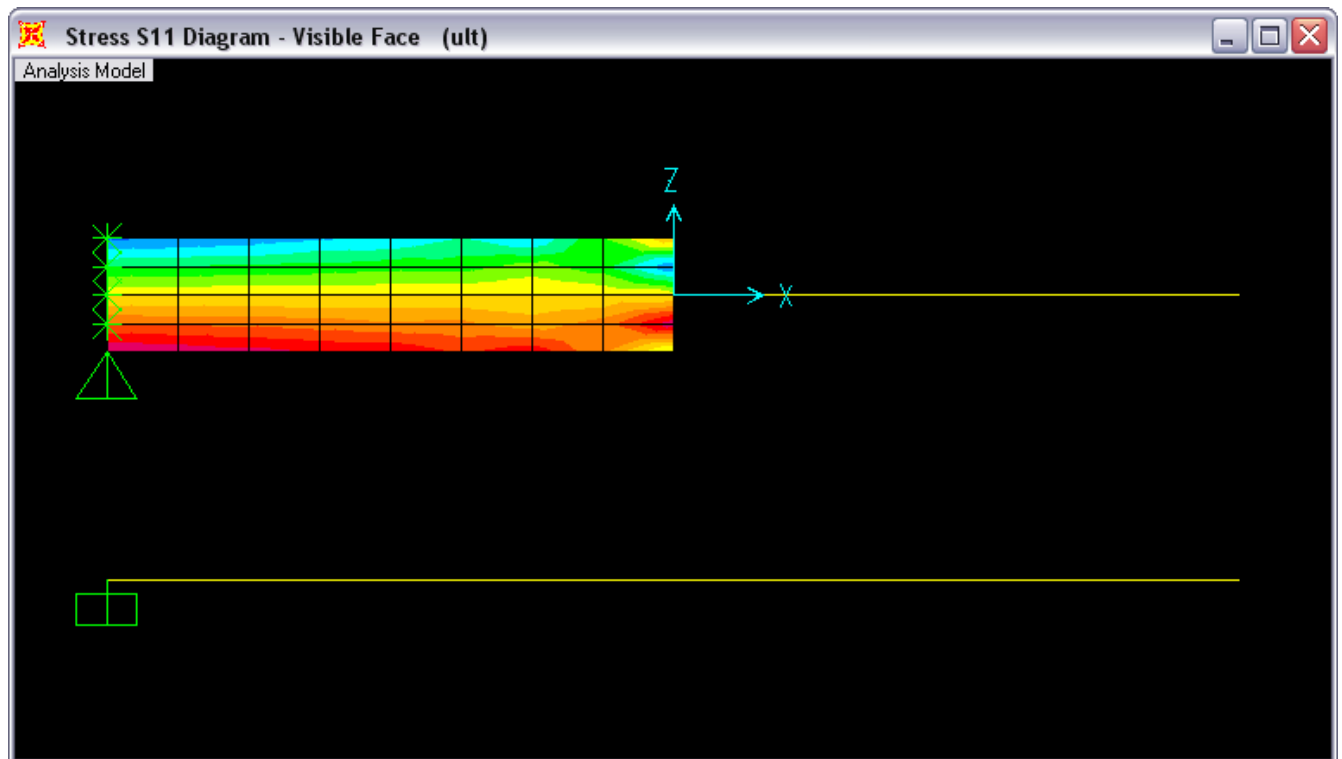
Pemodelan Tumpuan Jepit pada *element shell*

Translasi arah sumbu lokal (T_1) dikekang/*restraint*, kecuali bagian bawah T_1 & T_2 dikekang/*restraint*



Model 1 dihubungkan biasa, transfer gaya melalui kekakuan rotasi atau *drilling DOF's* pada *corner nodes* element *shell* dengan ujung element *frame*, tanpa adanya penghubung *rigid links*.





Tegangan arah sb-x (S_{11}) yg terjadi pada element *shell*

Tumpuan

Teg_x@30cm = +245.15 kg/cm² ... **okey**

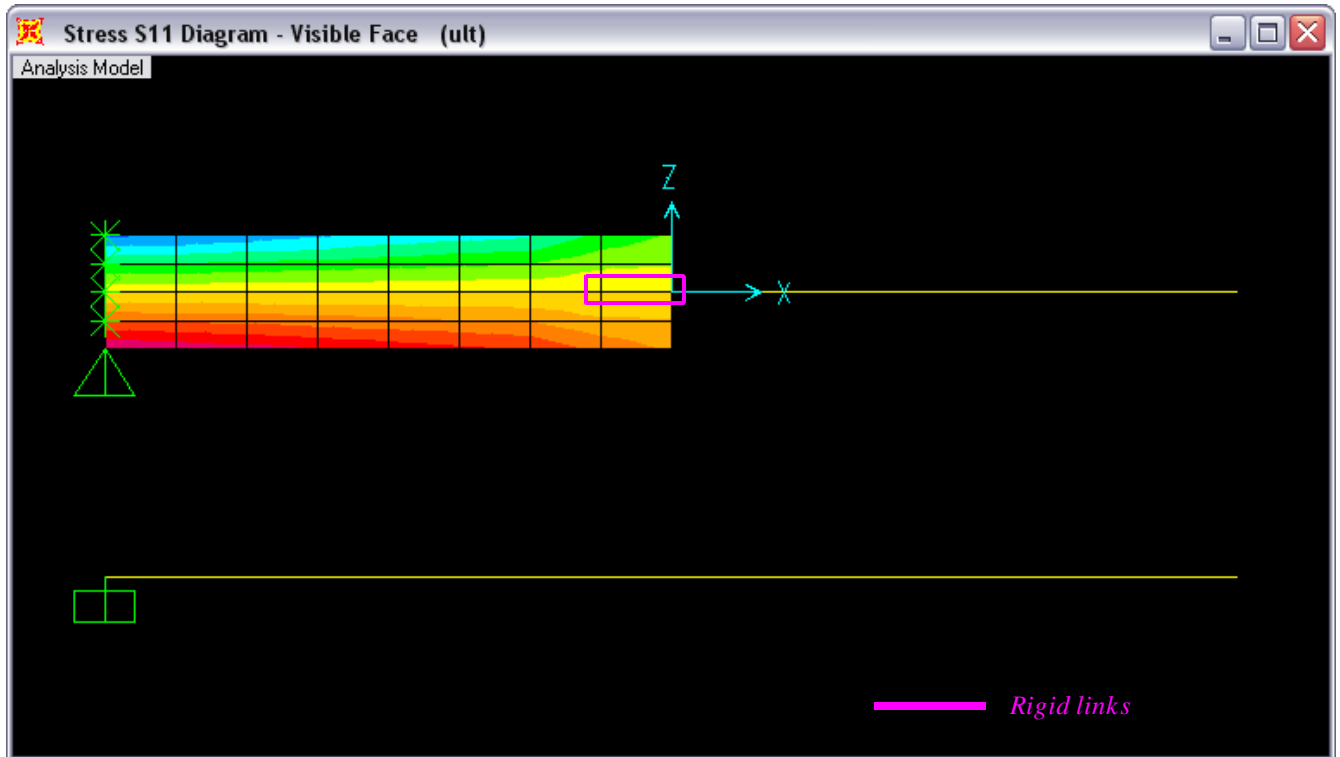
Teg_x@15cm = +119.60 kg/cm² **okey**, selisih karena kekasaran *mesh*

Tengah Bentang

Teg_x@30cm = - 48.37 kg/cm² ... **not okey**, seharusnya bertanda positif (*tension*)

Teg_x@15cm = +237.69 kg/cm² ... **not okey**, selisih terlalu besar

Model 2 menggunakan hubungan balok yang diteruskan untuk mentransfer gaya, *rigid links* digunakan dan ditempatkan pada arah sejajar balok.



Tegangan arah sb-x (S_{11}) yg terjadi pada element *shell*

Tumpuan

Teg_x@30cm = +247.77 kg/cm² ... **okey**

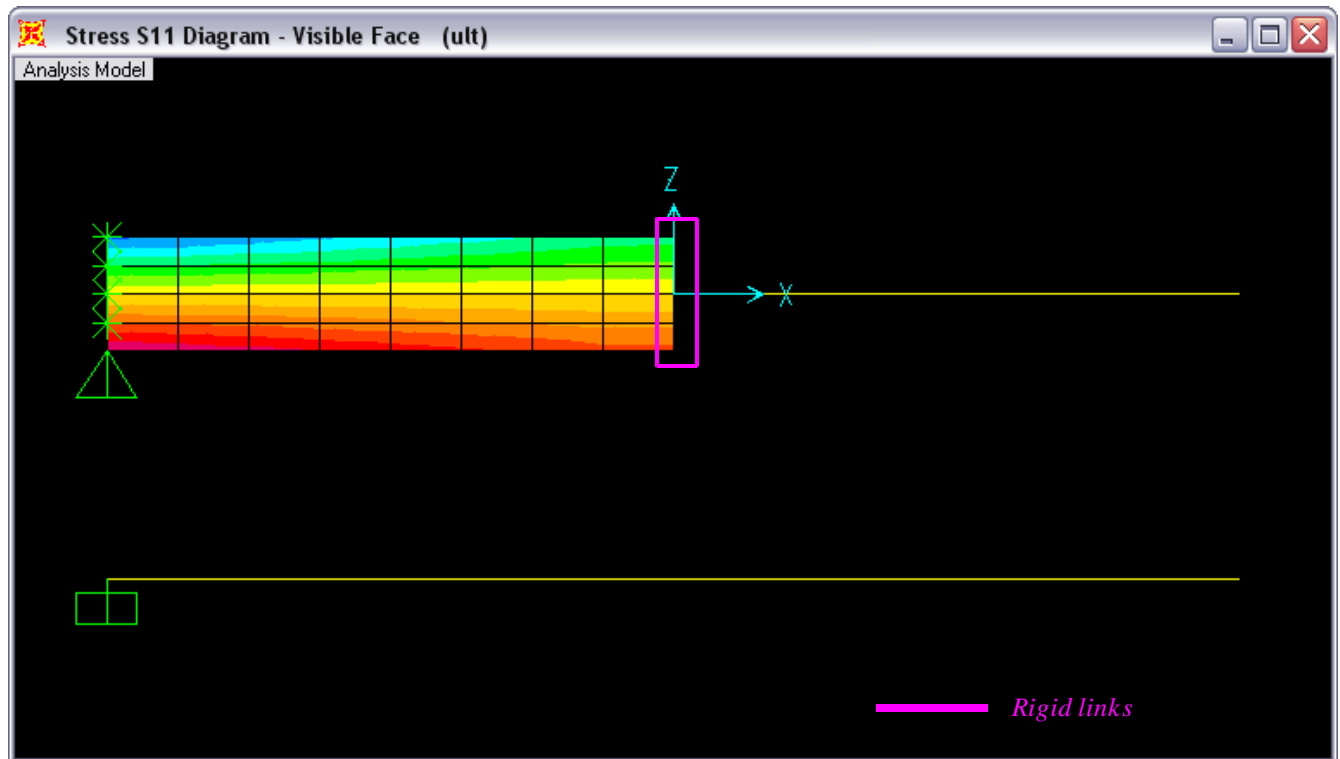
Teg_x@15cm = +119.21 kg/cm² **okey**, selisih karena kekasaran *mesh*

Tengah Bentang

Teg_x@30cm = +81.45 kg/cm² ...

Teg_x@15cm = +47.41 kg/cm² ... **not okey**, selisih masih cukup besar

Model 3 menggunakan hubungan *rigid links* yang menggunakan dan ditempatkan pada arah tinggi balok.



Tegangan arah sb-x (*S11*) yg terjadi pada element *shell*

Tumpuan

Teg_{x@30cm} = +244.62 kg/cm² ... **okey**

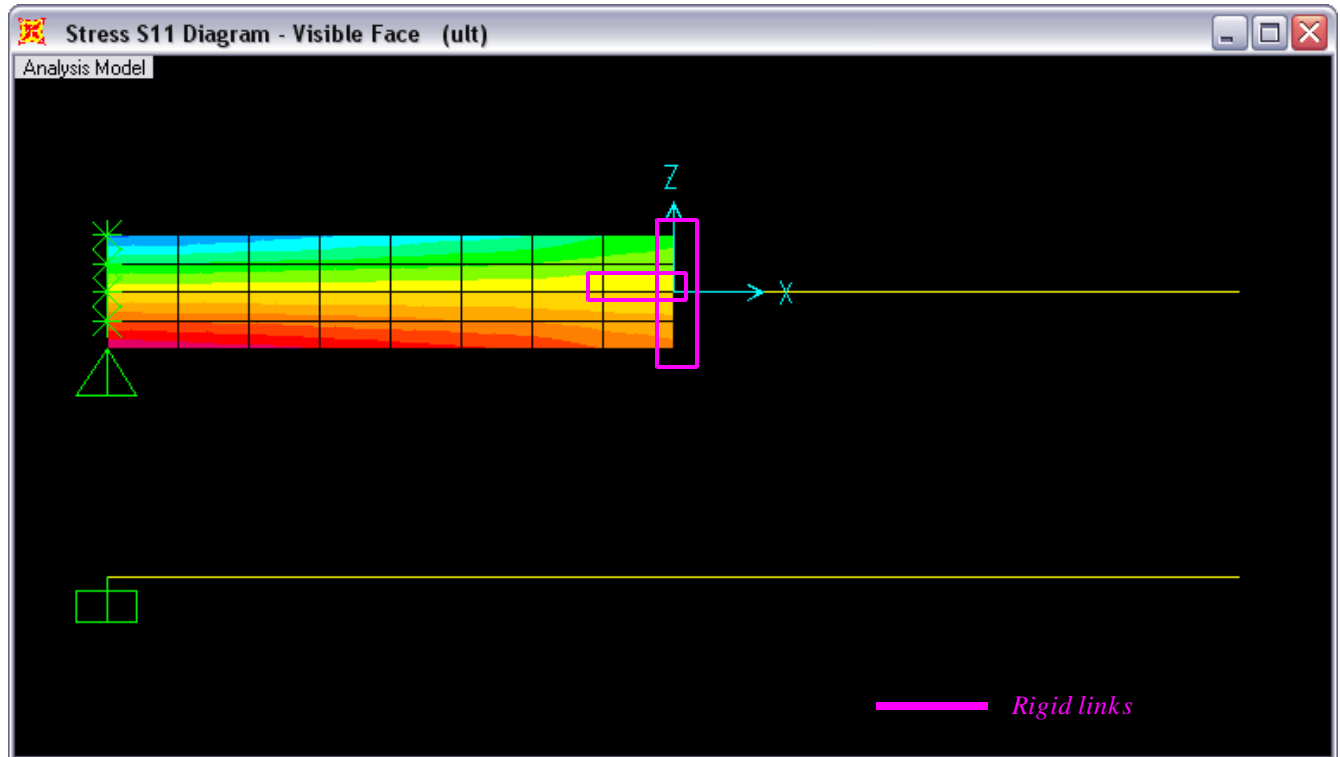
Teg_{x@15cm} = +119.62 kg/cm² **okey**, selisih karena kekasaran *mesh*

Tengah Bentang

Teg_{x@30cm} = +135.86 kg/cm² ...

Teg_{x@15cm} = +68.78 kg/cm² ... **okey**, selisih tidak terlalu besar.

Model 4 menggunakan hubungan balok yang diteruskan untuk mentransfer gaya, *rigid links* dipasang pada arah sejajar balok dan arah tingginya.



Tegangan arah sb-x (*S11*) yg terjadi pada element *shell*

Tumpuan

Teg_{x@30cm} = +244.61 kg/cm² ... **okey**

Teg_{x@15cm} = +119.63 kg/cm² **okey**, selisih karena kekasaran *mesh*

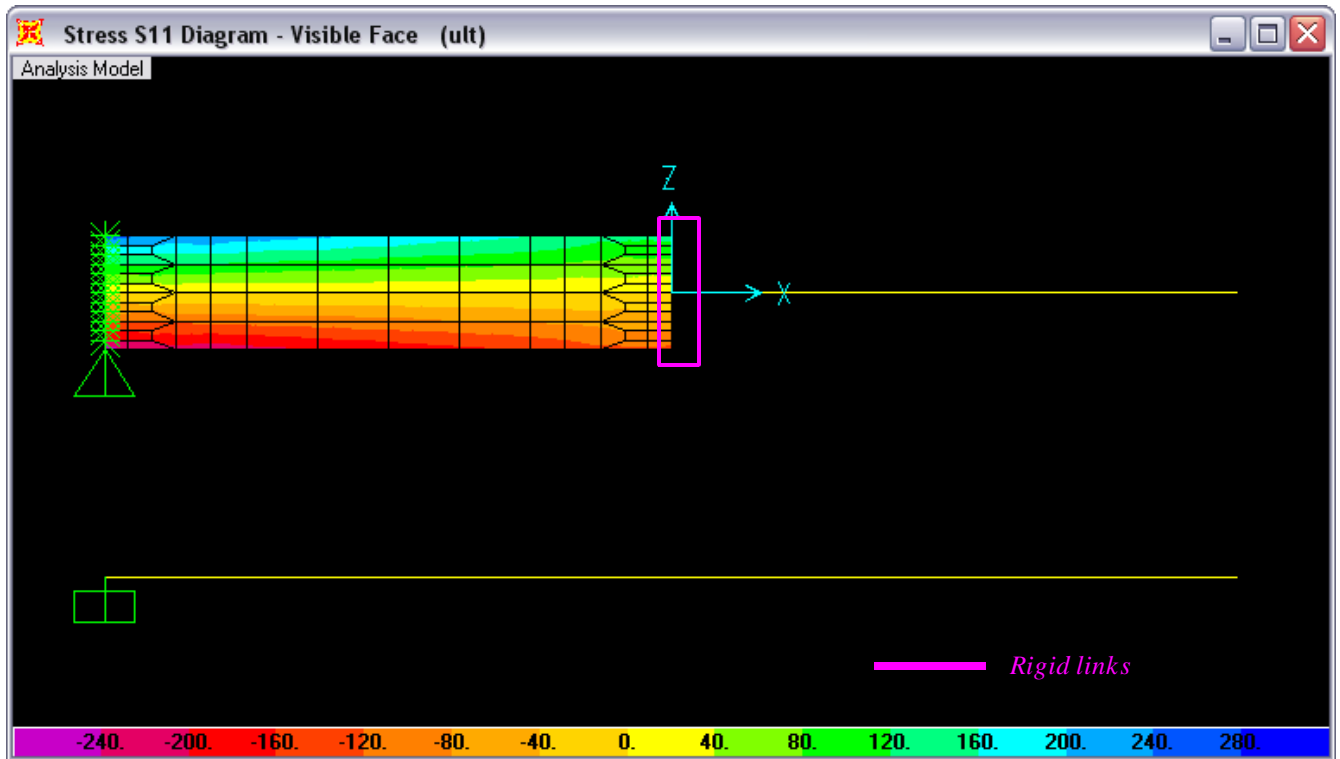
Tengah Bentang

Teg_{x@30cm} = +97.48 kg/cm² ... **not okey**

Teg_{x@15cm} = +53.48 kg/cm² ... **not okey**, selisih masih cukup besar

Model 5 sama dengan model tiga yaitu menggunakan hubungan *rigid links* yang menggunakan dan ditempatkan pada arah tinggi balok, perbedaan pada penghalusan mesh pada daerah transisi.

... lihat halaman selanjutnya



Tegangan arah sb-x (S_{11}) yg terjadi pada element *shell*

Tumpuan

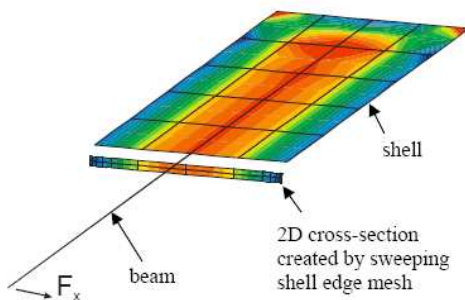
$Teg_{x@30cm} = +250.14 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{okey}$

$Teg_{x@15cm} = +120.02 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{okey}$, selisih karena *mesh* masih kurang halus

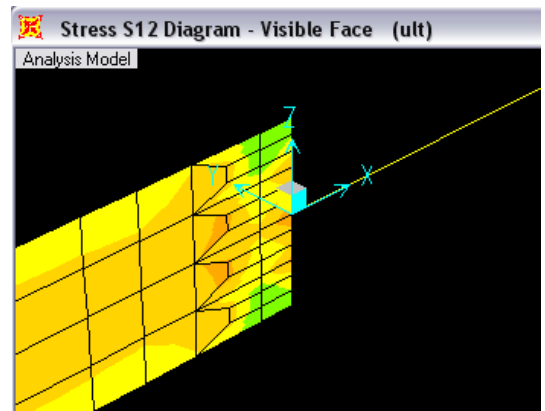
Tengah Bentang

$Teg_{x@30cm} = +132.65 \text{ kg/cm}^2 \dots$

$Teg_{x@15cm} = +63.13 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{okey}$, terlihat penghalusan *mesh* menunjukkan *convergence*



Tegangan Geser τ_{xy} akibat gaya geser arah sumbu x (Monaghan et all, 2001) pemodelan *Mixed Dimensional*



Tegangan geser yang terlihat patah-patah SAP2000 pemodelan *rigid constraints*

Kesimpulan

Berdasarkan beberapa pemodelan diatas dapat dipahami bahwa kekakuan rotasi atau *drilling DOF's* element *shell* saja tidak dapat mencukupi untuk meneruskan gaya karena node *shell* pada bagian *top fiber* balok ($y=30\text{cm}$ & 15cm , maupun *bottom fiber* $y=\text{negatif}$) tidak terhubung. Banyak rujukan yang menyatakan perlunya menggunakan *rigid link* pada beberapa konfigurasi seperti pemodelan diatas, pemodelan nomer 3 dan 5 (*refinement*) yaitu menggunakan penghubung *rigid link* pada arah tinggi balok yang menunjukkan hasil yang paling mendekati.

Pemodelan pertemuan element *shell* dan *solid* perlu dilakukan dan ditinjau lanjut, perbedaannya pada element *solid* yang tidak mempunyai kekakuan rotasi *DOF's*.

Pada pemodelan *rigid constraints* program SAP2000 diperlukan penghalusan *mesh* pada daerah transisi tegangan hubungan pertemuan antara element *shell* dengan *frame*, serta penghalusan *mesh* perlu juga dilakukan pada daerah tumpuan. Tinjauan lain seperti terhadap *node moment* dan gaya aksial (*normal*) pada analisa struktural dengan element *shell* 3D (tiga dimensi) perlu juga dilakukan perbandingan karena keadaan ini sering ditemui.

Pustaka

- Shim, K. W., Monaghan, D. J., Armstrong, C. G., 2001, *Mixed Dimensional Coupling in Finite Element Stress Analysis*, The Queen's University of Belfast
- Wilson, E.L, 2000, *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*, personal webs www.edwilson.org