

PERBAIKAN STRUKTUR *GANTRY* MESIN CEDU CNC

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : RIZKI DWI ATMAJA
No. Mahasiswa : 13525060
NIRM : 2013060670

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

“ Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali secara diacu dalam penulisan naskah ini dan disebutkan sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya sanggup menerima hukuman atau sanksi sesuai hukum yang berlaku.”

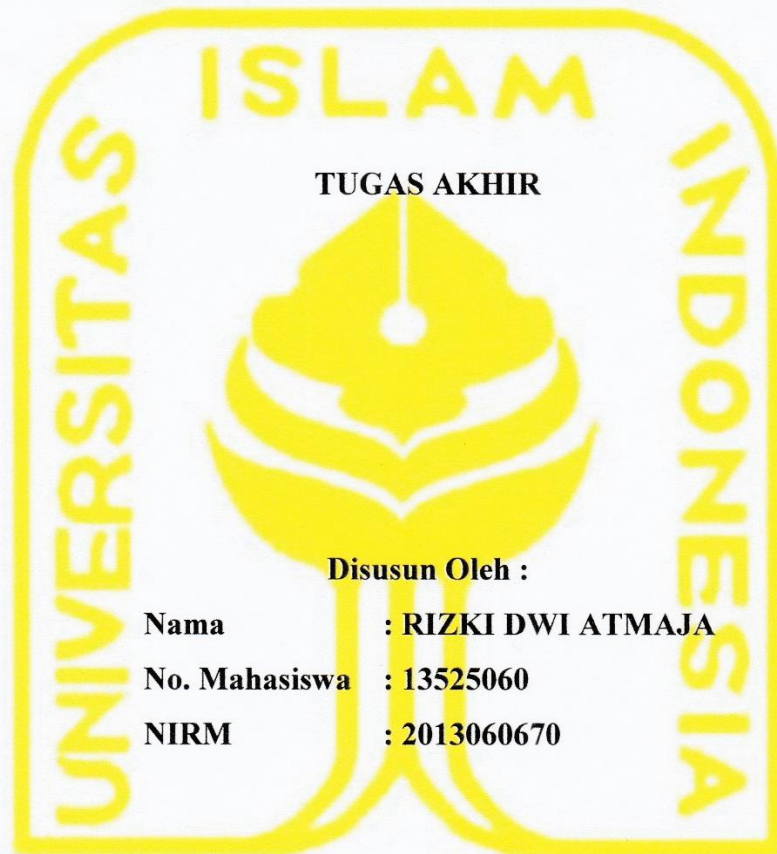
Yogyakarta, 15 Agustus 2018



Rizki Dwi Atmaja

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PERBAIKAN STRUKTUR GANTRY MESIN CEDU CNC



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : RIZKI DWI ATMAJA

No. Mahasiswa : 13525060

NIRM : 2013060670

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

Yogyakarta, 15 Agustus 2018

Pembimbing I,

A handwritten signature in black ink that reads 'Rahmat'. The signature is written in a cursive style with a large initial 'R'.

Rahmat Riza, S.T., M.Sc., M.E.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERBAIKAN STRUKTUR GANTRY MESIN CEDU CNC

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : RIZKI DWI ATMAJA

No. Mahasiswa : 13525060

NIRM : 2013060670

Tim Penguji

Rahmat Riza, S.T., M.Sc., M.E.

Ketua

Rahmat
Tanggal : 9/9/2018

Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

Anggota I

Arif
Tanggal : 7/9/2018

Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc.

Anggota II

Faisal
Tanggal : 7/9/2018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Risdiyono
Dr.Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini penulis persembahkan kepada Ayahanda Waspada dan Ibunda Roijah yang selalu memberikan dukungan moral maupun material serta do'a sehingga penulis dapat melakukan studi pendidikan hingga jenjang perguruan tinggi dan menyelesaikan tugas akhir studi Strata Satu (S1).

Kakak Arida Febriyanti yang telah memberikan motivasi dan do'a sehingga penulis selalu termotivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Teman-teman dan segenap karyawan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, semoga Allah SWT membalas segala amal perbuatan mereka AMIN.

HALAMAN MOTTO

» " Jadikanlah sabar dan sholat itu sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali orang-orang yang khusyu "

(QS : Al Baqarah : 45)

» " Sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap "

(QS : Al Insiyiqaaq : 6 - 8)

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan tugas akhir serta dapat menyelesaikan laporannya.

Laporan tugas akhir ini disusun berdasarkan apa yang telah dilakukan penulis pada saat melakukan penelitian, tugas akhir ini dilaksanakan di Ruang Pusat Studi Desain Manufaktur Produk Jewelri UII. Tugas akhir ini merupakan syarat wajib yang harus ditempuh dalam Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia untuk mendapatkan gelar Sarjana.

Dalam penyusunan laporan hasil tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan rasa terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga pelaksanaan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri teladan bagi seluruh umat manusia terutama bagi penulis.
3. Bapak Dr.Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Rahmat Riza, S.T., M.Sc., M.E., selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah membantu dan memotivasi penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr., Ir., Paryana Puspaputra M.Eng, selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktunya untuk membimbing sepenuh hati, memberikan masukan perihal tugas akhir, ilmu agama, maupun ilmu sosial.
6. Bapak Waspada, Ibu Roijah dan Kakak Arida Febriyanti yang telah memberikan dukungan serta do'anya.
7. Seluruh pihak dari ruang pusat studi desain manufaktur produk jewelri 1.09 yang telah memberikan bantuan dalam melaksanakan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis mengharapkan kritik dan sarannya.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat bagi seluruh kalangan terutama untuk para pembaca.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuhu.

Yogyakarta, 15 Agustus 2018

Penulis



Rizki Dwi Atmaja

ABSTRAK

PERBAIKAN STRUKTUR GANTRY MESIN CEDU CNC

Di industri banyak dijumpai penggunaan mesin CNC (Computer Numerical Control) dalam mendukung proses produksi. Salah satu mesin CNC yang digunakan di jurusan teknik mesin Universitas Islam Indonesia adalah mesin engraving Cedu. Ruang Pusat Sudi Desain Manufaktur Produk Jewelri 1.09 FTI UII menggunakan mesin tersebut sebagai pembuat master perhiasan.

Cedu CNC merupakan salah satu jenis mesin perkakas, dimana nilai perpindahan bentuk (displacement) yang terjadi harus seminimal mungkin, perpindahan bentuk yang terjadi pada spindle carriage Cedu CNC dapat mempengaruhi hasil produk. Beban yang bekerja timbul karena adanya gaya reaksi yang diakibatkan oleh pergerakan pahat. Penelitian ini fokus pada analisis perpindahan bentuk dan tegangan maksimal yang terjadi pada spindle carriage mesin Cedu CNC menggunakan Metode Elemen Hingga. Selain itu dilakukan pula modifikasi pengurangan material menggunakan tools topologi analisis software SolidWorks. Hasil dari analisis perpindahan bentuk awal dibandingkan terhadap hasil setelah dilakukan modifikasi pengurangan massa material.

Dari hasil pengujian didapatkan tegangan maksimal pada model awal sebesar 3.9 MPa, perpindahan bentuk pada lokasi pilihan spindle carriage sebesar 0.050mm dan perpindahan bentuk maksimal sebesar 0.062mm, sedangkan pada model modifikasi didapatkan tegangan maksimal sebesar 3.4 MPa, perpindahan bentuk pada lokasi pilihan spindle carriage sebesar 0.054mm dan perpindahan bentuk maksimal sebesar 0.065mm.

Kata kunci : *Cedu CNC, Finite Element, Analisis Statis, Topologi Analisis, Perpindahan Bentuk, Tegangan*

ABSTRACT

GANTRY'S STRUCTURE IMPROVEMENT OF CEDU CNC

There are many uses of CNC (Computer Numerical Control) machines in supporting the production process in manufacturing industry. One of the CNC machines used in the mechanical engineering department of Islamic University of Indonesia is Cedu CNC engraving machine. The Central Chamber of Manufacturing Design Studies of Jewelry Products 1.09 FTI UII uses these machines as master jewelry makers.

Cedu CNC is one of the machine tools where the displacement values that occurred must be minimal, the displacement that occurs in the Cedu CNC's spindle carriage may affect the result of the product. The work load arises because of the reaction force which caused by the chisel movement. This research focused in analyzes the displacement and maximum stress value that occurred in the CNC Cedu machine spindle using the Finite Element Method. In addition, the modifications of material reduction were made using topology analysis tools in solidworks software. The results of the initial displacement analysis are compared with the results after modification of material mass reduction.

From the test results obtained the maximum stress on the initial model is 3.9 MPa, the displacement at the chosen spindle carriage location is 0.050mm and the maximum displacement is 0.062mm, while the modification model has a maximum stress of 3.4 MPa, the displacement at the spindle carriage chosen location is 0.054mm and maximum displacement of 0.065mm.

Key words : *Cedu CNC, Finite Element, Static Analysis, Topology Analysis, Displacement, Stress*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Pernyataan Bebas Plagiarisme.....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak	ix
Abstract.....	x
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	5
2.2.1 Mesin CNC.....	5
2.2.2 <i>Aluminium Alloy 6061</i>	8
2.2.3 Uji Tarik	9
2.2.4 Statika.....	10
2.2.5 Tegangan <i>Von Mises (Von Mises Stress)</i>	11
2.2.6 Analisis Statik (<i>Static Analysis</i>)	11
2.2.7 Analisis Topologi (<i>Topology Analysis</i>).....	12

2.2.8	<i>Finite Element Method (FEM)</i>	12
2.2.9	<i>Software SolidWorks</i>	13
Bab 3	Metode Penelitian	15
3.1	Alur Penelitian	15
3.2	Konsep Desain	16
3.3	Alat dan Bahan.....	16
3.4	Observasi	16
3.5	Desain Part.....	16
3.5.1	<i>Gantry Cedu CNC</i>	17
3.5.2	<i>Spindle Carriage</i>	18
3.6	Metode Analisis (<i>Pre-Processing</i>).....	19
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	23
4.1	Hasil Pengujian	23
4.1.1	<i>Solver Solution</i>	23
4.1.2	<i>Post-Processing</i>	23
4.2	Pembahasan Hasil Simulasi	28
4.2.1	Bentuk Hasil Topologi	28
4.2.2	Perbandingan Hasil Simulasi.....	29
Bab 5	Penutup.....	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
Daftar Pustaka	32
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

Table 1 <i>Mechanical Properties</i> Al 6061	8
Table 2 Perbandingan Hasil Simulasi.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Kaidah Tangan Kanan	5
Gambar 2-2 Mesin Cedu CNC	6
Gambar 2-3 Koordinat Sumbu Cedu CNC 4-Axis	6
Gambar 2-4 Bagian Mesin Cedu CNC	7
Gambar 2-5 Bagian Mesin Cedu CNC 2	7
Gambar 2-6 Bagian Mesin Cedu CNC 3	8
Gambar 2-7 Bagian Mesin Cedu CNC 4	8
Gambar 2-8 Diagram Tegangan-Regangan	9
Gambar 2-9 SolidWorks 2018	13
Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian	15
Gambar 3-2 <i>Gantry</i> Cedu CNC	17
Gambar 3-3 Tiang <i>Gantry</i> Kanan	17
Gambar 3-4 <i>Gantry</i> Kiri	17
Gambar 3-5 <i>Gantry</i> Atas A dan B	18
Gambar 3-6 Cover <i>Gantry</i> Belakang	18
Gambar 3-7 X-Axis <i>Linear Guide Rail</i>	18
Gambar 3-8 X-Axis <i>Linear Guide Block</i>	18
Gambar 3-9 X-Axis <i>Ball Screw Shaft</i>	18
Gambar 3-10 <i>Spindle Carriage</i>	19
Gambar 3-11 Dudukan Utama <i>Spindle</i>	19
Gambar 3-12 <i>Ball Screw</i>	19
Gambar 3-13 Z-Axis <i>Linear Guide Rail</i>	19
Gambar 3-14 Desain Awal <i>Gantry</i>	20
Gambar 3-15 Analisis Statis Model <i>Gantry</i> Awal	20
Gambar 3-16 Analisis Tiang <i>Gantry</i>	21
Gambar 3-17 <i>Goals and constraints</i>	22
Gambar 3-18 <i>Manufacturing controls</i>	22
Gambar 4-1 Proses <i>Solver Solution</i>	23
Gambar 4-2 <i>Stress result</i> model <i>gantry</i> awal	24
Gambar 4-3 <i>Stress result</i> maksimal model <i>gantry</i> awal	24

Gambar 4-4 <i>Stress result</i> model <i>gantry</i> modifikasi.....	25
Gambar 4-5 <i>Stress result</i> maksimal model <i>gantry</i> modifikasi	25
Gambar 4-6 <i>Displacement result</i> model awal	26
Gambar 4-7 Lokasi Analisis Pilihan Awal	26
Gambar 4-8 <i>Displacement result</i> model <i>gantry</i> modifikasi	27
Gambar 4-9 Lokasi Analisis Pilihan Modifikasi	27
Gambar 4-10 <i>Topology Result</i>	28
Gambar 4-11 Proses Perubahan Bentuk Hasil Topologi	28
Gambar 4-12 Hasil akhir <i>assembly gantry</i> modifikasi Cedu CNC	29

DAFTAR NOTASI

σ_t = Tegangan (MPa)

F = Gaya (N)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dunia industri dan pendidikan akan banyak dijumpai penggunaan mesin CNC dalam mendukung proses produksi. Mesin CNC merupakan suatu mesin yang dikontrol oleh komputer dengan menggunakan bahasa numerik (perintah gerakan yang menggunakan angka dan huruf).

Salah satu mesin CNC yang digunakan di jurusan teknik mesin Universitas Islam Indonesia adalah mesin engraving Cedu. Mesin tersebut merupakan mesin baru yang belum ada data analisis struktur. Di Ruang Pusat Studi Desain Manufaktur Produk Jewelri 1.09 Fakultas Teknologi Industri, mesin ini digunakan untuk membuat berbagai master perhiasan (*jewelry*).

Mesin CNC merupakan salah satu jenis mesin perkakas dimana nilai perpindahan bentuk (*displacement*) yang terjadi pada mesin perkakas harus seminimal mungkin, hal ini karena perpindahan bentuk yang terjadi pada mesin perkakas dapat mempengaruhi kualitas hasil produksi. Perpindahan bentuk yang terjadi pada *spindle carriage* mesin Cedu CNC ini timbul karena adanya gaya reaksi yang dihasilkan oleh pergerakan mata pahat. Oleh karena nilai perpindahan bentuk yang terjadi pada mesin perkakas dalam hal ini mesin Cedu CNC dapat mempengaruhi kualitas hasil produksi, untuk itu penulis menganalisa nilai perpindahan bentuk dan tegangan maksimal yang terjadi pada *spindle carriage* mesin Cedu CNC menggunakan Metode Elemen Hingga, dengan model 3D CAD berdimensi sama seperti aslinya.

Selain menghitung besar nilai perpindahan bentuk yang terjadi pada *spindle carriage* mesin Cedu CNC, penelitian ini juga melakukan modifikasi pengurangan material terhadap bentuk *gantry* dengan tujuan dapat membuat CNC yang bergerak cepat, ringan, tapi masih kuat dengan tidak mengurangi kekakuan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana membuat CNC yang dapat bergerak cepat, ringan, tapi masih kuat dengan tidak mengurangi kekakuan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Software yang digunakan SolidWorks 2018.
2. Analisis yang digunakan menggunakan *tools Static Analysis* dan *Topology Analysis*.
3. Material yang digunakan *Aluminium Alloy 6061*.
4. Menjelaskan tentang perubahan bentuk (*displacement*) yang terjadi pada *spindle carriage*, sebelum dan setelah modifikasi pada tiang *gantry*.
5. Untuk keadaan struktur diansumsikan dalam keadaan statis.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan :

1. Membuat CNC yang ringan, sehingga pergerakan cepat, *power* yang bekerja rendah dan tidak mempengaruhi kekakuan.
2. Mengetahui besar nilai tegangan maksimal (*stress*) pada *gantry* Cedu CNC sebelum dan setelah modifikasi.
3. Mengetahui besar nilai perpindahan bentuk (*displacement*) yang terjadi pada *spindle carriage* mesin Cedu CNC, sebelum dan setelah modifikasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini merupakan beberapa manfaat dari penelitian yang telah dilakukan :

1. Mampu menunjukkan besar nilai *displacement* yang terjadi pada *spindle carriage* mesin Cedu CNC.
2. Hasil modifikasi *gantry* mesin Cedu CNC dapat menjadi pertimbangan untuk pengembangan mesin Cedu CNC.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini diuraikan bab demi bab yang berurutan untuk mempermudah pembahasannya. Pokok-pokok permasalahan dalam penulisan ini dibagi menjadi lima bab.

Bab I :

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir dan sistematika penulisan.

Bab II :

Berisi penjelasan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam pemecahan masalah.

Bab III :

Berisi langkah-langkah dan metode yang digunakan dalam tugas akhir.

Bab IV:

Merupakan data dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

Bab V :

Berisi kesimpulan dan saran setelah penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada tahun 1952, John Pearson dari Institut Teknologi Massachussets atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat mulai mengembangkan mesin NC (*Numerical Control*) untuk memproduksi benda kerja bentuk rumit. Dengan biaya pembuatan yang mahal, serta pemeliharaan mesin yang rumit, orang-orang membayangkan akan sulit mengembangkan mesin perkakas secara meluas. Namun sejak tahun 1975, perkembangan mesin NC sangat maju dengan pesat se-jalan dengan perkembangan teknologi *microprocessor*.

Hingga saat ini mesin NC telah berkembang menjadi mesin CNC (*Computer Numerical Control*) dimana mesin CNC tidak hanya dapat digunakan pada jenis mesin perkakas saja, namun juga dapat diterapkan pada jenis mesin non perkakas.

Penggunaan mesin CNC tidak hanya digunakan oleh kalangan industri, kalangan pendidikan juga menggunakan mesin CNC. Dengan semakin banyaknya pengguna mesin CNC maka kebutuhan akan kualitas dari hasil proses permesinan CNC pun semakin meninggi. Sehingga semakin banyak juga penelitian yang melakukan pengembangan produk CNC.

(Ramadhan, Widyanto, & Widodo, 2014) dalam penelitiannya melakukan analisis karakteristik dinamik dari material kayu sebagai material alternatif peredam getaran dari mesin CNC, yang bertujuan sebagai salah satu upaya untuk mendapatkan mesin CNC komersil yang harganya lebih terjangkau.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari dua tahapan, yang pertama adalah simulasi dengan menggunakan *software* ANSYS 14 APDL dan yang kedua adalah pengujian eksperimental.

Hasil simulasi pembebanan statis yang dilakukan adalah deformasi yang terjadi pada struktur. Pengurangan massa pada struktur berpengaruh terhadap deformasi yang terjadi pada struktur dimana struktur yang memiliki pengurangan massa yang lebih besar memiliki deformasi yang lebih besar. Hasil analisis

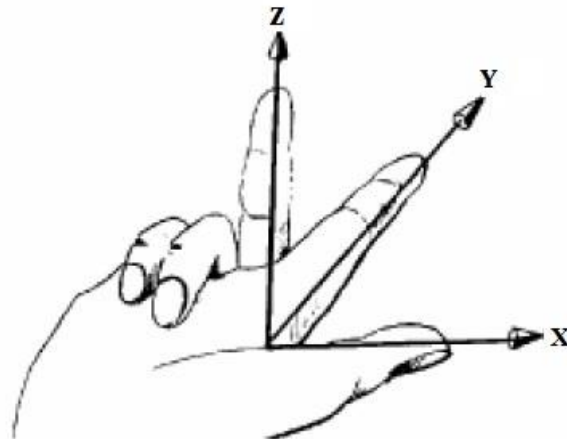
dinamik mengindikasikan bahwa faktor redaman pada setiap bagian pada struktur memiliki nilai yang sama dan besarnya implus tidak berpengaruh terhadap besarnya faktor redaman struktur.

2.2 Dasar Teori

Dalam melakukan analisis, penulis menggunakan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan pada penelitian.

2.2.1 Mesin CNC

Mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*) merupakan salah satu perkakas yang banyak dipakai dalam dunia industri manufaktur yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol menggunakan komputer dengan menggunakan bahasa numerik (data perintah dengan kode angka, huruf dan simbol sesuai standar ISO).



Gambar 2-1 Kaidah Tangan Kanan

Sumbu mesin CNC memegang peranan penting karena menentukan gerakan pahat *relative* terhadap benda kerja. Standar ISO 841 mendefinisikan sistem koordinat kartesian bagi gerakan pahat tiga sumbu utama X, Y, Z dan (sumbu) putaran A, B, C. Arah gerakan translasi positif mengikuti kaidah tangan kanan dan putaran positif mengikuti kaidah sekrup ulir kanan.

Sumbu Z direferensikan pada poros utama atau spindel mesin. Sumbu X ditetapkan sejajar dengan arah memanjang meja mesin dan dipilih orientasinya horizontal. Orientasi dan arah positif sumbu Y ditetapkan menurut kaidah tangan

kanan (setelah sumbu Z dan X ditentukan). Arah positif sumbu putar A, B dan C ditentukan sesuai dengan kaidah sekrup ulir kanan yaitu putaran positif membuat sekrup bergerak translasi searah dengan gerakan positif sumbu translasinya X, Y dan Z (Widarto, 2008).



Gambar 2-2 Mesin Cedu CNC

Sumber : (Prasetyo, 2017)

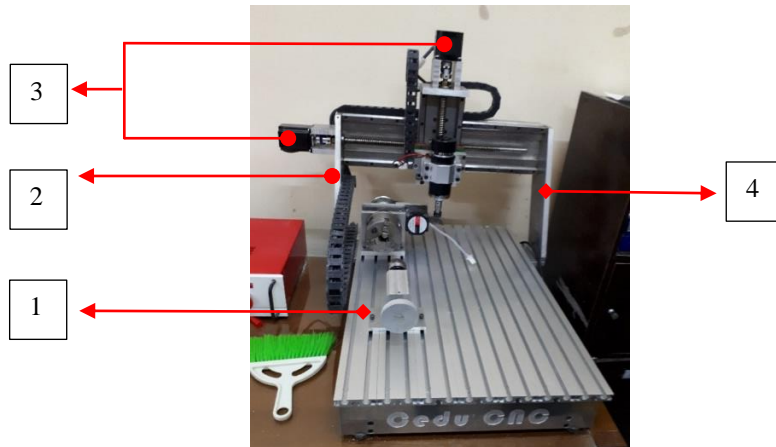
Gambar 2-2 merupakan mesin Cedu CNC. Mesin ini digunakan di Jurusan Teknik Mesin UII dan Ruang Pusat Studi Desain Manufaktur Produk Jewelri 1.09 FTI UII. Untuk koordinat sumbu mesin Cedu CNC dapat dilihat pada Gambar 2-3 dibawah ini :



Gambar 2-3 Koordinat Sumbu Cedu CNC 4-Axis

Sumber : (Prasetyo, 2017)

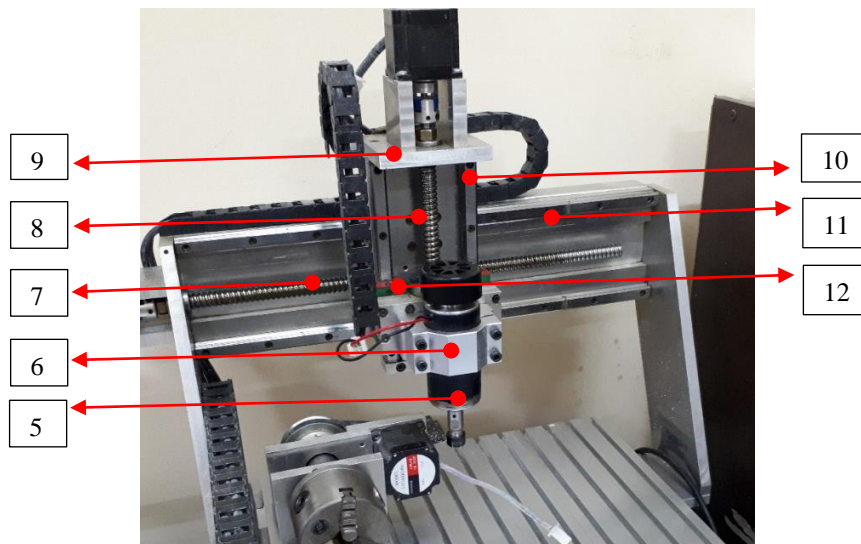
Mesin Cedu CNC memiliki beberapa bagian Gambar 2-4 menunjukkan bagian-bagian tersebut.



Gambar 2-4 Bagian Mesin Cedu CNC

Keterangan :

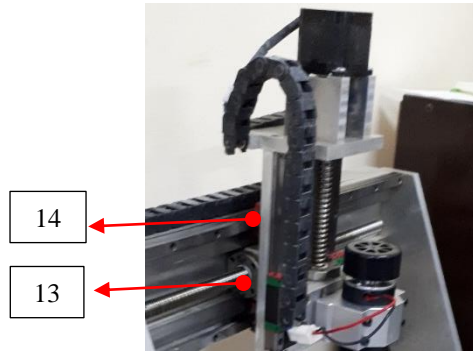
- | | | | | | |
|---|---|---------------------------|---|---|--------------------------|
| 1 | : | Meja Kerja | 3 | : | Motor <i>Stepper</i> |
| 2 | : | Tiang <i>Gantry</i> Kanan | 4 | : | Tiang <i>Gantry</i> Kiri |



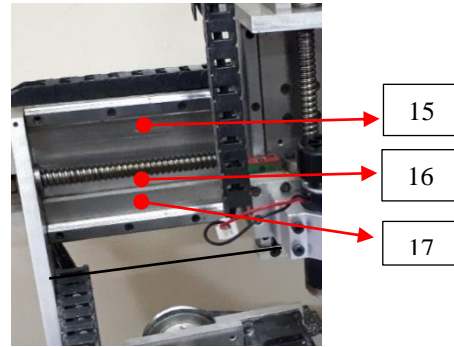
Gambar 2-5 Bagian Mesin Cedu CNC 2

Keterangan :

- | | | | | | |
|---|---|--------------------------------|----|---|----------------------------------|
| 5 | : | <i>Spindle</i> | 9 | : | <i>Spindle Carriage</i> |
| 6 | : | <i>Spindle Holder</i> | 10 | : | <i>Z-Axis Linear Guide Rail</i> |
| 7 | : | <i>X-Axis Ball Screw Shaft</i> | 11 | : | <i>X-Axis Linear Guide Rail</i> |
| 8 | : | <i>Z-Axis Ball Screw Shaft</i> | 12 | : | <i>Z-Axis Linear Guide Block</i> |



Gambar 2-6 Bagian Mesin Cedu
CNC 3



Gambar 2-7 Bagian Mesin Cedu
CNC 4

Keterangan :

13	:	<i>Ball Screw</i>	16	:	<i>Cover Gantry</i>
14	:	<i>X-Axis Linear Guide Block</i>	17	:	<i>Tiang Gantry Atas B</i>
15	:	<i>Tiang Gantry Atas A</i>			

2.2.2 Aluminium Alloy 6061

Table 1 *Mechanical Properties Al 6061*

<i>Properties</i>	<i>Value / Units</i>
<i>Tensile strength</i>	124 MPa
<i>Elastic Modulus</i>	69000 MPa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33
<i>Yield Strength</i>	55 MPa
<i>Mass Density</i>	2700 kg/m ³
<i>Shear Modulus</i>	26000 MPa

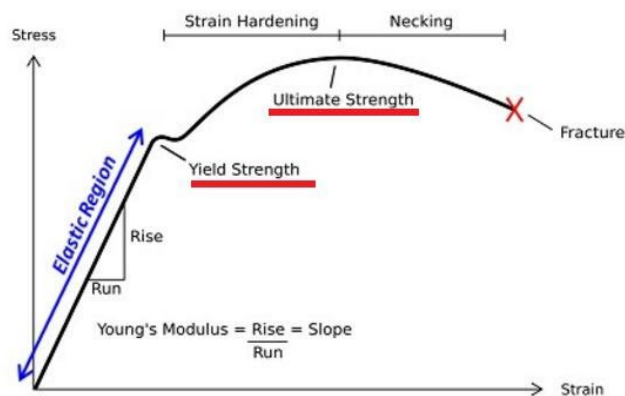
Aluminium merupakan salah satu material yang banyak ditemukan. Salah satu keunggulan dari *aluminium* yang membuatnya banyak digunakan dalam industri adalah kemudahan dalam mencampurkannya dengan bahan lain. *Aluminium* yang sudah dicampur bahan lain ini disebut *aluminium* paduan atau *aluminium alloy*. Ada begitu banyak jenis *aluminium* paduan, salah satunya adalah *aluminium alloy 6061*. Table 1 menunjukkan sifat mekanik (*mechanical properties*) *aluminium alloy 6061*.

2.2.3 Uji Tarik

Merupakan salah satu jenis pengujian yang dilakukan untuk dapat mengetahui sifat-sifat bahan teknik.

2.2.3.1 Yield Strength

Yield Strength (kekuatan luluh) adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisnya. Luluh yang terjadi pada suatu material jika tegangan desain melebihi kekuatan luluhnya. Tegangan desain dapat ditentukan dari kriteria *Von Mises* yang merupakan persamaan yang didapat dengan metode elemen hingga (Nipun, 2015).



Gambar 2-8 Diagram Tegangan-Regangan

2.2.3.2 Safety Factor

Agar tercapai suatu desain aman elemen struktural, ditentukan suatu faktor keamanan, yaitu perbandingan tegangan patah (*failure stress*) terhadap tegangan ijin. Umumnya, di dalam banyak desain seperti baja struktural dan aluminium, tegangan maksimum (*yield stress*) dianggap sebagai tegangan patah. Meskipun baja atau aluminium belum benar patah (*rupture*) pada titik ini, deformasi yang cukup signifikan terjadi pada titik ini.

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{\text{tegangan maksimum}}{\text{tegangan ijin}}$$

Karena faktor keamanan dan tegangan ijin tidaklah berhubungan dan tergantung pada banyak faktor, nilainya akan berkisar 1,5 sampai 20. Logam ulet (*ductile metals*) seperti baja yang dikenakan beban statis, faktor keamanan adalah 1.5. Untuk logam yang getas (*brittle metals*) misalnya besi cor atau kayu yang dikenakan beban kejut atau dampak, faktor keamanan adalah 20 berdasarkan tegangan maksimum bahan (Ach. Muhib Zainuri, 2008).

Dobrovolsky dalam buku *Machine Elements* membagi Faktor Keamanan (*safety factor*) berdasarkan jenis beban, yaitu sebagai berikut :

1. Beban Statis : 1,25 – 2.
2. Beban Dinamis : 2 - 3.
3. Beban Kejut : 3 – 5.

2.2.4 Statika

(Ach. Muhib Zainuri, 2008) Statika adalah ilmu tentang semua benda yang tetap, yang statis. Ilmu statika mempelajari keseimbangan gaya dengan gaya-gaya tersebut dalam keadaan diam.

1. Gaya

Gaya didefinisikan sebagai tarikan atau dorongan yang bekerja pada sebuah benda yang dapat mengakibatkan perubahan gerak. Pada statika memperhatikan dua jenis gaya yaitu gaya luar dan gaya dalam.

- a. Gaya luar/eksternal merupakan gaya-gaya yang sumbernya berada diluar sistem yang diamati.
- b. Gaya dalam/internal merupakan gaya-gaya yang berada didalam sistem yang diamati.

2. Pembebanan Luar

- a. Beban terpusat, merupakan pembebanan yang hanya bekerja pada satu titik dengan arah dan besaran tertentu.
- b. Beban merata, merupakan pembebanan yang bekerja pada daerah tertentu.
- c. Momen, merupakan pembebanan yang bekerja dengan arah putaran.

3. Tumpuan

- a. Tumpuan sendi, memberikan dua reaksi, yaitu reaksi vertikal dan horizontal. Tumpuan engsel memberikan ruang untuk gerak berputar tanpa ada pergerakan horizontal atau vertikal.
- b. Tumpuan rol, memberikan reaksi tegak-lurus terhadap permukaan kontak. Tumpuan ini memberikan ruang untuk pergerakan horizontal dan putaran (*rotational*), tanpa ada pergerakan kearah vertikal.
- c. Tumpuan jepit, memberikan reaksi vertikal, horizontal, dan momen sehingga tidak memberikan ruang untuk gerak vertikal, horizontal, dan momen.

2.2.5 Tegangan Von Mises (*Von Mises Stress*)

Teori tegangan maksimum menyatakan bahwa kegagalan akan terjadi bila tegangan utama maksimum dalam suatu komponen mencapai nilai tegangan maksimum pada batas elastis. Teori ini digunakan untuk memprediksi kegagalan material getas. Namun, pada benda elastis yang berlaku beban tiga dimensi, tegangan kompleks bakal terjadi, yang terjadi bahwa pada setiap titik di dalam benda ada tekanan yang bekerja dalam berbagai arah, Kriteria Von Mises menghitung apakah kombinasi tegangan pada titik tertentu akan menyebabkan kegagalan. Tegangan Von Mises juga disebut sebagai tegangan setara atau ekuivalen (Lasinta Ari Nendra Wibawa, 2018).

2.2.6 Analisis Statik (*Static Analysis*)

Analisis statik adalah disiplin teknik yang menentukan tegangan pada material dan struktur yang mengalami gaya atau beban statis maupun dinamis. Tujuan analisis biasanya untuk menentukan apakah elemen atau kumpulan elemen, yang biasanya disebut sebagai struktur atau komponen, dapat dengan aman menahan kekuatan dan beban yang telah ditentukan. Kondisi ini dapat tercapai saat tegangan yang ditentukan dari gaya yang diaplikasikan kurang dari kekuatan luluh material dalam menahan beban (Lasinta Ari Nendra Wibawa, 2018).

2.2.7 Analisis Topologi (*Topology Analysis*)

Analisis topologi merupakan sebuah *tool* yang tersedia pada *software* SolidWorks 2018. Tujuan utama analisis topologi adalah melakukan pengurangan biaya (*cost reduction*) pada sebuah part dengan melakukan pengurangan berat. Hasil akhirnya produk diharapkan mendapatkan geometri yang optimal dengan berat seringan mungkin tetapi tetap kuat dalam menahan beban.

2.2.8 Finite Element Method (FEM)

Finite Element Analysis (FEA) adalah teknik numerik matematis untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur teknik (Lasinta Ari Nendra Wibawa, 2018).

Prosedur *finite element analysis* secara garis besar terdiri dari :

1. *Preprocessing*, meliputi pembuatan geometri, penentuan jenis material yang dipakai, beban, jenis tumpuan yang digunakan, *meshing* dan lain-lain.
2. *Solve Solution*, proses ini merupakan langkah perhitungan analisis dari subjek dengan cara perhitungan *element per perelement* pada *meshing system*. Langkah perhitungan yang dilakukan secara otomatis oleh komputer dengan menggunakan model matematika lanjut, Rumus Diferensial atau *laplace* serta rumus *matriks*.
3. *Post processing*, merupakan fasilitas untuk melihat hasil simulasi yang telah dilakukan.

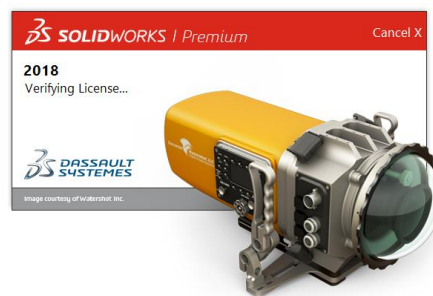
Analisis *software* yang biasa dilakukan sebagai cara untuk mengetahui kekuatan dari sebuah desain adalah :

1. *Stress analysis* (tegangan) adalah besaran yang menunjukkan gaya internal antar partikel dari suatu bahan terhadap partikel lainnya. Seperti contoh, batang padat vertikal yang menyokong beban, setiap partikel dari batang mendorong partikel lainnya yang berada di atas dan dibawahnya. Gaya makroskopik yang terukur sebenarnya merupakan rata-rata dari sejumlah besar tumbukan dan gaya antar molekul di dalam batang tersebut.
2. *Displacement analysis* (perpindahan bentuk) hasil perpindahan menunjukkan bentuk model yang cacat dari representasi skala, berdasarkan kondisi beban spesifik. Kegunaan hasil perpindahan untuk menentukan

lokasi dan luasnya komponen yang akan ditekuk dan berapa banyak gaya yang dibutuhkan untuk menekuk model dengan jarak tertentu (Lasinta Ari Nendra Wibawa, 2018).

3. *Strain analysis* (regangan) merupakan perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula pada daerah elastis, besarnya tegangan berbanding lurus dengan regangan. Perbandingan antara tegangan dan regangan benda disebut modulus elastisitas.

2.2.9 Software SolidWorks



Gambar 2-9 SolidWorks 2018

SolidWorks adalah salah satu dari produk Dassault System Corp, yang diperuntukkan untuk *engineering desain and drawing*. Prinsip dasar penggunaan SolidWorks tidak jauh berbeda dengan 3D *parametric software* lainnya seperti Autodesk Inventor dan Catia.

Beberapa kelebihan dari SolidWorks tersebut di antaranya:

1. Memiliki kemampuan *parametric solid modeling*, yaitu kemampuan untuk melakukan desain serta pengeditan dalam bentuk *solid model* dengan data yang telah tersimpan dalam *database*. Dengan adanya kemampuan tersebut desainer/*engineer* dapat direvisi atau modifikasi desain yang ada tanpa harus mendesain ulang sebagian atau secara keseluruhan.
2. Memiliki kemampuan *animation*, yaitu kemampuan untuk menganimasikan suatu *file assembly* mengenai jalannya suatu alat yang telah di-*assembly* dan dapat disimpan dalam *file AVI*.
3. Memiliki kemampuan *automatic create technical 2D drawing* serta *bill of material* dan tampilan *shading* dan *rendering* pada *layout*.

4. Material atau bahan yang memberikan tampilan suatu *part* tampak lebih nyata.

5. Kapasitas *file* yang lebih kecil.

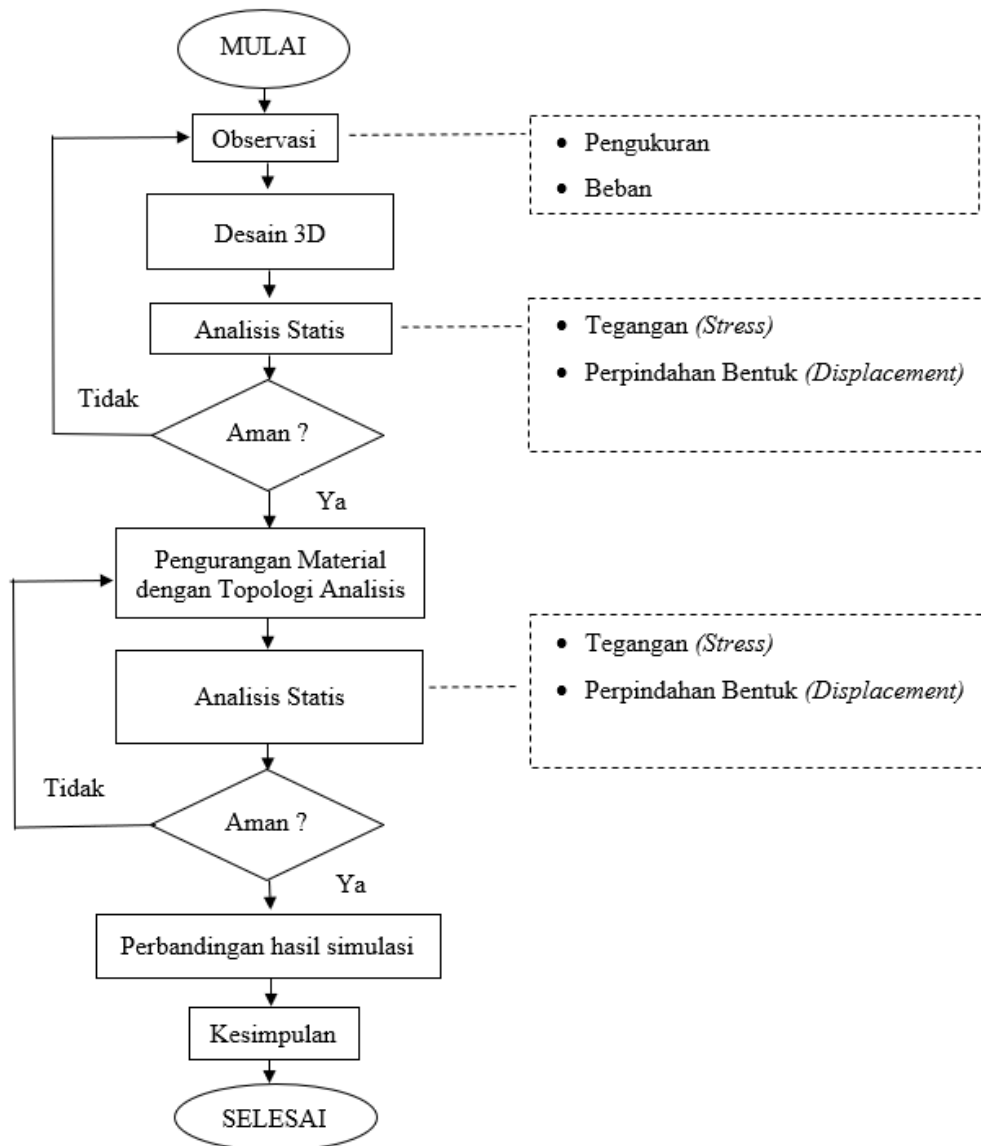
Dari beberapa kelebihan tersebut maka pemakaian SolidWorks sangat memberikan keuntungan dari segi efisiensi serta efektivitas waktu untuk produktivitas pekerjaan yang akan dilakukan (Hidayat, 2013).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dapat ditunjukkan pada diagram alur penelitian.



Gambar 3-1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Konsep Desain

Konsep desain yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Kaku
2. Kokoh
3. Cepat
4. Ringan

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan berfungsi untuk mendukung menyelesaikan tugas akhir yang dilakukan. Dalam tugas akhir ini alat berupa perangkat lunak (*software*) yang digunakan adalah SolidWorks 2018 karena tugas akhir ini berfokus pada analisis. Adapun alat-alat fisik (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Meteran.
2. Mistar.
3. Jangka sorong.
4. Timbangan *massa*.
5. Akrilik 5mm.
6. Pahat endmill 3mm.

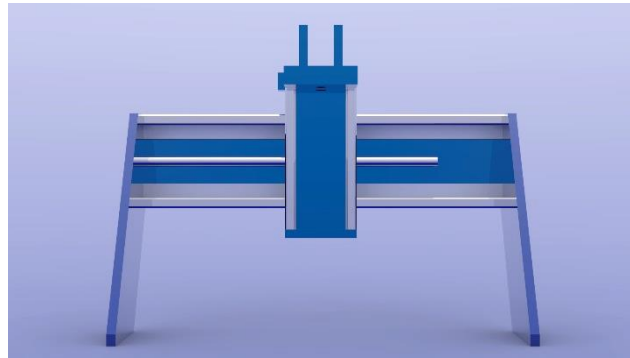
3.4 Observasi

Pada tahap observasi ini penulis melakukan pengukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi *part* mesin Cedu CNC dengan menggunakan mistar. Setelah pengukuran dimensi selesai, penulis melakukan pengukuran terhadap besar gaya reaksi pada mesin CNC Cedu hingga didapatkan hasil sebesar 196N.

3.5 Desain Part

Untuk melakukan analisis statis dan analisis topologi, maka dibutuhkan model 3D dari *gantry* Cedu CNC, model-model tersebut terdiri dari beberapa *part* yang bisa dilihat pada bagian subbab 3.5.1. dan 3.5.2.

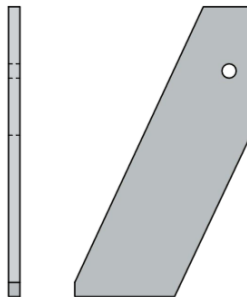
3.5.1 Gantry Cedu CNC



Gambar 3-2 Gantry Cedu CNC

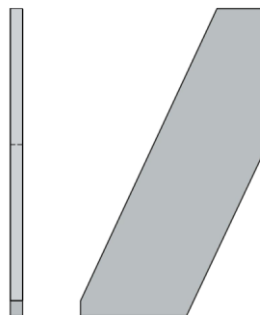
Gantry merupakan penopang utama dalam menahan beban yang dihasilkan oleh *spindle carriage* dan reaksi sumbu-Z. *Gantry Cedu CNC* terdiri dari beberapa bagian yaitu :

a. Tiang *Gantry* Kanan



Gambar 3-3 Tiang *Gantry* Kanan

b. Tiang *Gantry* Kiri



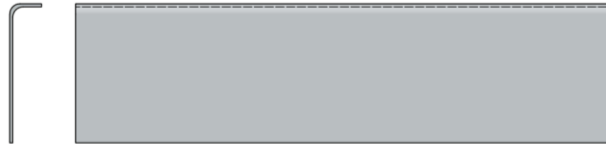
Gambar 3-4 Gantry Kiri

c. **Tiang *Gantry* Atas A dan B**



Gambar 3-5 Gantry Atas A dan B

d. **Cover Gantry**



Gambar 3-6 Cover Gantry Belakang

e. ***X*-Axis Linear Guide Rail**



Gambar 3-7 *X*-Axis Linear Guide Rail

f. ***X*-Axis Linear Guide Block**



Gambar 3-8 *X*-Axis Linear Guide Block

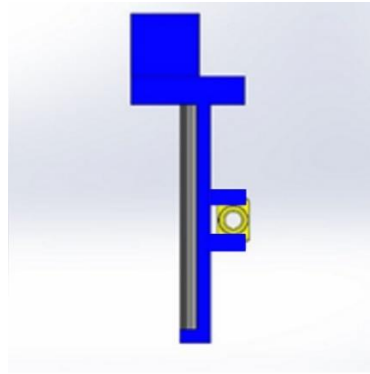
g. ***X*-Axis Ball Screw Shaft**



Gambar 3-9 *X*-Axis Ball Screw Shaft

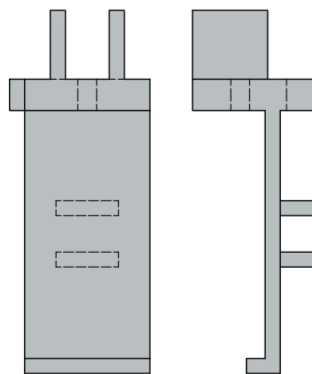
3.5.2 *Spindle Carriage*

Spindle Carriage merupakan bagian yang berfungsi sebagai pemindah *spindel* dengan arah sumbu-X.



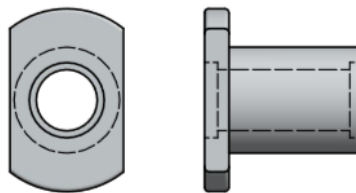
Gambar 3-10 *Spindle Carriage*

a. Dudukan utama *Spindle*



Gambar 3-11 *Dudukan Utama Spindle*

b. *Ball Screw*



Gambar 3-12 *Ball Screw*

c. *Z-Axis Linear Guide Rail*

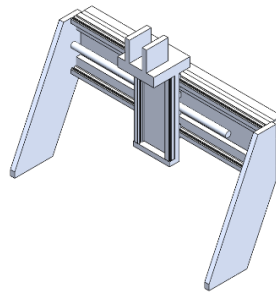


Gambar 3-13 *Z-Axis Linear Guide Rail*

3.6 Metode Analisis (*Pre-Processing*)

Merupakan tahapan pemilihan jenis analisis, pembuatan model, pemberian beban, tumpuan, *meshing*, jenis material dan kondisi batas lainnya yang diperlukan.

1. Desain Model *Gantry* awal



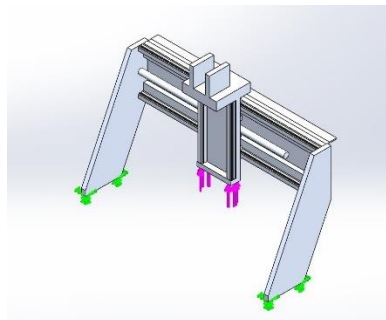
Gambar 3-14 Desain Awal *Gantry*

Gambar 3-14 merupakan model *gantry* awal dari mesin Cedu CNC, model tersebut diperlukan untuk dapat melakukan analisis statis dan analisis topologi.

2. Analisis Model *Gantry*

Tahapan analisis yang dilakukan yaitu : analisis model *gantry* awal, analisis topologi dan analisis model *gantry* modifikasi.

a. Analisis model *gantry* awal



Gambar 3-15 Analisis Statis Model *Gantry* Awal

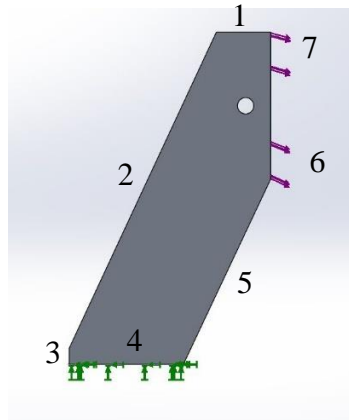
Pengujian model *gantry* awal ini menggunakan *static analysis*, dimulai dengan pemberian kondisi batas agar model diharapkan memiliki kondisi yang hampir sama dengan *gantry* aslinya. Kondisi batas tersebut diantaranya adalah :

- Beban : 196N
- Jenis tumpuan : Jepit
- Jenis material : *Aluminium Alloy 6061*

Terlihat pada gambar diatas warna hijau merupakan letak tumpuan yang berada di bagian bawah tiang *gantry*, warna merah muda

merupakan letak beban yang berada pada bagian bawah *spindle carriage*, bagian bawah *spindle carriage* ini dipilih karena gaya reaksi dari motor *spindle* diansumsikan mengenai bagian tersebut yang merupakan titik kritis. Beban diansumsikan bernilai 196N, 196N didapatkan dari hasil pengujian tes *drill* menggunakan mata pahat 3mm, material akrilik.

b. Analisis Topologi



Gambar 3-16 Analisis Tiang Gantry

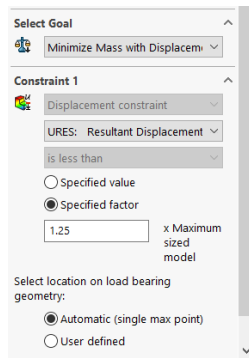
Analisis topologi hanya dapat dilakukan pada satu *part* saja, oleh karena itu tiang *gantry* dipilih untuk dilakukan pengurangan material menggunakan analisis topologi karena dimensi tiang merupakan dimensi yang memiliki ukuran lebih besar dibandingkan part lainnya, sehingga diharapkan pengurangan material dapat dilakukan semaksimal mungkin.

Pada Gambar 3-16 warna hijau menentukan letak tumpuan, jenis tumpuan yang dipilih adalah jepit. Warna merah muda menunjukkan beban momen. Beban momen dipilih karena dapat mewakili gaya reaksi dari motor *spindle* yang terjadi searah sumbu-Z dan sumbu-Y pada mesin Cedu CNC.

Untuk kondisi batas lainnya adalah sebagai berikut :

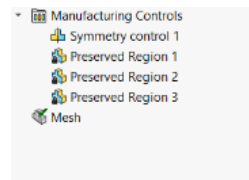
1. *Goals and Constraints*

Pada *goals and constraints* dipilih minimize *Mass with Displacement constraint*.



Gambar 3-17 Goals and constraints

2. Manufacturing Controls



Gambar 3-18 Manufacturing controls

Pada *manufacturing controls* dipilih kondisi batas *symmetry control* dan *preserved region*. Fungsi *symmetry control* agar hasil akhir dapat berbentuk simetris. Sedangkan *preserved region* berfungsi membatasi lokasi yang tidak boleh dihilangkan. Untuk *symmetry control* diberikan pada bagian tengah tiang *gantry* searah sumbu YZ mesin Cedu CNC. Diberikan 3 batas *preserved region* yaitu pada lubang jalur *x-axis ball screw shaft* sedalam 10mm, garis tepi 1-5 sedalam 10mm dan garis tepi 6 dan 7 (tiang *gantry* atas A dan B) sedalam 30mm pada Gambar 3-16.

c. Analisis model *gantry* modifikasi

Bentuk hasil analisis topologi pada tiang *gantry*, kemudian dilakukan penggabungan kembali (*assembly*) pada model *gantry* Cedu CNC. Setelah dilakukan penggabungan model baru tersebut kemudian dilakukan penganalisan statis kembali dengan kondisi batas yang sama pada analisis model *gantry* awal.

BAB 4

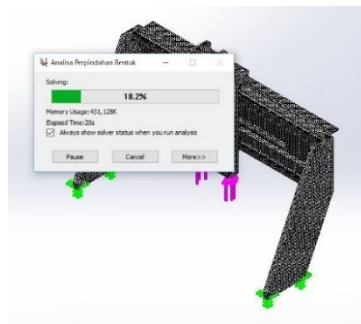
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian diperoleh dari proses *solver solution*, proses tersebut merupakan perhitungan yang dilakukan otomatis oleh komputer. Setelah proses *solver solution* berhasil, maka *software CAE* akan menampilkan hasil perhitungan, proses ini biasa disebut sebagai *post-processing*.

4.1.1 Solver Solution

Merupakan proses perhitungan yang dilakukan oleh komputer, informasi dari model dan kondisi batas yang diberikan dibaca oleh komputer sebagai model matematika lanjut, rumus *differential* serta rumus *matriks*.



Gambar 4-1 Proses *Solver Solution*

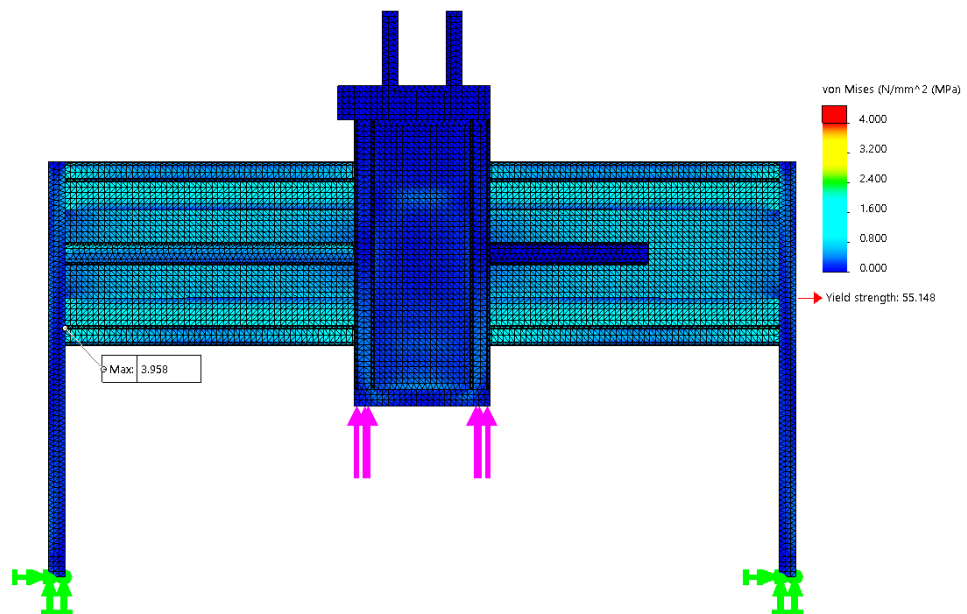
4.1.2 Post-Processing

Merupakan hasil yang ditampilkan pada komputer setelah proses *solver solution* berhasil. Berikut ini merupakan hasil yang ingin ditampilkan :

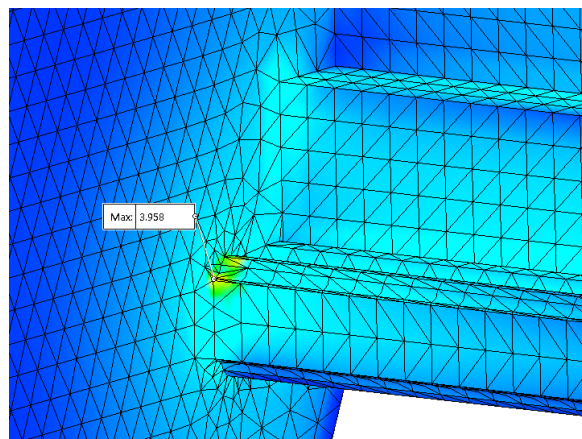
1. *Stress Result* (Tegangan)
2. *Displacement Result* (Perpindahan Bentuk)
3. *Topology Result*

4.1.2.1 Stress Result

1. Stress result pada model gantry awal



Gambar 4-2 Stress result model gantry awal

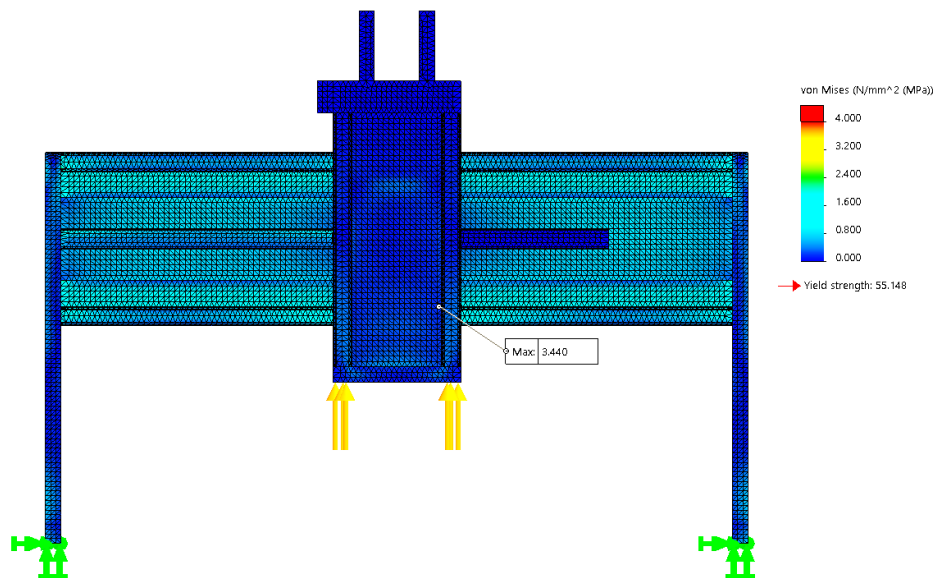


Gambar 4-3 Stress result maksimal model gantry awal

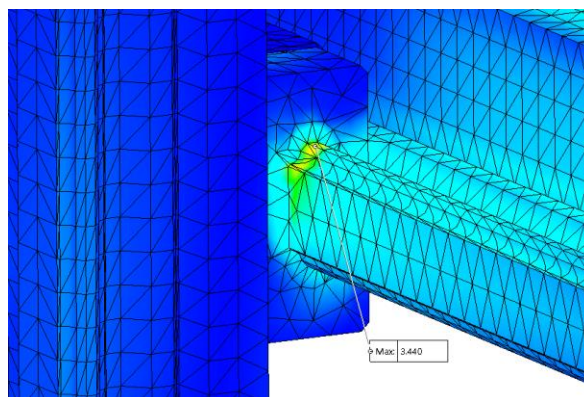
Menunjukkan area tegangan material yang diterima *part* dari beban yang telah diberikan. Besarnya tegangan (*stress*) yang terjadi pada lengan disimbolkan dengan warna-warna, warna biru menunjukkan tegangan yang terjadi dilokasi tersebut kecil, warna hijau dan kuning tegangan yang terjadi berukuran sedang dan warna merah menunjukkan tegangan yang terjadi dilokasi tersebut maksimal. Untuk lebih jelasnya legenda pada Gambar 4-2 menunjukkan besar tegangan dengan simbol warna yang mewakilinya pada bagian *part* yang disimulasikan.

Pada Gambar 4-3 terlihat lokasi tegangan maksimal berada di sambungan antara *X-Rail Linear Guide* dan tiang *gantry* kanan dengan nilai sebesar 3.958 MPa. Hal ini terjadi karena sambungan tersebut merupakan bagian awal yang terkena beban dari *spindle carriage* yang terkena beban reaksi. Jika dilihat secara detail lokasi yang memiliki tegangan besar berada disetiap sudut sambungan *part*.

2. *Stress result* pada model *gantry* hasil modifikasi topologi analisis



Gambar 4-4 *Stress result* model *gantry* modifikasi

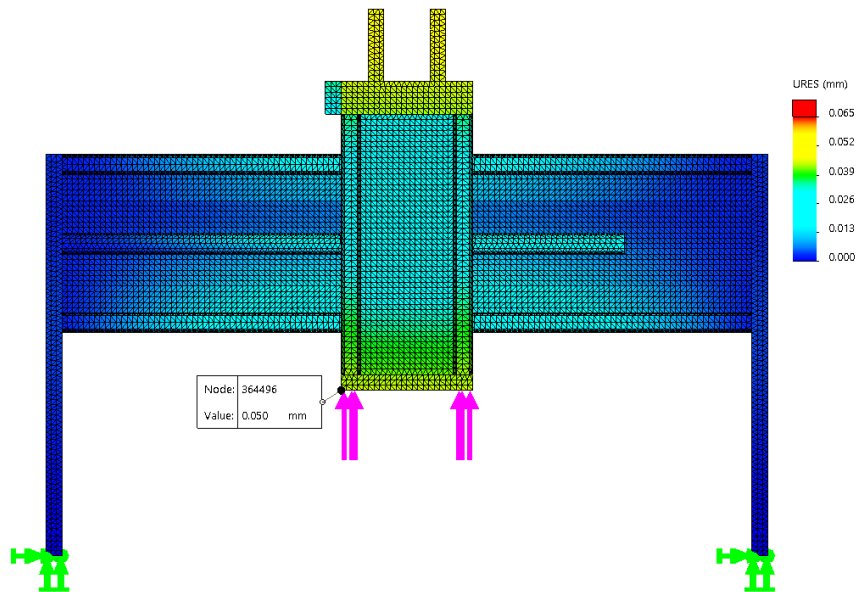


Gambar 4-5 *Stress result* maksimal model *gantry* modifikasi

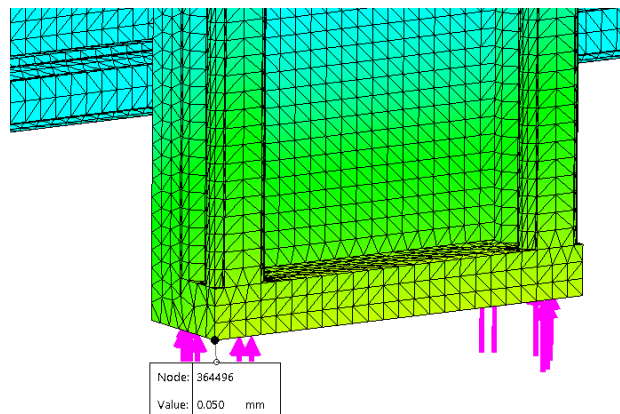
Tegangan maksimal pada model *gantry* modifikasi didapatkan sebesar 3.440 MPa.

4.1.2.2 Displacement Result

1. Displacement result pada model gantry awal



Gambar 4-6 Displacement result model awal



Gambar 4-7 Lokasi Analisis Pilihan Awal

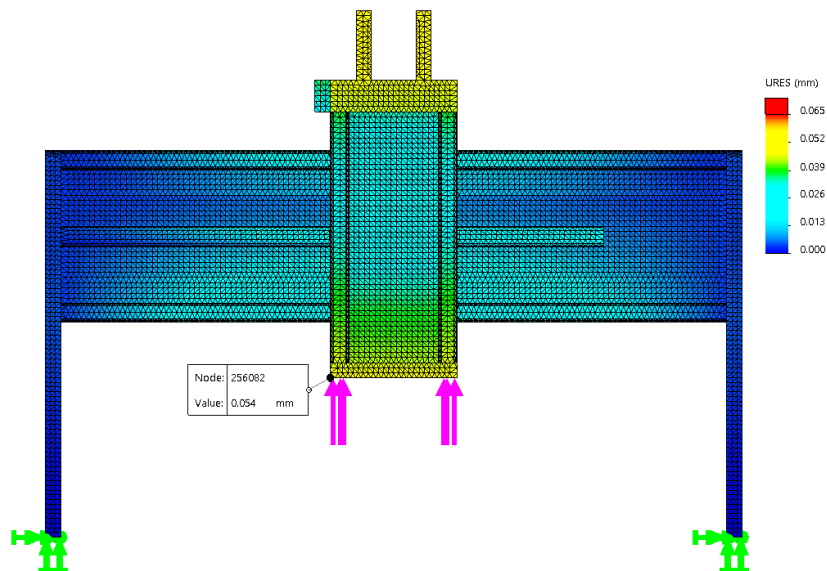
Displacement adalah perpindahan bentuk yang dikenai gaya. Untuk *displacement* pada gantry Cedu CNC lokasi yang dianalisis ditetapkan pada lokasi yang ditunjukkan oleh Gambar 4-7. Lokasi tersebut dipilih karena berada dibagian bawah *spindle carriage* dimana lokasi tersebut merupakan lokasi awal yang terkena beban, sehingga lokasi tersebut diansumsikan berada pada lokasi kritis.

Warna-warna pada Gambar 4-6 menunjukkan besarnya nilai perpindahan bentuk (*displacement*) pada setiap lokasi tersebut. Warna biru

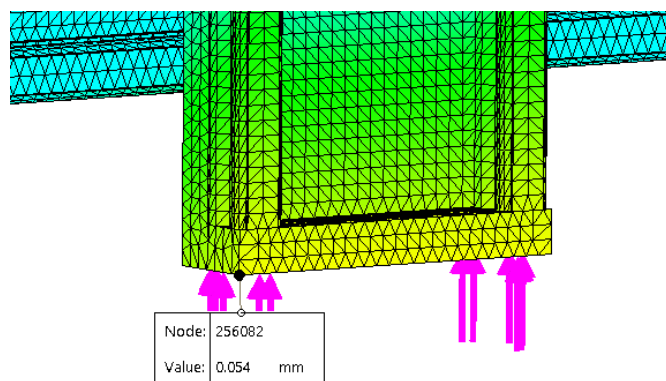
menunjukkan besarnya perpindahan bentuk yang terjadi berkisar antara 0 - 0.013mm, warna kuning menunjukkan kisaran 0.052mm, dan warna merah menunjukkan letak perpindahan bentuk maksimal yaitu sebesar 0.062 .

Untuk besar nilai perpindahan pada lokasi terpilih didapatkan nilai sebesar 0.050mm .

2. *Displacement result* pada model *gantry* hasil modifikasi topologi analisis



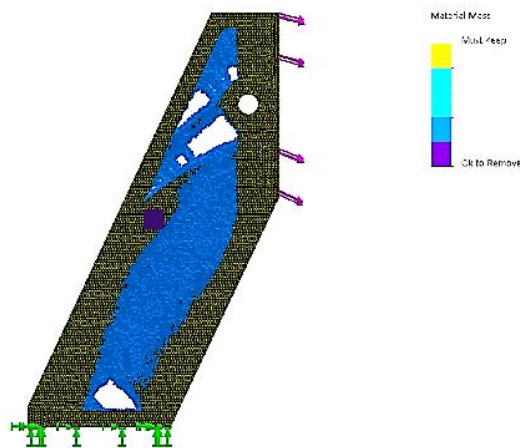
Gambar 4-8 *Displacement result* model *gantry* modifikasi



Gambar 4-9 Lokasi Analisis Pilihan Modifikasi

Untuk besar nilai perpindahan bentuk (*displacement*) model *gantry* modifikasi pada lokasi terpilih didapatkan nilai sebesar 0.054mm.

4.1.2.3 Topology Result

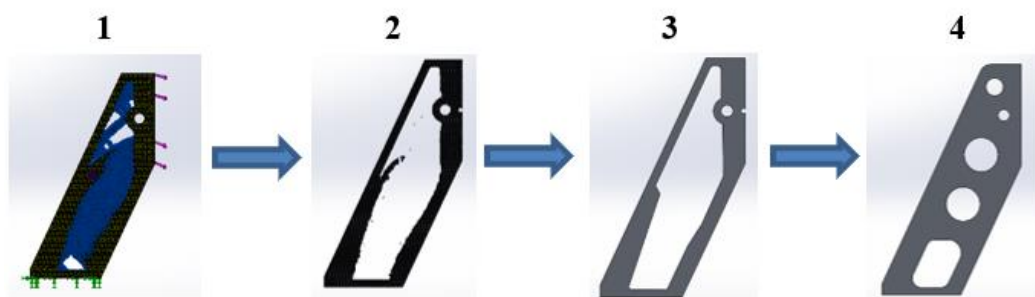


Gambar 4-10 Topology Result

Warna-warna pada Gambar 4-10 menunjukkan daerah yang dapat dilakukan maupun tidak dapat dilakukan pengurangan material sesuai dengan simbol warna yang mewakilinya. Warna kuning merupakan daerah yang tidak boleh mengalami pengurangan material. Warna biru hingga ungu merupakan daerah yang dapat dilakukan pengurangan material.

4.2 Pembahasan Hasil Simulasi

4.2.1 Bentuk Hasil Topologi

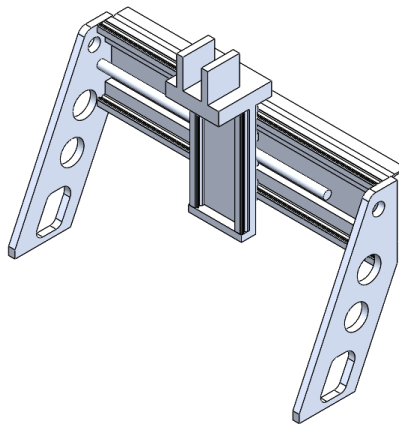


Gambar 4-11 Proses Perubahan Bentuk Hasil Topologi

Gambar 4-11 menunjukkan proses perubahan bentuk yang dilakukan pada simulasi topologi analisis. Langkah pertama yang ditunjukkan oleh nomor satu pada Gambar 4-11 merupakan hasil perhitungan topologi analisis, hasil itu kemudian dilakukan pengurangan berat maksimal sehingga menjadi *deformed body* yang ditunjukkan oleh nomor dua, bentuk *deformed body* tersebut dibuat

model desain 3D seperti yang terlihat pada nomor tiga. Jika diperhatikan proses nomor tiga pada Gambar 4-11 memiliki bentuk yang kurang ideal untuk digunakan pada mesin CNC, hal ini karena pertimbangan sebuah mesin perkakas harus memiliki sifat kekakuan untuk dapat menahan beban statis dan dinamis yang bekerja pada mesin Cedu CNC. Untuk itu perlu dilakukan verifikasi hasil model modifikasi tiang *gantry* secara manual. Proses nomor empat pada Gambar 4-11 merupakan hasil verifikasi manual yang telah dilakukan, dimana pemilihan daerah ditinjau pada daerah yang diizinkan untuk dihilangkan.

Hasil akhir *assembly gantry* Cedu CNC dapat dilihat pada Gambar 4-12 dibawah ini :



Gambar 4-12 Hasil akhir *assembly gantry* modifikasi Cedu CNC

4.2.2 Perbandingan Hasil Simulasi

Table 2 Perbandingan Hasil Simulasi

No	Nama		Metode		
			<i>Stress (vonMises)</i>	<i>Displacement</i> pada lokasi pilihan <i>Spindle Carriage</i>	<i>Massa</i>
1.	Nilai Maksimal	Model <i>gantry</i> awal	3.958 MPa	0.050 mm	6747.60 gram
		Model <i>gantry</i> modifikasi	3.440 MPa	0.054 mm	6317.86 gram

2.	Tegangan Ijin Bahan 55 MPa	% selisih terhadap nilai tegangan maksimal model <i>gantry</i> awal	92.8 %	-	-
		% selisih terhadap nilai tegangan maksimal model <i>gantry</i> modifikasi	93.7 %	-	-
3.	Batas perpindahan bentuk 0.055 mm	Nilai selisih terhadap perpindahan bentuk <i>gantry</i> awal	-	0.005 mm	-
		Nilai selisih terhadap perpindahan bentuk <i>gantry</i> modifikasi	-	0.001 mm	-
4.	Persentase Perubahan	Tegangan model awal dan modifikasi	13 %	-	-
		Perpindahan bentuk model awal dan modifikasi	-	8 %	-
		<i>Massa</i>	-	-	6.3 %
5.	Keterangan		Aman	Aman	Berkurang

Safety Factor :

1. Tegangan model *gantry* awal :

$$Safety\ Factor = \frac{55\ MPa}{3.958\ MPa \times 1.5} = \frac{55\ MPa}{5.937\ MPa} = 9.2$$

2. Tegangan model *gantry* modifikasi :

$$Safety\ Factor = \frac{55\ MPa}{3.440\ MPa \times 1.5} = \frac{55\ MPa}{5.16\ MPa} = 10.6$$

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. CNC yang ringan berhasil dibuat, sehingga pergerakan cepat, power yang bekerja rendah, dengan kekakuan yang masih dalam batas aman.
2. Tegangan (*stress*) maksimal yang terjadi pada model *gantry* awal sebesar 3.9 MPa, tegangan (*stress*) maksimal yang terjadi pada model *gantry* modifikasi sebesar 3.4 MPa.
3. Perpindahan bentuk (*displacement*) yang terjadi pada *spindle carriage* dari model *gantry* awal sebesar 0.050mm, perpindahan bentuk yang terjadi pada *spindle carriage* dari model *gantry* modifikasi sebesar 0.054mm.

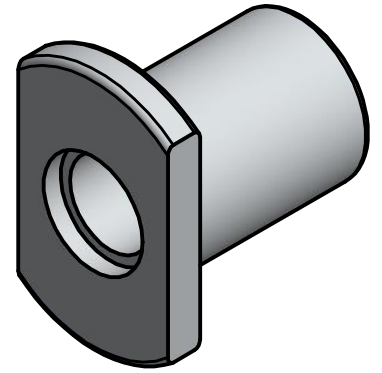
5.2 Saran

Sebaiknya penelitian yang akan datang melakukan simulasi dinamik pada struktur *gantry*.

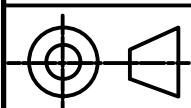
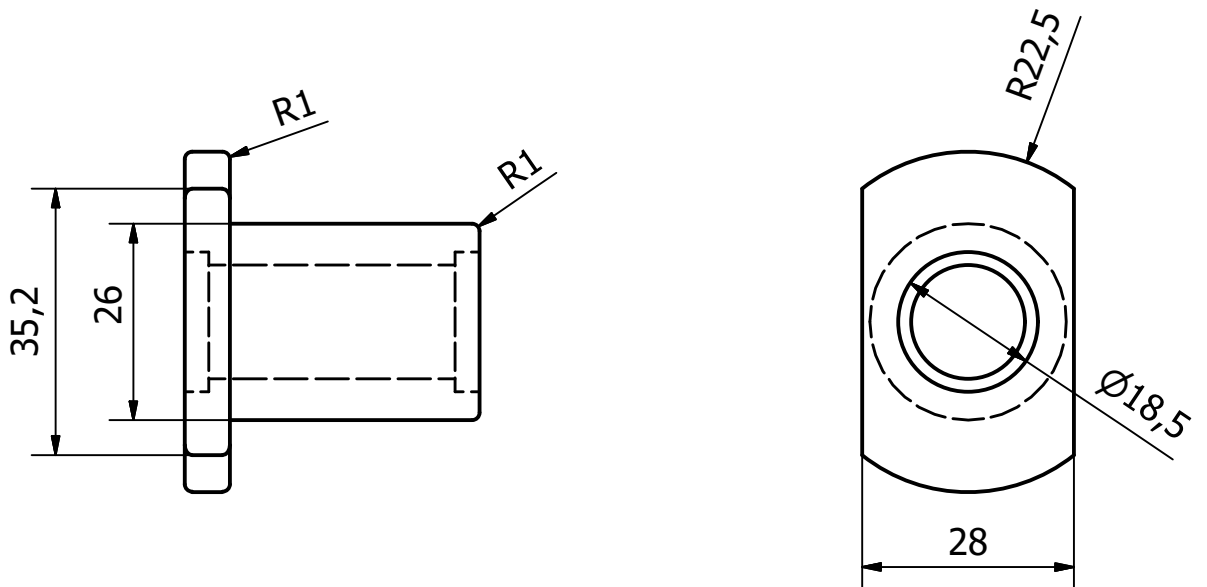
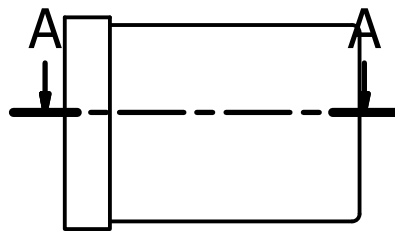
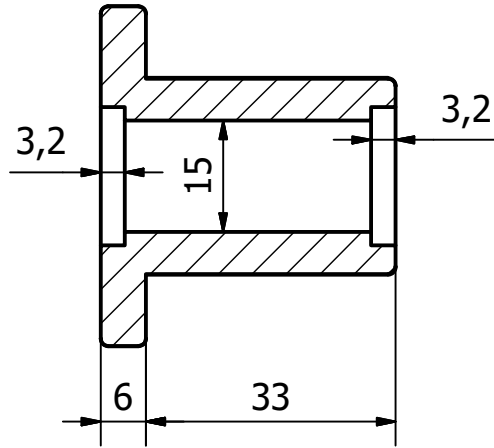
DAFTAR PUSTAKA

- Ach. Muhib Zainuri, S. (2008). *Kekuatan Bahan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Hidayat, N. (2013). *SolidWorks 3D DRAFTING AND DESIGN*. Bandung: Informatika Bandung.
- Lasinta Ari Nendra Wibawa, S. (2018). *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Solo: bukuKatta.
- Nipun. (2015, Oktober 14). *Difference Between Yield Strength and Tensile Strength*. Diambil kembali dari PEDIAA: <http://pediaa.com/difference-between-yield-strength-and-tensile-strength/>
- Prasetyo, F. D. (2017). *Desain dan Pembuatan Suvenir Berupa Gantungan Kunci Bermotif UII*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin UII.
- Ramadhan, A. H., Widyanto, S. A., & Widodo, A. (2014). Simulasi Defleksi Beban Statis dan Analisis Perilaku Damping Konstruksi Kayu Untuk Pengembangan Bed Mesin Perkakas. *Journal Teknik Mesin S-1*, 3.
- Widarto. (2008). *Teknik Permesinan Jilid 2 untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

LAMPIRAN



A-A (1 : 1)



Skala : 1:1

Satuan : mm

Tanggal :

Nama : Rizki Dwi Atmaja

Nim : 13525060

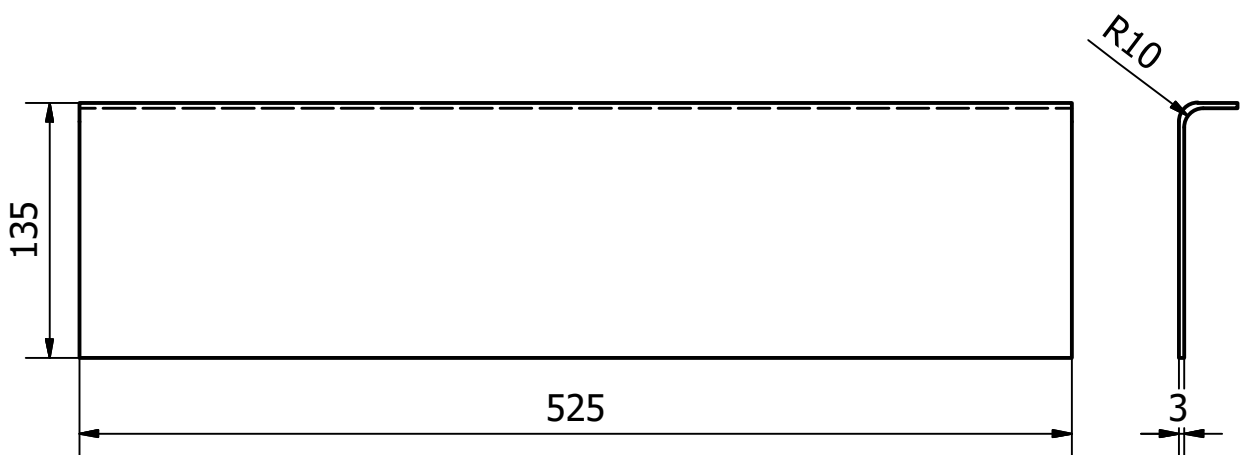
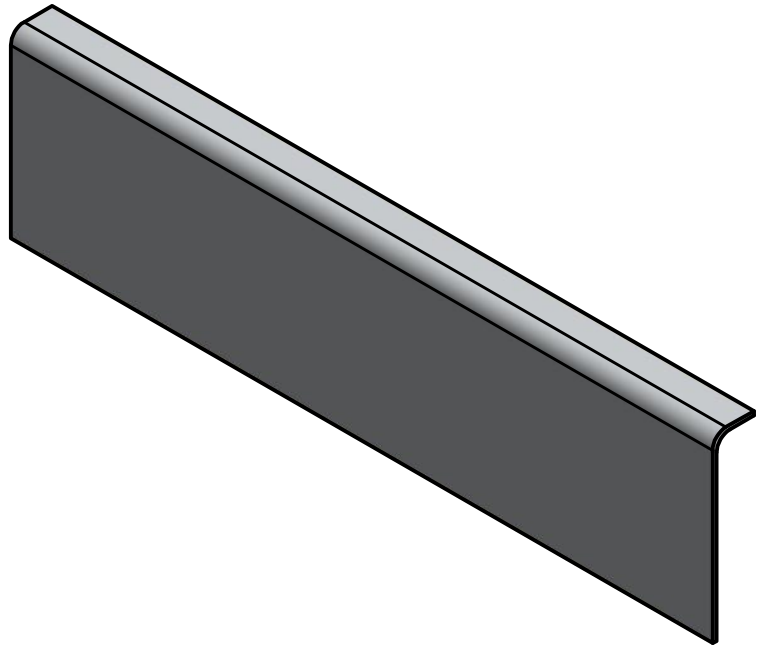
Diperiksa :

Keterangan :

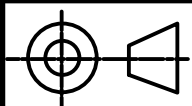
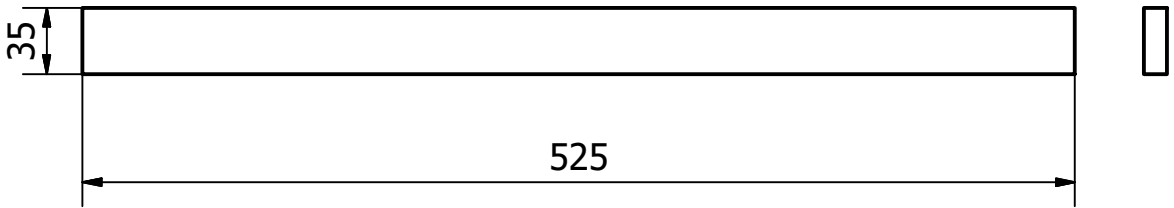
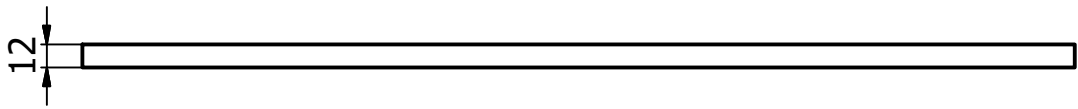
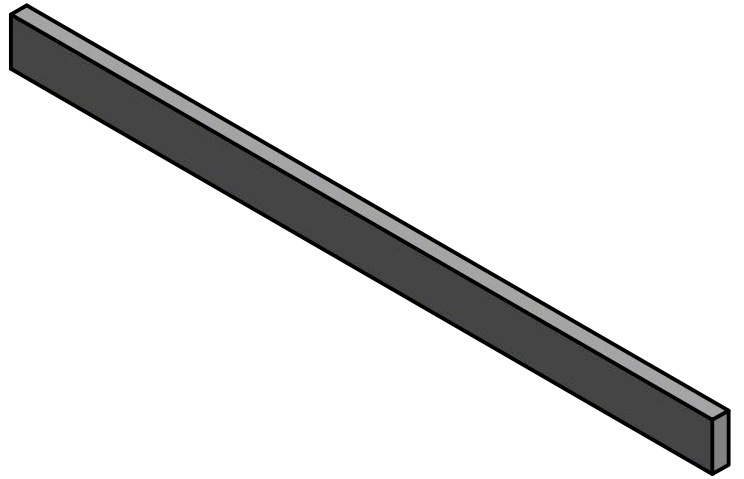
TEKNIK MESIN UII

BALL SCREW

A4



	Skala : 1:4	Nama : Rizki Dwi Atmaja	Keterangan :
	Satuan : mm	Nim : 13525060	
	Tanggal :	Diperiksa :	
TEKNIK MESIN UII	Cover Gantry		A4



Skala : 1:4

Satuan : mm

Tanggal :

Nama : Rizki Dwi Atmaja

Nim : 13525060

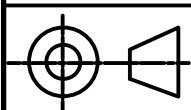
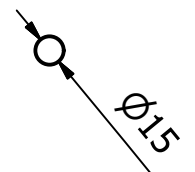
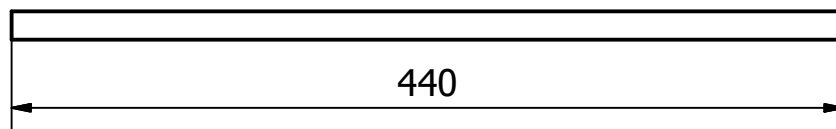
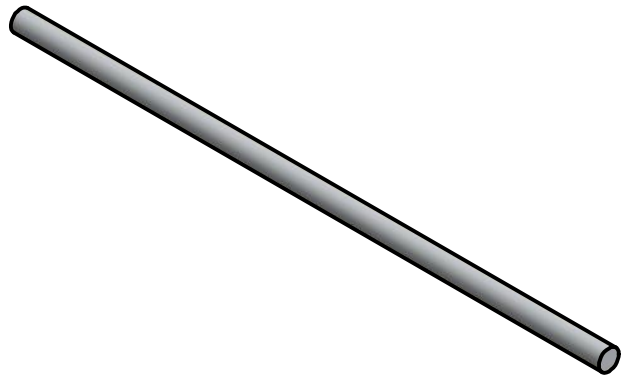
Diperiksa :

Keterangan :

TEKNIK MESIN UII

TIANG GANTRY ATAS A dan B

A4



Skala : 1:4

Satuan : mm

Tanggal :

Nama : Rizki Dwi Atmaja

Nim : 13525060

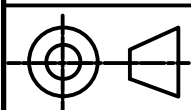
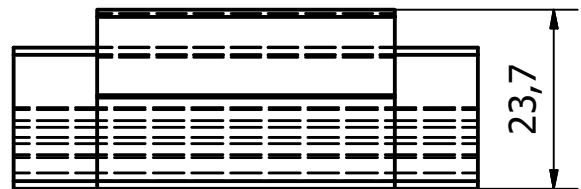
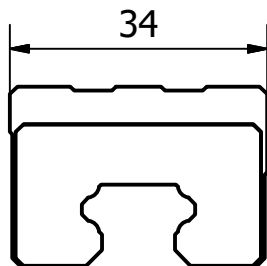
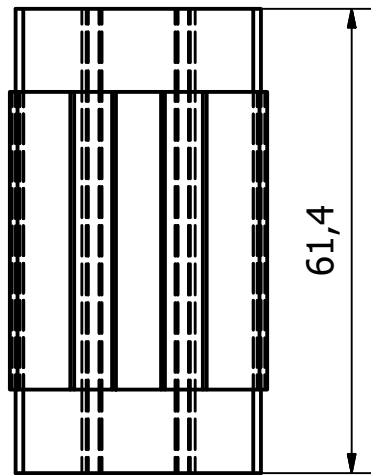
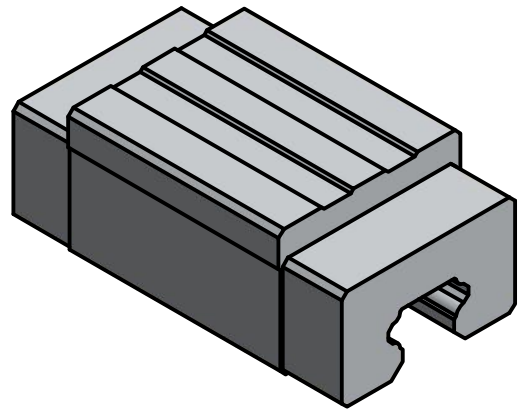
Diperiksa :

Keterangan :

TEKNIK MESIN UII

HIWIN BALL SCREW SHAFT

A4



Skala : 1:1

Satuan : mm

Tanggal :

Nama : Rizki Dwi Atmaja

Nim : 13525060

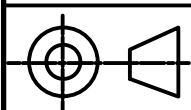
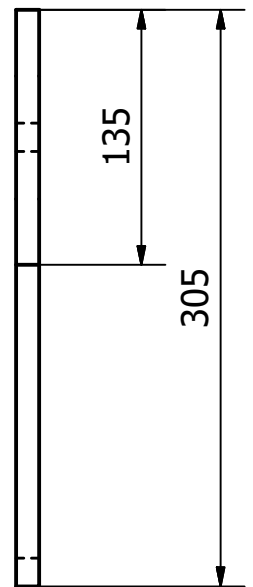
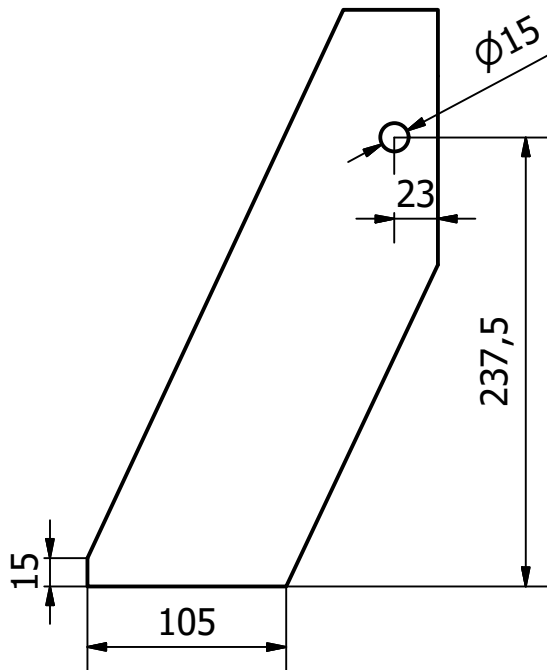
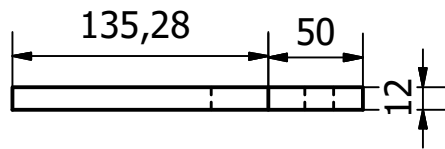
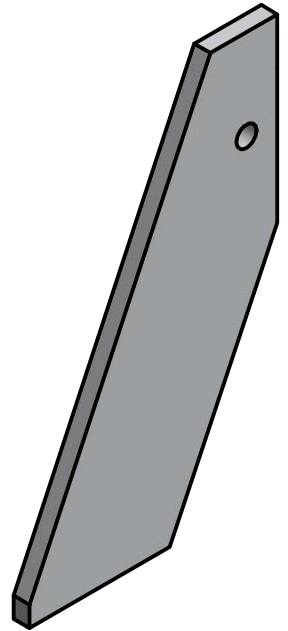
Diperiksa :

Keterangan :

TEKNIK MESIN UII

Linear Guide Block

A4



Skala : 1:4

Satuan : mm

Tanggal :

Nama : Rizki Dwi Atmaja

Nim : 13525060

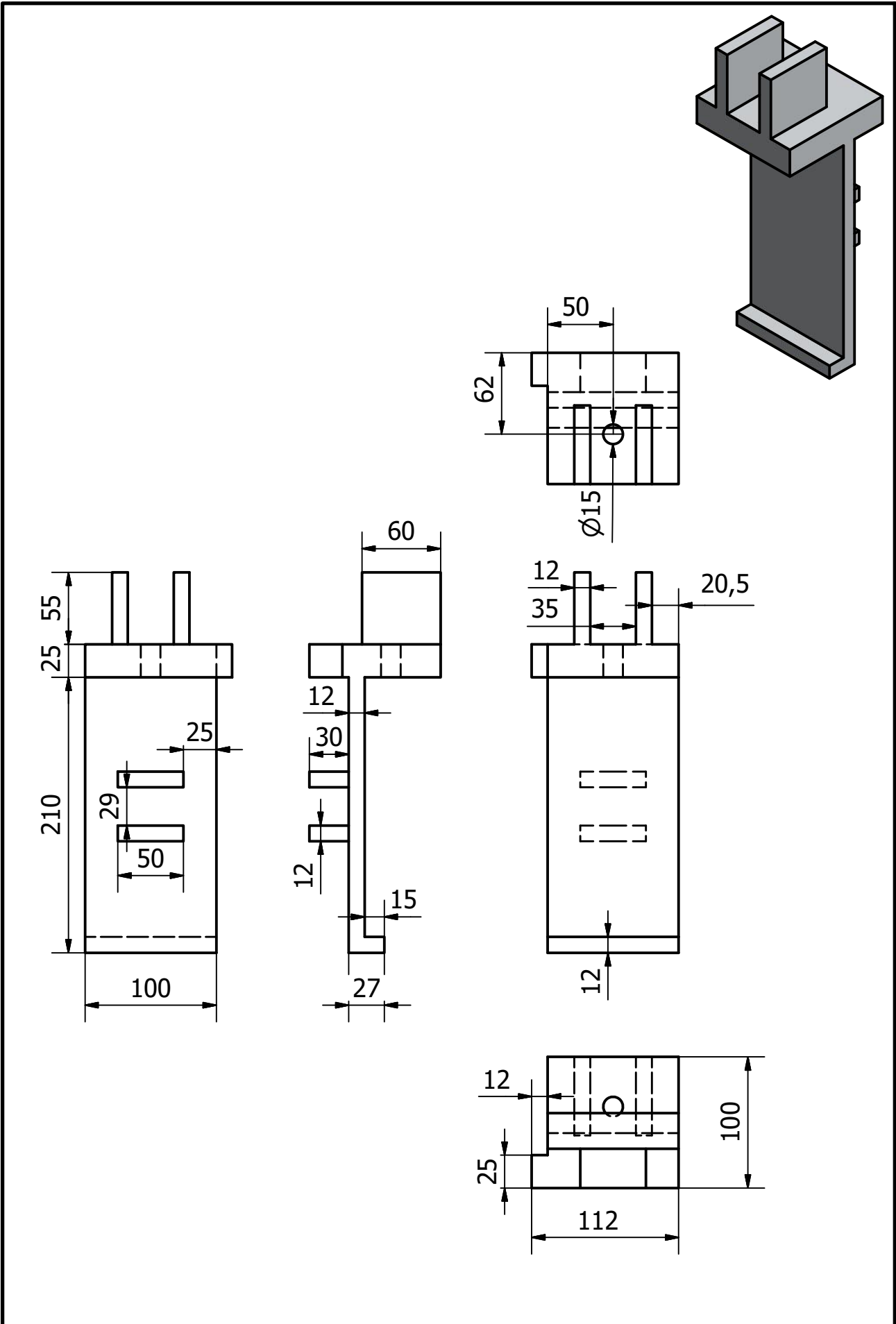
Diperiksa :

Keterangan :

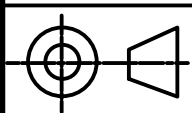
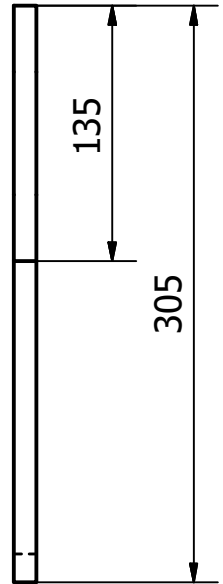
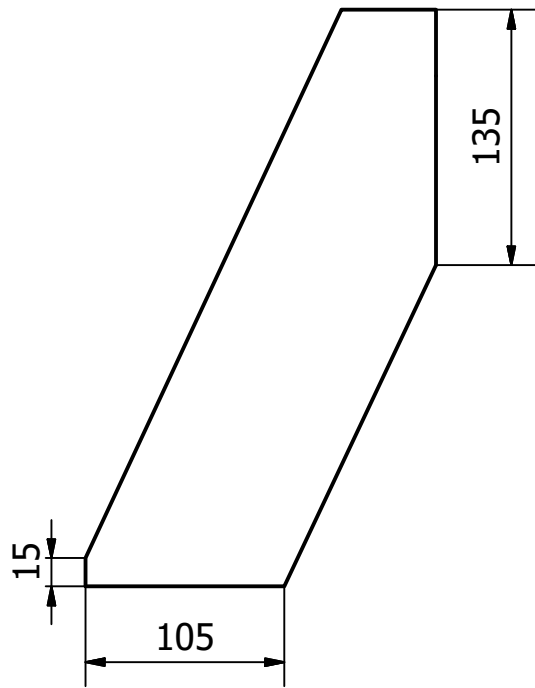
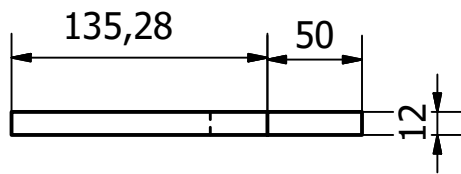
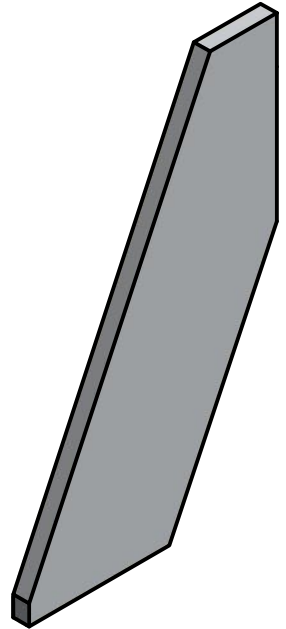
TEKNIK MESIN UII

TIANG GANTRY KANAN

A4



	Skala : 1:4	Nama : Rizki Dwi Atmaja	Keterangan :
	Satuan : mm	Nim : 13525060	
	Tanggal :	Diperiksa :	
TEKNIK MESIN UII	SPINDLE CARRIAGE		A4



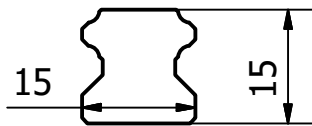
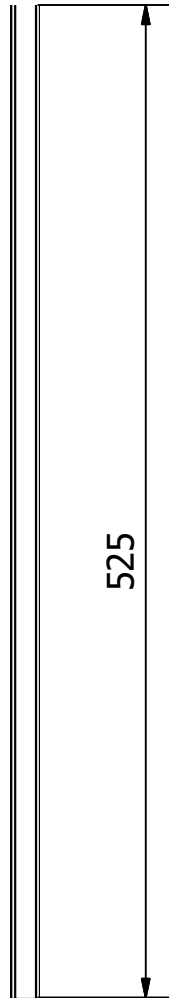
Skala : 1:4
 Satuan : mm
 Tanggal :

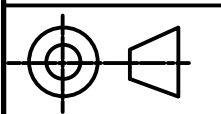
Nama : Rizki Dwi Atmaja
 Nim : 13525060
 Diperiksa :

Keterangan :

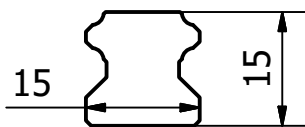
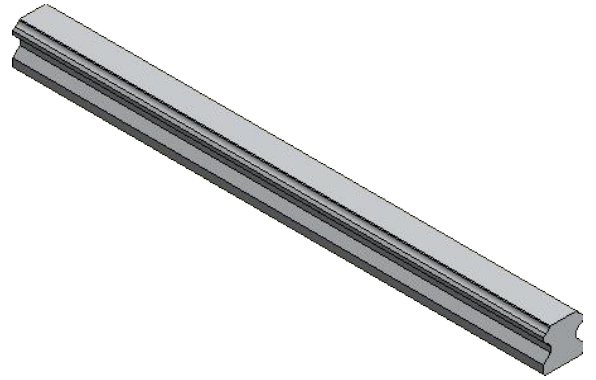
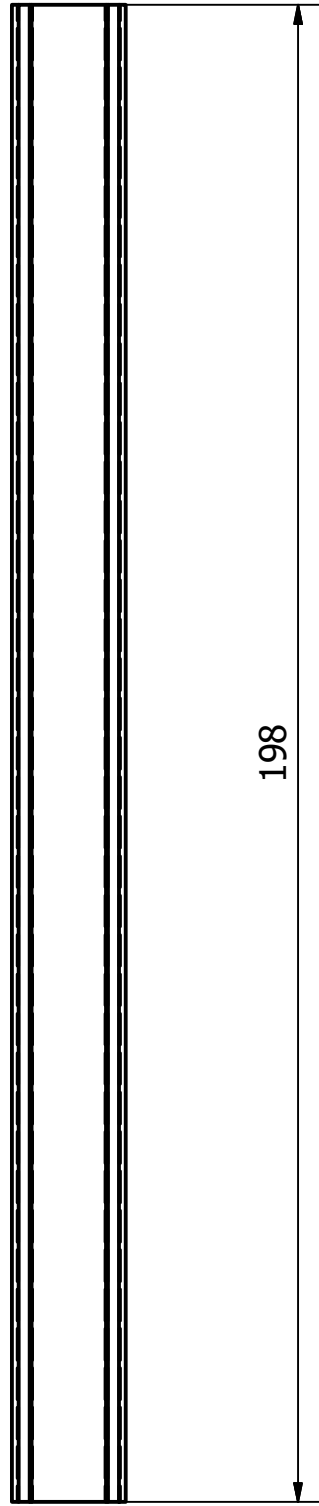
Isometric View (1 : 4)

Top View (1 : 4)



	Skala : 1:1	Nama : Rizki Dwi Atmaja	Keterangan :
	Satuan : mm	Nim : 13525060	
	Tanggal :	Diperiksa :	
TEKNIK MESIN UII	<i>X-Axis Linear Guide Rail</i>		A4

Isometric view (1 : 2)



	Skala : 1:1	Nama : Rizki Dwi Atmaja	Keterangan :
	Satuan : mm	Nim : 13525060	
	Tanggal :	Diperiksa :	
TEKNIK MESIN UII	Z-Axis Linear Guide Rail		A4