

BAB III
PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM DAN PEMODELAN DENGAN
FINITE ELEMEN METHOD

3.1 Batako Tanpa Plester dan Tanpa Perekat (BTPTP)

Proses pembuatan campuran BTPTP untuk pengujian menggunakan campuran pasir, semen, dan air dengan perbandingan 7:1:1. Pencampuran bahan BTPTP dicampur menggunakan mesin pengaduk selama 10 menit sesuai dengan kondisi aktual pada saat produksi. Proses pencampuran bahan BTPTP pada mesin pengaduk ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Proses pencampuran bahan BTPTP pada mesin pengaduk

Setelah melalui proses pencampuran, bahan BTPTP kemudian dimasukkan kedalam cetakan pada mesin *press* BTPTP. Dalam penngujian ini terdapat 2 macam cetakan yang digunakan yang pertama adalah cetakan BTPTP asli yang digunakan untuk uji dinding dan kedua cetakan BTPTP yang akan digunakan pada sampel uji satuan. Setelah melalui proses pencetakan BTPTP tersebut dikeringkan secara alami, dengan waktu pengeringan (*ageing*) selama 40 hari. Cetakan pada mesin *press* BTPTP ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Cetakan pada mesin *press* BTPTP

3.2 Pengujian BTPTP

Pengujian BTPTP dilakukan dalam beberapa tahap pengujian antara lain:

a. Uji satuan variabel waktu penggetaran BTPTP

BTPTP yang akan diuji terdiri dari beberapa variabel waktu penggetaran mesin *press* BTPTP dalam melakukan proses pemadatan dengan beban penggetar cetakan pada mesin dibuat tetap 65 kg. Geometri yang digunakan menggunakan geometri standar mortar test 5x5x5 cm. Pengujian variable satuan ini merupakan pengujian standar *American Society for Testing and Materials (ASTM) C109*.

b. Uji dinding BTPTP

Uji dinding ini terdiri dari tiga jenis BTPTP yang berbeda, BTPTP dengan satu lubang (10x10 cm), BTPTP dengan dua lubang (10x20 cm), BTPTP dengan dua lubang dengan permukaan bagian atas dibuat rata (10x20 cm) hal ini bertujuan agar pembebanan pada bagian atas dinding dapat terdistribusi secara merata keseluruhan permukaan dinding yang akan diuji.

3.3 Uji Satuan Variabel Waktu Penggetaran BTPTP

Terdiri dari 4 variabel waktu penggetaran mesin *press* yang berbeda (17 detik, 20 detik, 23 detik dan 26 detik). Masing masing variabel terdiri dari 5 sampel spesimen uji dengan luas permukaan 25 cm². Pengujian variable satuan ini merupakan pengujian standar *American Society for Testing and Materials (ASTM) C109*.



Gambar 3.3 Contoh sampel spesimen uji satuan variabel waktu penggetaran BTPTP

3.2.1 Alat

a. Timbangan digital DIGI DS-425

Timbangan digital DIGI DS-425 merupakan alat ukur berat yang digunakan untuk mengukur berat dari masing-masing spesimen uji. Timbangan digital DIGI DS-425 ditunjukkan pada gambar 3.4.

Spesifikasi DIGI DS-425 :

Resolusi *display* : 1/30.000

Resolusi : 0.01gr

Satuan : gr, kg, oz atau lb

Berat maksimal : 1,5 kg

Dimensi : 256 mm x 321 mm x 80 mm (LxPxT)

Dimensi plat : 205 mm x 250 mm



Gambar 3.4 Timbangan digital DIGI DS-425

b. *HT-8391PC Computer-Control Servo Hydraulic Concrete Compression Testing Machine*

HT-8391PC merupakan alat uji khusus untuk uji tekan beton yang menggunakan control servo pada sistem kompresinya. Pada penelitian ini HT-8391PC digunakan untuk uji tekan membran spesimen BTPTP. HT-8391PC *Computer-Control Servo Hydraulic Concrete Compression Testing Machine* ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Spesifikasi HT-8391PC:

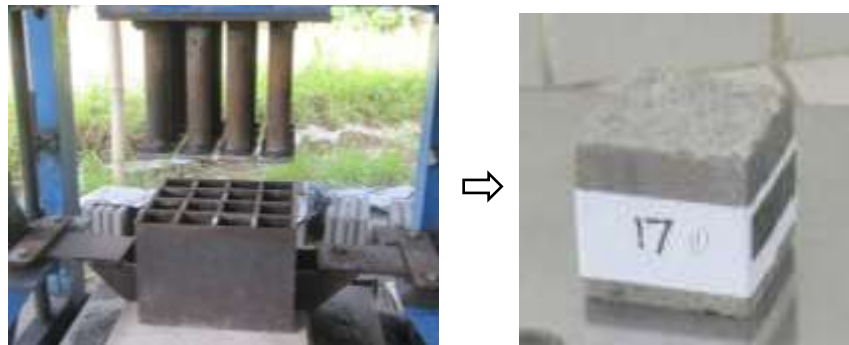
kapasitas	: 1000 kN (10 ton)
Vertikal <i>clearance</i>	: 340 mm
Horisontal <i>clearance</i>	: 330 mm
Ukuran plat (<i>diameter</i>)	: 160 mm
Kecepatan <i>loading</i>	: 1.41~3.52 kg/cm ² per second
Kecepatan <i>unloading</i>	: <i>maximum</i> 50 mm/min
Daya	: 3 ϕ , 220/380/415 V, 50/60 HZ



Gambar 3.5 *HT-8391PC Computer-Control Servo Hydraulic Concrete Compression Testing Machine*

3.2.2 Bahan

Spesimen uji pada variabel ini menggunakan dimensi yang berbeda pada cetakan yang terdapat pada mesin press BTPTP sehingga diperlukan cetakan khusus untuk membuat geometri sesuai dengan standar pengujian.



Gambar 3.6 Cetakan dan hasil BTPTP pada mesin *press* BTPTP

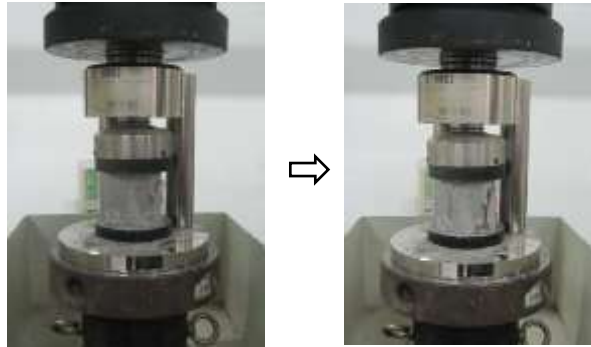
3.2.3 Prosedur pengujian

- a. Mengukur berat dengan menggunakan timbangan digital DIGI DS-425 dari masing masing variabel uji.



Gambar 3.7 Pengukuran berat spesimen uji BTPTP

- b. Pengujian menggunakan HUNG TA *Universal Testing Machine* (HT-8391PC) untuk mengetahui kokoh tekan dari masing-masing variabel uji (pengujian standar ASTM C109).



Gambar 3.8 Uji satuan variabel waktu penggetaran BTPTP



Gambar 3.9 Hasil pembacaan uji satuan variabel waktu penggetaran BTPTP pada monitor

3.4 Uji Dinding BTPTP

Uji dinding hanya dilakukan pada salah satu variabel saja yaitu untuk variabel pembebanan mesin press BTPTP pada waktu penggetaran 20 detik dan beban penggetar 65 kg. Analisa variabel waktu penggetaran 17 detik, 23 detik, dan 26 detik dilakukan dengan membandingkan pada hasil analisa metode elemen hingga.

3.3.1 Alat

a. *Frame uji dinding*

Merupakan *main frame* dalam pengujian tekan dinding. Sebagai tempat benda uji dinding dalam menerima beban statis dan dudukan peralatan uji lainnya. Frame uji dinding ditunjukkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Frame uji tekan dinding*

b. *Linier Variable Displacement Transducer (LVDT)*

LVDT merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk mengukur perpindahan posisi secara linier. Pada pengujian ini LVDT digunakan untuk mengukur deformasi yang terjadi pada dinding dalam menerima beban statis. LVDT yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.11.

Spesifikasi:

Skala : 10 cm

Ketelitian : 1 mm



Gambar 3.11 *LVDT*

c. *Load cell*

Alat pembacaan beban terukur yang diberikan pada pengujian tekan dinding. Prinsip kerja *loadcell* yaitu dengan mengubah pembacaan *load* yang diberikan pada benda uji menjadi sinyal elektrik pada *data logger*. *Loadcell* ditunjukkan pada Gambar 3.12.

Spesifikasi:

Kapasitas : 50 ton



Gambar 3.12 *Load cell*

d. *Hydraulic jack*

Alat pemberi beban terukur pada *loadcell* dengan sistem hidrolis. Pembebanan diberikan secara manual melalui pompa hidrolis. *Hydraulic jack* ditunjukkan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Hydraulic jack*

e. *H-beam*

Balok baja berbentuk seperti huruf H yang berfungsi untuk mendistribusikan gaya secara merata pada permukaan atas dinding yang akan diuji. Ukuran yang digunakan mengikuti permukaan atas dinding uji yaitu dengan panjang 100 cm x 10 cm. *H-beam* ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 *H-beam*

f. *Data logger* dan komputer

Data logger merupakan perangkat elektronik yang mencatat perubahan nilai pada sensor *eksternal*. Pada pengujian ini *data logger* digunakan untuk mencatat perubahan nilai dari sensor LVDT dan *loadcell*, sedangkan komputer digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan *data logger* secara *visual* dan pengolah data. *Data logger* dan komputer ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Data logger* dan komputer

3.3.2 Bahan

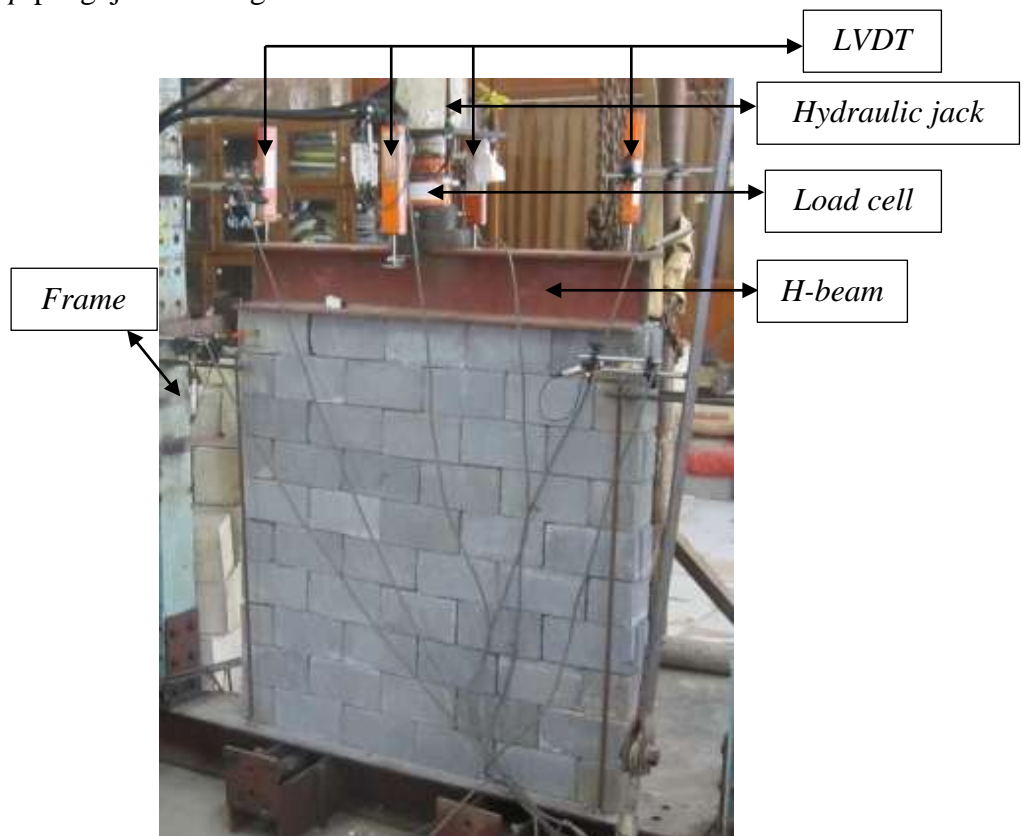
Bahan uji terdiri dari tiga jenis BTPTP yang disusun menjadi satu kesatuan dinding, BTPTP dengan satu lubang (10x10cm), BTPTP dengan dua lubang (10x20cm), BTPTP dengan dua lubang dengan permukaan bagian atas dibuat rata (10x20cm) hal ini bertujuan untuk meletakkan *H-beam* agar pembebanan pada bagian atas dinding dapat terdistribusi secara merata keseluruhan permukaan dinding yang akan diuji.



Gambar 3.16 BTPTP

3.3.3 Prosedur pengujian

a. *Setup* pengujian dinding BTPTP

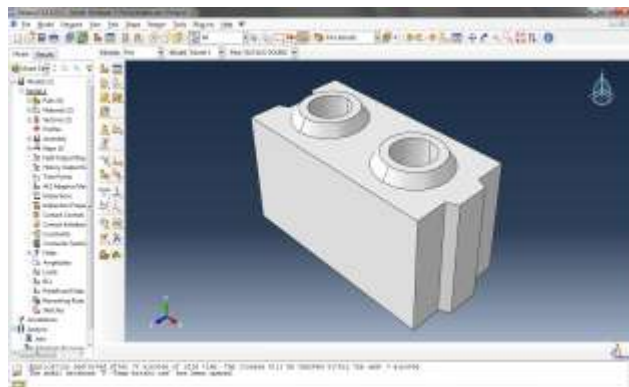
Gambar 3.17 *Setup* pengujian dinding BTPTP

3.5 Pengenalan ABAQUS 6.10-1

ABAQUS 6.10-1 merupakan salah satu perangkat lunak yang sering digunakan untuk analisis metode elemen hingga dan *computer aided-design*. Mulai dari simulasi *linier* yang relatif sederhana sampai dengan analisa *non-linier* dengan kondisi kontak yang kompleks dan rumit. ABAQUS 6.10-1 memiliki cakupan material yang cukup luas sehingga mudah dalam memodelkan secara visual. Perangkat lunak ini dilengkapi dengan kemampuan analisa *multiphysics* yang dapat digunakan dalam berbagai bidang sesuai dengan kebutuhan.

Analisa metode elemen hingga pada ABAQUS 6.10-1 terdiri dari tiga tahap:

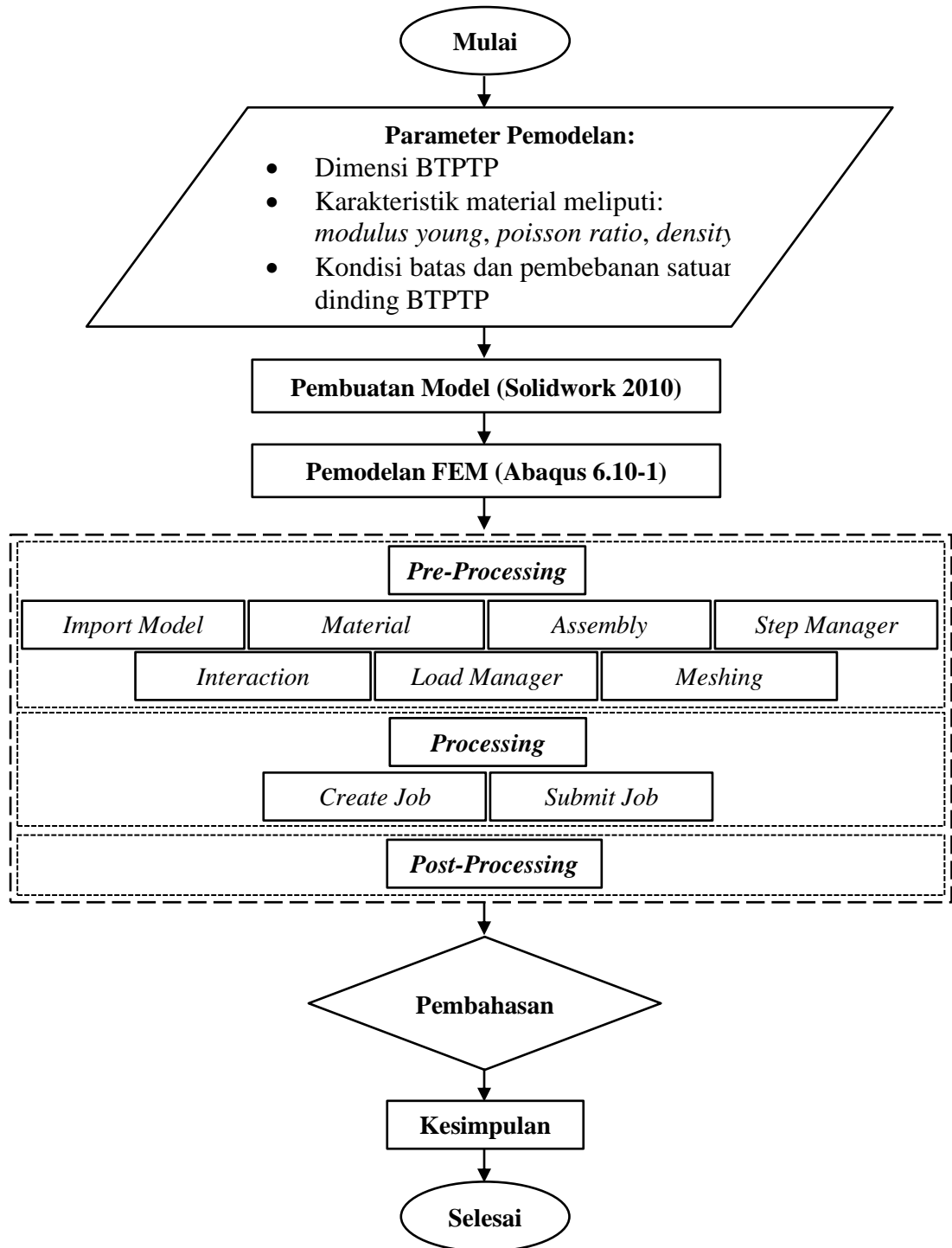
1. *Pre-processing* atau pemodelan, tahap ini merupakan tahap pembuatan *file input*.
2. *Processing* atau pengolahan, pemecahan masalah dalam bentuk *file* visual dengan analisa metode elemen hingga.
3. *Post-processing*, merupakan *output* dari *file* visual dalam bentuk gambar, animasi dan lain-lain.



Gambar 3.18 Contoh *layout* ABAQUS 6.10-1

3.6 Flowchart Pemodelan Menggunakan Abaqus 6.10-1

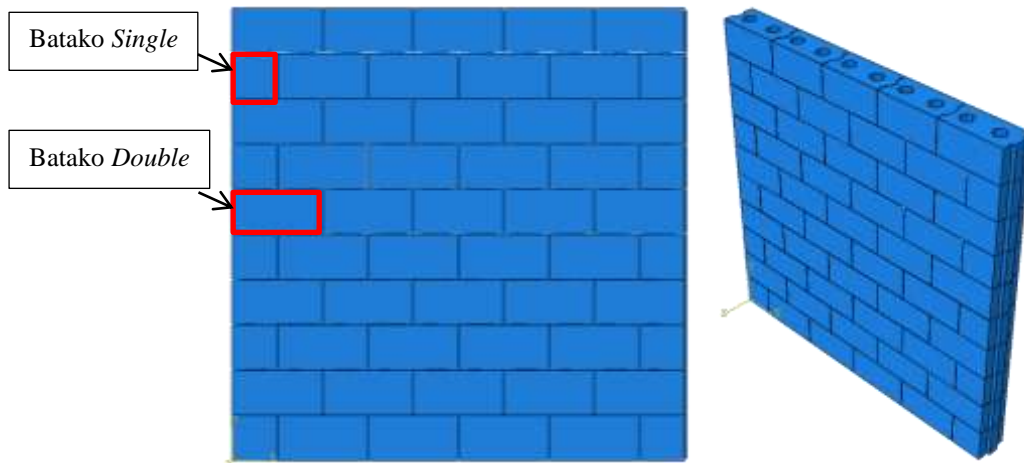
Berikut diagram alir proses analisa *finite elemen method (FEM)* menggunakan *software* ABAQUS 6.10-1.



Gambar 3.19 Flowchart pemodelan ABAQUS 6.10-1

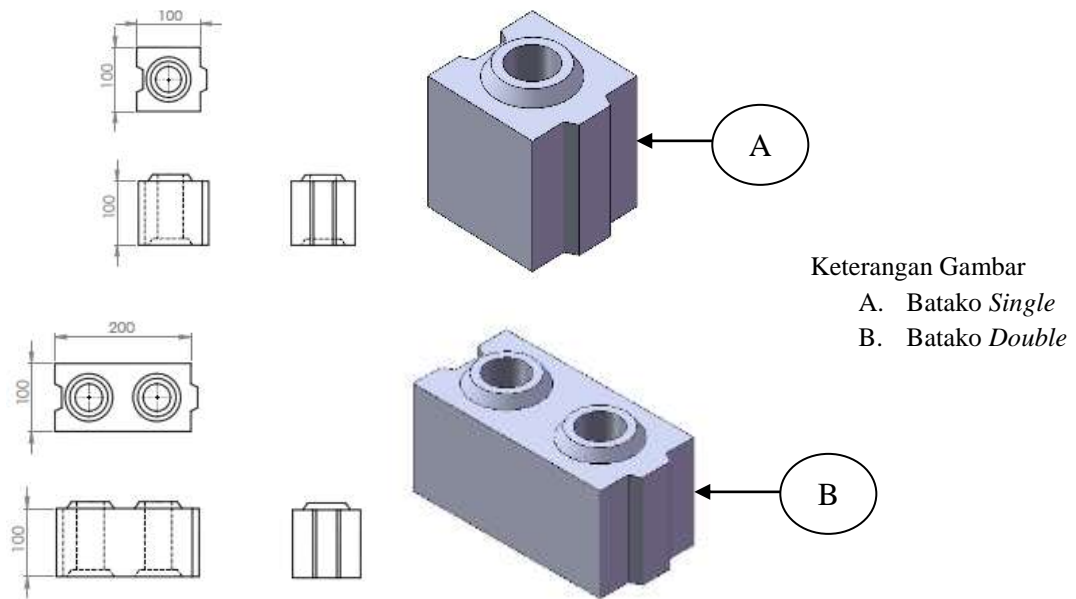
3.7 Spesifikasi Masalah

Pemodelan dinding BTPTP dibuat dalam bentuk 3 dimensi. Seperti Gambar 3.20 susunan dinding batako terdiri dari 2 komponen, yaitu batako *single* dan batako *double*. Dalam penelitian ini akan membahas kekuatan batako dalam menerima gaya tekan dari atas.



Gambar 3.20 Pemodelan dinding BTPTP

Dalam pemodelan ini penulis menggunakan *software* ABAQUS 6.10-1 untuk melakukan analisis masalah yang dihadapi, sedangkan untuk memodelkan komponen-komponen dinding batako menggunakan *software* Solidworks 2010 yang *compatible* apabila melakukan proses *import* kedalam *software* ABAQUS 6.10-1 spesifikasi model yang digunakan pada Gambar 3.21 dan Tabel 3.1 berikut:



Gambar 3.21 Ukuran komponen dinding batako

Tabel 3.1. Ukuran komponen dinding batako

Komponen	Ukuran (mm)
Batako Single:	
Panjang	100,00
Lebar	100,00
Tinggi	100,00
Batako Double:	
Panjang	200,00
Lebar	100,00
Tinggi	100,00

Langkah-langkah pemodelan dengan metode elemen hingga menggunakan bantuan software Abaqus 6.10-1 meliputi:

1. *Pre-processing*

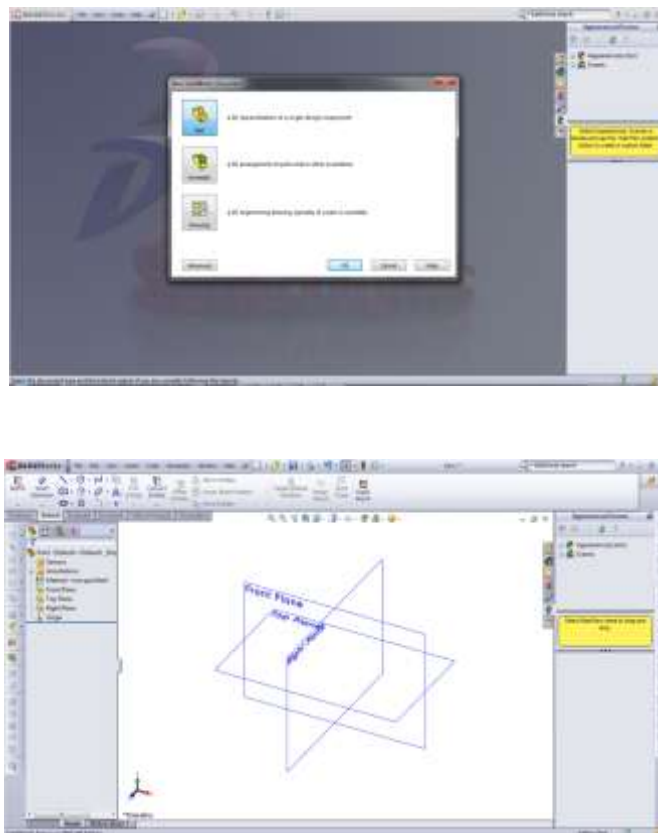
Meliputi: pembuatan komponen, *import* komponen ke ABAQUS 6.10-1, pemberian properti material pada komponen, *assembly* komponen, pemilihan *step*, pemilihan interaksi (kontak), pembebanan dan pemberian kondisi batas, *meshing*.

2. Pemecahan masalah (*solving*)

3. *Post processing*

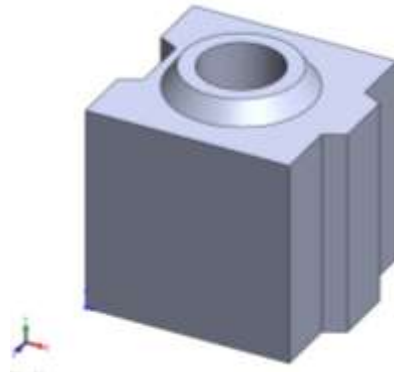
3.8 Pembangunan model dalam *Solidworks 2010*

Pembuatan model dalam *Solidworks 2010* dimulai dengan fasilitas *part* untuk membuat komponen batako yaitu masuk menu *file > new > pilih part > OK* kemudian masuk tampilan lembar kerja yang mempunyai fasilitas *sketch* seperti pada Gambar 3.22.

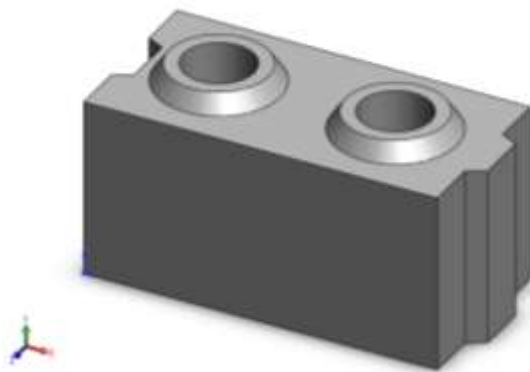


Gambar 3.22 Tampilan fasilitas *new part* dan lembar kerja.

Dari gambar hasil batako *single* dan batako *double* yang sudah dibuat di *Solidworks* 2010 kemudian disimpan dalam format *sat* (.sat), sehingga tidak terjadi *error* dalam proses *import* ke ABAQUS 6.10-1 untuk kemudian di *assembly* dan di analisa. Hasil pembuatan model ada pada Gambar 3.23 dan 3.24.



Gambar 3.23 Batako *single* dalam *Solidworks* 2010.



Gambar 3.24 Batako *Double* dalam *Solidworks* 2010.

3.9 Pre-processing

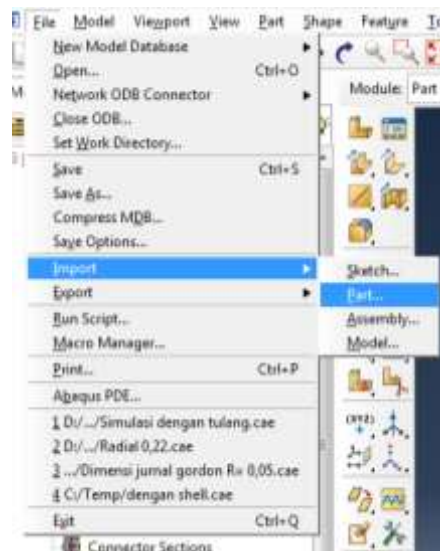
3.8.1 Langkah untuk meng-*import* komponen dalam ABAQUS 6.10-1

Setelah semua model dibuat menggunakan *software* *Solidworks* 2010 maka untuk dianalisa dengan *software* ABAQUS 6.10-1 harus melakukan proses *import* agar dapat disimulasikan. Arti dari *import* ini sendiri adalah untuk mengkomunikasikan antar dua *software* yang berbeda agar bisa dibaca satu dengan yang lain. Dalam *import* ini, jenis file yang dapat dibaca oleh *software* ABAQUS 6.10-1 adalah berupa *file* yang berformat

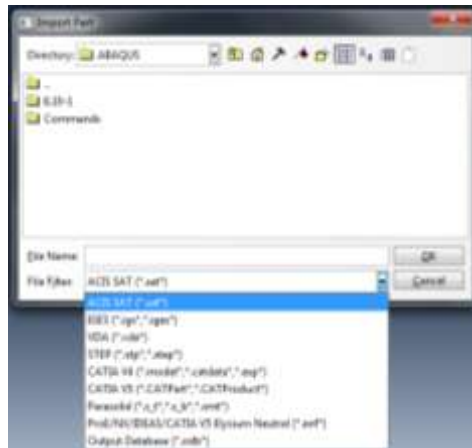
iges, acis sat, parasolid, stem, dan catia. Langkah pertama yang dilakukan untuk melakukan *import* adalah:

- Pastikan jenis *file* yang akan bisa di *import* sesuai dengan *file* yang bisa di import ke dalam *software* ABAQUS 6.10-1.
- Pastikan *software* yang akan dilakukan *import* berada dalam satu komputer dengan ABAQUS 6.10-1.
- Pastikan bentuk dari model yang akan di *import* bisa disimulasikan sesuai dengan apa yang kita inginkan.
- Pastikan tidak ada *error* dalam pembentukan model dalam ABAQUS 6.10-1.

Dalam *import* model komponen dinding batako ini *file* yang digunakan berupa *file sat* dari Solidworks 2010 yang berupa 2 benda yang berbeda, kedua benda tersebut batako *single* dan batako *double*. Langkah yang digunakan untuk *import* adalah sebagai berikut : *file > import > Part > browse >file filter sat > pilih benda yang di inginkan > OK*



Gambar 3.25 Step-step cara *import* ke ABAQUS 6.10-1.



Gambar 3.26 Cara memilih *file filter sat*.

Setelah dipilih *file* yang akan di *import*, kemudian ganti *topologi* menjadi *solid* > *part attributes* 3D deformable.

3.8.2 Pemberian properti material pada komponen

Setelah pembuatan komponen selesai selanjutnya adalah pendefinisian properti material pada setiap komponen. Ubah *module tab* menjadi *property*.

a. Penentuan sifat material elastis.

Berikut ini adalah cara menentukan sifat material *elastic*:

Pada Abaqus pilih *Module* > *Property* > *Create Material* > *Mechanical* > *Elasticity* > *Elastic*.

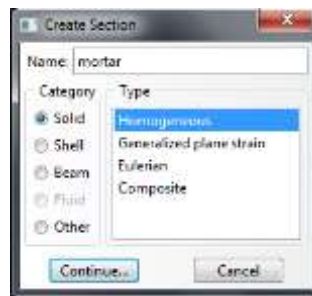


Gambar 3.27 Pemberian properti material *elastic* pada komponen.

b. Memasukkan sifat material ke dalam pemodelan.

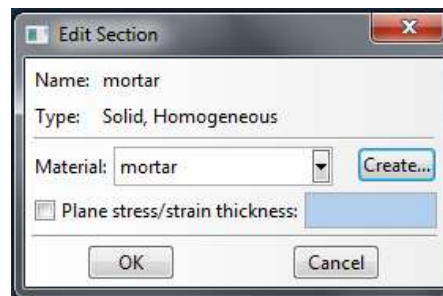
Setelah penentuan sifat material selesai, masukkan sifat material tersebut ke dalam model yang telah dibuat. Berikut ini adalah cara memasukkan sifat material ke dalam model.

- 1) Dari menu Abaqus pilih *Module > Property > Create Section > Category : Solid > Type : Homogeneous > Continue*.



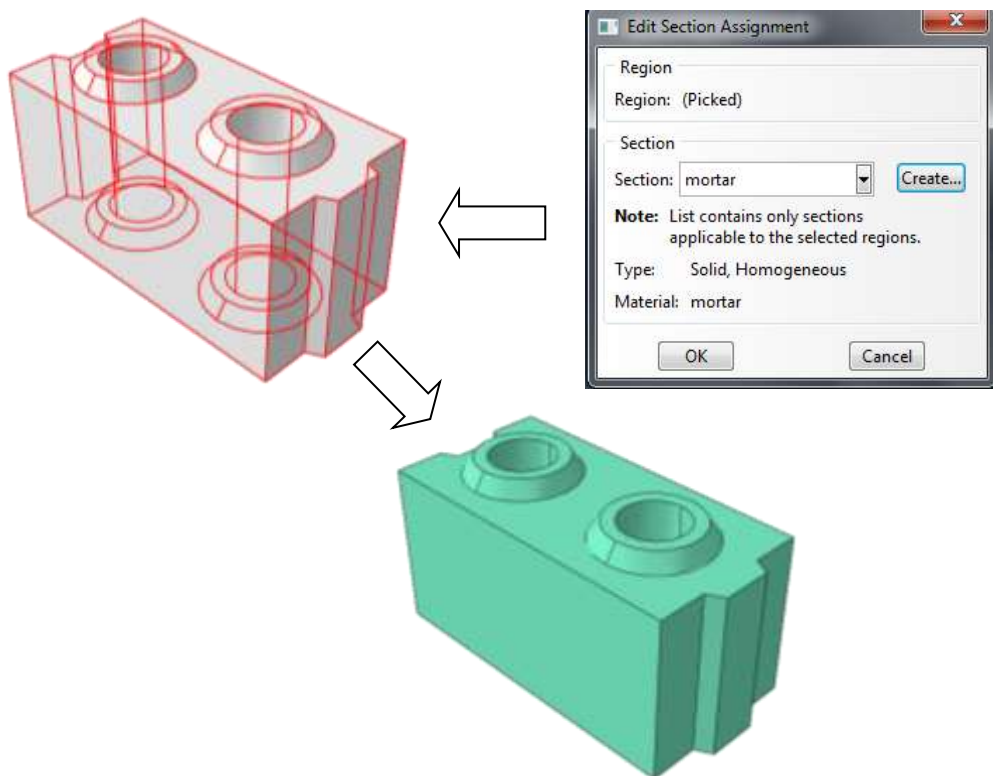
Gambar 3.28. *Create section.*

Lakukan create section pada material mortar seperti pada Gambar 3.27. Setelah klik *continue* maka akan muncul pilihan *edit section* lanjutkan dengan klik *Ok*.



Gambar 3.29 *Edit section.*

- 2) Langkah selanjutnya adalah memasukkan *section* tersebut ke dalam pemodelan pada masing-masing komponen. Ubah *Module* > *Property* > *Assign Section* > blok pada *model* > *Edit Section Assignment* > *Ok*.

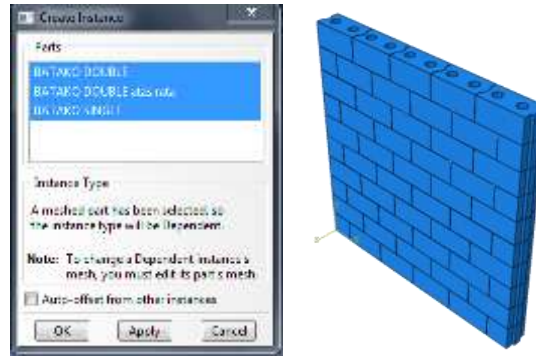


Gambar 3.30 *Section assignment*.

Pada proses *section assignment* lakukan juga pada semua komponen. Pastikan setiap komponen berwarna hijau muda setelah dilakukan proses *section assignment*, apabila komponen belum berwarna hijau muda maka komponen tersebut belum mempunyai spesifikasi material dan akan terjadi *error*.

3.8.3 *Assembly* komponen

Assembly adalah penggabungan beberapa komponen untuk menjadi satu model. Ubah *module tab* menjadi *Assembly*. Kemudian *Create assembly*.

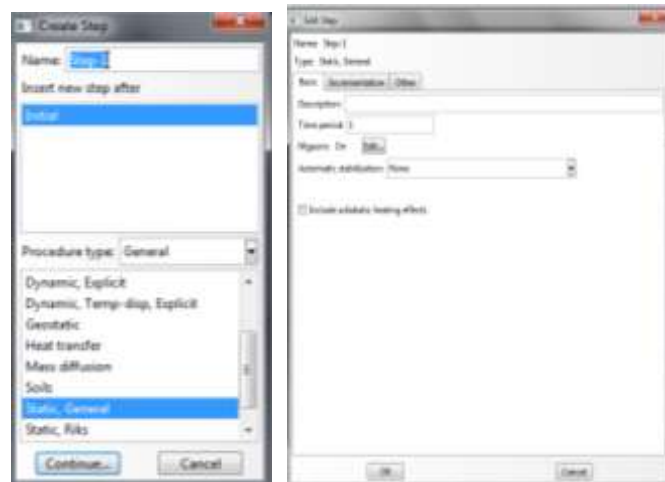


Gambar 3.31 *Assembly* dari semua komponen.

3.8.4 Menentukan jenis analisa FEM (*step*)

Step adalah langkah yang nantinya digunakan dalam proses simulasi *Abaqus*, *step* sendiri berfungsi untuk menentukan langkah – langkah analisa, menentukan *out put* yang diinginkan dan membatasi analisa sesuai dengan analisa yang dikehendaki. Berikut ini adalah cara untuk membuat *step* pada pemodelan. Dari *Module > Step > Create Step > Procedure Type: General > Static General > Continue*.

Basic > NLgeom on > pilih use stabilization.

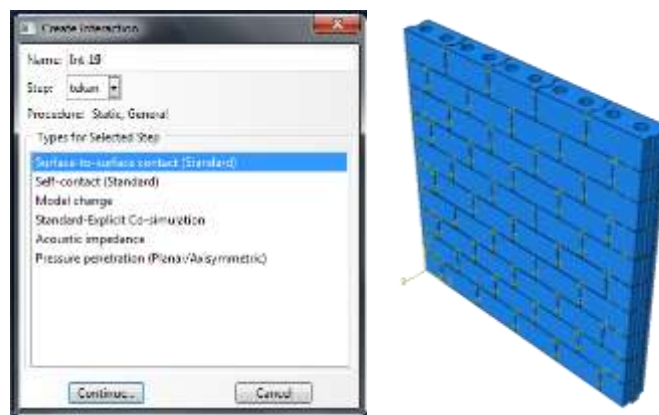


Gambar 3.32 Pemilihan *step*.

3.8.5 Menentukan pasangan kontak (*interaction*)

Interaction digunakan untuk membuat *contact*, seperti penentuan *master* dan *slave contact*, penentuan *contact properties*, dan interaksi mekanika. Berikut ini adalah cara membuat *interaction* pada permodelan:

- a. Pada Abaqus pilih *module > interaction > create Interaction > surface to surface contact > continue*. Selanjutnya pilih *master contact* pada *area contact* bagian bawah yang ditandai dengan warna coklat pada *femoral head > done > node region* dan pilih *slave master* pada bagian atas *area contact* yang ditandai dengan warna ungu pada *acetabular liner > done*.



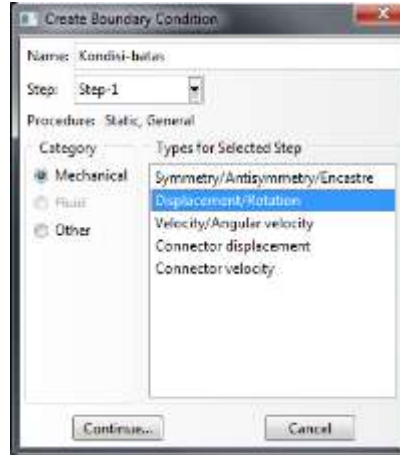
Gambar 3.33 *Create interaction*.

3.8.6 Pembebanan dan pemberian kondisi batas

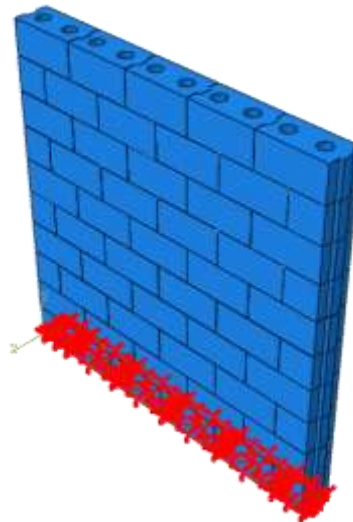
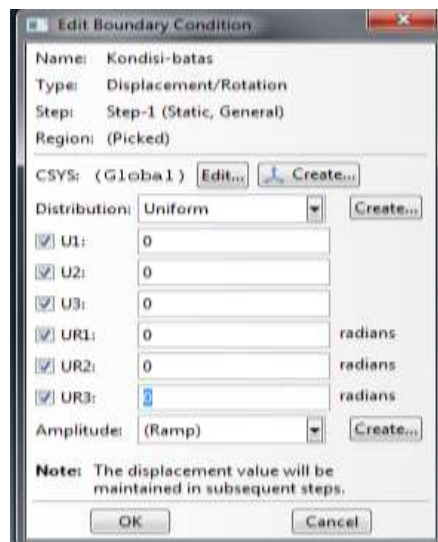
Selanjutnya menentukan kondisi batas pada permukaan bagian bawah dinding batako, pada permukaan bawah batako yang berada pada susunan dasar diberi kondisi batas pada semua arah x, y, dan z sehingga tidak bisa bergerak ke semua arah. Setelah itu memberikan beban (*load*) rata diatas dari dinding.

Berikut ini langkah pemodelannya:

- a. Pada Abaqus pilih *Module > Load > Create Boundary Condition > Displacement / Rotation > Continue.*



Gambar 3.34 Create boundary condition.

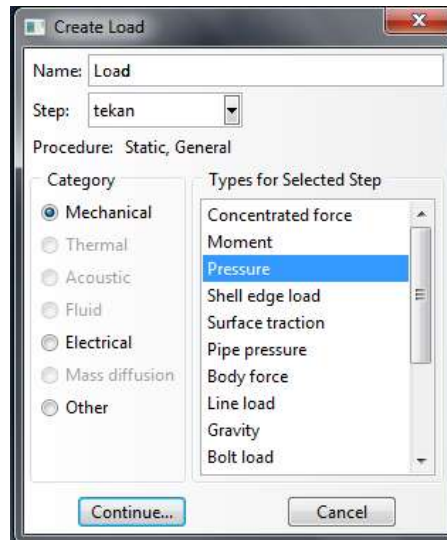


Gambar 3.35 Menu boundary condition.

Untuk kondisi batas pada permukaan bawah batako yang berada pada susunan dasar centang $U1, U2, U3, UR1, UR2$ dan $UR3$ (all DOF).

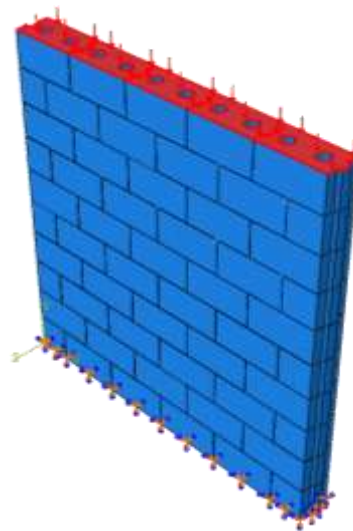
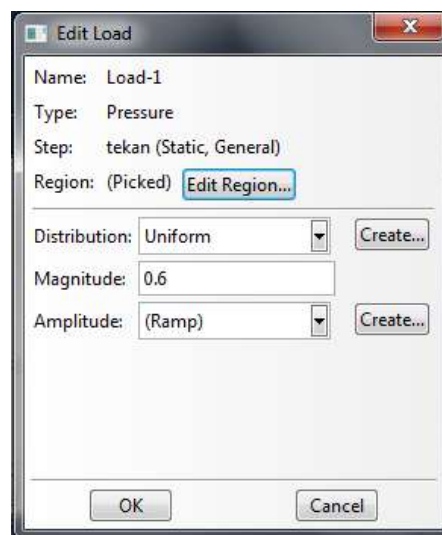
- b. Membuat *load/force* yang akan diberikan pada pemodelan. Langkah pemodelannya adalah sebagai berikut:

Pada Abaqus pilih *Module > Load > Create Load > Concentrated Force > Continue*.



Gambar 3.36 *Create load*.

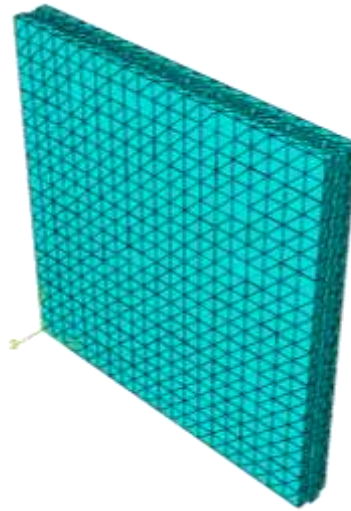
Dari Gambar 3.37 *Continue > pilih titik penempatan force kemudian klik > isi table CF2 (y) load yang diketahui (beban bergerak kearah bawah searah sumbu-y) > Ok*.



Gambar 3.37 Memasukkan data dan pemilihan titik untuk *load*

3.8.7 Meshing

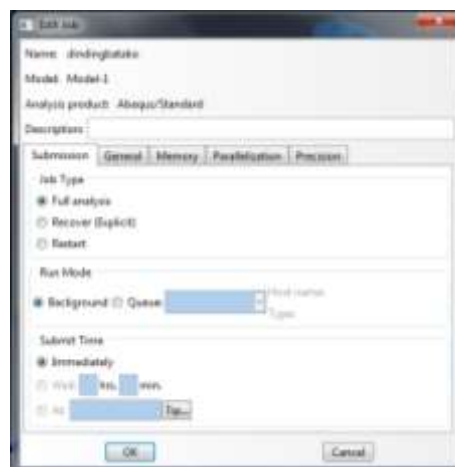
Mesh yang digunakan untuk semua komponen adalah jenis *meshing tetrahedron model*. *Meshing* rapat diberikan ke semua komponen (batako *single* dan batako *double*) agar hasil simulasi mekanika kontak mempunyai hasil yang lebih teliti.



Gambar 3.38 *Meshing*.

3.10 Pemecahan Masalah (*Solving*)

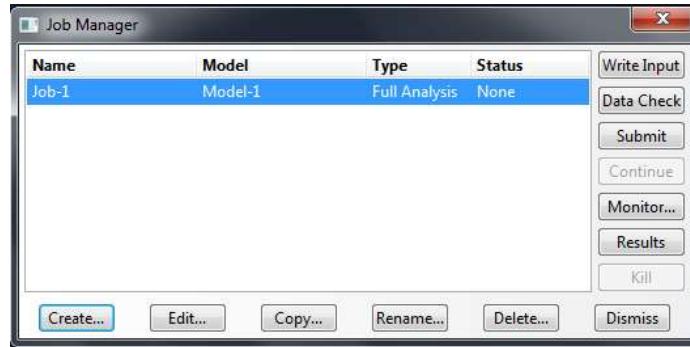
Langkah *solving* untuk model yang telah dibuat pada langkah *pre-processing* dalam ABAQUS 6.10-1, *Job* adalah proses akhir dari pemecahan masalah pada pemodelan yang dibuat. Langkah pemodelannya adalah sebagai berikut: Pada menu Abaqus pilih *Module > Job > Create Job > Continue > Full Analysis > Ok*.



Gambar 3.39 *Create job*.

Setelah pembuatan *Job* selanjutnya ke proses *Running*. Langkah pemodelannya adalah sebagai berikut:

Pada Abaqus pilih *Module > Job > Job Manager > Submit*.



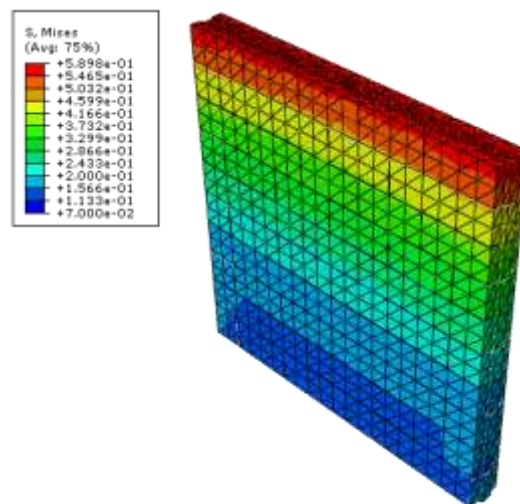
Gambar 3.40 *Job manager*.

3.11 *Post-processing*

Proses *Post-processing* merupakan proses penunjukkan hasil analisa menggunakan FEM dari *present model*. Fasilitas penunjukkan hasil dari *software* Abaqus 6.10-1 cukup lengkap, sebagai contoh untuk menunjukkan hasil *von mises stress*:

Von mises stress pada *software* Abaqus 6.10-1 dapat dilihat melalui *Plot > Contours*, selanjutnya *Result > Field output > S > Mises*.

Satuan dari *Von mises stress* ini adalah N/mm^2 .



Gambar 3.41 Contoh hasil *von mises stress* pada dinding batako tanpa plester dan tanpa perekat.