

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan-tahapan yang diambil dalam melaksanakan penelitian.

1. Pengamatan

Penelitian diawali dengan pengamatan, yaitu mengambil beberapa denah bangunan perumahan dengan berbagai tipe. Rumah yang akan dilakukan penelitian yaitu dengan dinding batu bata.

2. Studi Literatur

Dilakukan studi literatur dengan mencari referensi yang relevan dari jurnal, artikel laporan penelitian, situs-situs internet, peraturan SNI tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Peraturan SNI 1726-2012 dan Peta Gempa 2017 digunakan sebagai acuan dalam penentuan beban gempa yang akan diberikan terhadap bangunan.

3. Menentukan Variasi

Setelah melakukan pengamatan dan studi literatur, maka ditentukan variasi tipe rumah yang akan dimodelkan pada program *FreeCAD* dan *LISA-FEA*. Variasi tipe rumah yang dimodelkan yaitu dengan rumah tipe 21, 36, 45, dan 50.

Dengan dinding batu bata, maka memiliki nilai modulus elastisitas (*young's modulus*, E) sebesar 13500 MPa, berat jenis (*density*) sebesar 2097 kg/m³, dan nilai *Poisson's ratio* sebesar 0,2.

4. Pemodelan

Berbagai tipe rumah akan dimodelkan dengan *FreeCAD* dalam bentuk tiga dimensi. Hasil pemodelan dari *FreeCAD* ini nantinya akan dilanjutkan pada program *LISA-FEA* untuk dilakukan analisis perpindahan (*displacement*) dan tegangan.

Dalam program *LISA-FEA* benda uji terlebih dahulu dilakukan input geometri dengan format (*.step*), kemudian dianalisis perpindahan (*displacement*) dan tegangannya.

5. Pengumpulan Data dan Analisis Numeris

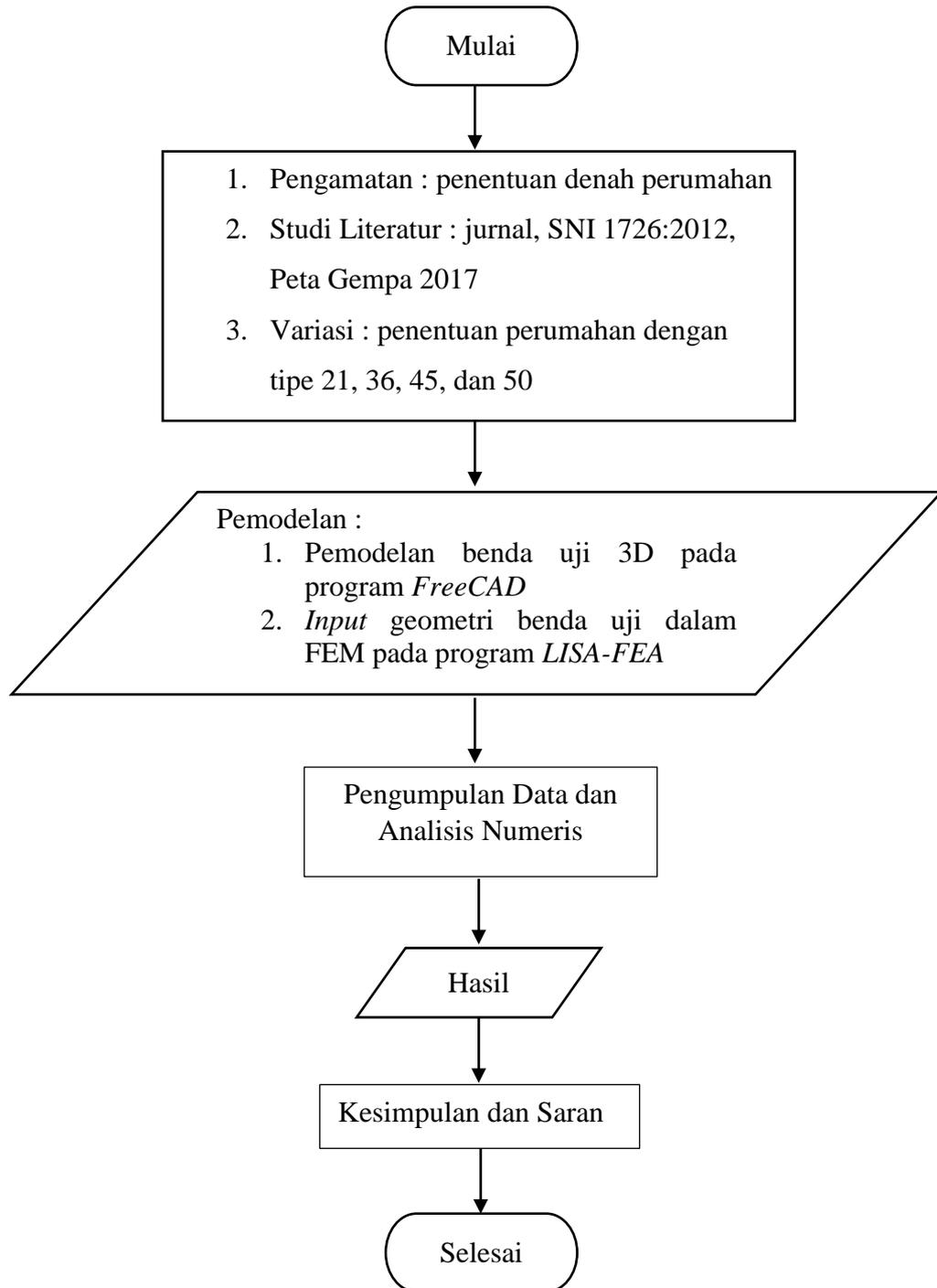
Data yang dikumpulkan yaitu denah rumah yang terdapat luas setiap ruang, tinggi bangunan, tebal dinding batu bata. Yang kemudian diaplikasikan di program *FreeCAD* dan data akhir yang dikumpulkan berupa file *export* (*.step*). Sedangkan data yang dikumpulkan pada program *LISA-FEA* adalah konvergensi jumlah elemen, nilai perpindahan (*displacement*) yang dihasilkan, dan tegangan yang terjadi pada bangunan.

6. Hasil

Hasil dari data-data pemodelan dan analisis numeris bangunan sederhana akan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar. Dari hasil tersebut akan dijelaskan.

7. Kesimpulan dan Saran

Hasil dari data-data pemodelan dan analisis numeris yang sudah dibahas akan diambil kesimpulannya sehingga dapat diketahui hasil dari penelitian ini dan akan diberikan saran agar penelitian ini kedepannya dapat dilakukan lebih baik.

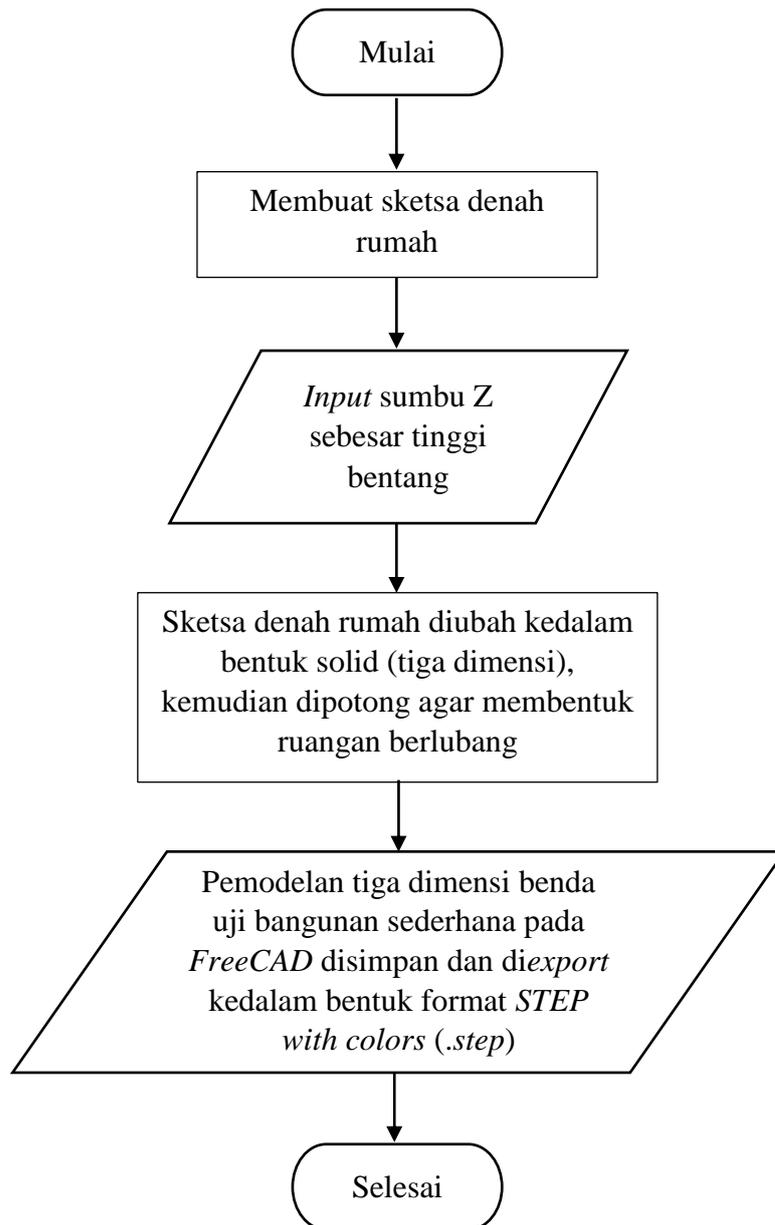


Gambar 3.1 Bagan alir tahapan penelitian

3.2. Pemodelan Tiga Dimensi pada Program *FreeCAD*

Program *FreeCAD* ini merupakan program *CAD* tiga dimensi model untuk berbagai keperluan dan dalam pengembangannya program ini berlisensi gratis atau *open source*. Pada penelitian ini digunakan *FreeCAD* versi 0.16.

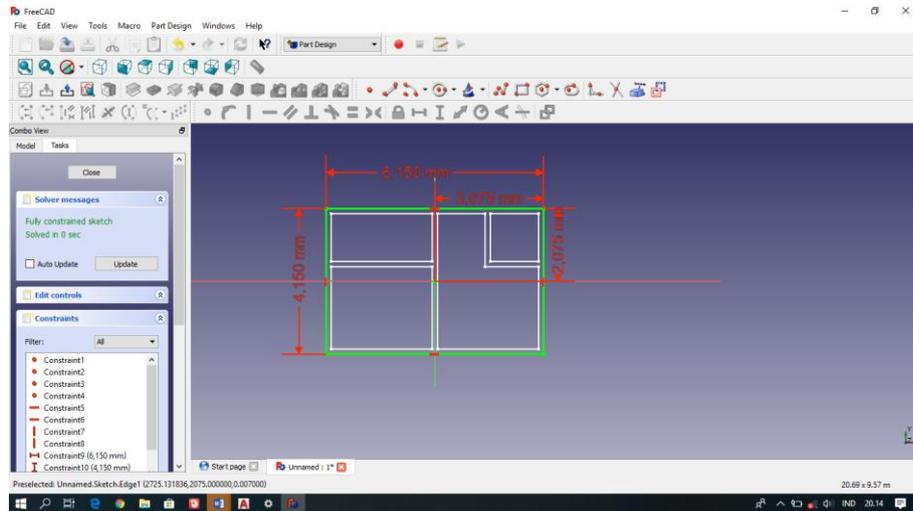
Tahapan pemodelan pada program *FreeCAD* dapat dilihat dengan urutan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bagan alir benda uji pada program *FreeCAD*

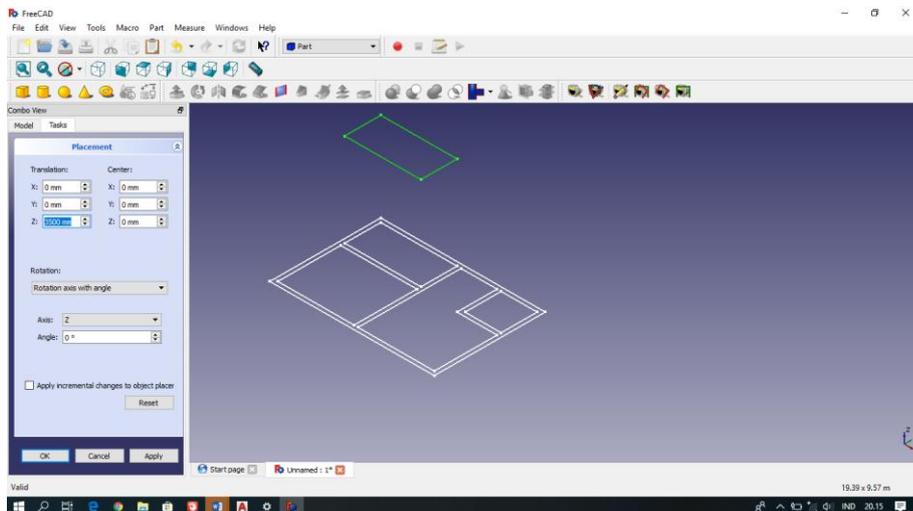
Berikut langkah-langkah pemodelan pada program *FreeCAD*.

1. Membuka aplikasi *FreeCAD* versi 0.16 pada komputer/ laptop.
2. Memodelkan sket dasar denah rumah.



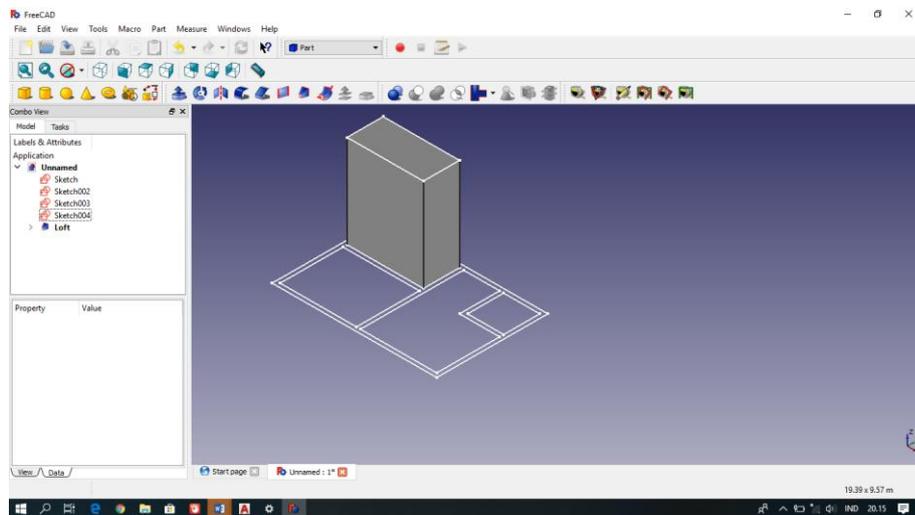
Gambar 3.3 Sketsa denah rumah tipe 21

3. Pada sketsa denah rumah sisi kedua diinputkan nilai pada sumbu Z sebesar tinggi bentang yang akan dimodelkan, misalkan 3500 mm.



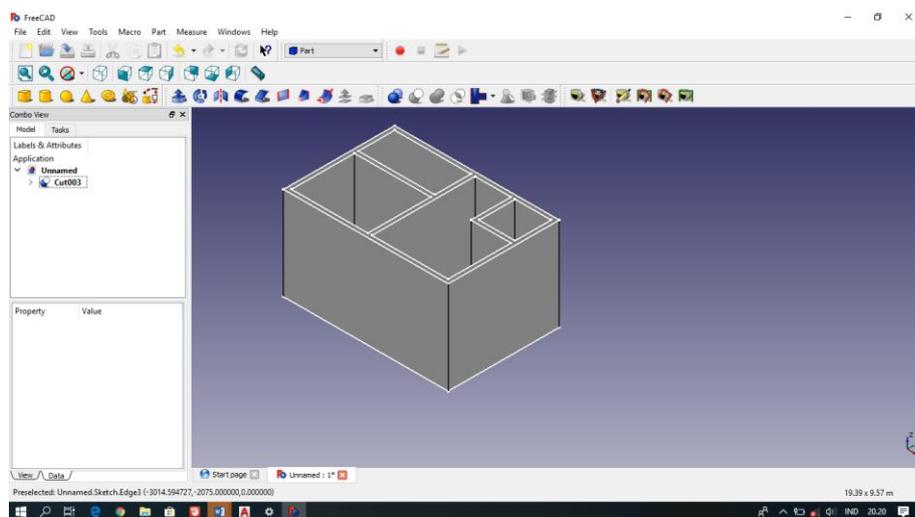
Gambar 3.4 Sisi ujung ke arah Z sebesar 3500 mm

4. Untuk membuat model tiga dimensi pada sketsa, maka kedua sisi tersebut dimodelkan bentuk *solid* agar nampak menjadi balok tiga dimensi.

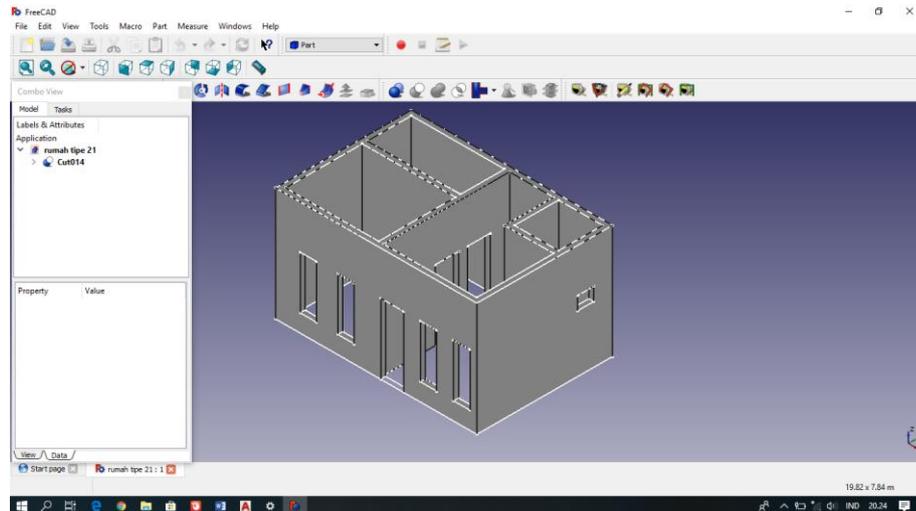


Gambar 3.5 Bentuk *solid* tiga dimensi pada satu ruangan

5. Kemudian, antara solid terluar (dinding) dan solid setiap ruangan akan dipotong (*cutting*), sehingga akan membentuk suatu ruangan.



Gambar 3.6 Hasil pemotongan *solid* pada rumah tipe 21



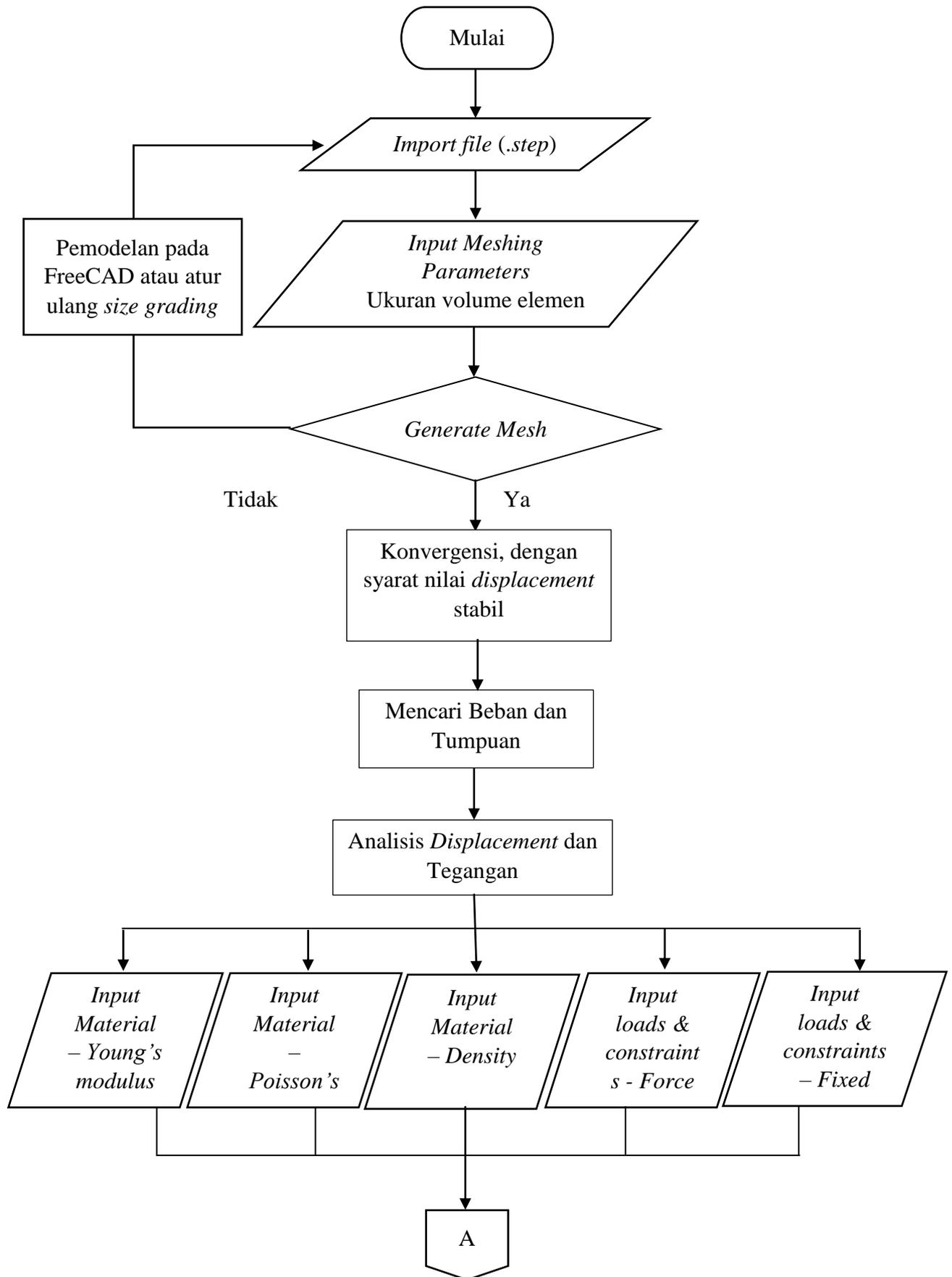
Gambar 3.7 Hasil pemotongan *solid* pada rumah tipe 21 yang sudah terdapat jendela dan pintu

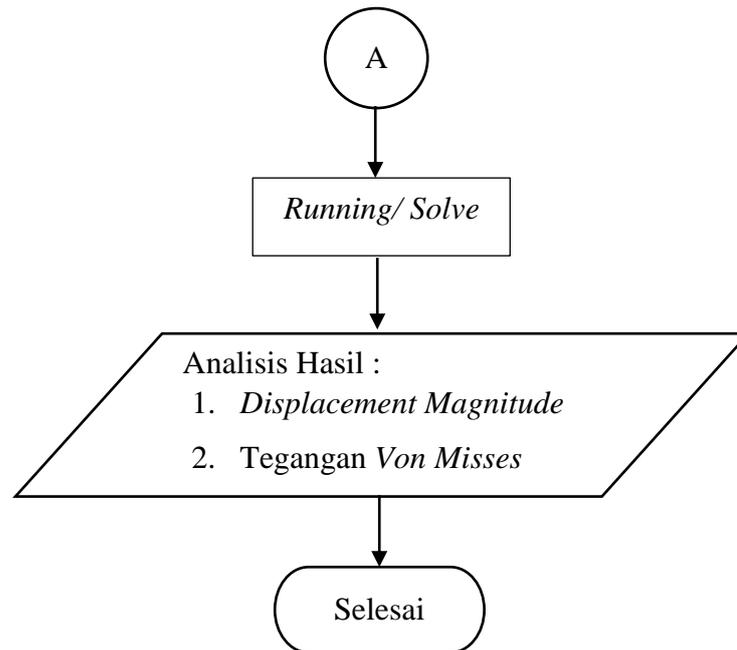
6. Rumah tipe 21 yang telah berhasil dimodelkan dalam program *FreeCAD* disimpan kemudian diexport kedalam bentuk format *STEP with colors (.step)* agar dapat dimodelkan dalam program *LISA-FEA*.

3.3. Input Geometri dan Analisis pada Program *LISA-FEA*

Benda uji yang telah berhasil dimodelkan dalam program *FreeCAD* akan diinput geometri dan dilakukan analisis dalam program *LISA-FEA* versi 8.0. *LISA-FEA* merupakan program analisis numeris dengan lisensi gratis yang dikembangkan oleh John E. Bossom pada tahun 1998. Analisis numeris dalam *LISA-FEA* dilakukan untuk mengetahui besar nilai perpindahan (*displacement*) dan tegangan *von Mises* yang terjadi pada bangunan.

Tahap pemodelan rumah pada program *LISA-FEA* dapat dilihat dengan urutan seperti pada Gambar 3.8

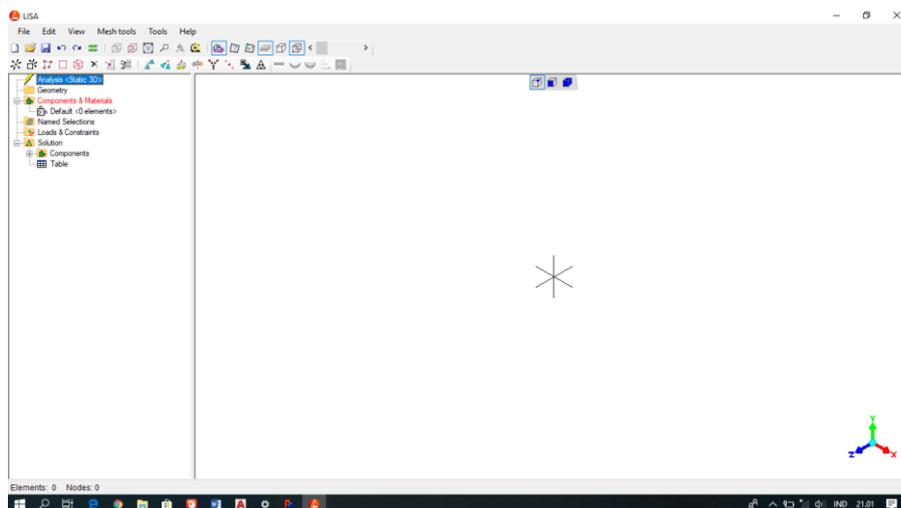




Gambar 3.8 Bagan alir pemodelan benda uji pada program *LISA-FEA*

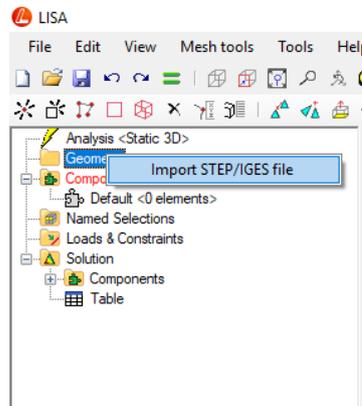
Berikut langkah-langkah pemodelan dan analisis numeris bangunan sederhana yaitu rumah tipe 21 pada program *LISA-FEA*.

1. Membuka aplikasi *LISA-FEA* versi 8.0 pada komputer/ laptop.

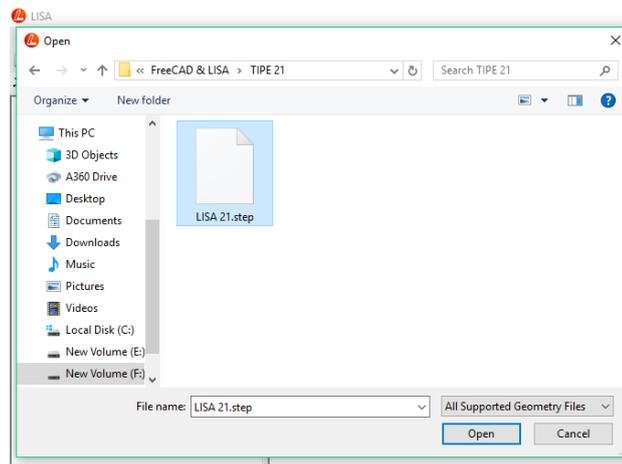


Gambar 3.9 Tampilan program *LISA-FEA* versi 8.0

2. Klik kanan Geometry – Import STEP, lalu pilih *file* dari folder penyimpanan data pemodelan rumah tipe 21 pada *FreeCAD* (.step).

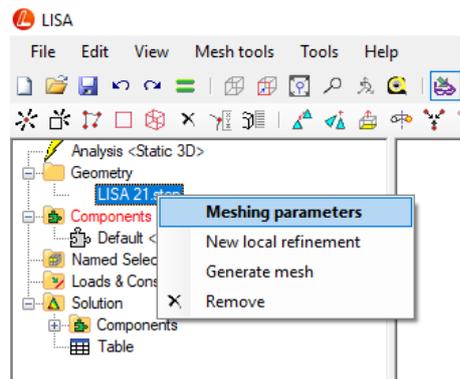


Gambar 3.10 *Import STEP file*

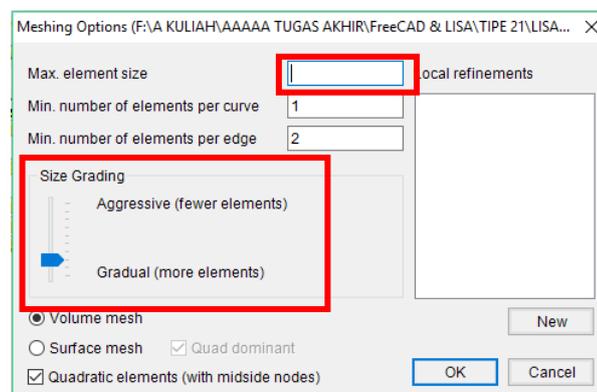


Gambar 3.11 Memilih *file* pada folder penyimpanan

3. Maka akan tampil *file* yang telah dipilih, lalu pada *file* (.step) tersebut klik kanan – *Meshing Parameters*, maka akan muncul tampilan seperti Gambar 3.13. Isi ukuran volume elemen pada *Max. Element size* dan mengatur *Size Grading* untuk menentukan sedikit lebihnya elemen, lalu klik OK.

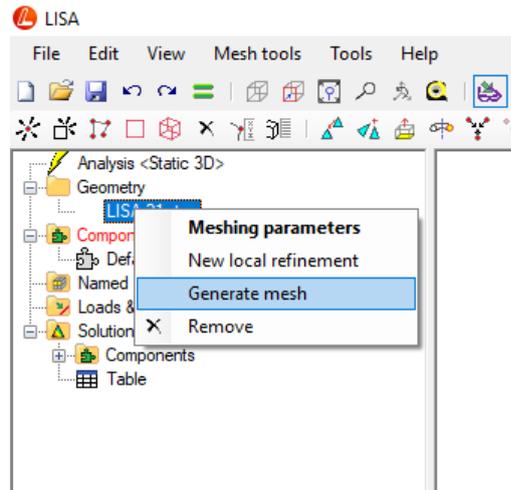


Gambar 3.12 *Meshing Parameters*



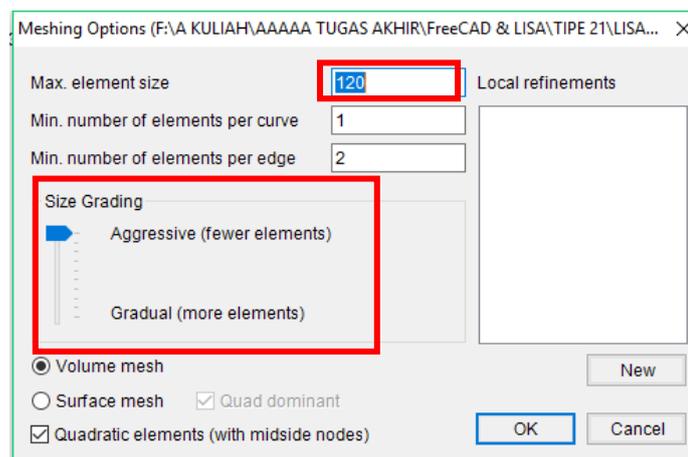
Gambar 3.13 Menentukan *element size* dan *size grading*

4. Klik kanan pada *file* (.step) – *Generate Mesh* untuk memastikan apakah pemodelan dari *FreeCAD* (.step) dapat digunakan dalam program *LISA-FEA* dan untuk mengetahui jumlah *element* dan *nodes* yang dihasilkan dari *generate mesh*. Jika benda uji tidak muncul pada program, maka benda uji (.step) perlu diulang pemodelannya pada program *FreeCAD* atau diatur ulang *size grading* nya.

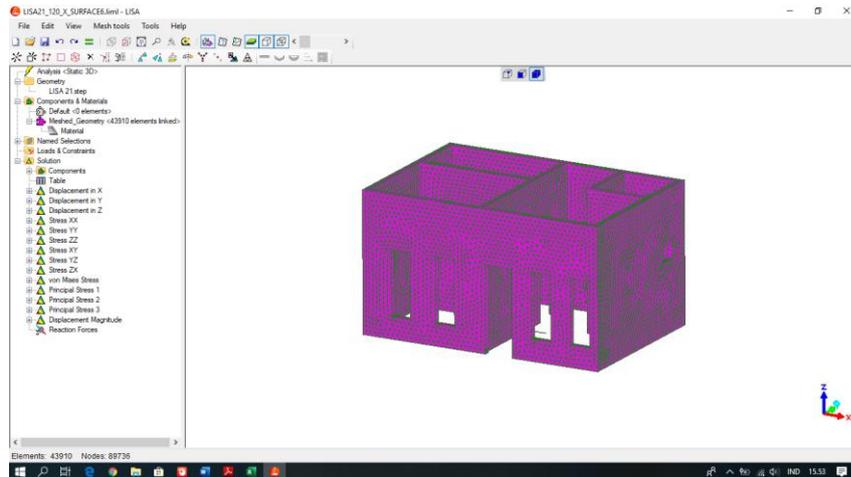


Gambar 3.14 *Generate Mesh*

5. Benda uji yang berhasil dilakukan *Generate Mesh* dapat dilakukan ke tahap analisis konvergensi. Analisis konvergensi bertujuan untuk mencari volume elemen yang akan digunakan untuk setiap benda uji. Konvergensi dilakukan dengan mengubah ukuran dan jumlah elemen yang digunakan dengan diberikan beban yang tetap, kemudian dibandingkan hasil *displacementnya*. Ukuran volume elemen yang digunakan sebesar 115-200 mm³, sebagai contoh dipilih *element size* sebesar 120 mm³ dan pada *size fewer elements* untuk dibandingkan jika memilih *more elements*.

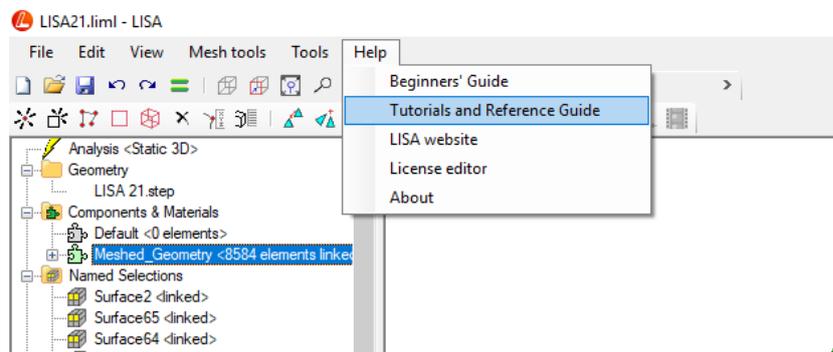


Gambar 3.15 Dipilih *element size* (120 mm³)



Gambar 3.16 Ukuran elemen hasil *meshing*

6. Tahap selanjutnya yaitu memasukkan material yang digunakan. Pada penelitian ini, benda uji menggunakan material batu bata. Sehingga pemodelan pada program *LISA_FEA* perlu memasukkan nilai dari sifat-sifat mekanik batu bata. Sebelum memasukkan nilai tersebut, harus diketahui satuan unit yang digunakan program. Unit yang digunakan pada program dapat diketahui dengan cara klik *help – Tutorials and Reference Guide*, maka secara otomatis akan muncul file pdf *Tutorials and Reference Guide*. Pada file pdf tersebut dijelaskan satuan unit yang digunakan pada program, untuk nilai *force* digunakan satuan *mikro Newton* (μN), nilai *young's modulus* menggunakan *Pascal* (Pa), sedangkan nilai berat jenis (*density*) menggunakan satuan g/mm^3 .

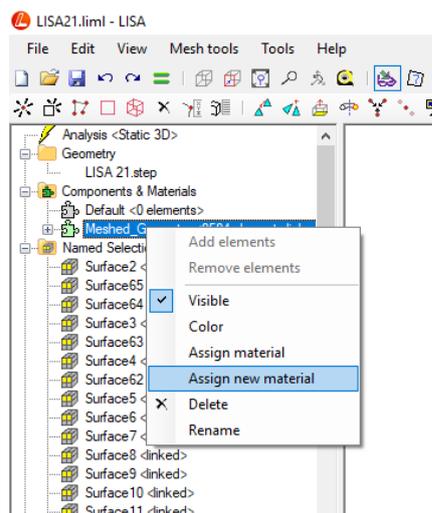


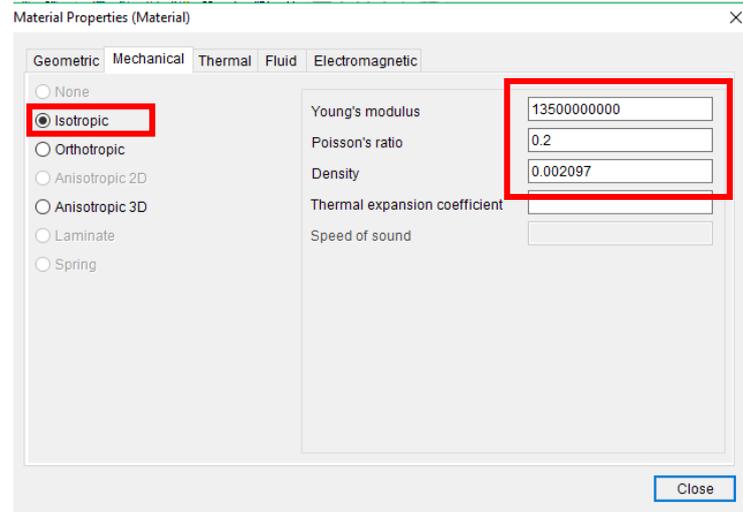
Gambar 3.17 Pilihan bantuan pada program *LISA-FEA*

		SI m, kg, s, A, K	MMGS mm, g, s	FPS ft, lb _F , s	IPS in, lb _F , s
Mechanical	Displacement Length	m	mm	ft	in
	Force Moment per length (MomentU, etc.) Shear force	N kg.m/s ²	μN g.mm/s ²		lb
	Mass	kg	g	slug lb.s ² /ft	slinch lb.s ² /in
	Pressure Stress Force per area Young's modulus Shear modulus Shear flexibility Energy density		Pa J/m ² kg.m ⁻¹ s ⁻² g.mm ⁻¹ s ⁻²		lb/ft ² psi lb/in ²
	Density	kg/m ³	g/mm³	slug/ft ³ lb.s ² /ft ⁴	slinch/in ³ lb.s ² /in ⁴
	Area density	kg/m ²	g/mm ²	slug/ft ² lb.s ² /ft ³	slinch/in ² lb.s ² /in ³

Gambar 3.18 Satuan unit pada program *LISA-FEA*(Sumber : *Tutorials and Reference Guide, LISA-FEA*)

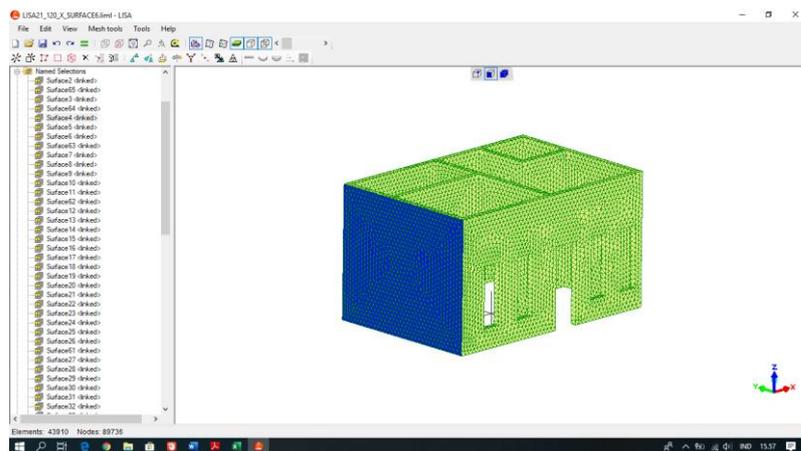
7. Masukkan nilai sifat-sifat mekanik batu bata dengan klik kanan *Meshed_Geometry* pada *Components & Material*, pilih *Assign New Material*. Lalu akan muncul tampilan seperti Gambar 3.21, pilih *isotropic* kemudian dimasukkan nilai sifat-sifat mekanik batu bata antara lain *young's modulus* sebesar 135×10^8 Pa, *Poisson's ratio* sebesar 0.2 dan berat jenis (*density*) sebesar $0,002097 \text{ g/mm}^3$.

Gambar 3.19 *Assign New Material*

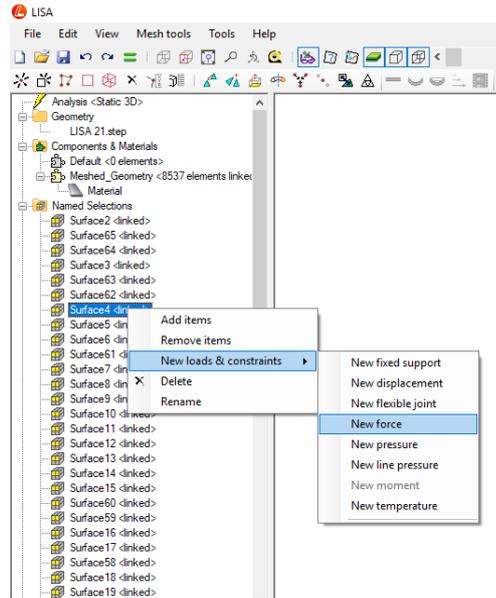


Gambar 3.20 Input nilai sifat-sifat mekanik batu bata

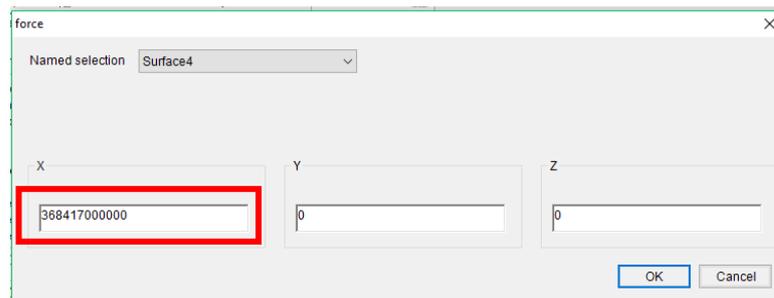
8. Setelah memasukkan nilai sifat-sifat mekanik batu bata, benda uji diberi beban dan tumpuan. Beban bekerja pada permukaan atas benda uji, maka permukaan tersebut harus terlebih dahulu dicari dalam *Name Sections* yang terdiri dari banyak *surface*. Jika permukaan tersebut sudah ditemukan, misalkan pada *Surface4*, maka beban dapat dimasukkan dengan cara klik kanan pada *Surface4* – *New loads & constraints* – *New force*. Kemudian benda uji diberikan beban, ssebagai contoh dimasukkan beban sebesar $1,10145 \times 10^{11} \mu\text{N}$ pada sumbu X.



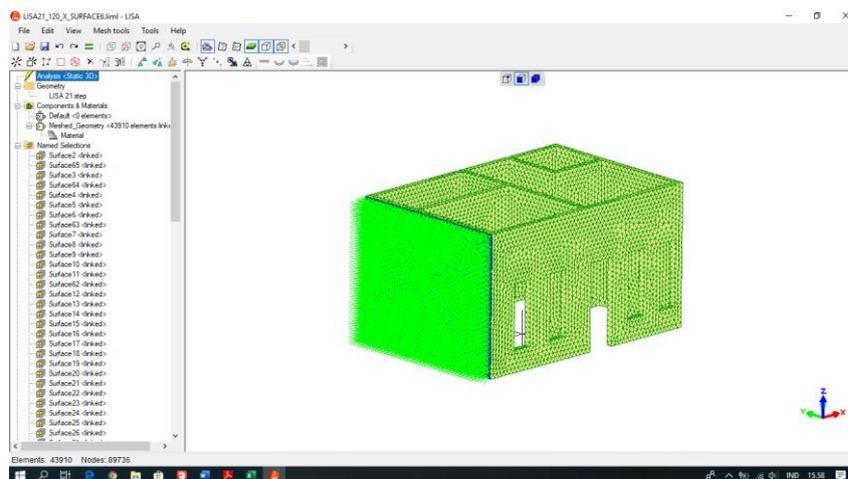
Gambar 3.21 Pilihan pemberian beban pada *Surface4*



Gambar 3.22 *New loads & constraints – New force*

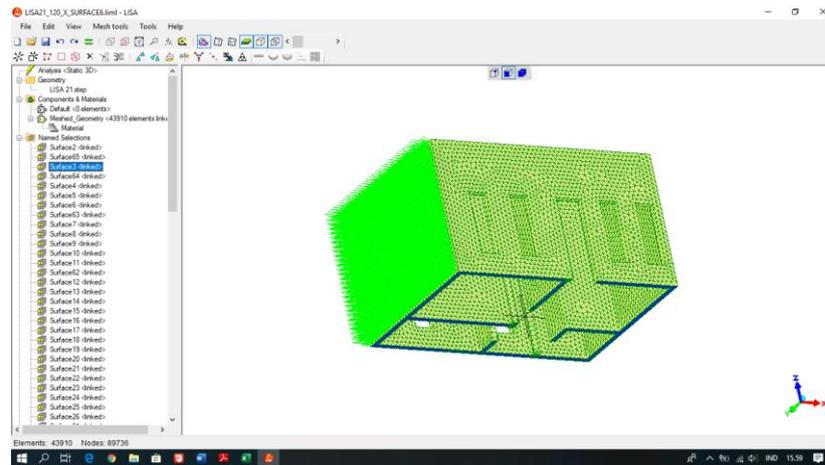


Gambar 3.23 *Input beban pada sumbu X*

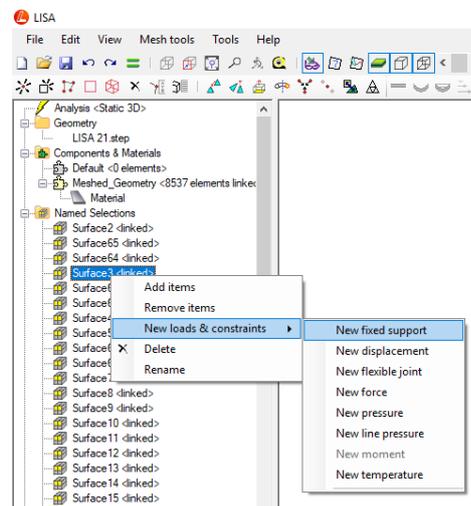


Gambar 3.24 *Distribusi beban pada permukaan Surface4*

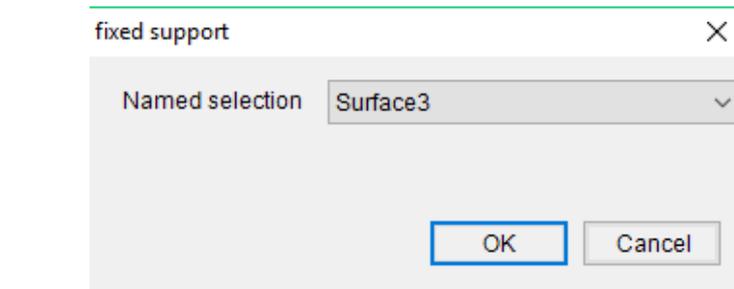
9. Benda uji sudah dilakukan pembebanan, dilanjutkan dengan memberi tumpuan pada benda uji. Sisi jepit harus dicari terlebih dahulu dalam *Name Sections* yang terdiri dari banyak *surface*. Jika permukaan tersebut sudah ditemukan, misalkan *Surface3*, maka beban dapat dimasukkan dengan klik kanan pada *Surface3* – *New load & constraints* – *New fixed support*, setelah itu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.27 lalu klik OK.



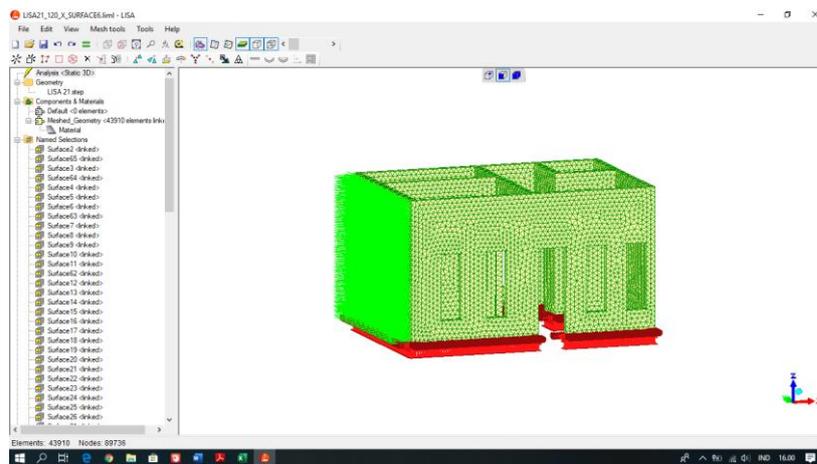
Gambar 3.25 Permukaan sisi jepit benda uji terdapat pada *Surface3*



Gambar 3.26 *New loads & constraints* – *New fixed support*

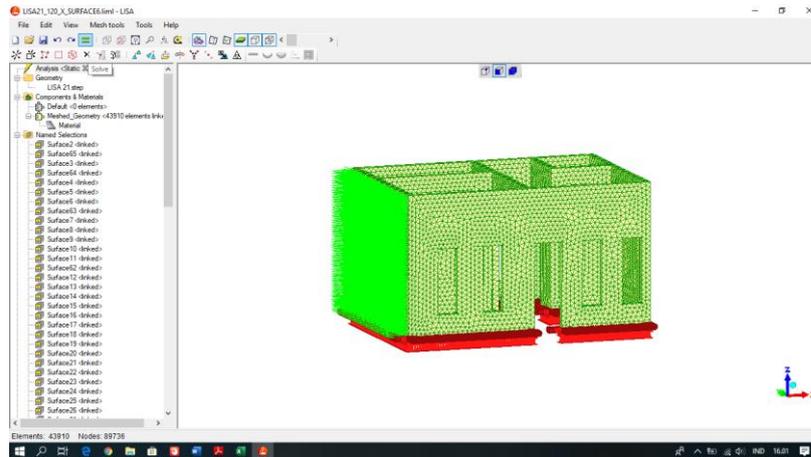
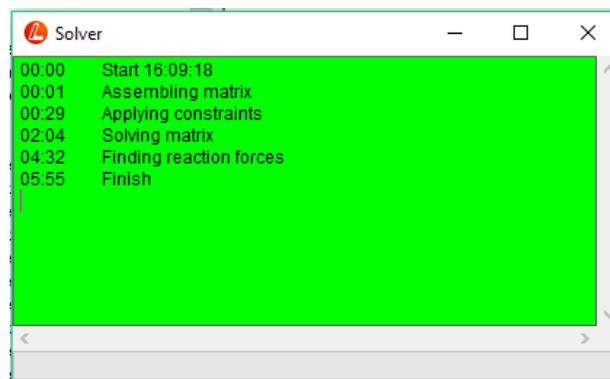


Gambar 3.27 Tampilan *fixed support*

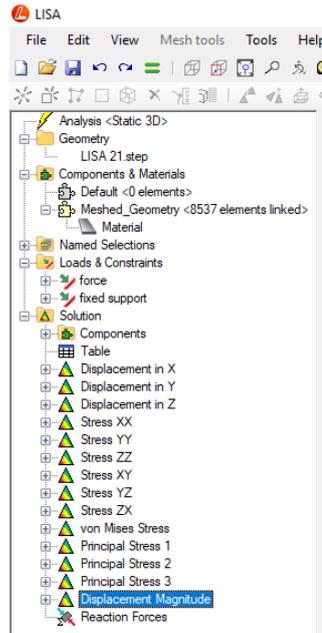


Gambar 3.28 Tumpuan jepit pada benda uji

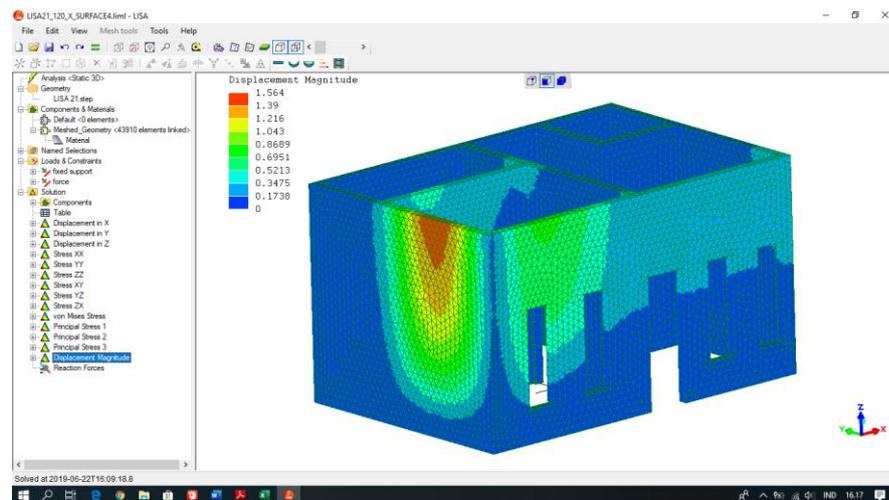
10. Benda uji yang telah diberikan beban dan tumpuan, dapat dilakukan ke tahap analisis untuk diketahui nilai *displacement* dan tegangannya. Benda uji akan dianalisis secara otomatis pada program *LISA-FEA*, analisis dilakukan dengan klik *running/solve*, lalu akan muncul tampilan *solver* pada Gambar 3.30. Jika *running* berhasil maka akan muncul tampilan tulisan "*finish*" pada tampilan *solver*, dan jika *running* tidak berhasil maka akan muncul tulisan "*failed*" pada tampilan *solver*.

Gambar 3.29 *Running/ solve*Gambar 3.30 Tampilan *solver*

11. Setelah *running/ solve* berhasil, nilai *displacement* dapat diketahui pada *solution* dengan klik *displacement magnitude*, maka akan muncul nilai maksimal *displacement*-nya. Untuk mengetahui nilai tegangan, dapat dilakukan dengan cara klik *von Misses Stress*.



Gambar 3.31 *Displacement magnitude*



Gambar 3.32 Hasil maksimal *displacement* benda uji sebesar 1,564 mm

12. Analisis konvergensi dilakukan secara berulang-ulang dengan beban dan material yang sama, namun ukuran volume elemennya diubah dari ukuran 115 hingga 200 mm³. Hasil nilai jumlah elemen dan nilai *displacement* yang dihasilkan dari masing-masing ukuran volume elemen kembali dicatat pada *Microsoft Excel* seperti pada Tabel 3.1.

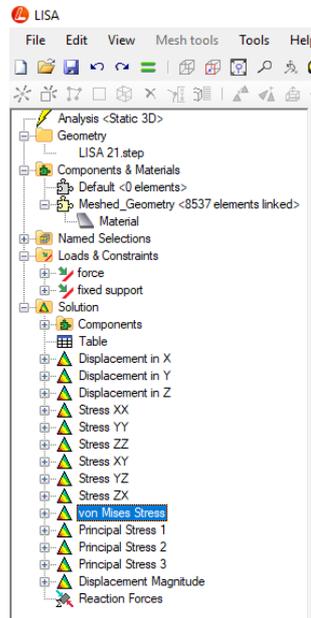
Tabel 3.1 Nilai *displacement* dari jumlah elemen

Volume Elemen (mm ³)	Jumlah Elemen	Nodes	<i>Displacement</i> (mm)
200	16.639	34.552	-1,233
195	17.387	36.067	-1,233
190	18.113	37.540	-1,235
185	19.149	39.684	-1,235
180	20.047	41.526	-1,238
175	21.320	44.083	-1,236
170	22.592	46.645	-1,238
165	24.413	50.322	-1,240
160	25.619	52.780	-1,240
155	27.347	56.276	-1,241
150	28.930	59.455	-1,242
145	30.842	63.307	-1,241
140	32.875	67.437	-1,244
135	35.622	72.978	-1,244
130	38.248	78.258	-1,246
125	40.615	83.074	-1,246
120	43.910	89.736	-1,247
115	48.150	98.316	-1,247

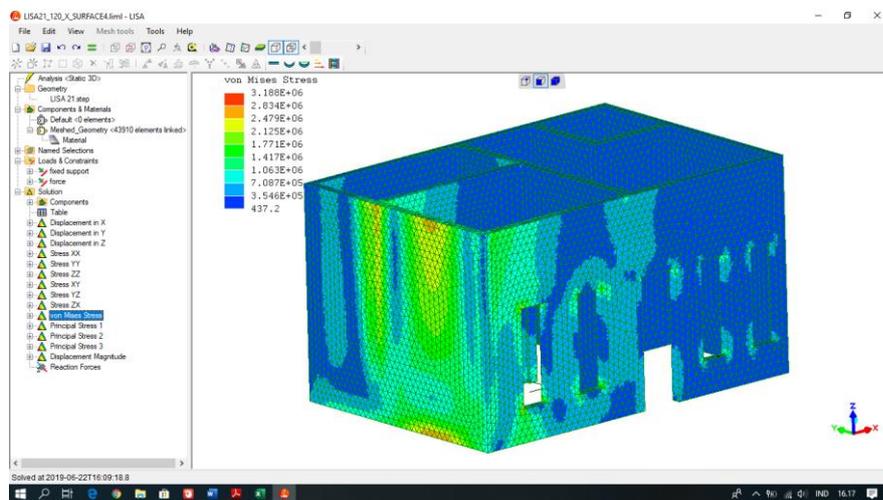
13. Analisis konvergensi ini dilakukan pada rumah tipe 21. Dari grafik konvergensi akan didapat ukuran elemen paling efektif yang akan digunakan dalam mencari beban optimal pada setiap tipe rumah dan dalam menganalisis *displacement* dan tegangan pada benda uji.

Gambar 3.33 Grafik konvergensi jumlah elemen dan *displacement*

14. Setelah penentuan ukuran elemen dari hasil grafik konvergensi setiap tipe rumah maka dilanjutkan analisis tegangan yang terjadi pada benda uji dengan tahap yang sama dalam pencarian nilai *displacement*.



Gambar 3.34 Von Misses Stress



Gambar 3.35 Hasil tegangan *von Misses* sebesar $3,188 \times 10^6$ Pa