

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen dengan menggunakan program AutoCAD, FreeCAD, dan LISA FEA. Penelitian ini menggunakan profil baja sebagai bahan utama dalam penelitian. Profil baja yang digunakan adalah profil baja IWF berukuran 150x75x5x7 mm dan 200x100x5,5x8 mm dengan mutu leleh baja ( $f_y$ ) 400 MPa.

Pada eksperimen ini akan dibuat 2 variasi jarak antar lubang dan diameter lubang dengan jarak bentang yang digunakan adalah 2 m; 2,5 m; 3 m; dan 3,5 m yang kemudian akan diuji lendutannya.

#### **B. Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan sebagai upaya pembuktian keberadaan data yang dibuat, maka diperlukan data-data yang mendukungnya. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Metode dokumentasi

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari dokumen-dokumen atau catatan harian yang ada dari pihak-pihak yang terkait dengan obyek penelitian.

2. Metode literatur atau kepustakaan

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari literatur atau buku yang berkaitan dengan penelitian seperti jurnal, artikel laporan penelitian, situs-situs internet, dan peraturan SNI tentang baja struktural.

#### **C. Variabel Penelitian**

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dimanipulasi untuk dilihat pengaruhnya pada variabel lain. Variabel bebas penelitian ini adalah tinggi ( $h$ ) pemotongan profil baja.

## 2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang keadaanya akan tergantung pada variabel bebas. Sehingga variabel terikat pada penelitian ini adalah kekuatan lentur dari profil *castellated beam*.

## 3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah perlakuan yang disamakan terhadap penelitian yang dilakukan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah :

- a) Jenis profil yaitu IWF 150x75x5x7 mm dan 200x100x5,5x7 mm
- b) Variasi diameter lubang dengan ukuran 60, 70, dan 80 mm
- c) Jarak antar lubang yaitu 40, 45, dan 50 mm
- d) Mutu leleh baja ( $f_y$ ) 400 MPa
- e) Program yang digunakan LISA FEA dan *FreeCAD*

## **D. Pelaksanaan Penelitian**

### 1. Waktu Penelitian

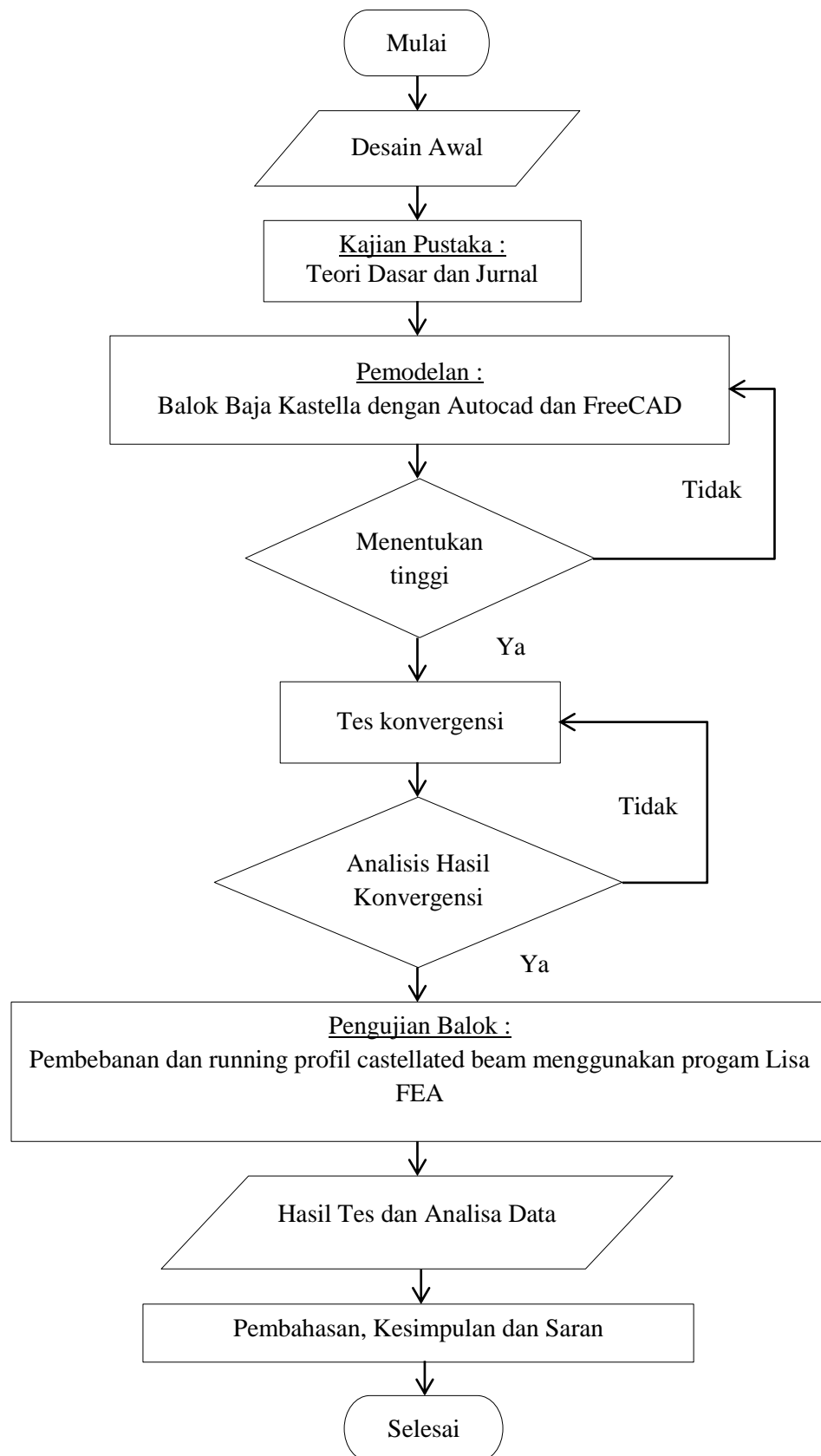
Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2016/2017.

### 2. Tahap-tahap Penelitian

- a. Masa Persiapan
- b. Kajian pustaka
- c. Desain awal benda uji
- d. Pemodelan benda uji menggunakan software Autocad dan *FreeCAD*
- e. Pengujian balok dengan program LISA FEA
- f. Hasil tes uji dan analisis data
- g. Pembahasan dan kesimpulan

## **E. Bagan Alir Penelitian**

Dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir diperlukan metode dan urutan yang jelas dan sistematis. Berikut metode dan langkah-langkah penelitian balok baja kastela :



Gambar 4.1 Bagan alir metodologi penelitian

## F. Tahap Penelitian

Berdasarkan bagan alir penelitian yang diperlihatkan pada Gambar 4.1, Tahapan penelitian dibagi atas beberapa tahap yaitu :

### 1. Pekerjaan persiapan

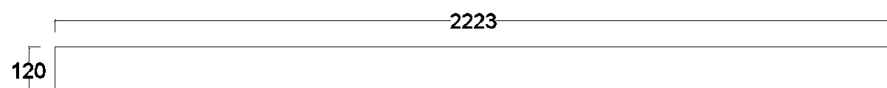
Pekerjaan persiapan yang meliputi studi pustaka yang diambil dari beberapa jurnal dan buku. Kemudian desain awal benda uji balok baja kastela dengan profil IWF berukuran 150x75x5x7 mm dan 200x100x5,5x8 mm.

### 2. Pemodelan 2 dimensi pada program AutoCAD

Pemodelan benda uji profil IWF balok kastela bukaan lingkaran menggunakan program autoCAD dimana menentukan tinggi maksimal kedua sisi non prismatis dari benda uji dan panjang betang maksimal dengan diameter dan jarak antar lubang yang telah ditentukan. AutoCAD adalah perangkat lunak komputer CAD untuk menggambar 2 dimensi dan 3 dimensi.

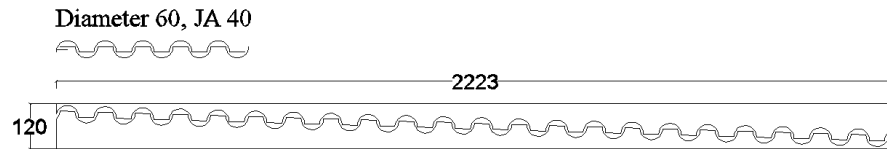
Berikut langkah-langkah pemodelan *Castellated beam* pada program AutoCAD :

- a) Membuka aplikasi AutoCAD pada komputer.
- b) Mengatur satuan yang akan digunakan kedalam mm (milimeter)
- c) Membuat badan profil berbentuk persegi panjang pada AutoCAD. Profil baja yang akan digunakan adalah 150x75x5x7 mm dan 200x100x5,5x8 mm. Pada autoCAD tidak menggunakan profil utuh karena pemotongan profil hanya dilakukan dibadan profil saja, sehingga diambil tinggi 120 mm dari tinggi awal 150 mm untuk profil 150x75x5x7 mm dan 162 mm untuk profil 200x100x5,5x8 mm. Untuk panjang bentang disesuaikan dengan variasi panjang bentang yang akan dibuat.



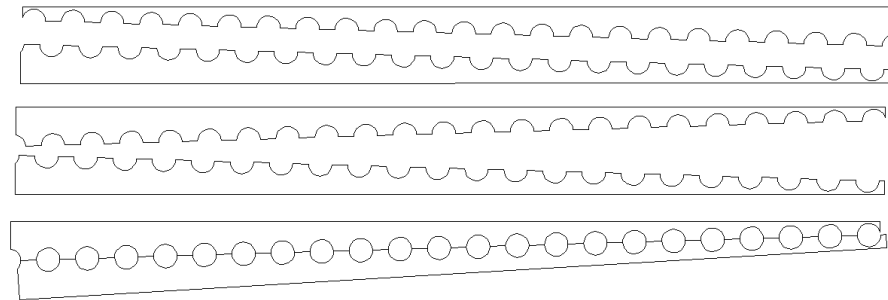
Gambar 4.2 Menentukan tinggi dan panjang bentang

- d) Badan profil yang akan dipotong miring dibuat pola pembelahan untuk bukaan dengan menggunakan pola lingkaran sesuai dengan variasi diameter dan jarak antar lubang yang sudah ditentukan.



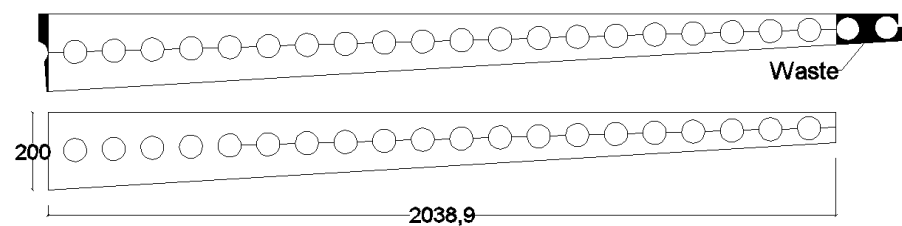
Gambar 4.3 Badan profil benda uji dengan pola pembelahan lingkaran

- e) Badan profil yang sudah dibentuk sesuai pola bukaan kemudian dibelah menjadi 2 bagian. Badan profil yang sudah menjadi 2 bagian disambung kembali, namun salah satu bagian badan profil tersebut dibalik agar menghasilkan penampang non prismatis.



Gambar 4.4 Badan profil yang sudah dibelah dan disambung kembali

- f) Benda uji yang telah dimodelkan harus dipastikan apakah sudah sesuai dari segi tinggi profil dan panjang bentang yang diinginkan.



Gambar 4.5 Hasil pemodelan benda uji

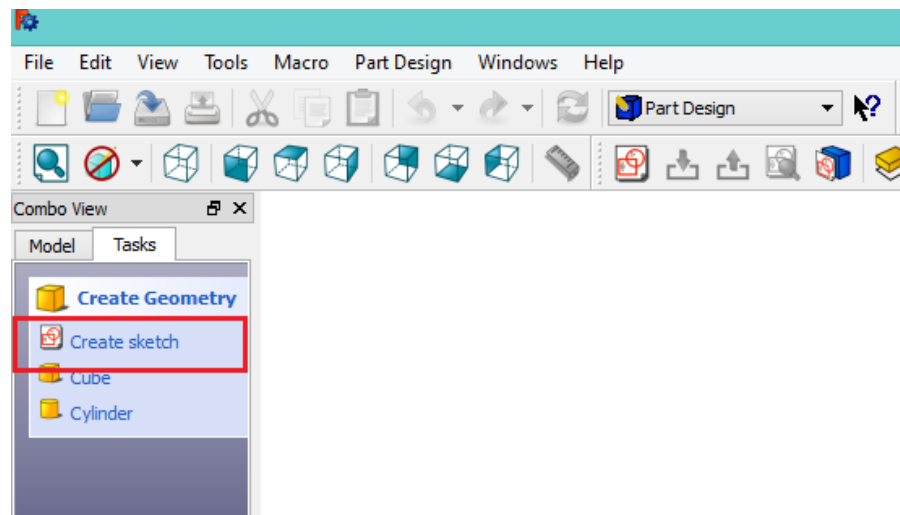
### 3. Pemodelan 3 dimensi pada program FreeCAD

Setelah didapatkan tinggi dan panjang bentang yang sesuai pada autocad, kemudian dilanjutkan dengan pemodelan menggunakan *FreeCAD*. *FreeCAD* merupakan aplikasi untuk membuat model 3D CAD yang bersifat open source (berlisensi gratis) dan dapat berjalan pada beberapa platform sistem operasi.

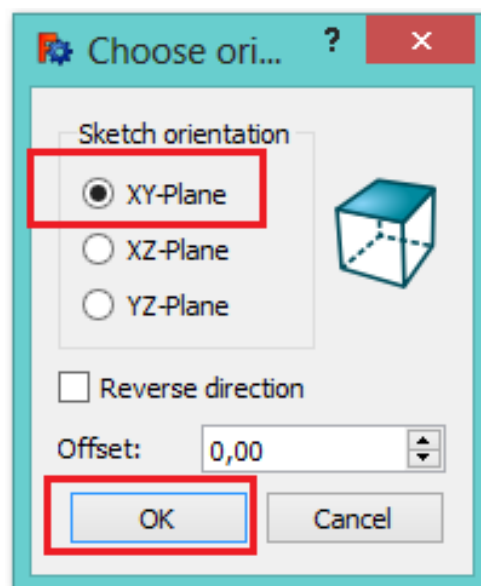
Benda uji yang akan dimodelkan pada program FreeCAD memerlukan data-data dari setiap benda uji. Data- data tersebut berasal dari pemodelan sebelumnya pada AutoCAD. Hasil model dari FreeCAD akan diexport dalam format step yang nantinya akan dimasukkan kedalam program *LISA FEA*.

Berikut langkah-langkah pemodelan 3 dimensi pada program FreeCAD :

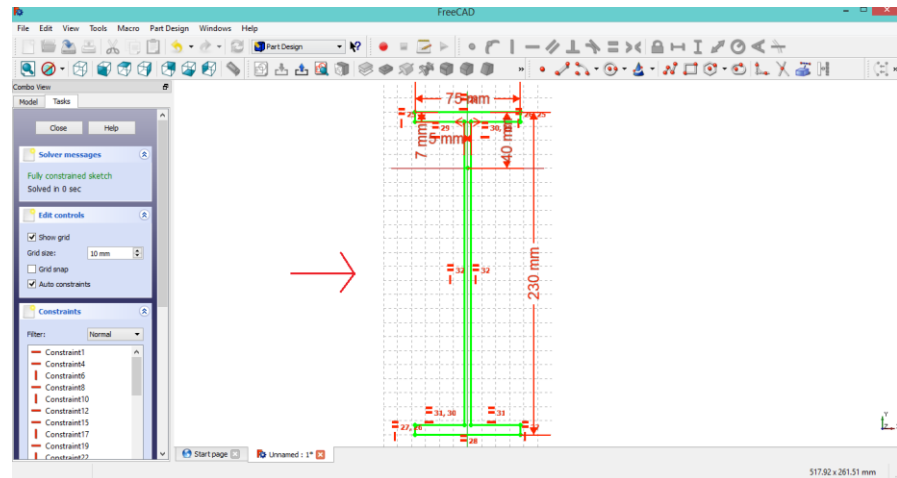
- a) Membuka aplikasi FreeCAD versi 0.15 pada komputer.
- b) Memodelkan sket dasar benda uji dengan membuat profil I pada sumbu XY sesuai dengan ukuran profil yaitu 150x75x7x5 mm dan 200x100x8x5,5 mm.



Gambar 4.6 Pemodelan awal *create sketch*

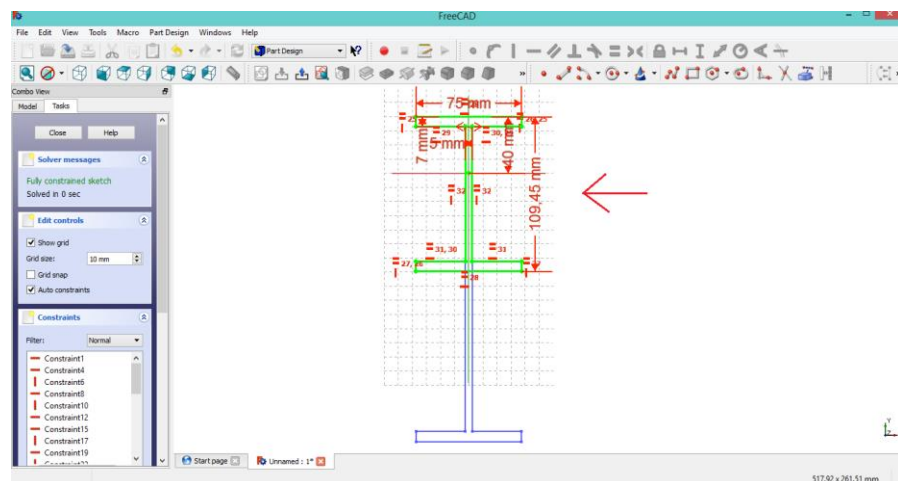


Gambar 4.7 *Sketch orientation* pada sumbu XY



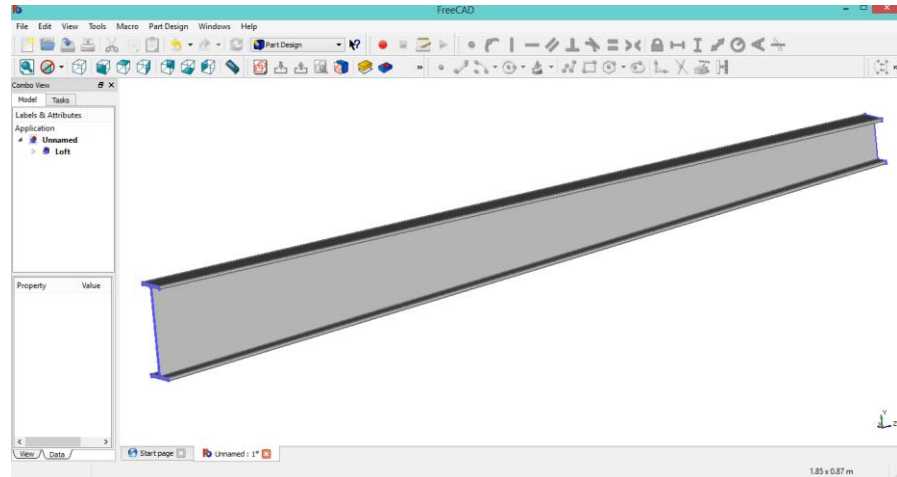
Gambar 4.8 Pemodelan tinggi awal sisi kiri profil I non prismatis

- c) Memodelkan sket untuk tinggi pada sisi kanan profil benda uji dengan ukuran tinggi 108,82 mm.



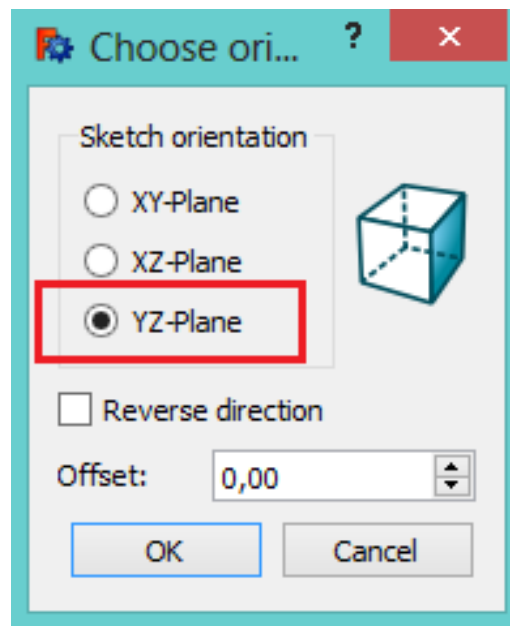
Gambar 4.9 Pemodelan tinggi pada sisi kanan profil I non prismatis

- d) Setelah itu masukkan panjang bentang sesuai data pemodelan sebelumnya. Masukkan data pada sumbu Z dengan ukuran panjang yaitu 2038,9 mm. Untuk membuat model 3 dimensi pada sket, keduannya benda uji berbentuk profil I tersebut dimodelkan kedalam bentuk solid agar membentuk balok baja non prismatis 3 dimensi.



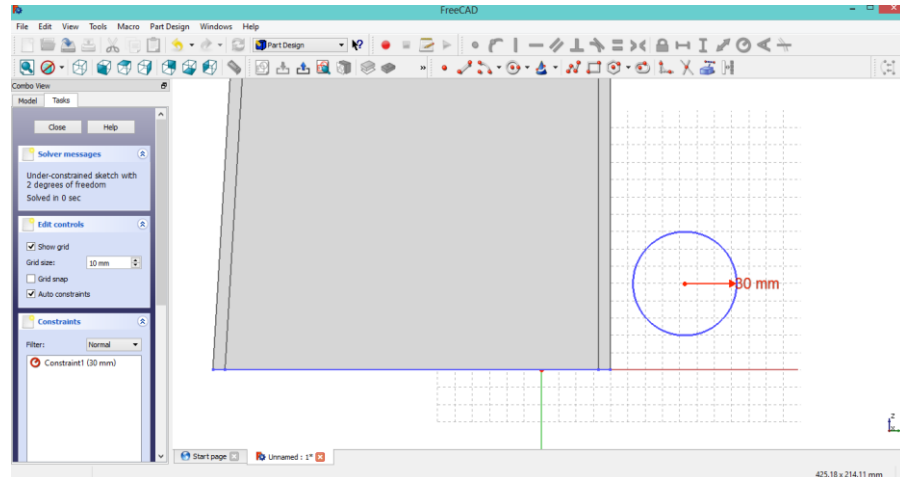
Gambar 4.10 Bentuk solid 3 dimensi pada benda uji

- e) Membuat sket dasar lubang lingkaran dengan diameter yang telah ditentukan pada sumbu YZ. Setelah itu buat pola lingkarang sesuai diameter lubang yang digunakan.



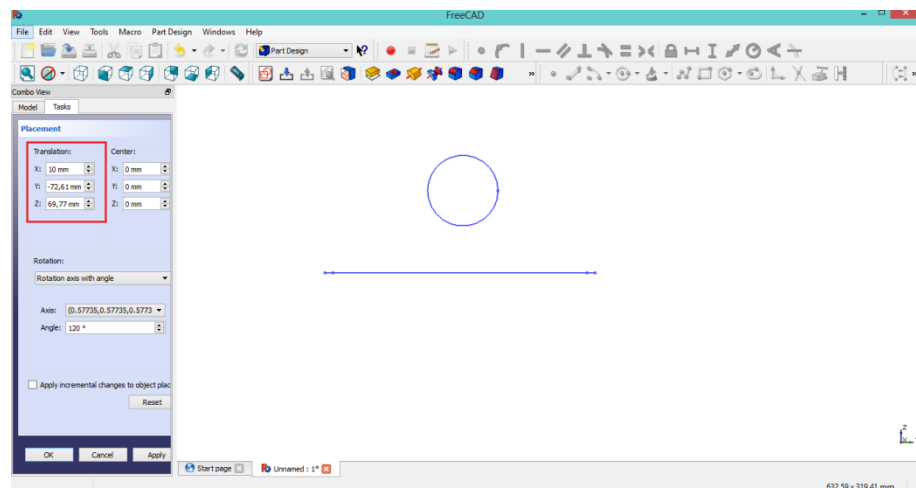
Gambar 4.11 *Sketch orientation* pada sumbu YZ untuk membuat pola lingkaran



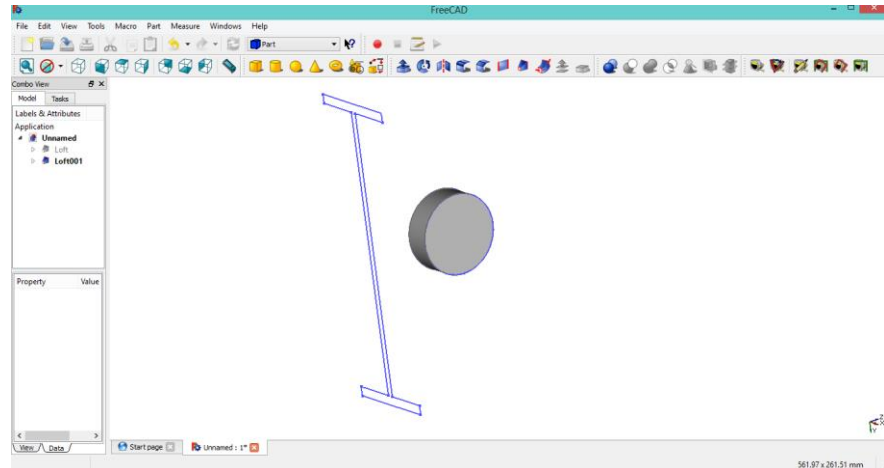


Gambar 4.12 Pemodelan lubang lingkaran

- f) Masukkan data-data yang telah ditentukan pada pemodelan sebelumnya kedalam FreeCAD untuk mendapatkan tinggi lubang dan jarak antar lubang yang sesuai. Sket lubang yang sudah sesuai dengan data yang diinginkan kemudian dimodelkan kedalam bentuk solid.

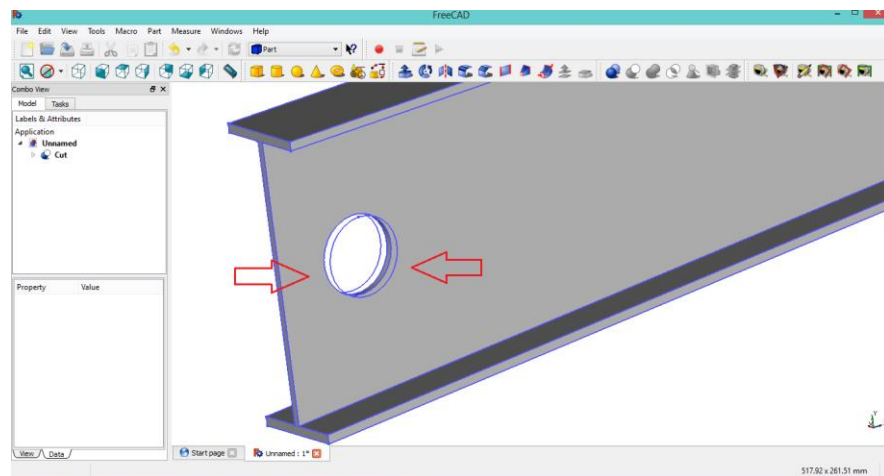


Gambar 4.13 Memasukkan data-data yang diperlukan



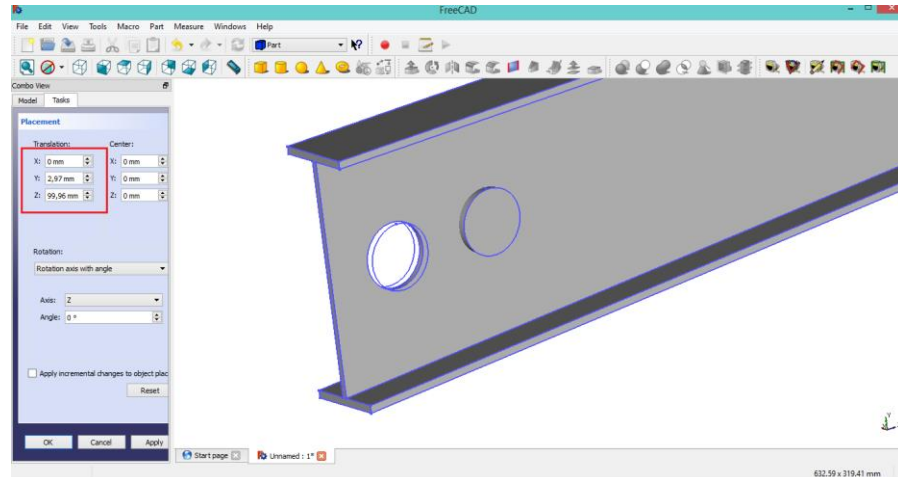
Gambar 4.14 Bentuk solid dari lubang lingkaran

- g) Kedua solid pemodelan balok non prismatis dan lubang lingkaran yang bersinggungan dipotong sehingga membentuk balok non prismatis yang berlubang. Setelah itu dilanjutkan pemodelan lubang dengan cara *dicopy* sesuai dengan data-data sebelumnya untuk sepanjang bentang balok.

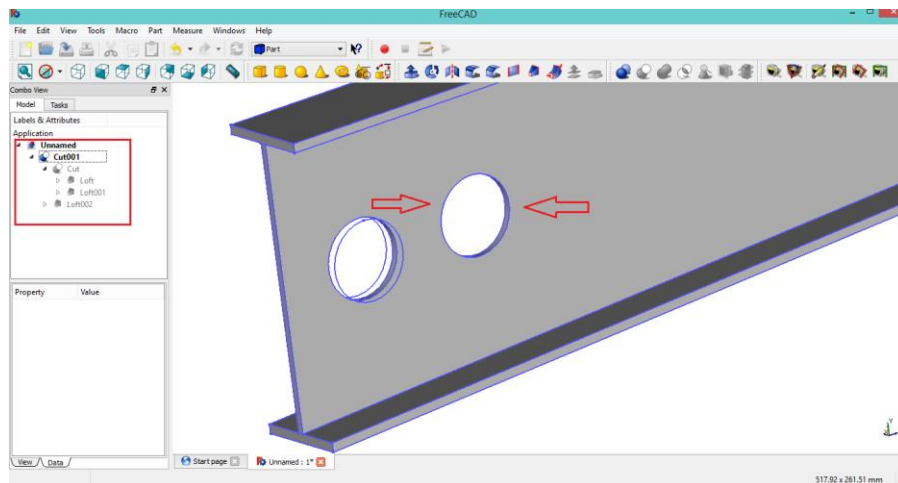


Gambar 4.15 Hasil pemotongan lubang benda uji

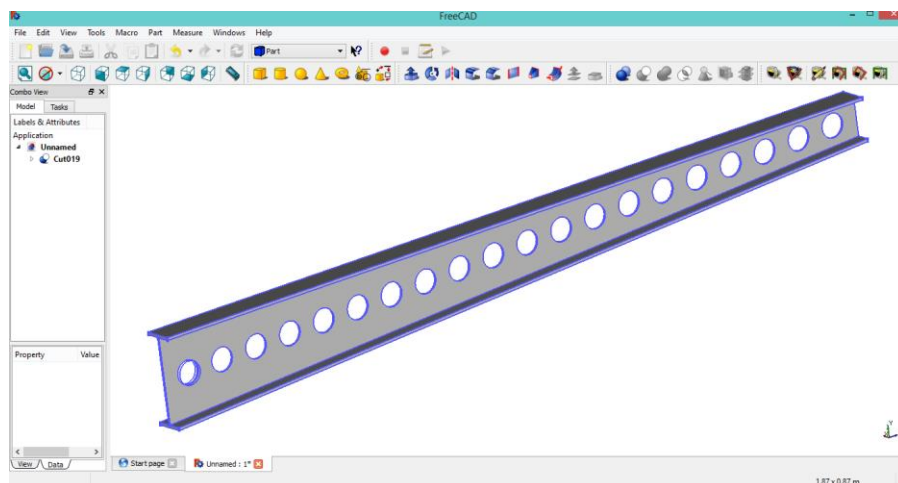
Masukkan data-data yang diperlukan untuk lubang yang sudah *dicopy*. Kemudian dengan cara yang sama balok baja dan lubang yang bersinggungan dipotong sehingga membentuk balok baja non prismatis yang berlubang.



Gambar 4.16 Pemodelan lubang lingkaran



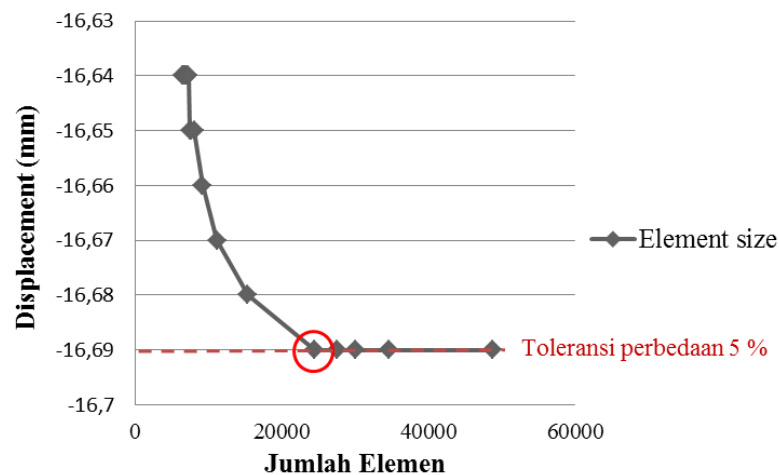
Gambar 4.17 Pemodelan lubang lingkaran

Gambar 4.18 Bentuk balok kantilever *castellated* bukaan lingkaran non prismatis

h) Benda uji yang telah berhasil dimodelkan dalam program FreeCAD disimpan dalam format FreeCAD Document (\*.FCStd). Setelah itu diexport dalam format Step with color (\*.Step\*.stp) untuk dimasukkan ke dalam program LISA FEA.

#### 4. Konvergensi data

Tahap ketiga mencari nilai konvergensi dengan excel yang hasilnya akan diplot dalam sebuah grafik. Dari grafik akan diperoleh *element size* dengan jumlah elemen dan *displacement* yang akan digunakan sebagai parameter untuk menentukan tagangan leleh baja pada benda uji bentang 2 m; 2,5 m; 3 m; dan 3,5 m. Pada grafik diambil nilai *element size* dengan presentase 5%.



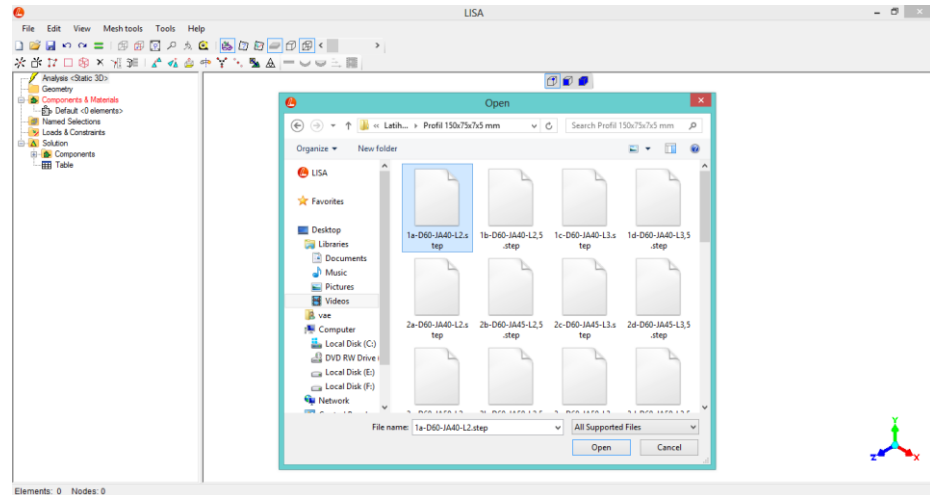
Gambar 4.19 Grafik hasil konvergensi

#### 5. Pengujian Benda uji dengan program LISA FEA

Tahap selanjutnya pengujian benda uji, dengan melakukan pembebanan dan *running* profil *castellated beam* menggunakan program LISA FEA untuk mendapatkan nilai *displacement* dan *von misses* yang mendekati leleh dengan beban yang telah ditentukan.

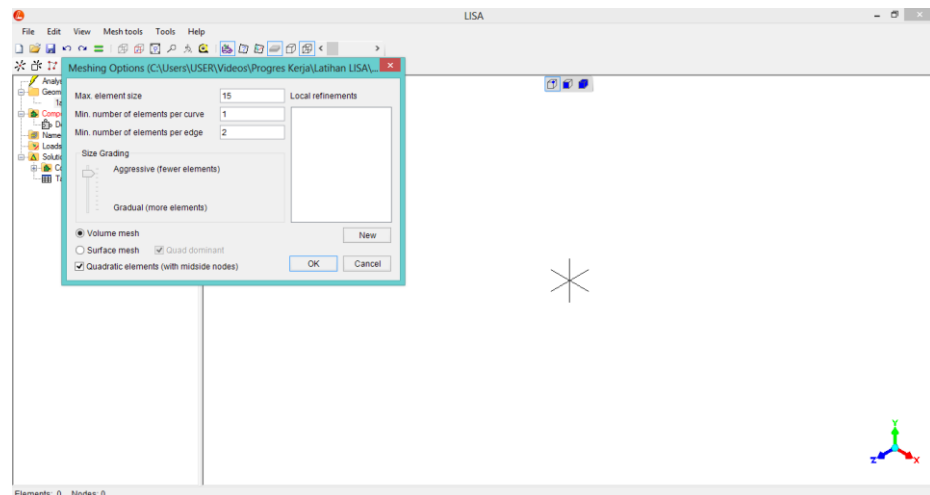
Berikut langkah-langkah pembebanan pada rogram LISA FEA :

- a) Membuka program LISA FEA pada komputer.
- b) Masukkan dokument yang telah di-export dalam format \*.Step\*.stp kedalam program LISA FEA.



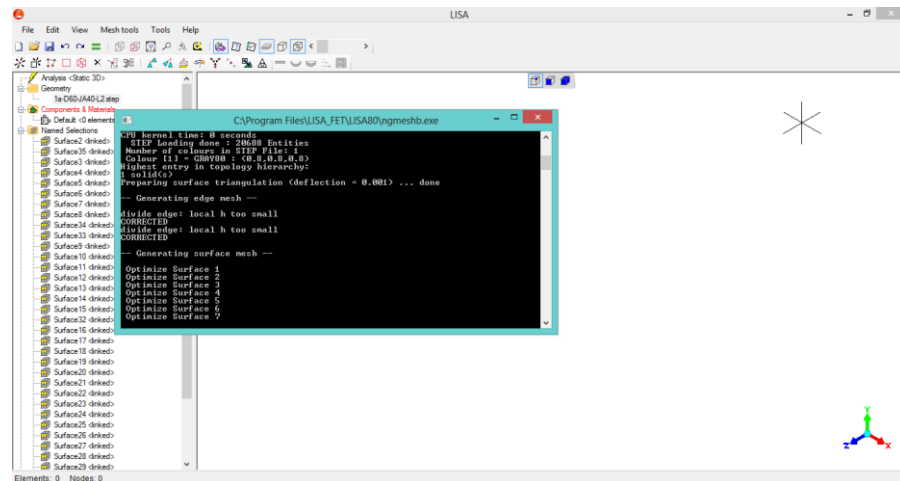
Gambar 4.20 *Input data dokumen*

- c) Masukkan data pada *Meshing option* berupa *Element size* dan *Size grading* sesuai dengan parameter yang diperoleh dari hasil konvergensi sebelumnya.



Gambar 4.21 *Input nilai Element size dan Size grading*

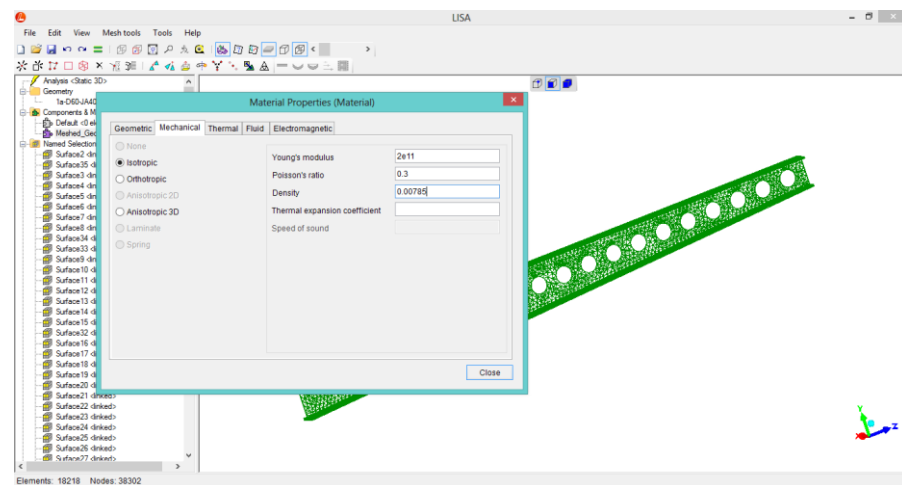
- d) Setelah meng-*input* data *element size* dan *size grading*, kemudian klik kanan *Generate mesh* pada data geometri benda uji untuk mengetahui jumlah elemen yang terdapat pada benda uji.



Gambar 4.22 *Generate mesh* untuk mengetahui jumlah elemen

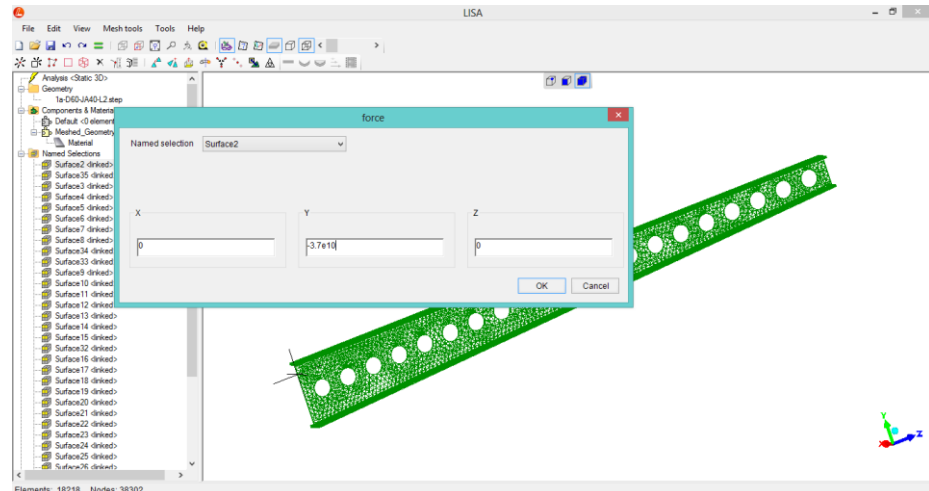
e) Masukan material dengan klik kanan pada *Meshed Geometri* → Assign new material → *Mechanical* → klik *isotropic* lalu masukan data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan yaitu sebagai berikut :

- 1) *Young's modulus*,  $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa} \rightarrow 2 \times 10^{11} \text{ Pa}$
- 2) *Poisson's ratio*,  $\mu = 0,3$
- 3) *Density*  $= 7850 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 0,00785 \text{ g/mm}^3$



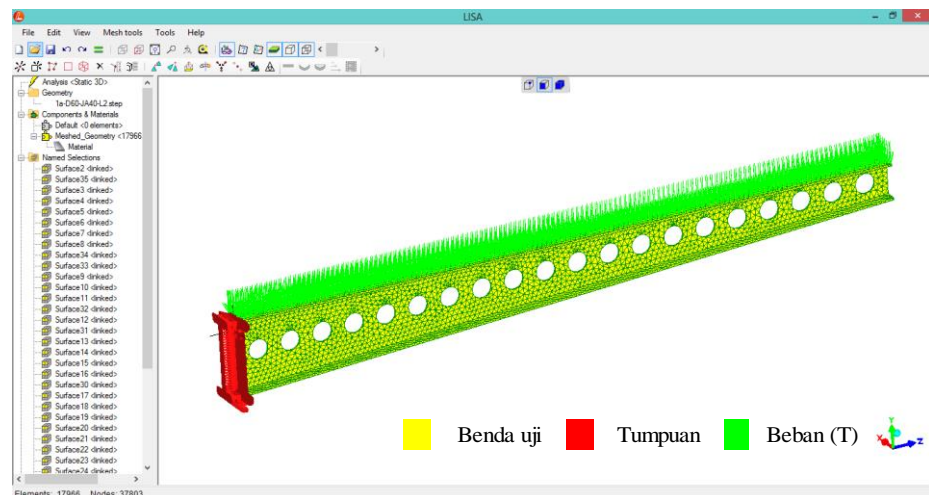
Gambar 4.23 Meng-input data material

f) Masukan beban pada *surface 2* dengan klik kanan → klik *new loads and constraints* → klik *New force* → masukkan data beban yang akan digunakan pada sumbu Y. Ketika memasukkan data beban jangan lupa ubah satuan beban terlebih dahulu dari Ton (T) ke micronewton ( $\mu\text{N}$ ).



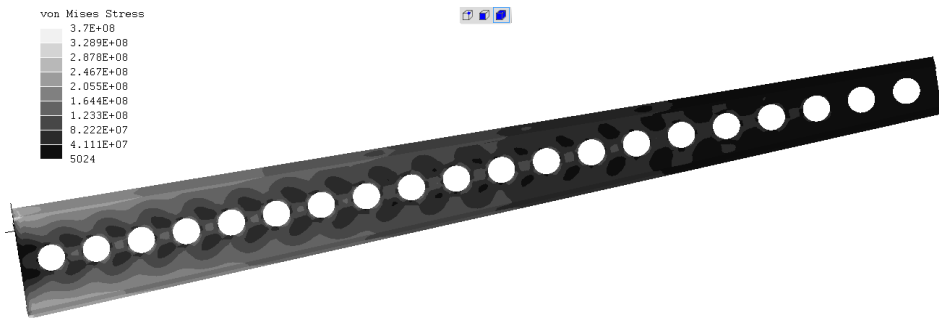
Gambar 4.24 Meng-input data beban yang diinginkan

- g) Masukkan tumpuan pada *surface 3* dengan klik kanan → klik *new loads and constraints* → klik *New fixed support* → ok  
 pain

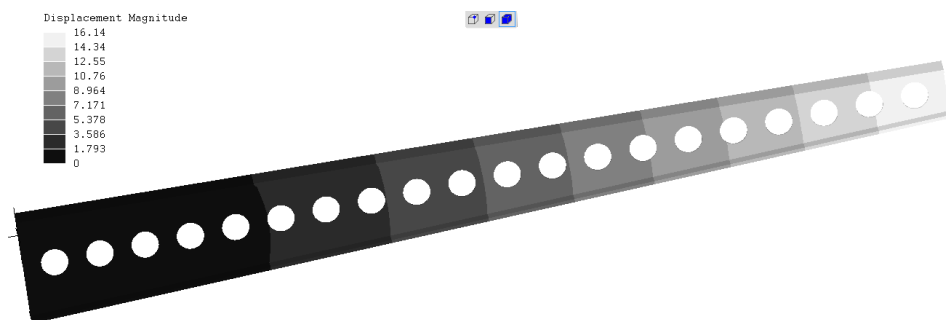


Gambar 4.25 Meng-input tumpuan pada *surface 3*

- h) Setelah meng-input data-data yang diperlukan, kemudian running program untuk menentukan nilai *Von mises stress* dan *Displacement magnitude* yang diinginkan dengan nilai *Von mises stress* mendekati leleh yaitu 400 MPa. Dengan keterangan gambar dibawah ini :



Gambar 4.26 Nilai *Von mises stress*



Gambar 4.27 Nilai *Displacement magnitude*

6. Tahap terakhir yaitu mempelajari data yang telah diperoleh, kemudian dianalisa untuk mengetahui kapasitas kekuatan dari beban yang diberikan pada balok baja *castella* terhadap beban merata. Membandingkan hasil yang diperoleh dari kedua data profil IWF 150x75x7x5 mm dan 200x100x8x5,5 mm.