

BAB IV METODE PENELITIAN

A. Materi

Penelitian ini akan menganalisis kinerja dari sambungan balok kantilever pracetak dengan metode konvensional. Penelitian ini menggunakan data yang digunakan diperoleh dari studi literatur bacaan buku, referensi, jurnal dan buku bacaan lain yang mendukung penelitian.

Data umum yang digunakan dalam penelitian ini adalah

$$f_c' = 28 \text{ MPa}$$

$$E_c = 24870,062 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{Beban (P)} = 30000 \text{ N}$$

B. Peralatan

Analisis numerik yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *Software Abaqus 6.13*

C. Setup

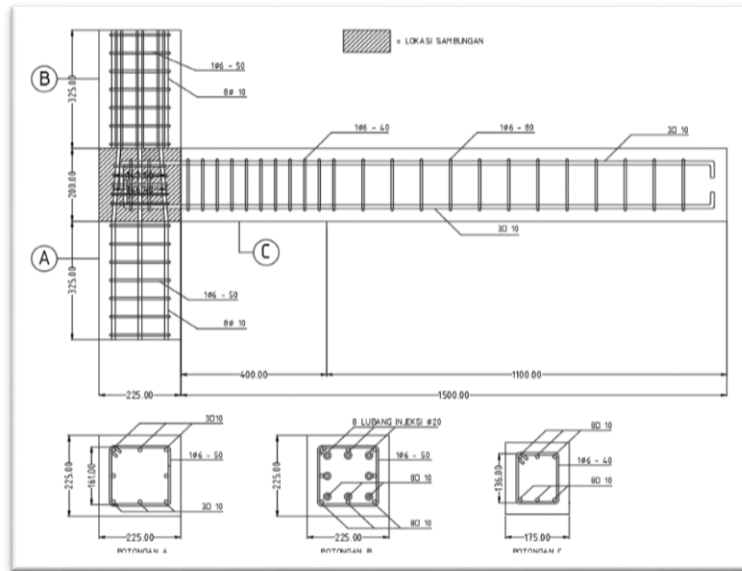
Terdapat tiga benda uji dalam penelitian ini yaitu satu balok kantilever (BK-1) dan dua buah balok kantilever non-prismatik (BK-2 dan BK-3).

1. BK-1

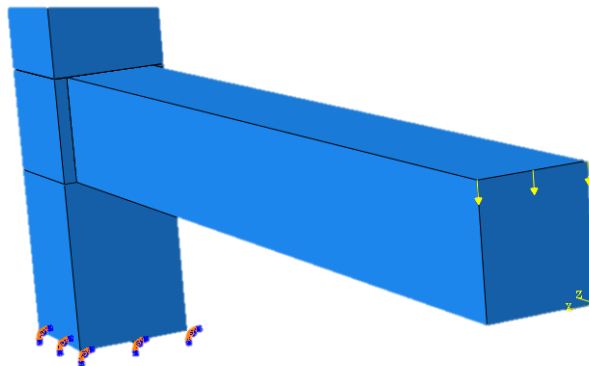
Model BK-1 memiliki ukuran seperti yang tertera pada Tabel 4.1. kemudian detail dari model BK-1 bisa dilihat pada Gambar 4.1. Pada model BK-1 diberikan beban statik pada 3 titik, setiap titik diberi beban sebesar 10000 N jadi total beban yang diberikan pada model BK-1 adalah 30000 N, pembebanan model BK-1 dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Data balok kantilever BK-1

Dimensi (mm)	Panjang (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	
			Lapangan	Tumpuan
200 x 175	1500	6 D 10	Ø6 – 80	Ø6 – 40



Gambar 4.1 Detail balok kantilever BK-1



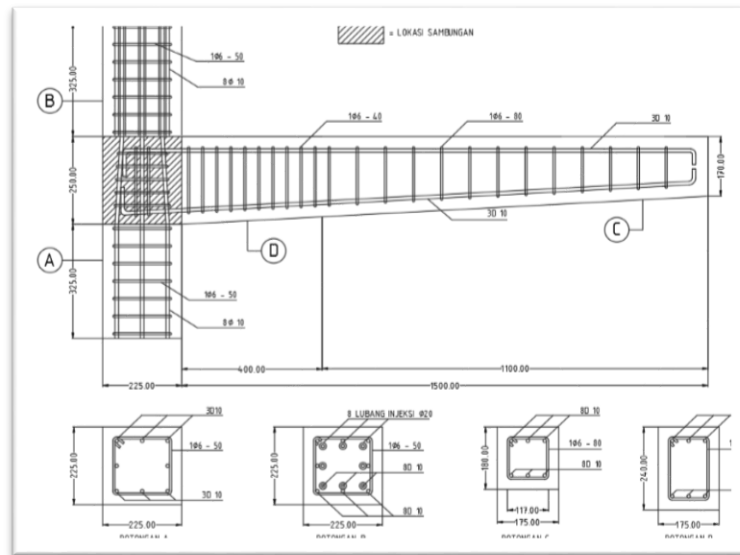
Gambar 4.2 Pembebanan model BK-1

2. BK-2

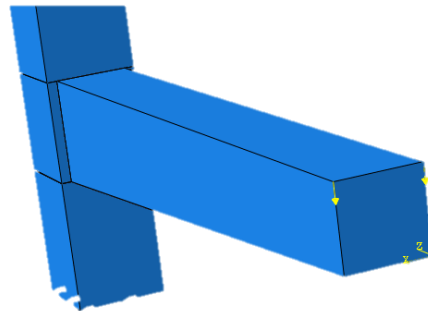
Model BK-2 memiliki ukuran seperti yang tertera pada Tabel 4.2. kemudian detail dari model BK-2 bisa dilihat pada Gambar 4.3. Pada model BK-2 diberikan beban statik pada 2 titik, setiap titik diberi beban sebesar 15000 N jadi total beban yang diberikan pada model BK-2 adalah 30000 N, pembebanan model BK-2 dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.2 Data balok kantilever BK-2

Dimensi (mm)		Panjang (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	
Titik Awal	Titik Akhir			Lapangan	Tumpuan
250 x 175	170 x 170	1500	6 D 10	Ø6 – 80	Ø6 – 40



Gambar 4.3 Detail balok kantilever non-prismatik BK-2



Gambar 4.4 Pembebanan model BK-2

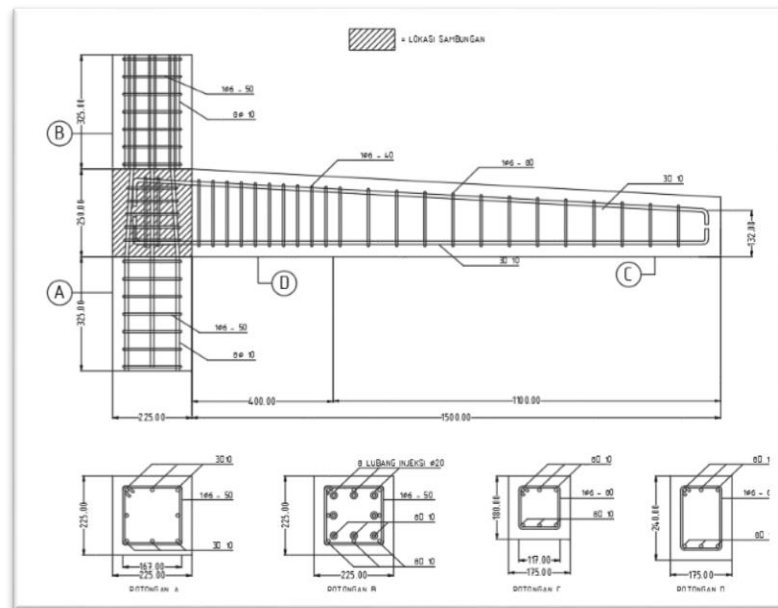
3. BK-3

Model BK-3 memiliki ukuran seperti yang tertera pada Tabel 4.3. kemudian detail dari model BK-3 bisa dilihat pada Gambar 4.5. Pada model BK-3 diberikan beban statik pada 2 titik, setiap titik diberi beban sebesar

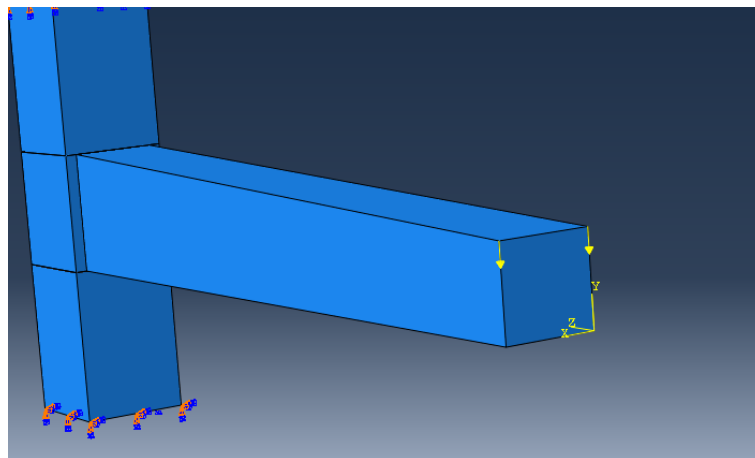
15000 N jadi total beban yang diberikan pada model BK-3 adalah 30000 N, pembebanan model BK-3 dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4.3 Data balok kantilever BK-3

Dimensi (mm)		Panjang (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	
Titik Awal	Titik Akhir			Lapangan	Tumpuan
250 x 175	170 x 170	1500	6 D 10	Ø6 – 80	Ø6 – 40



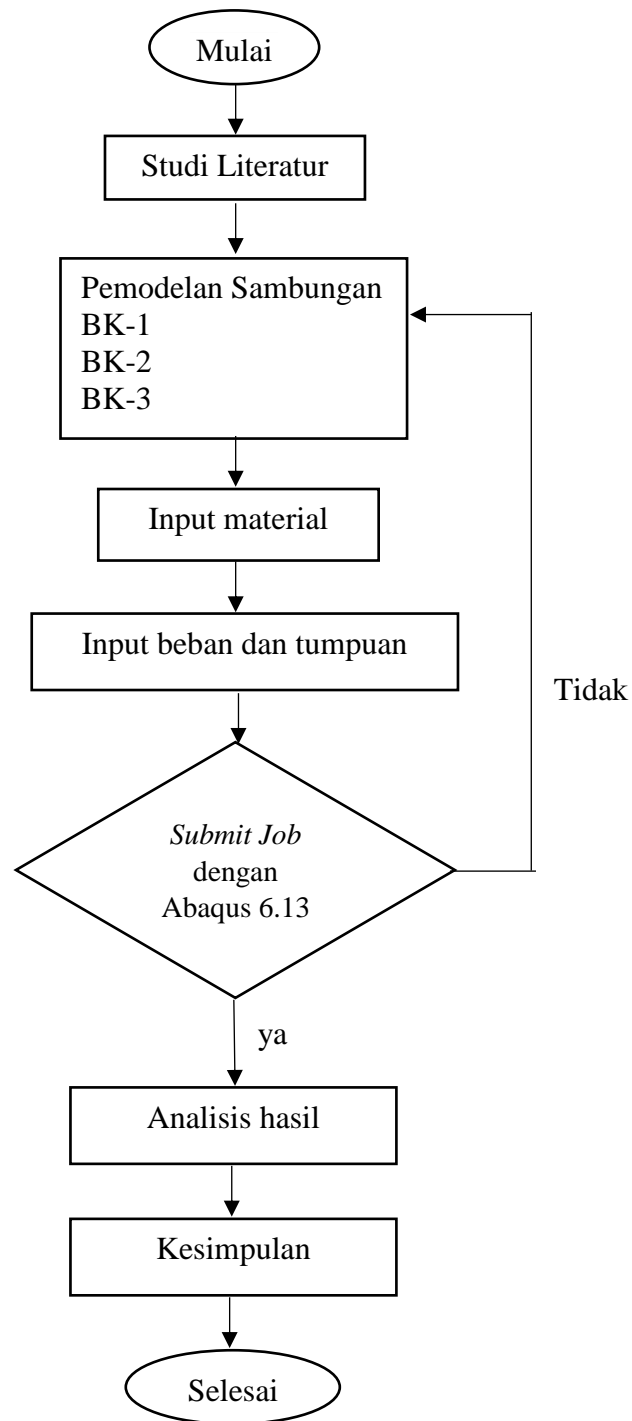
Gambar 4.5 Detail Balok kantilever non-prismatik BK-3



Gambar 4.6 Pembebanan model BK-3

D. Bagan Alir Penelitian

Proses yang penelitian ini tertera pada Gambar 4.4.



Gambar 4.7 Bagan alir penelitian

E. Metode Analisis Numerik

Penelitian ini dilakukan pemodelan menggunakan *software Abaqus 6.13*. berikut adalah tahapan dalam pemodelan sambungan kolom-balok kantilever :

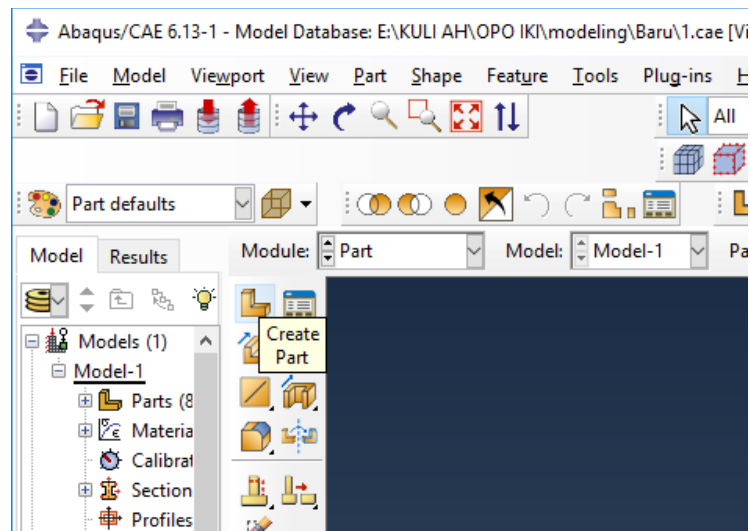
1. Pembuatan *Part* / bagian bagaian elemen.

Proses pembuatan *part* adalah dengan cara pilih *module: part* kemudian *create part* pada bagian *name* diisi dengan nama *part* yang akan dibuat, pada bagian *shape* digunakan *solid* untuk beton dan digunakan *wire* untuk tulangan kemudian pilih *continue*, gambarkan bentuk sesuai dengan ukuran yang sudah direncanakan, setelah gambar selesai kemudian pilih *done*.

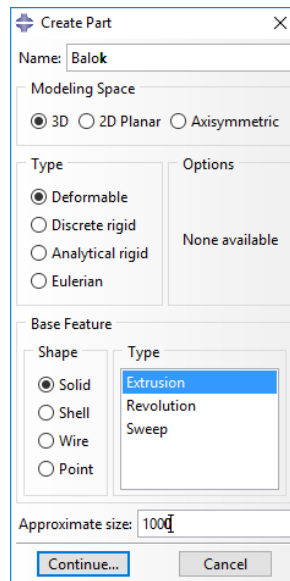
Dalam satu buah benda uji balok kantilever terdapat 9 *part* atau bagian seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data *part* atau bagian elemen

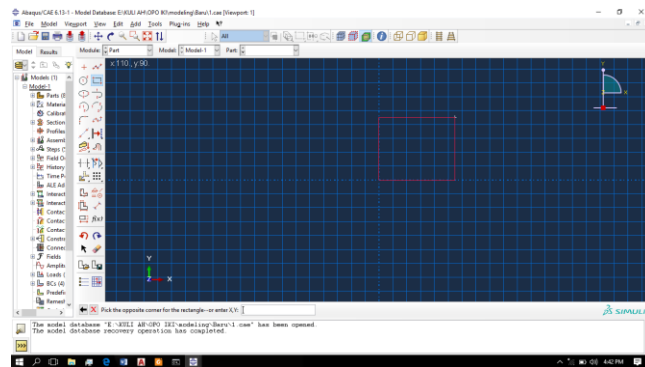
No	Nama Part	Jenis
1.	Kolom	<i>Solid</i>
2.	Balok	<i>Solid</i>
3.	Sengkang Balok	<i>Wire</i>
4.	Sengkang Kolom	<i>Wire</i>
5.	Tulangan Utama Kolom Atas	<i>2D Truss</i>
6.	Tulangan Utama Kolom Bawah	<i>2D Truss</i>



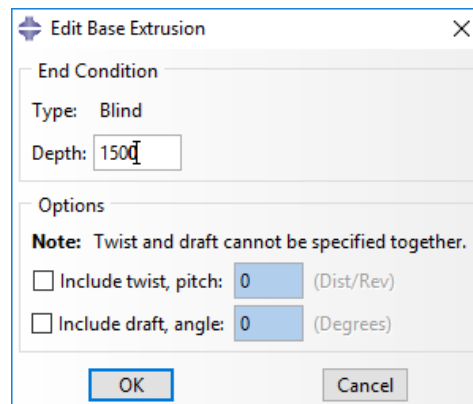
Gambar 4.8 Tampilan untuk memilih *create part*



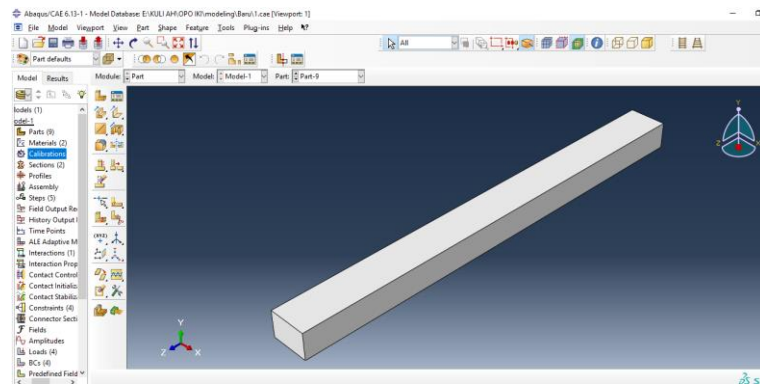
Gambar 4.9 Input membuat *Part* dengan cara *Solid Extrusion*



Gambar 4.10 MengGambar untuk memuat *part* dari penampang



Gambar 4.11 Proses memasukkan *extraction* dari penampang menjadi bentuk balok *solid 3D*



Gambar 4.12 Geometrik *part* balok beton *solid 3D* yang selesai di buat

2. Material

a. Pemodelan material beton

Material beton yang digunakan dalam penelitian adalah *Concrete Damaged Plasticity*. Data lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah material elastis, konstitutif material beton pada kondisi desak dan tarik, dan parameter *plasticity*. Parameter yang dimasukkan dalam model penelitian ini tertera pada Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Proses yang dilakukan saat pembuatan data material adalah pilih *property* seperti pada Gambar 4.10, kemudian pilih *Create Material*, beri nama material, pilih *Elasticity* untuk masukan data elastisitas dan *rasio poisson* seperti Gambar 4.11, selanjutnya pilih *Plasticity*, kemudian *Concrete Damage Plasticity* seperti pada Gambar 4.12. Pengisian parameter *plasticity* seseuai dengan Tabel 4.5 seperti Gambar 4.13, memasukkan data konstitutif desak beton sesuai dengan Tabel 4.6 seperti Gambar 4.14 dan kemudian memasukkan data konstitutif tarik sesuai dengan Tabel 4.7 seperti Gambar 4.14

Tabel 4.5 Parameter *Plasticity* beton (kuriawan, 2014)

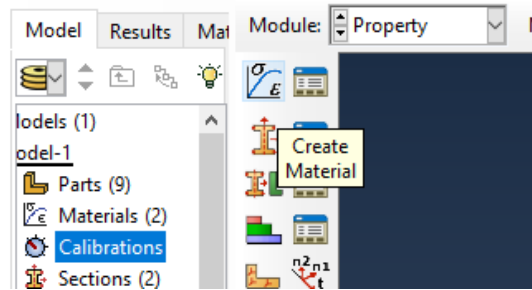
Dilatation angle (ψ)	Eccentricity	F_{b0}/f_{c0}	K	Viscosity
36	0,1	1,667	0,667	0.0

Tabel 4.6 Data konstitutif desak beton (kurniawan, 2014)

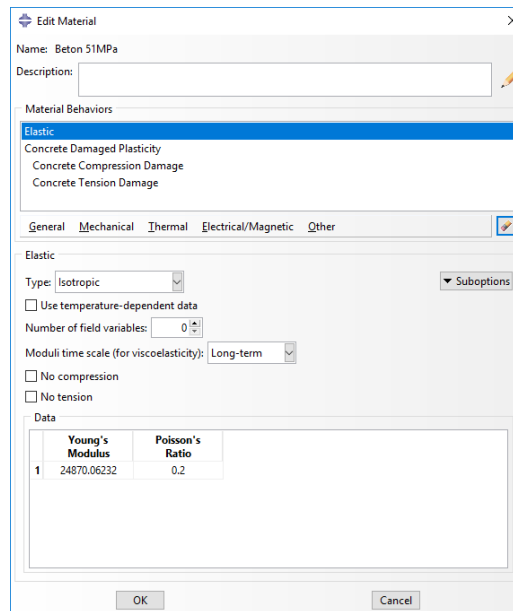
ϵ_c	σ_c (Mpa)	d_m
0,00000	11,620000	0,332394008
0,00058	12,621995	0,338712417
0,00068	14,388910	0,345275691
0,00078	16,033968	0,352098346
0,00088	17,557170	0,359196068
0,00098	18,958516	0,366585833
0,00108	20,238006	0,374286046
0,00128	22,431418	0,382316689
0,00148	24,137404	0,390699497
0,00168	25,355966	0,399458155
0,00178	25,782462	0,408618519
0,00198	26,269887	0,418208875
0,00208	26,30815	0,428260225

Tabel 4.7 Data konstitutif tarik beton (Kurniawan, 2014)

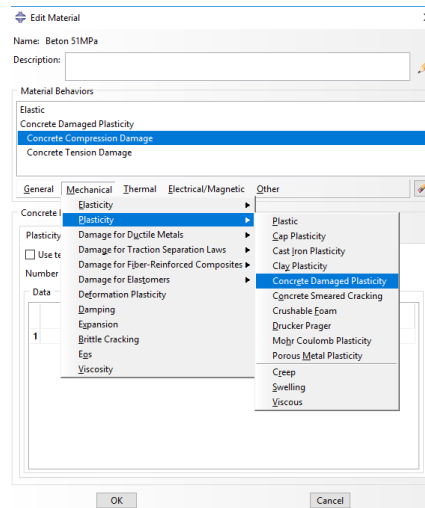
ϵ_c	σ_c (Mpa)	d_m
0	1897,42	0
0,00008	2108,25	0
0,00013	1998,77	0,05
0,00015	1944,03	0,08
0,0002	1822,13	0,14
0,00039	1341,92	0,36
0,00052	1013,49	0,52
0,00061	794,54	0,62
0,00093	0	0,99

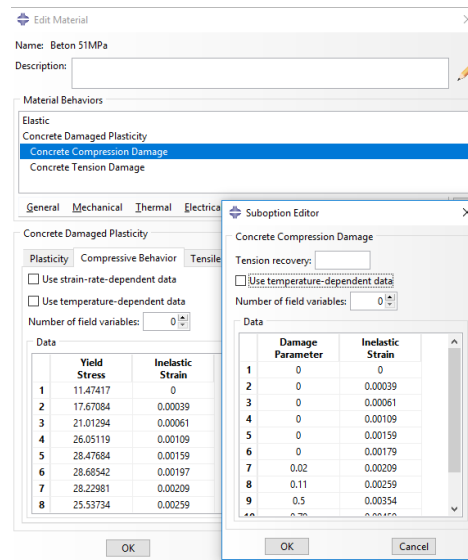
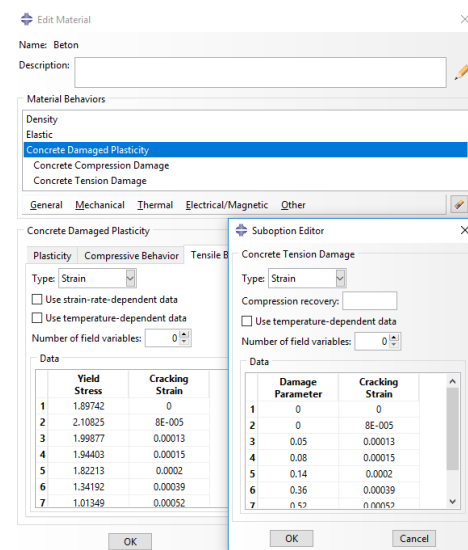


Gambar 4.13 Memasukkan material



Gambar 4.14 Memasukkan data elastisitas

Gambar 4.15 Memasukan *concrete damaged plasticity*

Gambar 4.16 Memasukkan *compressive behavior*Gambar 4.17 Memasukkan *concrete tension damage*

b. Pemodelan material baja

Material baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah *classic plasticity*. Data yang dimasukkan kedalam penelitian ini berupa modulus elastisitas dan konstitutif material baja seperti pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9

Proses yang dilakukan untuk memasukkan data material baja adalah pilih *create material*, berikan nama pada material, pilih *elasticity*

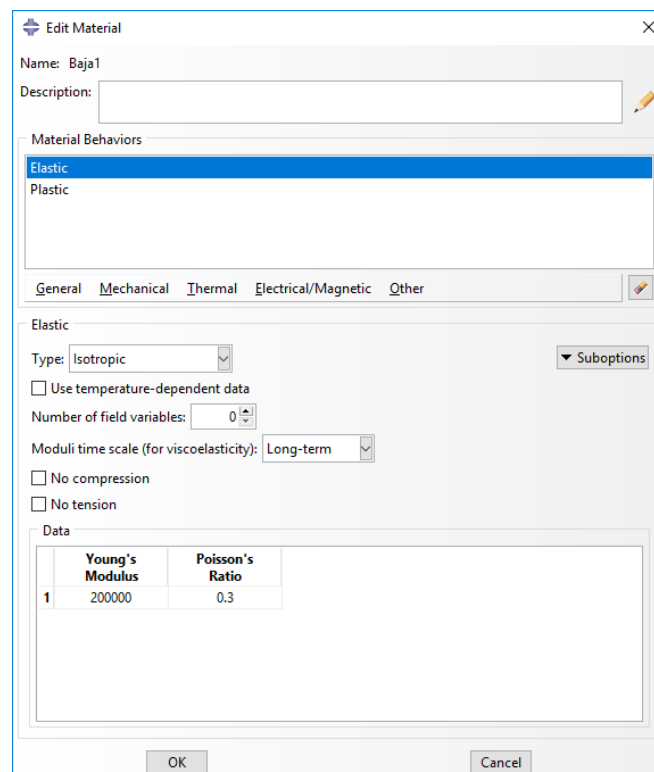
untuk memasukkan data modulus elastisitas dan *poison ratio* sesuai dengan Tabel 4.8 seperti pada Gambar 4.15. kemudian pilih *plasticity* selanjutnya *plastic* sesuai dengan Tabel 4.8 seperti pada Gambar 4.16 untuk memasukkan plastisitas baja.

Tabel 4.8 Parameter *elasticity* baja

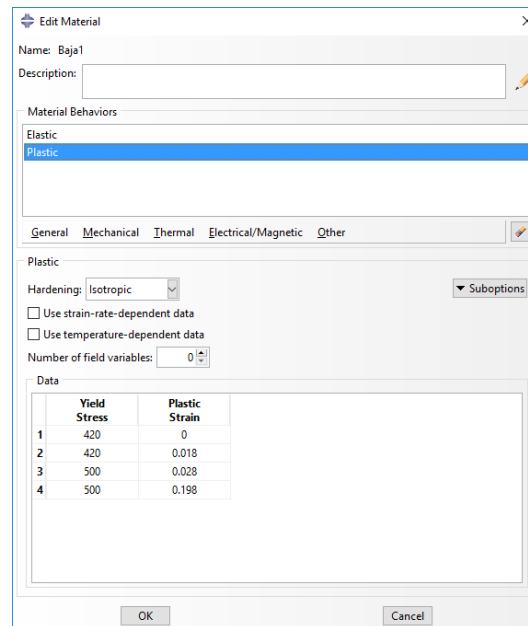
Modulus Elastisitas	<i>Poison Ratio</i>
200000	0,3

Tabel 4.9 Parameter *plastic* baja

<i>Yeild Stress</i>	<i>Plastic Stain</i>
480	0,0
480	0,018
500	0,028
500	0,198



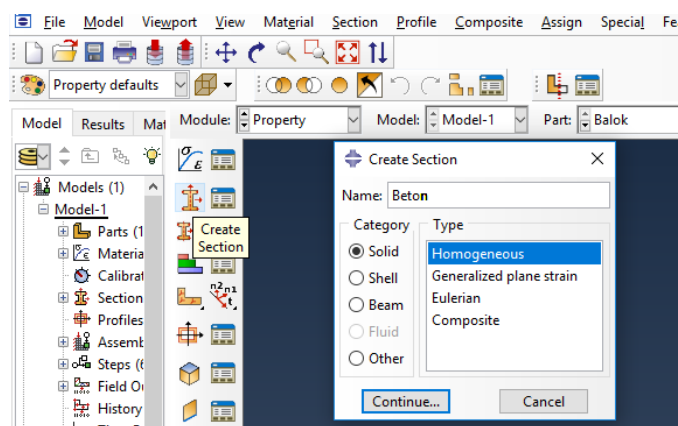
Gambar 4.18 Memasukkan data *elastic*



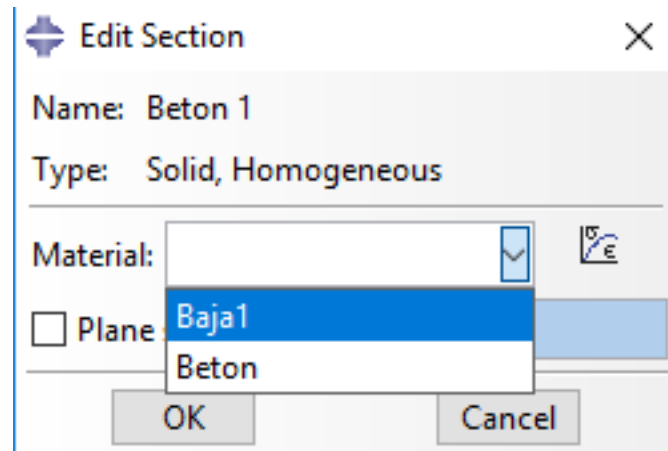
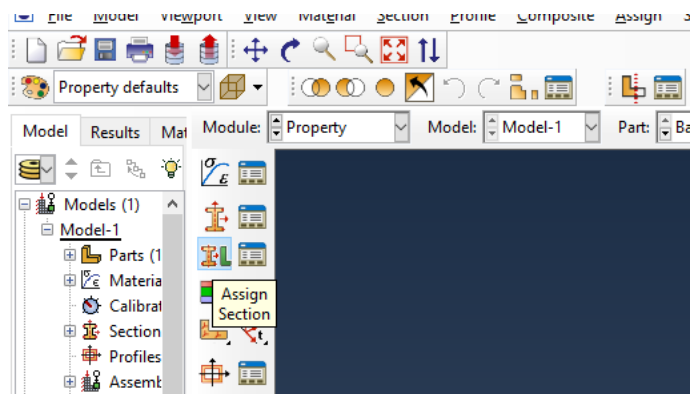
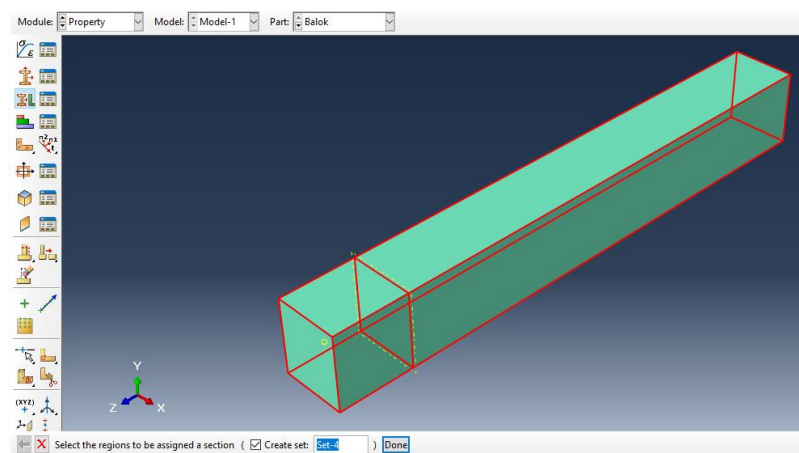
Gambar 4.19 Memasukkan data *plastic*

c. *Section dan Assign Section untuk Solid Element*

Pilih *Create Section* dan beri nama pada *Section* yang akan dibuat. Gunakan *Category = Solid*, dan *Type = Homogeneous* seperti pada Gambar 4.17, pada *form Edit Section* pilih nama material, pilih *OK* seperti pada Gambar 4.18. Pilih *Assign Section* seperti pada Gambar 4.19. Pilih *Cell* yang dipasangkan ke *Section* pada kanvas seperti pada Gambar 4.20, pilih *Done*.

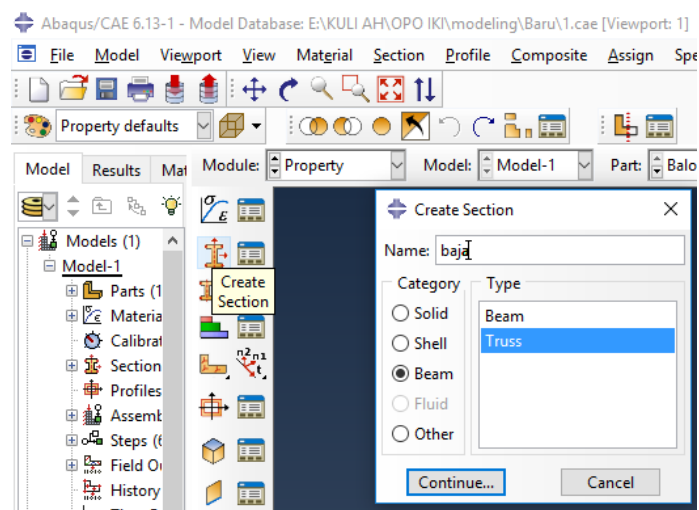


Gambar 4.20 Perintah *create section*

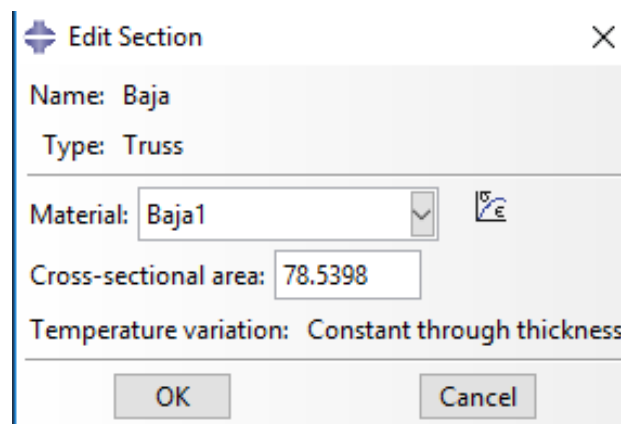
Gambar 4.21 Perintah *Edit Setion*Gambar 4.22 Perintah *Assign Section*Gambar 4.23 *Cell* dari *Part* yang dipasang *Section*

d. *Create Section* dan *Section* untuk *Truss Element*

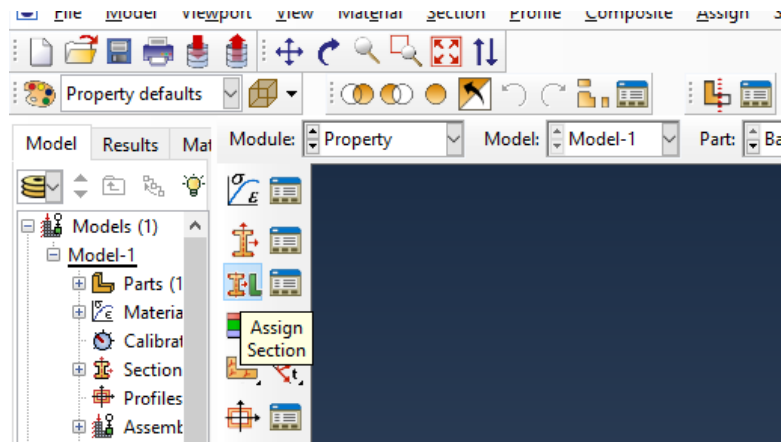
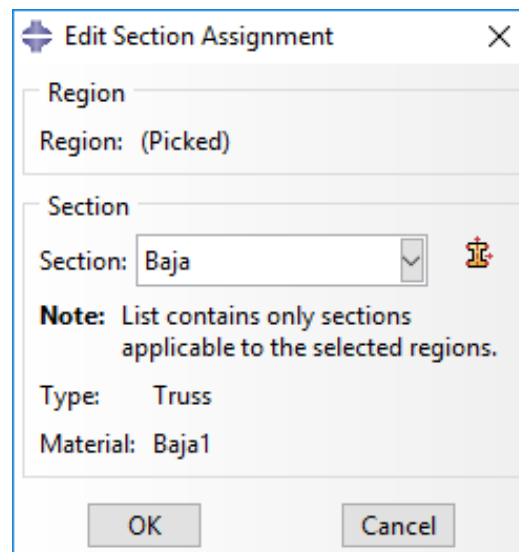
Pilih *Create Section* dan beri nama pada *Section* yang akan dibuat. Gunakan *Category* = *Beam*, dan *Type* = *Truss* seperti pada Gambar 4.21, pada *form Edit Section* pilih nama material, pilih *OK* seperti pada Gambar 4.22. Pilih *Assign Section* seperti pada Gambar 4.23. pilih *Cell* yang dipasangkan ke *Section* pada kanvas seperti pada Gambar 4.24, pilih *Done*.



Gambar 4.21 *Create Section Truss Element*



Gambar 4.25 Masukkan baja dan luasan penampang tulangan dengan *Truss Element*

Gambar 4.26 Perintah *Assign Section*Gambar 4.27 Memasukkan *section* pada *part*

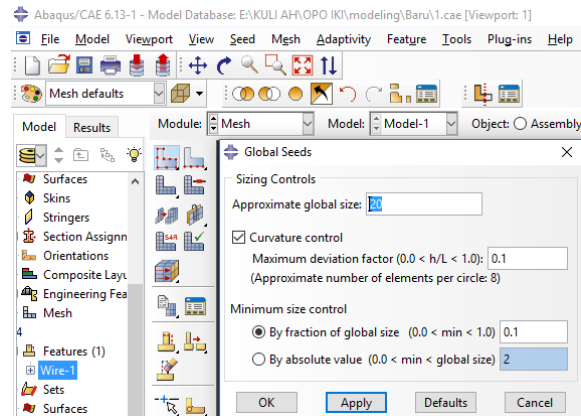
3. *Mesh*

Mesh merupakan fasilitas yang digunakan untuk membagi *Part*. Konvergensi dari analisis tergantung dari tingkat keteraturan dan kesesuaian elemen yang digunakan dalam geometrik struktur.

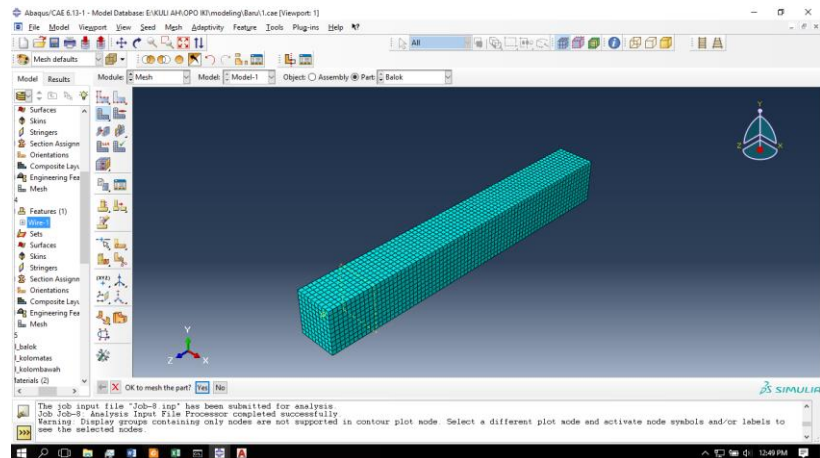
a. *Mesh* pada *Solid Element*

Mesh pada *Solid Element* dibuat dengan cara pilih *module:mesh* kemudian pilih *seed part*, kemudian pada *global seeds* isi *Approximate global size* sesuai dengan ukuran *mesh* yang diinginkan kemudian pilih *OK* seperti pada Gambar 4.25. Pilih *mesh part* untuk

menampilkan *mesh* yang dibuat kemudian pilih *yes* seperti pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Memasukkan ukuran *mesh*

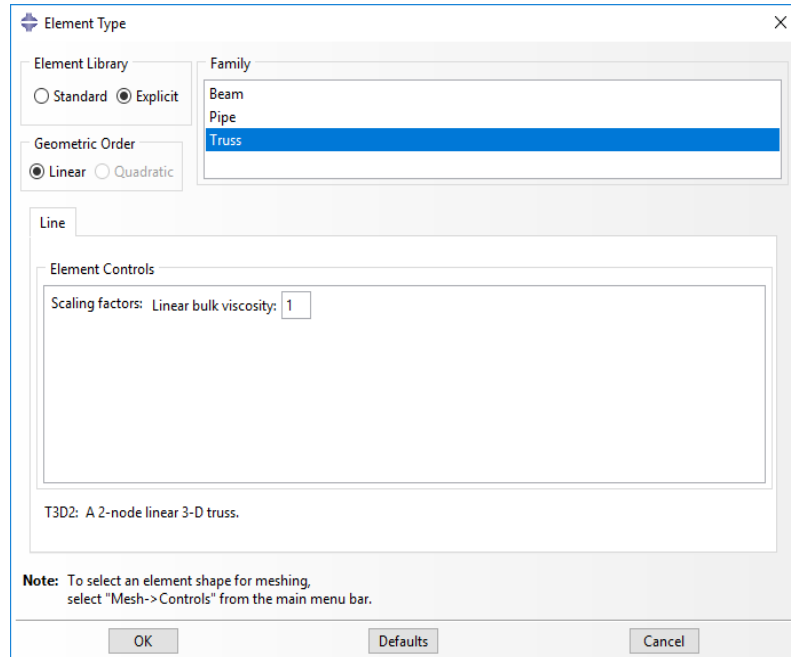


Gambar 4.29 Menampilkan *mesh* yang dibuat

b. *Mesh* pada *Truss Element*

Mesh pada pada Trus Element dibuat dengan cara pilih *module:mesh* kemudian pilih *seed part*, kemudian pada *global seeds* isi *Approximate global size* sesuai dengan ukuran *mesh* yang diinginkan kemudian pilih *OK* seperti pada Gambar 4.25. pilih *mesh part* untuk menampilkan *mesh* yang dibuat kemudian pilih *yes* seperti pada Gambar 4.26, selanjutnya pilih *Assign Element Type* kemudian pilih *part* lalu *done*, akan muncul menu *element type*, pada bagian *element library*

pilih *explicit*, dan pada bagian *family* pilih *truss* kemudian *OK* seperti pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Menu *element type*

Pemilihan ukuran *mesh* didasarkan pada konvergensi yang telah dilakukan. Konvergensi berfungsi sebagai pembanding antara jumlah beberapa ukuran *mesh* sehingga selisih dari hasil *output* dari berbagai ukuran cukup akurat untuk menggambarkan kondisi yang sesungguhnya. Selisih dari perbandingan ukuran mesh tidak boleh lebih dari 5% agar dapat dianggap data yang dihasilkan memiliki akurasi yang baik.

Data konvergensi model BK-1, BK-2 dan BK-3 Berturut terdapat pada Tabel 4.10, Tabel 4.11 dan 4.12. Pada model BK-1 digunakan ukuran *mesh* 50 dengan jumlah elemen yang dihasilkan sebanyak 1914 elemen, kemudian ukuran untuk model BK-2 menggunakan ukuran mesh 50 dengan jumlah elemen sebanyak 1964 elemen, dan ukuran mesh untuk model BK-3 menggunakan 50 dengan jumlah elemen 1967

Tabel 4.10 Konvergensi model BK-1

Mesh	Jumlah Element	Displacement (mm)	Selisih (%)
80	815	1420	
			6.952816901
70	1000	1321.27	
			6.664042928
60	1237	1233.22	
			0.862781985
50	1914	1222.58	
			0.748417281
40	2746	1213.43	

Garfik konvergensi model BK-1 dapat dilihat pada Lampiran 1

Tabel 4.11 Konvergenis model BK-2

Mesh	Jumlah Elemen	Displacement (mm)	Selisih (%)
80	815	1420	
			6.952816901
70	1000	1321.27	
			6.664042928
60	1237	1233.22	
			0.862781985
50	1914	1222.58	
			0.748417281
40	2746	1213.43	

Garafik konvergensi model BK-2 dapat dilihat pada Lampiran 1

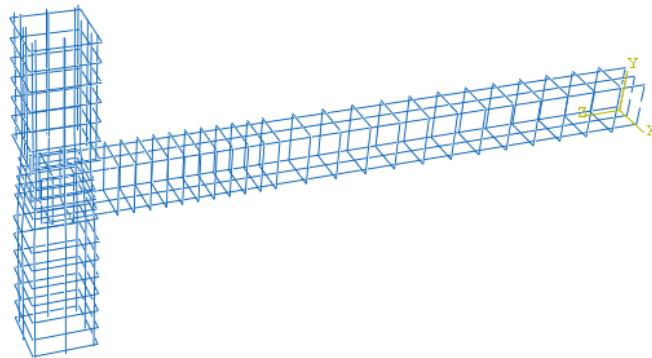
Tabel 4.12 Konvergensi model BK-3

Mesh	Jumlah Elemen	Displacement (mm)	Selisih (%)
80	811	1000.34	
			4.575444349
70	1035	954.57	
			3.260106645
60	1347	923.45	
			3.283989388
50	1967	893.124	
			4.566443181
40	2846	852.34	

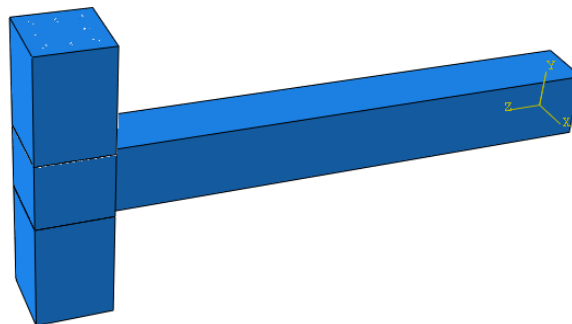
Grafik okonvergensi model BK-3 dapat dilihat pada Lampran 1

4. *Assembly*

Assembly merupakan fasilitas yang digunakan untuk menghubungkan berbagai *part*. pada menu ini semua part diposisikan sesuai dengan model yang sudah direncanakan sebelumnya. Pada Gambar 4.28 terlihat model dari tulangan yang akan dianalisis dan pada Gambar 4.29 terlihat keseluruhan model dari material baja dan beton.



Gambar 4.31 Model penulangan

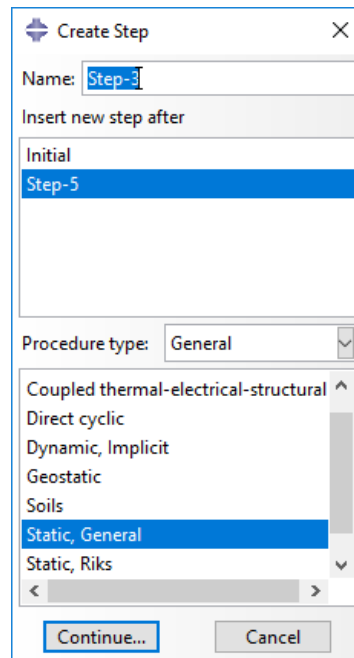


Gambar 4.32 Model keseluruhan

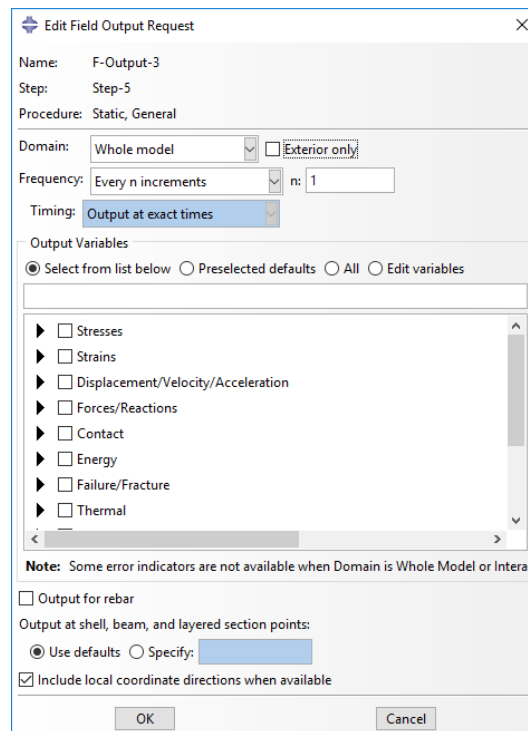
5. *Step*

Step merupakan fasilitas yang digunakan untuk menentukan algoritma iterasi, proses pembuatan step adalah pilih *create step* untuk membuat *step* baru dalam pemodelan kemudian beri nama, pilih *general*, kemudian *static*,

general seperti pada Gambar 4.30. Penentuan output dari ditentukan dengan cara memilih *Field Output Request* seperti pada Gambar 4.31



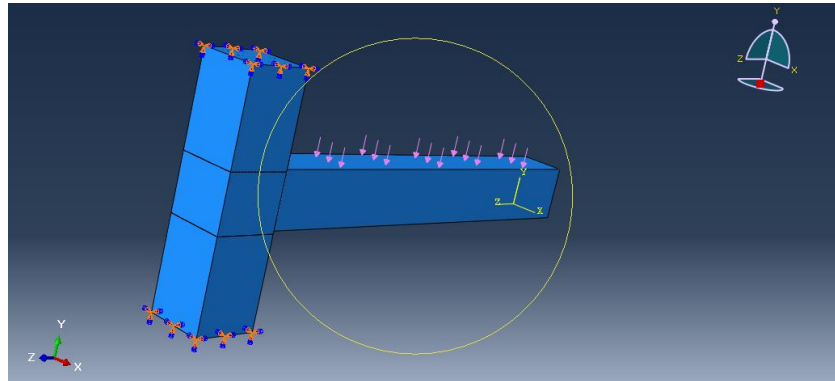
Gambar 4.33 *Create step*



Gambar 4.34 Pembuatan *field output request*

6. Load

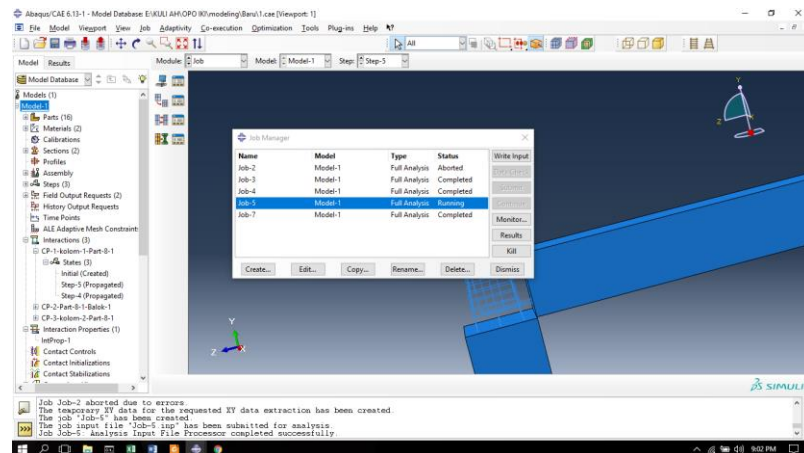
Load merupakan fasilitas untuk memasukkan beban dan memberikan tumpuan ada model yang dibuat. Pengujian ini menggunakan beban statik terpusat pada dua titik sebesar 15 kN dengan tumpuan jepet pada bagian kolom seperti pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Tumpuan jepet pada kolom

7. Job

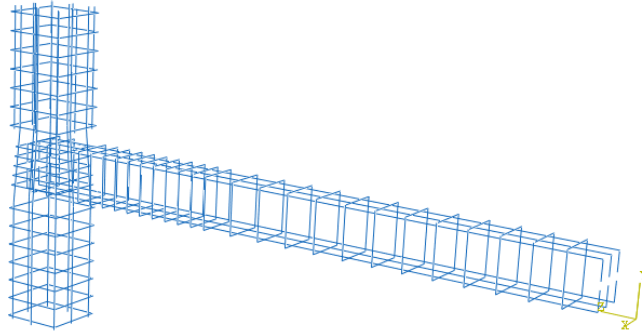
Job merupakan fasilitas untuk mengkonversi model menjadi *file input* yang kemudian akan dieksekusi secara numerik oleh abaqus.



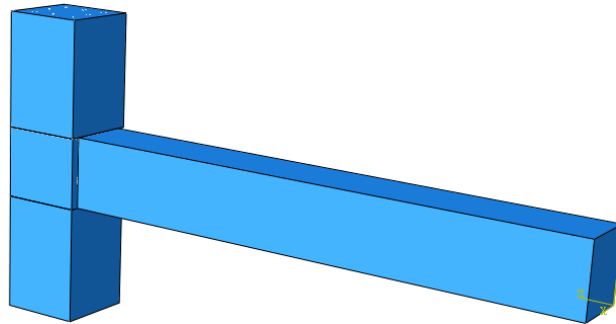
Gambar 4.36 Input job

Hasil modeling penulangan model BK-1 bisa dilihat pada Gambar 4.37 sedangkan hasil pemodelan BK-1 dapat dilihat pada Gambar 4.38, penulangan

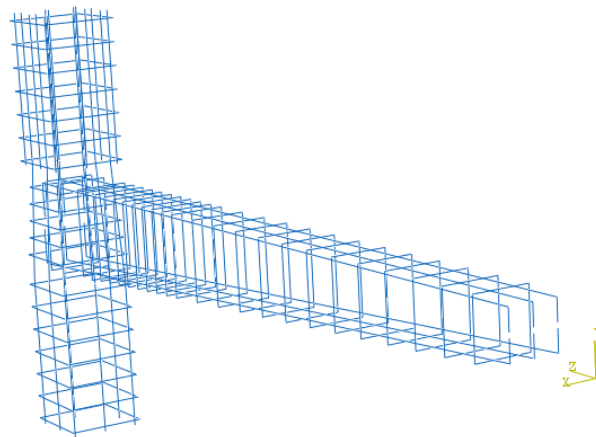
model BK-2 bisa dilihat pada Gambar 4.39 sedangkan hasil pemodelan BK-2 dapat dilihat pada Gambar 4.40, dan penulangan model BK-3 bisa dilihat pada Gambar 4.41 sedangkan hasil pemodelan BK-3 dapat dilihat pada Gambar 4.42.



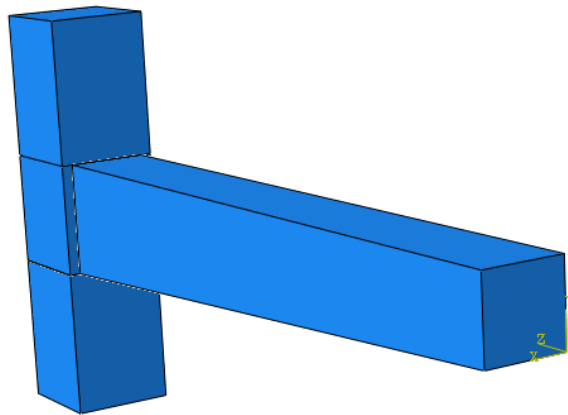
Gambar 3.37 Penulangan model BK-1



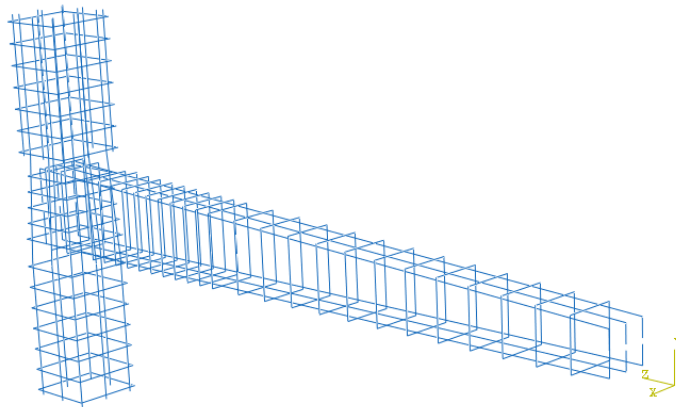
Gambar 4.38 Pemodelan BK-1



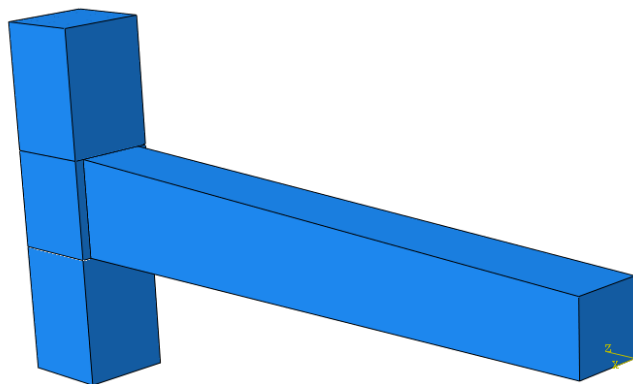
Gambar 4.39 Penulangan model BK-2



Gambar 4.40 Pemodelan BK-2



Gambar 4.41 Penulangan model BK-3



Gambar 4.42 Pemodelan BK-3