

Lampiran 1 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (BSN, 2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri dan pabrik - Fasilitas manufaktur 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesejatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari – hari bila terjadi kegagalan, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 	III
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat. - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. 	IV
<p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk dalam kategori resiko IV</p>	

Lampiran 2 Faktor Koefisien modifikasi respons (R), Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) dan Faktor pembesaran defleksi (C_d) untuk system penahan gaya gempa (BSN, 2012)

No	Sistem penahan gaya seismik	(R)	(Ω_0)	(C_d)	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
					Kategori desain seismic				
					B	C	D	E	F
A Sistem dinding penumpu									
1	Dinding geser beton bertulang khusus	5	$2^{1/2}$	5	TB	TB	48	48	48
2	Dinding geser beton bertulang biasa	4	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TI	TI	TI
3	Dinding geser beton polos didetail	2	$2^{1/2}$	2	TB	TI	TI	TI	TI
4	Dinding geser pracetak biasa	$1^{1/2}$	$2^{1/2}$	$1^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
5	Dinding geser pracetak menengah	4	$2^{1/2}$	4	TB	TB	12	12	12
6	Dinding geser pracetak biasa	3	$2^{1/2}$	3	TB	TI	TI	TI	TI
7	Dinding geser batu bata bertulang khusus	5	$2^{1/2}$	$3^{1/2}$	TB	TB	48	48	30
8	Dinding geser batu bata bertulang menengah	$3^{1/2}$	$2^{1/2}$	$2^{1/4}$	TB	TB	TI	TI	TI
9	Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	$2^{1/2}$	$1^{3/4}$	TB	48	TI	TI	TI
10	Dinding geser batu bata polos didetail	2	$2^{1/2}$	$1^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
11	Dinding geser batu bata polos biasa	$1^{1/2}$	$2^{1/2}$	$1^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
12	Dinding geser batu bata prategang	$1^{1/2}$	$2^{1/2}$	$1^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
13	Dinding geser batu bata ringan (ACC) bertulang biasa	2	$2^{1/2}$	2	TB	10	TI	TI	TI
14	Dinding geser batu bata ringan (ACC) polos biasa	$1^{1/2}$	$2^{1/2}$	$1^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
15	Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditunjukkan untuk tahanan geser atau dengan lembaran baja	$6^{1/2}$	3	4	TB	TB	20	20	20
16	Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditunjukkan untuk tahanan geser atau dengan lembaran baja	$6^{1/2}$	3	4	TB	TB	20	20	20
17	Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2	$2^{1/2}$	2	TB	TB	10	TI	TI
18	Sistem dinding rangka ringan (baja canai dingin) menggunakan bresing strip datar	4	2	$3^{1/2}$	TB	TB	20	20	20
B Sistem rangka bangunan									
1	Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
2	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2	5	TB	TB	48	48	30
3	Rangka baja dengan bresing konsentris biasa	$3^{1/4}$	2	$3^{1/4}$	TB	TB	10	10	TI
4	Dinding geser beton bertulang khusus	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	48	48	30

No	Sistem penahan gaya seismik	(R)	(Ω_0)	(Ca)	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
					Kategori desain seismic				
					B	C	D	E	F
5	Dinding geser beton bertulang biasa	5	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
6	Dinding geser beton polos detail	2	2 ^{1/2}	2	TB	TI	TI	TI	TI
7	Dinding geser beton polos biasa	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
8	Dinding geser pracetak menengah	5	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	12	12	12
9	Dinding geser pracetak biasa	4	2 ^{1/2}	4	TB	TI	TI	TI	TI
10	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2	4	TB	TB	48	48	30
11	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5	2	4 ^{1/2}	TB	TB	48	48	30
12	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3	2	3	TB	TB	TI	TI	TI
13	Dinding geser pelat baja dan beton komposit	6 ^{1/2}	2 ^{1/2}	5 ^{1/2}	TB	TB	48	48	30
14	Dinding geser baja dan beton komposit khusus	6	2 ^{1/2}	5	TB	TB	48	48	30
15	Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
16	Dinding geser batu bata bertulang khusus	5 ^{1/2}	2 ^{1/2}	4	TB	TB	48	48	30
17	Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	2 ^{1/2}	4	TB	TB	TI	TI	TI
18	Dinding geser batu bata bertulang biasa	2	2 ^{1/2}	2	TB	48	TI	TI	TI
19	Dinding geser batu bata polos didetail	2	2 ^{1/2}	2	TB	TI	TI	TI	TI
20	Dinding geser batu bata polos biasa	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{1/4}	TB	TI	TI	TI	TI
21	Dinding geser batu bata prategang	1 ^{1/2}	2 ^{1/2}	1 ^{3/4}	TB	TI	TI	TI	TI
22	Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	22	22	22
23	Dinding rangka ringan (baja canail dingin) yang dilipisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	22	22	22
24	Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	TB	TB	10	TB	T B
25	Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2 ^{1/2}	5	TB	TB	48	48	30
26	Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C Sistem rangka pemikul momen									
1	Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
2	Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5	TB	TB	48	30	TI
3	Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10	TI	TI

No	Sistem penahan gaya seismik	(R)	(Ω_0)	(Ca)	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)					
					Kategori desain seismic					
					B	C	D	E	F	
4	Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI	TI	TI	
5	Beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
6	Beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI	
7	Beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI	
8	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
9	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TB	TI	TI	
10	Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5	48	48	30	TI	TI	
11	Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI	
12	Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3,5	3	3,5	10	10	10	10	10	
D	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan									
	1	Rangka baja dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
	2	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	$2^{1/2}$	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
	3	Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2^{1/2}$	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
	4	Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
	5	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
	6	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB
	7	Dinding geser pelat baja dan beton komposit	$7^{1/2}$	$2^{1/2}$	6	TB	TB	TB	TB	TB
	8	Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	$2^{1/2}$	6	TB	TB	TB	TB	TB
	9	Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
	10	Dinding geser batu bata bertulang khusus	$5^{1/2}$	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
	11	Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	$3^{1/2}$	TB	TB	TI	TI	TI
	12	Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TB	TB	TB
13	Dinding geser pelat baja khusus	8	$2^{1/2}$	$6^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB	

No	Sistem penahan gaya seismik	(R)	(Ω_0)	(Ca)	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m)				
					Kategori desain seismic				
					B	C	D	E	F
E	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1	Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2 ^{1/2}	5	TB	TB	10	TI	TI
2	Dinding geser beton bertulang khusus	6 ^{1/2}	2 ^{1/2}	5	TB	TB	48	30	30
3	Dinding geser batu bata bertulang biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	48	TI	TI	TI
4	Dinding geser batu bata bertulang menengah	3 ^{1/2}	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	5 ^{1/2}	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	48	30	TI
6	Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa	3 ^{1/2}	2 ^{1/2}	3	TB	TB	TI	TI	TI
7	Dinding geser baja dan beton komposit biasa	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
8	Dinding geser beton bertulang biasa	5 ^{1/2}	2 ^{1/2}	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
F	Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa	4 ^{1/2}	2 ^{1/2}	4	TB	TI	TI	TI	TI
G	Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk :								
1	Sistem kolom baja dengan kantilever khusus	2 ^{1/2}	1 ^{1/4}	2 ^{1/2}	10	10	10	10	10
2	Sistem kolom baja dengan kantilever biasa	1 ^{1/4}	1 ^{1/4}	1 ^{1/4}	10	10	TI	TI	TI
3	Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	2 ^{1/2}	1 ^{1/4}	2 ^{1/2}	10	10	10	10	10
4	Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	1 ^{1/2}	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	10	10	TI	TI	TI
5	Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	1	1 ^{1/4}	1	10	TI	TI	TI	TI
6	Rangka kayu	1 ^{1/2}	1 ^{1/2}	1 ^{1/2}	10	10	10	TI	TI
H	Sistem baja tidak didetail secara khusus untuk ketahanan seismic, tidak termasuk system kolom kantilever	3	3	3	TB	TB	TI	TI	TI

* Keterangan :

TB : Tidak dibatasi

TI : Tidak diijinkan

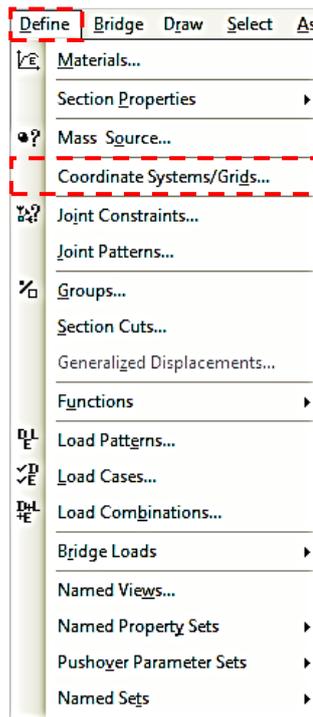
Lampiran 3 Prosedur pemodelan dan analisis struktur dengan SAP2000

1. Prosedur pemodelan

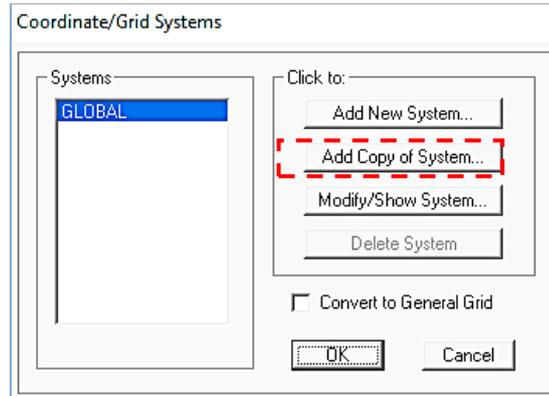
a. Garis bantu (*Gridline*)

Garis bantu (*Gridline*) merupakan suatu konstruksi garis sejajar pada sumbu koordinat yang membentuk suatu *framework* untuk membantu pengguna dalam pemodelan struktur. Pengguna dapat membuat banyak garis bantu (*Gridline*) pada setiap arah dengan spasi tertentu sesuai dengan yang dibutuhkan. Pada saat mulai pemodelan, pengguna harus menentukan spasi grid yang seragam. Setelah itu, pengguna dapat menambah, memindahkan serta menghapus garis bantu (*Gridline*) yang telah dibuat (CSI, 2014).

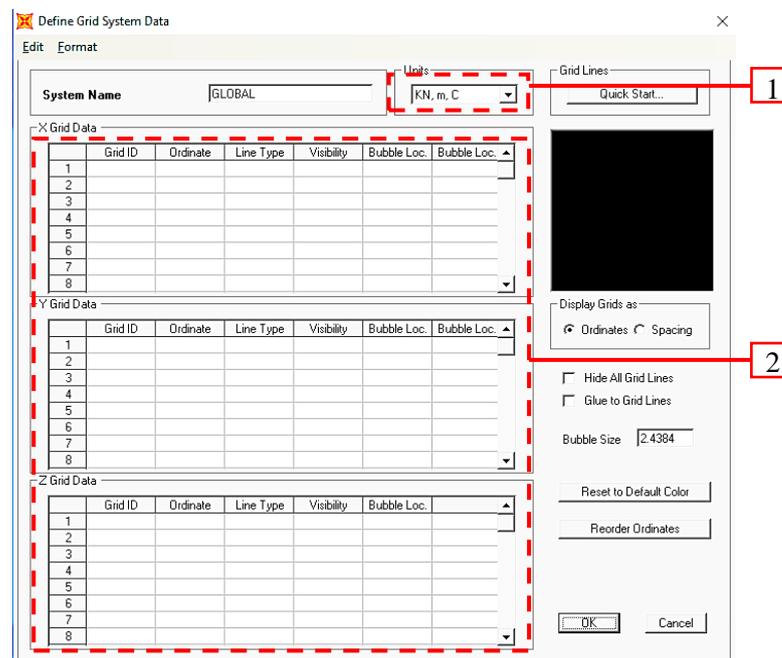
Untuk membuat garis bantu (*Gridline*) yaitu dengan cara klik *Define* pada menu bar → *Coordinate System/Grid System* → *Modify/Show System*. Kemudian akan ditampilkan *Define Grid System Data*.



Gambar 1. Perintah *Define* pada menu bar → *Coordinate System/Grid System*

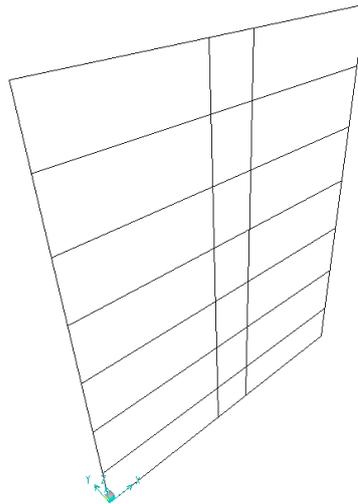


Gambar 2. Kotak dialog *Coordinate/Grid System*



Gambar 3. Kotak dialog *Define Grid System Data*

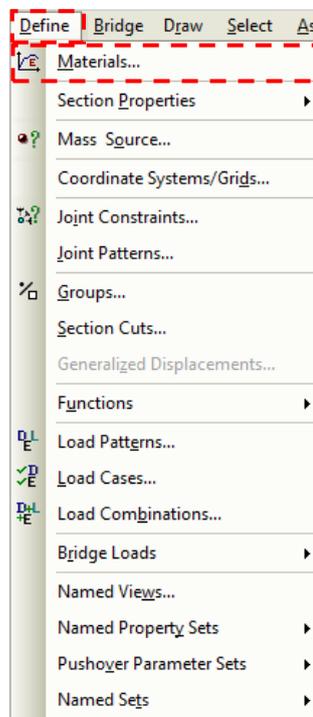
- 1) *Units* berfungsi untuk menentukan system satuan sebelum memulai pemodelan dan sangat penting untuk diperhatikan karena dapat berpengaruh terhadap hasil analisis struktur yang telah dimodelkan;
- 2) Kolom - kolom ini berfungsi untuk membuat garis bantu (*gridline*) dengan cara diinput data ukuran pemodelan struktur. Arah sumbu utama yang digunakan yaitu pada sumbu *X* untuk pemodelan pada arah horizontal dan sumbu *Z* untuk pemodelan pada arah vertikal.



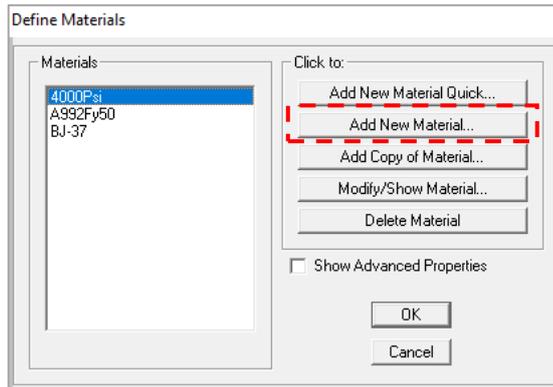
Gambar 4. Garis bantu (*Gridline*) untuk pemodelan struktur

b. Mendefinisikan *Material*

Perintah ini berfungsi untuk membuat material penampang yang akan digunakan dalam pemodelan struktur. Untuk membuat material, gunakan perintah *Define* pada menu bar → *Materials* → *Add New Material*, setelah itu akan ditampilkan kotak dialog *Material Property Data*.

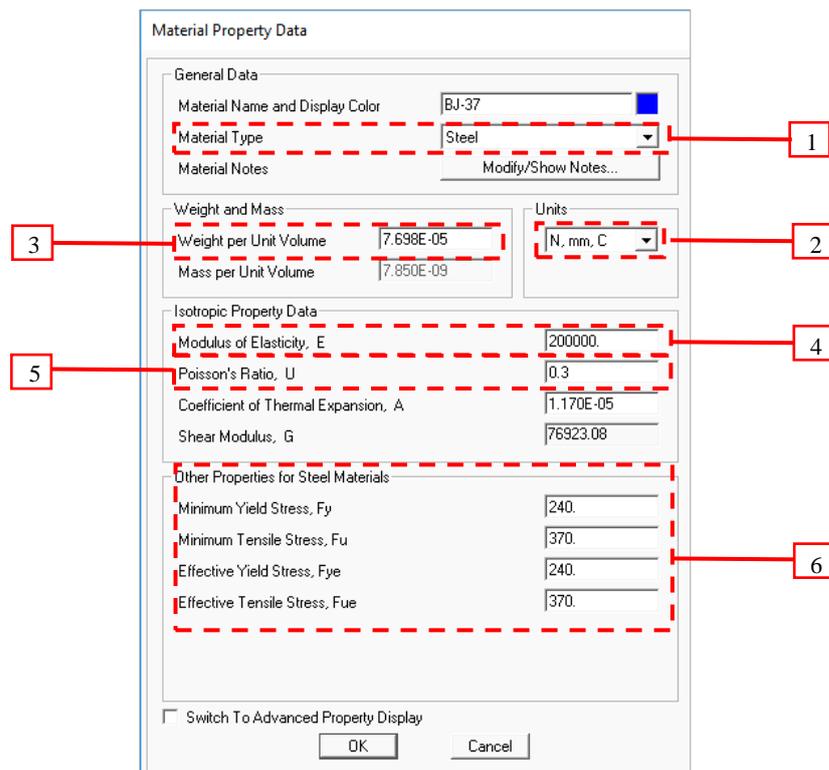


Gambar 5. Perintah *Define* pada menu bar → *Materials*



Gambar 6. Kotak dialog *Define Materials*

Dalam penelitian ini, material pada struktur yang digunakan yaitu material baja. Sehingga diperlukan data material struktur baja yang sesuai dengan perencanaan.

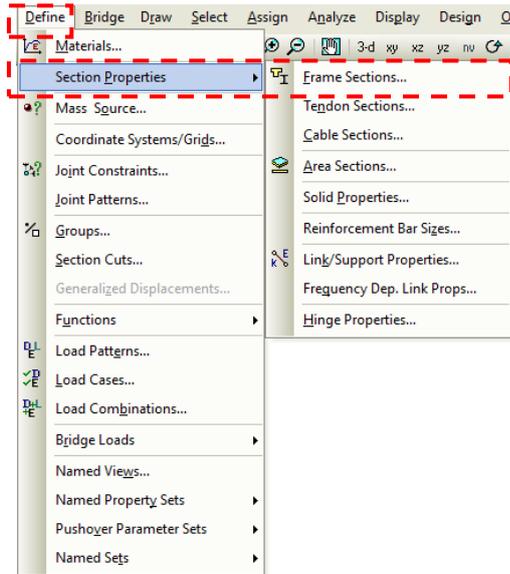


Gambar 7. Kotak dialog *Material Property Data*

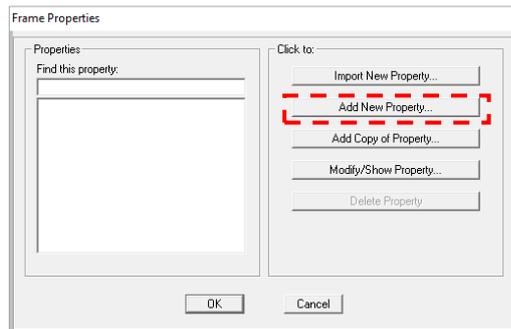
- 1) *Material Type* berfungsi untuk menentukan jenis material yang digunakan dalam pemodelan. Untuk material baja, dipilih *Steel*.
- 2) *Units* berfungsi sebagai sistem satuan dalam membuat material yang digunakan;
- 3) *Weight per Unit Volume* berfungsi sebagai data berat jenis dari material yang digunakan. Berdasarkan PPPURG tahun 1987, berat jenis material baja yaitu sebesar 7.850 kg/m^3 ;
- 4) *Modulus of Elasticity, E* berfungsi sebagai modulus elastisitas dari material yang digunakan. Berdasarkan SNI 1729:2015, modulus elastisitas baja (E_s) yaitu sebesar 200.000 MPa;
- 5) *Poisson's ratio* berfungsi sebagai nilai poisson rasio dari material tersebut. *Poisson's ratio* merupakan rasio antara regangan lateral terhadap regangan aksial (Gere dan Timoshenko, 2000). Untuk poisson rasio pada material baja yaitu sebesar 0,3;
- 6) *Other Properties for Steel Materials* menjelaskan tentang mutu bahan dari material baja yang digunakan. Untuk *Minimum Yield Stress, F_y* dan *Effective Yield Stress, F_{ye}* berfungsi sebagai data tegangan leleh dari mutu baja yang digunakan dan untuk *Minimum Tensile Stress, F_u* dan *Effective Tensile Stress, F_{ue}* berfungsi sebagai data tegangan ultimate dari mutu baja yang digunakan. Dalam penelitian ini, menggunakan mutu BJ-37 dengan tegangan leleh sebesar 240 MPa dan tegangan ultimate sebesar 370 MPa.

c. Mendefinisikan *Frame Section*

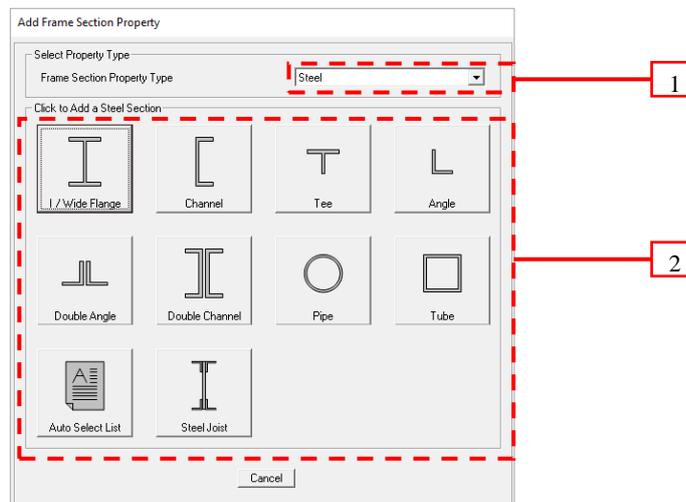
Frame Section berfungsi untuk mengimport penampang dari database yang telah ada, membuat penampang struktur berdasarkan dimensi yang diinginkan, memodifikasi property penampang serta menghapus properti penampang yang telah dibuat (CSI, 2014). Untuk membuat penampang profil baja, dapat dilakukan melalui perintah *Define* pada menu bar → *Section Properties* → *Frame Section* → *Add New Property*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Add Frame Section Property*.



Gambar 8. Perintah *Define* pada menu bar → *Section Property* → *Frame Section*

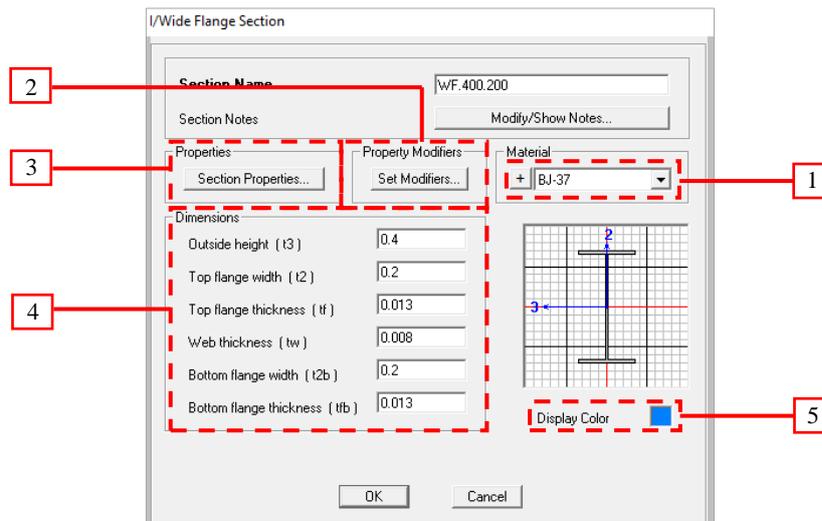


Gambar 9. Kotak dialog *Frame Properties*

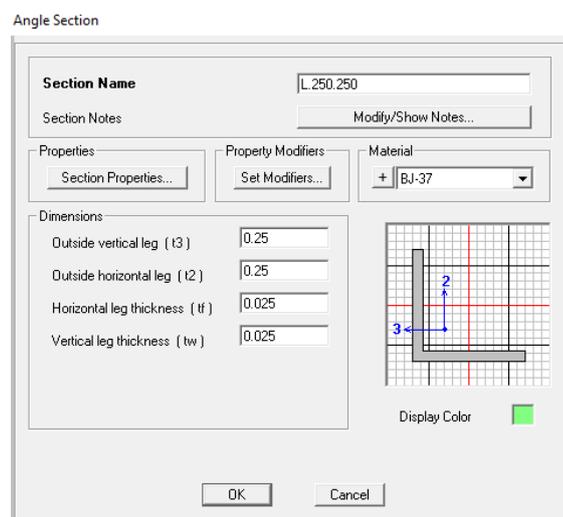


Gambar 10. Kotak dialog *Add Frame Section Properties*

- 1) *Frame Section Property Type* berfungsi untuk menentukan properti penampang yang akan digunakan. Untuk penampang struktur baja, dipilih *Steel*;
- 2) *Click to Add a Steel Section* berfungsi untuk memilih penampang profil yang diinginkan dalam pemodelan struktur. Melalui penelitian ini menggunakan penampang profil *H beam/WF* dan profil *Angle (L)*, untuk itu dipilih *I/Wide Flange* dan *Angle*.

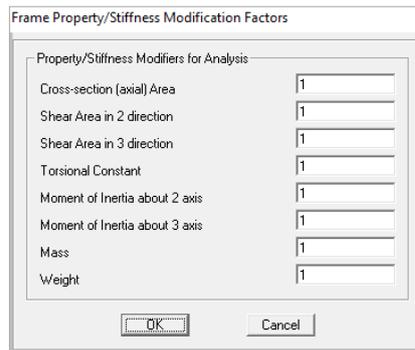


Gambar 11. Kotak dialog *I/WF Flange Section*



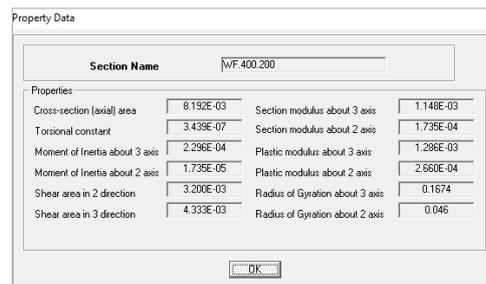
Gambar 12. Kotak dialog *Angel Section*

- 1) Pada kolom *Material* dipilih penampang material yang telah dibuat pada point b sebelumnya;
- 2) *Property Modifiers* berfungsi untuk mengubah faktor efektivitas suatu penampang. Untuk melakukannya yaitu dengan cara klik pada *Set Modifiers* maka akan ditampilkan kotak dialog *frame property/stiffness modification factors* seperti pada gambar 13;



Gambar 13. Kotak dialog *frame property/stiffness modification factors*

- 3) *Properties* berfungsi untuk melihat dari properti penampang seperti luasan, momen inersia, radius girasi, dan lain sebagainya. Untuk menampilkannya dengan cara klik *Section Properties*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Property Data*;



Gambar 14. Kotak dialog *Property Data*.

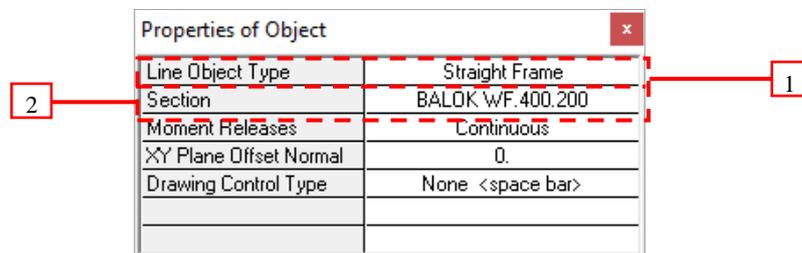
- 4) *Dimension* berfungsi untuk menginput dimensi dari penampang struktur yang akan direncanakan;
- 5) *Display Color* berfungsi untuk mengubah warna dari penampang struktur yang dimodelkan.

d. Pemodelan Struktur

Menurut CSI (2014) Ada dua cara untuk menggambar (*Draw*) elemen penampang struktur yang direncanakan, yaitu dengan cara :

- 1) *Quick Draw*, dengan cara klik sekali pada segmen *grid (frame)* atau daerah yang dibatasi oleh empat *grid (shell)* akan menghasilkan gambar elemen. Setelah penggambaran elemen, klik *ESC* untuk keluar dari mode *Draw* ke mode *Select*;
- 2) *Joint to Joint Draw*, merupakan tahapan menggambar yang memanfaatkan joint-joint yang telah ditentukan terlebih dahulu. Untuk memutuskan proses penggambaran, klik dua kali pada joint atau tekan *ENTER*, setelah penggambaran elemen, klik *ESC* akan membawa keluar dari mode *Draw* ke mode *Select*.

Dalam penggambaran elemen frame balok dan kolom, menggunakan *Joint to Joint Draw*, dengan cara terlebih dahulu klik *Draw* pada menu bar → *Frame/cable/tendon*, setelah itu, akan ditampilkan kotak dialog *properties of object* seperti yang terlihat pada gambar 15.

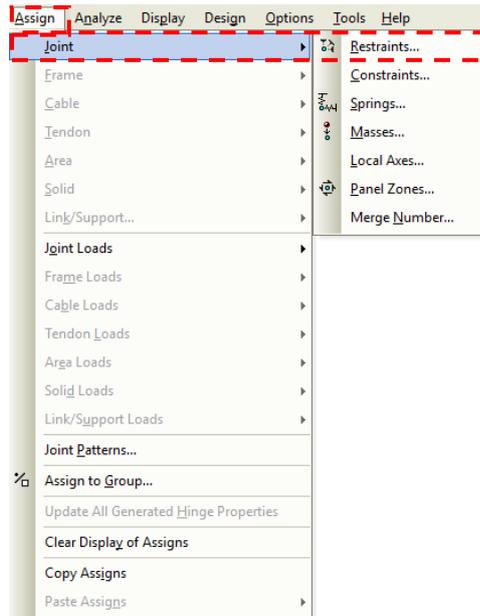


Gambar 15. Kotak dialog *properties of object*

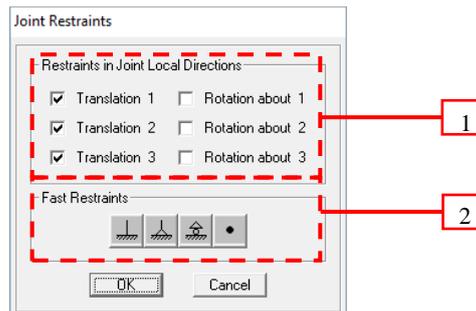
- 1) *Line Object Type* berfungsi untuk membuat garis yang akan digambarkan baik berupa garis lurus (*straight frame*) serta garis lengkung (*curved frame*);
- 2) Pada bagian *section* menunjukkan penampang dari *element frame* yang telah dibuat.

e. Pengekangan (*Restraint*)

Untuk memberi tumpuan pada model struktur yang telah dibuat, maka digunakan perintah *restraint* dengan cara pilih join yang akan diberikan tumpuan, kemudian klik *Assign* pada menu bar → *Joint* → *Restraints*, setelah itu akan ditampilkan kotak dialog *joint restraints*.



Gambar 16. Perintah *Assign* pada menu bar → *Joint* → *Restraints*



Gambar 17. Kotak dialog *joint restraints*

- 1) Pada *Restraints in Joint Local Directions*, terdapat kotak *check list* untuk *Translation* dan *Rotation* terhadap ketiga arah sumbu. Untuk *Translation* berarti tumpuan terhadap perpindahan horizontal / vertikal, sedangkan *Rotation* merupakan tumpuan terhadap punter / momen;
- 2) *Fast Restraints* berfungsi untuk memilih jenis tumpuan yang diinginkan dengan cepat. Tumpuan pertama (dari kiri) merupakan tumpuan jepit (*Full Supported*), kedua merupakan tumpuan sendi (*Pinned*), ketiga merupakan tumpuan roll (*Roller*) dan keempat merupakan sambungan (*Fully Free*).

2. Pembebanan struktur

a. Pola/jenis beban (*Load Patterns*)

Jenis beban statik pada struktur gedung ditetapkan melalui pedoman SNI 1727:2013 dan juga bisa melalui PPPURG 1987, kecuali untuk pembebanan gempa ditetapkan melalui pedoman SNI 1726:2012. Melalui penelitian ini, jenis beban statik pada struktur gedung dibagi menjadi beberapa aspek, yaitu :

1) Beban mati (*Dead Load*)

Menurut SNI 1727:2013, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan yang terpasang lain termasuk berat keran.

Dijelaskan juga dalam PPPURG 1987 bahwa, beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian - penyelesaian, mesin - mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung ini. Untuk berat bahan struktur serta komponen struktur bangunan gedung dijelaskan pada Tabel 1 melalui PPPURG 1987.

2) Beban Hidup (*Live Load*)

Menurut SNI 1727:2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir dan beban mati.

Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung atau struktur lain harus digunakan beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan melalui Tabel 4.1 yang dijelaskan dalam pedoman SNI 1727:2013. Berdasarkan Tabel 2 melalui PPPURG 1987, juga dijelaskan beban hidup pada lantai gedung yang sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan lantai ruang.

3) Beban Angin (*Wind Load*)

Menurut PPPURG 1987, beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif, yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau.

Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalihkan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal (2.1.3.2) dengan koefisien - koefisien angin yang ditentukan dalam pasal (2.1.3.3) melalui PPPURG 1987. Tekanan tiup minimum harus diambil 25 kg/m^2 , kecuali tekanan tiup dilaut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, harus diambil minimum 40 kg/m^2 . Untuk daerah didekat laut dan daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan - kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar dari pada yang ditentukan sebelumnya, maka tekanan tiup (p) dihitung melalui persamaan 1.

$$P = \frac{V^2}{16} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

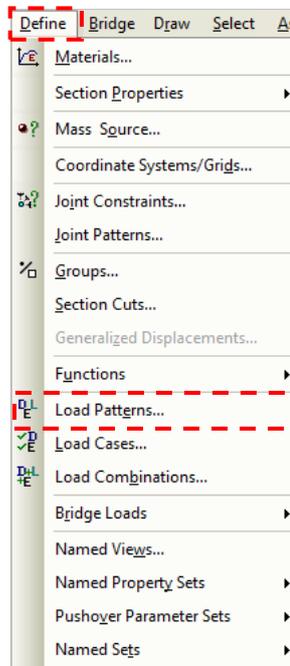
P = Tekanan Tiup (kg/m^2);

V = Kecepatan angin (m/det) yang ditentukan oleh instansi yang berwenang.

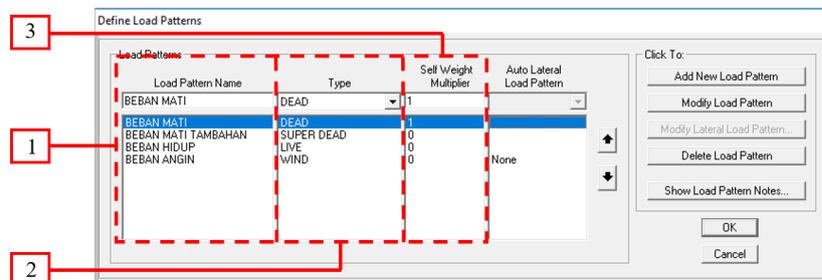
Untuk beban gempa rencana, disesuaikan dengan pedoman SNI 1726:2012, dimana analisis gaya gempa rencana yang digunakan yaitu analisis statik ekuivalen (*Equivalent Static*) dan analisis dinamik berupa ragam respon spektra (*Response Spectrum*) dan riwayat waktu (*Time History*).

Untuk analisis static ekuivalen, dihitung secara manual dengan bantuan program *Excel*, untuk analisis dinamik ragam respon spektra (*Response Spectrum*) juga dihitung secara manual dengan rumus melalui pedoman SNI 1726:2012 kemudian diinput dalam program, dan untuk analisis dinamik riwayat waktu (*Time History*), menggunakan data akselogram gempa Yogyakarta tahun 2006 yang diinput secara manual melalui program SAP2000.

Untuk menentukan jenis pembebanan, klik perintah *Define* pada menu bar → *Load Patterns*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Define Load Patterns* seperti pada gambar 18.



Gambar 18. Perintah *Define* pada menu bar → *Load Patterns*



Gambar 19. Kotak dialog *Define Load Patterns*

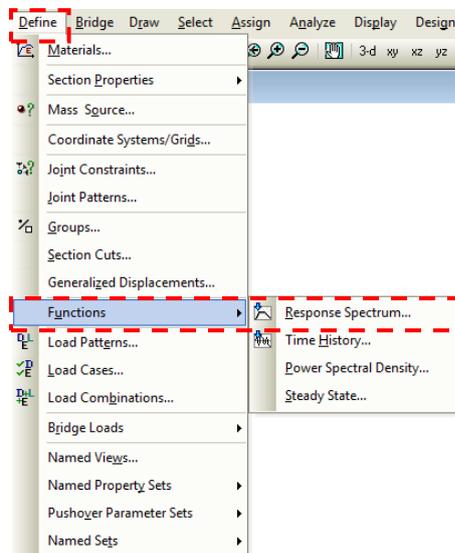
- 1) *Load Pattern Name* untuk memberi nama beban yang dibuat;
- 2) *Type* untuk jenis beban yang akan dibuat;
- 3) *Self weight multiplier* merupakan pengali beban pada struktur. Apabila diisi angka 0, berarti berat sendiri struktur tidak dihitung, sedangkan apabila diisi 1, berarti berat sendiri struktur diperhitungkan.

b. *Respons Spektrum Function*

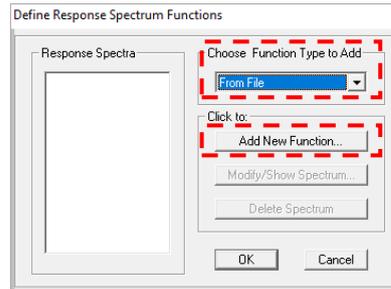
Menurut CSI (2014), *Respons Spektrum Function* yaitu daftar periode dibandingkan nilai percepatan spektral. Melalui program SAP2000, nilai percepatan dalam fungsi diasumsikan dinormalkan; artinya, fungsi-fungsi itu sendiri tidak dianggap memiliki unit. Sebaliknya unit tersebut dikaitkan dengan faktor skala yang mengalikan fungsi dan ditentukan ketika spektrum respon dari kasus yang didefinisikan.

Melalui penelitian ini digunakan data respons spektrum yang diinputkan dari data gempa Yogyakarta. Untuk menginput beban gempa respons spectrum yaitu dengan cara klik *Define* pada menu bar → *Function* → *Response Spectrum*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Define Response Spectrum Functions*. Pada *Choose Function Type to Add*, pilih *from file* → *Add New Function*.

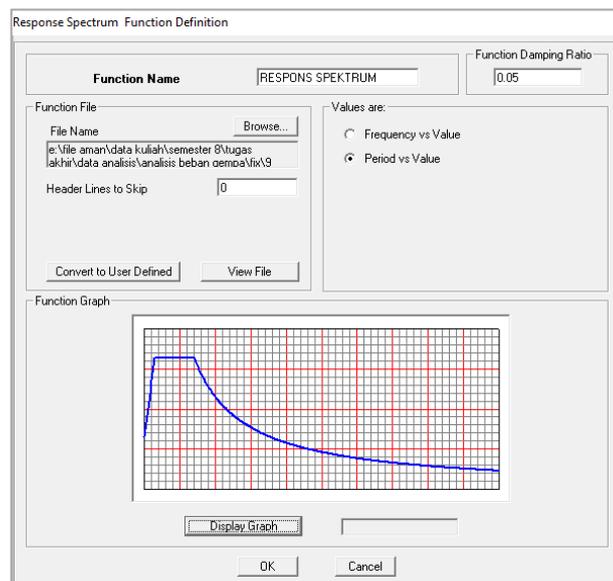
Setelah *Add New Function*, akan ditampilkan kotak dialog *Response Spectrum Function Definition* dimana fungsi dari kotak dialog ini yaitu untuk menginput data respons spektrum yang telah dibuat berdasarkan data parameter dari peta MCE_R tahun 2011 di daerah Yogyakarta.



Gambar 20. Perintah *Define* pada menu bar → *Function* → *Response Spectrum*



Gambar 21. Kotak dialog *Define Response Spectrum Functions*



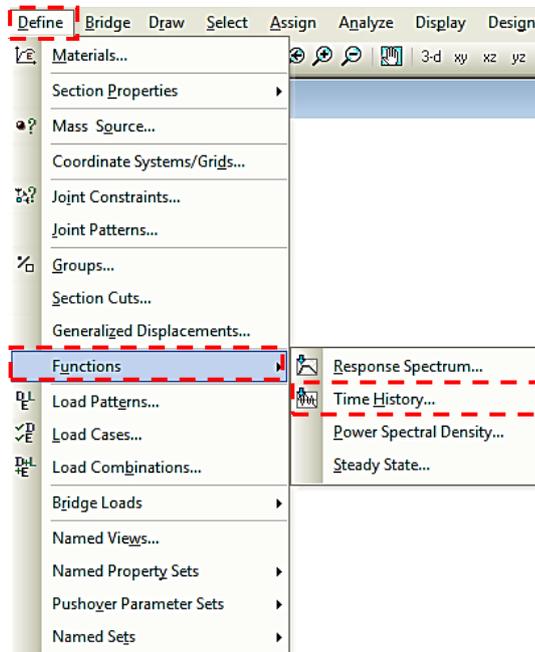
Gambar 22. Kotak dialog *Response Spectrum*

c. *Time History Function*

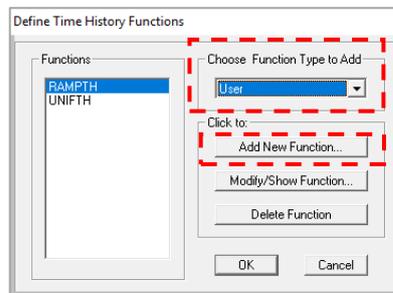
Meneurut CSI (2014), *Time History Function* dapat berupa daftar waktu dan nilai fungsi atau daftar nilai fungsi yang diasumsikan terjadi pada interval spasi yang sama. Nilai fungsi dalam fungsi sejarah waktu dapat berupa nilai percepatan tanah atau pengganda untuk kasus beban tertentu (gaya atau perpindahan).

Pada penelitian ini digunakan data *Time History* yang diinputkan secara manual dengan data rekaman gempa Yogyakarta tahun 2006 yang merupakan hasil replikasi. Untuk menginput beban gempa *Time History* yaitu dengan cara klik *Define* pada menu bar → *Function* → *Time History*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Define Time History Functions*, pilih *from file* → *Add New Functions*. Pada *Choose Function Type to Add*, pilih *User* → *Add New Function*.

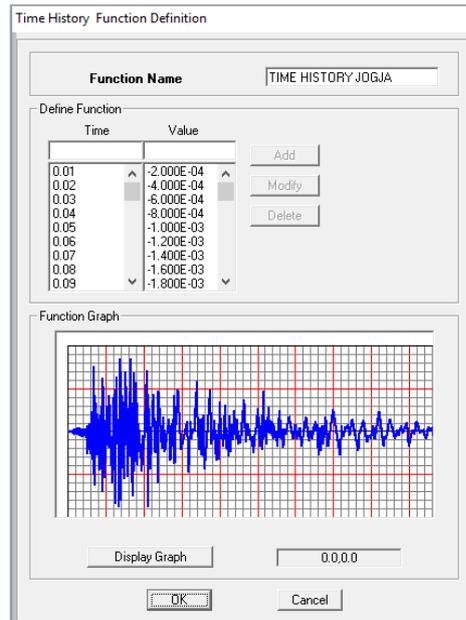
Setelah *Add New Function*, akan ditampilkan kotak dialog *Time History Function Definition* dimana fungsi dari kotak dialog ini yaitu untuk menginput data *Time History* secara manual dari data rekaman gempa Yogyakarta tahun 2006.



Gambar 23. Perintah *Define* pada menu bar → *Function* → *Time History*



Gambar 24. Kotak dialog *Define Time History Functions*

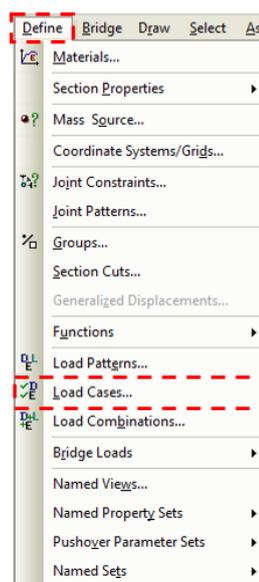


Gambar 25. Kotak dialog *Time History Functions Definition*

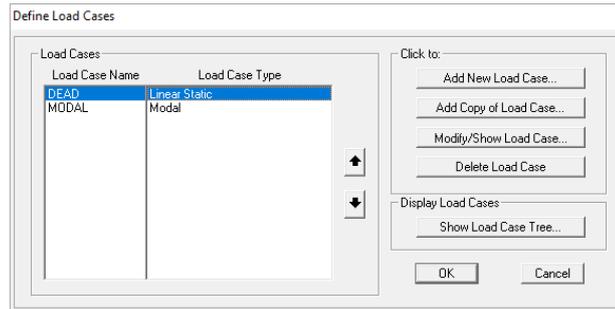
d. Kasus beban (*Load Cases*)

Perintah *load case* menegaskan bagaimana pengaplikasian beban terhadap struktur baik berupa statik atau dinamik serta bagaimana respon struktur terhadap perilakunya (linear atau non-linear), dan bagaimana metode analisis yang dilakukan baik berupa *mode superposition* ataupun *direct integration* (CSI, 2014).

Untuk menggunakan perintah ini, yaitu dengan cara klik *Define* pada menu bar → *Load cases*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Define load cases*.



Gambar 26. Perintah *Define* pada menu bar → *Load Patterns*

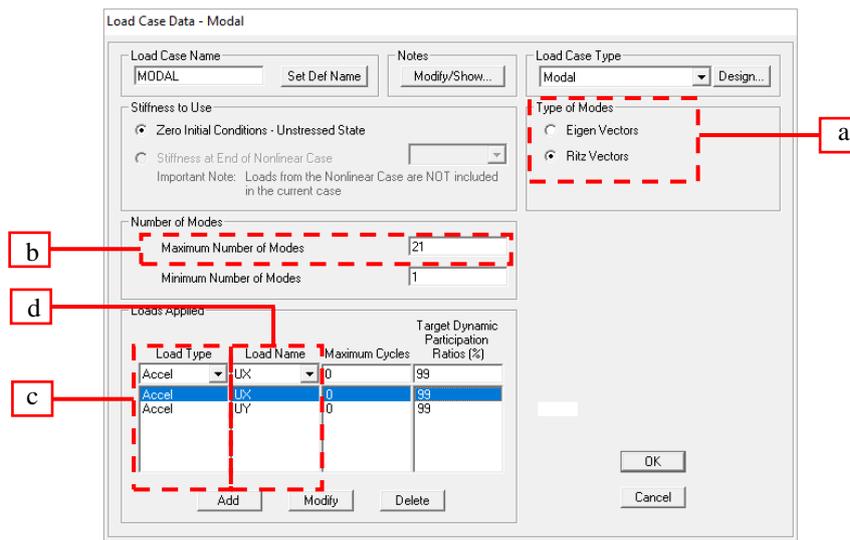


Gambar 27. Kotak dialog *Define Load Cases*

1) Modal Analysis

Menurut Satyarno, dkk (2015) Analisis Modal diperlukan guna menentukan *mode* atau ragam vibrasi, serta mengetahui waktu getar fundamental alami struktur.

Caranya yaitu melalui kotak dialog *Define Load Case*, klik *Modify/Show Case* pada *Modal Case* maka ditampilkan kotak dialog *Load Case Data – Modal*.



Gambar 28. Kotak dialog *Load Case Data – Modal*

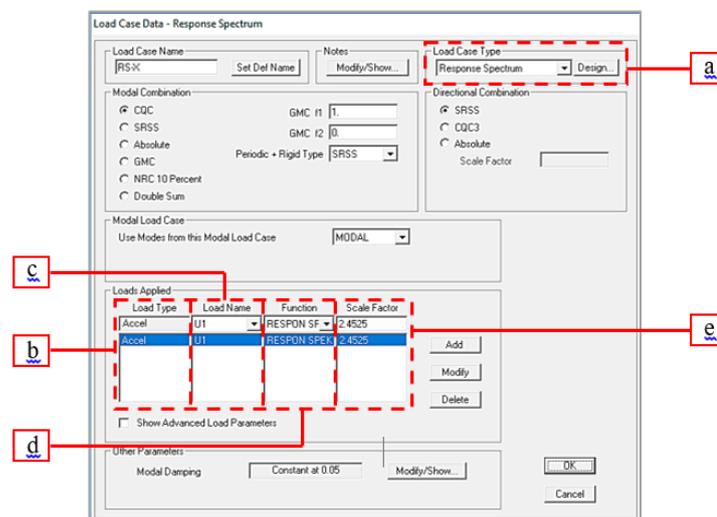
- a) *Type of Modes* dipilih tipe model *Ritz Vectors*, karena tipe model ini dapat memberikan dasar yang lebih baik untuk menganalisis struktur yang didasarkan pada superposisi modal (CSI, 2014);
- b) *Maximum Number of Modes* untuk banyaknya jumlah ragam vibrasi (*mode*), dimana jumlah perkiraan *mode* bias ditentukan berdasar perkalian *Degree of Freedom (DOF)* atau derajat kebebasan struktur dengan jumlah lantai tinjauan. (Satyarno dkk, 2015);

- c) *Load Type* dipilih *Accel* (*Acceleration* atau percepatan), karena input *response spectrum* dalam satuan percepatan gravitasi (*g*);
- d) *Load Name* dipilih percepatan pada arah *x* (*UX*) dan percepatan pada arah *y* (*UY*). Karena pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini berupa portal 2D, maka hanya diinput percepatan pada arah *x* (*UX*) saja.

2) Response Spectrum Analysis

Analisis Respons Spektrum digunakan untuk melihat dan mengubah definisi kasus analisis spektrum respons (CSI, 2011). Cara analisisnya yaitu melalui kotak dialog *Define Load Case*, klik *Add New Case*, maka akan ditampilkan kotak dialog *Load Case Data* dengan *Load Case Type* yang digunakan yaitu *Response Spectrum* seperti pada gambar 29. Beban gempa respon spektrum dianalisis terhadap kedua arah sumbu utama (*x* dan *y*) secara individual, yang selanjutnya digabungkan kedalam kombinasi pembebanan gempa (Satyarno dkk, 2015).

Karena pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini berupa struktur portal 2D, maka hanya dibuat pada salah satu arah sumbu utama, dalam hal ini menggunakan sumbu *x*.



Gambar 29. Kotak dialog *Load Case Data Response Spectrum*

- a) *Load Case Type* dipilih *Response Spectrum* untuk analisis beban gempa respons spektrum;
- b) *Load Type* dipilih *Accel* (*Acceleration* atau percepatan), karena input *response spectrum* dalam satuan percepatan gravitasi (*g*);

- c) *Load Name* dipilih percepatan pada arah x ($U1$) dan percepatan pada arah y ($U2$). Karena pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini berupa portal 2D, maka hanya diinput percepatan pada arah x ($U1$) saja;
- d) *Function* dipilih *Respons Spektrum Function* berdasarkan data beban gempa Yogyakarta yang telah diinput sebelumnya;
- e) *Scale factor* berfungsi sebagai sebuah factor yang mengalikan beban sebelumnya dimasukkan ke penggunaan beban lainnya. Faktor skala terhadap analisis *Response Spektrum* didapatkan melalui persamaan 2.27

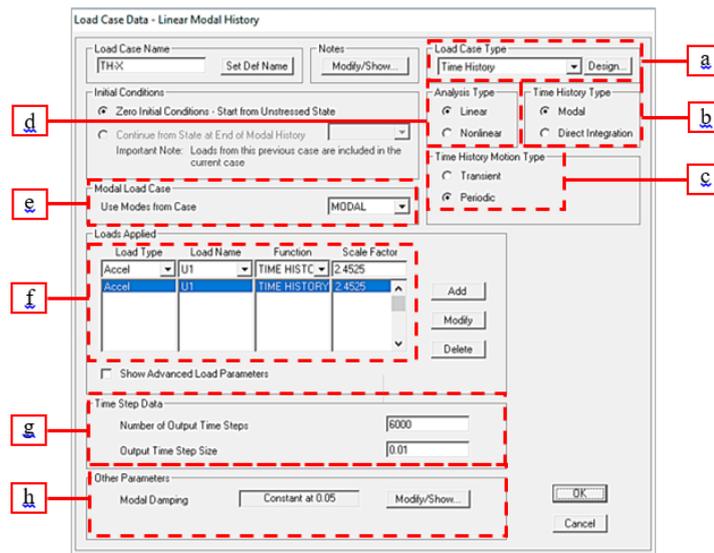
3) *Time History Analysis*

Setelah data akselerogram selesai diinput melalui *function*, maka agar fungsi rekaman gempa tersebut diubah menjadi pembebanan pada struktur dilakukan melalui Kotak dialog *Define Load Cases* (Satyarno dkk, 2015).

Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis time history linier (*Linear Time History Analysis*). Caranya sama seperti analisis beban respons spektrum sebelumnya, pada kotak dialog *Define Load Case*, klik *Add New Case*, maka akan ditampilkan kotak dialog *Load Case Data* dengan *Load Case Type* yang digunakan yaitu *Time History* seperti pada gambar 30.

Beban gempa *Time History* juga dianalisis terhadap kedua arah sumbu utama (x dan y) secara individual, yang selanjutnya digabungkan dalam kombinasi pembebanan gempa. Karena arah sumber gempa (misalnya posisi lempeng tektonik/sesar yang berpotensi gempa) yang umumnya tidak selalu bias sejajar dengan sumbu utama gedung, maka akan digabungkan dengan beban gempa arah tegak lurus pada salah satu sumbu utama sebesar 30% (Satyarno dkk, 2015).

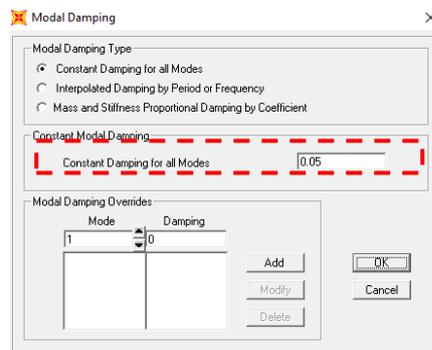
Melalui penelitian ini, pemodelan yang dilakukan berupa struktur portal 2D, dimana hanya dimodelkan pada salah satu arah sumbu utama, dalam hal ini menggunakan sumbu x .



Gambar 30. Kotak dialog *Load Case Data Linier Modal History*

- a) *Load Case Type* dipilih *Time History* untuk analisis beban gempa *Time history*;
- b) *Time History Type* dipilih *Modal (Mode Superposition Method)* sebagai metode yang digunakan untuk analisis *Time history* pada penelitian ini;
- c) *Time history motion type* dipilih tipe *transient* yang merupakan *case* yang umum, dimana struktur diawali pada kondisi diam dan dikenakan jumlah yang ditentukan hanya selama periode yang ditentukan untuk analisis (CSI, 2014);
- d) *Analysis Type* dipilih *linier* sebagai analisis yang digunakan dalam penelitian ini.
- e) *Modal Load Cases* dipilih *Modal* sebagai analisis yang digunakan sebagai dasar analisis *Time History*.
- f) *Load Applied* berfungsi untuk menginput beban dari satu atau lebih dari jenis beban (*Load Pattern*) atau beban akselerasi (*Acceleration*) yang telah ada (built-in) yang masing-masing diskalakan oleh fungsi waktu yang sama atau berbeda (CSI, 2014).
- i) *Load Type* dipilih *Accel (Acceleration atau percepatan)*, karena input *response spectrum* dalam satuan percepatan gravitasi (*g*);
- ii) *Load Name* dipilih percepatan pada arah *x (U1)* dan percepatan pada arah *y (U2)*. Karena pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini berupa portal 2D, maka hanya diinput percepatan pada arah *x (U1)* saja;
- iii) *Function* dipilih *Time History Function* berdasarkan data rekaman gempa Yogyakarta tahun 2006 yang telah diinput sebelumnya;

- iv *Scale factor* berfungsi sama seperti yang dijelaskan sebelumnya pada faktor skala untuk analisis *response spectrum*, tapi untuk beban akselerasi, faktor skala memiliki satuan dari akselerasi, dan akan konsisten dengan satuan yang sedang digunakan.
- g) *Time step data* merupakan data tentang data riwayat waktu, yang terdiri dari *Number of output time step* yang menunjukkan jumlah data dari riwayat waktu dan *output time step size* merupakan interval setiap data riwayat waktu.
- h) *Other parameter* yang dijelaskan adalah *modal damping* seperti pada gambar 31, yang berfungsi untuk memodifikasi nilai yang diberikan melalui perintah *Modify/show*. Melalui penelitian ini, *Modal Damping* yang digunakan untuk semua mode (*constant damping for all modes*) sebesar 5%.



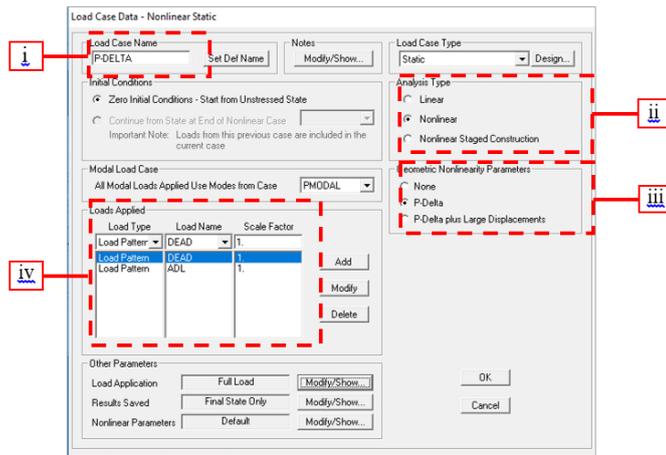
Gambar 31. Kotak dialog *Modal Damping*

e. Pengaruh Efek *P-Delta* (*P-Delta Effect*)

Efek *P-Delta*, juga dikenal sebagai nonlinier geometrik, melibatkan kesetimbangan dan hubungan kompatibilitas dari sistem struktural yang dimuat tentang konfigurasi yang dibelokkan. Yang menjadi perhatian khusus adalah penerapan beban gravitasi pada struktur bangunan bertingkat yang dipindahkan secara lateral. Kondisi ini memperbesar alur cerita dan perilaku mekanis tertentu sambil mengurangi kapasitas deformasi (CSI, 2014)

Berdasarkan CSI (2014), untuk menginput pengaruh efek *P-Delta* dalam analisis nonlinear melalui program SAP2000, yaitu dengan cara :

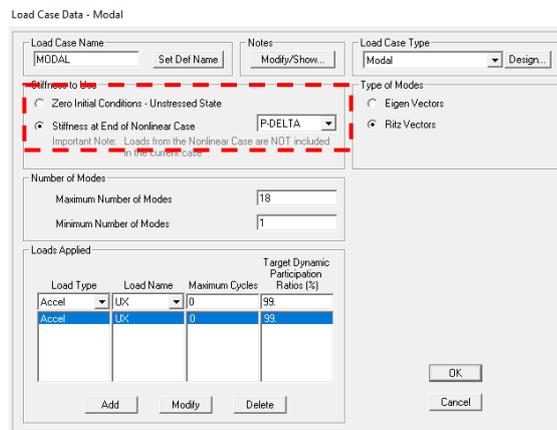
- 1) Untuk beban gravitasi (Gravity) yang diantisipasi melalui *Load Case*, dibuat kasus Analisis *P-Delta* yang mencakup parameter non-linear geometrik yaitu *P-Delta*, setelah itu ditimbangkan semua analisis lainnya sebagai linier sambil menggunakan matriks kekakuan yang dikembangkan untuk satu set beban akibat efek *P-Delta* ini.



Gambar 32. Kotak dialog *Modal Damping*

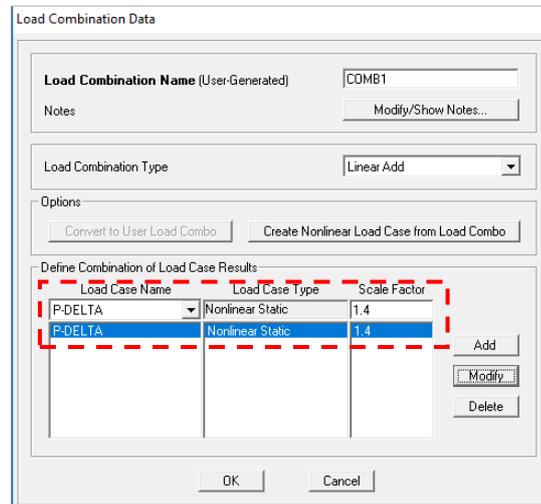
- i *Load Case Name* diberi nama dari kasus pengaruh terhadap beban yang dibuat, dalam kasus ini yaitu pengaruh *P-Delta*.
- ii *Analysis Type* dipilih opsi *Nonlinier* untuk menampilkan kasus pengaruh efek *P-Delta*.
- iii *Geometric Nonlinearity Paramters* dipilih opsi *P-Delta* untuk menampilkan pengaruh non-linier geometri akibat *P-Delta*.
- iv *Loads Applied* berfungsi untuk menerapkan beban yang akan diinput. Dalam kasus ini, diinput beban mati terhadap struktur (*DEAD*) dan beban mati tambahan akibat komponen struktur (*ADL*) dengan scale factor sebesar 1.

2) Setelah dibuat pengaruh efek P-delta melalui *Load Cases*, selanjutnya diinput pengaruh P-delta terhadap kekakuan pada akhir kasus non-linier melalui kotak dialog *Load Case Data – Modal*.



Gambar 33. Kotak dialog *Modal Damping*

- 3) Setelah itu, untuk setiap kombinasi beban (*Load Combination*), diinput kasus analisis nonlinier yang mencakup parameter non-linear yang telah dibuat.



Gambar 34. Kotak dialog *Load Combination Data*
(Contoh kombinasi 1)

f. Kombinasi pembebanan (*Load Combination*)

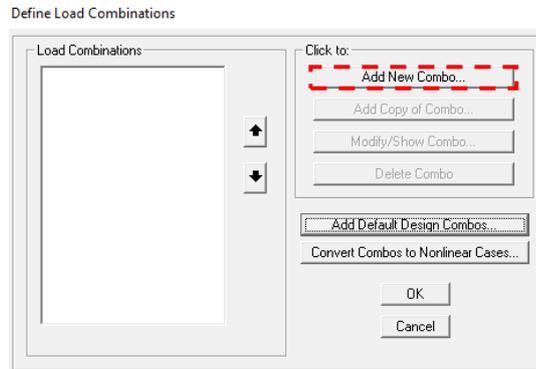
Berdasarkan SNI 1727:2013 pada pasal (2.3.2) bahwa, struktur, komponen dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya saam atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut :

- 1) 1,4D
- 2) 1,2D + 1,6L + 0,5R
- 3) 1,2D + 1,6R + (L atau 0,5W)
- 4) 1,2D + 1,0W + L + 0,5R
- 5) 1,2D + 1,0E + L
- 6) 0,9D + 1,0W
- 7) 0,9D + 1,0E

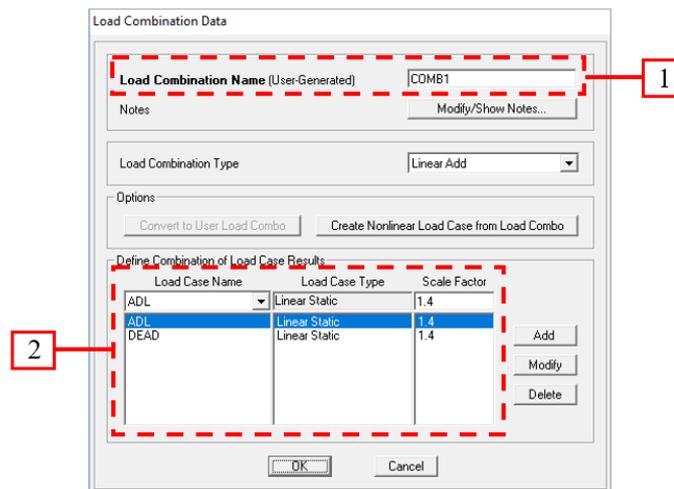
Keterangan :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- R = Beban Hujan
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa

Untuk membuat kombinasi pembebanan, dapat dilakukan melalui perintah *Define* pada menu bar → *Load Combinations*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Define Load Combinations* seperti pada gambar 35 → klik *Add New Combo*, maka akan ditampilkan kotak dialog *Load Combination Data* seperti pada gambar 36.



Gambar 35. Kotak dialog *Define Load Combinations*



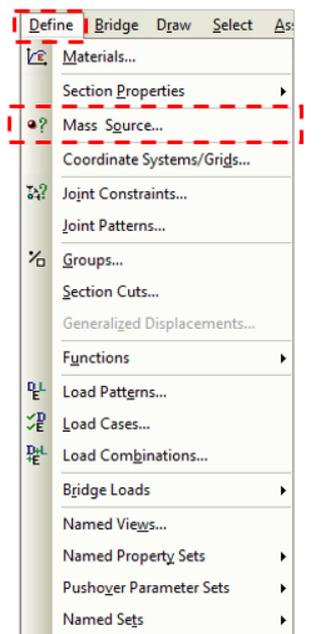
Gambar 36. Kotak dialog *Load Combination Data*

- 1) *Load Combination Name* diberikan nama urutan kombinasi yang akan diinput berdasarkan kombinasi pembebanan yang dijelaskan sebelumnya;
- 2) *Define Combination of Load Case Results* diinput jenis beban pada *Load Case Name*, dan *Scale Factor* berdasarkan kombinasi pembebanan yang telah dijelaskan sebelumnya.

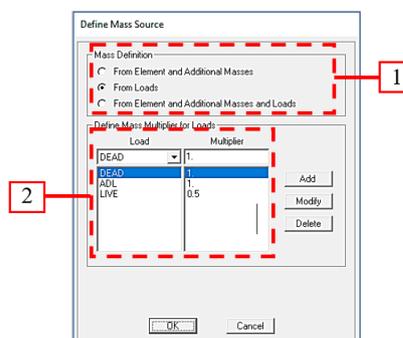
g. Penentuan massa struktur (*Mass Source*)

Satyarni, dkk (2015) menjelaskan bahwa dalam analisis dinamik (*Response Spectrum* dan *Time History*), secara garis besar beban berasal dari percepatan gempa dikalikan dengan massa struktur. Hal ini sangat penting, karena bila tidak tepat maka gaya atau beban gempa yang dihasilkan juga bias terlalu kecil atau bahkan terlalu besar. Definisi massa ini perlu untuk diperhatikan, terutama untuk massa dari beban mati.

Untuk menentukan massa struktur, dilakukan melalui perintah *Define* pada menu bar → *Mass Source*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Define Mass Source* seperti pada gambar 37.



Gambar 37. Perintah *Define* pada menu bar → *Mass Source*



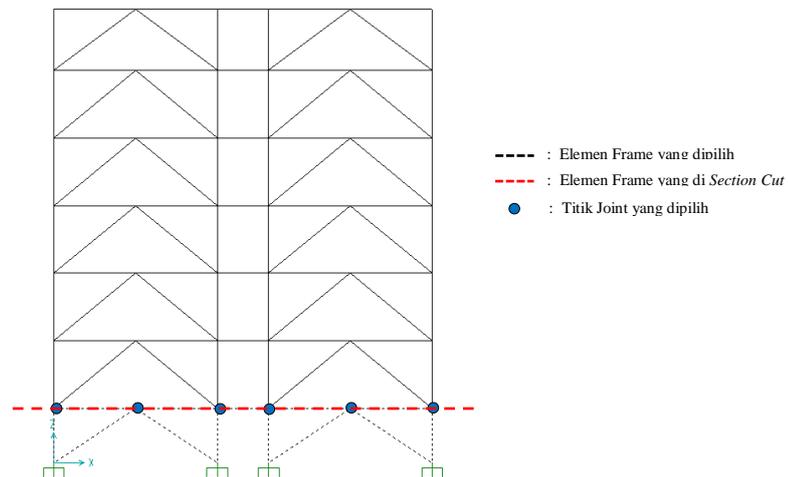
Gambar 38. Kotak dialog *Define Mass Source*

- 1) Satyarno, dkk (2015) menyebutkan bahwa *Mass Definition* memberikan 3 pilihan definisi sumber massa struktur, yang bila dicermati kembali berasal dari dua macam yaitu :
 - a) *Element and Additional Masses*, merupakan massa yang berasal dari massa tambahan, bias berupa *joint mass* (massa pada nodal), *line mass* (*frame*/elemen batang), atau *area mass* (elemen *area*/luasan). Massa dari berat sendiri masuk pada *element* (tidak ada *additional mass*), namun massa dari beban mati tambahan tidak terhitung karena berupa beban (*load*) → **massa terlalu kecil**;
 - b) *From Load* akan ditentukan dari beban tambahan yang bukan merupakan elemen modal (*element*), misalnya beban *finishing* lantai dan beban hidup pelat. Bila dipilih *option* ini maka massa yang terhitung adalah dari beban mati tambahan (*load*) dan juga termasuk dari berat sendiri (ingat karena pada beban *DEAD* sudah termasuk *self weight*) → **sudah tepat**;
 - c) *From Element and Additional Masses and Loads* merupakan gabungan dari kedua pilihan tersebut. Massa dari *element* adalah massa yang berasal dari semua elemen yang ada pada model struktur yang akan dihitung berdasarkan data berat jenis material terkait. Pada pilihan ini, masa struktur dari berat sendiri struktur masuk pada *element*, beban mati tambahan masuk pada *loads*, namun perhatikan juga karena beban *Dead* juga sudah mengandung *self weight*, maka berat sendiri juga akan masuk pada *loads* sehingga terhitung ganda → **massa terlalu besar**.
- 2) *Define mass Multiplier for Loads*, bertujuan untuk menginput faktor pengali terhadap beban struktur yang telah diinput. Untuk beban mati sendiri struktur (*DEAD*) dan beban mati tambahan akibat komponen struktur (*ADL*), diinput faktor pengali sebesar 100% atau sebesar 1, serta untuk beban hidup (*LIVE*) diinput faktor pengali sesuai dengan PPPURG 1987 pada tabel 4, dimana factor pengali tersebut didasarkan pada fungsi bangunan.

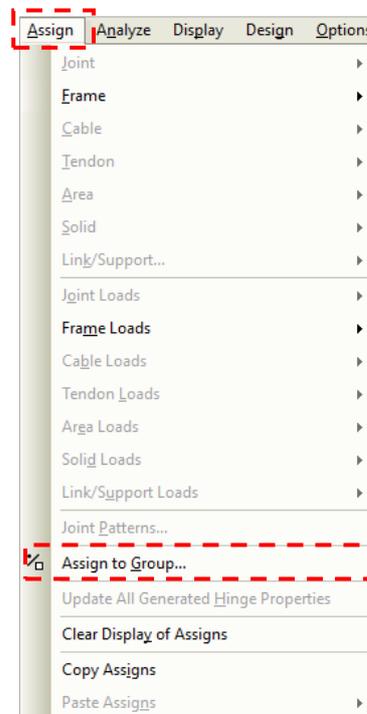
3. Grup (*Group*)

Grup (*Group*) adalah kumpulan objek yang diberi nama unik. Grup dapat digunakan untuk berbagai tujuan. Setiap objek dapat menjadi bagian dari banyak kelompok sesuai kebutuhan (CSI, 2014).

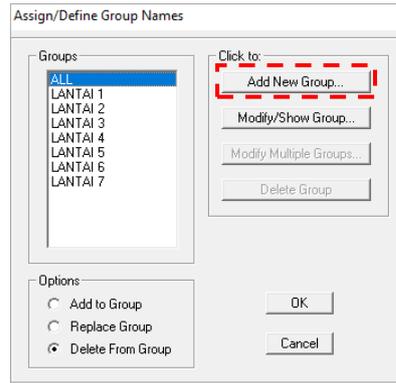
Cara membuat *Group* yaitu dengan cara terlebih dahulu blok elemen yang akan ditinjau seperti pada gambar 39 kemudian klik perintah *Assign* pada menu bar → *Assign to Group*, setelah itu akan ditampilkan kotak dialog *Assign/Define Group Names*. → klik *Add New Group* untuk membuat grup, setelah itu akan ditampilkan kotak dialog *Assign/Define Group Name*.



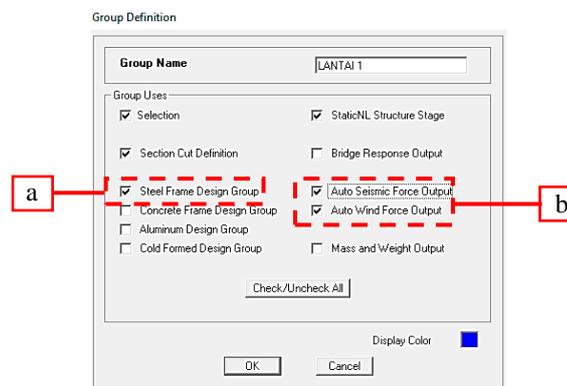
Gambar 39. Salah satu contoh (pilihan *Section Cut* pada lantai 1)



Gambar 40. Perintah *Assign* pada menu bar → *Assign to Group*



Gambar 41. Kotak dialog *Assign/Define Group Names*



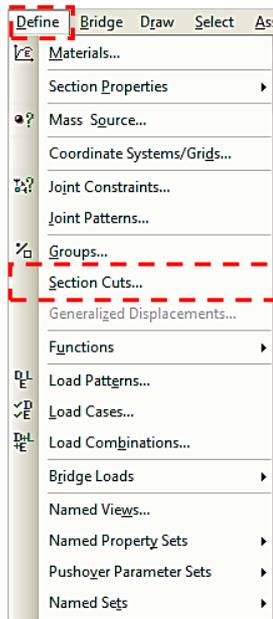
Gambar 42. Kotak dialog *Assign/Define Group Names*

- a. *Steel Frame Design Group* dicentang sebagai jenis struktur yang digunakan dalam pemodelan;
- b. *Auto Seismic Force Output* dan *Auto Wind Force Output* dicentang sebagai pilihan pembebanan yang digunakan dalam pemodelan.

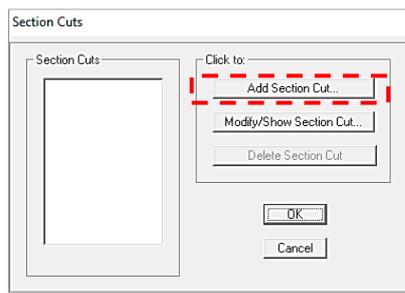
4. *Section Cut*

Section Cut berfungsi untuk mendapatkan gaya resultan yang bekerja pada setiap bagian potongan penampang dalam kelompok frame dari sistem koordinat lokal melalui model struktur (CSI, 2014).

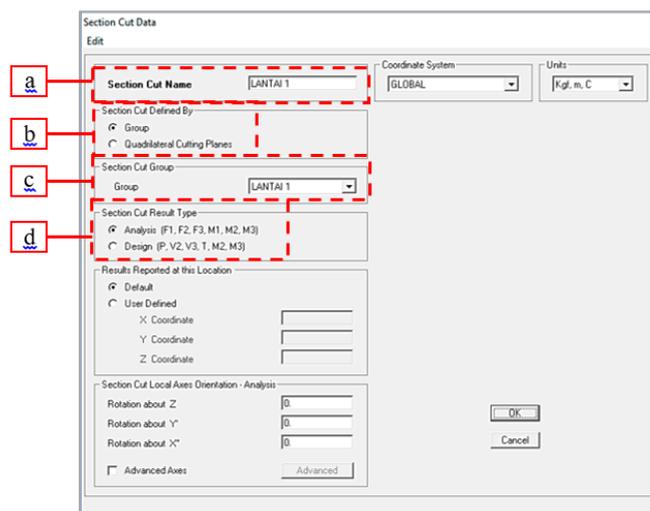
Section Cut dilakukan melalui perintah *Define* pada menu bar → *Section Cut*, setelah itu akan ditampilkan kotak dialog *Section Cut* seperti pada gambar 43 → klik *Add Section Cut*, maka akan ditampilkan kotak dialog *Section Cut Data* seperti pada gambar 44.



Gambar 43. Perintah *Define* pada menu bar → *Section Cut*



Gambar 44. Kotak dialog *Section Cuts*



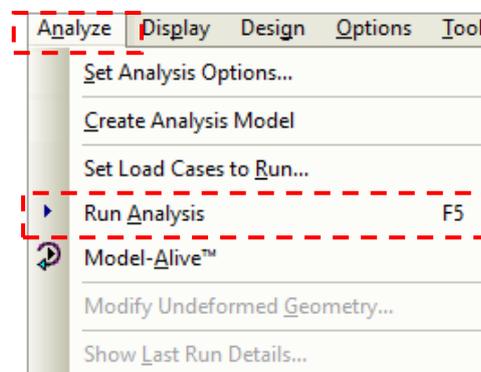
Gambar 45. Kotak dialog *Section Cut Data*

- a. *Section Cut Name* diisi nama *Section Cut* dari elemen *frame* yang telah dibuat pada setiap tingkat struktur;
- b. *Section Cut Defined By* menyediakan opsi pilihan untuk menentukan potongan (CSI, 2014).
 - 1) *Group*. Melalui opsi ini, hasil bagian *Section Cut* dilaporkan untuk semua elemen yang termasuk dalam *Group* yang ditentukan menggunakan daftar tarik turun *Group* di bagian kelompok *Section Cut* dari formulir;
 - 2) *Quadrilateral Cutting Planes*. Ketika opsi ini dipilih, area spreadsheet *Quadrilateral Cutting Planes* ditambahkan ke formulir, bersama dengan *Results Report* dibagian sisi elemen ini.
- c. *Section Cut Group* berfungsi untuk memilih nama grup yang mendefinisikan *Section Cut* dari daftar Tarik turun *Group* (CSI, 2014);
- d. *Section Cut Result Type* berfungsi untuk memilih jenis hasil yang akan dilaporkan apakah berupa *Analysis* atau *Design*. Dalam penelitian ini, menggunakan opsi *Analysis* untuk mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada setiap bagian *Section Cut* yang telah dibuat.

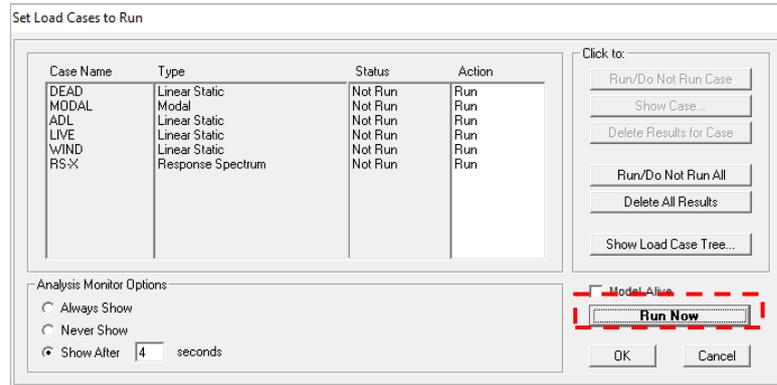
5. Run Analysis

Run Analysis berfungsi untuk memeriksa status analisis dari kasus pemodelan. Perintah ini juga bisa untuk menghapus hasil kasus yang sudah dijalankan, serta mengatur kasus mana yang harus dijalankan dan untuk menyimpan pengaturan (CSI, 2014).

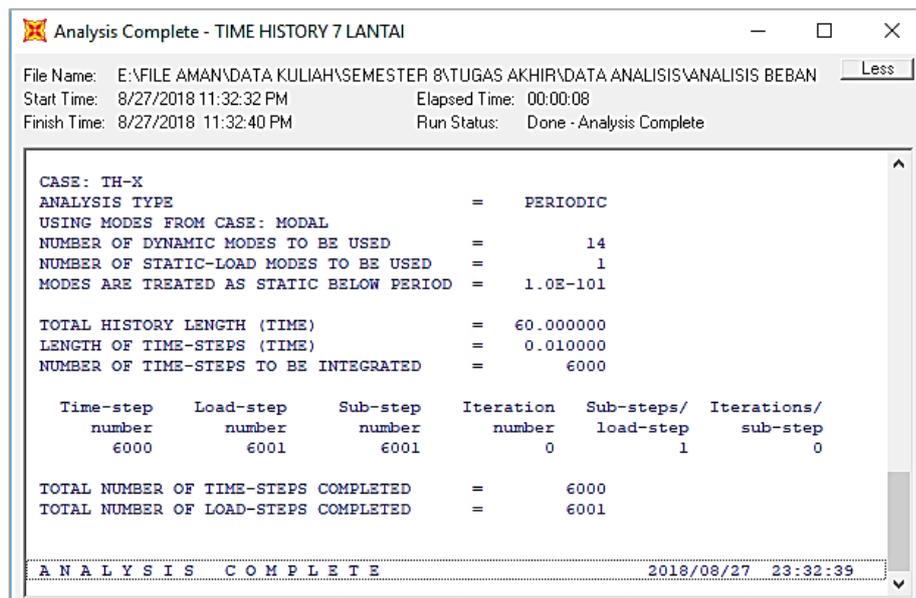
Untuk menjalankannya, menggunakan perintah *Analyze* dari menu bar → *Run analysis*, maka akan ditampilkan kotak dialog *Set Load Cases to Run*. Setelah itu klik *Run Now*, kemudian ditunggu hingga analisis dari pemodelan tersebut selesai.



Gambar 46. Perintah *Analysis* pada menu bar → *Run Analysis*



Gambar 47. Kotak dialog *Set Load Cases to Run*

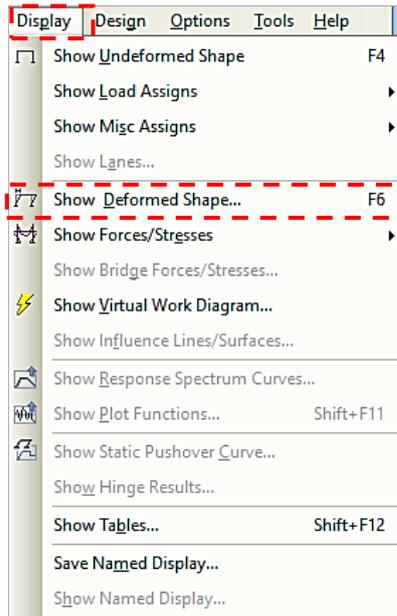


Gambar 48. Proses *Analysis* hingga selesai

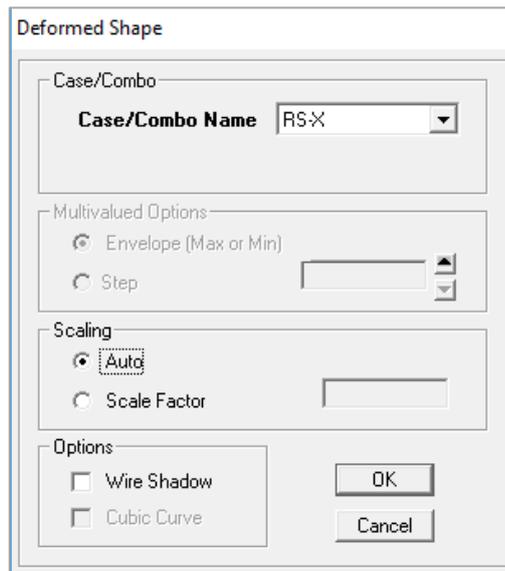
6. Bentuk deformasi (*Deformed Shape*)

Setelah analisis dijalankan, program SAP2000 akan secara otomatis menampilkan bentuk model struktur yang berubah bentuk (deformasi) akibat beban yang telah diinput. (CSI, 2014)

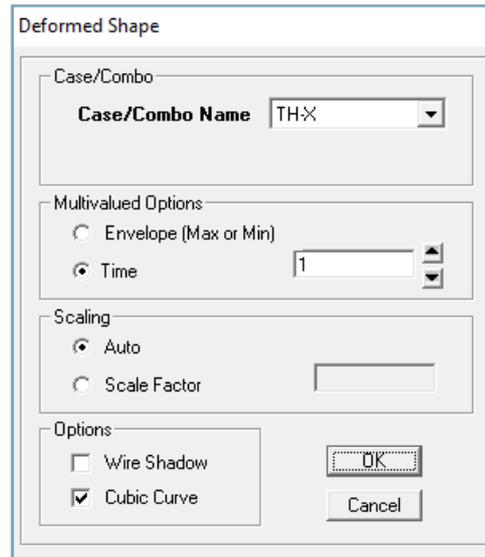
Untuk menampilkannya, dapat dilakukan melalui perintah *Display* pada menu bar → *Show Deformed Shape*, Setelah itu akan ditampilkan kotak dialog *Deformed Shape*. Melalui kotak dialog ini, dapat dipilih opsi pengaruh beban yang mengakibatkan model struktur berdeformasi.



Gambar 49. Perintah *Display* → *Show Deformed Shape*



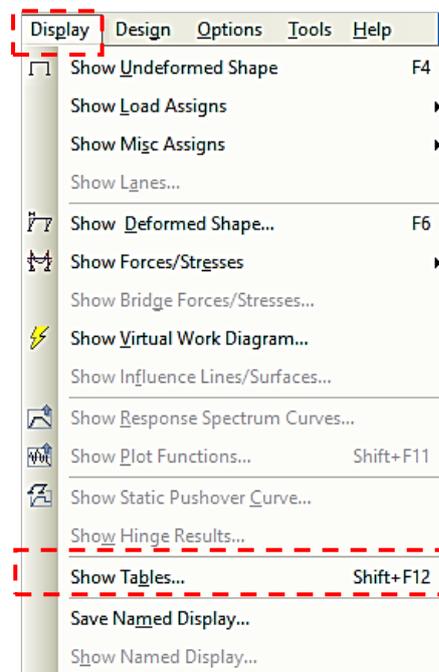
Gambar 50. Kotak dialog *Deformed Shape (Response Spectrum)*



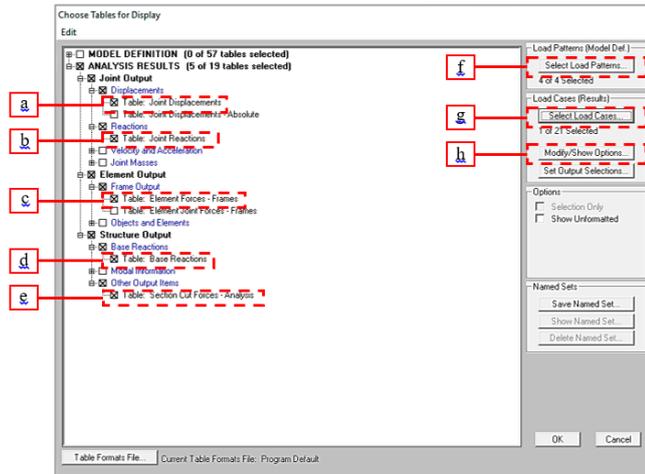
Gambar 51. Kotak dialog *Deformed Shape (Time History)*

7. Menampilkan output (*Show Table*)

Untuk menampilkan output hasil analisis struktur dalam bentuk tabel, digunakan perintah *Display* pada menu bar → *Show Tables*, kemudian akan ditampilkan kotak dialog *Choose Table For Display*. Melalui kotak dialog ini, terdapat beberapa opsi output hasil analisis yang dapat ditampilkan.

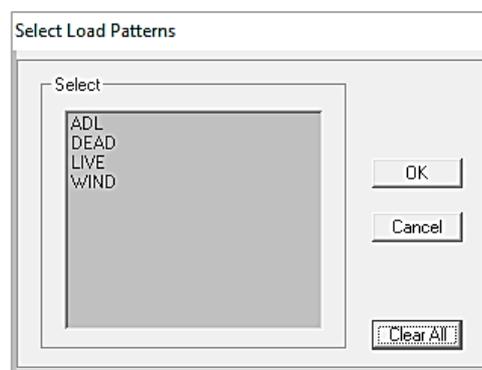


Gambar 52. Perintah *Display* pada menu bar → *Show Table*



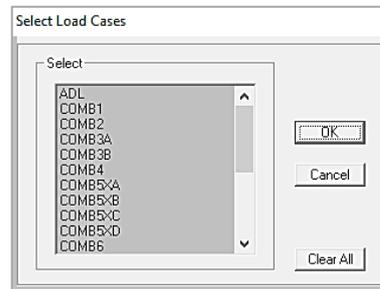
Gambar 53. Kotak dialog *Choose Table For Display*

- a. *Table : Joint Displacement* untuk menampilkan respon parameter perpindahan (*Displacement*) pada setiap joint yang ditinjau;
- b. *Table : Joint Reactions* untuk menampilkan gaya reaksi yang terjadi pada setiap joint yang ditinjau;
- c. *Table : Element Force – Frame* untuk menampilkan gaya dalam yang terjadi pada setiap elemen penampang yang ditinjau;
- d. *Table : Base Reactions* untuk menampilkan gaya geser dasar yang terjadi model struktur;
- e. *Table : Section Cut Force – Analysis* untuk menampilkan gaya geser yang terjadi pada setiap lantai yang ditinjau;
- f. *Select Load Pattern* berfungsi untuk menampilkan kotak dialog *Select Load Pattern* sebagai opsi pilihan jenis beban;



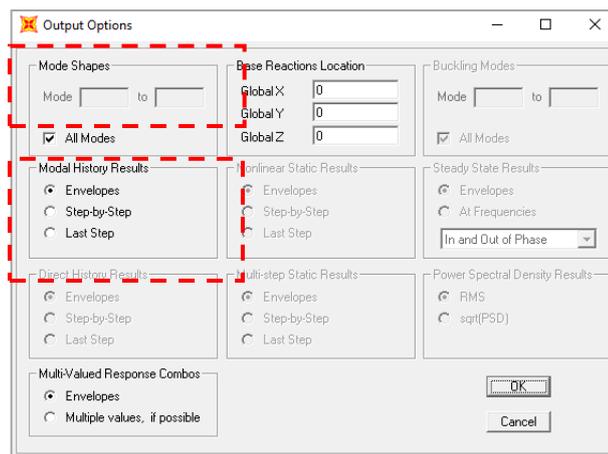
Gambar 54. Kotak dialog *Select Load Pattern*

- g. *Select Load Case* berfungsi untuk menampilkan kotak dialog *Select Load Case* sebagai opsi pilihan kasus beban;



Gambar 55. Kotak dialog *Select Load Case*

- h. *Output Options* berfungsi untuk menampilkan kotak dialog *Output Options* seperti pada gambar 56. Kotak dialog ini berfungsi untuk menentukan hasil analisis yang akan ditampilkan tergantung pada jenis analisisnya (CSI, 2014).



Gambar 56. Kotak dialog *Output Options*

Pada bagian *Mode Shapes*, berfungsi untuk menampilkan bentuk mode yang terjadi pada model struktur melalui sebuah tabel. Pada *Modal History Results*, terdapat tiga opsi yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut :

- 1) *Envelopes*, hasil analisis yang ditampilkan hanya berupa nilai maksimum dan minimum;
- 2) *Step-by-Step*, hasil analisisnya akan ditampilkan semuanya disetiap langkah yang ditinjau;
- 3) *Last Step*, hasil analisis yang ditampilkan hanya pada tahap akhir analisis pada tabel

LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN KOLOM BAJA PADA TINGKAT 7

PERHITUNGAN KOLOM H BEAM MENGACU PADA SNI 1729:2015

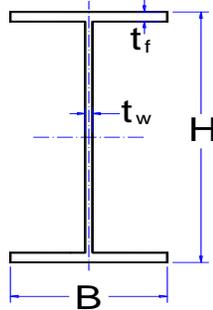
A. DATA BAHAN

[C]2018 : Nur.Muh.I.Sugeha

Tegangan leleh baja (*yield stress*)
 Tegangan ultimita baja (*ultimite stress*)
 Modulus elastisitas baja (*modulus of elasticity*)
 Modulus geser (*modulus of shear*)

$F_y =$	240	MPa
$F_u =$	370	MPa
$E =$	200000	MPa
$G =$	77200	MPa

B. DATA PROFIL BAJA



Profil :	IWF 600.300.12.20	
$H =$	600	mm
$B =$	300	mm
$t_w =$	12	mm
$t_f =$	20	mm
$A =$	19250	mm ²
$I_x =$	1180000000	mm ⁴
$I_y =$	90200000	mm ⁴
$r_x =$	247.6	mm
$r_y =$	68.5	mm
$r_{min} =$	68.5	mm
$S_x =$	4020000	mm ³
$S_y =$	601000	mm ³

C. DATA KOLOM

Tinggi kolom tidak dipengaruhi tahanan

Beban aksial maksimum
 Momen maksimum (arah sumbu x)
 Momen minimum (arah sumbu x)
 Momen Maksimum arah sumbu x
 Momen maksimum (arah sumbu y)
 Momen minimum (arah sumbu y)
 Momen Maksimum arah sumbu y

$L_x =$	3200	mm
$L_y =$	3200	mm
$P_u =$	1040.26	kN
$M_{ux}^{(+)} =$	124.94	kN.m
$M_{ux}^{(-)} =$	121.59	kN.m
$M_{ux} =$	124.94	kN.m
$M_{uy}^{(+)} =$	0.00	kN.m
$M_{uy}^{(-)} =$	0.00	kN.m
$M_{uy} =$	0.00	kN.m

D. SECTION PROPERTIES

Faktor K
 Jarak antar titik berat elemen sayap
 Tinggi bersih badan profil
 Konstanta Puntir Torsi,
 Konstanta Putir Lengkung,
 Modulus Plastis penampang (sumbu kuat)
 Modulus Plastis penampang (sumbu lemah)

$K =$	0.700	
$h_o = H - t_f =$	580	mm
$h = H - (2 * t_f) =$	560	mm
$J = 1 / 3 * [(2 * B * t_f^3) + (h_o * t_w^3)] =$	1934080	mm ⁴
$C_w = 1 / 4 * d^2 * I_y =$	7.59E+12	mm ⁶
$Z_x = B * t_f * h_o + 0,25 * t_w * h^2 =$	4420800.00	mm ³
$Z_y = 1,5 * S_y =$	901500.00	mm ³

MENGHITUNG KUAT TEKAN RENCANA (ϕP_n)

A. KLASIFIKASI PENAMPANG PROFIL

Terhadap Sayap Profil :	b / t_f 7.5	<	$0,56 * \sqrt{E / F_y}$ 16.17	→ Tidak Langsing
Terhadap Badan Profil :	h / t_w 46.67	>	$1,49 * \sqrt{E / F_y}$ 43.01	→ Langsing (butuh Pengaku)

B. TEGANGAN KRITIS TEKUK LENTUR

Check Kelangsingan : $\frac{K * L / r_{min}}{32.72} < \frac{4,71 * \sqrt{E} / F_y}{135.97} \rightarrow$ **Tekuk Inelastis**

Tegangan Tekuk Euler $F_e = (\pi^2 * E) / (K * L / r_{min})^2 = \frac{1843.36}{\text{Mpa}}$
 Tegangan Kristis $F_{cr} \rightarrow \frac{227.27}{\text{Mpa}}$

C. TEGANGAN KRITIS TEKUK PUNTIR

Tegangan Tekuk Euler $F_e = [(\pi^2 * E * C_w / (K_z * L)^2) + G * J] * 1 / (I_x + I_y) = \frac{2466.99}{\text{Mpa}}$

Check Kelangsingan : $\frac{F_y / F_e}{0.10} < \frac{2.25}{2.25} \rightarrow$ **Tekuk Inelastis**

Tegangan Kristis $F_{cr} \rightarrow \frac{230.42}{\text{Mpa}}$

D. KUAT TEKAN NOMINAL

Check Tekuk yang terjadi : $\frac{\text{Tekuk Lentur}}{227.27} < \frac{\text{Tekuk Puntir}}{230.42} \rightarrow$ **Tekuk Lentur**

Kuat Tekan Nominal $\phi P_n = \phi * F_{cr} * A = \frac{3937.48}{\text{kN}}$
 $P_c \rightarrow \frac{3937.48}{\text{kN}}$

MENGHITUNG KUAT LENTUR RENCANA (ϕM_n)

A. KUAT LENTUR PENAMPANG PADA KONDISI PLASTIS (MAKSIMUM)

Kuat Lentur Penampang pada Kondisi Plastis $M_p = Z_x * F_y = \frac{1060.99}{\text{kN.m}}$

Terhadap Sayap Profil : $\frac{b / t_f}{7.5}$
 $\frac{\lambda_{pf} = 0,38 * \sqrt{E} / F_y}{10.97}$
 $\frac{\lambda_{rf} = 1,0 * \sqrt{E} / F_y}{28.87} \rightarrow$ **Sayap Kompak**

Terhadap Badan Profil : $\frac{h / t_w}{47}$
 $\frac{\lambda_{pw} = 3,76 * \sqrt{E} / F_y}{108.54}$
 $\frac{\lambda_{rw} = 5,70 * \sqrt{E} / F_y}{164.54} \rightarrow$ **Badan Kompak**

B. TEKUK TORSI LATERAL (LATERAL TORSIONAL BUCKLING)

Jarak Penambatan Lateral (Kondisi Batas Leleh) $L_p = 1,76 * r_y \sqrt{E} / F_y = \frac{3.48}{\text{m}}$
 Nilai r_{ts} $r_{ts}^2 = 1 / 2 * I_y * h_o / S_x = \frac{80.67}{\text{mm}}$
 Nilai c Untuk Profil H $c = \frac{1.00}{\text{m}}$
 Jarak Penambatan Lateral (Kondisi Batas Elastis) $L_r = \frac{10.54}{\text{m}}$
 $M_A = \frac{83.05}{\text{kN.m}}$
 $M_B = \frac{41.16}{\text{kN.m}}$
 $M_C = \frac{41.37}{\text{kN.m}}$
 Faktor C_b $C_b = (12.5 * M_{max}) / (2.5 * M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C) = \frac{1.84}{\text{Mpa}}$

KETERANGAN

Kondisi A : $L_b \leq L_p$ = Tidak ada tekuk torsi lateral

Kondisi B : $L_p < L_b \leq L_r$ = $M_n = C_b [M_p - (M_p - 0,7 * F_y * S_x) * ((L_b - L_p) / (L_r - L_p))] \leq M_p$

Kondisi C : $L_b > L_r$ = $M_n = F_{cr} * S_x \leq M_p$

$$F_{cr} = (C_b * \pi^2 * E) / (L_b / r_{ts})^2 * \sqrt{ 1 + 0,078 * (J * c / S_x * h_o) * (L_b / r_{ts})^2 }$$

Check :

L_p	=	3.5
L_b	=	3.2
L_r	=	10.5

→ **Kondisi A**

Momen Nominal (Kondisi Lateral Torsional Buckling)

F_{cr}	=	-
M_n	=	-

> $M_p = 1060.99$ kN.m

Momen Nomila yang digunakan

M_n	=	1060.99
ϕM_n	=	954.89

→ **Tidak Terjadi LTB**

C. KUAT LENTUR PENAMPANG PADA KONDISI PLASTIS (MINIMUM)

Kuat Lentur Penampang (Kondisi Plastis)

$$M_p = Z_y * F_y = 216.36 < 230.784 \rightarrow \text{MEMENUHI}$$

Terhadap Sayap Profil :

b / t_f	=	7.50
$\lambda_{pf} = 0,38 * \sqrt{ E / F_y }$	=	10.97
$\lambda_{rf} = 1,0 * \sqrt{ E / F_y }$	=	28.87

→ **Sayap Kompak**

Terhadap Badan Profil :

h / t_w	=	47
$\lambda_{pw} = 3,76 * \sqrt{ E / F_y }$	=	108.54
$\lambda_{rw} = 5,70 * \sqrt{ E / F_y }$	=	164.54

→ **Badan Kompak**

B. TEKUK TORSI LATERAL (LATERAL TORSIONAL BUCKLING)

KETERANGAN

Kondisi A Jika elemen sayapnya kompak → tekuk lokal tidak terjadi

Kondisi B Untuk elemen sayapnya non-kompak → $M_n = [M_p - (M_p - 0,7 * F_y * S_y) * ((\lambda - \lambda_{pf}) / (\lambda_{rf} - \lambda_{pf}))]$

Kondisi C untuk elemen sayapnya langsing → $M_n = F_{cr} * S_y$

Check :

λ_p	=	11.0
λ	=	7.5
λ_r	=	28.9

→ **Kondisi A**

Momen Nominal (Kondisi Lateral Torsional Buckling)

$F_{cr} = (0,69 * E) / (b / t_f)^2$	=	-	MPa
M_n	=	-	kN.m
ϕM_n	=	-	kN.m

KONTROL :

ϕM_p	=	194.7
ϕM_n	=	-

→ **Digunakan ϕM_n sebesar 194.72** kN.m

MENGHITUNG FAKTOR PEMBESARAN MOMEN AKIBAT EFEK P-δ

A. MOMEN ARAH X

Kapasitas tekuk kritis batang pada arah lentur $P_{e1} = (\pi^2 * E * I_x) / (K * L)^2 = 464211.30$ kN

Arah lengkungan momen :

Kondisi A : Jika momen melengkung di **dua tempat**, maka nilai M_1 / M_2 **positif (+1)**

Kondisi B : Jika momen melengkung di **satu tempat**, maka nilai M_1 / M_2 **negatif (-1)**

Arah lengkungan momen

-1

Koefisien untuk elemen yang tidak bergiyang

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) = 0,99$$

Faktor pengali untuk pembesaran momen

$$B_1 = C_m / (1 - \alpha * (P_r / P_{e1})) = 0,99$$

$$B_1 = 1$$

Momen lentur perlu elemen yang telah memperhitungkan efek orde 2

$$M_{rx} = B_1 * M_{lx} = 124.94 \text{ kNm}$$

Gaya aksial perlu elemen yang telah memperhitungkan efek orde 2

$$P_r = B_1 * P_{lt} = 1040.26 \text{ kNm}$$

B. MOMEN ARAH Y

Kapasitas tekuk kritis batang pada arah lentur yang ditinjau $P_{e1} = (\pi^2 * E * I_y) / (K * L)^2 = 35484.6268$ kN

Arah lengkungan momen :

Kondisi A : Jika momen melengkung di **dua tempat**, maka nilai M_1 / M_2 **positif (+1)**

Kondisi B : Jika momen melengkung di **satu tempat**, maka nilai M_1 / M_2 **negatif (-1)**

Arah lengkungan momen

-1

Koefisien untuk elemen yang tidak bergiyang

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) = 1,00$$

Faktor pengali untuk pembesaran momen

$$B_1 = C_m / (1 - \alpha * (P_r / P_{e1})) = 1,03$$

$$B_1 = 1,03$$

Momen lentur perlu elemen yang telah memperhitungkan efek orde 2

$$M_{ry} = B_1 * M_{ly} = 0.00 \text{ kNm}$$

Gaya aksial perlu elemen yang telah memperhitungkan efek orde 2

$$P_r = B_1 * P_{lt} = 1071.67 \text{ kNm}$$

MENGHITUNG INTERAKSI GAYA AKSIAL DAN MOMEN LENTUR

Persamaan Interaksi :

a. Jika $P_r / P_c \geq 0,2$ maka :

$$(P_r / P_c) + (8 / 9) * ((M_{rx} / M_{cx}) + (M_{ry} / M_{cy})) \leq 1.0$$

a. Jika $P_r / P_c < 0,2$ maka :

$$(P_r / 2 * P_c) + ((M_{rx} / M_{cx}) + (M_{ry} / M_{cy})) \leq 1.0$$

Check : $0.272 > 0.2$

Maka, didapatkan $\rightarrow 0.39 < 1 \rightarrow$ PROFIL AMAN

LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN SAMBUNGAN BAUT ENDPLATE KOLOM BALOK BAJA PADA TINGKAT 7

PERHITUNGAN SAMBUNGAN BAUT TIPE LOKAL (TIPE TARIK) MENGACU PADA SNI 1729:2015

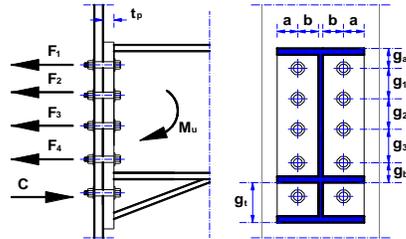
A. DATA BAHAN

Tegangan leleh baja (*yield stress*)
 Tegangan ultimate baja (*ultimite stress*)
 Modulus elastik baja (*modulus of elasticity*)
 Modulus geser baja (*modulus of shear*)

[C]2018 : Nur.Muh.I.Sugeha

$F_y =$	240	MPa
$F_u =$	370	MPa
$E =$	200000	MPa
$G =$	77200	MPa

B. DATA PROFIL BAJA



Profil :	WF. 400.200.8.13	
$H =$	400	mm
$B =$	200	mm
$t_w =$	8	mm
$t_f =$	13	mm
$A_g =$	8410	mm ²
$r =$	16	mm
$I_x =$	237000000	mm ⁴
$I_y =$	17400000	mm ⁴

C. DATA PEMBEBANAN

Momen maksimum terhadap beban terfaktor

$M_u =$	254.03	kN.m
---------	--------	------

D. SPESIFIKASI BAUT

Diameter baut (SNI 1729:2015 Tabel J3.3M)
 Diameter baut
 Diameter lubang
 Diameter imajiner

M24		
$d_{\text{baut}} =$	24	mm
$d_{\text{lubang}} =$	27	mm
$d_{\text{imajiner}} =$	29	mm

Kekuatan nominal pengencangan dan bagian yang berulir (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)
 Kuat tarik Nominal
 Kekuatan Geser Nominal dan Sambungan Tipe-Tumpu
 Gaya tarik baut prategang minimum (SNI 1729:2015 Tabel J3.1)

A325		
$F_{nt} =$	620	MPa
$F_{nv} =$	330	MPa
$T_b =$	205	kN

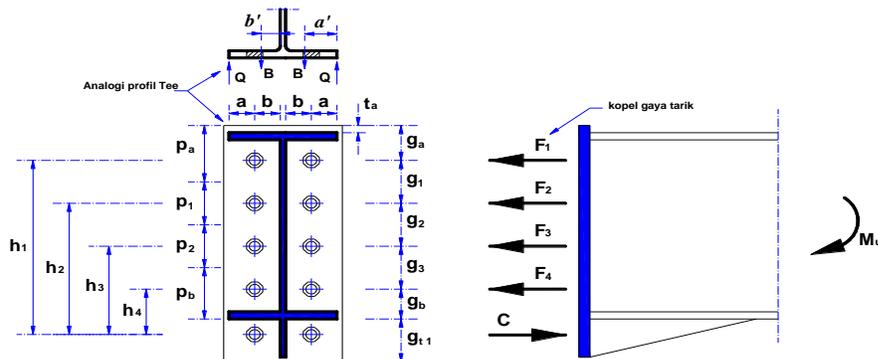
E. DATA SAMBUNGAN PADA PELAT

Jarak pusat baut bagian tepi ke tepi pelat (arah horizontal)
 Jarak pusat baut bagian tepi ke tepi elemen badan profil (arah horizontal)

$a =$	46.0	mm
$b =$	50	mm

ANALISIS SEBAGAI PELAT SATU ARAH - ANALOGI PROFIL T

A. DATA PERENCANAAN



Tambahan pelat sambung pada tepi atas
 Jarak tepi pelat momen ke pusat baut bagian tepi atas
 Jarak antar pusat baut bagian dalam
 Jarak pusat baut tepi bawah bagian dalam ke pusat baut bagian luar elemen sayap

t_a	=	15.00	mm
g_a	=	65.00	mm
g_{1-n}	=	100.00	mm
g_b	=	50.00	mm

CHECK : $\frac{H + T_a}{415.00} = \frac{g_a + g_{1-n} + g_b}{415.00} \rightarrow$ **SESUAI**

Panjang pelat momen bagian bawah
 Jarak tepi pelat momen ke pusat baut bawah bagian endplate

g_{t1}	=	587.00	mm
g_a'	=	50	mm

Jumlah baut yang berada dibagian dalam profil
 Jumlah baris baut pada *bagian dalam profil*

n_d	=	8	buah
n_s	=	4	baris

Jumlah baut yang berada dibagian luar profil
 Jumlah baris baut pada *bagian luar profil*

n_r	=	12	buah
n_s	=	6	baris

Jumlah baut keseluruhan
 Jumlah baris baut keseluruhan

n	=	20	buah
n_s	=	10	baris

Tabel Jarak baris baut ke-I dari baut tarik terhadap titik berat pelat sayap profil dizona tekan

Baris ke- i tarik	Baris tekan	Jarak baris	Lebar try
		(mm)	(mm)
baris 1	baris 10	887	115.00
baris 2	baris 10	787	100.00
baris 3	baris 10	687	100.00
baris 4	baris 10	587	100.00
baris 5	baris 10	-	-

Jarak antara posisi gaya baut dengan gaya *prying*

a'	=	58	mm
------	---	----	----

CHECK : $\frac{a'}{58} < \frac{1,25 * b + d_{baut} / 2}{74.50} \rightarrow$ **SESUAI**

Jarak antara posisi gaya baut dengan tepi elemen badan profil
 Luas bersih baut

b'	=	38	mm
$A_b = 1/4 * \pi * d_{baut}^2$	=	452.39	mm ²

Beban tarik yang terjadi
 Tebal minimum pelat momen

$T = B_n = \phi * A_b * F_{nt}$	=	210.36	kN
$t_{min} = \sqrt{(4.44 * T * b') / (p * F_u)}$	=	28.88	mm

CHECK : $\frac{t_{min}}{28.88} > \frac{t_f}{13.00} \rightarrow$ **TERJADI EFEK PRYING**

B. KAPASITAS TARIK PADA BAUT BARIS PERTAMA

Rasio potongan bersih pelat pada potongan lubang baut
 Momen kapasitas pelat sayap

$\delta = 1 - d_n / p$	=	0.77
$\alpha = 1 / \delta * ((4T * b') / (p * F_y * t_f^2) - 1)$	=	7.65

Beban maksimum sambungan T-sturb berdasarkan 3 kondisi berikut :

- Kondisi A \rightarrow Jika $\alpha \geq 1 \rightarrow T = ((1 + \delta) / 4b') * (p * F_y * t_f^2)$
 Kondisi B \rightarrow Jika $0 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow T = ((B_n * a') / (a' + b')) + ((p * F_y * t_f^2) / (4 * (a' + b')))$
 Kondisi C \rightarrow Jika $\alpha \leq 0 \rightarrow T = B_n = \phi * A_b * F_{nt}$

KONTROL : $\frac{\alpha}{7.65} > \frac{1}{1.00} \rightarrow$ **KONDISI A**

$\frac{0}{0.00} < \frac{\alpha}{7.65} > \frac{1}{1.00}$

$\frac{\alpha}{7.65} > \frac{0}{0.00}$

Beban maksimum sambungan T-sturb
 Kuat tarik profil tee untuk baut baris pertama ditentukan oleh kekuatan pelat

T	=	54.17	kN
$F_{first} = 2 * T$	=	108.34	kN

C. KAPASITAS TARIK PADA BAUT BARIS KE-*i*

Rasio potongan bersih pelat pada potongan lubang baut

$$\delta = 1 - d_n / p = 0.73$$

Momen kapasitas pelat sayap

$$\alpha = 1 / \delta \left((4T * b') / (p * F_y * t_f^2) - 1 \right) = 9.43$$

Beban maksimum sambungan T-sturb berdasarkan 3 kondisi berikut :

Kondisi A → Jika $\alpha \geq 1$ → $T = ((1 + \delta) / 4b') * (p * F_y * t_f^2)$

Kondisi B → Jika $0 \leq \alpha \leq 1$ → $T = ((B_n * a') / (a' + b')) + ((p * F_y * t_f^2) / (4 * (a' + b')))$

Kondisi C → Jika $\alpha \leq 0$ → $T = B_n = \phi * A_b * F_{nt}$

KONTROL :

α	>	1	→ KONDISI A	
9.43	>	1.00		
0	<	α		
0.00	<	9.43	>	1
α	>	0		
9.43	>	0.00		

Beban maksimum sambungan T-sturb

$$T = 46.16 \text{ kN}$$

Kuat tarik profil tee untuk baut baris selanjutnya ditentukan oleh kekuatan pelat

$$F_i = 2 * T = 92.33 \text{ kN}$$

D. KAPASITAS TARIK PADA BAUT BARIS TERAKHIR

Rasio potongan bersih pelat pada potongan lubang baut

$$\delta = 1 - d_n / p = 0.73$$

Momen kapasitas pelat sayap

$$\alpha = 1 / \delta \left((4T * b') / (p * F_y * t_f^2) - 1 \right) = 9.00$$

Beban maksimum sambungan T-sturb berdasarkan 3 kondisi berikut :

Kondisi A → Jika $\alpha \geq 1$ → $T = ((1 + \delta) / 4b') * (p * F_y * t_f^2)$

Kondisi B → Jika $0 \leq \alpha \leq 1$ → $T = ((B_n * a') / (a' + b')) + ((p * F_y * t_f^2) / (4 * (a' + b')))$

Kondisi C → Jika $\alpha \leq 0$ → $T = B_n = \phi * A_b * F_{nt}$

KONTROL :

α	>	1	→ KONDISI A	
9.00	>	1.00		
0	<	α		
0.00	<	9.00	>	1
α	>	0		
9.00	>	0.00		

Beban maksimum sambungan T-sturb

$$T = 46.16 \text{ kN}$$

Kuat tarik profil tee untuk baut baris terakhir ditentukan oleh kekuatan pelat

$$F_{end} = 2 * T = 108.34 \text{ kN}$$

E. KAPASITAS TARIK SAMBUNGAN END-PLATE TIPE LOKAL

Kuat tarik profil tee untuk baut baris pertama ditentukan oleh kekuatan pelat

$$F_{first} = 108.34 \text{ kN}$$

Kuat tarik profil tee untuk baut baris selanjutnya ditentukan oleh kekuatan pelat

$$F_i = 92.33 \text{ kN}$$

Kuat tarik profil tee untuk baut baris terakhir ditentukan oleh kekuatan pelat

$$F_{end} = 108.34 \text{ kN}$$

Jarak baris pada baut baris pertama

$$h_{first} = 887.00 \text{ kN}$$

Jarak baris pada baut baris terakhir

$$h_{end} = 587.00 \text{ kN}$$

Kapasitas tarik sambungan end-plate tipe lokal

$$M_{pl} = \sum F_i * h_i = 295.78 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_{pl} = 221.84 \text{ kN.m}$$

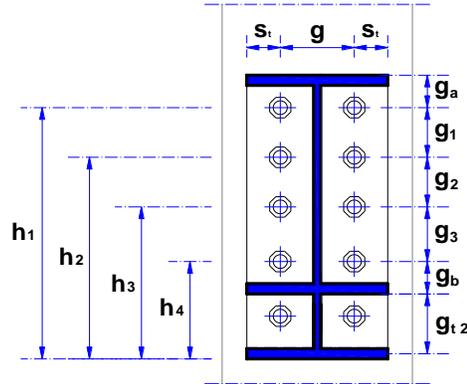
KONTROL :

M_u	>	M_{pl}	→ TIDAK AMAN (COBA MENGGUNAKAN POLA GARIS LELEH)
254.03	>	221.84	

Jika analisis berdasarkan analogi profil T (pelat satu arah) **TIDAK AMAN**, maka sambungan momen *end-plate* dianalisis melalui analisis pola garis leleh (pelat dua arah) dengan penambahan pelat sayap pada bagian bawah pelat sambung

ANALISIS SEBAGAI PELAT DUA ARAH - POLA GARIS LELEH

A. DATA PERENCANAAN



Panjang pelat momen bagian bawah

$$g_{l2} = 565.50 \text{ mm}$$

Jarak pusat baut ke tepi pelat badan

$$s_t = 46 \text{ mm}$$

Jarak antar baut horizontal

$$g = 108 \text{ mm}$$

$$s = 1/2 * \sqrt{b_{tc}} * g = 73 \text{ mm}$$

Jarak pusat baut tepi sayap profil ke sisi dalam elemen sayap profil

$$p_t = g_a - t_f = 37.00 \text{ mm}$$

Jarak antar pusat baut pada bagian dalam elemen sayap profil

$$p_b = g_i = 100 \text{ mm}$$

$$m_p = 1/4 * F_{py} * t_p^2 = 10140 \text{ N.mm}$$

Jarak pelat pengaku bagian luar pada tepi bawah ke baut bagian dalam pada tepi atas

$$h_{awal} = 915.50 \text{ mm}$$

Jarak pelat pengaku bagian luar pada tepi bawah ke baut bagian dalam pada tepi bawah

$$h_{akhir} = 615.50 \text{ mm}$$

Kapasitas momen pelat sambungan mengacu teori pola garis leleh (Italiano 2001)

Kondisi A → Jika $p_t > s$ → $M_{pl} = 4m_p [\frac{b_p}{2} [h_1 (\frac{1}{s}) + h_4 (\frac{1}{s})] + \frac{2}{g} [h_1 (s + 2,25p_b) + h_4 (s + 0,75p_b)] + \frac{g}{2}]$

Kondisi B → Jika $p_t < s$ → $M_{pl} = 4m_p [\frac{b_p}{2} [h_1 (\frac{1}{p_t}) + h_4 (\frac{1}{p_t})] + \frac{2}{g} [h_1 (p_t + 2,25p_b) + h_4 (s + 0,75p_b)] + \frac{g}{2}]$

CHECK :

p_t
37.00

s
73.48

< → **KONDISI B**

$$M_{pl} = 385.33 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_{pl} = 289.00 \text{ kN.m}$$

KONTROL :

M_u
254.03

M_{pl}
289.00

< → **AMAN**