

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN

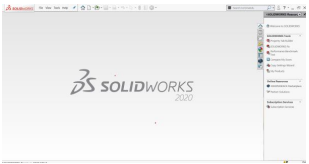
3.1 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam membuat alat atau mesin merupakan hal yang harus diperhitungkan sebelumnya, karena mempengaruhi hasil dan kualitas mesin yang dibuat.





3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam proses rancang bangun dan simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dengan metode *finite element method* dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Alat

No	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	Laptop 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ HP ▪ <i>Intel core i7</i> ▪ <i>Graphics iRIS_x^e</i> ▪ Ram 8GB/512GB ▪ <i>Windows 11</i> 	Membantu dalam tahap membuat laporan tugas akhir dan desain rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>
2	<i>Software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Solidworks 2020</i> 	Digunakan dalam mendesain dan analisa rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>
3	Mesin bending 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Hydraulic</i> 	Digunakan untuk membengkokkan plat pada bak air

Tabel 3.1 Alat (Lanjutan)

No	Alat	Spesifikasi	Kegunaan
4	Mesin gerinda tangan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Input</i> daya 840 <i>Watt</i> ▪ Kecepatan 11000 Rpm 	Digunakan untuk memotong dan merapihkan besi <i>hollow</i> , besi siku dan plat pada rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>
5	Mesin las SMAW 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Input</i> daya 2000 <i>Watt</i> 	Digunakan untuk menyambung besi <i>hollow</i> pada rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>
7	Mesin bor tangan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Chuck capacity</i> : 10 mm ▪ <i>No load speed</i> : 0-3.000 rpm/menit ▪ <i>Input Power</i> : 400 <i>Watt</i> 	Digunakan untuk pembuatan lubang pada besi <i>hollow</i> serta besi siku pada rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>
8	Meteran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Panjang bentangan : 0 – 5 m 	Digunakan untuk mengukur raw material rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>

3.1.2 Bahan

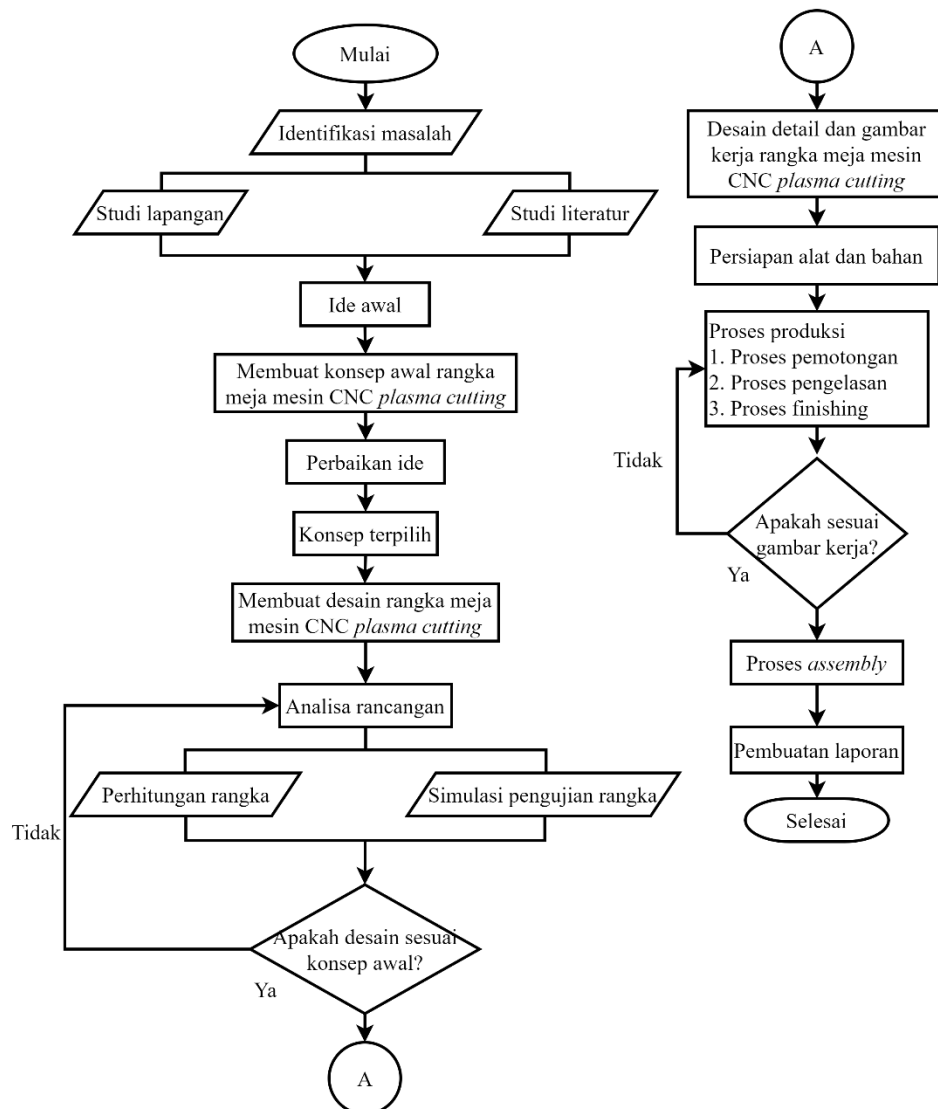
Beberapa bahan yang akan digunakan untuk proses pengerjaan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* ditunjukkan pada Tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Bahan

No	Bahan	Spesifikasi	Kegunaan
1	Besi <i>hollow</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dimensi : 35 x 35 mm ▪ Tebal : 1,4 mm ▪ Kekuatan luluh : 204 MPa ▪ Kekuatan tarik : 357 MPa 	Digunakan sebagai material untuk pembuatan rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>
2	Plat 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dimensi : 1700 x 1040 mm ▪ Tebal : 1 mm 	Digunakan sebagai material untuk pembuatan bak penampungan air mesin CNC <i>plasma cutting</i>
3	Besi siku 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dimensi : 30 x 30 mm ▪ Tebal : 2 mm 	Digunakan sebagai material untuk pembuatan ram atau jari-jari mesin CNC <i>plasma cutting</i>
3	Roda <i>trolley</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dimensi = 3 inch 	Sebagai roda pada kaki-kaki rangka meja mesin CNC <i>plasma cutting</i>

3.2 Metodologi Penyelesaian Masalah

Dalam melakukan proses penyelesaian masalah pada rancang bangun dan simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dengan metode *finite element method* penulis menggunakan pendekatan metode penyelesaian menurut James H. Earle. Berikut ini merupakan metodologi proses penyelesaian masalah pada rancang bangun dan simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dengan metode *finite element method* yang digambarkan menggunakan diagram alir pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Diagram alir penyelesaian masalah

Secara rinci diagram alir dijabarkan dalam tahapan penyelesaian masalah sebagai berikut:

3.2.1 Mulai

Pada tahapan ini merupakan tahap dimulainya proses penyelesaian masalah dimana terdapat urutan proses penyelesaian masalah, seperti pada diagram alir proses penyelesaian masalah diatas.

3.2.2 Identifikasi masalah

Pada tahap ini penulis melakukan identifikasi dan menyimpulkan masalah yang ada dengan data dan informasi yang didapatkan sebelumnya. Masalah yang diperoleh dari hasil studi lapangan yaitu benda kerja masih diletakan pada permukaan yang tidak rata sehingga pemotongan bahan tidak presisi, maka diperlukan rangka meja dengan dilengkapi bak penampungan air dan roda pada kaki-kaki rangka meja agar hasil pemotongan bahan lebih presisi dan aman pada saat proses pemotongan berlangsung.

3.2.3 Studi literatur dan studi lapangan

Studi literatur dan studi lapangan merupakan proses pengumpulan data-data dan informasi untuk memunculkan ide-ide. Pada tahapan ini penulis melakukan studi lapangan dibengkel Warto Jaya Teknik yang beralamatkan di Kecamatan Adipala. Studi lapangan yang dilakukan penulis dilakukan dengan cara melakukan wawancara, observasi, dan pengamatan secara langsung proses pemotongan bahan. Studi literatur dilakukan untuk mendapat referensi dari mesin CNC *plasma cutting* yang telah dibuat sebelumnya sehingga bisa menjadi pembanding, rujukan dan pengembangan yang akan dibuat. Referensi tersebut didapat dari jurnal dan skripsi terkait.

3.2.4 Ide awal

Pada tahap ini penulis membuat rangka meja untuk menjaga kerataan permukaan benda kerja saat proses pemotongan bahan dengan beberapa opsi konsep awal rangka meja.

3.2.5 Perbaikan ide

Selanjutnya pada tahap ini ide yang baik dapat dipilih dengan menyaring untuk menentukan ide yang pantas. Tahap dalam perbaikan ide yaitu mengevaluasi konsep dan memilih konsep yang memenuhi persyaratan. Pemilihan konsep ini dilakukan dengan diskusi tim atau *brainstorming*.

3.2.6 Perhitungan dan penentuan komponen rangka meja

Setelah penulis mendapatkan konsep terpilih tahapan selanjutnya yaitu melakukan perhitungan terkait rangka meja mesin CNC *plasma cutting* serta menentukan komponen rangka meja mesin CNC *plasma cutting*. Perhitungan rangka meja meliputi :

3.2.6.1 Perhitungan rangka

Berikut adalah rumus perhitungan untuk mempertimbangan kekuatan dan keamanan dari rangka meja mesin CNC *plasma cutting* (Purna, 2007).

1. Menghitung gaya yang bekerja

$$F = m \times g \quad (3.1)$$

Keterangan :

F = Gaya (*Newton*)

m = Massa (*Kg*)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

2. Menghitung beban merata

$$Q = \frac{F}{L} \quad (3.2)$$

Keterangan :

Q = Beban merata (*N/mm*)

F = Gaya (*N*)

L = Panjang rangka yang diberikan beban (*mm*)

3. Menghitung beban terpusat

$$P_1 = Q \times L \quad (3.3)$$

Keterangan :

P₁ = Beban terpusat (*N*)

Q = Beban merata (*N/mm*)

L = Jarak total pembebanan (mm)

4. Menghitung jarak momen maksimal

$$V = \frac{L}{2} \quad (3.4)$$

Keterangan :

V = Jarak momen maksimal (mm)

L = Jarak total pembebanan (mm)

5. Menghitung momen maksimal

$$M_{Max} = R_A \times V \quad (3.5)$$

Keterangan :

M_{Max} = Momen maksimal (N/mm)

R_A = Reaksi titik tumpu A (N)

V = Jarak momen maksimal (mm)

6. Tegangan maksimal

$$\sigma = \frac{M_{max}}{I} \times r_0 \quad (3.6)$$

Keterangan :

σ_{max} = Tegangan (N/mm²)

M_{Max} = Momen maksimal (N/mm)

I = Momen inersia (mm⁴)

R_0 = Diameter luar *hollow* (mm)

7. Tegangan ijin

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} \quad (3.7)$$

Keterangan :

σ_{ijin} = Tegangan ijin (N/mm²)

σ_y = *Yield Strength* (N/mm²)

sf = *Safety factor*

3.2.7 Membuat desain

Pada tahapan ini penulis merealisasikan konsep awal dengan menjadikan menjadi bentuk 3D menggunakan *software solidwork 2020* dengan memperhatikan catatan perhitungan dan juga komponen yang ditentukan sebelumnya.

3.2.8 Analisa rancangan

Selanjutnya setelah konsep awal dibuat menjadi desain 3D penulis melakukan analisa rancangan dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan dari rancangan yang telah dibuat.

3.2.9 Evaluasi

Pada tahap ini penulis melakukan evaluasi terhadap desain awal yang dibuat agar nantinya konsep desain yang dihasilkan menjadi lebih baik dan juga lebih sempurna lagi.

3.2.10 Desain detail dan gambar kerja

Setelah penulis melakukan simulasi pengujian desain rangka yang dibuat penulis selanjutnya membuat desain detail dari desain final dan menguraikannya kedalam bentuk gambar kerja yang nantinya untuk acuan proses produksi.

3.2.11 Proses produksi

Prosedur proses produksi adalah serangkaian langkah-langkah yang harus dilakukan secara berurutan dalam suatu proses produksi untuk mencapai produk akhir yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai, berikut:

1. Proses pemotongan

Pada proses pemotongan material pembuatan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang dilakukan melalui beberapa langkah sebagai berikut:

A. Mesin gerinda

- a. Siapkan *raw material*.
- b. Siapkan alat dan bahan.
- c. Siapkan dan gunakan Alat Pelindung Diri.
- d. Melakukan proses penandaan pada *raw material* sesuai ukuran pada gambar kerja yang telah di buat.
- e. Melakukan proses pemotongan, tekan tombol on, arahkan mata potong ke alur yang sudah di tandai agar mata potong memotong.
- f. Periksa ukuran hasil pemotongan.
- g. *Finishing*, bersihkan benda kerja dari bagian yang tajam.
- h. Bersihkan area tempat kerja.

Peralatan tambahan untuk proses pemotongan menggunakan mesin gerinda meliputi meteran, penggores, dan mata gerinda. Mesin gerinda tidak hanya digunakan untuk memotong material, tetapi juga bisa digunakan untuk menghaluskan dan membersihkan benda kerja.

2. Proses fabrikasi

Pada proses fabrikasi konstruksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

B. Mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

- a. Siapkan material yang akan dilakukan proses fabrikasi.
- b. Siapkan alat-alat tambahan.
- c. Siapkan dan gunakan alat pelindung diri.
- d. Posisi pengelasan yaitu bawah tangan atau sesuai posisi benda kerja.
- e. Mengatur besar arus yang akan digunakan sesuai dengan jenis material dan dimensi material.
- f. Memasang bahan tambah berupa elektroda pada *handle* las SMAW.
- g. Lakukan pengelasan pada benda kerja.
- h. Bersihkan kerak las.
- i. Bersihkan area tempat kerja.

Peralatan tambahan yang digunakan untuk proses pengelasan antara lain elektroda, sikat baja, palu *chipping*, tang, dan gerinda.

3. Proses bending

Pada proses bending konstruksi rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

C. Mesin bending

- a. Siapkan material yang akan dilakukan proses bending.
- b. Siapkan alat-alat tambahan.
- c. Siapkan dan gunakan alat pelindung diri.
- d. Mengatur posisi benda yang akan di bending agar sesuai pada sudut yang ada pada gambar kerja.
- e. Lakukan proses bending.
- f. Periksa sudut hasil bending.

- g. Bersihkan area tempat kerja.

Peralatan tambahan yang digunakan dalam proses bending meliputi meteran, penggores, dan penggaris rotasi busur derajat baja.

4. Proses *drilling*

Pada proses *drilling* pada rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

D. Mesin bor

- a. Siapkan material yang akan di *drilling*.
- b. Siapkan alat-alat tambahan.
- c. Siapkan dan gunakan alat pelindung diri.
- d. Melakukan proses penandaan pada material yang akan *drilling* sesuai ukuran pada gambar kerja yang telah dibuat.
- e. Melakukan proses *drilling* dengan cara bertahap.
- f. Periksa ukuran hasil *drilling*.
- g. Bersihkan area tempat kerja.

Peralatan tambahan untuk proses *drilling* meliputi meteran, penitik, palu, tang, mata bor.

3.2.12 Perakitan (*assembly*)

Pada tahap ini penulis melakukan proses perakitan keseluruhan komponen menjadi satu kesatuan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* sesuai dengan konsep awal dan prosedur proses produksi yang telah dibuat sehingga menghasilkan rangka meja yang fungsional dan berkualitas tinggi.

3.2.13 Pembuatan laporan

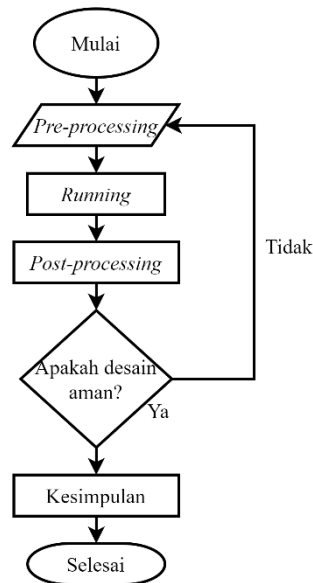
Langkah terakhir yang dilakukan penulis dalam proses penyelesaian masalah ini adalah pembuatan laporan rancang bangun dan simulasi pengujian rangka meja pada mesin CNC *plasma cutting* dengan metode *finite element method*.

3.2.14 Selesai

Pada tahap ini merupakan tahap selesainya proses rancang bangun dan simulasi pengujian rangka meja pada mesin CNC *plasma cutting* dengan metode *finite element method*.

3.3 Simulasi Pengujian

Pada tahap ini penulis melakukan tahapan simulasi pengujian rangka meja yang telah di buat untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan konsep yang telah dibuat atau belum. Diagram alir simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Diagram alir proses simulasi pengujian

Secara rinci diagram alir simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* dijabarkan sebagai berikut :

3.3.1 *Pre- processing*

Pre- processing adalah tahap penginputan data yang diperlukan dalam melakukan simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* seperti penentuan jenis analisis, pemberian kondisi batas, beban, tumpuan, material, dan *meshing*.

3.3.2 *Running*

Setelah melakukan tahapan sebelumnya yaitu *pre-processing* adalah proses *running* dimana *software* akan membaca langkah-langkah yang sudah ditentukan dan menghitungnya dengan metode elemen hingga (FEM) secara numerik hingga mencapai hasil yang konvergen (*valid*).

3.3.3 Post-processing

Pada tahap ini hasil dari *running* ditampilkan berupa nilai tegangan maksimal (*von mises stress*), deformasi (*displacement*), dan faktor keamanan (*factor of safety*).

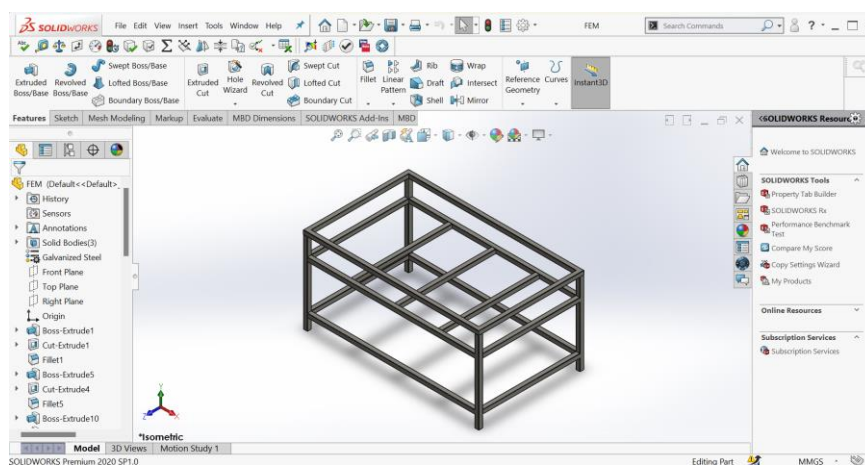
3.3.4 Kesimpulan

Pada tahap ini penulis menyimpulkan apakah desain yang telah dirancang memiliki kekuatan rangka meja yang aman atau tidak.

Berikut adalah langkah-langkah melakukan simulasi pengujian kekuatan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* menggunakan metode *finite element method* dengan *software solidworks 2020*.

1. Pemodelan desain rangka meja mesin CNC *plasma cutting*

Pada simulasi pengujian dengan menggunakan metode *finite element method* untuk tahap pertama yaitu membuat geometri pemodelan dari struktur dan material yang akan diuji. Pada pemodelan rangka meja mesin CNC *plasma cutting* ini dibantu dengan menggunakan *software solidworks 2020*. Gambar pemodelan rangka meja dapat dilihat seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Pemodelan rangka meja

2. *Convergensi mesh*

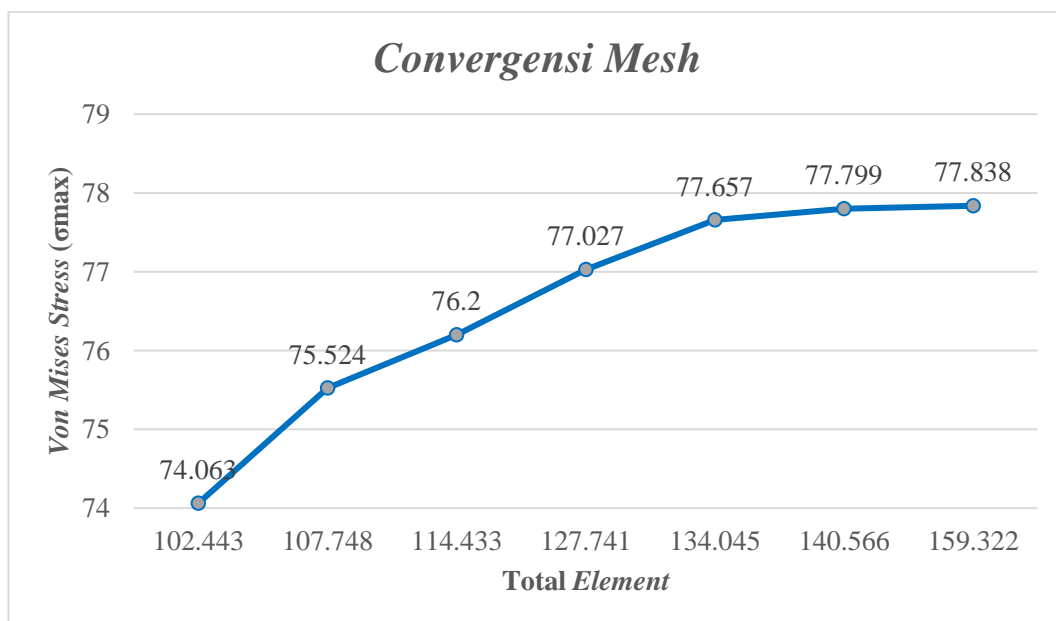
Convergensi mesh dalam sebuah proses simulasi yang menggunakan metode elemen hingga merujuk pada suatu proses yang perlu melakukan pengujian optimalisasi variasi *mesh*. Pengujian dilakukan dengan mengamati variasi jumlah elemen terhadap hasil tegangan yang didapatkan, apakah perubahan *mesh* dapat

mempengaruhi hasil tegangan yang didapatkan atau tidak, semakin stabil dan kecil perubahan maka semakin optimum nilai jumlah elemen yang digunakan untuk pengujian.

Tabel 3. 3 Hasil uji *convergensi mesh*

No	Total Element	Von Mises Stress (MPa)
1	102.443	74,063
2	107.748	75,524
3	114.433	76,200
4	127.741	77,027
5	134.045	77,657
6	140.566	77,799
7	159.322	77,838

Dari data diatas diperoleh grafik *convergensi mesh* rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Grafik *convergensi mesh*

Dari simulasi dengan *software solidworks 2020* tentang *convergensi mesh* rangka meja mesin CNC *plasma cutting*, dilakukan tujuh kali pengaturan *meshing* tanpa menunjukkan peningkatan yang signifikan. Variasi tersebut melibatkan

penggunaan jumlah elemen yang berbeda pada setiap pengaturan *meshing*. Berikut ini adalah hasil tegangan *von mises stress* yang diperoleh dari setiap variasi pengaturan *meshing*:

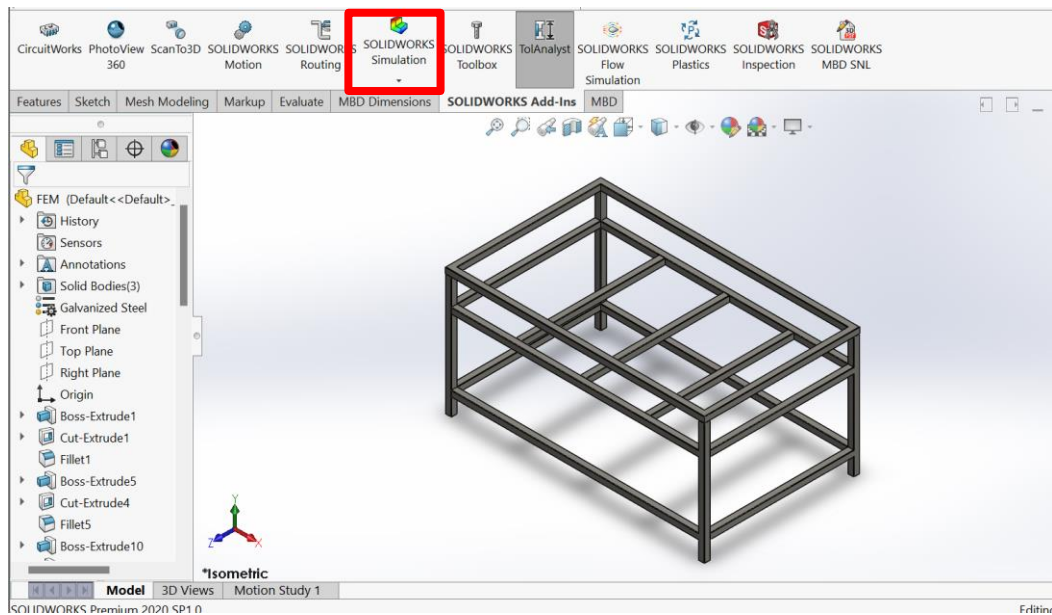
- a. Pada *meshing* pertama dengan jumlah elemen 102.443, diperoleh *von mises stress* sebesar 74,063 MPa.
- b. Pada *meshing* kedua dengan jumlah elemen 107.748, diperoleh *von mises stress* sebesar 75,524 MPa.
- c. Pada *meshing* ketiga dengan jumlah elemen 114.433, diperoleh *von mises stress* sebesar 76,200 MPa.
- d. Pada *meshing* keempat dengan jumlah elemen 127.741, diperoleh *von mises stress* sebesar 77,027 MPa.
- e. Pada *meshing* kelima dengan jumlah elemen 134.045, diperoleh *von mises stress* sebesar 77,657 MPa.
- f. Pada *meshing* keenam dengan jumlah elemen 140.566, diperoleh *von mises stress* sebesar 77,799 MPa.
- g. Pada *meshing* ketujuh dengan jumlah elemen 159.322, diperoleh *von mises stress* sebesar 77,838 MPa.

Hasil uji *convergensi mesh* didapatkan nilai *von mises stress* yang cukup stabil dan tidak berbeda jauh saat dilakukan pengujian *convergensi mesh* pada jumlah elemen 134.045 - 159.322. Semakin banyak jumlah elemen yang digunakan maka akan semakin presisi dan akurat pada hasil yang didapatkan, tetapi juga memiliki dampak pada proses simulasi yang semakin lama. Dari hasil *convergensi mesh* yang telah diuji dapat disimpulkan bahwa penelitian ini akan menggunakan jumlah elemen 140.566 karena merupakan jumlah elemen yang stabil dari hasil pengujian *convergensi mesh*.

3. Simulasi *finite element method*

Simulasi menggunakan metode elemen hingga dilakukan dengan memakai bantuan dari *software solidworks 2020*. Untuk langkah-langkah yang dilakukan dalam simulasi pengujian ini adalah sebagai berikut.

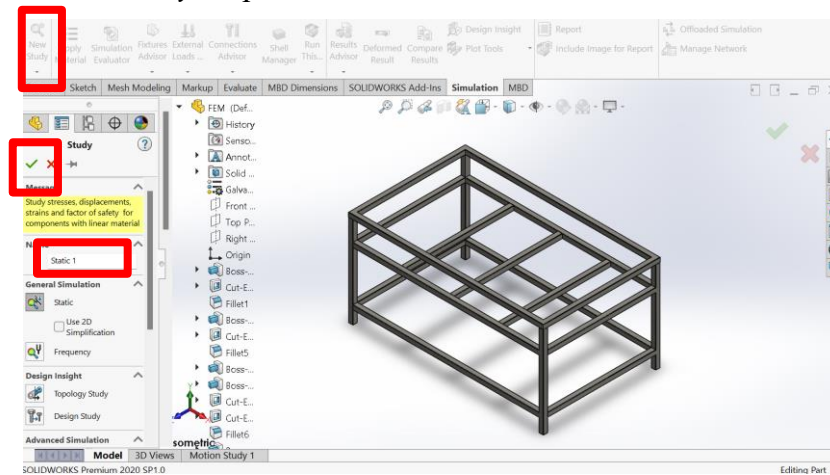
- a. Buka *software solidworks 2020*, pada awal tampilan akan disediakan beberapa menu untuk pengujian, lalu buka fitur *add-ins solidworks simulasian*.



Gambar 3. 5 Solidworks simulation

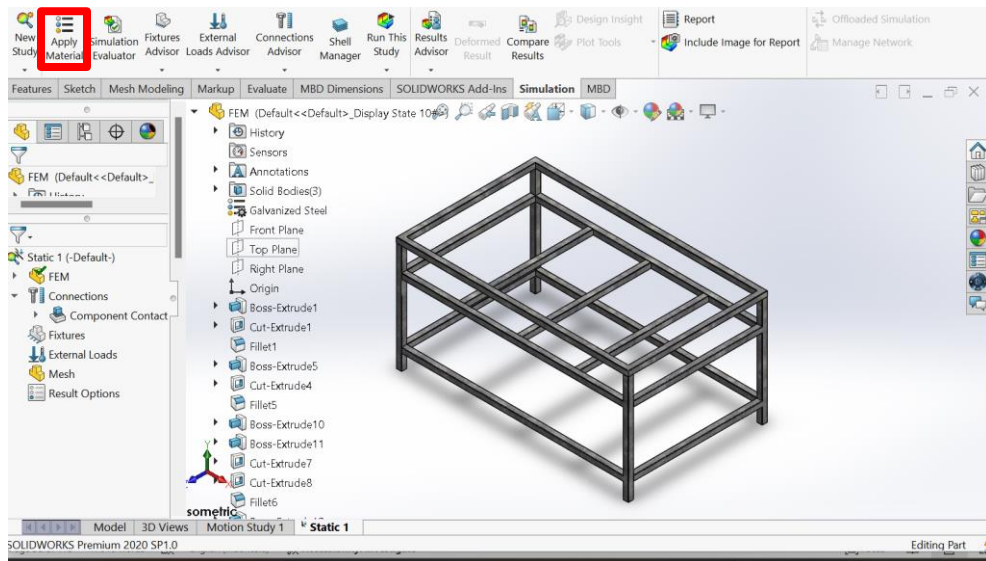
- b. Lalu aktifkan jenis simulasi pada proses pengujian, untuk kasus ini menggunakan jenis *static analysis*.

Pilih *new study* → pilih *static* → klik OK.

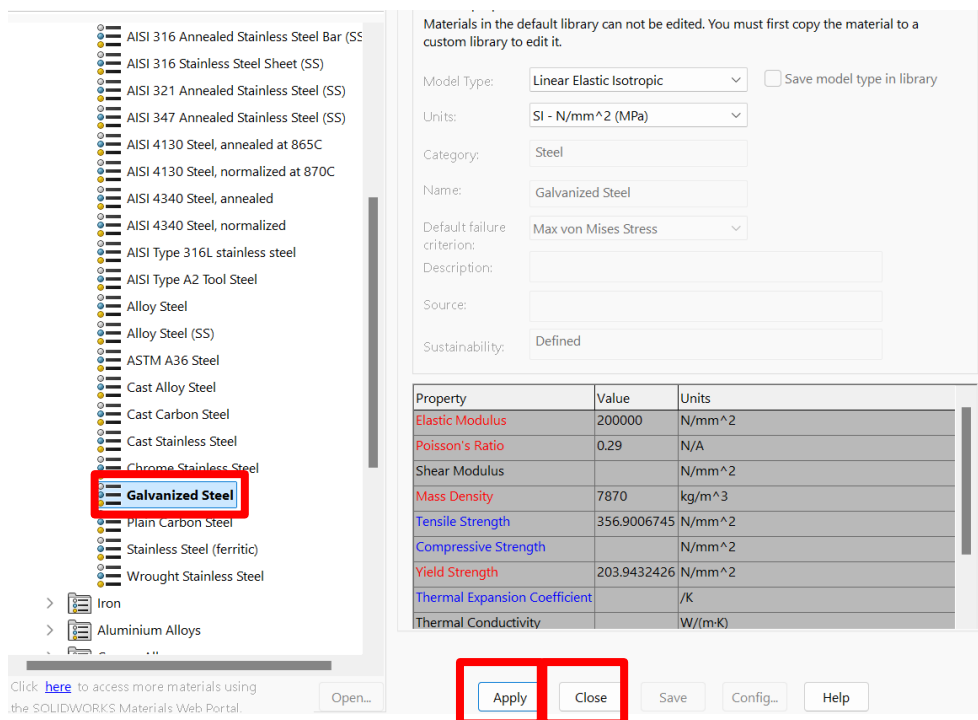


Gambar 3. 6 Jenis analisis

- c. Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan material yang digunakan pada simulasi pengujian. Material yang digunakan adalah *galvanized steel* dengan *yield strength 204 MPa*. Klik *apply material* → edit material → pilih *galvanized steel* → klik *apply* → klik *close*.

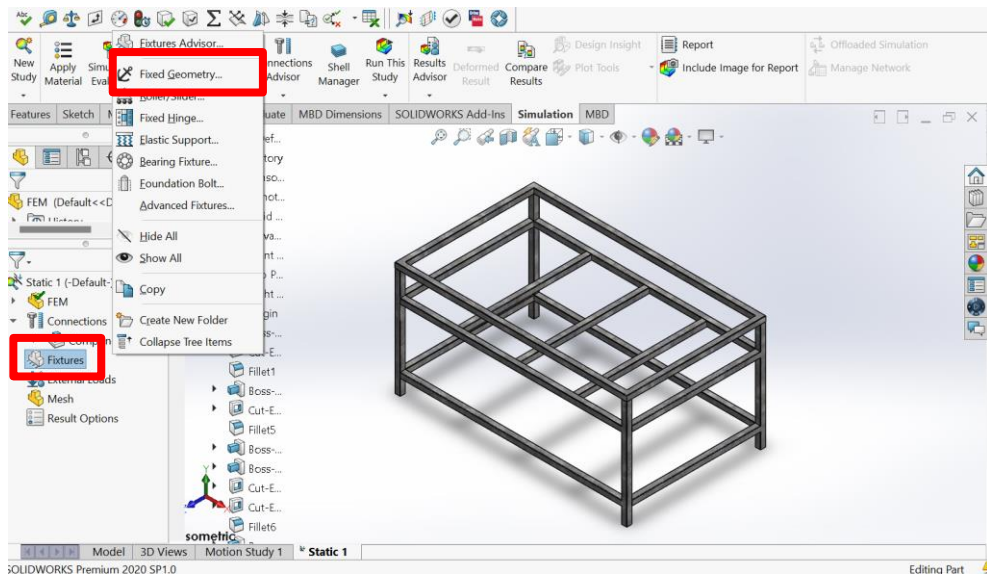


Gambar 3. 7 *Apply material*

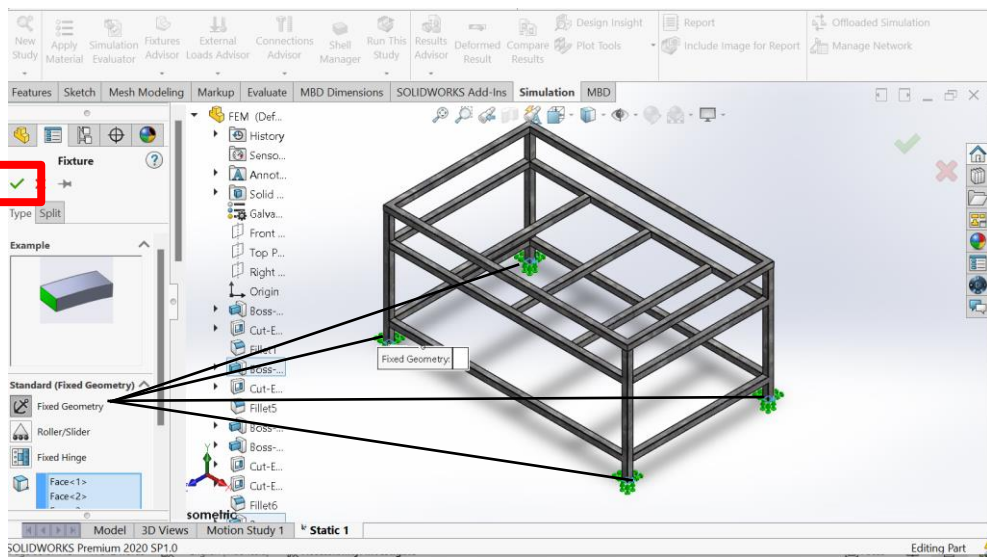


Gambar 3. 8 *Material properties galvanized steel*

- d. Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan tumpuan. Tumpuan digunakan agar komponen yang disimulasikan tidak bergerak (diam) pada bagian tertentu dan pada simulasi pengujian ini yang digunakan adalah *fixed geometry*. Klik kanan pada *fixtures* → pilih *fixed geometry* → pilih *face* → klik OK.

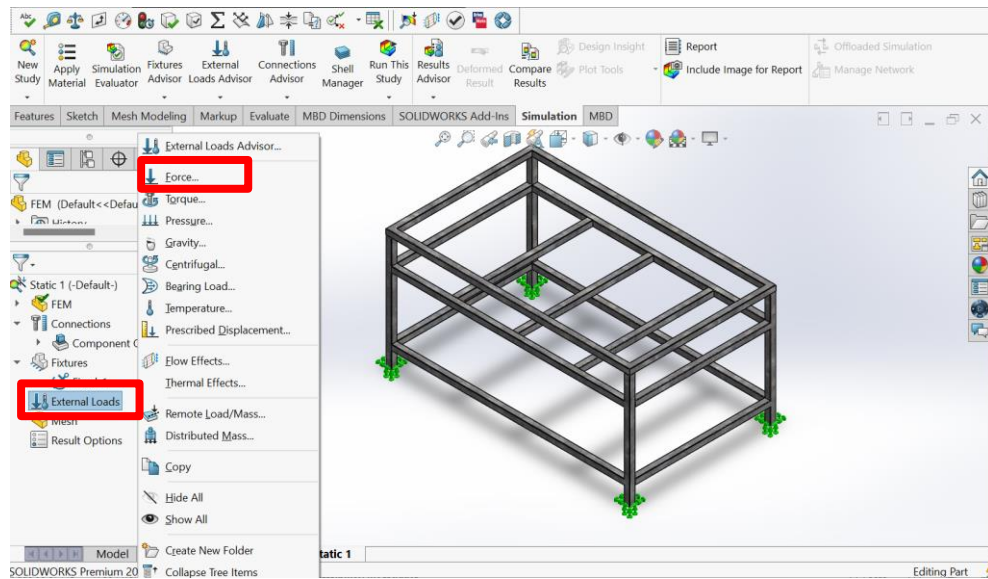


Gambar 3. 9 Fix geometry

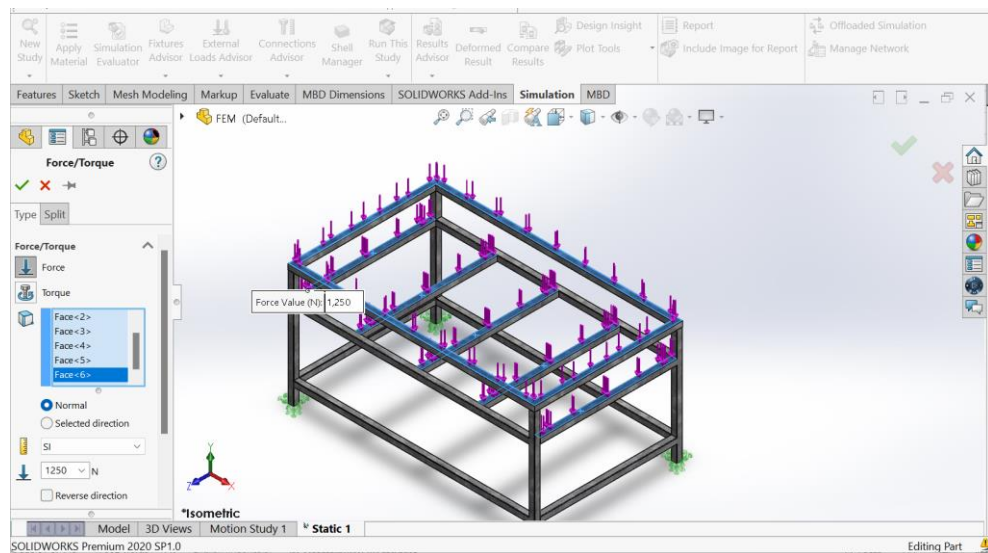


Gambar 3. 10 Face fixed geometry

- e. Langkah selanjutnya adalah mendefinisikan beban, pada simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting* yang terletak pada *face* seperti pada gambar 3.10. Klik kanan pada *external loads* → pilih *force* → pilih *face* → centang *reverse direction* untuk mengubah arah → klik OK.

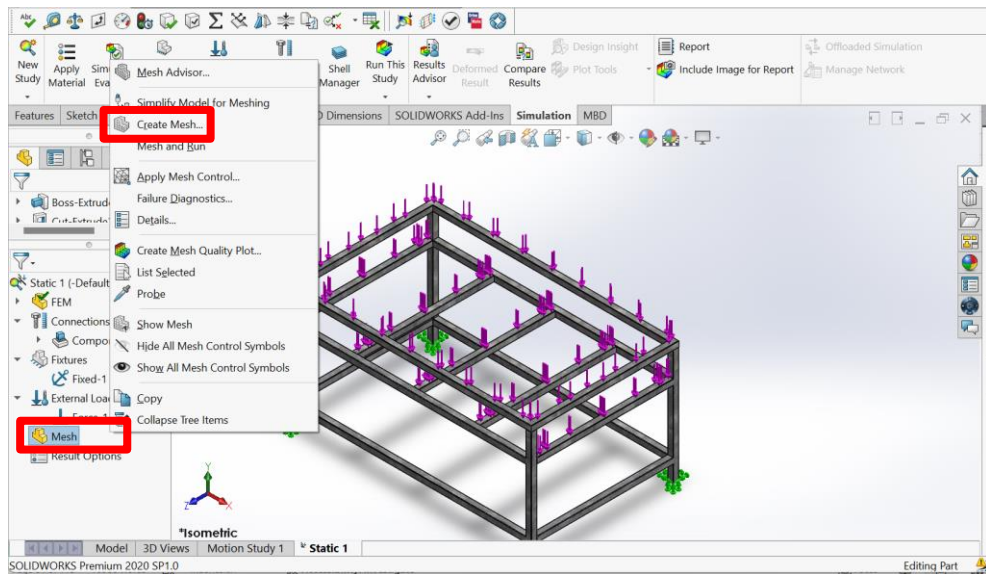


Gambar 3. 11 Pembebanan

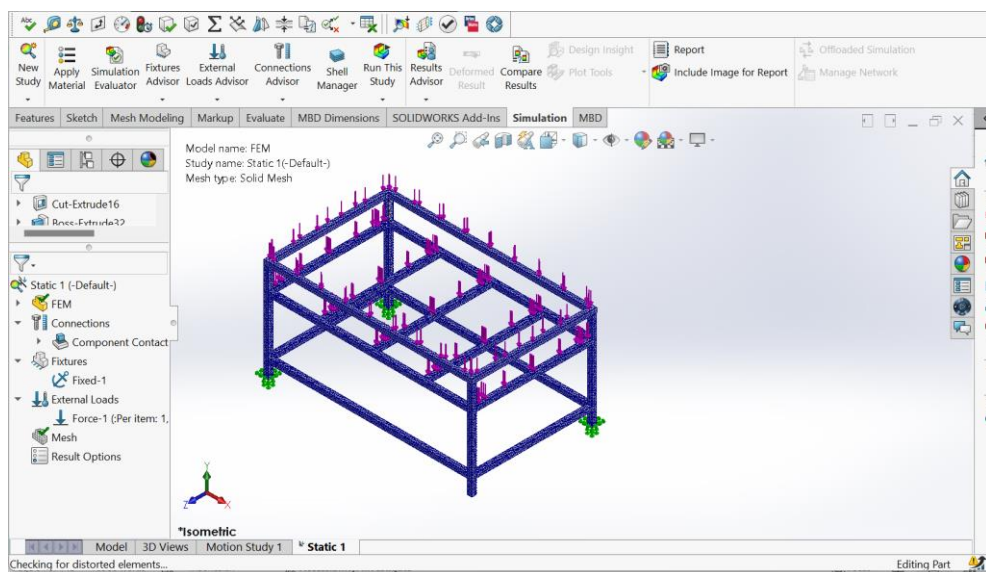


Gambar 3. 12 Area pembebanan

- f. Langkah selanjutnya yaitu *meshing* pada simulasi pengujian rangka meja mesin CNC *plasma cutting*. Proses ini memecah desain menjadi elemen-elemen kecil dan tipe elemen yang dihasilkan berupa *element solid*. Klik kanan pada *mesh* → *create mesh* → *drag mesh dencity* → klik *mesh standard* → klik OK.

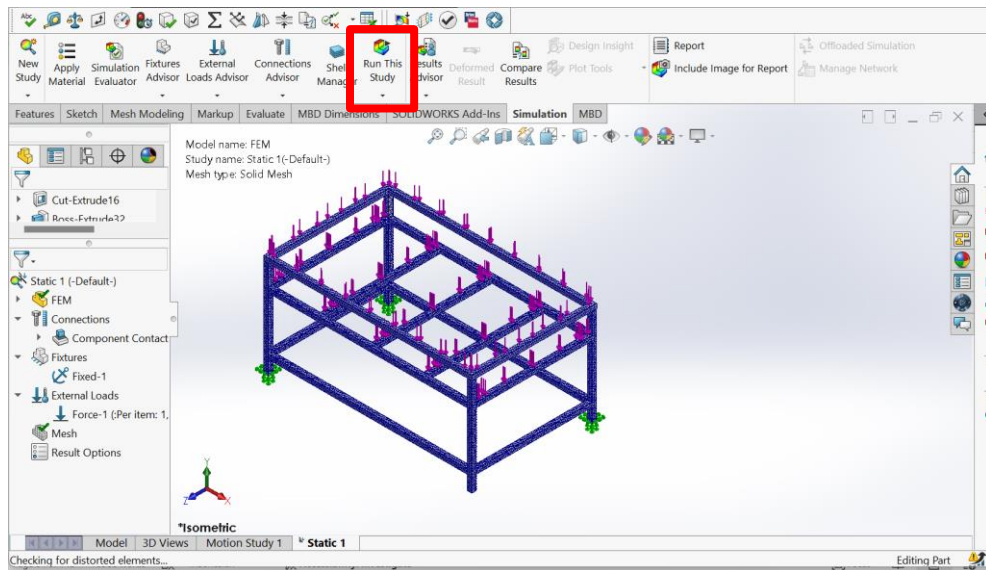


Gambar 3. 13 Create mesh



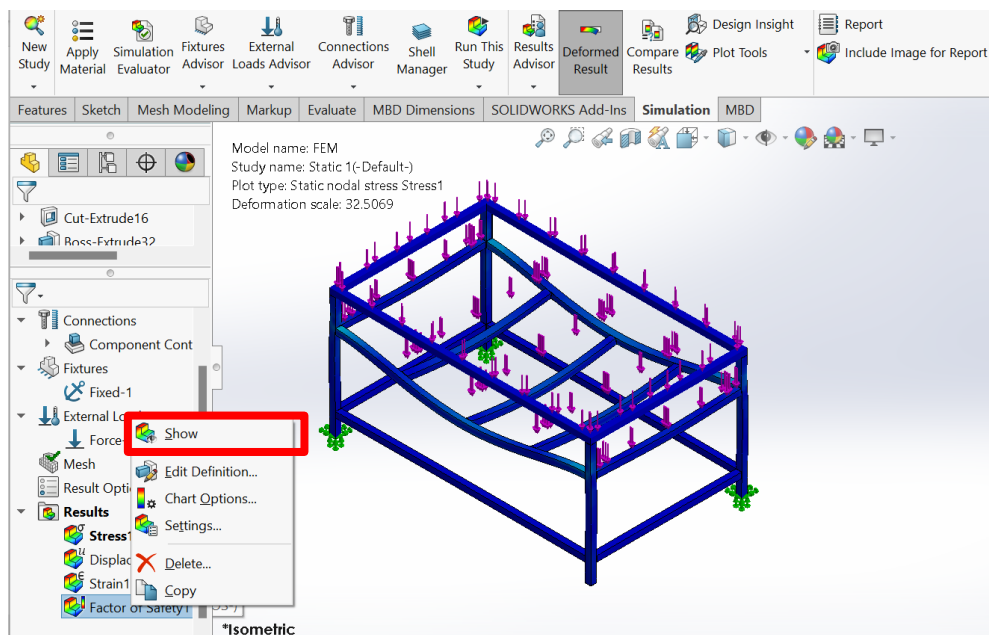
Gambar 3. 14 Meshing

- g. Setelah proses *meshing* menjadi elemen-elemen yang mempunyai nodal dan penghubung, *software* akan melakukan proses *running* menghitung semua nodal dengan metode elemen hingga (FEM). Klik *run study* untuk memulai proses kalkulasi.



Gambar 3. 15 Run study

- h. Langkah selanjutnya yaitu penampilan hasil tegangan, deformasi, dan nilai *safety factor*, klik kanan pada fitur *von mises stress*, *displacement*, dan *safety of factor* → show



Gambar 3. 16 Hasil simulasi