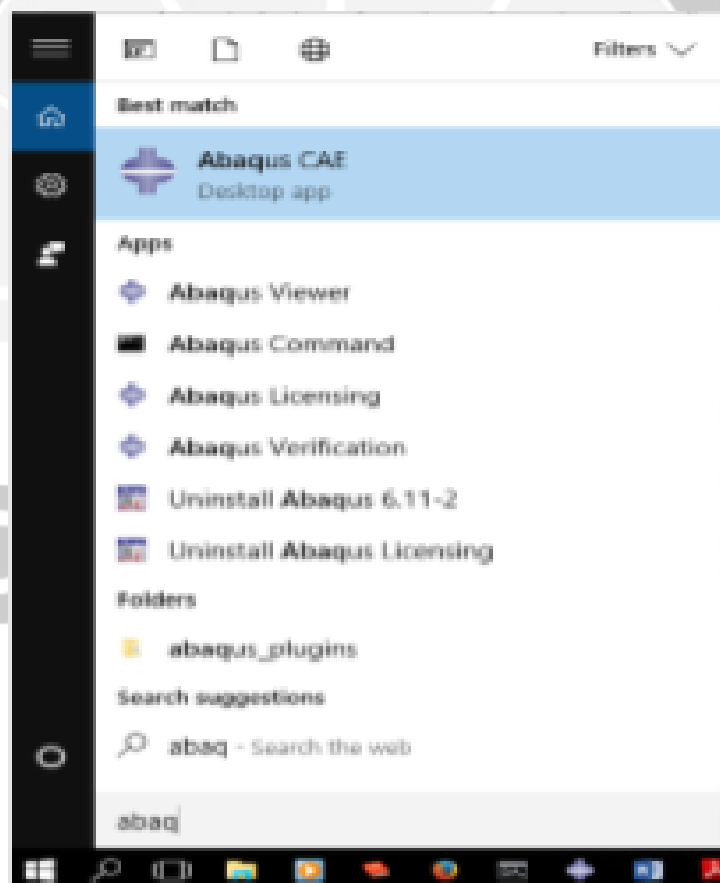


BAB V

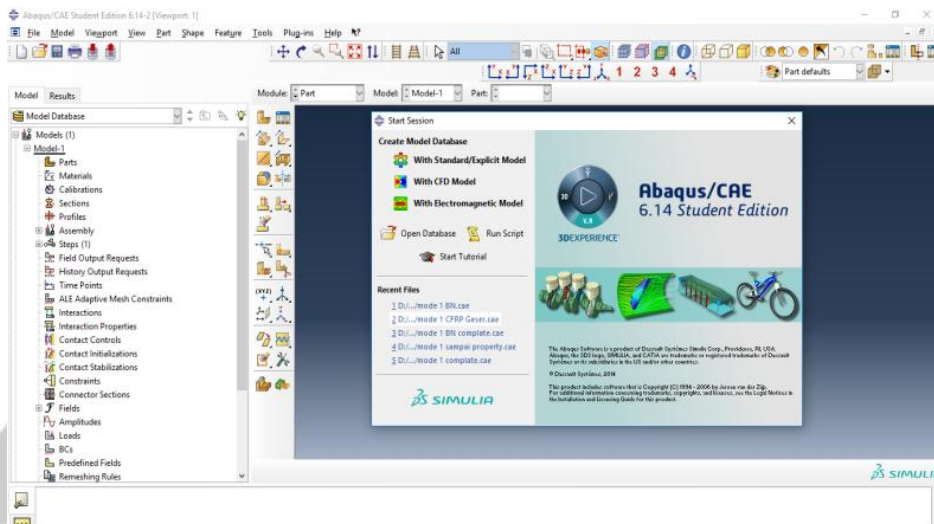
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Permodelan *Abaqus Student Edition 6.14*

Untuk masuk pada *Abaqus Student Edition 6.14*, dipilih dari desktop atau panel start seperti pada gambar 5.1, kemudian klik icon *Abaqus Student Edition 6.14* setelah itu akan muncul pada *viewport*, kemudian pilih *creating model database*. Seperti pada gambar 5.2.



Gambar 5.1 Membuka aplikasi *Abaqus Student Edition 6.14*



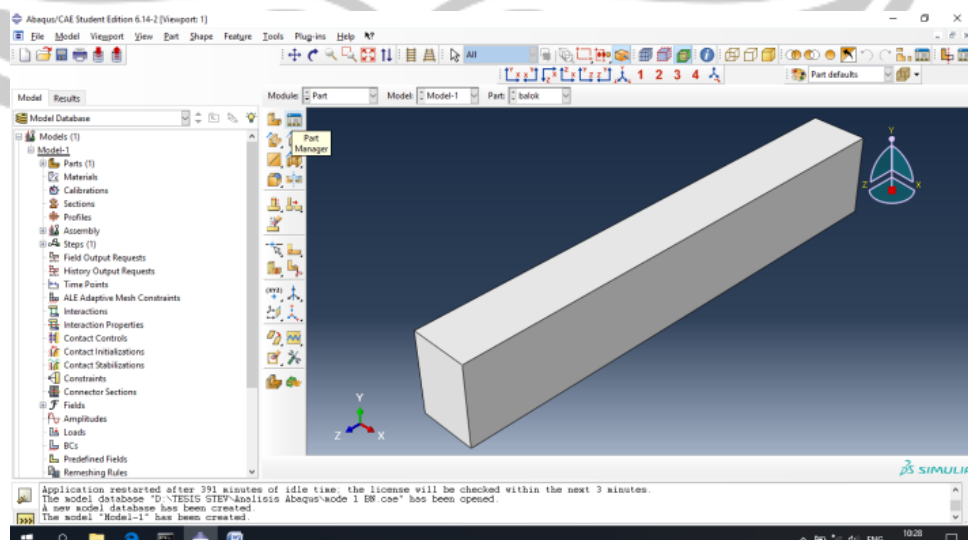
Gambar 5.2 Viewport awal Abaqus Student Edition 6.14

5.2 Input Geometri dan Analisis Benda Uji Menggunakan Abaqus Student Edition 6.14

a. Part Modul Abaqus Student Edition 6.14

1. Part balok pada Abaqus Student Edition 6.14

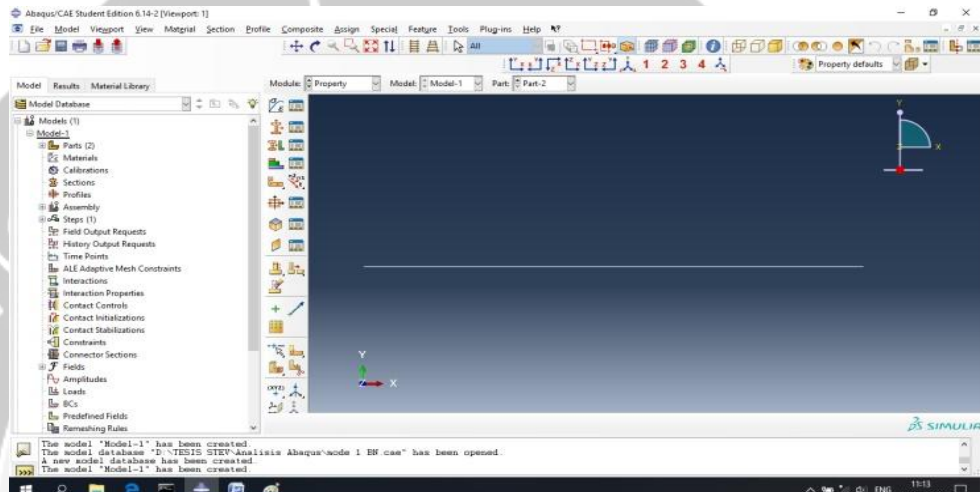
Pilih *create part*, name part : balok, 3D, type : deformable, shape : solid, type : extrusion, approximate size : 1000, continue. Kemudian masukan dimensi balok.



Gambar 5.3 Part balok pada Abaqus Student Edition 6.14

2. Part longitudinal pada Abaqus Student Edition 6.14

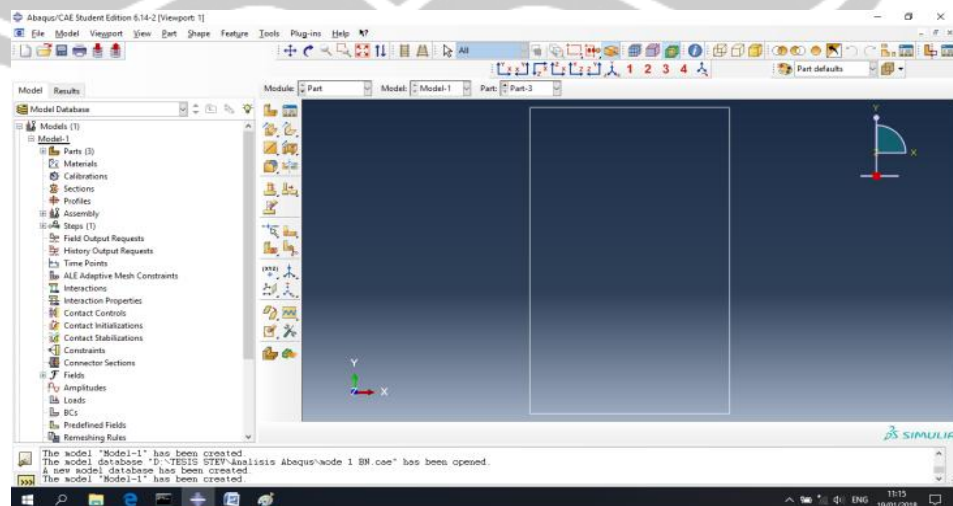
Pilih *create part*, name part, 3D, type : *deformable*, shape : *wire*, type : *planar*, approximate size : 1000, *continue*, kemudian masukan dimensi tulangan.



Gambar 5.4 Part longitudinal pada Abaqus Student Edition 6.14

3. Part stirrups pada Abaqus Student Edition 6.14

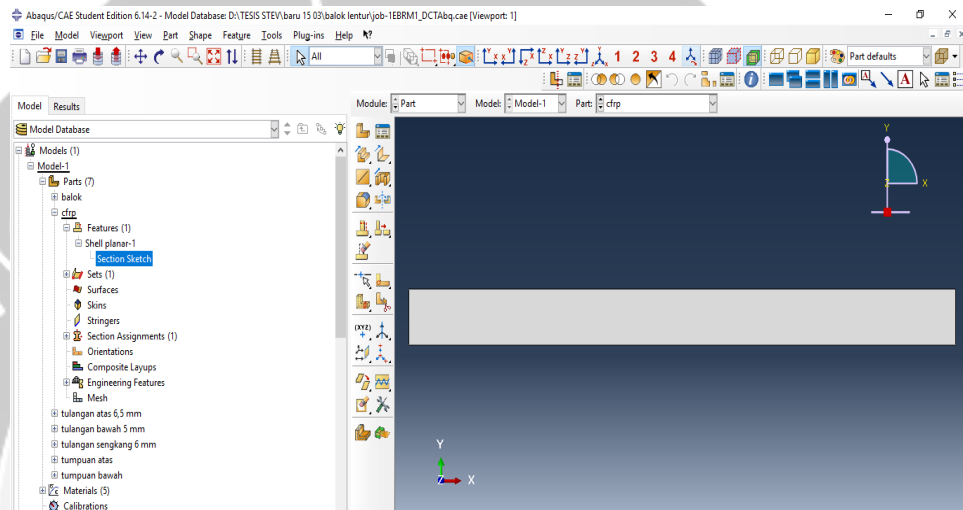
Pilih *create part*, name part, 3D, type : *deformable*, shape : *wire*, type : *planar*, approximate size : 1000, *continue*, kemudian masukan dimensi tulangan.



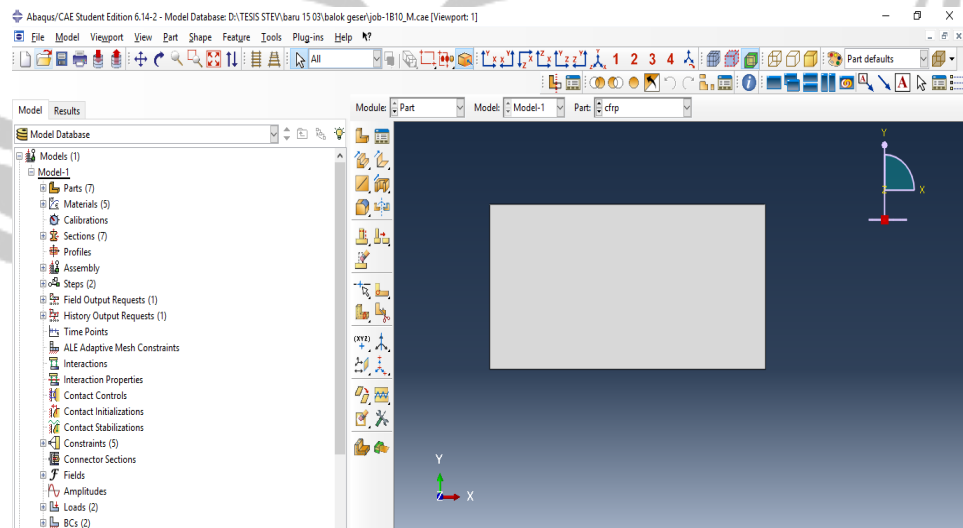
Gambar 5.5 Part stirrups pada Abaqus Student Edition 6.14

4. Part CFRP

Pilih *create part*, name part : *CFRP*, 3D, type : *deformable*, shape : *shell*, type : *planar*, approximate size : *1000*, continue. Kemudian masukan dimensi *CFRP*



Gambar 5.6 Part CFRP pemodelan lentur pada Abaqus Student Edition 6.14



Gambar 5.7 Part CFRP pemodelan geser pada Abaqus Student Edition 6.14

b. *Property Modul Abaqus Student Edition 6.14*

1. Material beton

- Pilih *create material, edit material, name material* : *concrete*, pilih *general*, masukan nilai *density* beton, kemudian pilih *mechanical, elasticity*, masukan nilai *elastic*.
- Klik *plasticity*, klik *plastic*, isikan besarnya nilai plastisitasnya. Isikan nilai *plasticity* terlebih dahulu.

Tabel 5.1 Parameter *plasticity* beton (Panduan pemodelan struktur beton bertulang dengan *ABAQUS*)

<i>Dilatation angle</i>	<i>Eccentricity</i>	<i>Fb0/fc0</i>	<i>K</i>	<i>Viscosity</i>
30	0,1	1,16	0,6667	0

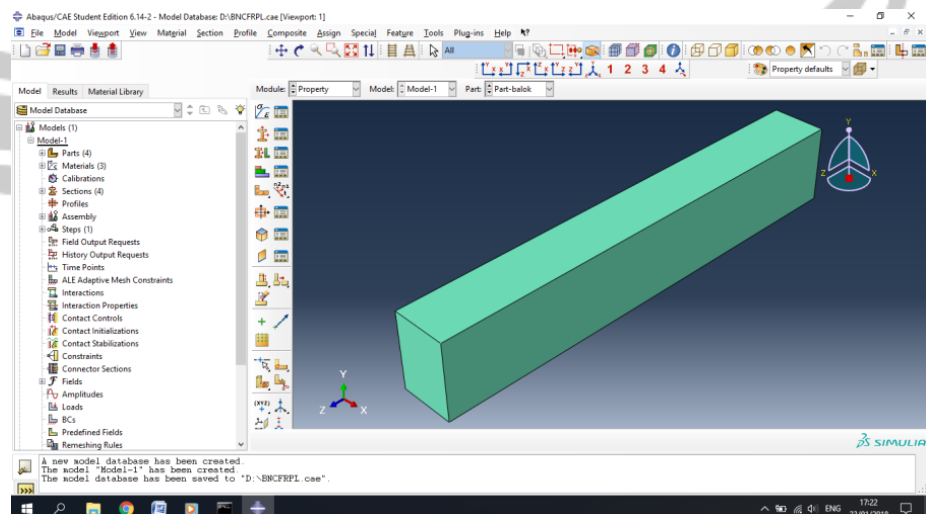
Tabel 5.2 Data *compressive behaviour* (Panduan pemodelan struktur beton bertulang dengan *ABAQUS*)

<i>Yield Stress (MPa)</i>	<i>Inelastic Strain</i>
24,019	0,0000
29,208	0,0004
31,709	0,0008
32,358	0,0012
31,768	0,0016
30,379	0,0020
28,507	0,0024
21,907	0,0036
14,897	00,050
2,953	0,0100

Tabel 5.3 Data *tensile behavior* (Panduan pemodelan struktur beton bertulang dengan ABAQUS)

<i>Yield Stress (MPa)</i>	<i>Cracking Strain</i>
1,780	0,0000
1,457	0,0001
1,113	0,0003
0,960	0,0004
0,800	0,0005
0,536	0,0008
0,359	0,0010
0,161	0,0020
0,073	0,0030
0,040	0,0050

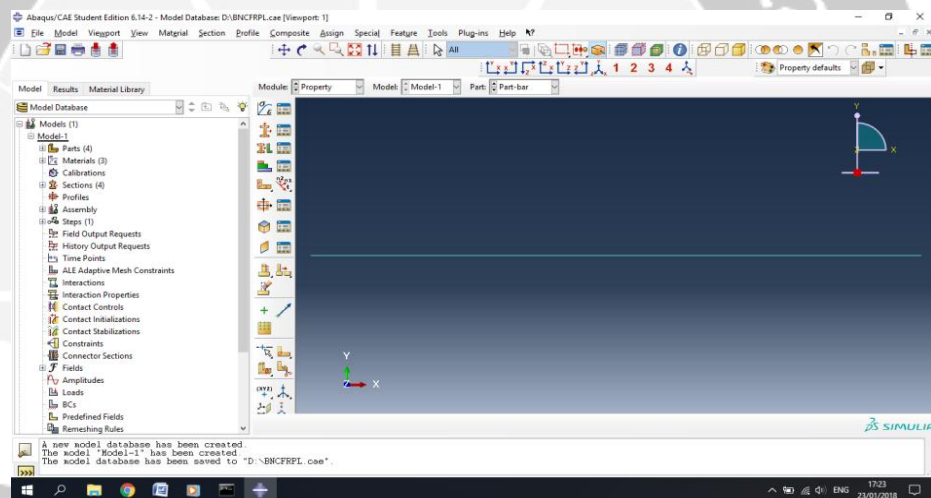
- Pilih *create section*, *category* : *solid*, *type* : *homogenous*, *continue*.
Muncul menu *edit section*, pilih material *concrete* untuk balok.
- Pilih *assign section* untuk *part* balok, blok balok, pilih *done*, pada *edit section assignment* pilih *section concrete*, *ok*.



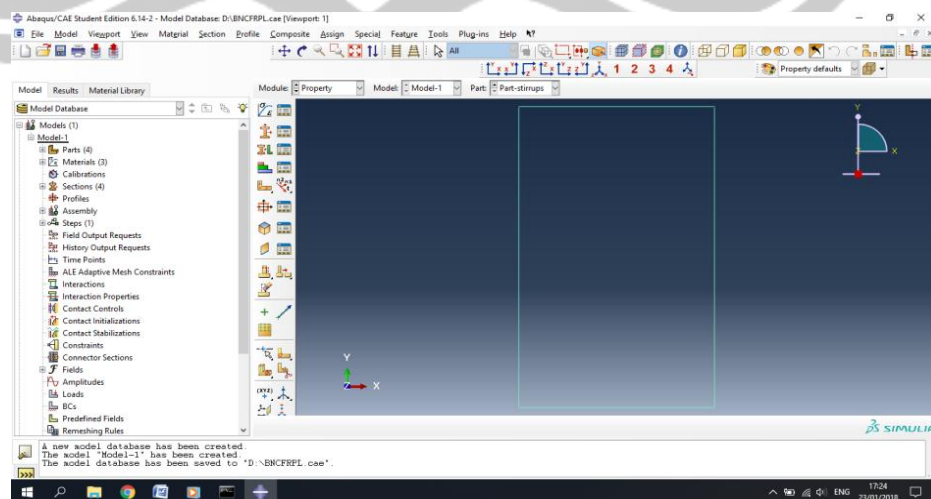
Gambar 5.8 *Property* balok pada *Abaqus Student Edition 6.14*

2. Material baja tulangan

- Pilih *create material*, *edit material*, *name material* : *steel*, pilih *general*, masukan nilai *density* baja tulangan.
- Klik *mechanical*, klik *plasticity*, pilih *plastic* kemudian isikan nilai *plasticity* baja tulangan dari masing-masing model balok.
- Pilih *create section*, *category* : *beam*, *type* *truss*, *continue*. Muncul menu *edit section*, pilih material *steel* untuk tulangan, masukan nilai luas tulangan yang digunakan pada masing-masing model balok.



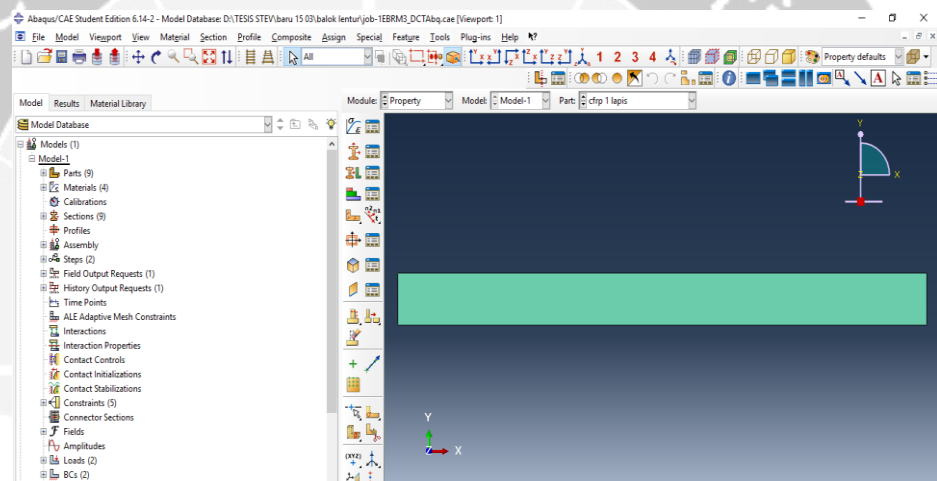
Gambar 5.9 Property longitudinal pada Abaqus Student Edition 6.14



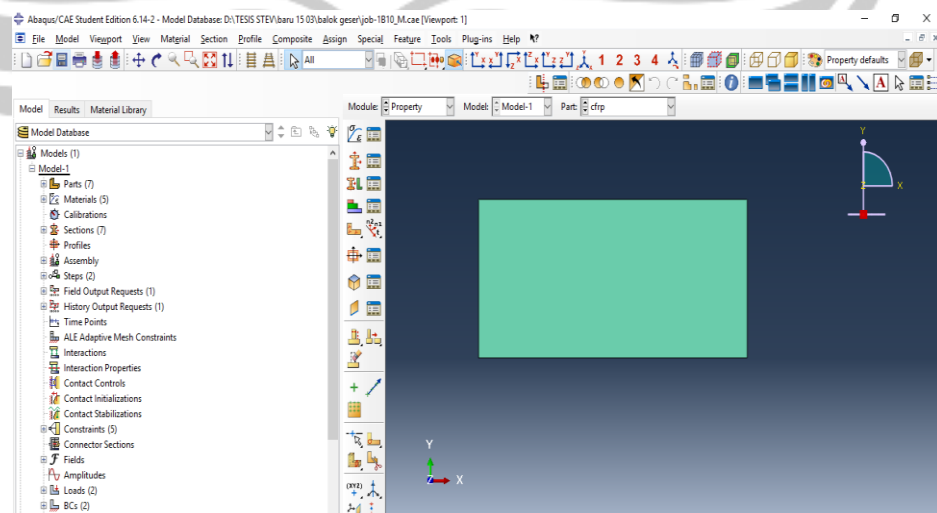
Gambar 5.10 Property stirrups pada Abaqus Student Edition 6.14

3. Mateial CFRP

- Pilih *create material, edit material, name material* : CFRP, pilih *general*, masukan nilai *density, elastic dan plastic CFRP*.
- Klik *mechanical*, klik *plasticity*, pilih *plastic* kemudian isikan nilai *plasticity CFRP* dari masing-masing model balok.
- Pilih *create section, category* : CFRP, *type shell, continue*. Muncul menu *edit section*, pilih material CFRP, kemudian *ok*.



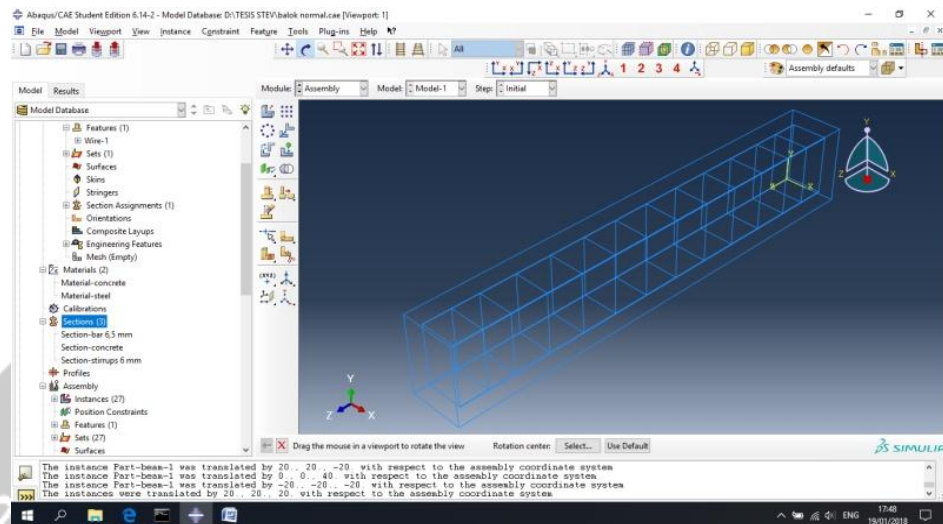
Gambar 5.11 *Property CFRP* pemodelan lentur pada *Abaqus Student Edition 6.14*



Gambar 5.12 *Property CFRP* pemodelan geser pada *Abaqus Student Edition 6.14*

c. *Assembly Modul Abaqus Student Edition 6.14*

- Pilih *create instance*, pilih *part stirrups*, kemudian pilih *dependent (mesh on part)*, beri tanda centang pada *auto-offset from other instances*, *ok*.
- Pilih *create instance*, pilih *part longitudinal*, kemudian pilih *dependent (mesh on part)*, beri tanda centang pada *auto-offset from other instances*, *ok*.
- Pilih *rotate instance*, blok tulangan memanjang, kemudian klik *done*, muncul node pada elemen, kemudian klik 2 node sumbu y, isikan nilai rotasi sebesar 90^0 , *ok*.
- Pilih *linear pattern*, blok tulangan memanjang, pilih *done*, muncul kotak *linear pattern* isikan jumlah tulangan memanjang, *ok*.
- Pilih *translate instance*, blok semua tulangan memanjang, pilih *done*, kemudian pilih salah titik tulangan memanjang dan tulangan sengkang untuk di gabungkan, *ok*.
- Pilih *translate instance*, blok semua tulangan, kemudian pilih titik koordinat 0. Ulangi dengan memilih *translate instance* pada titik koordinat 0, diganti dengan nilai x, y, z sesuai jarak yang dibutuhkan, untuk memastikan bahwa tulangan tepat berada pada tengah balok, kemudian *ok*.



Gambar 5.13 Assembly tulangan dan balok *Abaqus Student Edition 6.14*

- Pilih *linear pattern*, blok *stirrups*, pilih *done*, muncul kotak *linear pattern* isikan jumlah *stirrups* dan jarak yang diinginkan ,kemudian *ok*.
- Pilih *create display group*, pada kotak *item* pilih *part/model instances*, pilih *part beam*, kemudian centang pada kotak *highlight items in viewport*, pilih *remove*, kemudian *close*.

d. *Step Modul Abaqus Student Edition 6.14*

Pilih *create step*, name : *step-1*, *procedur type* : *General, static general*, kemudian muncul kotak *edit step*, pada *basic* : *time periode* = 1, pada *incrementation* pilih *type automatic* dengn nilai *maximum number of increments* = 100. *ok*

e. *Interaction Modul Abaqus Student Edition 6.14*

Pilih *create constraint*, name : *constraint 1*, type :

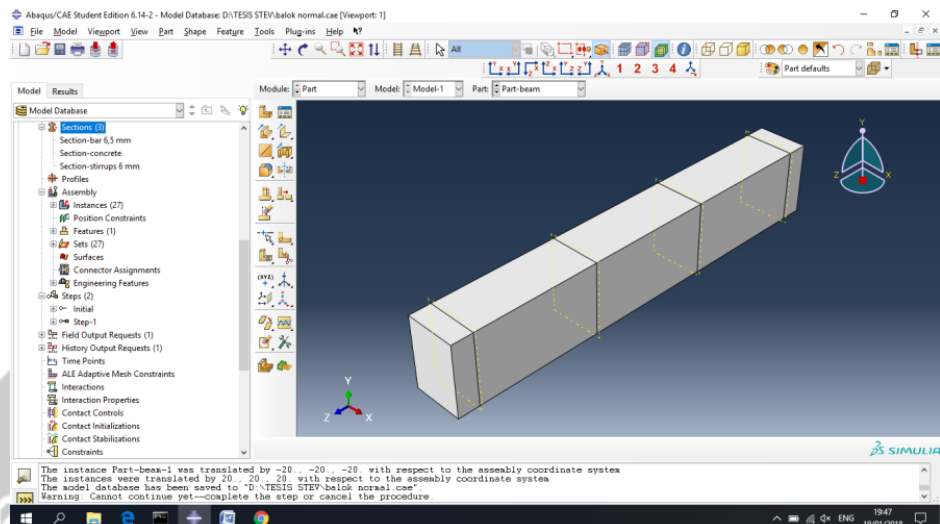
- *embedded region*, klik *Continue*, kemudian pilih *create display group*, pilih item *part/model instances*, klik *part beam*, pilih *remove*, kemudian

close. Kemudian blok semua tulangan, klik *done*, kemudian klik *select region*.

- *Tie*, klik *Continue*, kemudian pilih permukaan tumpuan atau *CFRP* yang akan di satukan dengan permukaan balok, pilih *create display group*, pilih item *part/model instances*, klik tumpuan atau *CFRP*, pilih *remove*, kemudian *close*. Kemudian pilih permukaan balok yang akan di satukan, pada edit *constrain* klik *ok*.
- *Coupling*, klik *Continue*, kemudian pilih penamaan beban *RP-1* atau *RP-2*, selanjutnya pilih permukaan titik tumpuan beban untuk memastikan bahwa beban berada pada pembebanan titik, kemudian *ok*

f. *Load Modul Abaqus Student Edition 6.14*

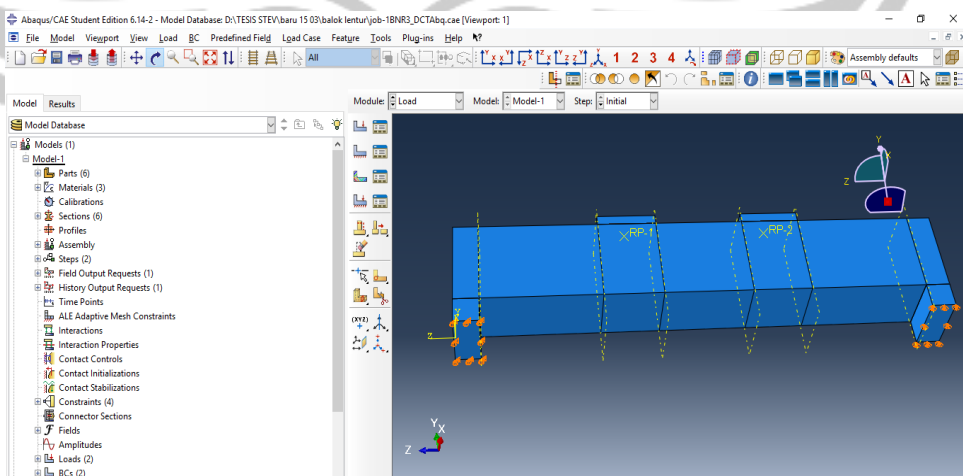
- Kembali ke modul *part*, *part beam*, pilih *create datum plane offset from principal plane*, pilih *xy plane* (isikan jarak tumpuan 1), kemudian klik *enter*. Ulangi dengan memilih *xy plane* (isikan jarak titik tumpuan 2). Ulangi langkah di atas untuk menentukan beban titik.
- Selanjutnya pilih *create partition, type: cell, method use datum plane*, klik tumpuan 1 selanjutnya pilih *create partition*, klik balok, kemudian klik *done*. Kemudian ulangi dengan memilih tumpuan 2, selanjutnya pilih *create partition*. klik balok, kemudian klik *done*.



Gambar 5.14 Datum plane pada Abaqus Student Edition 6.14

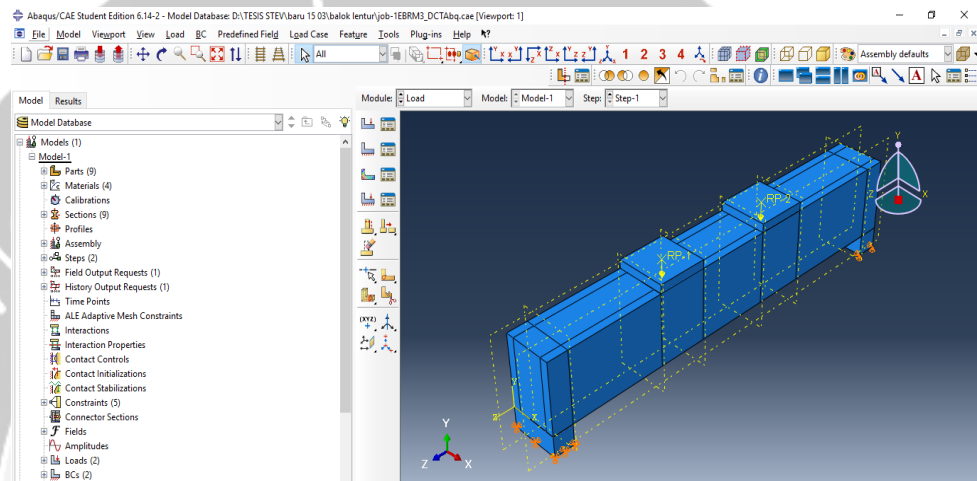
Setelah melakukan pembagian bidang untuk tumpuan dan titik pembebanan, kemudian dilanjutkan dengan menentukan tumpuan (sendi-rol) seperti pada gambar 5.15 dan dua titik pembebanan terpusat seperti pada gambar 5.16.

- Pada modul *load* untuk tumpuan, pilih *create boundary condition*., Muncul kotak *edit boundary condition* pilih = U_1, U_2, U_3 Untuk tipe sendi. Kemudian ulangi langkah diatas untuk menentukan tipe rol pilih U_1, U_2 .



Gambar 5.15 Model tumpuan pada Abaqus Student Edition 6.14

- Untuk menentukan titik pembebanan , pilih *create load*, name : *load 1* dan *load 2*, kemudian pilih titik beban *RP-1* dan *RP-2 continue*. Selanjutnya pilih titik pembebanan muncul kotak *edit load* isikan nilai beban pada *CF2*, kemudian *ok*

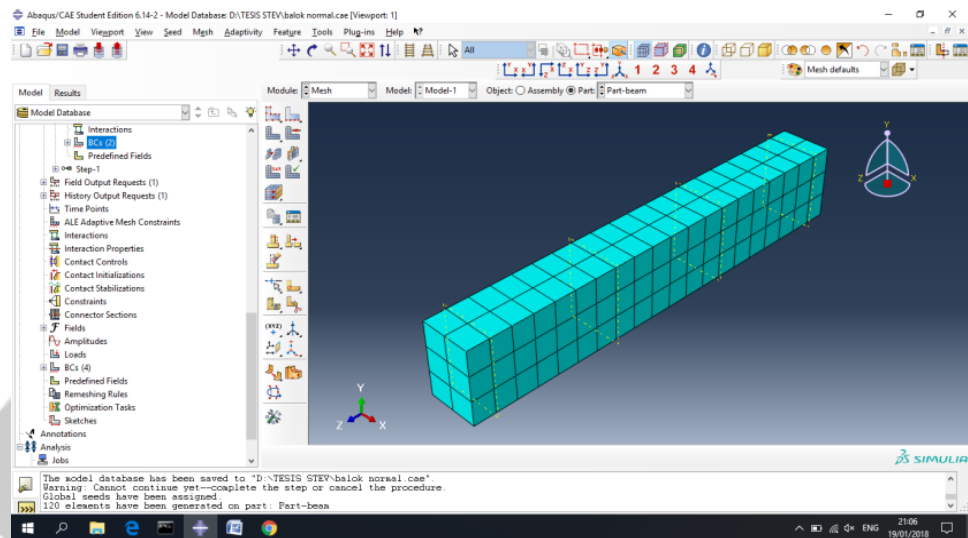


Gambar 5.16 Balok dengan dua titik pembebanan terpusat pada *Abaqus Student Edition 6.14*

g. *Mesh Modul Abaqus Student Edition 6.14*

1. *Mesh* pada balok (*beam*)

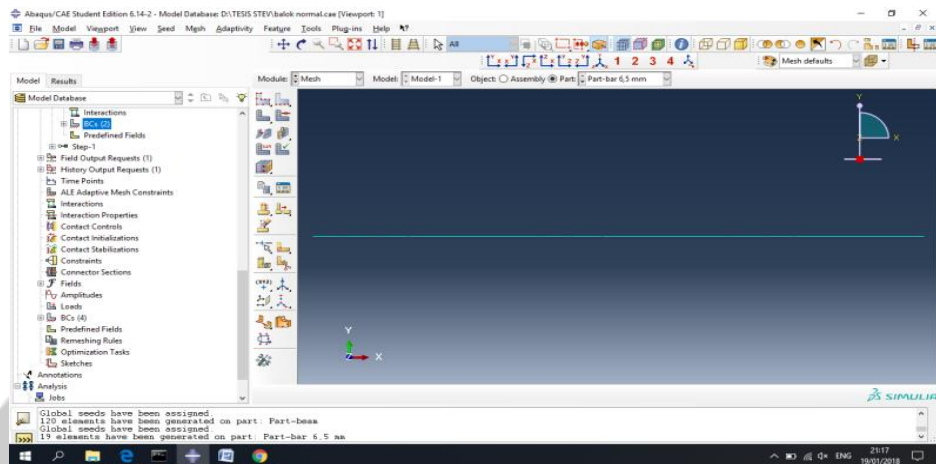
- Pilih *part beam*, kemudian pilih *seed part*, pada kotak *global seeds* masukan nilai *approximate global size* , kemudian *apply*, *ok*.
- Kemudian pilih *assign mesh controls*, blok balok, *done*, muncul kotak *mesh controls*, pilih *elemen shape* : *hex*, *technique* : *structured*, kemudian *ok*.
- Selanjutnya pilih *assign element type*, blok balok, klik *done*, muncul kotak *element type*, pilih *element library* : *standard*, *geometric order* : *linear*, *family* : *3D stress*, kemudian *ok*. selanjutnya pilih *mesh part*, kemudian *ok*.



Gambar 5.17 Mesh balok pada Abaqus Student Edition 6.14

2. Mesh pada longitudinal

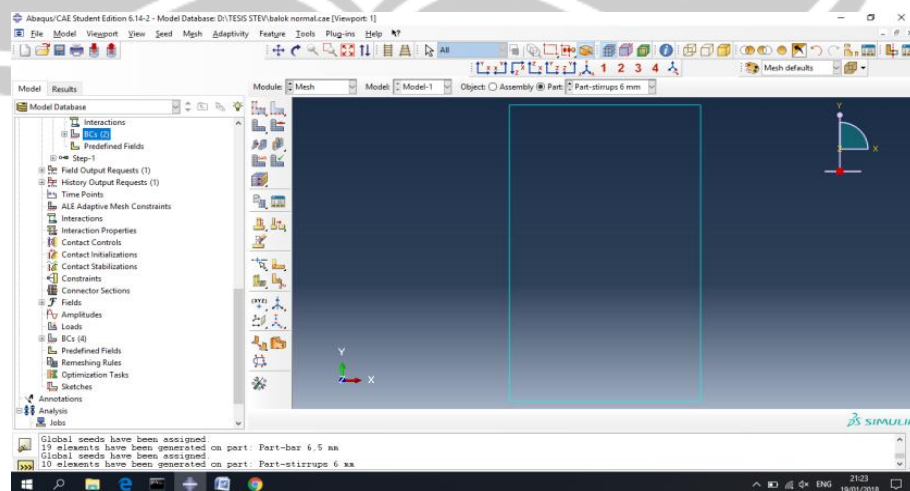
- Pilih *part bar*, kemudian pilih *seed part*, pada kotak *global seeds* masukan nilai *approximate global size*, kemudian *apply, ok*.
- Kemudian pilih *assign mesh controls*, blok *bar, done*, muncul kotak *mesh controls*, pilih *elemen shape : hex, technique : structured*, kemudian *ok*.
- Selanjutnya pilih *assign element type*, blok balok, klik *done*, muncul kotak *element type*, pilih *element library : standard, geometric order : linear, family : truss*, kemudian *ok*. selanjutnya pilih *mesh part*, kemudian *ok*.



Gambar 5.18 Mesh longitudinal pada Abaqus Student Edition 6.14

3. Mesh pada stirrups

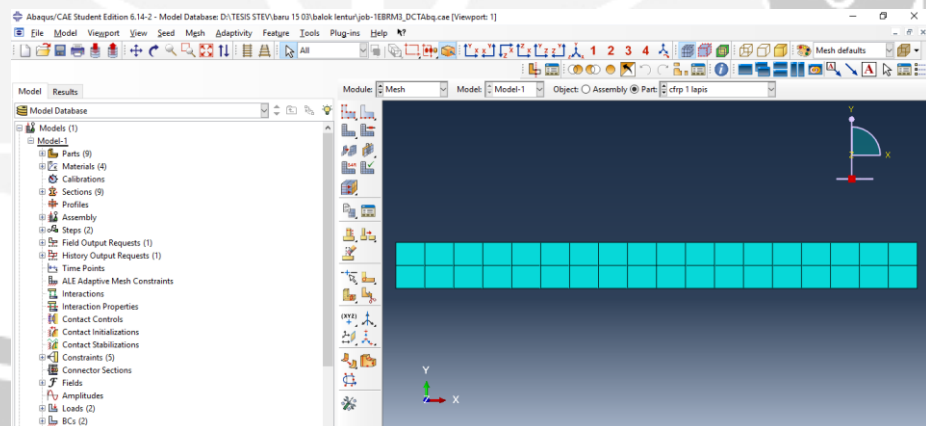
- Pilih *part stirrups*, kemudian pilih *seed part*, pada kotak *global seeds* masukan nilai *approximate global size*, kemudian *apply, ok*.
- Kemudian pilih *assign mesh controls*, blok *stirrups, done*, muncul kotak *mesh controls*, pilih *elemen shape : hex*, *technique : structured, ok*.
- Selanjutnya pilih *assign element type*, blok *stirrups*, klik *done*, muncul kotak *element type*, pilih *element library : standard*, *geometric order : linear*, *family : truss*, kemudian *ok*. lalu pilih *mesh part, ok*.



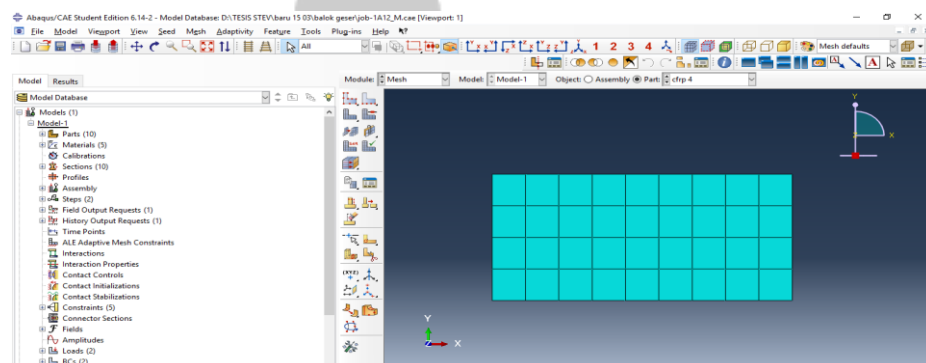
Gambar 5.19 Mesh stirrups pada Abaqus Student Edition 6.14

4. Mesh pada CFRP

- Pilih *part CFRP*, kemudian pilih *seed part*, pada kotak *global seeds* masukan nilai *approximate global size*, kemudian *apply*, *ok*.
- Kemudian pilih *assign mesh controls*, blok CFRP, *done*, muncul kotak *mesh controls*, pilih *elemen shape* : *hex*, *technique* : *structured*, kemudian *ok*.
- Selanjutnya pilih *assign element type*, blok balok, klik *done*, muncul kotak *element type*, pilih *element library* : *standard*, *geometric order* : *linear*, *family* : *shell*, kemudian *ok*. selanjutnya pilih *mesh part*, kemudian *ok*.



Gambar 5.20 Mesh CFRP pemodelan lentur pada Abaqus Student Edition 6.14

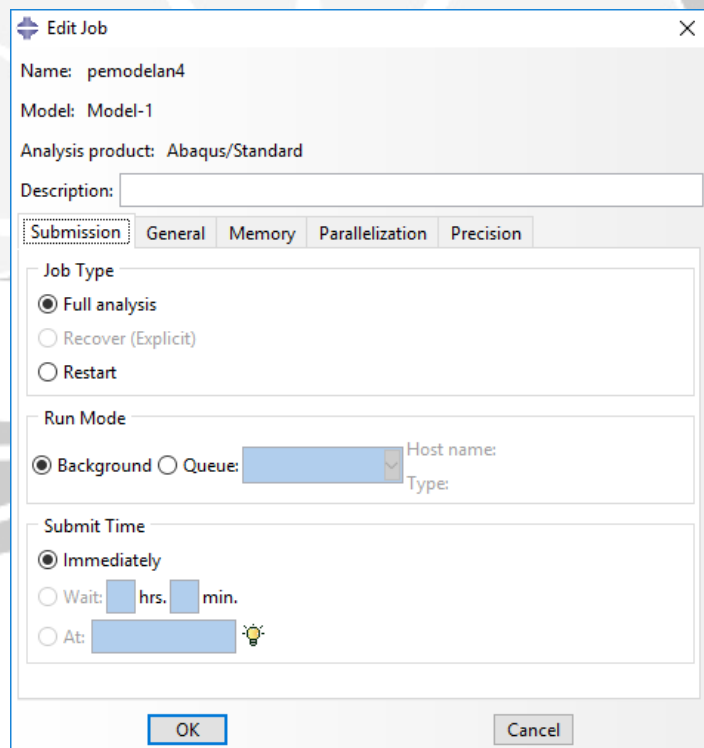


Gambar 5.21 Mesh CFRP pemodelan geser pada Abaqus Student Edition 6.14

h. *Job Modul Abaqus Student Edition 6.14*

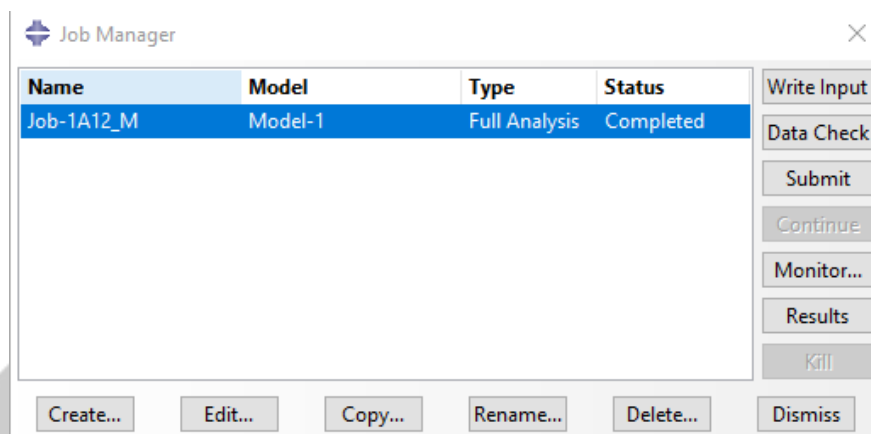
Modul Job berfungsi untuk mendeskripsikan model kemudian diserahkan kepada program *ABAQUS* untuk melakukan analisis numerik. Pada modul ini bisa dikontrol apakah simulasi yang dilakukan berhasil atau tidak, jika terjadi error message di dalam prompt area maka bisa kembali ke modul sebelumnya untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi selama proses interaksi numerik yang dilakukan oleh *ABAQUS solver*. Berikut langkah-langkahnya :

- Pada modul job, pilih *job manager*, muncul kotak *job manager*, pilih *create*, *name* : Balok beton bertulang, pilih *Continue*, kemudian klik *ok*.



Gambar 5.22 *Edit job*

- Pada menu *job manager* pilih *submit* untuk memulai *running*.



Gambar 5.23 Submit job

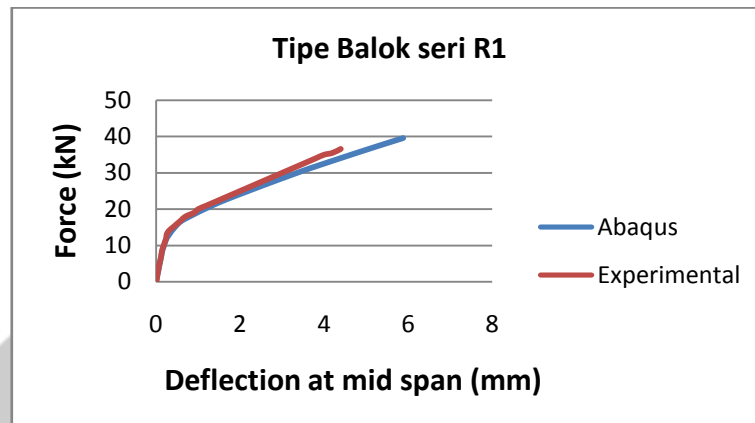
5.3 Hasil analisis permodelan *Abaqus Student Edition 6.14*

5.3.1 Balok beton bertulang yang dikenai lentur

Tabel 5.4 Perbandingan beban dan momen maksimum hasil experimental dengan hasil *Abaqus Student Edition 6.14*

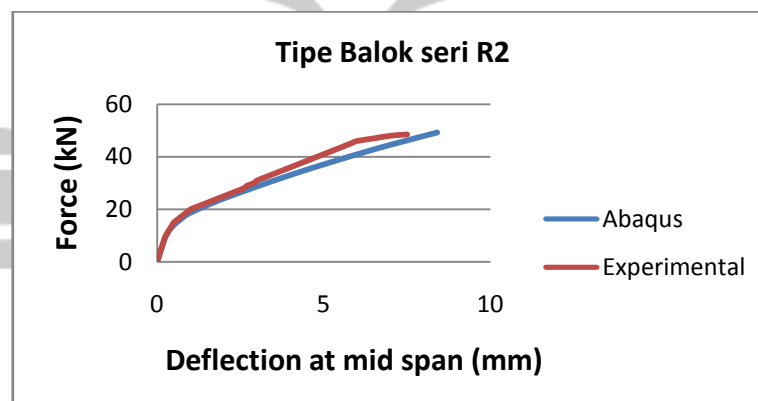
Tipe balok	Experimental		Abaqus	
	P max (kN)	M max (kN m)	P max (kN)	M max (kN m)
R1	36,60	5,49	39,60	5,94
R2	48,50	7,28	49,20	7,38
R3	71,80	10,77	72,80	10,92
EBR_M1	43,00	6,45	44,88	6,73
EBR_M2	79,50	11,93	81,40	12,21
EBR_M3	87,30	13,10	87,20	13,08

Tabel 5.4 Menunjukkan balok beton bertulang menggunakan *Abaqus Student Edition 6.14* memperoleh beban maksimum yaitu, tipe R1 = 39,60 kN; tipe R2 = 49,20 kN; dan tipe R3 = 72,80 kN. Kemudian setelah diberi perkuatan *CFRP – Sheet 240*, balok mengalami peningkatan kapasitas beban yaitu, tipe EBR_M (1 lapis) = 44,88 kN; tipe EBR_M (2 lapis) = 81,40 kN; dan tipe EBR_M (3 lapis) = 87,20 kN, ini menunjukkan bahwa ada kontribusi peningkatan kekuatan terhadap beban ketika balok tersebut di beri perkuatan *CFRP Sheet 240*.



Gambar 5.24 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe R1

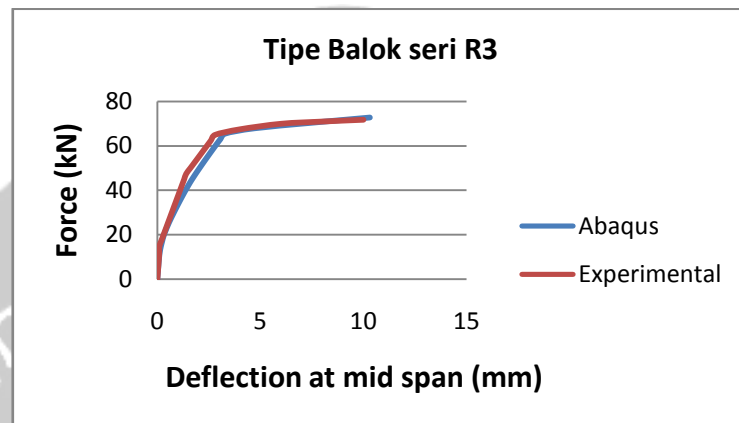
Pada gambar 5.24 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang R1 terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 8,197 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.25 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe R2

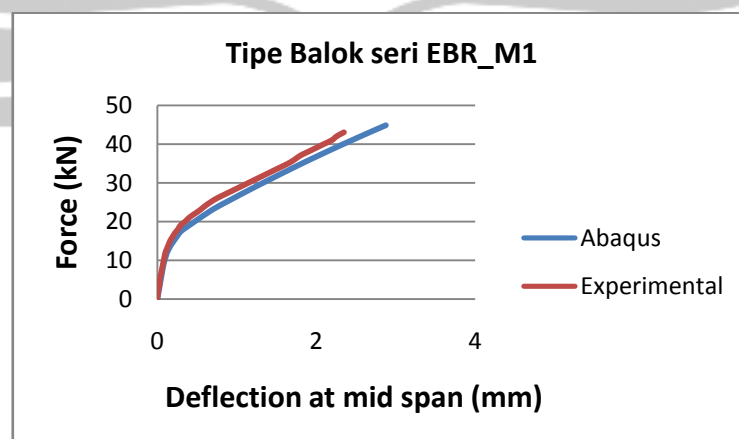
Pada gambar 5.25 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe R2 terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding

menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 1,443 % dari balok hasil experimental.



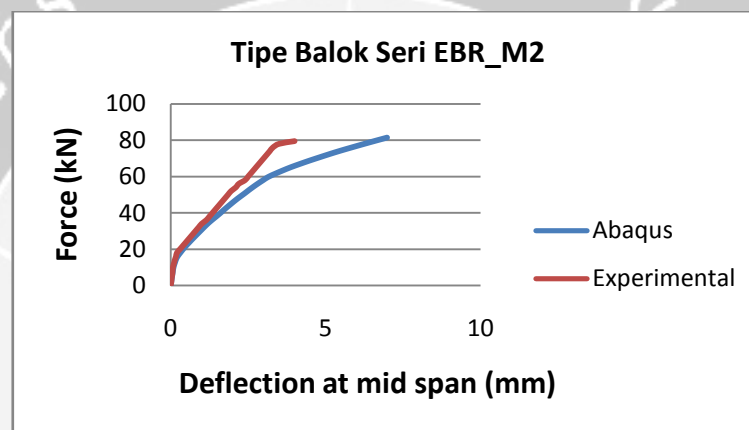
Gambar 5.26 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe R3

Pada gambar 5.26 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe R3 terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 1,393 % dari balok hasil experimental.



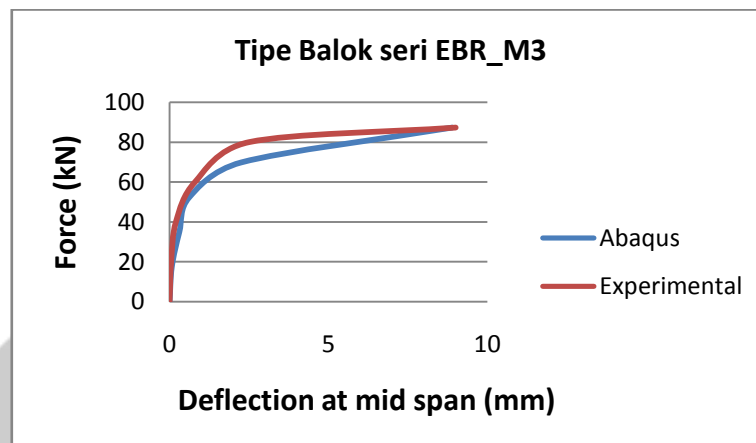
Gambar 5.27 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe EBR_M (1 lapis)

Pada gambar 5.27 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe EBR_M1 yang diberi perkuatan *CFRP-Sheet 240* terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 4,360 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.28 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe EBR_M (2 lapis)

Pada gambar 5.28 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe EBR_M2 yang diberi perkuatan *CFRP-sheet 240* terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 2,390 % dari balok hasil experimental.



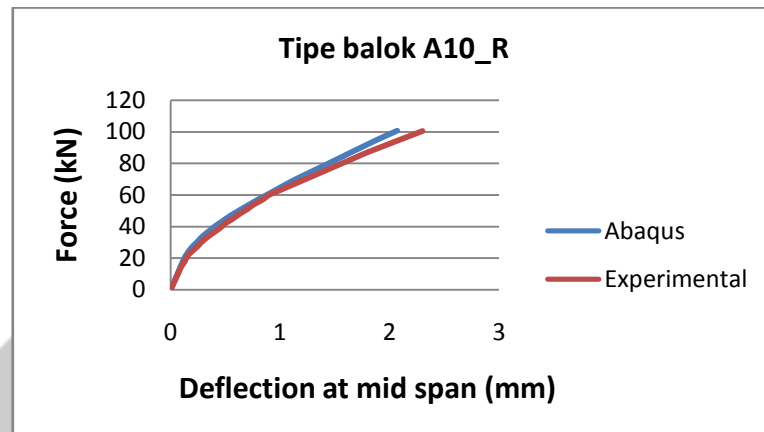
Gambar 5.29 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe EBR_M (3 lapis)

Pada gambar 5.29 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami penurunan bahkan hampir sama kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe EBR_M3 yang diberi perkuatan *CFRP-Sheet 240* terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan penurunan kekuatan terhadap beban maksimum = 0,115 % dari balok hasil experimental.

5.3.2 Balok beton bertulang yang dikenai geser

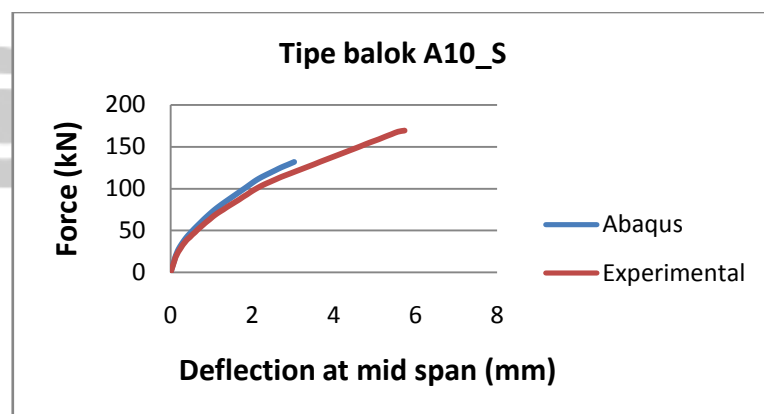
Tabel 5.5 Perbandingan beban dan momen maksimum hasil experimental dengan hasil *Abaqus Student Edition 6.14*

Tipe balok	Experimental		Abaqus	
	P max (kN)	V max (kN)	P max (kN)	V max (kN)
A10_R	100,40	50,20	100,60	50,30
A10_S	169,35	84,64	132,00	66,00
A10_M	122,06	61,03	123,00	61,50
A12_R	116,50	58,25	117,00	58,50
A12_S	215,04	107,52	130,00	65,00
A12_M	179,54	89,77	218,00	109,00
B10_R	74,02	37,01	82,00	41,00
B12_R	75,70	37,85	82,00	41,00



Gambar 5.30 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe A10_R

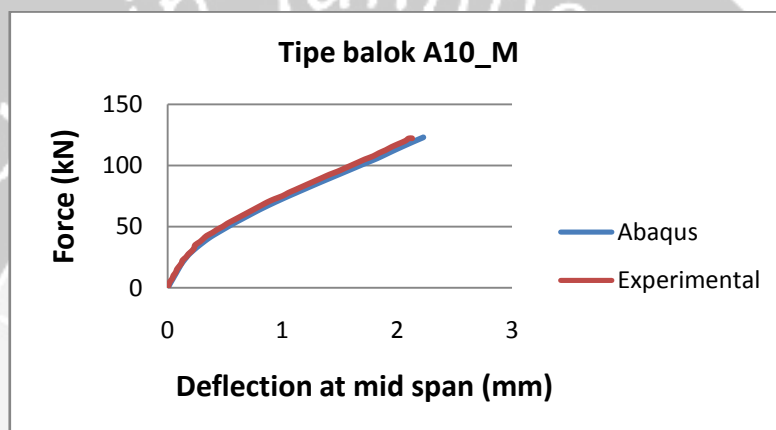
Pada gambar 5.30 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe A10_R terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 100,60 kN, nilai kuat geser ultimit = 50,30 kN, dengan persentase selisih = 0,199 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.31 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe A10_S

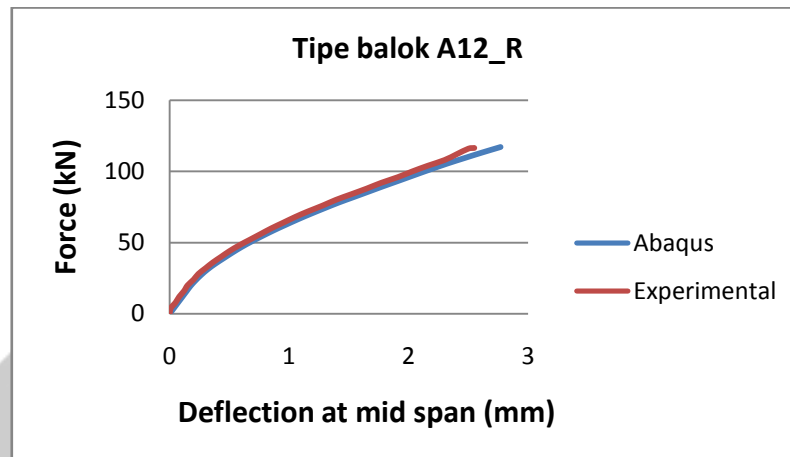
Pada gambar 5.31 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami

penurunan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe A10_S terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 132 kN, nilai kuat geser ultimit = 66 kN, dengan persentase selisih = 22,055 % dari balok hasil experimental.



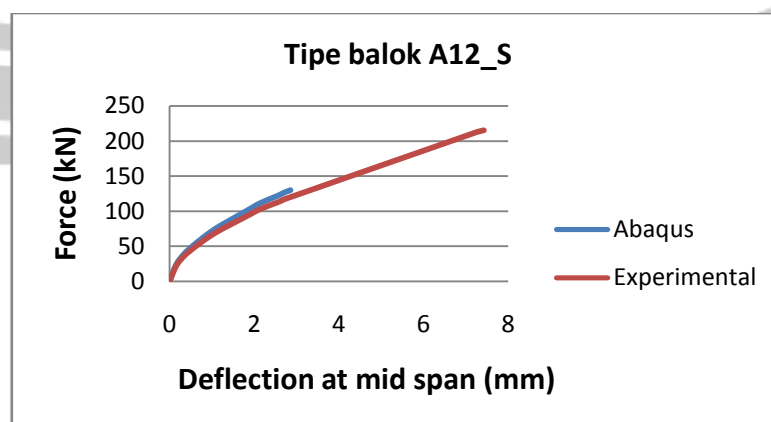
Gambar 5.32 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe A10_M

Pada gambar 5.32 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe A10_M yang diberi perkuatan *CFRP Sheet 530* pada keempat sisi bidang geser terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 123 kN, nilai kuat geser ultimit = 61,50 kN dengan persentase selisih = 0,770 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.33 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe A12_R

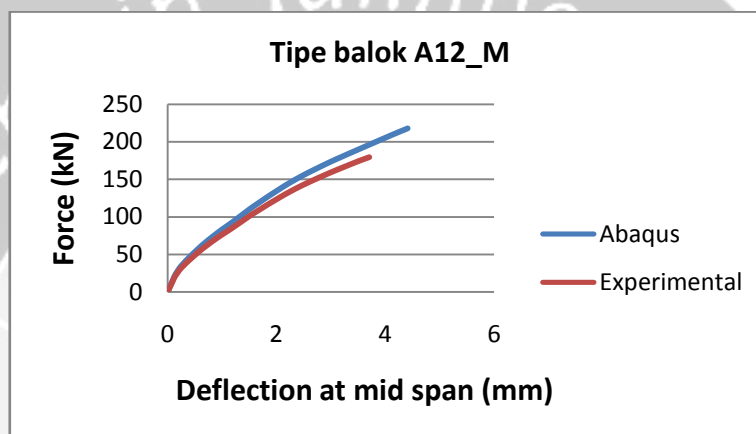
Pada gambar 5.33 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe A12_R terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 117 kN, nilai kuat geser ultimit = 58,50 kN, dengan persentase selisih = 0,429 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.34 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe A12_S

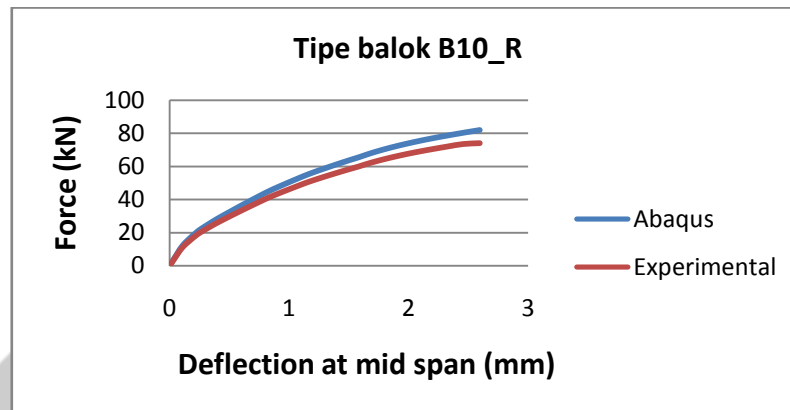
Pada gambar 5.34 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami

penurunan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe A12_S terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan penurunan kekuatan terhadap beban maksimum = 130 kN, nilai kuat geser ultimit = 65 kN, dengan persentase selisih = 39,546 % dari balok hasil experimental.



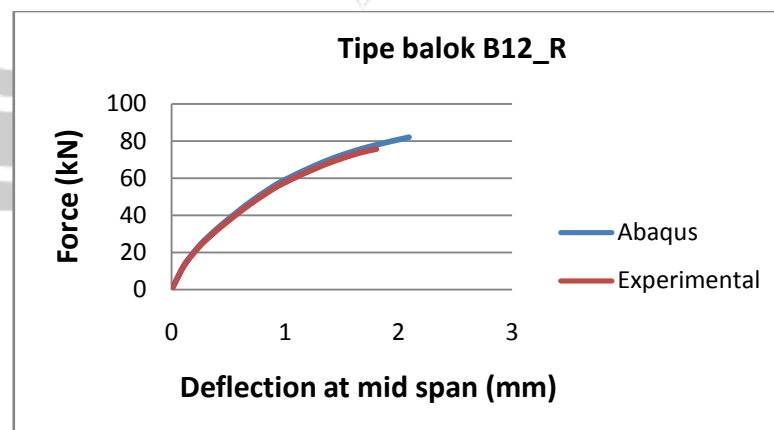
Gambar 5.35 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe A12_M

Pada gambar 5.35 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe A12_M yang diberi perkuatan *CFRP Sheet 530* terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 218 kN, nilai kuat geser ultimit = 109 kN, dengan persentase selisih = 21,421 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.36 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe B10_R

Pada gambar 5.36 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe B10_R terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 82 kN, nilai kuat geser ultimit = 41 kN, dengan persentase selisih = 10,781 % dari balok hasil experimental.



Gambar 5.37 Grafik perbandingan beban-lendutan balok tipe B12_R

Pada gambar 5.37 memperlihatkan grafik hubungan antara beban-lendutan hasil dari experimental dan hasil dari *Abaqus Student Edition 6.14* mengalami

peningkatan kekuatan terhadap beban. Dari hasil analisis perilaku balok beton bertulang tipe B12_R terhadap dua titik pembebanan sebagai pembanding menghasilkan peningkatan kekuatan terhadap beban maksimum = 82 kN, nilai kuat geser ultimit = 41 kN, dengan persentase selisih = 8,322 % dari balok hasil experimental.

