

TUGAS AKHIR
DESAIN DAN ANALISIS CNC 3 AXIS
UNTUK INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD HIDAYAT
1407230134



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

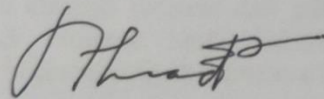
Nama : Muhammad Hidayat
NPM : 1407230134
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Desain dan Analisis CNC 3 Axis untuk Industri Kecil dan Menengah
Bidang ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Maret 2019

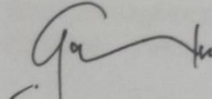
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



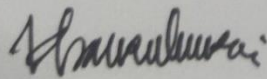
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



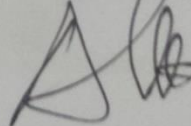
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Sudirman Lubis, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Hidayat
Tempat /Tanggal Lahir : Medan /24 September 1994
NPM : 1407230134
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Desain dan Analisis CNC Axis untuk Industri Kecil dan Menengah”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Maret 2019



saya yang menyatakan,

Muhammad Hidayat

ABSTRAK

Produktivitas usaha kecil dan menengah di Indonesia mungkin menjadi salah satu penyebab kurangnya modal untuk peralatan mesin modern seperti CNC (Computer Numerical Control). Tujuan dari penelitian ini adalah membuat desain dan analisis dari mesin CNC yang diinginkan sehingga dapat diaplikasikan dan dikembangkan. Karena itu, harga pembuatan mesin dan pemilihan komponen bisa dijangkau oleh pelaku industri kecil dan menengah. Dalam penelitian ini, pembuatan desain, proses perakitan komponen dan analisa menggunakan aplikasi Solidworks, untuk ukuran desain komponen dibuat secara umum dan telah jadi yang sudah dapat ditemukan di pasar. Komponen mesin yang akan dirakit termasuk dari rangka, shaft dan support rail kit, linear bearing, motor dan spindle. Analisa pada penelitian ini adalah beban statik pada rangka dasar dengan beban 1000 N. Desain dan perakitan juga menggunakan metode perakitan yang dapat ditukar, sehingga waktu perakitan komponen lebih cepat dan penggantian komponen yang rusak yang dapat diganti dengan komponen serupa di pasaran.

Kata kunci: CNC, Desain, Perakitan, Komponen, Material, Analisa

ABSTRACT

The productivity of small and medium enterprises in Indonesia may be one of the causes of the lack of capital for modern machine tools such as CNC (Computer Numerical Control). The purpose of this research is to make the design and analysis of the desired CNC machine so that it can be applied and developed. Therefore, the price of making machinery and selecting components can be reached by small and medium-sized industry players. In this research, the design, component assembly and analysis process using Solidworks application, for the component design size is made in general and has already been found that can be found on the market. The engine components to be assembled include from the frame, shaft and support rail kits, linear bearings, motors and spindles. The analysis in this study is the static load on the base frame with a load of 1000 N. The design and assembly also uses an exchangeable assembly method, so the assembly time of components is faster and replacement of damaged components can be replaced with similar components on the market.

Keywords: CNC, Design, Assembly, Components, Materials, Analysis

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Azza Wa Jalla yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Desain dan Analisis CNC 3 Axis untuk Industri Kecil dan Menengah” sebagai syarat untuk meraih gelar Akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu Saya menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.

7. Orang tua Saya: Ismail dan Nur Azizah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat Saya: Putra, Kevin, Rozy, Ferdi, Afif, Zulkifli, Arief, Fajri, Kodek, Abangda Azmi Kun dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 14 Maret 2019

Muhammad Hidayat

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat	3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mesin CNC	4
2.1.1. Pengertian Mesin CNC	4
2.1.2. Klasifikasi Mesin CNC	4
2.1.2.1. CNC <i>Tarus</i>	4
2.1.2.2. CNC <i>Router</i>	5
2.1.2.3. CNC <i>Milling Vertical</i>	5
2.1.2.4. <i>PC Based CNC</i>	5
2.1.3. Komponen Utama Mesin CNC	6
2.1.3.1. Rangka	6
2.1.3.2. <i>Liner Guide</i>	6
2.1.3.3. Sistem Transmisi	7
2.1.3.4. Komponen Elektronik	8
2.2. Desain	10
2.2.1. Tahap Perencanaan	11
2.2.2. Tahap Analisis	11
2.2.3. Tahap Desain	11
2.2.3.1. <i>SolidWorks</i>	12
2.2.4. Tahap Penerapan	13
2.2.5. Tahap Penggunaan	13
2.3. Statika	13
2.3.1. Gaya Luar	14
2.3.2. Gaya Dalam	14
2.3.2.1. Gaya Normal	14
2.3.2.2. Gaya Geser	14
2.3.2.3. Momen Lentur	14
2.3.2.4. Reaksi	15
2.3.3. Tumpuan	15

2.3.3.1.	Tumpuan Rol/ Penghubung	15
2.3.3.2.	Tumpuan Sendi	15
2.3.3.3.	Tumpuan Jepit	15
2.4.	Analisa Kekuatan Material	16
2.4.1.	Tegangan Normal (<i>Normal Stress</i>)	16
2.4.1.1.	Tegangan Tarik (<i>Tensile Sress</i>)	17
2.4.1.2.	Tegangan Tekan (<i>Compresive Stress</i>)	17
2.4.1.3.	Tegangan Geser (<i>Shearing Stress</i>)	18
2.5.	Momen	18
2.6.	Momen Inersia	19
2.7.	Rangka Batang Sederhana	20
2.7.1.	Statis Tertentu Luar	21
2.7.2.	Statis Tertentu Dalam	22
2.7.3.	Metode Perhitungan Struktur Rangka Batang Sederhana	22
2.7.3.1.	Metode Keseimbangan Titik Simpul	22
2.7.3.2.	Metode Potongan	23
2.8.	<i>Factor of Safety</i>	23
2.8.1.	Pemilihan Faktor Keamanan	24
BAB 3	METODOLOGI	26
3.1.	Tempat dan Waktu	26
3.1.1.	Tempat	26
3.1.2.	Waktu Penelitian	26
3.2.	Alat dan Bahan	26
3.2.1.	Alat	26
3.3.	Diagram Alir	28
3.4.	Perancangan Model dengan <i>Software Solidworks 2014</i>	29
3.5.	Analisa Rangka Dasar dengan <i>Software Solidworks 2014</i>	48
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1	Hasil Analisa pada Rangka Dasar	51
4.1.1	Analisa <i>Stress</i>	51
4.1.2	Analisa <i>Displacement</i>	51
4.1.3	Analisa <i>Strain</i>	52
4.1.4	<i>Factor of Safety</i>	52
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1.	Kesimpulan	53
5.2.	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: <i>Factor of Safety</i>	25
Tabel 3.1: Waktu Pelaksanaan Penelitian	26
Tabel 3.2: Rangka Dasar CNC 3 axis	30
Tabel 3.3: Tabel Dimensi Plat	36
Tabel 3.4: <i>Shaft and Support Rail</i>	39
Tabel 3.5: <i>Ballscrew</i>	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. CNC <i>Tarus</i>	4
Gambar 2.2. CNC <i>Router</i>	5
Gambar 2.3. CNC <i>Milling Vertical</i>	5
Gambar 2.4. PC <i>Based CNC</i>	6
Gambar 2.5. Struktur Rangka	6
Gambar 2.6. <i>Liner Bearing</i>	7
Gambar 2.7. <i>Ball Screw</i>	7
Gambar 2.8. <i>Motor Stepper</i>	8
Gambar 2.9. <i>Motor Driver Tipe Board TB6560</i>	9
Gambar 2.10. CNC <i>Breakout Board</i>	9
Gambar 2.11. <i>Power Supply</i>	10
Gambar 2.12. <i>Spindle Kit</i>	10
Gambar 2.13. <i>Templates SolidWorks</i>	12
Gambar 2.14. Prinsip Statika Keseimbangan	14
Gambar 2.15. Reaksi Tumpuan Rol	15
Gambar 2.16. Reaksi Tumpuan Sendi	15
Gambar 2.17. Reaksi Tumpuan Jepit	16
Gambar 2.18. Komponen-Komponen Tegangan Normal dan Geser dari Tegangan	16
Gambar 2.19. Batang Prismatic yang Dibebani Gaya Aksial	17
Gambar 2.20. Gaya Tarik Aksial	17
Gambar 2.21. Gaya Tekan Aksial	18
Gambar 2.22. Batang Mengalami Tegangan Geser	18
Gambar 2.23. Momen	19
Gambar 2.24. Momen Inersia	20
Gambar 2.25. Struktur Gaya Luar	21
Gambar 3.1. Komputer Fakultas Teknik	27
Gambar 3.2. Perangkat Lunak <i>SolidWorks 2014</i>	27
Gambar 3.3. Diagram Alir	28
Gambar 3.4. Tampilan Awal <i>SolidWorks 2014</i>	29
Gambar 3.5. <i>Front Plane</i>	29
Gambar 3.6. <i>Sketch</i> Rangka Profil Kotak	30

Gambar 3.7. <i>Extrude Boss/base Sketch</i>	30
Gambar 3.8. <i>Edit Material Desain</i>	31
Gambar 3.9. Desain Rangka Profil Kotak yang telah di edit	31
Gambar 3.10. <i>Assembling</i>	31
Gambar 3.11. Memilih <i>Part</i> untuk dirakit	32
Gambar 3.12. <i>Part</i> yang akan dirakit	32
Gambar 3.13. <i>Part</i> yang sudah dirakit	32
Gambar 3.14. <i>Sketch</i> Rangka Plat	33
Gambar 3.15. <i>Extrude Boss/base Sketch</i>	33
Gambar 3.16. <i>Sketch</i> yang akan di <i>extrude cut</i>	33
Gambar 3.17. <i>Sketch</i> yang akan di <i>Extrude Boss/base</i>	34
Gambar 3.18. Desain angka yang telah diedit	34
Gambar 3.19. <i>Sketch</i> profil L yang akan di <i>Extrude Boss/base</i>	34
Gambar 3.20. <i>Sketch</i> Profil U yang akan di <i>Extrude Boss/base</i>	35
Gambar 3.21. Desain rangka yang telah diedit	35
Gambar 3.22. <i>Sketch</i> yang akan di <i>Extrude Boss/base</i>	35
Gambar 3.23. <i>Sketch</i> lingkaran yang akan di <i>extrude cut</i>	36
Gambar 3.24. Desain Rangka <i>Motor Support</i> yang telah di edit	36
Gambar 3.25. <i>Sketch</i> Plat	36
Gambar 3.26. Desain Plat yang telah diedit	37
Gambar 3.27. <i>Sketch</i> Plat <i>Support</i>	37
Gambar 3.28. <i>Extrude Boss/base Sketch</i> Plat <i>Support</i>	37
Gambar 3.29. <i>Sketch</i> yang akan di <i>Extrude Boss/base</i>	38
Gambar 3.30. <i>Sketch</i> yang akan di <i>Extrude Cut</i>	38
Gambar 3.31. Desain Plat <i>Support</i> yang telah di edit	38
Gambar 3.32. Ukuran Desain <i>Shaft and Support Rail</i>	39
Gambar 3.33. Mengubah <i>Extrude Boss/base</i> pada Desain	39
Gambar 3.34. Desain komponen <i>Shaft and Support Rail</i> setelah diedit	40
Gambar 3.35. Desain komponen <i>linear bearing with housing</i>	40
Gambar 3.36. Desain Komponen <i>Spindle</i>	40
Gambar 3.37. Desain Komponen <i>Coupling</i>	41
Gambar 3.38. <i>Desain</i> Komponen <i>Stepper Motor</i>	41
Gambar 3.39. Desain Komponen <i>Ballscrew Kit</i>	42
Gambar 3.40. Desain Komponen <i>Ballscrew</i>	42
Gambar 3.41. Mengubah <i>Revolve</i> pada Desain <i>Ballscrew</i>	42
Gambar 3.42. Mengubah <i>Helix/spiral1 Ballscrew</i>	43
Gambar 3.43. Desain Komponen <i>Ballscrew</i> yang telah diedit	43
Gambar 3.44. <i>Assembly</i>	43
Gambar 3.45. Memilih Komponen yang dirakit	44
Gambar 3.46. Komponen yang akan dirakit	44
Gambar 3.47. Komponen yang sedang dirakit	44
Gambar 3.48. Komponen <i>shaft and support rail kit</i>	45
Gambar 3.49. Komponen telah dirakit	45
Gambar 3.50. Komponen yang telah dirakit	45
Gambar 3.51. Komponen yang telah dirakit	46
Gambar 3.52. Komponen yang telah dirakit	46
Gambar 3.53. Komponen yang telah di rakit	47
Gambar 3.54. Komponen yang telah di rakit	47

Gambar 3.55. Penggabungan <i>assembly X</i> dengan <i>assembly Y</i>	48
Gambar 3.56. Desain CNC 3 <i>axis</i>	48
Gambar 3.57. Rangka Dasar dengan analisa Statik	48
Gambar 3.58. Pemilihan area <i>Fixed Geomtery</i>	49
Gambar 3.59. Pemilihan area beban dan nilai beban	49
Gambar 3.60. Pemilihan Mesh pada Rangka Dasar	50
Gambar 3.61. Rangka Dasar yang telah di <i>Mesh</i>	50
Gambar 4.1. Hasil Analisa <i>Stress</i> pada Rangka dasar atas	52
Gambar 4.2. Hasil Analisa <i>Displacement</i> pada Rangka dasar atas	52
Gambar 4.3. Hasil Analisa <i>Strain</i> pada Rangka dasar atas	53
Gambar 4.4. Hasil <i>Factor of Safety</i>	53

DAFTAR NOTASI

F_x	= Gaya normal (N)
F_y	= Gaya Geser (N)
M_A	= Momen (N.mm)
σ	= Tegangan tekan (N/mm ²)
P	= Gaya aksial (N)
A	= Luas penampang (mm ²)
M	= Momen (N.m)
R	= Jarak antara pusat momen tegak lurus terhadap gaya tekan (meter)
F	= Gaya tekan (Newton)
τ	= Tegangan geser (N/mm ²)
r	= Jari-jari (mm)
d	= Diameter (mm)
I	= Momen inersia (mm ⁴)
FOS	= <i>Factor of Safety</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan dalam bidang teknologi yang semakin pesat merupakan aspek sebuah pengetahuan dan teknologi yang mengharuskan penuntut ilmu untuk dapat meningkatkan kemampuan dalam penguasaan teknologi, terutama pada teknologi CNC. CNC merupakan pengembangan dari mesin *milling* konvensional, pada awalnya mesin CNC *milling* terdiri dari 3 sumbu yaitu XYZ yang bisa membuat produk secara 3D (Zulfikar et al, 2017).

Desain dan konstruksi mesin CNC sangat berbeda dari mesin konvensional, perbedaannya muncul pada persyaratan tingkat kinerja yang lebih tinggi. Mesin-mesin CNC sering menggunakan elemen mekatronika yang telah dikembangkan selama bertahun-tahun. Namun kualitas dan keandalan mesin ini bergantung pada berbagai elemen mesin dan elektronik serta subsistem dari mesin CNC (Riza, 2009).

Para Peneliti baik dari kalangan Insinyur, Mahasiswa dan Dosen dari berbagai Universitas telah melakukan beberapa penelitian terhadap mesin CNC, seperti mendesain dan menganalisa mesin CNC dengan menggunakan *software SolidWorks* (Riza, 2009), desain dan analisa struktur dasar mesin CNC untuk mengetahui kekakuan struktur dasar (Pratik et al, 2017), mengurangi biaya produksi pembuatan prototipe mesin CNC (Kobeloglu, 2012), melakukan desain dan analisa meja mesin CNC berbahan komposit yang didapat hasil bahwa komposit rami memiliki struktur yang baik (Srinivasan et al, 2016), analisa mesin meja CNC dengan jenis besi tuang tertentu yang hasilnya didapat G15 jenis material yang baik digunakan (Swammi et al, 2012), serta melakukan pembuatan prototipe mesin CNC dengan komponen yang tersedia dipasaran (Zulfikar et al, 2017).

Dengan didapat referensi mengenai perkembangan mesin CNC 3 Axis penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“DESAIN DAN ANALISIS CNC 3 AXIS UNTUK INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH”**

yang nantinya dapat diaplikasikan baik bagi penulis maupun untuk industri kecil dan menengah.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan utama pada penelitian ini adalah :

1. Proses desain CNC 3 Axis menggunakan *software* ?
2. Menentukan ukuran dan bahan struktur bangun CNC mini 3 Axis ?
3. Menentukan jenis dan bentuk komponen CNC 3 Axis ?
4. Menentukan *software* pengoperasian pada CNC 3 Axis ?
5. Menganalisa struktur CNC 3 Axis ?

1.3. Ruang Lingkup

Ruang Lingkup pada penelitian ini dibatasi pada :

1. Desain CNC 3 Axis dengan menggunakan *software SolidWorks*.
2. Rangka Dasar CNC 3 Axis menggunakan bahan 201 *Annealed Stainless Steel*.
3. Pemilihan Komponen CNC 3 Axis.
4. Menganalisis statik rangka dasar CNC 3 Axis dengan menggunakan *software SolidWorks*.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulisan dari Penelitian Tugas Akhir ini Adalah :

1. Untuk mendesain dan menganalisa CNC 3 Axis untuk diaplikasikan masyarakat atau industri kecil dan menengah.
2. Mengetahui hasil analisa struktur bangun CNC 3 Axis berbahan *Annealed Stainless Steel*.
3. Dapat menentukan komponen-komponen CNC 3 Axis yang akan digunakan.

1.5. Manfaat

Adapun maanfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat bermanfaat sebagai bahan referensi untuk penulisan Tugas Sarjana di bidang Konstruksi Manufaktur di bagian Desain dan Analisis CNC 3 *Axis*.
2. Sebagai model belajar aktif tentang cara inovasi teknologi jurusan teknik mesin.
3. Sebagai proses pembentukan karakter kerja mahasiswa dalam menghadapi persaingan dunia kerja.
4. Sebagai wujud salah satu Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang pengabdian kepada masyarakat.
5. Menambah perbendaharaan inovasi alat yang ada di dunia industri, sehingga mendukung kemajuan industri.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mesin CNC

2.1.1. Pengertian Mesin CNC

Mesin *Computer Numerical Control* (CNC) adalah mesin perkakas otomatis yang dapat diprogram secara numerik melalui komputer yang kemudian disimpan pada media penyimpanan. Mesin CNC terdiri dari beberapa sumbu gerak dimana setiap sumbu tersebut digerakkan oleh motor. Alat kerja dari mesin CNC dapat berupa bor, pemotong, atau pemahat. Mesin CNC biasanya digunakan di industri manufaktur yang menghasilkan produk dengan tingkat ketelitian yang tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan keakuratan dan kestabilan posisi alat kerja mesin CNC saat pembentukan kontur.

2.1.2. Klasifikasi Mesin CNC

Didunia industri mesin CNC di klasifikasikan beberapa jenis yaitu:

2.1.2.1. CNC *Tarus*

CNC ini adalah CNC milling dengan desain 1 lengan. Biasanya mesin ini digunakan dipabrik-pabrik industri otomotif khususnya mobil untuk pembuatan *mock-up* atau patung bodi mobil. Dipasaran harga dari CNC ini berkisar 1 Miliar sampai 2 Miliar.



Gambar 2.1. CNC *Tarus* (Arifin, 2016)

2.1.2.2. CNC Router

CNC Router adalah mesin CNC dengan desain tiang penyangga atau penggerak sumbu X 2 colom (tiang penyangga). Biasanya mesin ini dengan dimensi yang kecil digunakan untuk industri ukir-ukiran dan untuk yang besar dapat digunakan untuk membuat *mock-up* mobil.



Gambar 2.2. CNC Router (Arifin, 2016)

2.1.2.3. CNC Milling Vertical

CNC ini biasanya digunakan pada industri manufaktur untuk membuat *part* atau komponen dari produk industri tersebut.



Gambar 2.3. CNC Milling Vertical (Arifin, 2016)

2.1.2.4. PC Based CNC

PC Based CNC adalah mesin perkakas dengan sistem pemrograman CNC (*Computer Numerical Control*), yang menggunakan *software* yang ter-*install* pada PC (*Personal Computer*) sebagai kontrolernya.



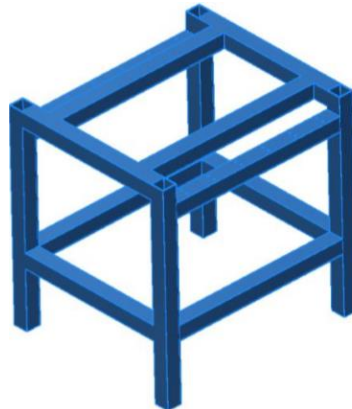
Gambar 2.4. PC Based CNC (Arifin, 2016)

2.1.3. Komponen Utama Mesin CNC

Komponen utama pada mesin CNC antara lain:

2.1.3.1. Rangka

Rangka merupakan sistem yang terhubung oleh bagian-bagian yang mendukung ataupun menyalurkan gaya dan menahan beban yang bekerja pada sistem. Dalam analisis gaya dibutuhkan pemisah bagian-bagian dari struktur untuk dapat menganalisisnya dengan diagram benda bebas yang terpisah ataupun kombinasi dari bagian struktur untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi pada struktur.



Gambar 2.5. Struktur Rangka (Zulfikar et al, 2017)

2.1.3.2. *Liner Guide*

Liner guide adalah sebuah elemen yang berfungsi untuk jalur pergerakan dan berfungsi untuk mengurangi gaya gesek antara dua komponen yang saling

bergesekan. Pada pembuatan mesin CNC ini *liner guide* yang digunakan adalah *Liner Bearing*.

Liner bearing merupakan elemen luncur dengan memanfaatkan bantalan-bantalan bola yang menggelinding agar mempermudah pergerakan, mengurangi gesekan dan memperpanjang umur pakai mesin.



Gambar 2.6. *Liner Bearing* (Zulfikar et al, 2017)

2.1.3.3. Sistem Transmisi

Transmisi merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah atau menyalurkan keluaran dari aktuator. Pada mesin CNC, aktuator yang digunakan adalah motor. Sistem transmisi yang digunakan pada pembuatan mesin CNC ini adalah tipe *Ball Screw*.

Ball screw merupakan komponen mekanis yang berfungsi pengubah gerakan rotasi menjadi transversal dengan memanfaatkan gaya tekan akibat perputaran pada ulir. Prinsipnya sama seperti pasangan mur dan baut biasa, ketika mur (*nut*) berputar maka akan mendapatkan pergerakan *linear* dari bautnya (*bolt*). Tetapi yang membedakannya adalah diantara *nut* dan *bolt* terdapat *ball* (gotri) fungsinya untuk mengurangi koefisien gesek hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.7. *Ball screw* memiliki ketelitian sampai dengan 1 mikrometer.



Gambar 2.7. *Ball Screw* (Zulfikar et al, 2017)

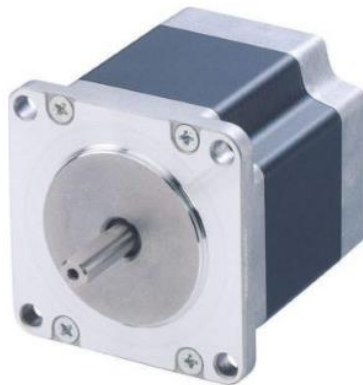
2.1.3.4. Komponen Elektronik

Komponen elektronik pada sistem kontrol mesin CNC merupakan perangkat keras (peralatan) yang digunakan dalam sistem kontrol mesin CNC 3 axis. Peralatan tersebut selanjutnya akan dirangkai sedemikian rupa sehingga membentuk rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai penggerak sekaligus pengatur perpindahan sumbu serta spindel mesin CNC. Pemilihan komponen sistem kontrol sangat mempengaruhi kinerja dari mesin. Dalam perancangan mesin CNC ini ada beberapa komponen penting dari mesin yang perlu diperhatikan.

Adapun beberapa komponen elektronik yang digunakan pada mesin CNC ini adalah:

a. *Motor Stepper*

Motor Stepper merupakan salah satu jenis motor yang banyak digunakan saat ini sebagai aktuator, misalnya sebagai penggerak *head* baca/ tulis pada *disk drive* yang akan menetapkan posisi *head* baca/ tulis di atas permukaan piringan disket, penggerak *head* pada *printer* dan *line feed control* dan yang lebih populer saat ini adalah aplikasi dalam bidang robotik. Dengan bantuan *microprocessor* atau *mikrocontroller*, perputaran motor dapat dikontrol dengan tepat dan terprogram.



Gambar 2.8. *Motor Stepper* (Zulfikar et al, 2017)

b. Motor Driver

Motor driver merupakan komponen yang berfungsi untuk mengkomunikasikan antara *controller* dengan aktuator serta memperkuat sinyal keluaran dari controler sehingga dapat dibaca oleh aktuator.



Gambar 2.9. *Motor Driver Tipe Board TB6560* (Zulfikar et al, 2017)

c. Breakout Board

Breakout Board (BOB) merupakan papan elektronik yang berfungsi menghubungkan sinyal data dari komputer baik input maupun *output* kepada aktuator. BOB merupakan komponen utama yang digunakan untuk merakit CNC, menghubungkan sinyal data dari komputer menuju *relay* atau *driver*, serta menghubungkan sinyal *input* dari luar untuk bisa dibaca komputer. BOB menggunakan *parallel port* komputer DB25, bisa bekerja menggunakan *software Mach3* maupun *software* lain sejenis yang bekerja dengan *parallel port* DB25.



Gambar 2.10. *CNC Breakout Board* (Zulfikar et al, 2017)

d. Power Supply

Power Supply adalah perangkat yang berfungsi sebagai penyedia utama daya tegangan DC bagi *CNC Controller*, *Motor Stepper*, dan *Tool/ Spindle*. Fungsi dasar dari *power supply* adalah merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Daya yang dihasilkan oleh *power supply* ini dijaga konstan agar memberikan suplai yang optimal bagi *motor* dan *spindle*.



Gambar 2.11. *Power Supply* (Zulfikar et al, 2017)

e. Spindle Kit

Spindle merupakan bagian dari mesin yang akan menjadi rumah *cutter*. *Spindle* inilah yang mengatur putaran dan pergerakan *cutter/ tool* pada sumbu Z. *Spindle* selanjutnya digerakkan oleh motor yang dilengkapi dengan sistem transmisi *belting* atau kopleng.



Gambar 2.12. *Spindle Kit* (Zulfikar et al, 2017)

2.2. Desain

Pada dasarnya desain merupakan pola rancangan yang menjadi dasar pembuatan suatu benda. Desain merupakan langkah awal sebelum memulai membuat suatu benda, seperti baju, *furniture*, bangunan. Pada saat pembuatan

desain biasanya mulai memasukkan unsur berbagai pertimbangan, perhitungan, pemilihan, sehingga sebuah desain merupakan bentuk perumusan dari berbagai unsur termasuk berbagai pertimbangan di dalamnya.

Desain menurut *Kotler* terdapat 7 indikator desain produk yaitu:

1. Ciri-ciri.
2. Kinerja.
3. Mutu kesesuaian.
4. Tahan lama (*Durability*).
5. Tahan uji (Reliabilitas).
6. Kemudahan perbaikan (*Repairability*)
7. Model (*Style*).

Dalam membuat suatu desain memiliki tahapan-tahapan yang harus dilengkapi terlebih dahulu. Tahapan-tahapan itu berfungsi sebagai acuan dalam membuat desain itu sendiri. Secara umum tahapan desain antara lain:

2.2.1. Tahap Perencanaan

Pada tahap ini biasanya tahap perumusan masalah, yaitu tahap dimana suatu desain itu dirancang dan ditentukan suatu pokok masalahnya. Pokok masalah tersebut antara lain, tujuan desain, bahan yang digunakan dan batasan-batasan apa saja yang diperlukan.

2.2.2. Tahap Analisis

Pada tahap ini biasanya adalah tahap perhitungan atau analisis kekuatan dari hasil gambar perancangan. Ditahap ini biasanya dilakukan untuk menghitung analisa kekuatan dari rancangan tersebut sesuai dengan kebutuhan atau tidak. Tahapan ini dibagi 2 yaitu tahapan perhitungan manual dan analisis secara komputasi, sedangkan dilakukan setelah tahap desain atau gambar rancangan jadi dan kemudian diuji kekuatan rancangan tersebut dengan menggunakan simulasi.

2.2.3. Tahap Desain

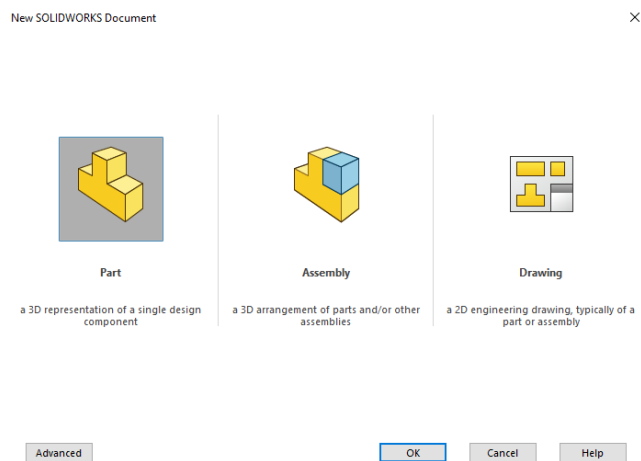
Tahap ini adalah tahap dimana rancangan sudah dianalisis secara manual dan dinyatakan layak pakai, dibuat dalam komputasi. *Software* yang digunakan

untuk proses desain ini adalah *SolidWorks*, biasanya hasil dari desain ini adalah gambar rancangan 3D dan 2D.

Setelah desain jadi maka desain diuji kembali secara komputasi atau simulasi, proses ini digunakan untuk membandingkan apakah analisa secara manual dan komputasi itu sama hasil kekuatannya.

2.2.3.1. *SolidWorks*

SolidWorks merupakan salah satu opsi diantara *design software* lainnya, *software* ini wajib dipelajari karena sangat sesuai dan prosesnya lebih cepat daripada menggunakan *autocad*. *Software SolidWorks* bisa diekspor ke *software* analisis semisalnya *Ansys*, *FLOVENT*



Gambar 2.13. *Templates SolidWorks* (Arifin, 2016)

Gambar diatas menunjukkan templates utama dari *SolidWorks* yaitu *Part*, *Assembly* dan *Drawing*. Definisi ke tiga *templates* adalah sebagai berikut:

a. *Part*

Part adalah sebuah *object* 3 dimensi yang terbentuk dari *feature*. *Part* bisa menjadi sebuah komponen pada suatu *assembly*, dan juga bisa digambarkan dalam bentukan 2 dimensi pada sebuah *drawing*.

b. *Assembly*

Assembly adalah sebuah dokumen dimana *parts*, *feature* dan *assembly* lain (*sub assembly*) dipasangkan/ disatukan bersama.

c. *Drawing*

Drawing adalah *template* yang digunakan untuk membuat gambar kerja 2 dimensi.

2.2.4. Tahap Penerapan

Tahap ini adalah tahap *print out* desain rancangan yang kemudian digunakan untuk membuat produk dari desain tersebut.

2.2.5. Tahap Penggunaan

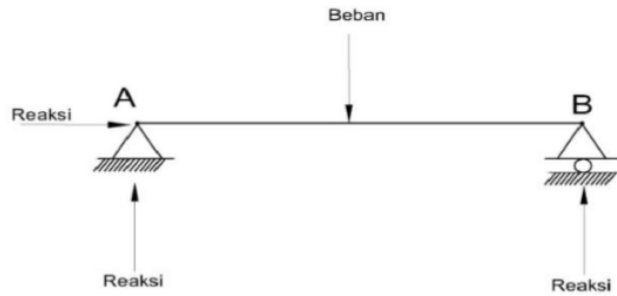
Tahap ini adalah tahap penggunaan desain rancangan yang sudah dibuat jadi produk tadi pada mesin yang dibuat.

2.3. Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang statika suatu beban terhadap gaya-gaya dan juga beban yang mungkin ada pada bahan tersebut. Dalam statika keberadaan gaya-gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu obyek tinjauan utama, sedangkan dalam perhitungan kekuatan rangka, gaya-gaya yang diperhitungkan adalah gaya luar dan gaya dalam.

Jenis beban dapat dibagi menjadi :

1. Beban dinamis adalah beban yang besar atau arahnya berubah terhadap waktu.
2. Beban statis adalah beban yang besar atau arahnya tidak berubah terhadap waktu.
3. Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik.
4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.
5. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang ditinjau.
6. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.



Gambar 2.14. Prinsip Statika Keseimbangan (Arifin, 2016)

2.3.1. Gaya Luar

Gaya luar adalah gaya yang diakibatkan beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi. Gaya luar dapat berupa gaya vertikal, horizontal dan momen puntir.

Pada persamaan statis tertentu untuk menghitung besarnya gaya yang bekerja harus memenuhi syarat dari kesetimbangan.

$$F_x = 0 \quad (2.1)$$

$$\Sigma f_y = 0 \quad (2.2)$$

$$\Sigma ma = 0 \quad (2.3)$$

2.3.2. Gaya Dalam

Gaya dalam dapat dibedakan menjadi :

2.3.2.1. Gaya normal

Gaya normal (*normal force*) adalah gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu batang.

2.3.2.2. Gaya Geser

Gaya geser/ lintang (*shearing force*) adalah gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batang.

2.3.2.3. Momen Lentur

Momen lentur (*bending momen*) adalah gaya yang timbul karena adanya jarak gaya terhadap titik tumpu. Persamaan kesetimbangannya adalah :

$$\Sigma F = 0 \text{ atau } \Sigma F_x = 0 \quad (2.4)$$

$$\Sigma F_y = 0 \text{ (tidak ada gaya resultan yang bekerja pada suatu benda)}$$

$$\Sigma M = 0 \text{ atau } \Sigma Mx = 0$$

$$\Sigma My = 0 \text{ (tidak ada resultan momen yang bekerja pada benda)}$$

2.3.2.4. Reaksi

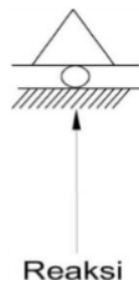
Reaksi adalah gaya lawan yang timbul akibat adanya beban.

2.3.3. Tumpuan

Dalam ilmu statika, tumpuan dibagi atas :

2.3.3.1. Tumpuan Rol/ Penghubung

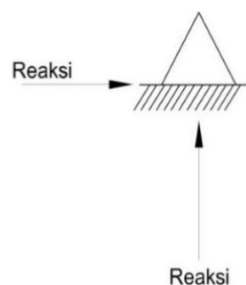
Tumpuan ini dapat menahan gaya pada arah tegak lurus penumpu, biasanya penumpu ini disimbolkan dengan :



Gambar 2.15. Reaksi Tumpuan Rol (Arifin, 2016)

2.3.3.2. Tumpuan Sendi

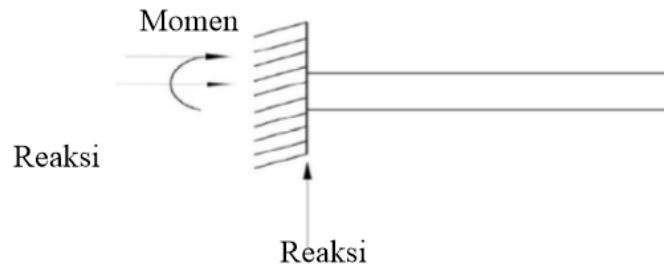
Tumpuan sendi adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dari segala arah.



Gambar 2.16. Reaksi Tumpuan Sendi (Arifin, 2016)

2.3.3.3. Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen.

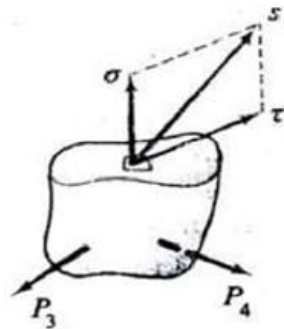


Gambar 2.17. Reaksi Tumpuan Jepit (Arifin, 2016)

2.4. Analisa Kekuatan Material

2.4.1. Tegangan Normal (*Normal Stress*)

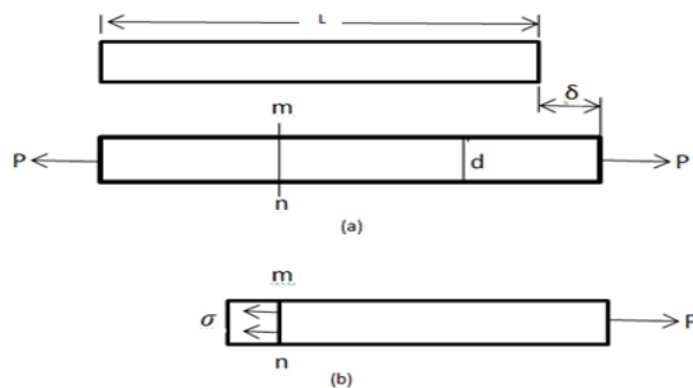
Gaya internal yang bekerja pada sebuah potongan dengan luasan yang sangat kecil akan bervariasi baik besarnya maupun arahnya. Pada umumnya gaya-gaya tersebut berubah-ubah dari suatu titik ke titik yang lain, umumnya berarah miring pada bidang perpotongan. Dalam praktek keteknikan intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan.



Gambar 2.18. Komponen-Komponen Tegangan Normal dan Geser dari Tegangan (Arifin, 2016)

Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap irisan yang mengalami tegangan dan dilambangkan dengan σ (*sigma*). Bila gaya-gaya luar yang bekerja pada suatu batang sejajar terhadap sumbu utamanya dan potongan penampang batang tersebut konstan, tegangan internal yang dihasilkan adalah sejajar terhadap sumbu tersebut. Gaya-gaya seperti itu disebut gaya aksial dan tegangan yang timbul dikenal sebagai tegangan aksial. Konsep dasar dari tegangan dan regangan dapat diilustrasikan dengan meninjau sebuah batang prisma yang dibebani gaya-gaya aksial (*axial force*) P pada

ujung-ujungnya. Sebuah batang prismatik adalah sebuah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya. Untuk menyelidiki tegangan-tegangan internal yang ditimbulkan gaya-gaya aksial dalam batang, dibuat suatu pemotongan garis potong pada irisan mn (Gambar 2.15). Irisan ini diambil tegak lurus sumbu longitudinal batang, karena itu irisan dikenal sebagai suatu penampang (*cross section*).



Gambar 2.19. Batang Prismatik yang Dibebani Gaya Aksial (Arifin, 2016)

Tegangan normal dapat berbentuk :

2.4.1.1. Tegangan Tarik (*Tensile Stress*)

Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang dan akibatnya batang ini cenderung menjadi meregang atau bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya. (masukkan rumus dan satuannya)



Gambar 2.20. Gaya Tarik Aksial (Arifin, 2016)

2.4.1.2. Tegangan Tekan (*Compressive Stress*)

Apabila sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu batang, akibatnya batang cenderung untuk memperpendek atau menekan batang tersebut. Maka

gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang disuatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.



Gambar 2.21. Gaya Tekan Aksial (Arifin, 2016)

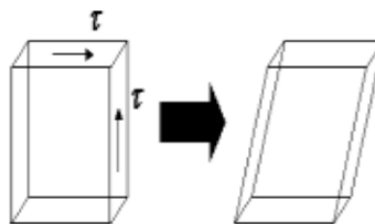
Intensitas gaya (yakni gaya per satuan luas) disebut tegangan (*stress*) dan lazimnya ditunjukkan dengan huruf Yunani σ (*sigma*). Dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusi secara merata pada seluruh penampang batang, maka resultannya sama dengan intensitas σ kali luas penampang A dari batang. Selanjutnya, dari kesetimbangan beban yang diperlihatkan pada Gambar 2.17, besar resultan gayanya sama dengan beban P yang dikenakan, tetapi arahnya berlawanan sehingga diperoleh rumus.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.5)$$

2.4.1.3. Tegangan Geser (*Shearing Stress*)

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan, dilambangkan dengan τ (*Tau*).

$$\tau = \frac{F_s}{A} \quad (2.6)$$

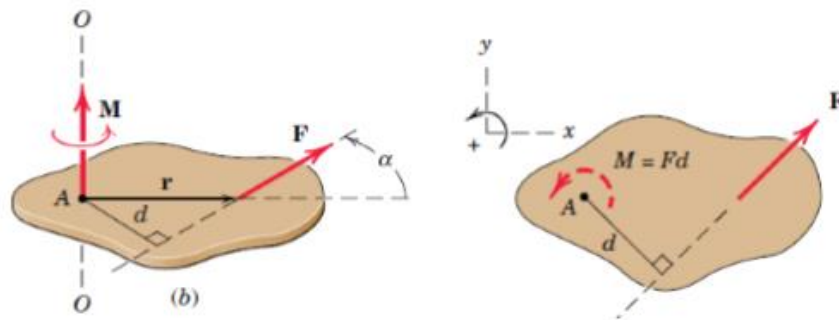


Gambar 2.22. Batang Mengalami Tegangan Geser (Arifin, 2016)

2.5. Momen

Disamping cenderung untuk menggerakkan suatu benda pada arah bekerjanya, sebuah gaya cenderung untuk memutar suatu benda terhadap suatu sumbu. Sumbu

ini dapat merupakan sembarang garis yang tidak berpotongan maupun sejajar dengan garis kerja gaya tersebut. Kecenderungan untuk berotasi ini dikenal sebagai momen (M) dari gaya tersebut. Momen juga dikenal sebagai puntiran (*torque*).



Gambar 2.23. Momen (Arifin, 2016)

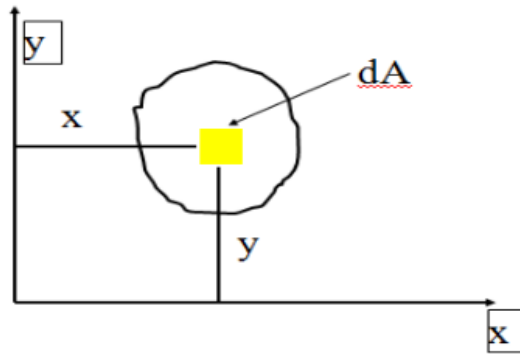
Momen adalah suatu vektor M yang tegak lurus terhadap bidang benda. Arah M adalah tergantung pada arah berputarnya benda akibat gaya F . Momen M mengikuti semua kaidah penjumlahan vektor dan dapat ditinjau sebagai vektor geser dengan garis kerja yang berimpit dengan sumbu momen. Satuan dasar dari momen dalam satuan SI adalah *Newton-meter* (Nm).

$$M = r \times F \tag{2.7}$$

2.6. Momen Inersia

Momen inersia adalah suatu sifat kekakuan yang ditimbulkan dari hasil perkalian luas penampang dengan kuadrat jarak ke suatu garis lurus atau sumbu. Momen inersia didalam perhitungan diberi simbol I , jika terhadap sumbu X maka diberi sumbu I_x dan jika terhadap sumbu Y diberi I_y . Momen inersia merupakan momen kedua dari bidang.

Momen inersia suatu bentuk bidang terhadap sumbu x dan y dibidangnya masing-masing didefinisikan dengan integral-integral.



Gambar 2.24. Momen Inersia (Arifin, 2016)

2.7. Rangka Batang Sederhana

Struktur yang dibentuk dari sebuah segitiga dasar dikenal sebagai rangka batang sederhana. Jika terdapat jumlah batang lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencegah agar struktur tidak runtuh, maka rangka batang tersebut menjadi statik tak tentu, artinya adalah rangka batang tersebut tidak dapat dianalisa hanya dengan menggunakan persamaan-persamaan keseimbangan statis. Rangka batang disebut statis tertentu, jika dapat dianalisa dengan hanya memakai persamaan-persamaan keseimbangan statika.

Stabilitas dari sebuah rangka batang juga tergantung pada kondisi tumpuan yang tersedia. Secara umum kita dapat menyatakan bahwa stabilitas dari struktur harus ditumpu oleh sekurang-kurangnya 3 (tiga) gaya reaksi, semuanya tidak boleh paralel ataupun konkuren (melalui satu titik). Untuk rangka batang bidang gaya-gaya yang bekerja pada titik-titik simpul adalah gaya batang, gaya-gaya luar dan gaya reaksi.

Tujuan menganalisa struktur rangka adalah untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi dalam batang-batanganya akibat suatu set gaya-gaya luar yang bekerja pada rangka batang tersebut. Karena gaya-gaya ini adalah gaya-gaya dalam, jika memandang rangka batang secara keseluruhan, untuk menganalisa perlu membuat *free-body* diagram dari bagian-bagian angka.

Stabilitas Rangka Batang dapat ditinjau dari :

1. Stabilitas Luar (perletakan).
2. Reaksi-reaksi perletakan tidak boleh bertemu disatu titik.
3. Stabilitas Dalam (posisi batang).

Batang-batang yang menyusun struktur harus mengikuti pola segitiga.

Untuk memenuhi sifat statis tertentu, rangka batang harus memenuhi syarat-syarat :

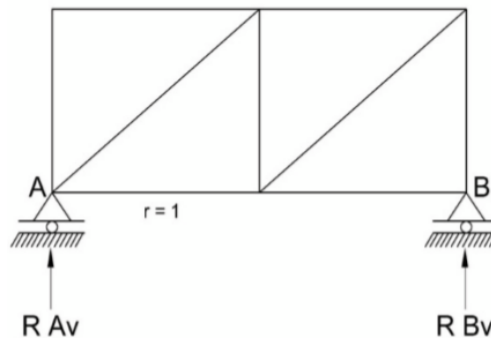
2.7.1. Statis Tertentu Luar

Persyaratan keseimbangan memberikan 3 persamaan ($\Sigma V = 0$, $\Sigma H = 0$, $\Sigma M = 0$,) sehingga gaya-gaya yang tidak diketahui (dalam hal ini reaksi) yang dapat diselesaikan sebanyak 3 ($r = 3$) seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.21.

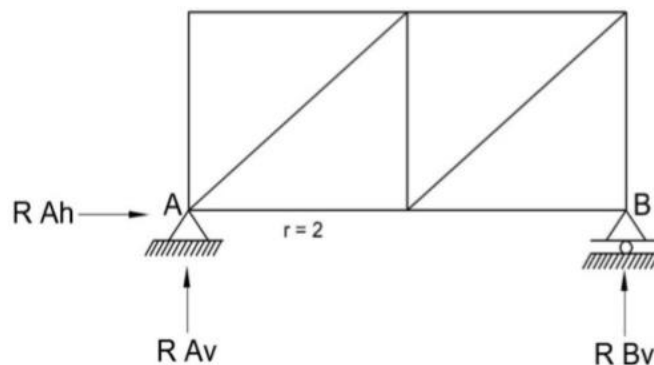
Bila $r < 3$: struktur akan stabil

Bila $r = 3$: struktur akan stabil dan statis tertentu

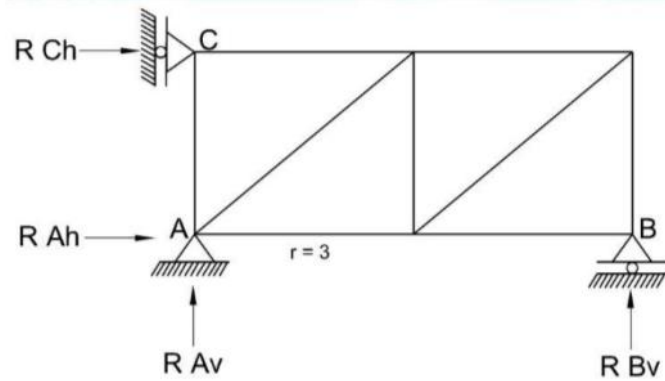
Bila $r > 3$: struktur akan stabil dan statis tak tentu



(a) Struktur Stabil Statis Tertentu



(b) Struktur Labil



(c) Struktur Stabil Statis Tak Tentu

Gambar 2.25. Struktur Gaya Luar (Arifin, 2016)

2.7.2. Statis Tertentu Dalam

Untuk struktur rangka batang dengan jumlah titik simpul (*joint*) sebanyak j , jumlah batang m dan komponen reaksi tumpuan sebanyak r , maka harus dipenuhi syarat struktur stabil statis tertentu.

$$2j = m + r \quad \text{atau} \quad m = 2j - r \quad (2.8)$$

2.7.3. Metode Perhitungan Struktur Rangka Batang Sederhana

Ada 2 metode yang terkenal sebagai berikut :

2.7.3.1. Metode Keseimbangan Titik Simpul (*method of joint*)

Pada cara ini memperhatikan dan meninjau *free-body* dari titik-titik simpul. Prinsip dasar yang dipergunakan dalam metode titik simpul, adalah :

- Seluruh gaya yang bekerja pada titik simpul (gaya luar maupun gaya batang) harus memenuhi persamaan $\Sigma V = 0$ dan $\Sigma H = 0$.
- Perhitungan gaya batang dapat dimulai dari titik simpul yang diketahui gaya luarnya (reaksinya), sedang gaya batang yang belum diketahui besarnya, maksimum 2 batang.
- Batang yang akan dihitung gaya batangnya dianggap mengalami tarik dan diberi nilai positif (+).
- Bila ditinjau dari titik simpul maka yang dimaksud dengan :
 - Batang tarik adalah batang yang memberikan gaya dengan arah meninggalkan (menarik) titik simpul.

- Batang tekan adalah batang yang memberikan gaya dengan arah menuju titik simpul.

Selanjutnya diselesaikan dengan menggunakan metode keseimbangan titik simpul. Gaya-gaya batang yang belum diketahui (yang akan dicari) diasumsikan dulu sebagai tarikan (batang tarik) dengan arah meninggalkan titik simpul, seperti dalam gambar *free-body* menunjukkan batang tarik (—→)

2.7.3.2. Metode Potongan (*method of section*)

Pada cara ini kita membagi/ memotong rangka batang menjadi 2 bagian, lalu meninjau *free-body* dari satu bagian yang sudah terpisah. Jika kita ingin menghitung beberapa gaya-gaya batang tertentu saja, maka lebih menguntungkan dengan memakai *method of section*. Sedangkan jika ingin menghitung semua gaya batang dari rangka batang, lebih baik memakai *method of joint*. Prinsip dasar yang dipergunakan dalam metode potongan (*method of section*), adalah :

- Seluruh gaya yang bekerja pada potongan (tinjau bagian kiri atau kanan struktur yang terpotong) harus memenuhi persamaan $\Sigma M_J = 0$ (titik simpul/ *joint* diasumsikan sebagai sendi); $\Sigma V = 0$ dan $\Sigma H = 0$.
- Perhitungan gaya batang tidak harus dimulai secara berurutan, tapi dapat langsung pada batang yang diinginkan.
- Potongan harus melalui/ memotong batang yang akan dihitung gayanya, sehingga dapat digambarkan *free-body* diagramnya.
- Batang yang akan dihitung besar gaya batangnya, dianggap mengalami tarik dan diberi nilai positif (+).

2.8. Factor of Safety

Faktor keamanan (*factor of safety*) adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum.

Secara umum *Factor of Safety* dapat didefinisikan sebagai rasio tegangan maksimum dibagi tegangan kerja. Secara matematis :

$$Factor\ of\ Safety = \frac{Maximum\ stress}{Working\ design\ stress} \quad (2.9)$$

Dalam kasus seperti pada baja ringan yang berbahan ulet, dimana memiliki tegangan yield atau tegangan luluh yang jelas, faktor keamanan dapat dihitung dengan rumus seperti ini :

$$Factor\ of\ Safety = \frac{Yield\ point\ stress}{Working\ or\ design\ stress} \quad (2.10)$$

Dalam kasus material bahan besi cor yang rapuh, hasil dari uji tegangan tidak menunjukkan hasil tegangan luluh yang pasti. Oleh karena itu, faktor keselamatan dari bahan ini didasarkan pada tegangan puncak atau tegangan *ultimate*.

$$Factor\ of\ Safety = \frac{Ultimate\ stress}{Working\ or\ design\ stress} \quad (2.11)$$

Hubungan ini juga dapat digunakan untuk bahan ulet

Hubungan diatas untuk faktor keamanan dengan model pembebanan statis.

2.8.1. Pemilihan Faktor Keamanan

Pemilihan faktor kewanaman untuk digunakan dalam merancang setiap komponen mesin tergantung pada beberapa pertimbangan, seperti jenis material yang digunakan, proses pembuatan, model pembebanan, kondisi dilapangan dan bentuk dari komponen. Sebelum memilih faktor keselamatan, seorang *Design Enginner* harus mempertimbangkan poin-poin berikut :

1. Kekuatan material dan perubahan bentuk material saat pembebanan.
2. Keakuratan hasil uji kekuatan bahan dan penerapannya terhadap komponen yang akan dibuat.
3. Ketangguhan bahan dalam menerima beban.
4. Ketahanan saat kegagalan pembebanan.
5. Penyederhanakan asumsi.
6. Besar area yang terkena pembebanan
7. Tingkat keamanan dalam menahan beban saat pembuatan
8. Ketahanan terhadap kerusakan bahan saat kegagalan pembebasan.
9. Ketahanan terhadap perubahan bentuk saat terjadi kegagalan pembeban.

Masing-masing faktor diatas harus benar-benar dipertimbangkan dan dievaluasi. Tinggi faktor keamanan dapat mengakibatkan kegagalan pembebanan yang tidak diperlukan. Nilai-nilai faktor keamanan berdasarkan jenis bahan yang berbeda dan pemberian tegangan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1. *Factor of Safety*

<i>Material</i>	<i>Steady Load</i>	<i>Live Load</i>	<i>Shock Load</i>
<i>Cast Iron</i>	5 to 6	8 to 12	16 to 20
<i>Wrought Iron</i>	4	7	10 to 15
<i>Steel</i>	4	8	12 to 16
<i>Soft Material</i>	6	9	15
<i>Alloys</i>	6	9	15
<i>Leather</i>	9	12	15
<i>Timber</i>	77	10 to 15	20

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Komputer Gedung D Lantai 3 Fakultas Teknik Univeritas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pemimbing.

Tabel 3.1. Waktu Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)			
		Des	Jan	Feb	Mar
1.	Pengajuan Judul	■			
2.	Penyediaan Alat		■		
3.	Studi Literatur		■		
4.	Mendesain CNC 3 Axis menggunakan <i>SolidWorks</i>			■	
5.	Analisis desain CNC 3 Axis menggunakan <i>SolidWorks</i>				■
6.	Penyelesaian Skripsi				■

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

1. Komputer dengan spesifikasi
 - a. Processor Intel (R) Xeon (R) CPU E3-1246 v3 @3.50Ghz.
 - b. Memori 8 GB.
 - c. Sistem operasi Windows 7 64-bit.



Gambar 3.1. Komputer Fakultas Teknik

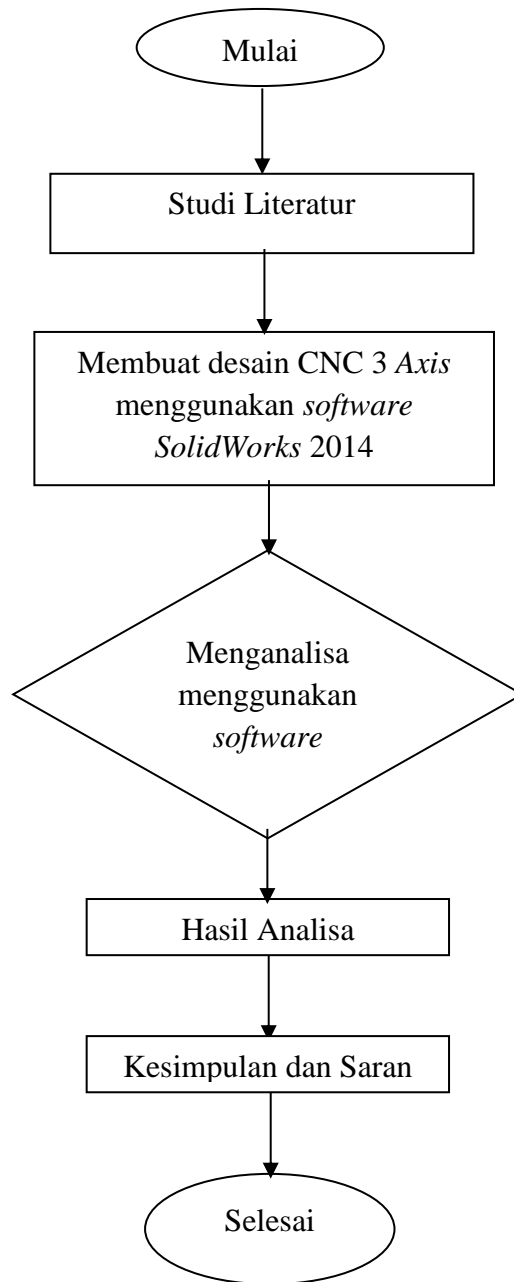
2. *Software SolidWorks 2014*

Program *SolidWorks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan desain dan analisa. Program tersebut dapat membantu kita dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, waktu warket dari benda pun dapat dipercepat. *SolidWorks* dibuat dengan berdasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga.



Gambar 3.2. Perangkat Lunak *SolidWorks 2014*

3.3. Diagram alir

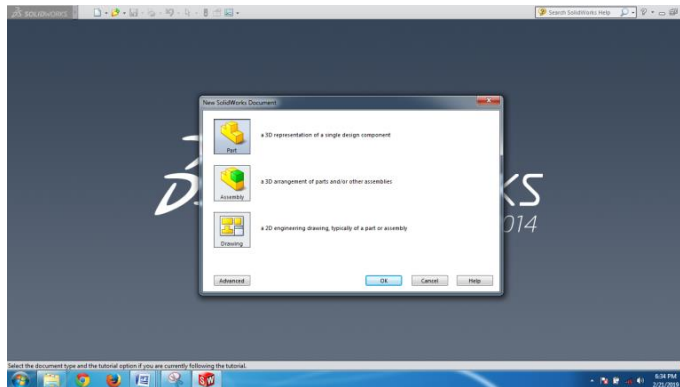


Gambar 3.3. Diagram Alir

3.4. Perancangan Model dengan Software SolidWorks 2014

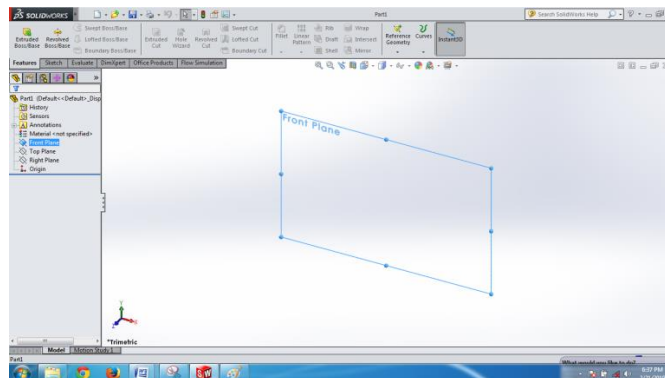
Berikut ini adalah langkah-langkah perancangan model CNC 3 axis dengan menggunakan *Software SolidWorks 2014*.

1. Nyalakan komputer yang akan digunakan untuk merancang CNC 3 Axis.
2. Buka *Software Solidworks 2014* pada komputer.
3. Pilih “*New Document*” pada sudut kanan atas tampilan *Software SolidWorks 2014*, kemudian pilih “*part*” dan pilih “*OK*”.



Gambar 3.4. Tampilan Awal *SolidWorks 2014*

4. Pilih *front plane* klik kanan pada logo *sketch*.

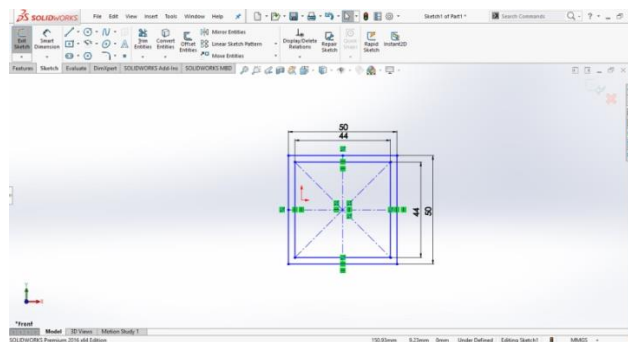


Gambar 3.5. *Front Plane*

5. Membuat desain komponen CNC 3 Axis.
 - a. Desain rangka dasar CNC 3 Axis profil kotak dimensi 50 x 50 x 3 mm.

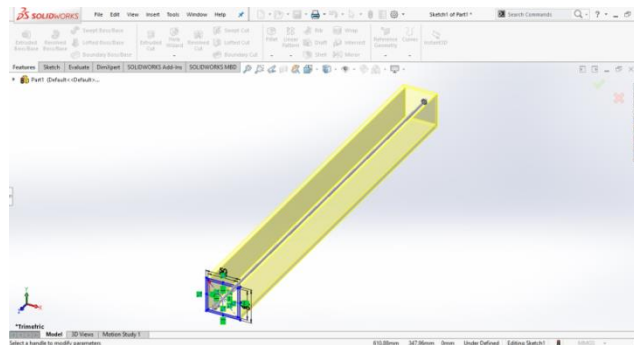
Tabel 3.2. Rangka Dasar CNC 3 Axis

Rangka	Jumlah	Panjang
Rangka 1	4 batang	550 mm
Rangka 2	4 batang	900 mm
Rangka 3	5 batang	1900 mm
Rangka 4	2 batang	440 mm
Rangka 5	4 batang	925 mm



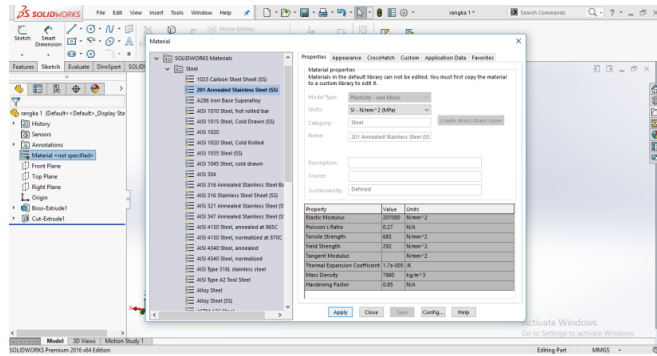
Gambar 3.6. *Sketch Rangka Profil Kotak*

6. Setelah desain ukuran telah dibuat pilih *features* lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai masing-masing 550 mm, dan 900 mm, 1900 mm, 440 mm, 925 mm sebagai nilai panjang.

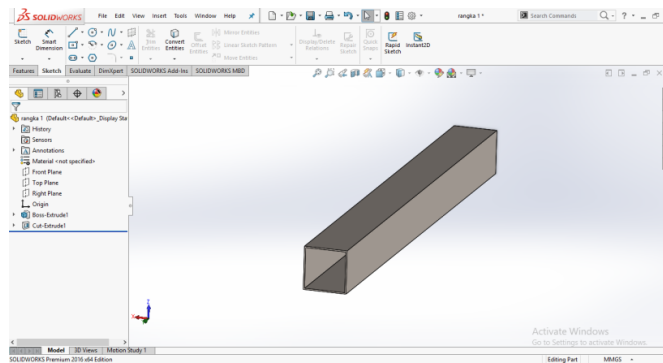


Gambar 3.7. *Extrude Boss/base Sketch*

7. Melakukan pengeditan material pada desain menjadi material 201 *annealed stainless steel*.

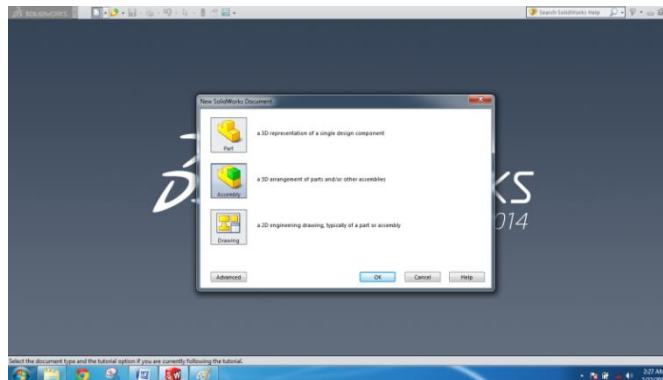


Gambar 3.8. Edit Material Desain



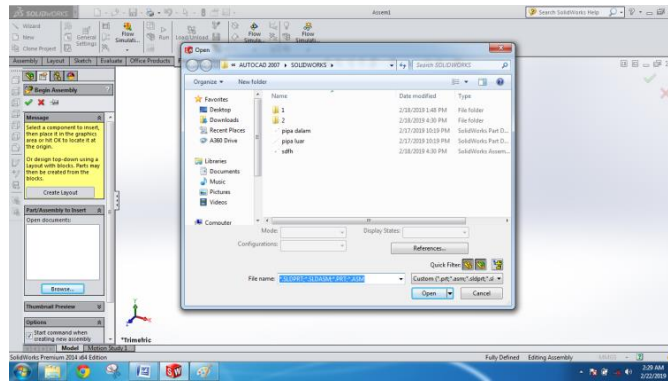
Gambar 3.9. Desain Rangka Profil Kotak yang telah di edit

8. Menggabungkan material rangka yang telah dibuat sebelumnya dengan cara membuka lembar baru klik *new* pilih *assembly* lalu *ok*.

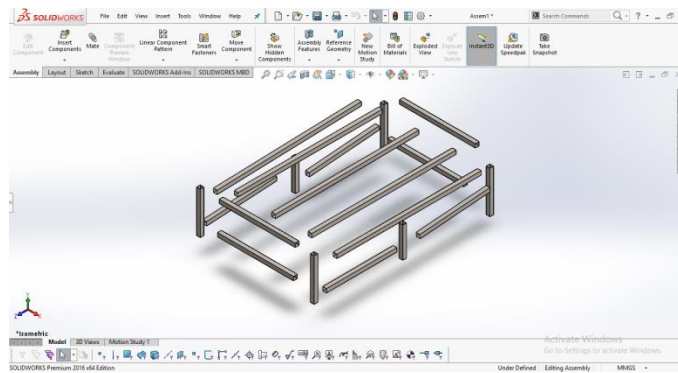


Gambar 3.10. Assembling

9. Memilih objek untuk dirakit (*assembling*) dengan cara *insert component – browse – pilih objek yang telah dibuat – open*.

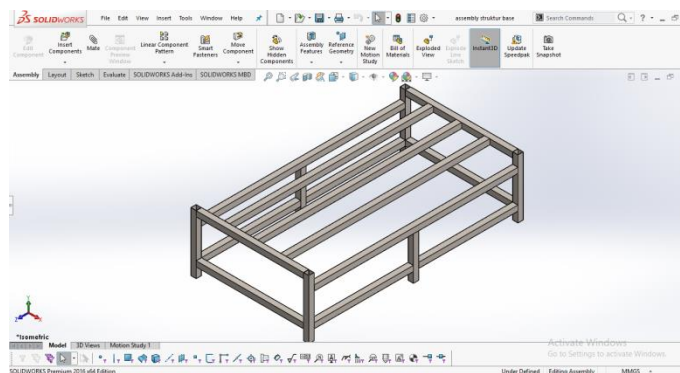


Gambar 3.11. Memilih *Part* untuk dirakit



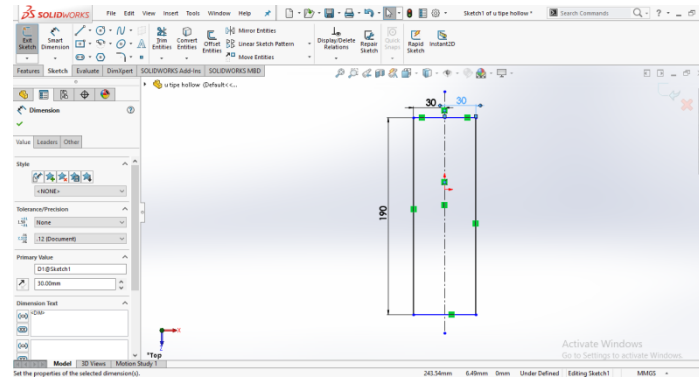
Gambar 3.12. *Part* yang akan dirakit

10. Menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident* dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur mate yang diperlukan.



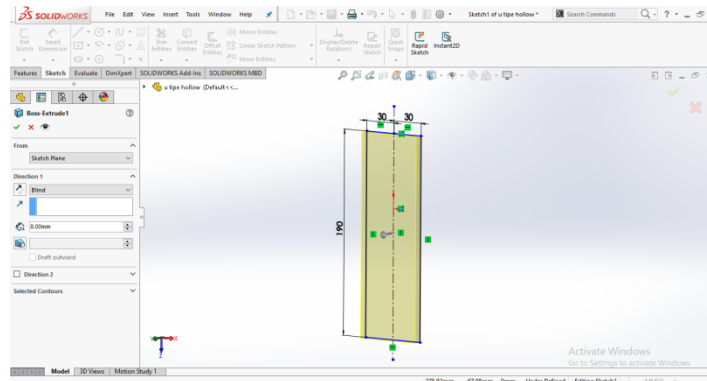
Gambar 3.13. *Part* yang sudah dirakit

11. Membuat *sketch* rangka plat



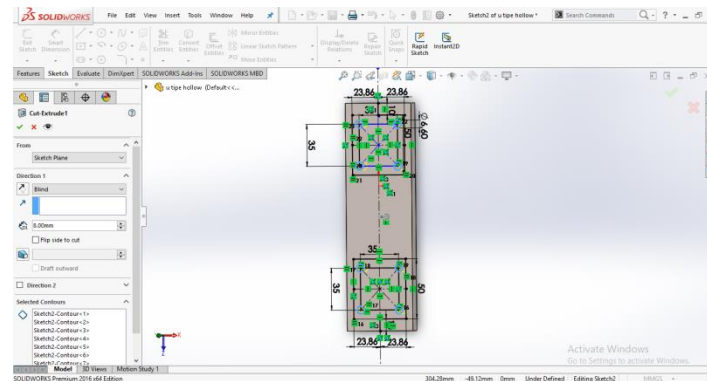
Gambar 3.14. *Sketch* Rangka Plat

12. Setelah desain ukuran telah dibuat pilih *features* lalu klik *extrude* *boss/base* dengan memasukkan nilai 8 mm.



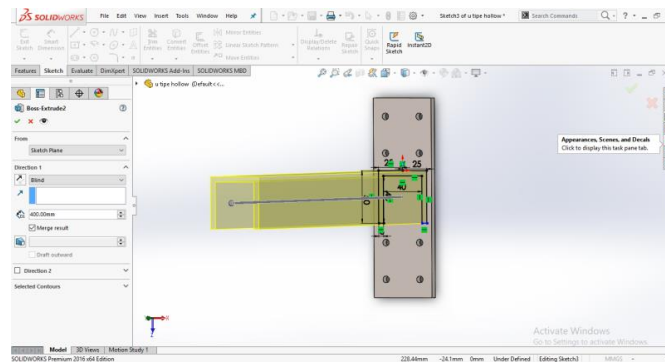
Gambar 3.15. *Extrude* *Boss/base* *Sketch*

13. Membuat *sketch* pada objek yang telah di *extrude* *boss/base* untuk membuat lubang, lalu klik *extrude* *cut* dengan memasukkan nilai 8 mm.



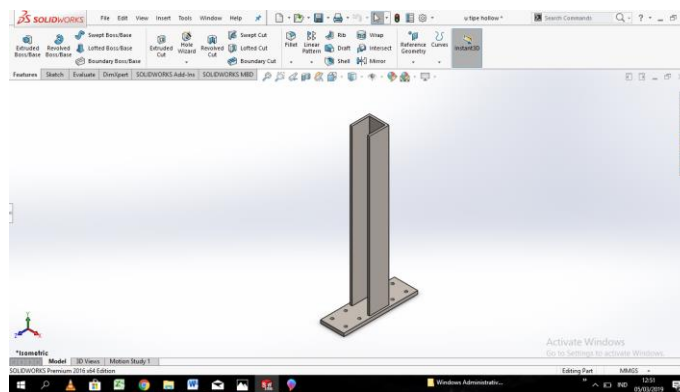
Gambar 3.16. *Sketch* yang akan di *extrude* *cut*

14. Membuat *sketch* profil U pada objek, lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai 400 mm



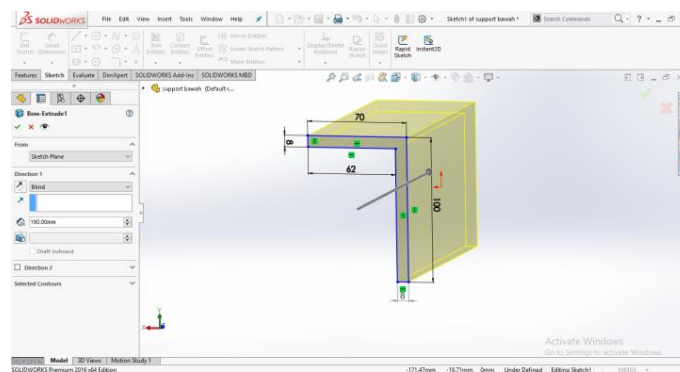
Gambar 3.17. *Sketch* yang akan di *Extrude Boss/base*

15. Melakukan pengeditan material pada desain menjadi material 201 *annealed stainless stell*.



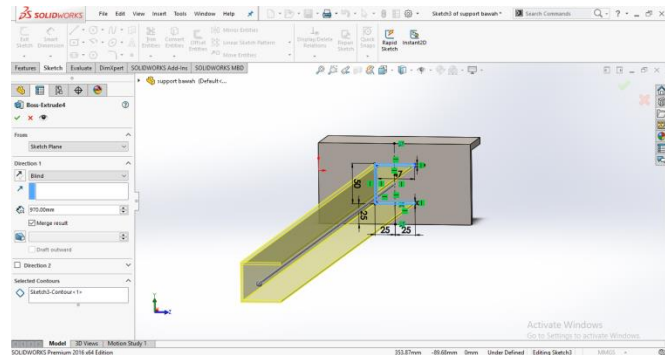
Gambar 3.18. Desain angka yang telah diedit

16. Membuat *sketch* rangka profil L, lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai 190 mm.



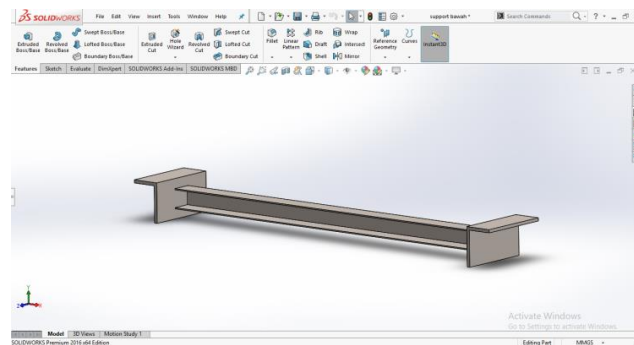
Gambar 3.19. *Sketch* profil L yang akan di *Extrude Boss/base*

17. Membuat *sketch* profil U pada objek yang telah di *extrude boss/base*, lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai 970 mm



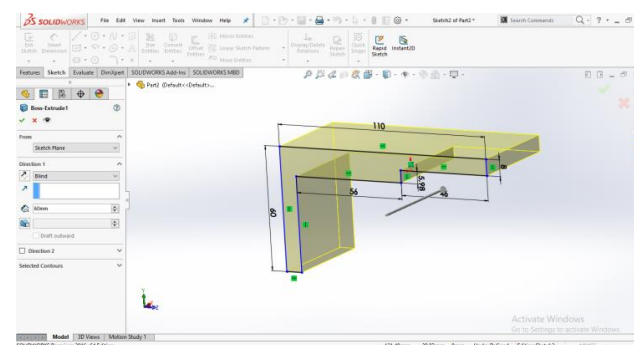
Gambar 3.20. *Sketch* Profil U yang akan di *Extrude Boss/base*

18. Membuat *sketch* profil L dengan ukuran yang sama lalu *extrude boss/base sketch* dan melakukan pengeditan material pada desain menjadi material 201 *annealed stainless stell*.



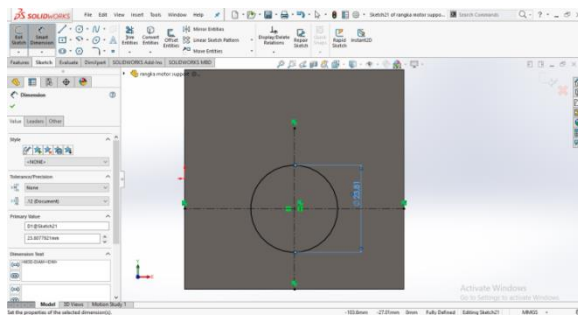
Gambar 3.21. Desain rangka yang telah diedit

19. Membuat *sketch* rangka *motor support*, lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai 60 mm



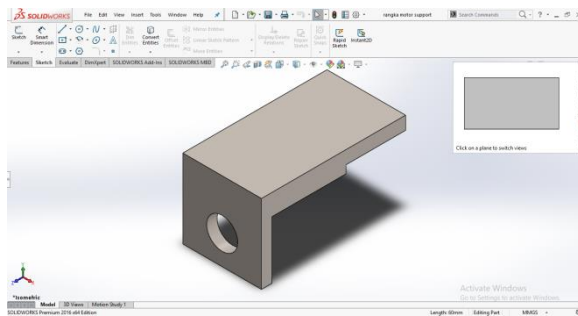
Gambar 3.22. *Sketch* yang akan di *Extrude Boss/base*

20. Membuat *sketch* lingkaran pada objek lalu *extrude cut* dengan memasukan nilai 8 mm.



Gambar 3.23. *Sketch* lingkaran yang akan di *extrude cut*

21. Melakukan pengeditan material pada desain menjadi material 201 *annealed stainless steel*

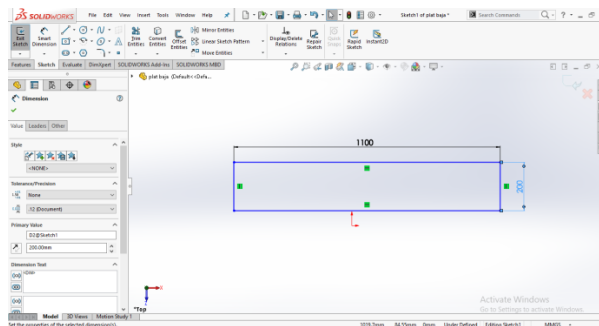


Gambar 3.24. Desain Rangka *Motor Support* yang telah di edit

22. Membuat plat *support*

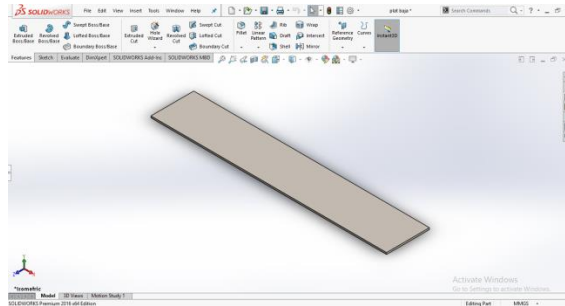
Tabel 3.3. Tabel Dimensi Plat

Plat	Dimensi
Plat 1	1100 mm x 200 mm x 8 mm
Plat 2	250 mm x 200 mm x 8 mm



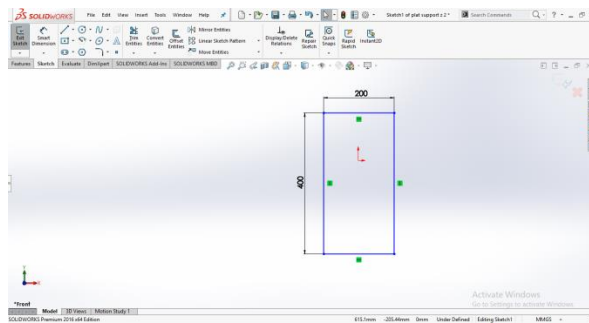
Gambar 3.25. *Sketch* Plat

23. Setelah desain ukuran telah dibuat pilih *features* lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai masing-masing 1100 mm x 200 mm x 8 mm , dan 250 mm x 200 mm x 8 mm sebagai nilai dimensinya dan melakukan pengeditan material pada desain menjadi material 201 *annealed stainless stell*.



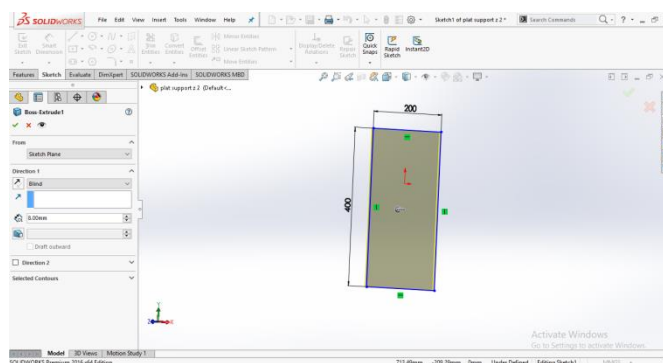
Gambar 3.26. Desain Plat yang telah diedit

24. Membuat *sketch* plat *support*



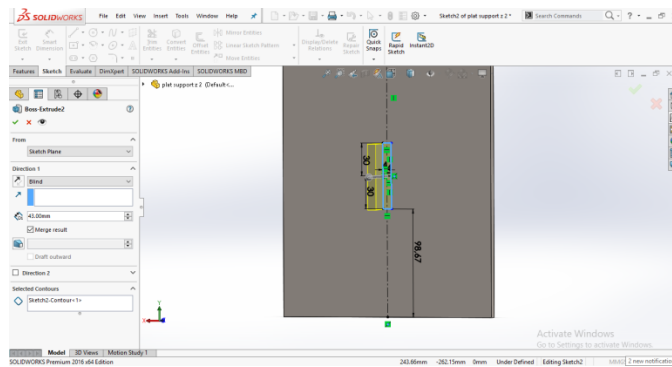
Gambar 3.27. Sketch Plat Support

25. Lalu klik *extrude boss/base* dengan memasukkan nilai 8 mm.



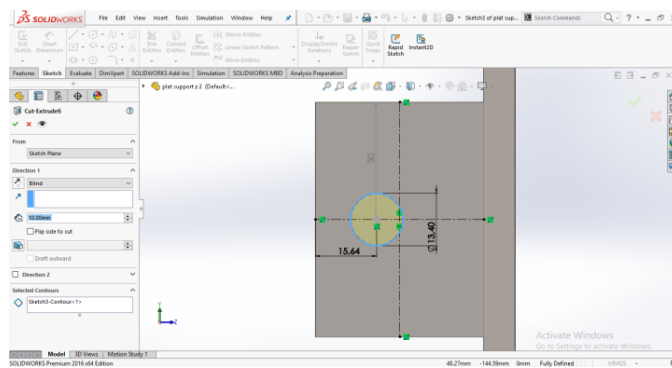
Gambar 3.28. Extrude Boss/base Sketch Plat Support

26. Membuat *sketch* pada objek yang telah di *extrude boss/bass*, lalu *extrude boss/bass* dengan ukuran 43 mm.



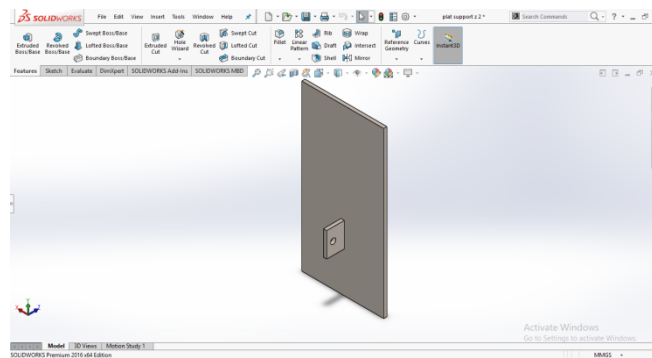
Gambar 3.29. *Sketch* yang akan di *Extrude Boss/base*

27. Membuat *sketch* lingkaran lalu *extrude cut* lingkaran dengan ukuran 8 mm.



Gambar 3.30. *Sketch* yang akan di *Extrude Cut*

28. Melakukan pengeditan material pada desain menjadi material 201 *annealed stainless stell*.



Gambar 3.31. Desain Plat *Support* yang telah di edit

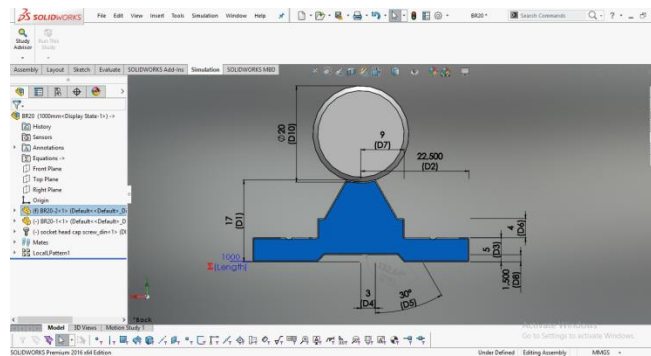
29. Mengunduh desain komponen *Shaft and Support Rail* pada *website* <https://grabcad.com/library/br20-shaft-and-support-rail-resizable-1>

dan melakukan perubahan ukuran extrude boss/base sesuai tabel 3.4.

Tabel 3.4. *Shaft and Support Rail*

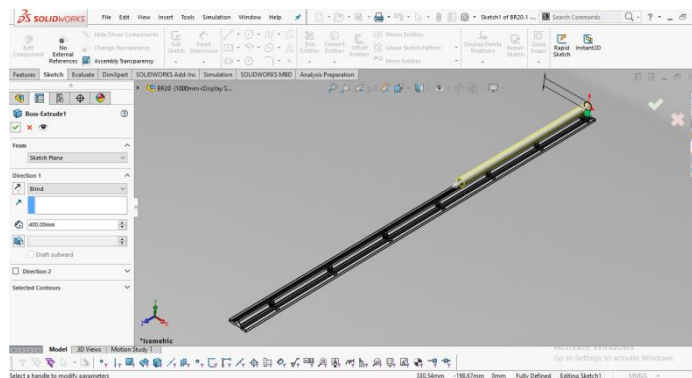
<i>Shaft and Support Rail</i>	Panjang
<i>Shaft and Support Rail 1</i>	1900 mm
<i>Shaft and Support Rail 2</i>	1000 mm
<i>Shaft and Support Rail 3</i>	400 mm

30. Membuka file komponen *shaft and support rail*.



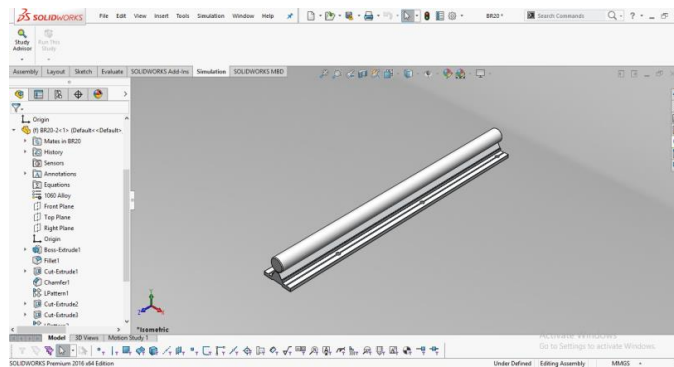
Gambar 3.32. Ukuran Desain *Shaft and Support Rail*

31. Mengubah *extrude boss/base* dari *shaft* dan *support rail* dengan memasukan nilai masing-masing 1900 mm, dan 1000 mm, 400 mm sebagai nilai panjang.



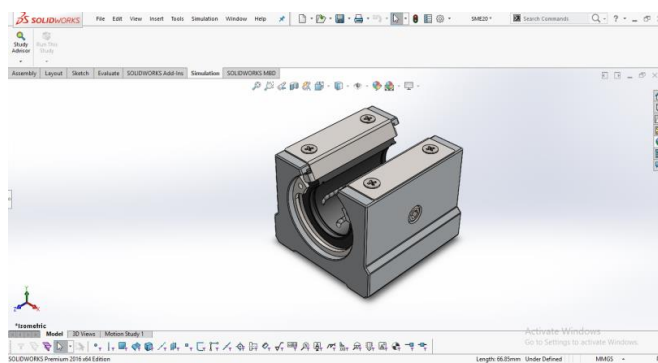
Gambar 3.33. Mengubah *Extrude Boss/base* pada Desain

32. Pada desain telah di atur materialnya, untuk shaft materialnya *chrome stainless stell* dan pada *support rail* materialnya adalah *1060 alloy*.



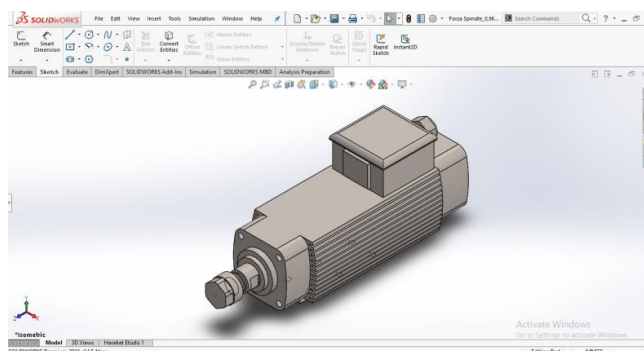
Gambar 3.34. Desain komponen *Shaft and Support Rail* setelah diedit

33. Mengunduh desain komponen *linear bearing with housing* pada website <https://grabcad.com/library/sme20-linearbearing-with-housing-1>, dengan diameter dalam 20 mm.



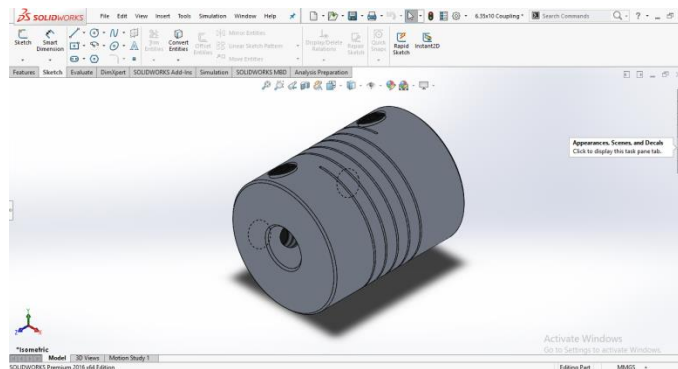
Gambar 3.35. Desain komponen *linear bearing with housing*

34. Mengunduh desain *solidworks* komponen spindle pada website <https://grabcad.com/library/forza-spindle-1>.



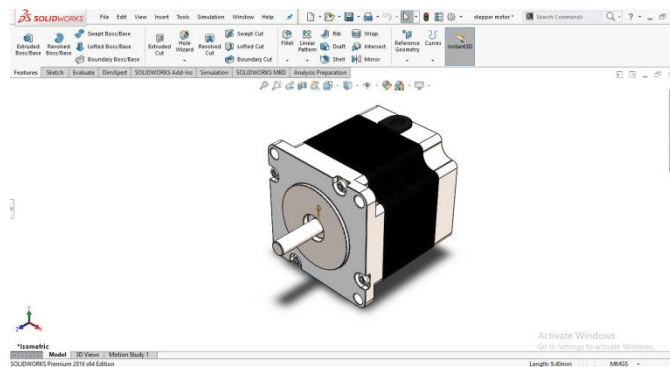
Gambar 3.36. Desain Komponen *Spindle*

35. Mengunduh desain *solidworks* komponen *coupling* pada website <https://grabcad.com/library/coupler-cnc-1>.



Gambar 3.37. Desain Komponen *Coupling*

36. Mengunduh desain *solidworks* komponen *stepper motor* pada website <https://grabcad.com/library/nema-23-stepper-motor-6>.



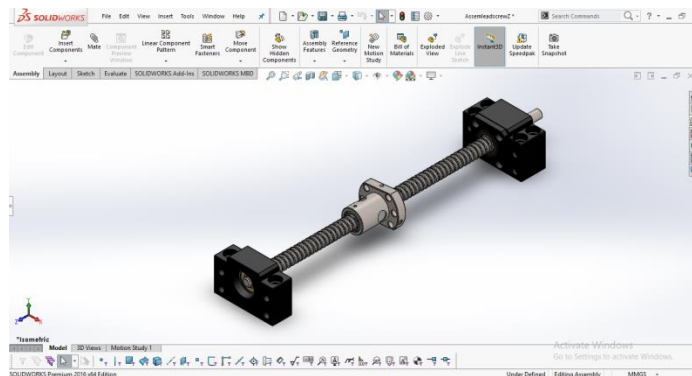
Gambar 3.38. Desain Komponen *Stepper Motor*

37. Mengunduh desain komponen *ballscrew* dengan *ballscrew nut* dan *ballscrew support* pada website <https://grabcad.com/library/sfu1204-500mm-with-bk10-bf10-set-1> dan melakukan pengubahan ukuran desai *revolve* pada *ballscrew* sesuai tabel 3.5.

Tabel 3.5. *Ballscrew*

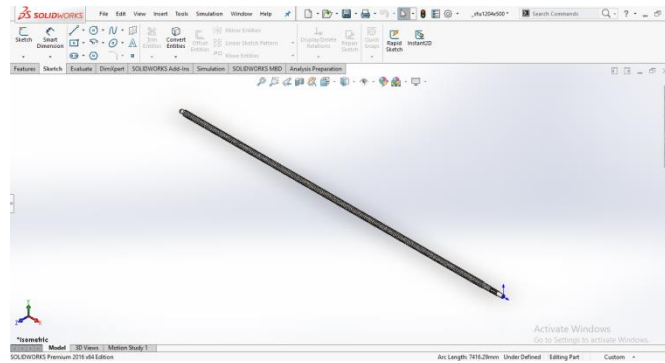
Ballscrew	Panjang <i>Ballscrew</i>	Panjang Langkah Kerja <i>Ballscrew</i>
Ballscrew 1	1850 mm	1808.50 mm
Ballscrew 2	847 mm	805.50 mm
Ballscrew 3	400 mm	358.50 mm

38. Desain komponen *ballscrew* dengan *ballscrew nut* dan *ballscrew support* yang telah diunduh.



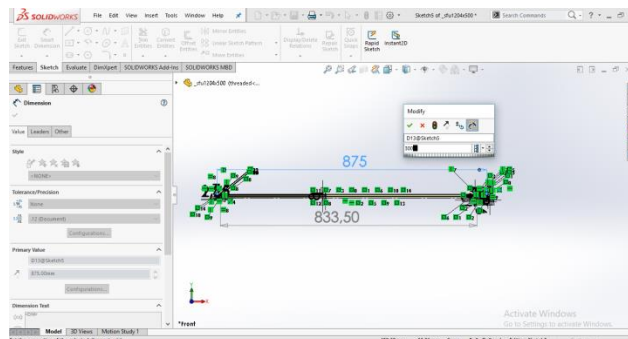
Gambar 3.39. Desain Komponen *Ballscrew Kit*

39. Membuka *file* komponen *ballscrew*.



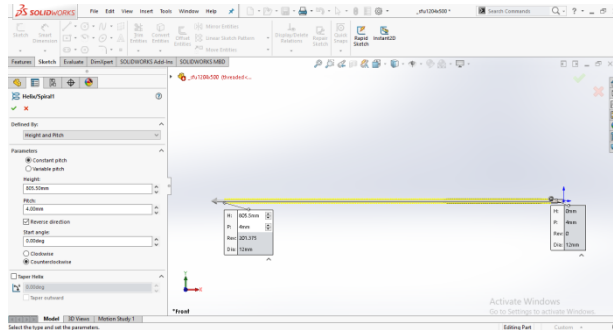
Gambar 3.40. Desain Komponen *Ballscrew*

40. Mengubah *revolve* pada *ballscrew* dengan memasukkan nilai masing-masing 1850 mm, dan 847 mm, 400 mm sebagai nilai panjang.



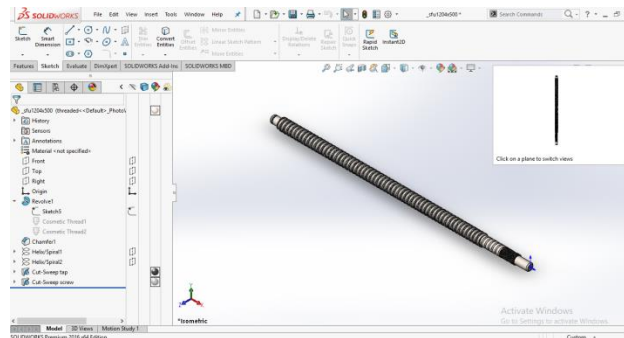
Gambar 3.41. Mengubah *Revolve* pada Desain *Ballscrew*

41. Mengubah *helix/spirall* pada *ballscrew* dengan memasukkan nilai masing-masing 1808.50 mm, dan 805.50 mm, 358.50 mm sebagai nilai panjang.



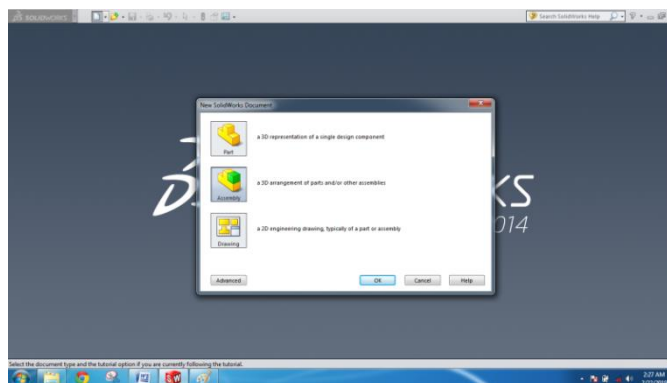
Gambar 3.42. Mengubah *Helix/spirall* Ballscrew

42. Hasil desain yang telah dilakukan perubahan ukuran.



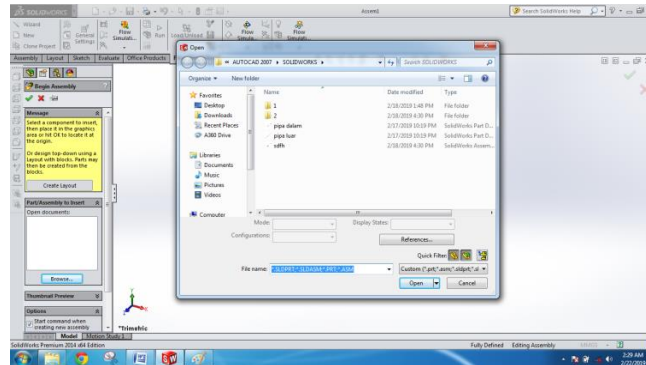
Gambar 3.43. Desain Komponen *Ballscrew* yang telah diedit

43. Melakukan proses *assembling* dengan membuka lembar baru klik *new* pilih *assembly* lalu *ok*.

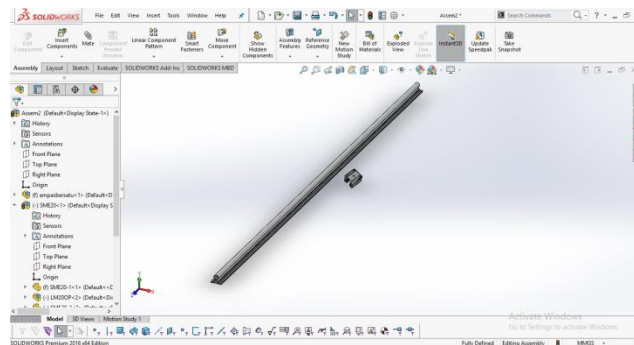


Gambar 3.44. *Assembly*

44. Memilih komponen *shaft and support rail* dengan *linear bearing with housing* dengan cara *insert component – browse – pilih objek yang telah dibuat – open*.

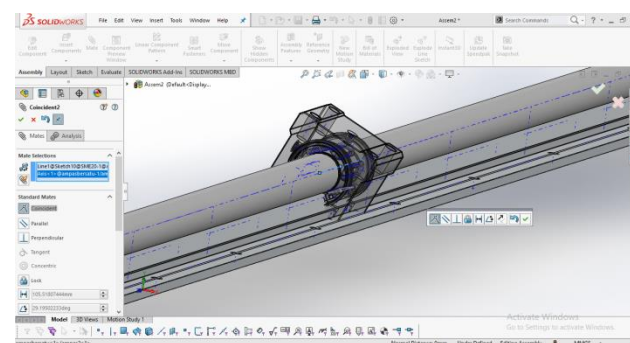


Gambar 3.45. Memilih Komponen yang dirakit



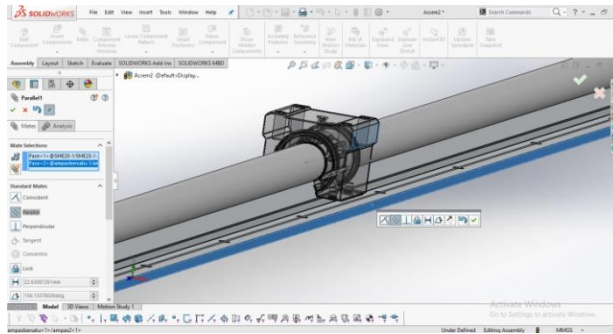
Gambar 3.46. Komponen yang akan dirakit

45. Menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, klik *centerline* komponen dengan komponen lainnya.



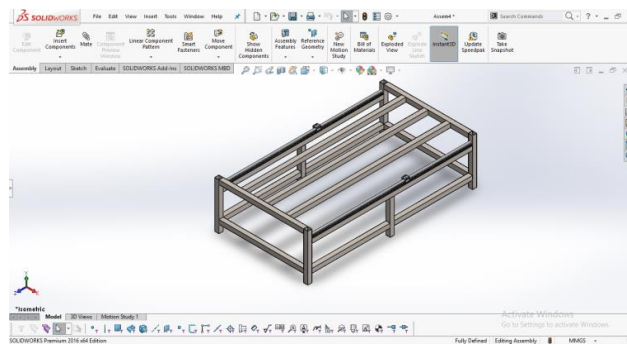
Gambar 3.47. Komponen yang sedang dirakit

46. Menjajarkan komponen satu dengan lainnya melalui *mate parallel* dengan mengklik komponen sama sisi.



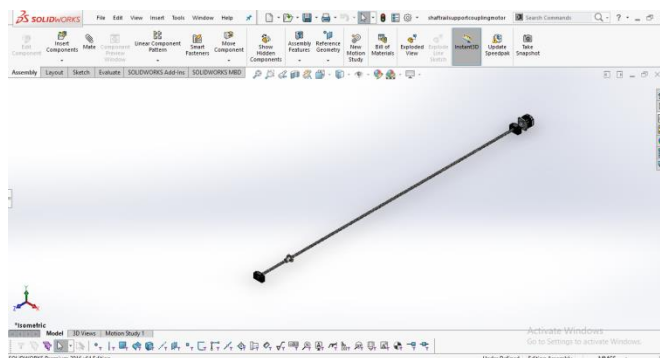
Gambar 3.48. Komponen *shaft and support rail kit*

47. Melakukan *assembling* komponen *shaft and support rail kit* 1900 mm dengan rangka dasar dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident* dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



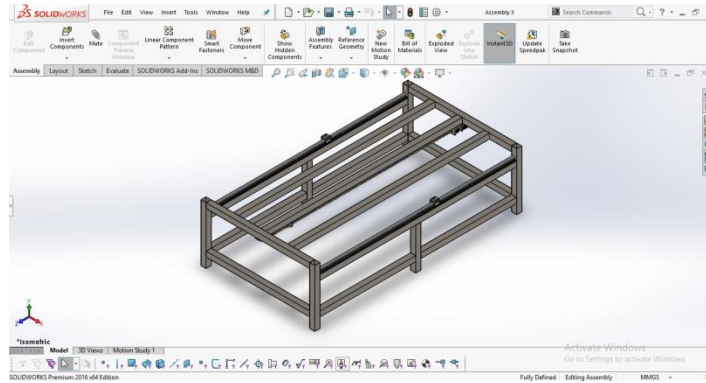
Gambar 3.49. Komponen telah dirakit

48. Melakukan *assembling* komponen *ballscrew kit* 1850 mm, *coupling* dan *stepper motor* dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, *parallel*, dan *concentric*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



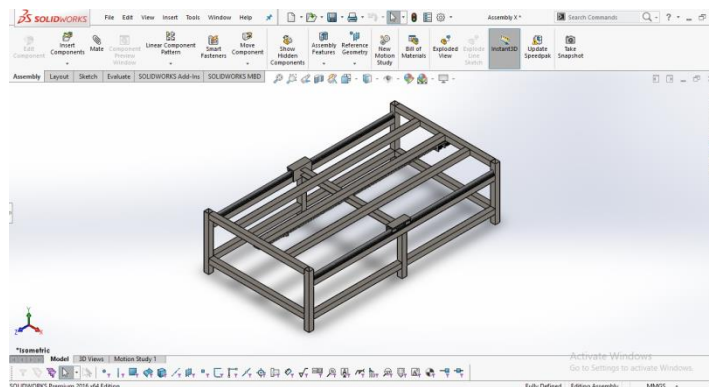
Gambar 3.50. Komponen yang telah dirakit

49. Melakukan assembling komponen rangka dasar dan *shaft rail support kit* 1900 mm dengan *ballscrew kit* 1850 mm, *coupling* dan *stepper motor* dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



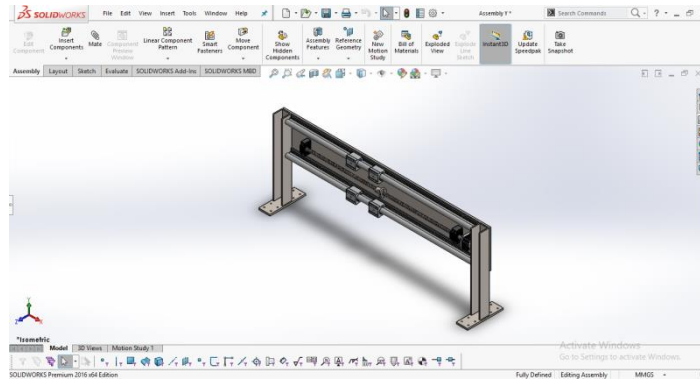
Gambar 3.51. Komponen yang telah dirakit

50. Melakukan assembling komponen rangka dasar dan *shaft rail support kit* dengan rangka *support* bawah dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



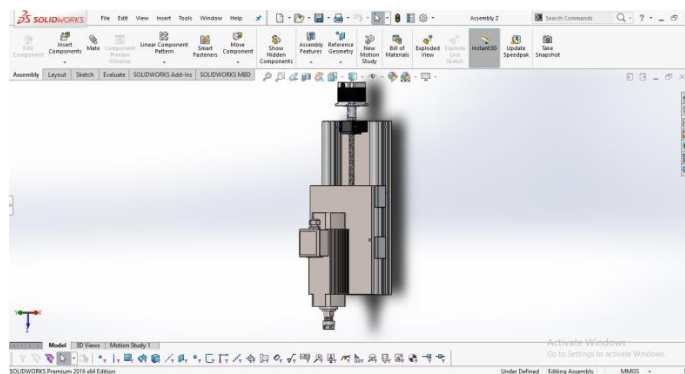
Gambar 3.52. Komponen yang telah dirakit

51. Melakukan assembling rangka profil U dengan plat ukuran 1100 mm x 200 mm serta *ballscrew kit* 847 mm dan *shaft with support rail kit* 1000 mm dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



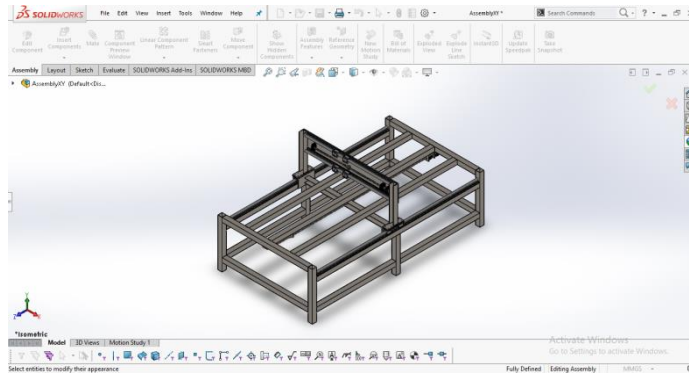
Gambar 3.53. Komponen yang telah di rakit

52. Melakukan *assembling* pelat ukuran 400 mm x 200 mm dengan plat ukuran 250 mm x 200 mm serta *ballscrew kit* 400 mm, *shaft with support rail kit* 400 mm dan spindle dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



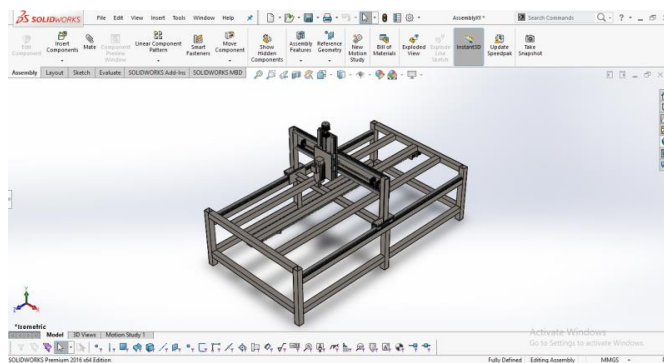
Gambar 3.54. Komponen yang telah di rakit

53. Melakukan *assembling* file *assembly X* dengan *assembly Y* dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, *mate width* dan *mate concentric*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan.



Gambar 3.55. Penggabungan *assembly X* dengan *assembly Y*

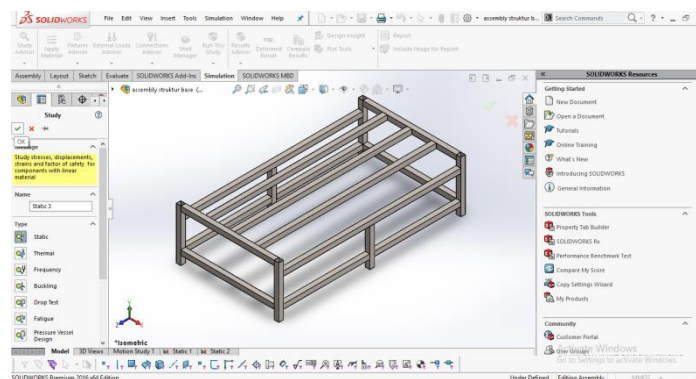
54. Melakukan *assembling file assembly XY* dengan *assembly Z* dengan menggabungkan objek yang akan dirakit melalui perintah *mate coincident*, *mate tangent* dan *mate width*, klik rangka dengan rangka lainnya lalu atur *mate* yang diperlukan



Gambar 3.56. Desain CNC 3 axis

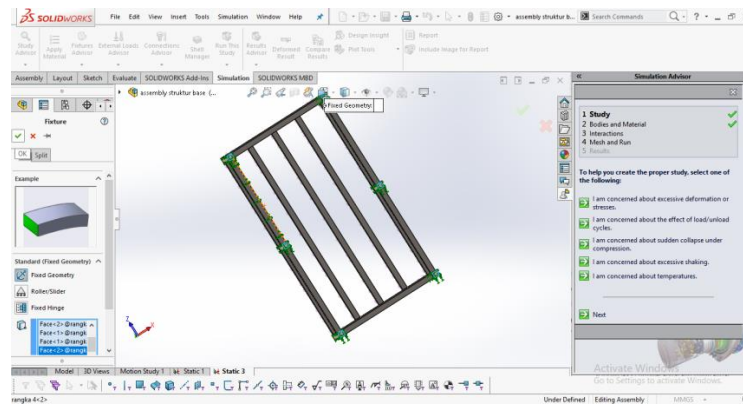
3.5. Analisa Rangka Dasar dengan Software SolidWorks 2014

1. Pilih icon *Study Advisor* dan pilih *New Study*.
2. Pilih pengujian *type static* dan pilih ok.



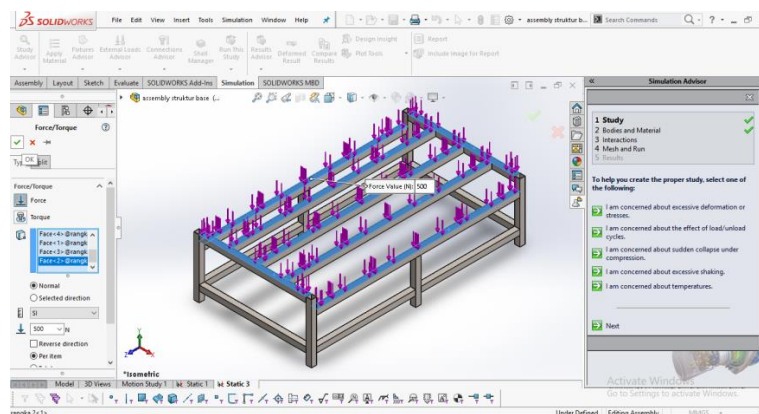
Gambar 3.57. Rangka Dasar dengan analisa Statik

3. Pilih icon *Fixtures Advisor* dan pilih *Fixed Geometry*, pilih rangka bagian bawah lalu pilih ok.



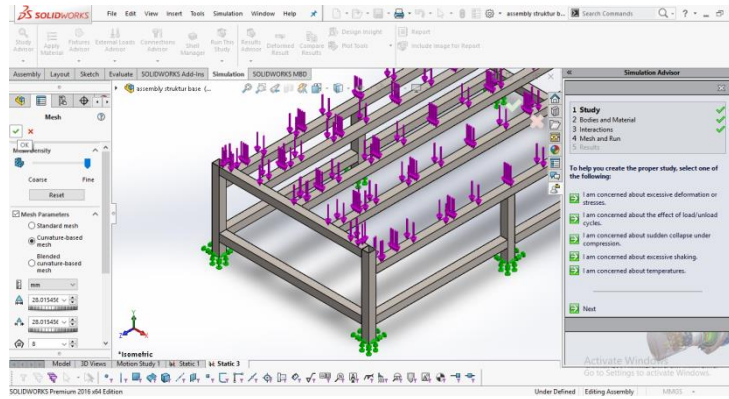
Gambar 3.58. Pemilihan area *Fixed Geomtery*

4. Pilih icon *External Loads Advisor* dan pilih icon *Force*, pilih rangka bagian atas dan masukkan beban 1000N lalu pilih ok.



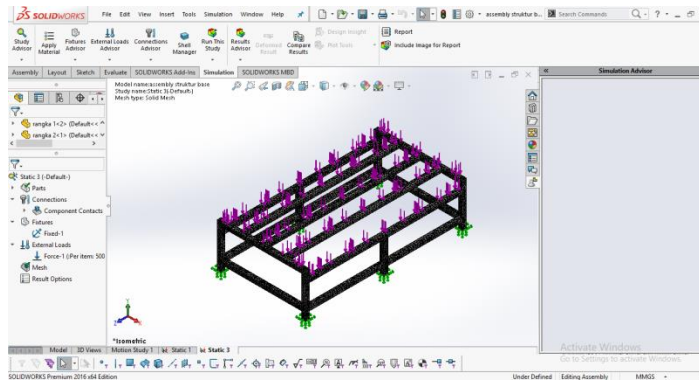
Gambar 3.59. Pemilihan area beban dan nilai beban

5. Pilih icon *Mesh* pada bagian kiri, klik kanan dan pilih *Create Mesh*. Pada *Mesh Density* arahkan *Mesh Factor* ke arah *Fine*. Centangkan *Mesh-Parameters* dan pilih *Curvature-based Mesh* lalu pilih ok.



Gambar 3.60. Pemilihan Mesh pada Rangka Dasar

6. Lalu Aplikasi akan memulai *Mesh Progress*



Gambar 3.61. Rangka Dasar yang telah di *Mesh*

7. Pilih icon *Run This Study*.

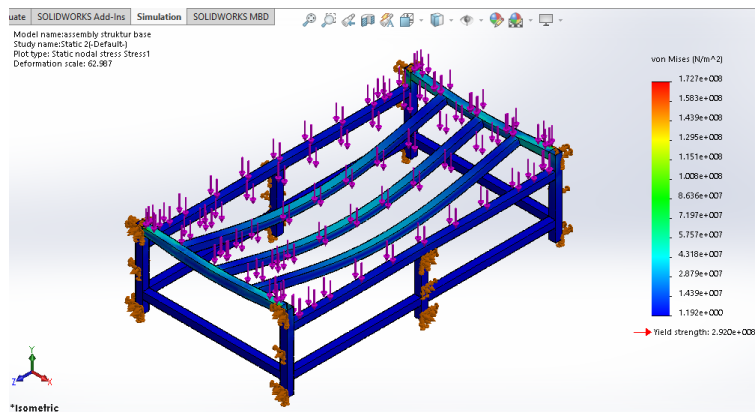
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisa pada Rangka Dasar

4.1.1 Analisa *Stress*

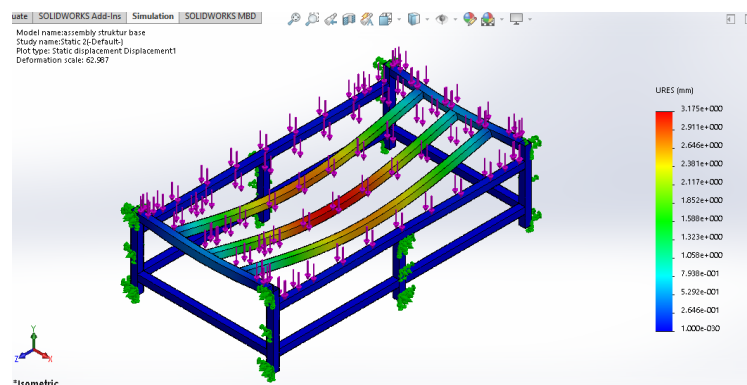
Hasil *stress* maksimal dan minimal terlihat pada Gambar 4.6. dimana angka *stress* tertinggi pada bagian merah menunjukkan angka $1.727e+008 \text{ N/m}^2$, *yield strength* pada panah merah yaitu pada angka $2.920e+008 \text{ N/m}^2$.



Gambar 4.1. Hasil Analisa *Stress* pada Rangka dasar atas

4.1.2. Analisa *Displacement*

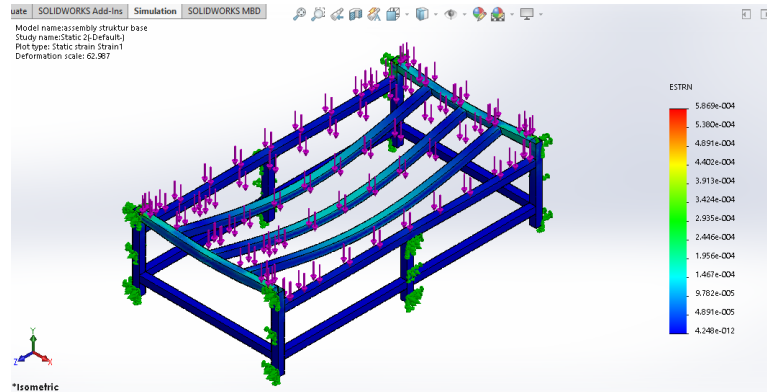
Hasil *displacement* maksimal dan minimal terlihat pada Gambar 4.7. Dimana angka *displacement* tertinggi ditunjukkan pada bagian yang berwarna merah yang menunjukkan angka $3.175e+000 \text{ mm}$.



Gambar 4.2. Hasil Analisa *Displacement* pada Rangka dasar atas

4.1.3. Analisa *Strain*

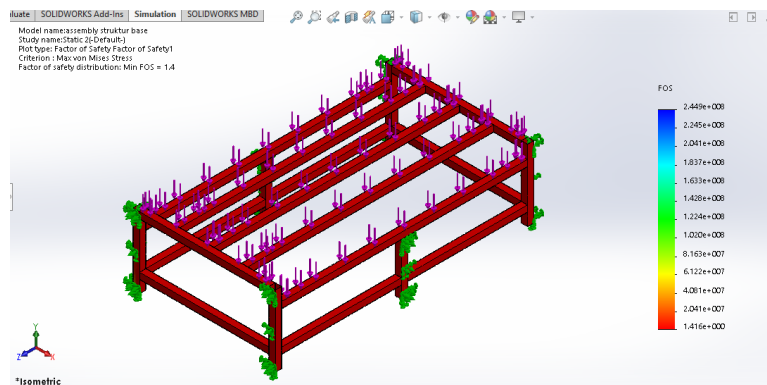
Hasil *strain* maksimal dan minimal terlihat pada Gambar 4.8. Dimana angka *strain* tertinggi ditunjukkan pada bagian yang berwarna merah yang menunjukkan angka $5.869e-004$.



Gambar 4.3. Hasil Analisa *Strain* pada Rangka dasar atas

4.1.4. *Factor of Safety*

Pada rangka dasar CNC 3 Axis ini, FOS terkecil ialah $1.146e+000$ yang berarti rangka dasar CNC 3 Axis ini aman diberi beban statis sebesar 1000 N (102 kgf). Nilai FOS terkecil ada pada area merah. Nilai FOS terbesar ialah $2.449e+008$.



Gambar 4.4. Hasil *Factor of Safety*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan desain dan hasil analisa dari CNC 3 *axis* adalah sebagai berikut :

1. Dimensi desain CNC 3 *axis* adalah 2000 mm x 1100 mm x 568 mm.
2. Material yang digunakan pada rangka dasar adalah 201 *annealed stainless steel*.
3. Hasil analisa pada rangka dasar : maksimum analisa *stress* 1.727e+008 N/m⁻² dan minimum analisa *stress* 1.192+000 , *yield strength* 2.920e+008 N/m⁻², maksimum analisa *displacement* 3.175e+000 mm dan minimum 1.000e-030, maksimum analisa *strain* 5.869e-004 dan minimum 4.248e012
4. Hasil factor of safety pada rangka dasar CNC 3 *Axis* aman diberi beban maksimum 1000N.

5.2. Saran

Adapun saran dan masukan dari penyusunan laporan ini sebagai berikut :

1. Diperlukan Laptop atau Komputer dengan spesifikasi lebih baik dalam mendesain dan menganalisa lebih lanjut terhadap CNC 3 *Axis* ini.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut analisa seperti analisa tegangan geser dan momen pada desain CNC 3 *Axis* ini.
3. Diperlukan pengujian analisa lebih lanjut terhadap komponen selain rangka dasar CNC 3 *Axis* tersebut.
4. Diperlukan pemahaman dan kemahiran terhadap aplikasi *Solidworks* lebih dalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. Muhammad. 2016. Desain dan Analisis Rangka Lengan CNC Sumbly Y pada Hybrid Powder Spray CNC 2 Axis. Program Diploma III Teknik Mesin Produksi. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret.
- Gonul. Ersan, Kilic.Muhsin, Karpas. Fatih, 2014, *A Study on Design and Manufacturing for the Side Wall of Large CNC Portal Milling Machine*, ICRSET.
- Gorasia. J, 2009. *Structural Design of a Desktop CNC Mill*, *Journal of Mechanics of Solid and Structures*.
- GUBRUZ. Riza, 2009, *Mechatronics Approach for Desk-Top CNC Milling Design*, *Cankiri Karatekin University*.
- Junior. Paulo Augusto Sherring da Rocha, Souza. Rogerio Diogne de Silva e, Tostes. Maria Emilia de Lima, 2010, *Prototype CNC Machine Design*, *Federal University of Para*.
- Kobeloglu. Ahmet dan Cetinkaya. Kerim, 2012, *Design and the prototype of a desktop cnc lathe to be utilized for educational purpose*, *Kastamonu University, Karabuk Universit*.
- Malleswara Swammi. B dan Sunil Ratna Kumar. K, 2012, *DESIGN AND STRUCTURAL ANALYSIS OF CNC VERTICAL MILLING MACHINE BED*, *SIR. C.R.R. College of Engineering*.
- Max Antoni, Lasova Vaclava, Pusman Simon, 2015, *Enhancement of teaching design of CNC milling machines*, *University of Bohemia*.
- Pratik. Bhambhatt, Mr. Surani. Piyus, Mr. Patel. Dhaval, Patel. Amarishkumar J, Chaudhari. Sunilkumar N, 2017, *DESIGN AND ANALYSIS OF BASE STRUCTURE OF CNC ROUTER*, *Journal of Emerging Techologies and Innovative Research*.

Srinivasan. Sruthi dan Mr Subramanyam. B, 2016, *Design and Structural Analysis of CNC Milling Machine Bed with Composite Material*, MLR Institute of technolog.

Zulfikar. Zoro dan Syafri, 2017, *Proses Produksi Prototipe Mesin CNC Router 3-Axis*, Universitas Riau.

<https://grabcad.com/library/br20-shaft-and-support-rail-resizable-1> (diakses 14-2-2019).

<https://grabcad.com/library/sme20-linearbearing-with-housing-1> (diakses 14-2-2019).

<https://grabcad.com/library/forza-spindle-1> (diakses 14-2-2019).

<https://grabcad.com/library/coupler-cnc-1> (diakses 12-2-2019).

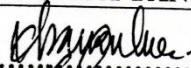

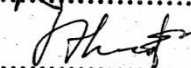
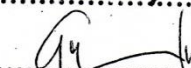
<https://grabcad.com/library/nema-23-stepper-motor-6> (diakses 12-2-2019).

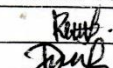
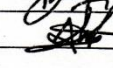
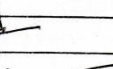
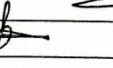
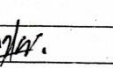
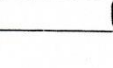
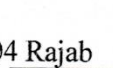
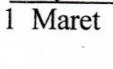
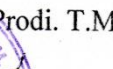

<https://grabcad.com/library/sfu1204-500mm-with-bk10-bf10-set-1> (diakses 12-2-2019).

LAMPIRAN

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Muhammad Hidayat
 NPM : 1407230134
 Judul Tugas Akhir : Desain Dan Analisis CNC 3 Axis Untuk Industri Kecil Dan Menengah.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II	: Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 
Pembanding – I	: Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	: 
Pembanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230232	RENDI LEWALDI	
2	1407230085	DOPI HARISANDI	
3	1407230161	Ahmad sputra Siregar	
4	1407230190	Abdullah Afif Al Karim	
5	1407230200	M. FACHRULROZI DAMANIK	
6	1407230111	ZHUKRI LI	
7	1407230183	KEVIN GHIFARI	
8	1407230140	ADITYA PUTRA MALAU.	
9	1407230120	Feryki Isandi	
10	1407230173	SATRIA IRVAN AFIF	

Medan, 04 Rajab 1440 H
11 Maret 2019 M

Ketua Prodi. T.Mesin




Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Muhammad Hidayat
NPM : 1407230134
Judul T.Akhir : Desain Dan Analisis CNC 3 Axis Untuk Industri Kecil Dan Menengah .

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
lihat catatan pada T.A. yang telah diperiksa
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 04 Rajab 1440H
11 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Muhammad Hidayat
NPM : 1407230134
Judul T.Akhir : Desain Dan Analisis CNC 3 Axis Untuk Industri Kecil Dan Me-
Nengah .

Dosen Pembimbing – I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
..... *liber buku ngs akhir*
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 04 Rajab 1440H
11 Maret 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembanding- II

(Handwritten signature)
Chandra A Siregar.S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Desain dan Analisis CNC 3 Axis untuk Industri Kecil dan Menengah

Nama : Muhammad Hidayat

NPM : 1407230134

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		- Pembacaan profil tugas	le
		- Perbincangan pendahuluan	le
		- Perbincangan tugas pustaka	le
		- Konsep dan	
		- Perbincangan Metode	le
		- Perbincangan Analisis	le
		- Lanjutan ke pembimbing 2	le
		- Ace, seminar	le

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Muhammad Hidayat
Npm : 1407230134
Tempat / Tanggal Lahir : Medan / 24 September 1994
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl. Sutomo No 6 A

Kel / Desa : Gaharu
Kecamatan : Medan Timur
Kabupaten : Kota Medan
Provinsi : Sumatera Utara
No. HP : 0858 – 3181 – 3445
Email : hidayatbpagi10@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Ismail
Ibu : Nur Azizah

PENDIDIKAN FORMAL

2000 – 2006 : SD Muhammadiyah 13 Medan
2006 – 2009 : SMP Muhammadiyah 07 Medan
2009 – 2012 : SMK-TR Raksana Medan
2014 – 2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara