



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 184835

PERANCANGAN ALAT TRAKSI LUMBAR UNTUK TERAPI NYERI PUNGGUNG BAWAH

ARDHI BINTANG RIDOLLAH
NRP : 0211134000119

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng

Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya



TUGAS AKHIR - TM184835
PERANCANGAN ALAT TRAKSI
LUMBAR UNTUK TERAPI NYERI
PUNGGUNG BAWAH

ARDHI BINTANG RIDOLLAH
NRP. 02111340000119

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan,
M.Eng.

LAB. REKAYASA MANUFAKTUR
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



**FINAL PROJECT - TM184835
DESIGN OF LUMBAR TRACTION
DEVICE FOR LOW BACK PAIN
THERAPY**

**ARDHI BINTANG RIDOLLAH
NRP. 02111340000119**

**Supervisor
Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan,
M.Eng.**

**MANUFACTURE ENGINEERING
LABORATORY
Department of Mechanical
Engineering
Faculty Of Industrial Tecknology and
System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN ALAT TRAKSI LUMBAR UNTUK TERAPI NYERI PUNGGUNG BAWAH

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

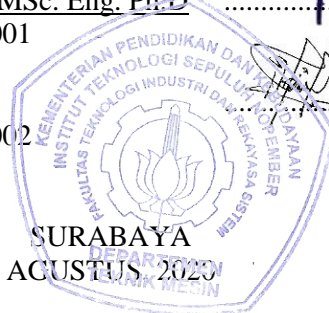
Oleh :

Ardhi Bintang Ridollah

NRP. 0211134000119

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng......(Pembimbing)
NIP. 195811061986011002
2. Arif Wahjudi, ST, MSc. Eng, Ph.D......(Penguji I)
NIP. 197303222001221001
3. M. Khoirul Effendi, ST, MSc. Eng. Ph.D.....(Penguji II)
NIP. 198204142010121001
4. Sampurno Ir, M. T......(Penguji III)
NIP. 196504041989031002



(Halaman sengaja dikosongkan)

PERANCANGAN ALAT TRAKSI *LUMBAR* UNTUK TERAPI NYERI PUNGGUNG BAWAH

Nama : Ardhi Bintang Ridollah
NRP : 0211134000119
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen
Batun, M. Eng

ABSTRAK

Rasa nyeri merupakan sinyal yang diberikan oleh tubuh kita untuk menandakan bahwa keadaan tubuh kita sedang dalam keadaan bahaya. Terdapat berbagai macam rasa nyeri mulai dari yang ringan hingga berat. Dalam kondisi tertentu rasa nyeri yang sangat berat dapat sangat mengganggu aktifitas kehidupan kita sehari-hari. Salah satu jenis nyeri yang sangat umum terjadi adalah nyeri punggung bawah. Nyeri punggung bawah akan sangat mengganggu aktifitas hidup kita karena punggung merupakan bagian tubuh yang menumpu bagian tubuh atas kita. Nyeri punggung bawah pada umumnya dapat terjadi akibat kesalahan pada postur tubuh kita saat melakukan aktifitas sehingga beban yang dialami punggung lebih besar dari pada kondisi normalnya. Penyebab lainnya adalah jenis aktifitas yang kita lakukan. Aktifitas yang berhubungan dengan mengangkat barang berat sangat rentan menjadi penyebab terjadinya nyeri punggung bawah.

Langkah – langkah yang digunakan dalam pembuatan alat *lumbar traction* adalah dengan melakukan studi pustaka dan lapangan untuk mengetahui prinsip kerja traksi khususnya traksi untuk otot *lumbar*, lalu melakukan perumusan masalah

terkait hal tersebut. Dari perumusan masalah yang sudah dilakukan kemudian disusun daftar kebutuhan (*list of requirement*) alat traksi lumbar. Setelah itu dibuat desain konsep *Lumbar Traction* yang sesuai dengan *List of Requirement* yang sudah dibuat.

Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan *lumbar traction* untuk terapi pasien dengan keluhan pada area punggung bagian bawah serta membantu menormalkan kondisi punggung. Juga sebagai dasar ilmu pengetahuan terutama dalam hal perancangan alat bantu kesehatan.

Kata Kunci : *Lumbar, Traction, RULA, Pneumatic, Terapi*

DESIGN OF LUMBAR TRACTION DEVICE FOR LOWER BACK PAIN THERAPY

Name : Ardhi Bintang Ridollah
NRP : 02111340000119
Departement : Teknik Mesin
Supervisor : Prof. Dr. Ing. I Made Londen
Batun, M. Eng

ABSTRACT

Pain is a signal that is given by our bodies to indicate our body is in a state of danger. Various kinds of pain ranging from mild to severe. Under certain conditions, very severe pain can interfere with our daily activities. One type of pain that is very common is low back pain. Lower back pain will greatly interfere with our life activities because the back is the part of the body that supports our upper body. Low back pain in general can occur errors in our posture when doing activities so that the load is greater than normal conditions. Another cause is the activities we do. Activities associated with lifting very vulnerable items are the cause of low back pain.

The steps used in the development of lumbar traction are conducting literature and field studies to determine the working principle of traction, especially traction for the lumbar muscle, and then formulate the related problems. Followed by problem formulation from problem formulation. From the formulation of the problems that have been carried out, a list of requirements for the lumbar traction device is compiled. After that, a Multifunctional Lumbar Traction concept design is

made in accordance with the List of Requirements that have been made.

It is hoped that this research can produce lumbar traction for the treatment of patients with complaints in the lower back area and help normalize back conditions. Also as a basis of science, especially in terms of designing health aids.

Keywords: *Lumbar, Traction, RULA, Pneumatic, Therapy*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmatnya yang berlimpah dalam penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Perancangan Alat Traksi Lumbar untuk Terapi Nyeri Punggung Bawah**”.

Ada kebanggaan tersendiri jika tugas akhir ini bisa selesai dengan hasil yang baik. Dengan keterbatasan penulis dalam membuat riset, maka cukup banyak hambatan yang penulis temui. Dan jika penelitian ini pada akhirnya bisa diselesaikan dengan baik tentulah karena bantuan dan dukungan dari banyak pihak terkait.

Untuk itu, penulis sampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Diantaranya :

1. Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
2. Orang Tua yang sudah mendukung dan memberi semangat setiap saat.
3. Sahabat dan keluarga Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk yang selalu membantu saya ketika ada masalah dalam mata kuliah ini.

Tak ada yang bisa penulis berikan selain doa dan rasa terima kasih yang tulus kepada para pendukung. Namun tidak lupa juga masukan yang berguna seperti saran atau kritik dari para pembaca sangat diharapkan oleh penulis

Surabaya, 16 Agustus 2020

Penulis

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1.....	1
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB 2.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Fisioterapi.....	7
2.1.1 Massage Terapi Latihan.....	7
2.1.2 Traksi.....	8
2.1.3 Traksi Lumbar.....	9
2.2 Alat Traksi Lumbar.....	10
2.3 Berat Segmen Tubuh.....	11
2.4 Sistem Pneumatik.....	12
2.4.1 Single Acting Cylinder.....	12
2.4.2 Tekanan Udara.....	12
2.5 Teori Kegagalan.....	14
2.5.1 Teori Tegangan Gesaer Maksimum.....	14
2.5.2 Teori Tegangan Normal Maksimum.....	15
2.5.3 Faktor Keamanan.....	16
2.6 Analisa Rula.....	17
2.7 Proses Pemesinan.....	20

2.8	Proses Bending.....	20
BAB 3		23
3.	METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1	Diagram Alir Penelitian	23
3.2	Langkah-Langkah Penelitian	24
3.2.1	Studi Pustaka Lapangan.....	25
3.2.2	Perumusan Masalah	25
3.2.3	Penyusunan Daftar Kebutuhan.....	25
3.2.4	Pembuatan Konsep Alat Traksi Lumbar	25
3.2.5	Analisa RULA	26
3.2.6	Pemilihan Jenis Material.....	26
3.2.7	Analisa Kekuatan Material.....	26
3.2.8	Pembuatan Detil Gambar Teknik.....	26
3.2.9	Perancangan Proses Manufaktur	27
3.2.10	Kesimpulan dan Saran	27
BAB 4		29
4.	PERANCANGAN ALAT TRAKSI LUMBAR.....	29
4.1	Daftar Kebutuhan (List of Requirement)	29
4.2	Konsep Referensi	30
4.3	Desain Konsep Alat Traksi Lumbar.....	31
4.4	Analisa Rapid Upper Limb Assesment (RULA) ..	35
4.5	Perancangan Komponen	35
4.5.1	Rangka Dudukan Kaki.....	35
4.5.2	Rangka Pinggang	38
4.5.3	Rel	41
4.5.4	Guider	44
4.5.5	Base Rangka Bawah.....	46
4.5.6	Rangka Kepala.....	48
4.5.7	Base Rangka Kepala	50
4.5.8	Rangka Punggung	52
4.5.9	Base Rangka Atas	55
4.5.10	Validasi Menggunakan Perhitungan Manual	57
4.6	Pemilihan Pneumatic	59
4.7	Pemilihan Pompa Angin	62
BAB 5		63

5.	RANCANGAN MANUFAKTUR ALAT TRAKSI LUMBAR	63
5.1	Rancangan Proses Manufaktur.....	63
5.1.1	Contoh Perhitungan.....	63
5.1.2	Rancangan Proses Pemesinan	84
5.2	Diagram alir Perakitan	87
BAB 6	89
6.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
6.1	Kesimpulan	89
6.2	Saran	89
	DAFTAR PUSTAKA	91
	LAMPIRAN A.....	93
	BIOGRAFI PENULIS	99

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Penyebaran Gangguan Nyeri Punggung Bawah	2
Gambar 2.1 Traksi Manual.....	9
Gambar 2.2 Traksi Kulit.....	9
Gambar 2.3 Traksi Skeletal	9
Gambar 2.4 Mesin Traksi di RS Haji Surabaya	9
Gambar 2.5 Permodelan Finite <i>Element</i> saat Traksi Lumbar	10
Gambar 2.6 Manual <i>Traction Bed Interhome</i>	11
Gambar 2.7 Alat Traksi Lumbal Cervical Stratek.....	11
Gambar 2.8 Pneumatik Jenis Single Acting Cylinder	12
Gambar 2.9 Grafik Konsumsi Udara.....	14
Gambar 2.10 RULA Employee Assesment Worksheet.....	18
Gambar 2.11 Skoring untuk RULA.....	19
Gambar 2.12 Skematik Ilustrasi Bending pada Beam.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Manual <i>Traction Bed Interhome</i>	30
Gambar 4.2 Rancangan Alat Traksi Lumbar.....	31
Gambar 4.3 Sketsa Ilustrasi Cara Kerja Alat Traksi Lumbar	34
Gambar 4.4 Hasil Analisa RULA Alat Traksi Lumbar	35
Gambar 4.5 Dimensi Rangka Dudukan Kaki	36
Gambar 4.6 Free Body Diagram Rangka Dudukan Kaki	36
Gambar 4.7 Hasil Simulasi Analisa Tegangan Rangka Dudukan Kaki	37
Gambar 4.8 Dimensi Rangka Pinggang	39
Gambar 4.9 Free Body Diagram Rangka Pinggang	39
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Analisa Tegangan Rangka Pinggang	40
Gambar 4.11 Dimensi Rel	41

Gambar 4.12	Free Body Diagram Rel	42
Gambar 4.13	Hasil Simulasi Analisa Rel	43
Gambar 4.14	Dimensi Guider	44
Gambar 4.15	Hasil Simulasi Analisa Guider	45
Gambar 4.16	Dimensi Base Rangka Bawah.....	46
Gambar 4.17	Free Body Diagram Base Rangka Bawah	46
Gambar 4.18	Hasil Simulasi Analisa Base Rangka Bawah	47
Gambar 4.19	Dimensi Rangka Kepala	48
Gambar 4.20	Free Body Diagram Rangka Kepala	48
Gambar 4.21	Hasil Simulasi Analisa Rangka Kepala	49
Gambar 4.22	Dimensi Base Rangka Kepala	50
Gambar 4.23	Free Body Diagram Base Rangka Kepala	51
Gambar 4.24	Hasil Simulasi Analisa Base Rangka Kepala	51
Gambar 4.25	Dimensi Rangka Punggung	53
Gambar 4.26	Free Body Diagram Rangka Punggung	53
Gambar 4.27	Hasil Simulasi Analisa Rangka Punggung ..	54
Gambar 4.28	Dimensi Base Rangka Atas	55
Gambar 4.29	Free Body Diagram Base Rangka Atas	55
Gambar 4.30	Hasil Simulasi Analisa Base Rangka Atas ...	56
Gambar 4.31	Dimensi Rangka Pinggang	58
Gambar 4.31	Free Body Diagram saat Proses Traksi Lumbar Berlangsung.....	59
Gambar 4.32	Spesifikasi Pompa Sireck Air Valve Style ..	62
Gambar 5.1	Part Rangka Pinggang	63
Gambar 5.2	Dimensi RPI-1	64
Gambar 5.3	Dimensi RPI-2	71
Gambar 5.4	Dimensi RPI-3	72
Gambar 5.5	Dimensi RPI-4	75
Gambar 5.6	Dimensi RPI-5	80
Gambar 5.7	Diagram Alir Perakitan Alat Traksi Lumbar .	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persamaan Estimasi Massa Segmen Tubuh (Kg) dari Berat Total Tubuh (Kg)	11
Tabel 2.2 Faktor Keamanan (Deutschman, 1975).....	16
Tabel 2.3 Tahapan Aplikasi Metode RULA	17
Tabel 2.4 Nilai Tingkat Resiko Cedera	19
Tabel 4.1 List Of Requirement Alat Traksi Lumbar	29
Tabel 4.2 Daftar Komponen Penyusun Alat Traksi Lumbar	32
Tabel 4.3 Tabel Kriteria Pemilihan Pneumatic Merk Airtac berdasarkan Cylinder Thrust.....	61
Tabel 5.1 Nama dan Jumlah Part Rangka Pinggang	64
Tabel 5.2 Rancangan Proses Manufaktur RPI-1	65
Tabel 5.3 Rancangan Proses Pemesinan RPI-2.....	71
Tabel 5.4 Rancangan Proses Pemesinan RPI-3.....	73
Tabel 5.5 Rancangan Proses Pemesinan RPI-4.....	75
Tabel 5.6 Rancangan Proses Pemesinan RPI-5.....	80
Tabel 5.7 Rancangan Proses Pemesinan Komponen Alat Traksi Lumbar.....	85
Tabel 7.1 Material Properties Metal or Alloy	93
Tabel 7.2 Material Properties Aluminium Alloy 3003-O ...	93
Tabel 7.3 Apendix Static dan Kinetic Friction Coefficient..	93
Tabel 7.4 Toleransi Umum untuk Ukuran Linear	95
Tabel 7.5 Toleransi Umum untuk Ukuran Sudut	95
Tabel 7.6 Jenis-Jenis Sesuaian yang Dapat Dipilih.....	95

BAB 1

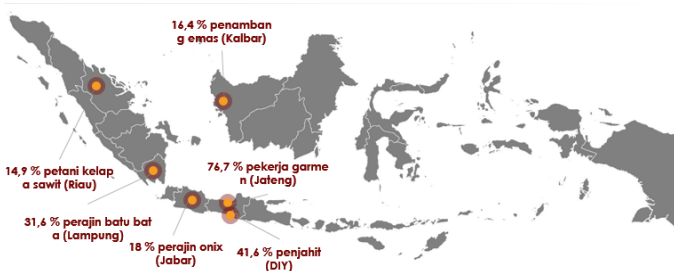
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rasa nyeri merupakan sinyal yang diberikan oleh tubuh kita untuk menandakan bahwa keadaan tubuh kita sedang dalam keadaan bahaya. Terdapat berbagai macam rasa nyeri mulai dari yang ringan hingga berat. Dalam kondisi tertentu rasa nyeri yang sangat berat dapat sangat mengganggu aktifitas kehidupan kita sehari-hari. Salah satu jenis nyeri yang sangat umum terjadi adalah nyeri punggung bawah . Nyeri punggung bawah akan sangat mengganggu aktifitas hidup kita karena punggung merupakan bagian tubuh yang menumpu bagian tubuh atas kita. Nyeri punggung bawah pada umumnya dapat terjadi akibat kesalahan pada postur tubuh kita saat melakukan aktifitas sehingga beban yang dialami punggung lebih besar dari pada kondisi normalnya. Penyebab lainnya adalah jenis aktifitas yang kita lakukan. Aktifitas yang berhubungan dengan mengangkat barang berat sangat rentan menjadi penyebab terjadinya nyeri punggung bawah .

Dilihat dari data yang dikumpulkan dari penelitian Pusat Riset dan Pengembangan Ekologi Kesehatan, Kementerian Kesehatan yang melibatkan 800 orang dari 8 sektor di Tanah Air (dikutip dari Indah A.F dan Eko B.P, 2018). Hasilnya menunjukkan, gangguan muskuloskeletal yang didominasi nyeri punggung bawah yang dialami oleh sekitar 31,6 % perajin batu bata di Lampung, 21% nelayan di DKI Jakarta, 18% perajin onix di Jawa Barat, 16,4% penambang emas di Kalimantan Barat, 14,9% perajin sepatu di Bogor, dan petani kelapa sawit di Riau. Pekerja garmen perusahaan di Jawa Tengah dan penjahit rumah di Yogyakarta adalah kelompok pekerja yang

paling banyak menderita gangguan muskuloskeletal, masing-masingnya sekitar 76,7% dan 41,6%, seperti yang terlihat pada gambar 1.1 berikut.



Gambar 1.1 Peta Penyebaran Gangguan Nyeri Punggung Bawah

Dari keterangan yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan pada tahun 2018 melalui websitenya bahwa prevalensi nyeri punggung bawah adalah sebesar 18% dan 85% penyebabnya adalah nonspesifik berupa kelainan pada jaringan lunak. Menurut penilitan Meucci R, et al pada jurnalnya *Prevalence of chronic low back pain : a systematic review* (2015) angka prevalensi nyeri punggung bawah kronis pada usia antara 24-39 tahun adalah sebesar 24-39 tahun dan pada usia 20-59 tahun adalah sebesar 19,6 %. Secara medis nyeri punggung belakang dapat disebabkan oleh berbagai faktor antara lain hernia pada diskus tulang punggung, dislokasi pada facet tulang belakang dan peregangan otot tulang belakang yang berlebihan.

Untuk menangani nyeri punggung bawah dapat dilakukan dengan cara memperbaiki postur tubuh saat melakukan aktifitas, melakukan terapi fisik (fisioterapi), mengkonsumsi obat penahan nyeri, malakukan operasi dan menggunakan terap laser tingkat rendah. Pada nyeri punggung kronis terapi fisik dan operasi merupakan pilihan

yang yang lebih baik daripada opsi lainnya. Pada nyeri pinggung bawah kronis memperbaiki postur tubuh sudah tidak banyak berpengaruh dalam proses pengobatannya dan mengkonsumsi obat penahan nyeri hanya meredakan rasa sakit tanpa memperbaiki penyebabnya. Terapi fisik atau fisioterapi merupakan pilihan terbaik bagi penderita nyeri punggung belakang yang takut melakukan operasi karena peroses ini bersifat non-invasif. Pada terapi fisik dikenal istilah traksi. Traksi merupakan salah satu teknik fisioterapi, dimana teknik ini dilakukan untuk menarik dan memberikan tahanan yang diaplikasikan pada bagian tubuh yaitu pada bagian tulang belakang. Aplikasi ini bekerja dengan tujuan untuk menarik dan memberikan tahanan pada tulang maupun otot dengan arah berlawanan yang disebut dengan counter traction. Traksi telah ditetapkan sebagai salah satu management dalam ortopedi sampai dengan tahun 1940 ketika masih digunakan *nail*, pin dan *plate* sebagai fiksasi internal yang sering digunakan dalam praktek. Traksi dapat mengurangi rasa sakit dengan memberikan relaksasi pada otot. Penggunaan traksi telah didokumentasikan melalui banyak literatur, traksi banyak digunakan pada waktu istirahat atau imobilisasi, dimana membuat struktur tulang menjadi lurus.

Di RSUD Haji terdapat sebuah mesin traksi untuk menangani terapi traksi mulai dari *lumbar traction* dan *cervical traction*, yang penggunaanya harus dilakukan secara bergantian, artinya terapi harus dilaksanakan secara seri, dan hal ini menyebabkan keterlambatan pelaksanaan salah satu terapi. Selain itu alat traksi yang ada RSUD Haji Surabaya cukup berat dan sering mengalami kerusakan, sehingga membutuhkan perawatan dan biaya perbaikan yang tidak murah. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pada tugas akhir ini akan dilakukan pembuatan alat traksi *lumbar* yang berbasis fluida

udara. Dari pembuatan konsep traksi tersebut, diharapkan dapat diperoleh sebuah alat traksi lumbar yang lebih praktis, nyaman dan aman serta bermanfaat bagi penderita nyeri punggung belakang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang alat *lumbar traction* untuk membantu memperbaiki posisi tulang punggung bawah?
2. Bagaimana merancang alat *lumbar traction* yang aman dan nyaman digunakan?
3. Bagaimana merancang proses manufaktur alat *lumbar traction*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Merancang alat *lumbar traction* untuk membantu memperbaiki posisi tulang punggung bawah.
2. Merancang alat *lumbar traction* yang aman dan nyaman digunakan.
3. Merancang proses manufaktur alat *lumbar traction*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditetapkan agar tugas akhir ini terarah dan sesuai tujuan yang telah ditentukan adalah :

1. Rancangan *lumbar traction* dibuat hanya untuk orang dewasa di atas usia 20 tahun.
2. *Lumbar traction* dirancang untuk pengguna orang Indonesia.
3. *Lumbar traction* dirancang untuk posisi pemakaian berbaring terlentang.

4. Analisa untuk menentukan posisi terapi yang nyaman dan ergonomis dilakukan dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).
5. Beberapa komponen menggunakan komponen standar yang ada di pasaran.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai dasar ilmu pengetahuan terutama dalam hal perancangan alat bantu kesehatan.
2. Dapat menghasilkan desain *lumbar traction* untuk terapi pasien dengan keluhan pada area punggung bagian bawah serta membantu menormalkan kondisi punggung.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fisioterapi

Fisioterapi menurut *World Confederation for Physical Therapy (WCPT)* sebuah organisasi non profit internasional yang menyuarkan fisioterapi dunia yang beridir sejak 1951 dan Indonesia bergabung sejak 1991, fisioterapi merupakan salah satu profesi kesehatan yang menyediakan perawatan (treatment) untuk mengembangkan, memelihara, dan memaksimalkan gerak dan fungsi gerak dalam kehidupan seseorang, terutama saat terjadi gangguan gerak dan fungsi gerak akibat penuaan cedera atau trauma fisik, penyakit, dan faktor lingkungan lainnya. Fisioterapi memiliki modalitas yang bertujuan mengurangi nyeri, meningkatkan *Range of Motion (ROM)* mengurangi spasme salah satu modalitas yang dapat diberikan pada kasus nyeri punggung bawah yaitu *Ultrasound, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS)*, dan *William's Flexion Exercise*.

2.1.1 Massage Terapi Latihan

Dari penggabungan latihan menggunakan modalitas berupa *ultrasound, transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS)* dan *William's flexion exercise* pada penderita nyeri punggung bawah dapat mengurangi nyeri pada punggung bawah, menurunkan spasme otot, peningkatan kekuatan otot-otot lumbal, peningkatan lingkup sendi pada lumbal dan peningkatan kemampuan aktivitas fungsional.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Indah Ayu Fibriani dan Eko Budi Prasetyo pada jurnalnya yang berjudul **Penatalaksanaan Fisioterapi pada Kondisi *Low Back Pain et Causa Spondylosis lumbal* dengan Modalitas *Ultrasounic, Transcutaneous Electrical Nerves Stimulation* dan *William's Flexion Exercise* di RSUD Kraton Pekalongan** pada tahun 2018, setelah dilakukan tindakan fisioterapi sebanyak enam kali pada

pasien nyeri punggung bawah, didapatkan hasil akhir berupa terjadinya penurunan rasa nyeri, penurunan spasme, peningkatan kekuatan otot, peningkatan lingkup gerak sendi dan peningkatan kemampuan aktifitas fungsional.

2.1.2 Traksi

Traksi adalah tahanan yang dipakai dengan berat atau alat lain untuk menangani kerusakan atau gangguan pada tulang dan otot. Tujuan dari traksi adalah untuk menangani fraktur, dislokasi atau spasme otot dalam usaha untuk memperbaiki deformitas dan mempercepat penyembuhan. Ada tiga tipe utama dari traksi : traksi manual, traksi skeletal dan traksi kulit, dimana didalamnya terdapat sejumlah penanganan.

Prinsip Traksi adalah menarik tahanan yang diaplikasikan pada bagian tubuh, tungkai, pelvis atau tulang belakang dan menarik tahanan yang diaplikasikan pada arah yang berlawanan yang disebut dengan counter traksi. Tahanan dalam traksi didasari pada hukum ketiga (Footner, 1992 and Dave, 1995). Traksi dapat dicapai melalui tangan sebagai traksi manual seperti pada gambar 2.1. Penggunaan tali splint, dan beban seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 sebagaimana pada traksi kulit. Serta melalui pin, kawat dan penjepit yang dimasukkan kedalam tulang sebagai traksi skeletal seperti pada gambar 2.3 (Taylor, 1987 and Osmond, 1999). Gambar 2.4 merupakan jenis alat traksi multifungsi yang digunakan di Rumah Sakit Umum Haji Surabaya. Adapun keunggulan alat traksi ini (modern) yaitu prosedur yang diperlukan tidak terlalu banyak dan bisa dilakukan oleh hanya satu fisioterapis namun biaya pembelian alat ini terbilang relatif mahal.



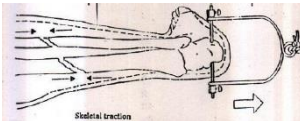
Gambar 2.1 Traksi Manual

(sumber :

<https://www.youtube.com>)



Gambar 2.2 Traksi Kulit
(sumber:<https://ahlinyaasuh.ankeperawatan.blogspot.com>)



Gambar 2.3 Traksi Skeletal

(sumber :

<https://vdokumen.com>)

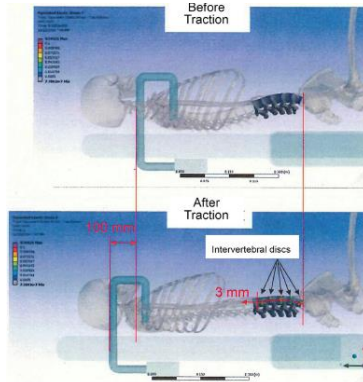


Gambar 2.4 Mesin Traksi di RS Haji Surabaya

2.1.3 Traksi Lumbar

Traksi lumbar dapat memperbaiki tanda-tanda dan gejala nyeri punggung bawah dengan dua cara yaitu, secara mekanik seperti pemisahan segmen gerak intervertebralis dan secara neurofisiologis seperti modulasi input nosiseptif baik pada jalur naik dan menurun (M. Krause et al,2000). Dari hasil penelitian oleh Tadano et al. (2019) terkait penilaian perubahan mekanik pada tulang punggung, mengungkapkan bahwa rata-rata jarak unit traksi adalah sepanjang 110,1 – 124,6 mm dan kekakuan traksi sebesar $2,00 \pm 0,35$ N/mm. Yang dilanjutkan dengan simulasi dengan menggunakan metode *finite element* untuk menganalisa

data gerakan ruas tulang belakang lumbar yang sebenarnya seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Permodelan *Finite Element* saat Traksi Lumbar
(sumber : *Tadano et al. (2019)*)

2.2 Alat Traksi Lumbar

Alat traksi lumbar merupakan alat traksi khusus untuk terapi nyeri punggung bawah. Alat ini lebih sederhana bila dibandingkan alat traksi multifungsi yang dapat melakukan berbagai macam jenis traksi. Gambar 2.6 merupakan salah satu alat traksi *lumbar* yang umum di pasaran. Alat traksi tersebut menggunakan mekanisme rak dan pinion, sementara pemberian gaya dilakukan dengan cara memutar pinion menggunakan tangan dengan alat bantu *handle*. Alat tersebut memiliki dimensi keseluruhan sebesar 1080x520 mm. Traksi perjalanan sepanjang 210 mm dan gaya traksi sebesar 800 N. Untuk batasan pengguna yaitu berat badan kurang dari 90 kg dan tinggi badan maksimal 180 cm..Sementara pada Gambar 2.7 alat traksi *lumbar* dan *cevicl* menggunakan mekanisme *gear box* dan pemberian gaya menggunakan motor induksi disertai instrumentasi sebagai pengontrol. Posisi penggunaan kedua alat traksi ini menggunakan posisi tidur terlentang.



Gambar 2.6 *Manual Traction Bed Interhome*
(sumber : id.aliexpress.com/item/)



Gambar 2.7 *Alat Traksi Lumbal Cervical Stratek*
(sumber : alat-fisioterapi.com/traksi-lumbal-cervical-stratek)

2.3 Berat Segmen Tubuh

Tubuh manusia terbagi menjadi beberapa segmen antara lain ; kepala, leher, torso, tangan dan kaki. Pada umumnya sangat mudah untuk mengukur massa total tubuh manusia. Namun apabila dilakukan pengukuran massa segmen tubuh manusia hal ini diperlukan perhitungan khusus. Dari hasil penelitian *Kroemer-Elbert 1990*, menemukan persamaan untuk mengestimasi massa segmen berdasarkan dari total berat tubuh manusia yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 *Persamaan Estimasi Massa Segmen Tubuh (Kg) dari Berat Total Tubuh (Kg)*
(Sumber : *Applied Ergonomics, 1993*)

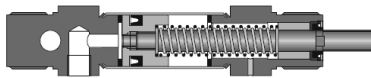
Segmen	Persamaan Empiris
Kepala	$0,0306W + 2,46$
Kepala dan Leher	$0,0534W + 2,33$
Leher	$0,0146W + 0,60$
Kepala, Leher dan Torso	$0,5940W - 2,20$
Leher dan Torso	$0,5582W - 4,26$

Total Lengan	$0,0505W + 0,01$
Lengan Atas	$0,0274W - 0,01$
Lengan Bawah dan Kepala	$0,0233W - 0,01$
Lengan Bawah	$0,0189W - 0,16$
Tangan	$0,0055W + 0,07$
Total Kaki	$0,1582W + 0,05$
Paha	$0,1159W - 1,02$
Betis dan Kaki	$0,0452W + 0,82$
Betis	$0,0375W + 0,38$
Kaki	$0,0069W + 0,47$

2.4 Sistem Pneumatik

2.4.1 Single Acting Cylinder

Silinder ini mendapat suplai udara hanya dari satu sisi saja. Untuk mengembalikan keposisi semula biasanya digunakan pegas. Silinder kerja tunggal hanya dapat memberikan tenaga pada satu sisi saja. Gambar berikut ini adalah gambar silinder kerja tunggal. Silinder Pneumatik sederhana terdiri dari beberapa bagian, yaitu torak, seal, batang torak, pegas pembalik, dan silinder. Silinder sederhana akan bekerja bila mendapat udara bertekanan pada sisi kiri, selanjutnya akan kembali oleh gaya pegas yang ada di dalam silinder pneumatik. Secara detail silinder pneumatik sederhana pembalik pegas dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pneumatik Jenis *Single Acting Cylinder*
(sumber : FESTO Didatics, 2002.)

2.4.2 Tekanan Udara

Pada sistem pneumatik perhitungan tentang tekanan udara menjadi dasar yang digunakan. Dalam hal ini terdapat beberapa

faktor yang dijadikan bahan kalkulasi yaitu berat benda, luas penampang, tekanan atmosfer, serta tekanan pengukuran.

$$A \cdot P_e = A \cdot P_{atm} + W \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

- A = Luas penampang
- W = Berat benda = $m \cdot g$
- P_{atm} = Tekanan atmosfer
- P_e = Tekanan pengukuran

Gaya yang diberikan oleh piston bergantung pada tekanan udara, diameter silinder dan gaya gesek dari *sealing*. Secara teoritis rumus gaya piston dapat dihitung dengan cara :

$$F_{th} = A \times p \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- F_{th} = Gaya piston teoritis (N)
- A = Luas piston yang digunakan (m²)
- p = Tekanan Kerja (Pa)

Dalam penerapannya, gaya efektif piston sangat penting. Ketika melakukan perhitungan gaya efektif piston, gaya gesek harus diperhitungkan juga. Pada kondisi kerja yang normal (tekanan kerja antara 4-8 bar) dapat diasumsikan gaya gesek diperkirakan sebesar 10% dari gaya piston teoritis, (Peter C dan Frank E. 2002). Adapun gaya efektif piston jenis *single-acting cylinder* dapat dihitung dengan rumus :

$$F_{eff} = (A \times p) - (F_R + F_F) \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

- F_{eff} = gaya efektif piston (N)
- A = luas permukaan piston yang digunakan (N)
- P = tekanan kerja (Pa)
- F_R = gaya gesek (10% dari F_{th}) (N)

F_F = gaya pegas (N)

Untuk mengetahui konsumsi udara yang diperlukan untuk mengoperasikan pneumatik dapat dihitung menggunakan rumus :

$$q_a = s \times n \times q_h \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

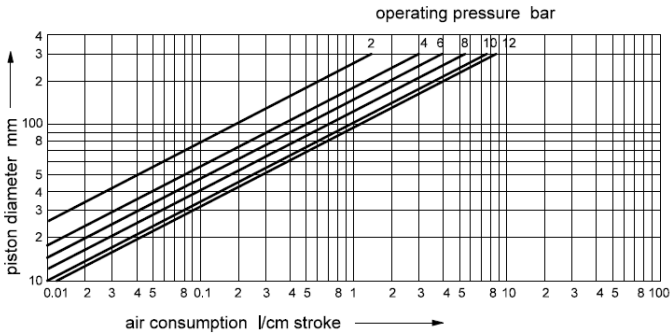
q_a = konsumsi udara (L/min)

s = stroke (cm)

n = jumlah stroke per menit (min^{-1})

q_h = konsumsi udara per cm per stroke (L/cm)

Adapun q_h dapat ditentukan dari grafik pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Grafik Konsumsi Udara
(sumber : Festo Didatics, 2002)

2.5 Teori Kegagalan

Gagal didefinisikan sebagai ketidak mampuan suatu elemen/komponen untuk mencapai fungsinya ketika diberikan suatu pembebanan tertentu. Kegagalan dalam elemen mesin dapat terjadi dengan bentuk retak, patah, korosi, aus, dan kondisi kegagalan lain.

2.5.1 Teori Tegangan Gesaer Maksimum

Teori kegagalan Tresca menyatakan bahwa suatu material yang dibebani tegangan biaxial atau triaxial dapat dinyatakan gagal

ketika tegangan geser maksimum yang terjadi mencapai batas tegangan luluh dari material tersebut .

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

τ_{\max} = tegangan geser maksimum (Pa)

τ_{ys} = tegangan *yeild* geser (Pa)

N = faktor keamanan

2.5.2 Teori Tegangan Normal Maksimum

Dari buku *Machine Design* karya Aaron D., Deutschman, Walter J. Michels dan Charles E Wilson seorang *engineer* asal Inggris W. J. M. Rankine dari hasil penelitiannya pada tahun 1857 menyatakan kegagalan suatu material terjadi apabila tegangan normal maksimum mencapai suatu harga tahanan luluh atau tegangan patahnya tanpa memperhatikan tegangan utama (*principal stress*). Sesuai dengan teori ini, jika luluh dianggap gagal dan material mempunyai tegangan *yield* tarik S_{yt} dan tegangan *yield* tekan S_{yc} serta faktor keamanan adalah N maka akan terjadi kegagalan bila:

$$\sigma_t \text{maksimum} \leq \frac{0,5S_{yt}}{N} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\sigma_c \text{maksimum} \leq \frac{0,5S_{yc}}{N} \dots \dots \dots (2.5)$$

Bila gagal dinyatakan pada saat patah maka:

$$\sigma_t \text{maksimum} \leq \frac{0,5S_{ut}}{N} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\sigma_c \text{maksimum} \leq \frac{0,5S_{uc}}{N} \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan:

σ_t = Tegangan tarik maksimum desain

σ_c = Tegangan tekan maksimum desain

S_{ut} = Tegangan tarik maksimum material

S_{uc} = Tegangan tekan maksimum material

N = Faktor keamanan

2.5.3 Faktor Keamanan

Faktor keamanan merupakan angka yang memengaruhi keamanan suatu desain. Semakin tinggi angka keamanan maka semakin aman desain yang dibuat dan juga sebaliknya. Namun dalam menentukan faktor keamanan perlu dilakukan pertimbangan. Penyalahgunaan faktor keamanan dapat menimbulkan keruagan antara lain : pemborosan material (*overdesign*) ataupun dapat juga menyebabkan terjadinya kegagalan material ataupun kegagalan pengoperasian. Adapun faktor keamanan yang disarankan dijabarkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Faktor Keamanan (Deutschman, 1975)

No	Faktor Keamanan	Keterangan
1.	N = 1,25 – 1,5	<i>Properties</i> sangat baik, digunakan dalam kondisi yang terkontrol dan terkena pembebanan atau tegangan yang dapat diperhitungkan dengan pasti.
2.	N = 1,5 - 2	<i>Properties</i> material baik, digunakan pada kondisi stabil dan terkena pembebanan atau tegangan yang dapat diperhitungkan dengan baik.
3.	N = 2 – 2,5	Material pada umumnya yang digunakan pada kondisi umum dan terkena tegangan yang dapat diperhitungkan.
4.	N = 2,5 - 3	Material getas atau kurang dilakukan pengujian yang digunakan pada lingkungan, beban dan tegangan pada umumnya.
5.	N = 3 - 4	Material yang belum pernah diuji dan digunakan pada kondisi pada umumnya

6.	N = 3 - 4	Material yang sudah diuji namun digunakan pada kondisi lingkungan dan pembebanan yang tidak menentu.
----	-----------	--

2.6 Analisa Rula

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah suatu metode yang digunakan untuk penilaian terhadap bagian tubuh dan otot seseorang saat beraktivitas, metode ini diukur dengan tingkat risiko cedera (degree of injury risk). Resiko yang dimaksud adalah resiko kecelakaan atau cedera tubuh atau otot, akibat dari bagian tubuh bergerak, karena tidak sesuai dengan pola gerak yang benar disebut sebagai gerak bagian tubuh yang tidak ergonomis. Menurut McAtamney pada bukunya yang berjudul *RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders* yang diterbitkan pada 1993, untuk menerapkan metode RULA pada gerak atau kerja tubuh ada 3 (tiga) langkah yang perlu dilakukan, seperti terlihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Tahapan Aplikasi Metode RULA
(sumber : *Applied Ergonomics, 1993*)

LANGKAH	URAIAN
1	Penelitian postur kerja tubuh
2	Penilaian kelompok postur kerja tubuh
3	Penjumlahan nilai total

Tubuh dibagi dalam segmen-segmen untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat. Segmen-segmen yang digunakan adalah dengan membentuk dua kelompok atau grup yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, punggung, dan kaki. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi

postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian seperti pada gambar 2.10.

RULA Employee Assessment Worksheet based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If other arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. holds 10 minutes),
Or if action repeated/occurs 40% per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static) or repeatedly: +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

SCORES

Table A: Wrist Posture Score

		1	2	3	4
Upper Arm	Lower Arm	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
		1	2	1	2
1	1	2	2	2	3
2	2	2	2	2	3
3	2	3	3	3	4
4	2	3	3	3	4
1	2	3	3	3	4
2	2	3	3	3	4
3	3	4	4	4	5
4	3	4	4	4	5
1	3	4	4	4	5
2	3	4	4	4	5
3	4	4	4	4	5
4	4	4	4	4	5
1	5	5	5	5	6
2	5	5	5	5	6
3	6	6	6	6	7
4	6	6	6	6	7
1	7	7	7	7	8
2	8	8	8	8	9
3	9	9	9	9	9

Table B: Trunk Posture Score

Neck	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	2	1	2	1	2
1	1	2	2	3	3
2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	4	4
4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	7	7
7	7	7	7	8	8
8	8	8	8	9	9
9	9	9	9	9	9

Table C: Neck, trunk and leg score

	1	2	3	4	5
1	1	2	3	4	5
2	2	3	4	5	6
3	3	4	5	6	7
4	4	5	6	7	8
5	5	6	7	8	9
6	6	7	8	9	9
7	7	8	9	9	9
8	8	9	9	9	9

Scoring: (final score from Table C)
 1 or 2 = acceptable posture
 3 or 4 = further investigation, change may be needed
 5 or 6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

B. Neck, Trunk, and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. holds 10 minutes),
Or if action repeated/occurs 40% per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static) or repeatedly: +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Task name: _____ Reviewer: _____ Date: ____/____/____ provided by Practical Ergonomics

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in RULA. © 2004 Neve Consulting, Inc. churlo@ergonomart.com (813) 444-3567

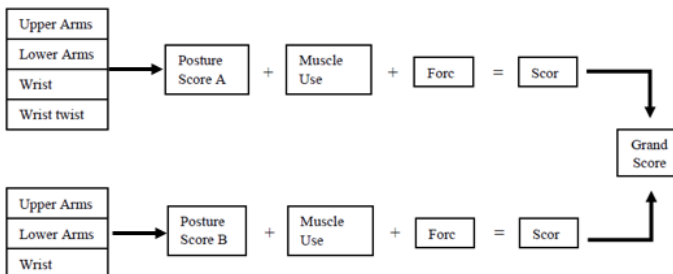
Gambar 2.10 RULA Employee Assesment Worksheet
 (sumber : McAtamney, L. and Corlett, E.N. 1993. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24 (2), 91-99)

Nilai akhir RULA memiliki rentang antara 1 hingga 7 yang dijelaskan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Tingkat Resiko Cedera

Skor	Keterangan
1 dan 2	Diterima selama tidak dijaga atau berulang untuk waktu yang lama.
3	Diterima namun dibutuhkan penyelidikan lebih jauh
4	Dibutuhkan penyelidikan lebih jauh dan mungkin saja perubahan diperlukan
5 dan 6	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan segera
7	Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan sesegera mungkin (mendesak)

Sehingga apabila dibuat diagram perencanaan RULA secara keseluruhan maka akan menjadi seperti gambar 2.11.



Gambar 2.11 Skoring untuk RULA

2.7 Proses Pemesinan

Berdasarkan gambar teknik, dimana dinyatakan spesifikasi geometrik suatu prduk komponen mesin, salah satu atau beberapa jenis proses pemesinan (*turning, drilling, shapping, milling*) harus dipilih sabagai suatu proses atau urutan proses yang digunakan untuk membuatnya. Elemen proses pemesinan dipilih berdasarkan dimensi benda kerja dan pahat potong. Elemen dasar proses pemesinan dapat ditentukan dari hasil perhitungan berikut (Teori & Teknologi Proses Pemesinan, 1993) :

$$\text{Kecepatan Potong : } v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Gerak Makan Pergigi : } f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Waktu Pemotongan : } t_c = \frac{l_t}{v_f} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana,

v = Kecepatan potong (m/min)

d = diamter luar (mm)

n = putaran poros utama (rpm)

f_z = gerak makan (mm/rev)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

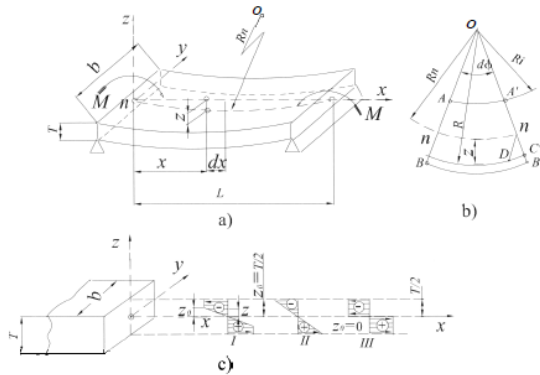
z = jumlah gigi

t_c = waktu pemotongan (min)

l_t = panjang pemotongan

2.8 Proses Bending

Bending merupakan salah satu proses yang umum dilakukan dalam proses pembentukan *sheet metal*, yang tidak hanya membentuk benda kerja menjadi bentuk seperti L, U atau V-*profile*, namun juga meningkatkan kekakuan benda kerja dengan meningkatkan momen inersianya. Proses *bending* terdiri dari peregangannya plat datar secara *uniform* disekeliling linear axis. Adapun ilustrasi *bending* pada *beam* dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Skematik Ilustrasi Bending pada Beam
 a) Bending Beam, b) Garis Netral, c) Tegangan Bending pada Zona Elastis-Plastis

(sumber : *Sheet Metal Forming Process and Die Design, 2004*)

Gaya bending dapat ditentukan, jika momen bending bagian luar dan momen gaya bagian dalam sama, dengan mengasumsikan bahwa proses berupa proses bending pada *beam*. Gaya yang diperlukan untuk melakukan bending dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$F = \frac{4M}{l_k} \cos^2 \frac{\varphi}{2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana

- F = gaya (N)
- M = momen bending (N.m)
- R_k = radius die (m)
- R_i = radius punch (m)
- T = tebal benda kerja (m)
- L_k = jarak bukaan die (m)

Sementara momen bending (M) dapat ditentukan dengan rumus :

$$M = n(UTS) \frac{bT^2}{4} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana

- n = koreksi koefisien pengerasan material
(n=1,6 s.d. 1,8)
 UTS = ultimate tensile strength material (Pa)
 b = panjang bending (m)
 T = tebal benda kerja (m)

l_k dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$l_k = 2(R_i + R_k + T) \sin \frac{\varphi}{2} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- R_k = radius die (m)
 R_i = radius punch (m)
 T = tebal benda kerja (m)
 φ = sudut beding ($^{\circ}$)

Adapun untuk untuk mengetahui kebutuhan lebar plat sebelum dilakukan bending adalah dengan menghitung panjang arc pada garis netral *bending* menggunakan rumus berikut :

$$L_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot R_n \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana

- L_n = panjang *arc*
 φ = sudut *bending*
 R_n = *bend allowance radius*

Sementara bend allowance radius ditentukan menggunakan rumus :

$$R_n = \sqrt{R_o \cdot R_i} \dots\dots\dots(2.15)$$

Di mana :

- R_o = radius luar *bending*
 R_i = radius dalam *bending*

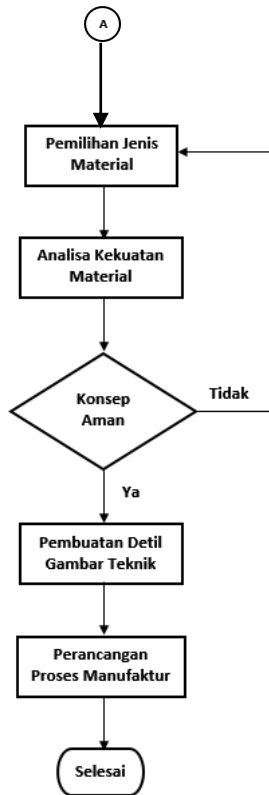
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, tahapan yang digunakan dalam pengembangan dan perancangan *lumbar traction* ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Langkah-Langkah Penelitian

Pengembangan *lumbar traction* dilakukan berdasarkan tahapan berikut :

1. Studi Pustaka dan Lapangan
2. Perumusan masalah
3. Penyusunan daftar kebutuhan
4. Pembuatan konsep *lumbar traction*
5. Analisa RULA
6. Pemilihan jenis material

7. Analisa kekuatan material
8. Pembuatan detail gambar teknik
9. Perancangan proses manufaktur
10. Kesimpulan dan Saran

3.2.1 Studi Pustaka Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data mengenai traksi khususnya traksi untuk *lumbar* atau punggung yang pernah ada. Hal ini dilakukan agar mendapatkan gambaran awal mengenai konsep atau prinsip kerja traksi khususnya traksi *lumbar* beserta komponen – komponennya secara umum. Studi pustaka mengenai traksi *lumbar* dilakukan melalui buku dan jurnal – jurnal ilmiah yang terdapat di internet. Sedangkan studi lapangan dilakukan dengan cara observasi dan survey secara langsung pada pasien dan juga fisioterapis di pusat rehabilitasi medik Rumah Sakit Haji Surabaya.

3.2.2 Perumusan Masalah

Kemudia setelah dilakukan studi pustaka dan lapangan dilakukan perumusan masalah bagaimana merancang alat *lumbar traction* yang ringan untuk membantu meringankan nyeri punggung bawah juga aman dan nyaman digunakan baik pada posisi berdiri maupun berbaring.

3.2.3 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Sebelum melakukan perancangan, terlebih dahulu dilakukan penyusunan daftar kebutuhan (*list of requirements*) dari traksi *lumbar*. *List of requirements* diperoleh dari hasil survey yang dilakukan pada beberapa responden pasien dan fisioterapis di lapangan serta dari hasil kajian produk eksisting. Selanjutnya *list of requirements* ini digunakan sebagai bahan untuk melakukan pengembangan pada desain dan konsep kerja traksi *lumbar* yang baru.

3.2.4 Pembuatan Konsep Alat Traksi Lumbar

Pembuatan konsep ini merupakan realisasi dari *list of requirements*. Pada awal tahap ini akan ditetapkan konsep

referensi untuk dijadukan dasar pengembangan alat traksi lumbar. Selanjutnya dari konsep referensi akan dibuat beberapa konsep desain dari traksi *lumbar* baru beserta komponen – komponennya. Pembuatan konsep ini disesuaikan dengan daftar kebutuhan yang ada, dimana masing – masing konsep memiliki penilaian tersendiri dilihat dari setiap daftar kebutuhannya.

3.2.5 Analisa RULA

Konsep perancangan geometri dari *lumbar traction* yang dibuat perlu memperhatikan faktor ergonomi dan kenyamanan dari pasien terapi. Sehingga dilakukan analisa RULA menggunakan *software CATIA V5R20* untuk mendapatkan posisi pasien saat proses terapi berlangsung. Dari analisa RULA didapat penyesuaian dimensi dan geometri dari simulasi manekin dengan tujuan agar mendapatkan nilai resiko cedera paling kecil.

3.2.6 Pemilihan Jenis Material

Pemilihan jenis material ini bertujuan untuk menentukan jenis material yang digunakan pada *lumbar traction*. Pemilihan material untuk rangka dan *guder* dilakukan untuk memperoleh material yang dapat menahan beban kerja dari *lumbar traction*. Sedangkan untuk sandaran dipilih material yang ramah terhadap kulit mengingat bagian ini bersinggungan langsung dengan permukaan kulit pasien.

3.2.7 Analisa Kekuatan Material

Pada konsep yang sudah dirancang, dihitung kekuatan material pada setiap komponen *sub-assembly* dengan beban maksimum yang dapat diterima rangka total sebesar 100 kg. Selain itu dilakukan perhitungan pada tekanan kompressor berupa pompa tangan, dimana pompa tangan mampu mendorong beban maksimal 501 N. Nantinya pompa bekerja menaik turunkan tubuh bagian bawah melalui rangka pinggang.

3.2.8 Pembuatan Detil Gambar Teknik

Setelah dilakukan proses analisa RULA dan analisa kekuatan material, maka diperoleh geometri dan dimesi pasti dari

tiap komponen. Selanjutnya dapat dibuat detail gambar teknik dari *lumbar traction* beserta komponen – komponennya. Pembuatan detail gambar teknik ini bertujuan memudahkan proses manufaktur dan perakitan *lumbar traction* oleh produsen. Dengan adanya gambar teknik ini maka *lumbar traction* dapat dibuat sesuai dengan acuan dan standar yang ada pada gambar teknik tersebut.

3.2.9 Perancangan Proses Manufaktur

Setelah dilakukan pembuatan detail gambar teknik kemudian dilakukan desain proses manufaktur. Pada proses ini dilakukan perancangan jenis proses dan parameter permesinan pada setiap komponen alat *lumbar traction*. Pembuatan desain proses manufaktur ini berfungsi sebagai standar saat pembuatan alat *lumbar traction*.

3.2.10 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua perancangan proses manufaktur selesai, maka dapat diperoleh kesimpulan yang merupakan hal – hal penting selama proses perancangan alat traksi lumbar. Dan juga diperoleh saran rekomendasi sebagai bahan perbaikan.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 4

PERANCANGAN ALAT TRAKSI LUMBAR

4.1 Daftar Kebutuhan (List of Requirement)

Dari hasil kajian produk eksisting pada sub-bab sebelumnya akan dilakukan rancang bangun *lumbar traction* untuk terapi nyeri punggung belakang dengan mekanisme *pneumatic*. Adapun *list of requirement* yang disusun dalam pembuatan alat ini seperti yang terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 List Of Requirement Alat Traksi Lumbar

TEKNIK MESIN ITS		DAFTAR KEBUTUHAN PRODUK Nama produk/komponen :	Halaman 1 dari 1
Perubahan	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
		1. Fungsi	Ardhi Bintang
	S	a. Meluruskan tulang punggung bagian bawah	
	S	b. Gaya yang diberikan pada saat traksi dapat diatur secara manual	
	S	c. Traksi dapat dilakukan secara mandiri	
	S	d. Nilai RULA alat ≤ 3	
		2. Kekuatan	Ardhi Bintang R
	S	a. Rangka mampu menahan beban seberat 100 Kg	
	S	b. Aman digunakan oleh orang dewasa	
	H	c. Umur alat tidak kurang 5 tahun.	

		3. Manufaktur dan Perakitan	Ardhi Bintang R
	S	a. Komponen dapat dimanufaktur	
	S	b. Komponen mudah dirakit dan dilepas	
		4. Perawatan	Ardhi Bintang R
	S	a. Mudah dipelihara	
	S	b. Dapat diperbaiki jika terjadi kerusakan	
	H	c. Mudah disimpan	
		5. Ekonomi	Ardhi Bintang R
	H	a. Biaya produksi < 1,5 juta rupiah	

4.2 Konsep Referensi

Dari kebutuhan yang disebutkan pada table list of requirement, maka ditetapkan konsep referensi untuk pengembangan traksi lumbar seperti terlihat pada gambar 4.1.



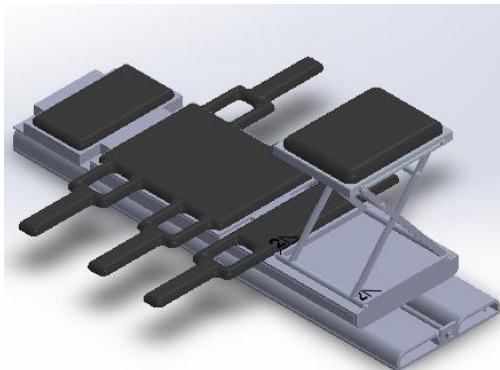
Gambar 4.1 *Manual Traction Bed Interhome*
(sumber : id.aliexpress.com/item)

Alat traksi tersebut menggunakan mekanisme rak dan pinion, sementara pemberian gaya dilakukan dengan cara memutar

pinion menggunakan tangan menggunakan *handle*. Posisi yang digunakan pada saat menggunakan alat tersebut yaitu adalah posisi tidur terlentang. Alat tersebut memiliki dimensi keseluruhan sebesar 1080x520 mm. Traksi perjalanan sepanjang 210 mm dan gaya traksi sebesar 800 N. Untuk batasan pengguna yaitu berat badan kurang dari 90 kg dan tinggi badan maksimal 180 cm.

4.3 Desain Konsep Alat Traksi Lumbar

Setelah dilakukan kajian terhadap prinsip kerja traksi dan terhadap konsep referensi, yang dilanjutkan dengan pembuatan *List of Requirement*. Maka dilakukan perancangan *lumbar traction*, dimana konsep yang digunakan adalah *lumbar traction* yang menggunakan mekanisme *pneumatic* seperti pada gambar 4.2 berikut.

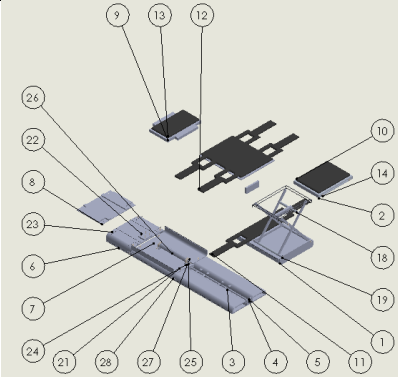


Gambar 4.2 Rancangan Alat Traksi Lumbar

Desain ini dipilih dengan mempertimbangkan *list of requirement* yang telah dibuat. Selain itu desain ini menggunakan mekanisme gerak aktuator pneumatik sehingga beban yang ditanggung pengguna untuk menggerakkan alat *lumbar traction* lebih ringan bila dibandingkan menggunakan mekanisme gerak rak dan pinion. Dan desain konsep alat *lumbar traction* ini dirancang mampu digunakan oleh pengguna dengan berat maksimal 100 Kg dan panjang traksi maksimum sebesar 150 mm.

Adapun komponen – komponen penyusun alat ini dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar Komponen Penyusun Alat Traksi Lumbar

Gambar		
		
No	Nama Bagian	Jumlah
1	Rangka Pinggang	1
2	Dudukan Kaki	1
3	Pin Guider	4
4	Rel	1
5	Base Rangka Bawah	1
6	Base Rangka Atas	1
7	Rangka Punggung	1
8	Base Rangka Kepala	1
9	Rangka Kepala	1
10	Bantal Kaki	1

11	Bantal Pinggang	1
12	Bantal Punggung	1
13	Bantal Kepala	1
14	ISO 4162 - M8 x 40 x 22-S	4
15	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M8 - S	4
16	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M8 - N	4
17	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M6 - N	4
18	ISO 4162 - M8 x 35 x 22-N	4
19	ISO 4162 - M8 x 55 x 22-N	4
20	ISO 4162 - M5 x 20 x 20-N	16
21	ISO 4162 - M8 x 30 x 30-N	4
22	ISO 4162 - M5 x 50 x 16-N	4
23	ISO 4162 - M10 x 30 x 30-N	4
24	ISO 4162 - M6 x 25 x 25-N	4

25	Mounting Flange	2
26	Aktuator Pneumatik	1
27	flange pneumatic M30x14	2
28	Plat 5 x 18 x 80 mm	2

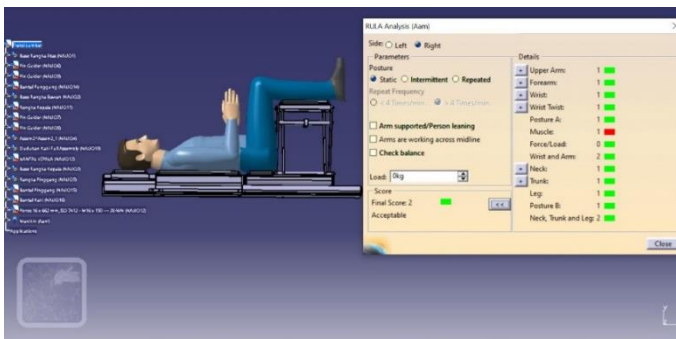
Cara kerja alat traksi *lumbar* ini adalah pertama-tama pengguna memasang alat ini pada tubuh bagian atas dan bawah dengan memasang dan mengencangkan sabuk pengikat, lalu pengguna menekan pompa tangan yang akan menggerakkan aktuator pneumatik. Rangka bawah akan bergerak dan meregangkan bagian punggung bawah. Peregangan ini akan meregangkan otot serta bantalan tulang sehingga akan meringankan rasa nyeri pada punggung bawah. Dikarenakan struktur tulang setiap manusia berbeda dan penyebab nyeri punggung bawah relatif bervariasi maka tekanan pada pompa dapat disesuaikan dengan tingkat permasalahannya. Apabila proses traksi sudah selesai dilakukan maka tekanan pada aktuator dapat dilepas dengan membuka katup keluaran. Adapun ilustrasi cara kerja alat ini seperti di tunjukan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Sketsa Ilustrasi Cara Kerja Alat Traksi Lumbar

4.4 Analisa Rapid Upper Limb Assesment (RULA)

Dengan menggunakan software CATIA V5 dilakukan simulasi menggunakan manekin untuk mengetahui nilai RULA dari posisi pengguna saat proses traksi. Manekin yang digunakan memiliki jenis kelamin laki-laki dan tinggi badan 165 cm. Dari hasil simulasi didapat hasil nilai RULA 2 sebagaimana pada gambar 4.4.



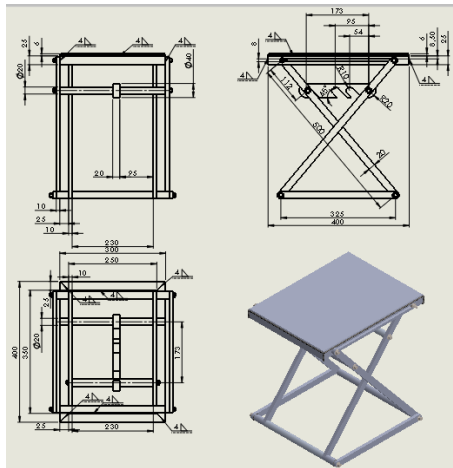
Gambar 4.4 Hasil Analisa RULA Alat Traksi Lumbar

4.5 Perancangan Komponen

Bagian-bagian penyusun alat traksi lumbar yang dapat dilihat pada tabel 4.2 . Berikut dijelaskan secara detil bagian utama penyusun alat traksi lumbar :

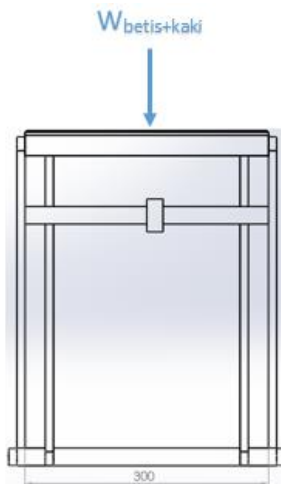
4.5.1 Rangka Dudukan Kaki

Rangka dudukan kaki pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai tumpuan kaki pada saat proses traksi lumbar berlangsung. Dimensi rangka dudukan kaki dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Dimensi Rangka Dudukan Kaki

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada rangka dudukan kaki. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.6.



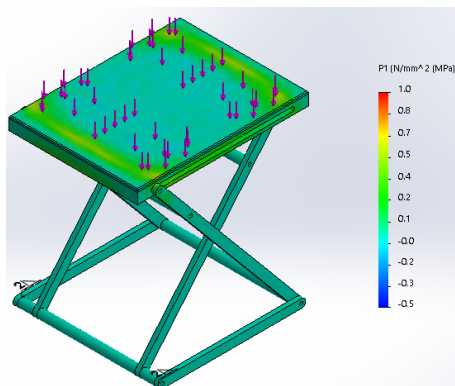
Gambar 4.6 *Free Body Diagram* Rangka Dudukan Kaki

Dari gambar 4.6 diketahui gaya yang bekerja pada rangka dudukan kaki adalah berat betis dan kaki. Untuk mengetahui besar gaya yang bekerja digunakan persamaan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Massa}_{\text{betis + kaki}} &= 0,0452 W + 0,82 \\ &= 0,0452 (100 \text{ kg}) + 0,82 \\ &= 5,34 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{betis+kaki}} &= M_{\text{betis}} \times \text{gravitasi} \\ &= 5,34 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 52,39 \text{ N} \\ &\approx 53 \text{ N} \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan simulasi analisa tegangan dengan menggunakan metode *principal stress* dengan menggunakan $F = 53 \text{ N}$. Sebagaimana pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Simulasi Analisa Tegangan Rangka Dudukan Kaki

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada rangka dudukan kaki adalah sebesar 1 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 2$ dikarenakan digunakan pada kondisi umum dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus (2.4) berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

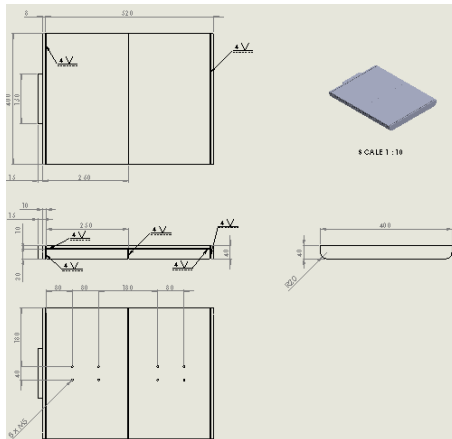
$$\sigma_{yp} = \frac{2 \cdot 1 \text{ MPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 3,6 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 3,6 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 41 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material, tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainnya (Lampiran A, tabel 7.1). Dan berat rangka dudukan kaki apabila menggunakan material tersebut dari hasil analisa *software* adalah 4,3 Kg.

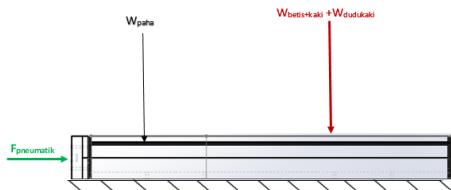
4.5.2 Rangka Pinggang

Rangka pinggang pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai tumpuan pinggang pada saat proses traksi lumbar berlangsung. Dimensi rangka dudukan kaki dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Dimensi Rangka Pinggang

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada rangka pinggang. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.9.



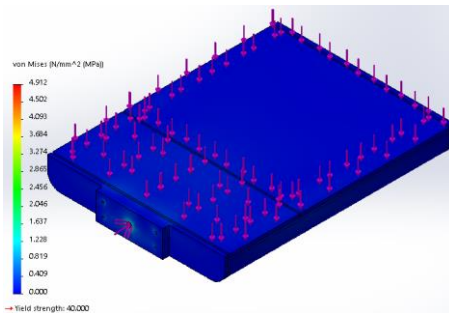
Gambar 4.9 *Free Body Diagram* Rangka Pinggang

Dari gambar 4.9 diketahui gaya-gaya yang bekerja pada rangka pinggang. Untuk mengetahui besar gaya yang bekerja digunakan persamaan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Massa paha} &= 0,1159 W - 1,02 \\
 &= 0,1159 (100 \text{ kg}) - 1,02 \\
 &= 10,57 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{paha}} &= M_{\text{paha}} \times \text{gravitasi} \\
 &= 10,57 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 103,69 \text{ N} \\
 &\approx 104 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Diketahui pada perhitungan pada sub-bab sebelumnya gaya yang diterima oleh rangka dudukan kaki (W_{kaki}) adalah sebesar 53 N dan berat rangka dudukan kaki adalah sebesar 4,3 Kg, Sehingga $W_{\text{dudukankaki}} = 42,183 \text{ N}$. Dan Gaya yang diberikan pneumatik adalah sebesar 643 N. Kemudian dilakukan simulasi analisa tegangan dengan menggunakan metode von mises dengan menggunakan gaya yang sudah didapatkan. Sebagaimana pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Analisa Tegangan Rangka Pinggang

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada rangka pinggang adalah sebesar 4,912 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 3$ dikarenakan digunakan pada kondisi dinamis dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2).Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

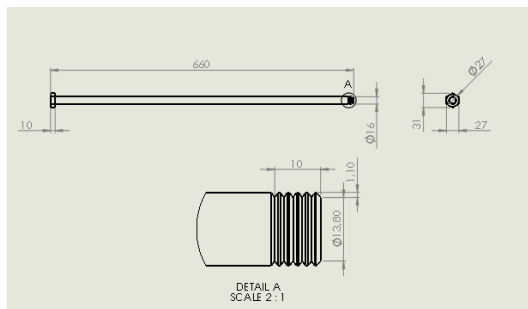
$$\sigma_{yp} = \frac{3 \cdot 4,912 \text{ MPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 26,55 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 26,55 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa. Dan diperkirakan berat rangka pinggang apabila menggunakan material tersebut dari hasil analisa *software* adalah 4,5 Kg.

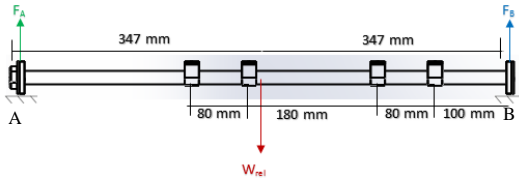
4.5.3 Rel

Rel pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai *guider* agar gerak rangka pada saat proses traksi lumbar berlangsung dapat bergerak lurus. Dimensi rel dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Dimensi Rel

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada rel. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Free Body Diagram Rel

Dari hasil analisa *software* berat rel sebesar 0,19 Kg. Sehingga berat rel dapat ditentukan dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 W_{\text{rel}} &= \text{massa rel} \times \text{gaya gravitasi} \\
 &= 0,19 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 1,86 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan momen didapat nilai F_A dan F_B , seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_A &= 0 \\
 W_{\text{rel}} (330) - F_B (660) &= 0 \\
 F_B &= \frac{1,86 (330)}{660} \\
 F_B &= 0,93 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai F_B adalah 0,93 N dimana $F_B = F_A$. Dan gaya gesek (F_{gesek}) yang terjadi pada rel dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

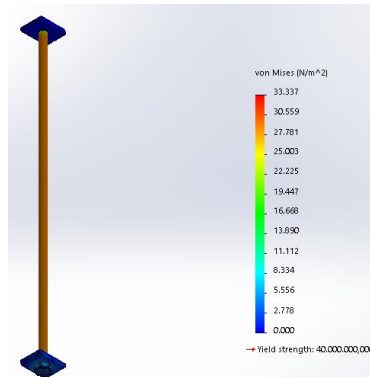
$$F_{\text{gesek}} = N \times \text{koefisien gesek}$$

Koefisien gesek antara aluminium adalah 0,42. Sehingga rumus diatas menjadi :

$$\begin{aligned}
 F_{\text{gesek}} &= 1,86 \text{ N} \times 0,42 \\
 &= 0,78 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan simulasi analisa tegangan dengan menggunakan metode von mises dengan menggunakan gaya yang

sudah didapatkan. Kemudian dilakukan simulasi analisa tegangan dengan menggunakan metode von mises dengan menggunakan gaya yang sudah didapatkan. Sebagaimana pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Hasil Simulasi Analisa Rel

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada rel adalah sebesar 33,337 KPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 3$ dikarenakan digunakan pada kondisi dinamis dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

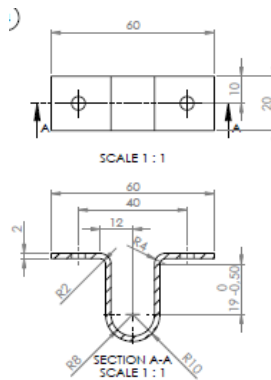
$$\sigma_{yp} = \frac{3 \cdot 33,337 \text{ KPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 180,2 \text{ KPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 180,2 KPa. . Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material, tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainya (Lampiran A, tabel 7.1).

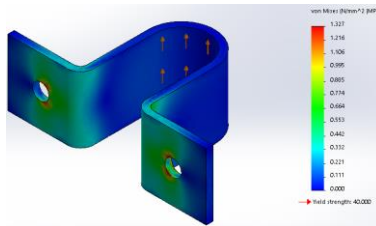
4.5.4 Guider

Guider pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai *slider* agar gerak rangka pinggang pada saat proses traksi lumbar berlangsung dapat bergerak lurus. Dimensi *guider* dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Dimensi *Guider*

Gaya gesek yang terjadi pada *guider* sama besarnya dengan gaya gesek yang terjadi pada rel, yaitu sebesar 0,78 N. Kemudian dilakukan simulasi analisa tegangan dengan menggunakan metode von mises dengan menggunakan gaya yang sudah didapatkan. Sebagaimana pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Hasil Simulasi Analisa *Guider*

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada *guider* adalah sebesar 1,327 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 3$ dikarenakan digunakan pada kondisi dinamis dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

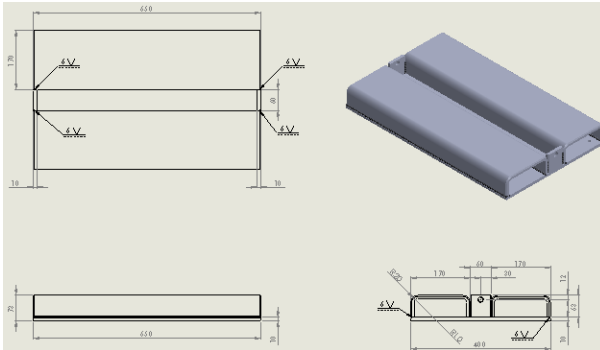
$$\sigma_{yp} = \frac{3 \cdot 1,327 \text{ MPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 7,17 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 7,17 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material, tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainya (Lampiran A, tabel 7.1).

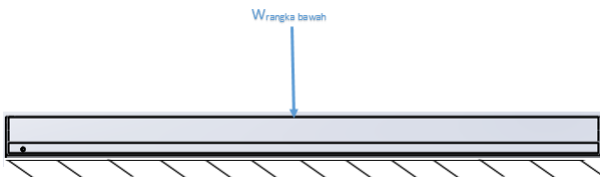
4.5.5 Base Rangka Bawah

Base rangka bawah pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai tempat guider dan rangka pinggang bersambung. Dimensi base rangka bawah dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Dimensi Base Rangka Bawah

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada base rangka bawah. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.17.



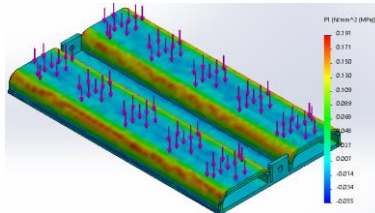
Gambar 4.17 *Free Body Diagram* Base Rangka Bawah

Dari gambar 4.17 diketahui gaya-gaya yang bekerja pada base rangka bawah. Untuk mengetahui besar gaya yang bekerja digunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_{\text{rangkabawah}} &= W_{\text{paha}} + W_{\text{betis+kaki}} + W_{\text{dudukankaki}} + W_{\text{rangkapinggang}} \\
 &= 104 \text{ N} + 53 \text{ N} + 42,183 \text{ N} + 44,145 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$= 243,328 \text{ N}$$

Kemudian dilakukan simulasi analisa tegangan dengan menggunakan metode *principal stress* dengan menggunakan gaya yang sudah didapatkan. Sebagaimana pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Hasil Simulasi Analisa Base Rangka Bawah

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada base rangka bawah adalah sebesar 0,198 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 3$ dikarenakan digunakan pada kondisi dinamis dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{3 \cdot 0,198 \text{ MPa}}{0,555}$$

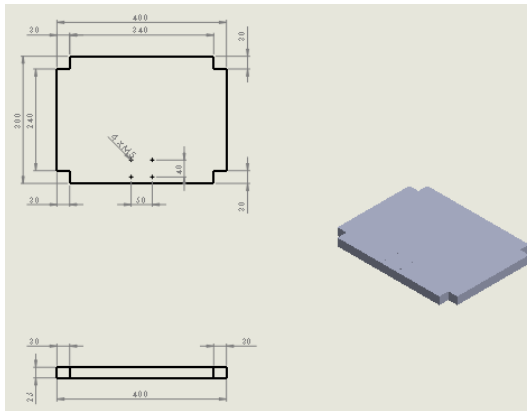
$$\sigma_{yp} = 1,07 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 1,07 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material

yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material, tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainnya (Lampiran A, tabel 7.1). Dan diperkirakan berat rangka pinggang apabila menggunakan material tersebut dari hasil anilisa *software* adalah 5,8 Kg.

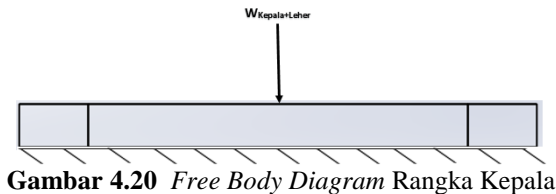
4.5.6 Rangka Kepala

Rangka Kepala pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai sandaran bagian kepala. Dimensi rangka kepala dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Dimensi Rangka Kepala

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada rangka kepala. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.20.



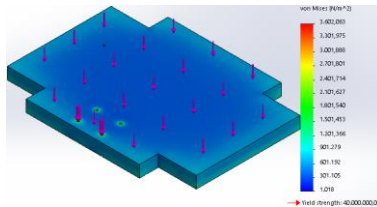
Gambar 4.20 *Free Body Diagram* Rangka Kepala

Dari gambar 4.20 diketahui gaya-gaya yang bekerja pada rangka kepala. Untuk mengetahui besar gaya yang bekerja digunakan persamaan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Massa}_{\text{kepala dan leher}} &= 0,0534 \text{ W} + 2,33 \\ &= 0,0534 (100 \text{ Kg}) + 2,33 \\ &= 7,67 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{kepala+leher}} &= \text{massa}_{\text{kepala+leher}} \times \text{gravitasi} \\ &= 7,67 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 75,24 \text{ N} \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan analisa tegangan menggunakan gaya tersebut menggunakan metode von-misses sebagaimana pada gambar 4.21 berikut :



Gambar 4.21 Hasil Simulasi Analisa Rangka Kepala

Dari hasil simulasi analisa tegangan gambar 4.21 diketahui besar tegangan yang terjadi pada rangka kepala adalah sebesar 3,673 KPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 2$ dikarenakan digunakan pada kondisi umum dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

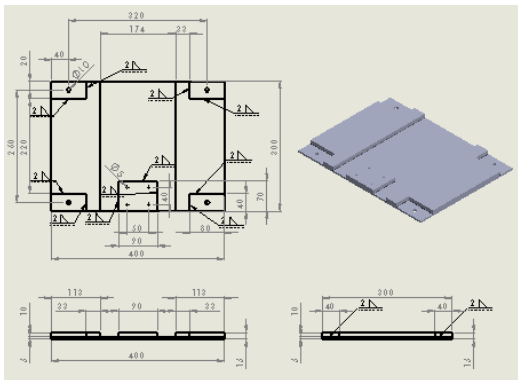
$$\sigma_{yp} = \frac{2 \cdot 3,673 \text{ KPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 13,23 \text{ KPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 13,23 KPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material, tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainnya (Lampiran A, tabel 7.1). Berat rangka kepala dari hasil anilisa *software* sebesar 3,5 Kg

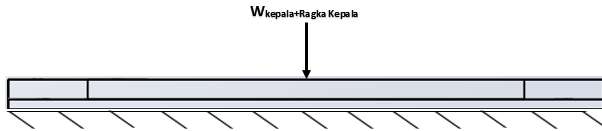
4.5.7 Base Rangka Kepala

Base rangka kepala pada alat traksi lumbar berfungsi untuk menyambungkan rangka kepala dengan bagian base. Dimensi base rangka kepala dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Dimensi Base Rangka Kepala

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada base rangka kepala. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.23.

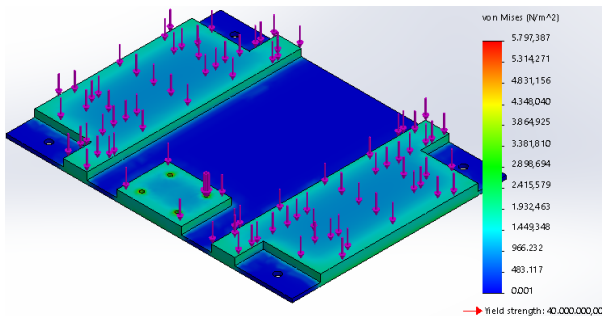


Gambar 4.23 *Free Body Diagram* Base Rangka Kepala

Pada perhitungan sebelumnya diketahui $W_{\text{kepala+leher}} = 75,24 \text{ N}$. Dan berat rangka kepala adalah sebesar $3,5 \text{ Kg}$. Sehingga $W_{\text{rangka kepala}}$ dapat diketahui dengan rumus :

$$\begin{aligned} W_{\text{rangka kepala}} &= \text{massa}_{\text{rangka kepala}} \times \text{gravitasi} \\ &= 3,5 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 34,33 \text{ N} \end{aligned}$$

Sehingga gaya total yang bekerja pada base rangka atas adalah $W_{\text{kepala+leher}} + W_{\text{rangka kepala}} = 109,57 \text{ N}$. Kemudian dilakukan analisa tegangan menggunakan gaya tersebut menggunakan metode von-mises sebagaimana pada gambar 4.24 berikut :



Gambar 4.24 Hasil Simulasi Analisa Base Rangka Kepala

Dari hasil simulasi analisa tegangan pada gambar 4.24 diketahui besar tegangan yang terjadi pada base rangka kepala adalah sebesar 5,797 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 2$ dikarenakan digunakan pada kondisi umum dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Sehingga tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

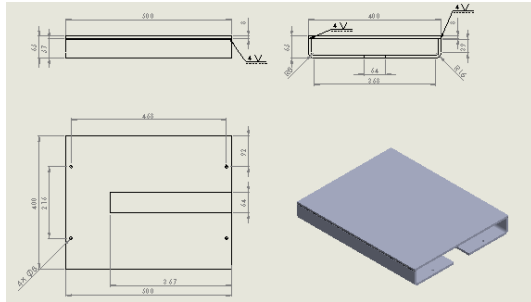
$$\sigma_{yp} = \frac{2 \cdot 5,797 \text{ MPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 20,89 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 20,89 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Berat base rangka kepala dari hasil analisa *software* sebesar 12,1 Kg.

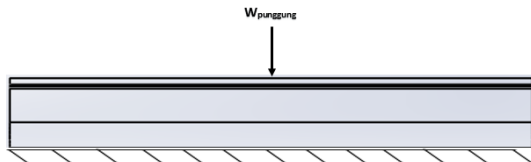
4.5.8 Rangka Punggung

Rangka punggung pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai sandaran punggung saat proses traksi berlangsung. Dimensi rangka punggung dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Dimensi Rangka Punggung

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada rangka punggung. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.26.



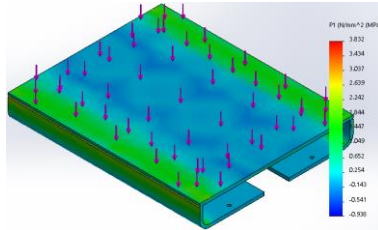
Gambar 4.26 *Free Body Diagram* Rangka Punggung

Untuk mengetahui besar gaya W_{punggung} yang bekerja digunakan persamaan pada tabel 2.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Massa}_{\text{punggung}} &= 0,5582 W - 4,26 \\ &= 0,5582 (100 \text{ Kg}) - 4,26 \\ &= 51,56 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{punggung}} &= \text{massa}_{\text{punggung}} \times \text{gravitasi} \\ &= 51,56 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 505,80 \text{ N} \end{aligned}$$

Lalu dilakukan simulasi tegangan dengan menggunakan metode *principal stress* menggunakan W_{punggung} yang sudah diketahui sebagaimana pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Hasil Simulasi Analisa Rangka Punggung

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada rangka punggung adalah sebesar 3,832 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 2$ dikarenakan digunakan pada kondisi umum dan tegangan maksimum sudah diperhitungkan (tabel 2.2). Sehingga tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{2 \cdot 3,832 \text{ MPa}}{0,555}$$

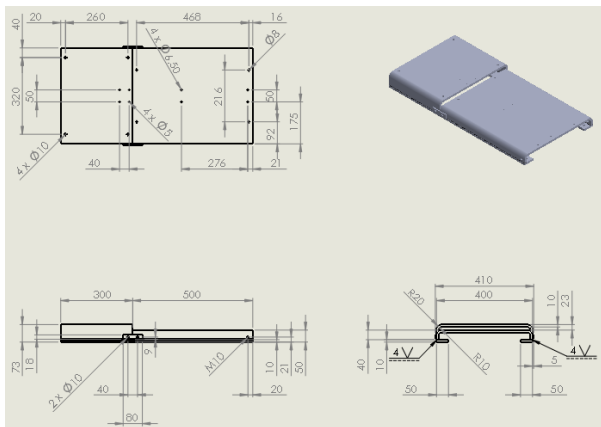
$$\sigma_{yp} = 13,81 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 13,81 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material,

tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainnya (Lampiran A, tabel 7.1). Berat rangka punggung dari hasil analisa *software* sebesar 3,4 Kg.

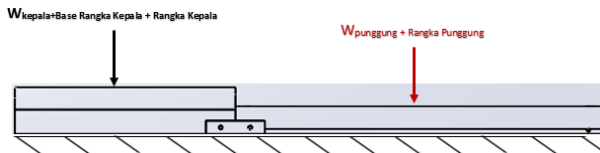
4.5.9 Base Rangka Atas

Base rangka atas pada alat traksi lumbar berfungsi sebagai tempat base rangka kepala, rangka punggung terhubung dan juga pneumatik. Dimensi base rangka atas dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Dimensi Base Rangka Atas

Setelah itu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada base rangka atas. *Free Body Diagram (FBD)* dapat dilihat pada gambar 4.29.



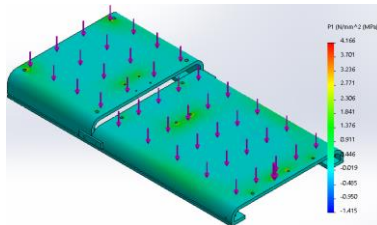
Gambar 4.29 *Free Body Diagram* Base Rangka Atas

Pada hasil perhitungan sebelumnya diketahui W_{kepala} sebesar 75,24 N dan berat rangka kepala dan base rangka kepala berturut-turut adalah 3,5 Kg dan 12,1 Kg. Sehingga $W_{\text{rangkakepala+base}} = 153,036$ N. W_{punggung} adalah sebesar 505,8 N dan berat rangka punggung adalah sebesar 3,4 Kg. Sehingga $W_{\text{rangkapunggung}}$ adalah sebesar 33,354 N. Sehingga gaya total yang bekerja pada base rangka atas adalah

$$\begin{aligned} F_{\text{total kepala}} &= W_{\text{kepala}} + W_{\text{rangkakepala+base}} \\ &= 75,24 \text{ N} + 153,036 \text{ N} \\ &= 228,276 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total punggung}} &= W_{\text{punggung}} + W_{\text{rangkapunggung}} \\ &= 505,8 \text{ N} + 33,354 \text{ N} \\ &= 539,154 \text{ N} \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan analisa tegangan menggunakan metode *principal stress* dengan menggunakan gaya diatas sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Hasil Simulasi Analisa Base Rangka Atas

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada base rangka atas adalah sebesar 4,166 MPa. Sehingga dibutuhkan material yang memiliki tegangan izin lebih besar dibandingkan tegangan maksimum yang terjadi. Sementara faktor keamanan dipilih $N = 2$ dikarenakan digunakan pada kondisi umum dan tegangan maksimum sudah

diperhitungkan (tabel 2.2). Tegangan izin material didapatkan dengan menggunakan rumus berikut :

$$\sigma_{max} \leq \frac{0,555 \sigma_{yp}}{N}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{N \cdot \sigma_{max}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = \frac{2 \cdot 4,166 \text{ MPa}}{0,555}$$

$$\sigma_{yp} = 15,01 \text{ MPa}$$

Sehingga material yang dipilih harus memiliki *yield strength* yang lebih besar dari 15,01 MPa. Oleh karena itu dipilih material aluminium 3003-O yang memiliki *yield strength* sebesar 40 MPa (Lampiran A, tabel 7.2). Meskipun *yield strength* material yang dipilih jauh lebih besar dibandingkan tegangan izin material, tetapi material tersebut memiliki *yeild strength* terkecil bila dibandingkan metal lainya (Lampiran A, tabel 7.1). Berat base rangka atas dari hasil analisa *software* sebesar 4,5 Kg.

4.5.10 Validasi Menggunakan Perhitungan Manual

Dari hasil simulasi analisa tegangan diketahui besar tegangan yang terjadi pada rangka punggug adalah sebesar 3,83 MPa. Pada proses validasi perhitungan dilakukan dengan cara perhitungan manual pada komponen rangka punggug. Adapun free body diagram pada rangka punggug dapat dilihat pada gambar 4.26. Fpunggug = 505,8 N. Perhitungan tegangan normal maksimum dan tegangan geser maksimum yaitu

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{F \cdot L \times 0,5 \cdot h}{I}$$

$$\tau_{maks} = \frac{F \cdot A \cdot \bar{y}}{I \cdot d}$$

dimana

$$I = \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{2} b' \cdot h'^3$$

Keterangan :

σ_{\max} = tegangan normal maksimum (MPa)

τ_{\max} = tegangan geser maksimum (MPa)

F = gaya (N)

L = panjang rangka (mm²)

h = tinggi rangka (mm²)

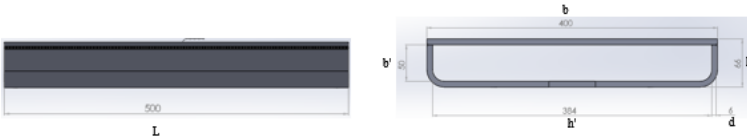
I = Inersia (mm⁴)

b = lebar rangka (mm)

A = luas rangka pinggang (mm²)

\bar{y} = pusat berat (mm)

d = bagian badan (mm)



Gambar 4.31 Dimensi Rangka Pinggang

Dari gambar 4.31 diketahui $L=500$ mm, $b = 400$ mm, $h= 66$ mm, $b'= 384$ mm, $h'= 50$ mm, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Inersia rangka (I)} &= \frac{1}{12} b \cdot h^3 - \frac{1}{12} b' \cdot h'^3 \\ &= \frac{1}{12} (400) \cdot (66)^3 - \frac{1}{12} (384) \cdot (50)^3 \\ &= 5,58 \times 10^6 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat nilai inersia rangka sebesar **5,58 x 10⁶ mm⁴**. Sehingga tegangan normal maksimum rangka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{506 \times 500 \times 0,5 \times 66}{5,58 \times 10^6}$$

$$\sigma_{max} = 0,74 \text{ MPa}$$

Dan tegangan geser maksimum adalah

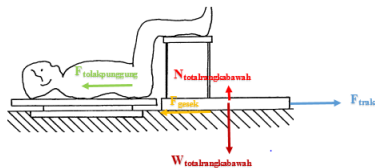
$$\tau_{maks} = \frac{506 \cdot 7200 \cdot 33}{5,58 \times 10^6 \cdot 6}$$

$$\tau_{maks} = 3,59 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan manual didapat tegangan normal maksimum yang terjadi adalah sebesar **0,74 MPa** dan tegangan geser maksimum sebesar **3,59 MPa**, sehingga dapat diketahui bahwa tegangan terbesar yang terjadi pada rangka punggung diakibatkan oleh tegangan geser. Hasil ini cukup mendekati bila dibandingkan dengan hasil analisa simulasi dengan nilai tegangan maksimum sebesar 3,83 MPa. Sehingga pada proses validasi didapatkan *error* sebesar **6,27 %**. Hal ini terjadi karena pada simulasi digunakan *meshing* dan proses iterasi sehingga perhitungan dilakukan dengan lebih detail. Sementara pada perhitungan manual hanya dilakukan satu kali perhitungan pada daerah dengan penampang terkecil.

4.6 Pemilihan Pneumatic

Dalam pemilihan pneumatic, terlebih dahulu perlu diketahui gaya pneumatic yang harus bekerja agar proses traksi dapat berjalan. Sehingga dibuat analisa *free body diagram* seperti pada gambar 4.32.



Gambar 4.32 *Free Body Diagram* saat Proses Traksi Lumbar Berlangsung

Dari gambar 4.30 dapat dianalisa bahwa gaya traksi (gaya pneumatic) harus sama dengan gaya tolak punggung dan gaya gesek. Maka gaya traksi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{\text{traksi}} - F_{\text{tolakpunggung}} - F_{\text{gesek}} = 0$$

$$F_{\text{traksi}} = F_{\text{tolakpunggung}} + F_{\text{gesek}}$$

$F_{\text{tolakpunggung}}$ dapat diketahui dengan menggunakan persamaan pegas dikarenakan sifat tulang punggung ketika ditarik menyerupai pegas. Diketahui bahwa nilai kekakuan ruas tulang punggung (k) adalah sebesar 2,35 N/mm. Dan panjang traksi adalah sebesar 150 mm. Sehingga gaya tolak punggung dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$F_{\text{tolakpunggung}} = k \cdot x$$

$$F_{\text{tolakpunggung}} = 2,35 \text{ N/mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$= 352,5 \text{ N}$$

Sementara pada sub-bab sebelumnya diketahui besar W_{total} rangka bawah adalah sebesar 243,33 N dan koefisien gaya gesek antara aluminium alloy adalah sebesar 0,42. sehingga gaya gesek dapat diketahui menggunakan rumus berikut :

$$F_{\text{gesek}} = N \times \text{koefisien gesek}$$

$$= 243,33 \text{ N} \times 0,42$$

$$= 102,2 \text{ N}$$

Sehingga gaya traksi yang harus diberikan oleh pneumatic adalah sebagai berikut :

$$F_{\text{traksi}} = F_{\text{tolakpunggung}} + F_{\text{gesek}}$$

$$= 352,5 \text{ N} + 102,2 \text{ N}$$

$$= 454,7 \text{ N}$$

Lalu dilakukan perhitungan gaya efektif pneumatic dengan menggunakan rumus (2.3) :

$$F_{\text{eff}} = F_{\text{traksi}} + (F_{\text{gesek}} + F_{\text{pegas}})_{\text{pneumatik}}$$

Sehingga gaya efektif pneumatic adalah sebesar :

$$\begin{aligned} F_{\text{eff}} &= 454,7 \text{ N} + 10\% (454,7 \text{ N}) \\ &= 454,7 \text{ N} + 45,47 \text{ N} \\ &= 500,17 \text{ N} \\ &\approx 501 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka dipilih pneumatic dengan merk **Airtac MSA 40 x 150 S** yaitu pneumatic dengan *bore size* 40 mm bertipe *single acting cylinder*, seperti yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Kriteria Pemilihan Pneumatic Merk Airtac berdasarkan *Cylinder Thrust*

Bore size (mm)	Rod size (mm)	Acting type	Pressure area (mm ²)	Operating pressure(MPa)								
				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7		
16	6	Single acting	Push side	201.0	-	-	20.1	40.2	60.3	80.4	100.5	
			Pull side	172.7	-	-	11.6	28.9	46.2	63.4	80.7	
		Double acting	Push side	201.0	20.1	40.2	60.3	80.4	100.5	120.6	140.7	
			Pull side	172.7	17.3	34.5	51.8	69.1	86.4	103.6	120.9	
20	8	Single acting	Push side	314.0	-	-	15.7	47.1	78.5	109.9	141.3	172.7
			Pull side	263.8	-	5.7	32.0	58.4	84.8	111.2	137.5	
		Double acting	Push side	314.0	31.4	62.8	94.2	125.6	157.0	188.4	219.8	
			Pull side	263.8	26.4	52.8	79.1	105.5	131.9	158.3	184.7	
25	10	Single acting	Push side	490.6	-	-	24.6	73.7	122.8	171.8	220.9	269.9
			Pull side	412.1	-	8.9	50.1	91.4	132.6	173.8	215.0	
		Double acting	Push side	490.6	49.1	98.1	147.2	196.2	245.3	294.4	343.4	
			Pull side	412.1	41.2	82.4	123.6	164.8	206.1	247.3	288.5	
32	12	Single acting	Push side	804.3	-	-	40.2	120.6	200.9	281.3	361.7	442.1
			Pull side	691.2	-	17.6	86.6	155.7	224.8	293.9	363.0	
		Double acting	Push side	804.3	80.4	160.9	241.3	321.7	402.2	482.6	563.0	
			Pull side	691.2	69.1	138.2	207.4	276.5	345.6	414.7	483.8	
40	16	Single acting	Push side	1256.6	-	-	62.8	188.4	314.0	439.6	565.2	690.8
			Pull side	1055.6	-	22.6	128.1	233.6	339.1	444.6	550.1	
		Double acting	Push side	1256.6	125.7	251.3	377.0	502.6	628.3	754.0	879.6	
			Pull side	1055.6	105.6	211.1	316.7	422.2	527.8	633.4	738.9	
50	16	Double acting	Push side	1962.5	196.3	392.5	588.8	785.0	981.3	1177.5	1373.8	
			Pull side	1761.5	176.2	352.3	528.5	704.6	880.8	1056.9	1233.1	
63	16	Double acting	Push side	3115.7	311.6	623.1	934.7	1246.3	1557.9	1869.4	2181.0	
			Pull side	2914.7	291.5	582.9	874.4	1165.9	1457.4	1748.8	2040.3	

Dari tabel 4.3 diketahui untuk pneumatic dengan bore size 40 mm agar dapat menghasilkan gaya lebih besar dari 501 N maka

pneumatic harus bekerja pada tekanan 0,6 MPa atau setara dengan 6 bar, sehingga mampu mendorong dengan gaya 565,2 N.


4.7 Pemilihan Pompa Angin

Dalam pemilihan kompresor diperlukan perhitungan kebutuhan udara agar pneumatic dapat bekerja. Pada sub bab sebelumnya diketahui tekanan kerja pneumatic adalah sebesar 0,6 MPa sehingga dari gambar 2.9 diketahui konsumsi udara per centimeter stroke sebesar 8 liter/cm stroke. Sehingga kebutuhan udara untuk menggerakkan pneumatic dengan bore size 40 mm pada tekanan kerja 0,6 MPa dengan panjang langkah piston sebesar 150 mm dan siklus kerja sebanyak 2 kali per menit adalah sebesar :

$$Q = 150 \text{ mm} \times 2 / \text{menit} \times 8 \text{ liter/cm}$$

$$= 240 \text{ liter/menit}$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa dibutuhkan pompa yang mampu mengalirkan udara sebesar 240 L/Min. Sehingga dipilih pompa angin merk **Sireck** dengan model **Air valve style**. Adapun spesifikasi dari pompa angin tersebut seperti pada gambar 4.33.



	Pressure Style	Air valve Style	Classic Style	Mini Style	Convenient Style
Name:	Pressure Style	Air valve Style	Classic Style	Mini Style	Convenient Style
Handle:	Circular pull handle				
Material:	Aluminum alloy + rubber cap				
Unstretched size:	23cm	21cm	21cm	13cm	12cm
Stretch size:	42cm	49.5cm	49cm	20cm	20cm
Rubber tube size:	11cm	14.5cm	13cm	No Tube	No Tube
Diameter:	3cm	2.5cm	2cm	2cm	2.5cm
Weight:	160G	150G	140G	88G	60G
Pressure:	160PSI	120PSI	120PSI	100PSI	100PSI
Applicable:	Suit for Schrader Valve and Presta Valve				
Accessories:	mounting brackets, screws, securing straps, ball pins				

Gambar 4.33 Spesifikasi Pompa *Sireck Air Valve Style*

BAB 5

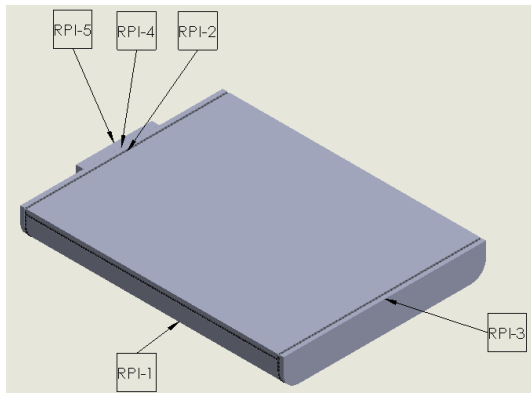
RANCANGAN MANUFAKTUR ALAT TRAKSI LUMBAR

5.1 Rancangan Proses Manufaktur

Rancangan proses manufaktur yang akan dibahas pada sub-bab ini adalah rancangan proses manufaktur komponen-komponen diluar komponen standar. Rancangan proses manufaktur meliputi rancangan pembuatan komponen dudukan kaki, rangka pinggang, rel, pin guider, base rangka bawah, rangka kepala, base rangka kepala, rangka punggung dan base rangka atas.

5.1.1 Contoh Perhitungan

Rangka pinggang terdiri dari 5 part yaitu : RPI-1, RPI-2, RPI-3, RPI-4, RPI-5. Desain *assembly* dan jumlah part dari rangka pinggang ditunjukkan pada gambar 5.1 dan tabel 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Part Rangka Pinggang

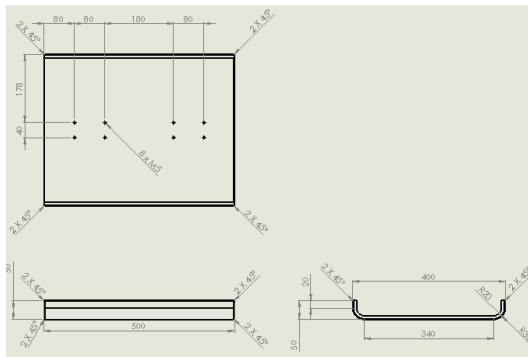
Tabel 5.1 Nama dan Jumlah Part Rangka Pinggang

ITEM NO.	Part Number	Deskripsi	QTY.
1	RPI-1	Plat 10x250x457 mm	1
2	RPI-2	Plat 10x250x400 mm	1
3	RPI-3	Plat Depan	1
4	RPI-4	Plat Belakang	1
5	RPI-5	Punch	1

Berikut adalah rancangan proses manufaktur pada part rangka pinggang.

A. RPI-1

Desain dari part dengan nomor *part* RPI-1 dapat dilihat pada gambar 5.2.

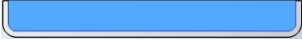
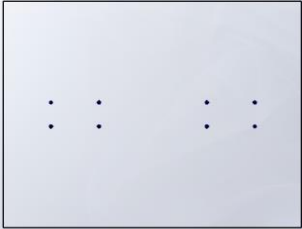

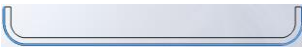



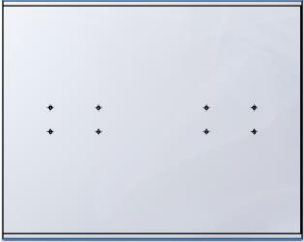
Gambar 5.2 Dimensi RPI-1

Part RPI-1 ini berbahan dasarnya plat aluminium alloy 3003-O dengan tebal 10 mm. Diasumsikan benda kerja yang akan dilakukan proses pengerjaan memiliki dimensi 250 x 457 mm.

Pada part ini dilakukan proses *bending*, *drilling*, *threading*, *chamfering*. Urutan proses manufaktur dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Rancangan Proses Manufaktur RPI-1

Proses			
No.	Detail	Sketsa	Deskripsi
1	<i>BENDING</i>		2 x V bend
2	<i>DRILLING</i>		Drilling dia. 4 mm
3	<i>THREADING</i>		M5
4	<i>CHAMFERING</i> 1		<i>Chamfer</i> 2 x 45°
5	<i>CHAMFERING</i> 2		<i>Chamfer</i> 2 x 45°

6	<i>CHAMFERING</i> 3		<i>Chamfer</i> 2 x 45°
---	------------------------	---	---------------------------

➤ **Bending**

Material yang akan dibending memiliki spesifikasi sebagai berikut, UTS = 110 MPa, panjang bending (b) = 500 mm, tebal benda kerja (T) = 10 mm, radius dalam (R_i) = 20 mm, radius die (R_k) = 30 mm, sudut bending (φ) = 90°. Maka dengan menggunakan rumus (2.12) besar momen bending (M) adalah sebesar :

$$M = n(UTS) \frac{bT^2}{4}$$

$$M = 1,8(110) \frac{500 \times 10^2}{4}$$

$$M = 2475 \text{ N.m}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar momen bending (M) adalah sebesar **2475 N.m**. Dan panjang bukaan die (l_k) dengan menggunakan rumus (2.13) adalah sebesar :

$$l_k = 2(R_i + R_k + T) \sin \frac{\varphi}{2}$$

$$l_k = 2(20 + 30 + 10) \sin \frac{90^\circ}{2}$$

$$l_k = 84,85 \text{ mm}$$

$$l_k \approx 85 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar bukaan die (l_k) adalah sebesar **85 mm**. Maka gaya yang dibutuhkan untuk proses bending (F) berdasarkan rumus (2.11) adalah

$$F = \frac{4M}{l_k} \cos^2 \frac{\varphi}{2}$$

$$F = \frac{4 \times 2475}{0,85} \cos^2 \frac{90^\circ}{2}$$

$$F = 5823,53 \text{ N}$$

Gaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses bending adalah sebesar **5823,53 N**. Dan kapasitas mesin yang dibutuhkan adalah sebesar

$$m = \frac{F}{g}$$

Dimana :

m = kapasitas mesin (Ton)

F = gaya bending

g = gaya gravitasi

Sehingga kapasitas mesin yang dibutuhkan adalah sebesar

$$m = \frac{F}{g}$$

$$m = \frac{5823,53}{9,81}$$

$$m = 593,63 \text{ Kg}$$

$$m = 0,594 \text{ Ton}$$

Dari hasil perhitungan diketahui dibutuhkan mesin press dengan kapasitas **0,594 ton** untuk melakukan proses bending. Radius dalam yang akan dibentuk adalah 20 mm dan radius 30 mm. Sehingga bend allowance radius berdasarkan rumus (2.15) adalah

$$R_n = \sqrt{R_o \cdot R_i}$$

$$R_n = \sqrt{30 \cdot 20}$$

$$R_n = 24,49 \text{ mm}$$

Diketahui bend allowance radius pada hasil bending adalah **24,49 mm**. Dengan Menggunakan rumus (2.14) dapat dihitung panjang arc adalah :

$$L_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot R_n$$

$$L_n = \frac{\pi \cdot 90}{180} \cdot 24,49$$

$$L_n = 38,47 \text{ mm}$$

Sehingga pada plat untuk membentuk *bending* 90° dengan radius dalam dan luar sebesar 20 dan 30 mm. Dibutuhkan panjang plat sebesar **38,47 mm**. Sehingga panjang total plat yang dibutuhkan adalah $2 \times 20 + 340 + 2 \times 38,47 = 457 \text{ mm}$.

➤ **Drilling**

Untuk proses *drilling* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* dengan grade HSS, dengan parameter diameter luar = 4,2 mm, *depth of cut* 4,2 mm, $f_z = 0,1$ mm/rev, $v = 80$ m/min dan jumlah gigi potong 1. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 4,2}$$

$$n = 6066 \text{ rpm}$$

$$n \approx 6000 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **6000 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,1 \times 1 \times 6000$$

$$v_f = 600 \text{ mm}/\text{min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **600 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah jumlah pemakanan \times (kedalaman lubang + *clearance*) + jarak antar lubang = $8 \times (10 + 6) + 500 = 628$ mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{628 \text{ mm}}{600 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 1,05 \text{ min}$$

$$t_c = 63 \text{ detik}$$

Sehingga waktu pemotongan untuk proses drilling 4,2 mm adalah sebesar **63 detik**.

➤ Threading

Untuk proses *threading* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* **FSP M5x0,8** dengan *grade* **HSSE merk YAMAWA**, dengan parameter diameter luar = 5 mm, *depth of cut* 0,8 mm, $f_z = 0,25$ mm/rev, $v = 20$ m/min dan jumlah gigi potong 3. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 5}$$

$$n = 1273 \text{ rpm}$$

$$n \approx 1200 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **1200 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,25 \times 3 \times 1200$$

$$v_f = 900 \text{ mm/min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **900 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah jumlah pemakanan x (kedalaman lubang + *clearance*) + jarak antar lubang = $8 \times (10 + 6) + 500 = 628 \text{ mm}$. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{628 \text{ mm}}{900 \text{ mm/min}}$$

$$t_c = 0,69 \text{ min}$$

$$t_c = 41,9 \text{ detik}$$

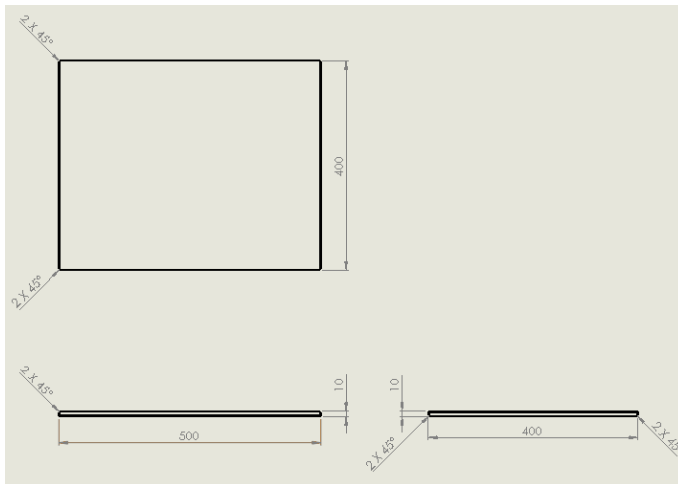
Waktu pemotongan untuk proses threading M5 adalah sebesar **41,9 detik**. Sehingga total waktu pemesinan *part* RPI-1 adalah sebesar $t_{\text{drilling}} + t_{\text{threading}} = 63 + 41,9 = \mathbf{104,7 \text{ detik}}$.

➤ Chamfering

Proses chamfer dilakukan dengan menggunakan gerinda potong secara manual. Dikarenakan waktu pemotongan yang dibutuhkan apabila melakukan *chamfering* menggunakan proses *milling* sangat besar.

B. RPI-2

Desain dari part dengan nomor *part* RPI-2 dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Dimensi RPI-2

Part RPI-2 ini berbahan dasarnya dari plat aluminium alloy 3003-O dengan tebal 10 mm. Diasumsikan benda kerja yang akan dilakukan proses pengerjaan memiliki dimensi 400 x 500 mm. Pada part ini dilakukan proses *chamfering*. Urutan proses manufaktur dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Rancangan Proses Pemesinan RPI-2

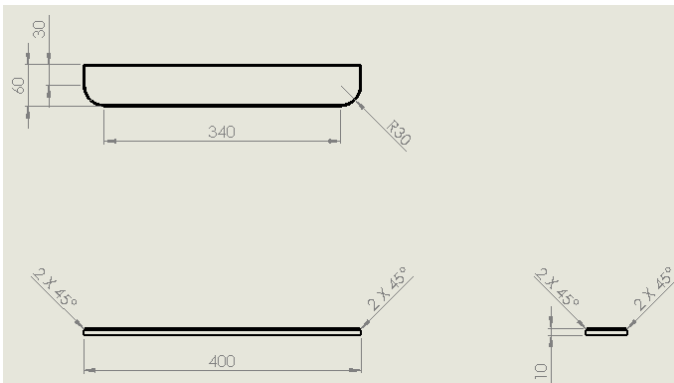
Proses			
No.	Detail	Sketsa	Deskripsi

1	<i>CHAMFERING</i> 1		<i>Chamfer</i> 2 x 45°
2	<i>CHAMFERING</i> 2		<i>Chamfer</i> 2 x 45°

Proses chamfer dilakukan dengan menggunakan gerinda potong secara manual. Dikarenakan waktu pemotongan yang dibutuhkan apabila melakukan *chamfering* menggunakan proses *milling* sangat besar.

C. RPI-3

Desain dari part dengan nomor *part* RPI-3 dapat dilihat pada gambar 5.4.





Gambar 5.4 Dimensi RPI-3

Part RPI-3 ini berbahan dasarnya aluminium alloy 6061 dengan tebal 10 mm. Diasumsikan benda kerja yang akan dilakukan proses pengerjaan memiliki dimensi 60 x 400 mm. Pada

part ini dilakukan proses *side milling* dan *chamfering*. Urutan proses manufaktur dapat dilihat pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Rancangan Proses Pemesinan RPI-3

Proses			
No.	Detail	Sketsa	Deskripsi
1	<i>SIDE MILLING</i>		<i>R 30</i>
2	<i>CHAMFERING</i>		<i>Chamfer 2 x 45°</i>

➤ **Side Milling**

Untuk proses *side milling* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* jenis *solid end mill* dengan *grade carbide*, dengan parameter diameter luar = 25 mm, *depth of cut* 37,5x12,5 mm, $v_f = 4780$ mm/min, $n = 8000$ rpm dan jumlah gigi potong 3. Sehingga untuk perhitungan kecepatan potong adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$v = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 8000}{1000}$$

$$v = 628 \text{ m/min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan potong adalah **628 m/min**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$f_z = \frac{4780}{3.8000}$$

$$f_z = 0,2 \text{ mm/rev}$$

Dari hasil perhitungan diketahui gerak makan gigi sebesar **0,2 mm/rev**. Panjang lintasan pemotongan adalah $(1/2 \text{ keliling dia. } 72,5 \text{ mm} + \text{clerance}) + \text{jarak antara sidemill} = (113,9+6) + 340 = 453,9 \text{ mm}$. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{453,9 \text{ mm}}{4780 \text{ mm/min}}$$

$$t_c = 0,09 \text{ min}$$

$$t_c = 5,7 \text{ detik}$$

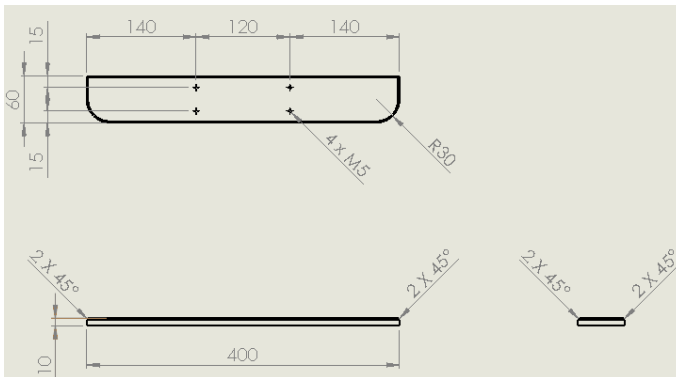
Sehingga waktu pemotongan untuk proses *side milling* adalah sebesar **5,7 detik**.

➤ Chamfering

Proses chamfer dilakukan dengan menggunakan gerinda potong secara manual. Dikarenakan waktu pemotongan yang dibutuhkan apabila melakukan *chamfering* menggunakan proses *milling* sangat besar.

D. RPI-4





Desain dari part dengan nomor *part* RPI-4 dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5.5 Dimensi RPI-4

Part RPI-4 ini berbahan dasarnya aluminium alloy 3003-O dengan tebal 10 mm. Diasumsikan benda kerja yang akan dilakukan proses pengerjaan memiliki dimensi 60 x 400 mm. Pada part ini dilakukan proses *side milling*, *drilling*, *threading* dan *chamfering*. Urutan proses manufaktur dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rancangan Proses Pemesinan RPI-4

Proses			
No.	Detail	Sketsa	Deskripsi
1	<i>SIDE MILLING</i>		<i>R 30</i>
2	<i>DRILLING</i>		<i>Drill dia. 4 mm</i>
3	<i>THREADING</i>		<i>Threadi M5</i>
4	<i>CHAMFERING</i>		<i>Chamfer 2 x 45°</i>

➤ **Side Milling**

Untuk proses *side milling* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* jenis *solid end mill* dengan kode **3AESM250** dengan *grade carbide*, merk *Kyocera*, dengan parameter diameter luar = 25 mm, *depth of cut* 37,5x12,5 mm, $v_f = 4780$ mm/min, $n = 8000$ rpm dan jumlah gigi potong 3. Sehingga untuk perhitungan kecepatan potong adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$v = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 8000}{1000}$$

$$v = 628 \text{ m/min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan potong adalah **628 m/min**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$f_z = \frac{4780}{3 \cdot 8000}$$

$$f_z = 0,2 \text{ mm/rev}$$

Dari hasil perhitungan diketahui gerak makan per gigi sebesar **0,2 mm/rev**. Panjang lintasan pemotongan adalah $(1/2 \text{ keliling dia. } 72,5 \text{ mm} + \text{clearance}) + \text{jarak antar sidemill} = (113,9+6) + 340 = 453,9$ mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{453,9 \text{ mm}}{4780 \text{ mm/min}}$$

$$t_c = 0,09 \text{ min}$$

$$t_c = 5,7 \text{ detik}$$

Sehingga waktu pemotongan untuk proses *side milling* adalah sebesar **5,7 detik**.

➤ **Drilling**

Untuk proses *drilling* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* dengan grade HSSE, dengan parameter diameter luar = 4,2 mm, *depth of cut* 4,2 mm, $f_z = 0,1$ mm/rev, $v = 80$ m/min dan jumlah gigi potong 1. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 4,2}$$

$$n = 6066 \text{ rpm}$$

$$n \approx 6000 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **6000 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,1 \times 1 \times 6000$$

$$v_f = 600 \text{ mm/min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **600 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah jumlah pemakanan \times (kedalaman lubang + *clearance*) + jarak antar lubang = $4 \times (10 + 6) + 180 = 244$ mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{244 \text{ mm}}{600 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,41 \text{ min}$$

$$t_c = 24,4 \text{ detik}$$

Sehingga waktu pemotongan untuk proses drilling 4,2 mm adalah sebesar **24,4 detik**.

➤ Threading

Untuk proses *threading* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* dengan *grade* HSSE, dengan parameter diameter luar = 5 mm, *depth of cut* 0,8 mm, $f_z = 0,25$ mm/rev, $v = 20$ m/min dan jumlah gigi potong 3. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 5}$$

$$n = 1273 \text{ rpm}$$

$$n \approx 1200 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **1200 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,25 \times 3 \times 1200$$

$$v_f = 900 \text{ mm}/\text{min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **900 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah jumlah pemakanan x (kedalaman lubang + *clearance*) + jarak antar lubang = $4 \times (10 + 6) + 180 = 244$ mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{244 \text{ mm}}{900 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,27 \text{ min}$$

$$t_c = 16,3 \text{ detik}$$

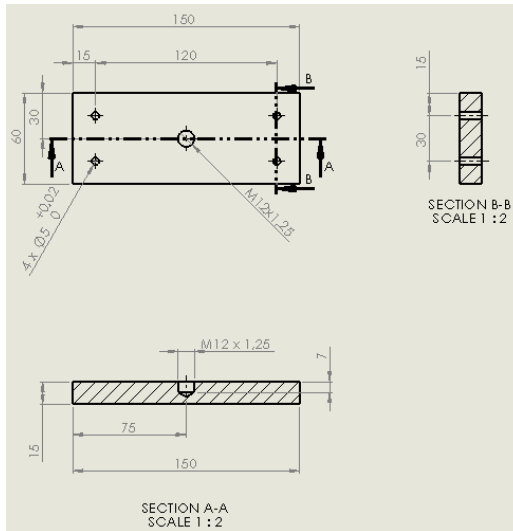
Waktu pemotongan untuk proses threading M5x0,8 adalah sebesar **16,3 detik**. Sehingga total waktu pemesinan *part* RPI-4 adalah sebesar $t_{\text{sidemilling}} + t_{\text{drilling}} + t_{\text{threading}} = 5,7 + 24,4 + 16,3 = 46,4$ detik.

➤ Chamfering

Proses chamfer dilakukan dengan menggunakan gerinda potong secara manual. Dikarenakan waktu pemotongan yang dibutuhkan apabila melakukan *chamfering* menggunakan proses *milling* sangat besar.

E. RPI-5




Desain dari part dengan nomor *part* RPI-5 dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Dimensi RPI-5

Part RPI-5 ini berbahan dasarnya adalah plat aluminium alloy 3003-O dengan tebal 15 mm. Diasumsikan benda kerja yang akan dilakukan proses pengerjaan memiliki dimensi 60 x 150 mm. Pada part ini dilakukan proses *drilling* dan *threading*. Urutan proses manufaktur dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rancangan Proses Pemesinan RPI-5

Proses			
No.	Detail	Sketsa	Deskripsi
1	<i>DILLING</i>		<i>Drill dia. 10 mm</i>
2	<i>THREADING</i>		<i>Thread M12 x 1,25</i>
3	<i>DRILLING</i>		<i>Drill dia. 5 mm</i>

➤ **Drilling**

Untuk proses *drilling* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* dengan grade HSSE, dengan parameter diameter luar = 10,8 mm, *depth of cut* 10,8 mm, $f_z = 0,2$ mm/rev, $v = 90$ m/min dan jumlah gigi potong 1. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 10,8}$$

$$n = 2654 \text{ rpm}$$

$$n \approx 2600 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **2600 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,2 \times 1 \times 2600$$

$$v_f = 520 \text{ mm/min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **520 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah kedalaman lubang + *clearance* = 7 + 6 = 13 mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{13 \text{ mm}}{520 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,025 \text{ min}$$

$$t_c = 1,5 \text{ detik}$$

Sehingga waktu pemotongan untuk proses drilling 10,8 mm adalah sebesar **1,5 detik**.

➤ Threading

Untuk proses *threading* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* dengan *grade* HSSE, dengan parameter diameter luar = 12 mm, *depth of cut* 1,2 mm, $f_z = 0,4$ mm/rev, $v = 50$ m/min dan jumlah gigi potong 3. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 50}{\pi \cdot 12}$$

$$n = 1326 \text{ rpm}$$

$$n \approx 1300 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **1300 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,4 \times 3 \times 1300$$

$$v_f = 1560 \text{ mm}/\text{min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **1560 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah kedalaman lubang + *clearance* = 7 + 6 = 13 mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{13 \text{ mm}}{1560 \text{ mm/min}}$$

$$t_c = 0,008 \text{ min}$$

$$t_c = 0,5 \text{ detik}$$

Waktu pemotongan untuk proses threading M12x1,25 adalah sebesar **0,5 detik**.

➤ **Drilling**

Untuk proses *drilling* digunakan mesin **CNC Makino S33** (Lampiran A, Gambar 7.1) dan *tool* dengan grade HSSE, dengan parameter diameter luar = 5 mm, *depth of cut* 5 mm, $f_z = 0,2$ mm/rev, $v = 80$ m/min dan jumlah gigi potong 1. Sehingga untuk perhitungan putaran poros utama adalah :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 5}$$

$$n = 5092 \text{ rpm}$$

$$n \approx 5000 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diketahui besar kecepatan putaran poros adalah **5000 rpm**. Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan makan sebagai berikut :

$$f_z = \frac{v_f}{z \cdot n}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

$$v_f = 0,2 \times 1 \times 5000$$

$$v_f = 1000 \text{ mm}/\text{min}$$

Dari hasil perhitungan diketahui kecepatan makan sebesar **1000 mm/min**. Panjang lintasan pemotongan adalah jumlah pemakanan x (kedalaman lubang + *clearance*) + jarak antar lubang = 4 x (15 + 6) + 180 = 264 mm. Sehingga waktu pemotongan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}$$

$$t_c = \frac{264 \text{ mm}}{1000 \text{ mm}/\text{min}}$$

$$t_c = 0,26 \text{ min}$$

$$t_c = 15,8 \text{ detik}$$

Sehingga waktu pemotongan untuk proses drilling 5 mm adalah sebesar **15,8 detik**. Sehingga total waktu pemesinan *part* RPI-5 adalah sebesar $t_{\text{drilling}} + t_{\text{threading}} + t_{\text{drilling}} = 1,5 + 0,5 + 15,8 = 17,8 \text{ detik}$.

5.1.2 Rancangan Proses Pemesinan

Setelah dilakukan penentuan parameter pemesinan dan perhitungan proses pemesinan, maka rancangan proses pemesinan komponen alat traksi lumbar dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Rancangan Proses Pemesinan Komponen Alat Traksi Lumbar

Komponen : Rangka Dudukan Kaki														Tmp	Tmc	
No	Detail	Tool	Grade	d	v	fz	z	nteo	n	vf	doc	lw	h a			Tc (s)
Proses RDK-2																
1	Cutting sq. bar	Band Saw	HSS	165,0	40	4,00	1	77	70	280	1,1	35,4	6	2	17,7	2
2	Drilling	Solid Drill	HSS	8,0	90	0,30	1	3583	3500	1050	8,0	187,5	6	2	22,1	2
3	Slot Milling	Solid End Mill	Carbide	8,0	250	0,04	3	9952	9500	998	8,0	325,0	6	1	19,9	2
Proses RDK-3																
1	Cutting sq. bar	Band Saw	HSS	165,0	40	4,00	1	77	70	280	1,1	35,4	6	2	17,7	2
Proses RDK-4																
1	Side Milling	Solid end mill	Carbide	10,0	320	0,08	3	10191	10000	2400	5,0	614,2	6	1	15,5	4
2	Drilling	Solid drill	HSS	10,0	95	0,35	1	3025	3000	1050	10,0	176,7	6	3	31,3	4
Proses RDK-5																
1	Drilling (turning)	Solid drill	HSS	20,0	90	0,03	1	1433	1400	42	6,8	25,0	6	2	88,6	2
2	Threading(turning)	Tap M8 x 1,25	HSSE	20,0	150	0,08	1	2389	1600	128	0,6	25,0	6	14	203,4	2
Proses RDK-6																
1	Drilling (turning)	Solid drill	HSS	20,0	90	0,03	1	1433	1400	42	6,8	25,0	6	2	88,6	2
2	Threading(turning)	Tap M8 x 1,25	HSSE	20,0	150	0,08	1	2389	1600	128	1,0	25,0	6	14	203,4	2
Proses RDK-7																
1	Cutting sq. bar	Band Saw	HSS	165,0	40	4,00	1	77	70	280	1,1	40,0	6	1	9,9	1
2	Side Milling	Solid end mill	Carbide	20,0	320	0,15	3	5096	5000	2250	10,0	361,4	6	1	9,8	1
3	Drilling	Solid drill	HSS	20,0	95	0,20	1	1513	1500	300	20,0	63,3	6	4	55,4	1
4	Slot Milling	Solid End Mill	Carbide	20,0	250	0,09	3	3981	3000	945	20,0	68,0	6	3	14,1	1
Proses RDK-8																
1	Drilling (turning)	Drill dia. 8	HSS	20,0	90	0,02	1	1433	1400	28	8,0	35,0	6	1	87,9	2
2	Chamfering (Turning)	Chamfer	Carbide	20,0	510	0,01	1	8121	1600	16	2,0	2,0	6	1	30,0	2
Proses RDK-9																
1	Side Milling	Solid end mill	Carbide	20,0	320	0,17	3	5096	5000	2550	10,0	450,6	6	1	10,7	2
2	Drilling	Solid drill	HSS	8,0	80	0,20	1	3185	3100	620	8,0	172,5	6	2	41,9	2
Komponen : Rangka Pinggang																
Proses RPI-1																
No	Detail	Tool	Grade	d	v	fz	z	nteo	n	vf	doc	lw	h a	Tc (s)	QTY	
1	Drilling	Solid Drill	HSS	4,2	80	0,1	1	6066	6000	600	4,2	72,5	6	8	62,8	1
2	Threading	Tap M5 x 0,8	HSSE	5	20	0,25	3	1274	1200	900	0,8	72,5	6	8	41,9	1
Proses RPI-3																
1	Side Milling	Solid end mill	Carbide	25	630	0,2	3	8025	8000	4800	12,5	453,9	6	1	5,7	1
Proses RPI-4																
1	Side Milling	Solid end mill	Carbide	25	630	0,2	3	8025	8000	4800	12,5	453,9	6	1	5,7	1
2	Drilling	Solid Drill	HSS	4,2	80	0,1	1	6066	6000	600	4,2	55	6	4	24,4	1
3	Threading	Tap M5 x 0,8	HSSE	5	20	0,25	3	1274	1200	900	0,8	55	6	4	16,3	1
Proses RPI-4																
1	Drilling	Solid Drill	HSS	10,8	90	0,2	1	2654	2600	520	10	7	6	1	1,5	1
2	Threading	Tap M12 x 1,25	HSSE	12	50	0,4	3	1327	1300	1560	1,2	7	6	1	0,5	1
3	Drilling	Solid Drill	HSS	5	80	0,2	1	5096	5000	1000	5	60	6	4	15,8	1
Komponen : Rel																
Proses KBA-1																
No	Detail	Tool	Grade	d	v	fz	z	nteo	n	vf	doc	lw	h a	Tc (s)	QTY	
1	Cutoff (groove)	Insert	Carbide	27	200	0,01	1	2359	1600	16	1,5	8	6	1	52,5	1
2	Drilling(chuck)	Solid Drill	HSS/Co	27	50	0,02	1	590	500	10	27	10	6	1	96,0	1
3	Counterbore	Insert	Carbide	27	120	0,05	1	1415	1400	70	2	2	6	1	6,9	1
Proses PRS-1																
1	Chamfering (Turning)	Insert	Carbide	16	120	0,05	1	2389	1600	80	2	2	6	1	6,0	1
2	Threading (Turning)	Insert	Carbide	16	60	0,1	1	1194	1100	110	1,1	10	6	7	61,1	1
Komponen : Base Rangka Bawah																
Proses BRB-1																
No	Detail	Tool	Grade	d	v	fz	z	nteo	n	vf	doc	lw	h a	Tc (s)	QTY	
1	Drilling	Solid Drill	HSS	4,2	85	0,25	1	6445	6400	1600	4,2	95	6	2	7,6	2
2	Threading	Tap M	HSSE	5	20	0,25	3	1274	1200	900	0,8	95	6	2	13,5	2
Proses BRB-2																
1	Drilling	Solid Drill	HSS	16	95	0,2	1	1891	1800	360	4	10	6	1	2,7	1
Proses BRB-3																
1	Drilling	Solid Drill	HSS	14,8	100	0,4	1	2152	2100	840	14,8	10	6	1	1,1	1
2	Threading	Tap M16 x 2	HSSE	16	15	0,4	3	299	200	240	1,2	10	6	1	4,0	1
Proses BRB-4																
1	Drilling	Solid Drill	HSS	5	80	0,1	1	5096	5000	500	5	338,75	6	4	165,5	1

Komponen : Rangka Kepala															Qty	Tmp	Tmc
No	Detail	Tool	Grade	d	v	fz	z	nteo	n	vf	doc	lw	h	a			
Proses Rangka Kepala																	
1	Cutting sq. bar	Circular Saw	HSS	205	1800	0,02	80	2796	2700	4320	1,1	120	6	4	7,0		
2	Drilling	Solid Drill	HSS	4,2	85	0,25	1	6445	6400	1600	4,2	25	6	4	4,7		
3	Threading	Tap M5 x 0,8	HSS	5	20	0,25	3	1274	1200	900	0,8	25	6	4	8,3		
Komponen : Base Rangka Kepala																	
Proses BRK-1																	
1	Drilling dia. 10	Solid Drill	HSS	10	85	0,2	1	2707	2700	540	10	215	6	4	98,2		
2	Drilling dia. 5	Solid Drill	HSS	5	80	0,1	1	5096	5000	500	5	37,5	6	4	20,9		
Proses BRK-1																	
1	Cutting sq. bar	Circular Saw	HSS	205	1800	0,02	80	2796	2700	4320	2,2	340	6	2	9,6		
Proses BRK-1																	
1	Drilling	Solid Drill	HSS	5	80	0,1	1	5096	5000	500	5	42,5	6	4	23,3		
Komponen : Rangka Punggung																	
Proses RPU-1																	
1	Cutting sq. bar	Circular Saw	HSS	205	1800	0,02	80	2796	2700	4320	2,2	798	6	1	11,2		
2	Drilling	Solid Drill	HSS	8	80	0,2	1	3185	3100	620	8	233	6	4	92,5		
Komponen : Base Rangka Atas																	
Proses BRA-1																	
1	Drilling dia. 8	Solid Drill	HSS	8	80	0,2	1	3185	3100	620	8	220	6	4	87,5		
2	Drilling dia. 5	Solid Drill	HSS	5	80	0,1	1	5096	5000	500	5	42,5	6	4	23,3		
3	Drilling dia. 4	Solid Drill	HSS	4,2	85	0,25	1	6445	6400	1600	4,2	180	6	2	14,0		
4	Threading	Tap M5 x 0,8	HSS	5	20	0,3	1	1274	1200	360	0,8	180	6	2	62,0		
Proses BRA-2																	
1	Drilling	Solid Drill	HSS	8	80	0,2	1	3185	3100	620	8	70	6	2	14,7		
Proses BRA-3																	
1	Drilling dia. 8	Solid Drill	HSS	8	80	0,2	1	3185	3100	620	8	235	6	4	93,3		
2	Drilling dia. 6,5	Solid Drill	HSS	6,5	80	0,2	1	3920	3900	780	6,5	104	6	4	33,8		
3	Drilling dia. 4	Solid Drill	HSS	4,2	85	0,25	1	6445	6400	1600	4,2	240	6	4	36,9		
4	Threading	Tap M5 x 0,8	HSS	5	20	0,3	1	1274	1200	360	0,8	240	6	4	164,0		
Proses BRA-4																	
1	Drilling	Solid Drill	HSS	8	80	0,2	1	3185	3100	620	8	240	6	2	47,6		
Proses BRA-5																	
1	Drilling	Solid Drill	HSS	5	80	0,2	1	5096	5000	1000	8	240	6	2	29,5		

keterangan :

d = diameter luar (diamater benda kerja pada proses turning) (mm)

v = kecepatan potong (m/min)

f_z = gerak makan (mm/rev)

z = jumlah mata potong

n = putaran spindle (rpm)

v_f = kecepatan makan (mm/min)

doc = kedalaman pemotongan (mm)

l_w	= lintasan pemotongan (lintasan <i>tool</i>) (mm)
h	= <i>clearance</i> (mm)
a	= jumlah pemotongan
T_c	= waktu pemotongan (s)
T_{mp}	= waktu pemotongan sub-komponen (s)
T_{mc}	= waktu pemotongan komponen (s)

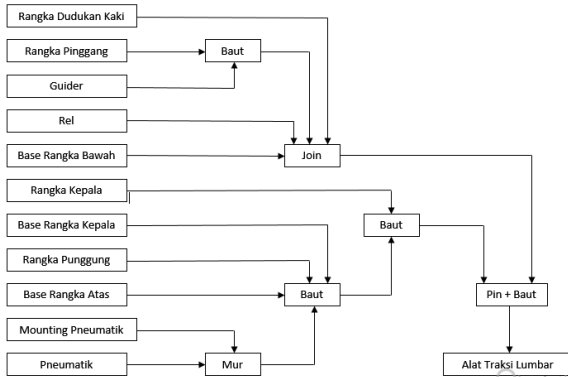
Dari tabel 5.7 diketahui waktu proses pemesinan pada komponen pembentuk alat traksi lumbar yaitu rangka dudukan kaki **1925,7 detik**, rangka pinggang **174,7 detik**, rel **222,4 detik**, *base* rangka bawah **215,4 detik**, rangka kepala **19,9 detik**, *base* rangka kepala **271,1 detik**, rangka punggung **103,7 detik**, *base* rangka atas **1026,5 detik**. Sehingga total waktu pemesinan untuk membuat alat traksi lumbar adalah **3959,4 detik** atau **65,99 menit**.

5.2 Diagram alir Perakitan

Setelah dilakukan perancangan proses pemesinan dilakukan perancangan perakitan. Proses perancangan perakitan dimulai dari proses pemesinan dilanjutkan dengan penggabungan part beserta jenis penyambungannya.

Setelah Komponen sub-assembly dirakit, kemudian dilakukan perakitan Alat Traksi Lumbar. Rangka Pinggang dan Guider di baut menggunakan *flange bolt* M5, lalu digabungkan dengan Base Rangka Bawah, Rel dan Rangka Dudukan Kaki, dengan rel sebagai pengunci. Pneumatik dan mounting pneumatik digabungkan menggunakan mur M30 x 1,25. Lalu digabungkan pada base rangka atas menggunakan baut diameter 6,5. Lalu rangka punggung digabungkan dengan base rangka atas menggunakan baut M5. Base Rangka Kepala digabungkan dengan Base Rangka Atas menggunakan baut M10. Kemudian Rangka Kepala digabungkan ke base rangka atas menggunakan baut M5. Lalu Base Rangka Atas dan Base Rangka Bawah digabungkan

menggunakan pin (BRA-5) dan baut M5. Adapun diagram alir perakitan alat traksi lumbar dapat dilihat pada gambar 5.10.



Gambar 5.7 Diagram Alir Perakitan Alat Traksi Lumbar

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan pada tugas akhir ini adalah :

1. Rancangan alat traksi lumbar memiliki dimensi :
 - a. Panjang : 1495 mm
 - b. Lebar : 400 mm
 - c. Berat : 35 Kg
 - d. Panjang Traksi Maksimal : 150 mm
2. Dari hasil analisa RULA menggunakan software CATIA V5 didapat nilai RULA sebesar 2. Dari analisa kekuatan material aluminium alloy 3003-O dengan yield strength material sebesar 40 MPa pada komponen sub-assembly alat traksi lumbar menunjukkan komponen aman digunakan pada beban 100 Kg, dimana tegangan terbesar terjadi pada rangka pinggang sebesar 4,91 MPa, sehingga tegangan ijin material adalah sebesar 26,5 MPa lebih kecil daripada yield strength material sebesar 40 MPa.
3. Rancangan proses manufaktur sebagian besar meliputi proses *bending, turning, drilling, milling* dan *threading*.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu :

- Perlu dilakukan pembuatan secara aktual untuk menguji coba hasil desain.
- Untuk mengurangi ongkos produksi dapat menggunakan mesin 3D print untuk pembuatan uji *prototype*.

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lia, D.A. 2018. *Keluhan Nyeri Punggung*. HIGEA 2 (3)
- [2] Raymond Y.W Lee dan John H. Evan.2001.*Loads in the lumbar spine during traction therapy*. *Australian Journal of Physiotherapy* vol.47.
- [3] Tadano et al. 2019. *Lumbar mechanical traction: a biomechanical assessment of change at the lumbar spine*. BMC Musculoskeletal Disorders
- [4] Cavagnaro L, Basso M, Mazzola MA, Formica M. 2014. *Lumbar Traction in the Management of Low Back Pain : A Survey of Latest Result*. J Nov Physyother 4:231.
- [5] Indah AF, Eko BP. 2018. *Penatalaksanaan Fisioterapi pada Kondisi Low Back Pain et Causa Spondylosis lumbal dengan Modalitas Ultrasounf, Transcutaneus Electrical Nerves Stimulation dan William's Flexion Exercise di RSUD Kraton Pekalongan*. Jurnal Fisioterapi dan Rehabilitasi (JFR) Vol.2, No.2.
- [6] Meucci R, Fassa A, Farian N. 2015. *Prevalance of chronical low back pain : a systematic review*. Rev Saude Publica ; 49:1.
- [7] Sumbodo, Wirawan, Rizki Setiadi dan Sigit Poedjiono. 2017. *Pneumatik dan Hidrolik*. Yogyakarta: Deepublish
- [8] Aaron D., Deutschman, Walter J.Michels dan Charles E Wilson, *Machine Design*, Macmillan Publishing Co.Inc: New York.
- [9] McAtamney, L. and Corlett, E.N. 1993. *RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. Applied Ergonomics, 24 (2), 91-99
- [10] M. Krause, K. M. Refshuge, M. Dessen, R. Boland. 2000. *Lumbar spine traction : evaluation of effects and recommended application fo tratment*. *Manual Therapy* 5(2), 72-81.
- [11] Peter C. dan Frank E.2002. *Pneumatics : Basic Level*. Festo Didatics.

- [12] Taufiq Rochim, 1993. **Teori & Teknologi Proses Pemesinan.**
- [13] Vukota Boljanovic, 2004. *Sheet Metal Forming Process and Die Design.* Industrial Press. New York.
- [14] Ohan Juhana, M. Suratman. 2000. **Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO.** CV Pustaka Grafika. Bandung

LAMPIRAN A

Tabel 7.1 Material Properties Metal or Alloy
(sumber : <https://image.slidesharecdn.com/>)

Metal or Alloy	TS (MPa)	Ys (MPa)	δ- ψ (%)
Steels	1725	205	65-2
Iron	185-285	40-200	60-3
Aluminum	90	35	45
Aluminum Alloys	90-600	35-550	45-4
Copper	220	70	45
Copper Alloys	140-1310	76-1100	65-3
Nickel	320	58	30
Nickel Alloys	345-1450	105-1200	60-5
Titanium	275-690	140-550	30-17
Titanium Alloys	415-1450	344-1380	25-7
Molybdenum Alloys	90-2340	80-2070	40-30
Magnesium	160-195	90-105	15-3
Magnesium Alloys	240-380	130-305	21-5

Tabel 7.2 Material Properties Aluminium Alloy 3003-O
(sumber : <http://www.matweb.com/search/>)

Alclad Aluminum 3003-O			
Categories: Metal, Nonferrous Metal, Aluminum Alloy, 3003 Series Aluminum Alloy			
Material Notes: Good weldability/formability and very good corrosion resistance lead to applications such as food and chemical handling tanks, trim, sheet, pressure vessels, and piping.			
Data points with the AA note have been provided by the Aluminum Association, Inc. and are NOT FOR DESIGN.			
Composition Notes: Composition for AA 3003 (not Alclad 3003 specifically).			
Composition information provided by the Aluminum Association and is not for design.			
Mechanical Properties	SI Units	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	110 MPa	16000 psi	AA, Typical
	90.8 - 160 MPa @Thickness 0.02 - 12.7 mm	13100 - 23200 psi @Thickness 0.008 - 0.5 in	
Tensile Strength, Yield	57.8 - 170 MPa @Thickness 0.2 - 12.7 mm	8400 - 24700 psi @Thickness 0.008 - 0.5 in	AA, Typical
	41.4 MPa @Thickness 3.151.0 MPa min @Thickness 12.7 - 76.2 mm @Thickness 0.5 - 3.0 MPa min @Thickness 0.199 - 0.400 psi min @Thickness 12.7 - 76.2 mm @Thickness 0.5 - 3.0 MPa min @Thickness 0.199 - 0.400 psi min	6000 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 1.100 - 1.00 in @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi	
Elongation at Break	25 % @Thickness 12.7 - 76.2 mm @Thickness 0.5 - 3.0 MPa min @Thickness 12.7 - 76.2 mm @Thickness 0.5 - 3.0 MPa min	23 % @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi @Thickness 0.199 - 0.400 psi	AA, Typical
	45 % @Thickness 1.00 mm @Diameter 7.62 mm	45 % @Thickness 0.0039 in @Diameter 0.300 in	AA, Typical
Modulus of Elasticity	69.9 GPa	10000 ksi	AA, Typical. Average of tension and compression. Compression modulus is about 2% greater than tensile modulus.
Shear Strength	75.8 MPa	11000 psi	AA, Typical

Tabel 7.3 Appendix Static dan Kinetic Friction Coefficient
(sumber : <https://vdocuments.mx/>)

Appendix: Static and Kinetic Friction Coefficients for Selected Materials / 71

Table 1 Friction coefficient data for metals sliding on metals
Metals tested in air at room temperature

Fixed specimen	Material	Moving specimen	Test geometry	Friction coefficient		Ref	Fixed specimen	Material	Moving specimen	Test geometry	Friction coefficient		Ref				
				Static	Kinetic						Static	Kinetic					
Ag	Ag	IS	IS	0.50	...	1	Pt	Ni	IS	IS	0.64	...	1				
		IS	IS	0.53	...	1					IS	IS	0.55	...	1		
		IS	IS	0.48	...	1					IS	IS	0.55	...	1		
Al	Al	IS	IS	0.49	...	1	Steel	Cu	SPOF	SPOF	...	0.80	5				
		IS	IS	0.57	...	1					BOR	BOR	...	0.54	4		
		IS	IS	0.54	...	1							POF	POF	0.47	0.38	2
Al alloy 6061-T6	Al alloy 6061-T6	FOF	FOF	0.42	0.34	2	Steel, 1020	Al alloy 6061-T6	FOF	FOF	0.32	0.25	2				
		POF	POF	0.28	0.23	2					Steel, 1032	Cu	FOF	FOF	0.31	0.23	2
		IS	IS	0.23	0.23	2									Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V	POF
Au	Au	IS	IS	0.53	...	1	Steel, 52100	Ni,Al alloy	RSOF	RSOF	...	1.08	6				
		IS	IS	0.49	...	1					IC 3908	RSOF	RSOF	...	0.70	6	
		POF	POF	0.28	0.23	2								Steel, 1015 annealed	BOR	BOR	...
Brass, 60Cu-40Zn	Steel, tool	POF	POF	0.79	0.24	3	Steel, dual-phase	DP-80	BOR	BOR	...	0.49	7				
		IS	IS	0.52	...	1					Steel, mild	Steel, mild	BOR	BOR	...	0.82	3
		IS	IS	0.50	...	1									Steel, M50 tool	Ni,Al alloy IC-50	RSOF
Cr	Co	IS	IS	0.56	...	1	Steel, stainless	Steel, tool	POF	POF	...	0.53	3				
		IS	IS	0.41	...	1					Steel, stainless 304	Cu	FOF	FOF	0.23	0.21	2
		IS	IS	0.46	...	1									Stellite	Steel, tool	POF
Cu	Cr	IS	IS	0.55	...	1	Ti	Steel, 17-4 stainless	POF	POF	0.48	0.48	8				
		IS	IS	0.50	...	1					Ti	Ti	POF	POF	0.47	0.40	8
		IS	IS	0.49	...	1									Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V	POF
Cu OFHC	Steel, 4619	BOR	BOR	...	0.82	4	Cu-Al (bronze)	Nitronic 60	POF	POF	0.38	0.31	8				
		IS	IS	0.41	...	1					Steel, 17-4 stainless	Steel, Type 440C	POF	POF	0.36	0.31	8
		IS	IS	0.41	...	1									Stainless	Stellite 12	POF
In	In	IS	IS	0.47	...	1	W	Cu	IS	IS	0.51	...	1				
		IS	IS	0.46	...	1					Stellite 6	POF	POF	0.45	0.36	8	
		IS	IS	0.48	...	1								Ta	POF	POF	0.53
Mg	Mg	IS	IS	0.69	...	1	Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V	POF	POF	0.36	0.30	2				
		IS	IS	0.51	...	1					Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V	POF	POF	0.36	0.31	8
		IS	IS	0.46	...	1									W	Cu	IS
Nb	Nb	IS	IS	0.46	...	1	W	Fe	IS	IS	0.47	...	1				
		IS	IS	0.39	...	1					W	W	IS	IS	0.51	...	1
		IS	IS	0.50	...	1									Zr	Cu	IS
Ni	Ni	IS	IS	0.59	...	1	Zr	Fe	IS	IS	0.55	...	1				
		IS	IS	0.64	...	1					Zr	Zr	IS	IS	0.75	...	1
		IS	IS	0.73	...	1									Zr	Zr	IS
Pb	Pb	IS	IS	0.61	...	1	Zr	Fe	IS	IS	0.55	...	1				
		IS	IS	0.55	...	1					Zr	Zr	IS	IS	0.75	...	1
		IS	IS	0.54	...	1									Zr	Zr	IS
SPOF	SPOF	0.80	...	5	Zr	Zr	IS	IS	0.63	...	1				



Mesin CNC Makino S33 Data spesifikasi mesin milling yang digunakan :

- Merk/Model : Makino S33
- Buatan : Singapura
- Tahun : 2000
- Spindle Speed : 45-13.000 rpm
- Feed Rate : 40.000 mm/min
- Kontroler : Makino Pro 3 (Fanuc)

Gambar 7.1 Data Spesifikasi mesin CNC (Milling Center)

Tabel 7.4 Toleransi Umum untuk Ukuran Linear
(sumber : Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO, 2000)

Ukuran nominal mm		0,5-3	3-6	6-10	30-120	120-315	315-1000	1000-2000
Penyimpangan yang diizinkan	Halus	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
	Sedang	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$
	Kasar		$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	± 2	± 3

Tabel 7.5 Toleransi Umum untuk Ukuran Sudut
(sumber : Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO, 2000)

Ukuran nomina (mm)		sampai 10	10-50	50-120	120-400
Penyimpangan yang diizinkan	Dalam derajat dan menit	$\pm 1^\circ$	$\pm 30'$	$\pm 20'$	$\pm 10'$
	Dalam milimeter per 100 mm	$\pm 1,8$	$\pm 0,9$	$\pm 0,6$	$\pm 0,3$

Tabel 7.6 Jenis-Jenis Sesuaian yang Dapat Dipilih
(sumber : Menggambar Teknik Mesin dengan Standar ISO, 2000)

Jenis Sesuaian dan Variasinya		Sesuaian yang disarankan	Ciri-ciri perakitan	Penggunaan
Suaian Sesak	Press fit kuat	H7/u6	Hanya dapat dirakit dengan tekanan atau perbedaan temperatur gaya ikatan kuat	Hubungan roda gigi dan roda gila flens pada poros
		H7/t6		
	Press fit menengah	H7/s6	Hanya bisa dirakit dengan tekanan atau perbedaan temperatur, gaya ikatan kuat	Hubungan kopleng, bus bantalan pada rumah roda atau engkol, lapisan perunggu pada hubungan-hubungan besi tuang
		H7/p6		

Suaian Pas	Force fit	H7/m6	Dirakit dengan tekanan	Rotor pada poros motor, ring gigi pada roda
		H7/h6*		
	Wringing fit	K7/h6*	Dirakit dengan palu tangan	Puli, kopling, roda gigi, roda gila, pemasangan roda kemudi dengan tuas
		H7/k6		
	Close sliding fit	H7/j6	Dirakit dengan tangan	Puli, roda gigi, roda kemudi dan bus bantalan untuk dipasang dengan mudah
		H7/js6		
Suaian Longgar	Sliding fit	H7/j6	Masih bisa digerakan tangan selama ada pelumasan	Sarung senter kepala lepas, roda gigi pengganti, kerah pengencang
		H8/h9		
		H9/h9*		Bagian-bagian yang mudah dirakit, bus antara, poros h11 dibuat dengan proses tarik dingin
		H11/h9		
		H11/h11		
Close running fit	G7/h6*	Dapat bergerak tanpa memperhatikan kelonggaran	Bantala, peluncur presisi	
	H7/g6			
Running fit	H7/f7	Perlu diperhatikan kelonggaran	Bantalan dengan kelonggaran yang perlu diperhatikan bantalan poros engkol dan batang engkol, bus bantalan pada poros	
	H8/h6*			
	H8,f7			
	F8/h9*			
Light running fit	H8/e8	Kelonggaran agak besar	Pemakaian bantalan pada poros yang panjang, bantalan yang dipakai pada mesin-mesin pertanian	
	E9/h9*			
Large running fit	H8/d9	Kelonggaran besar	Penggunaan pros dalam mesin peralatan dan mesin torak dengan pemakaian bantalan jamak. Torak hidrolik yang bergerak dalam	
	D10/h9*			
	H11/d9			
	D10/b11*			

			silinder, penggunaan bantalan luncur untuk temperatur tinggi.
Fit with big clearance and tolerance	C11/h9*	Kelonggaran sangat besar	Pena pengunci, pegs dan penyangga rem untuk bantalan yang mempunyai temperatur tinggi maupun berbahaya karena kotretran dan tidak cukup pelumasan.
	C11/h11*		
	H11/c11		
	A11/h11*		
	H11/a11		

Tanda * untuk sesuaian dengan basis poros

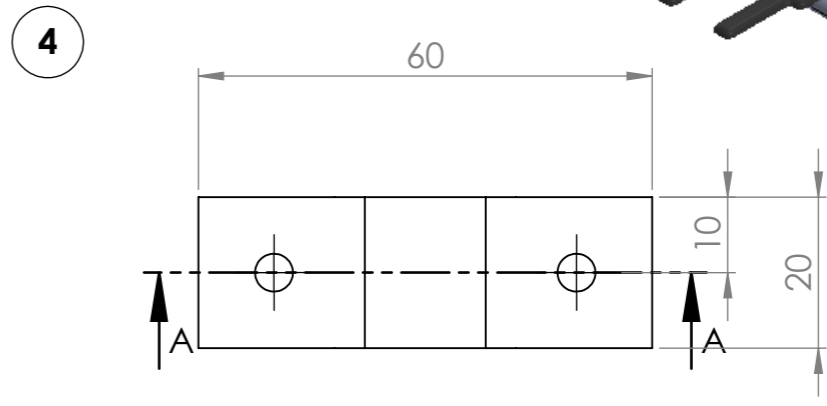
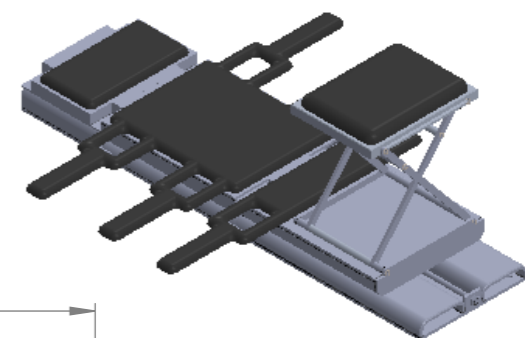
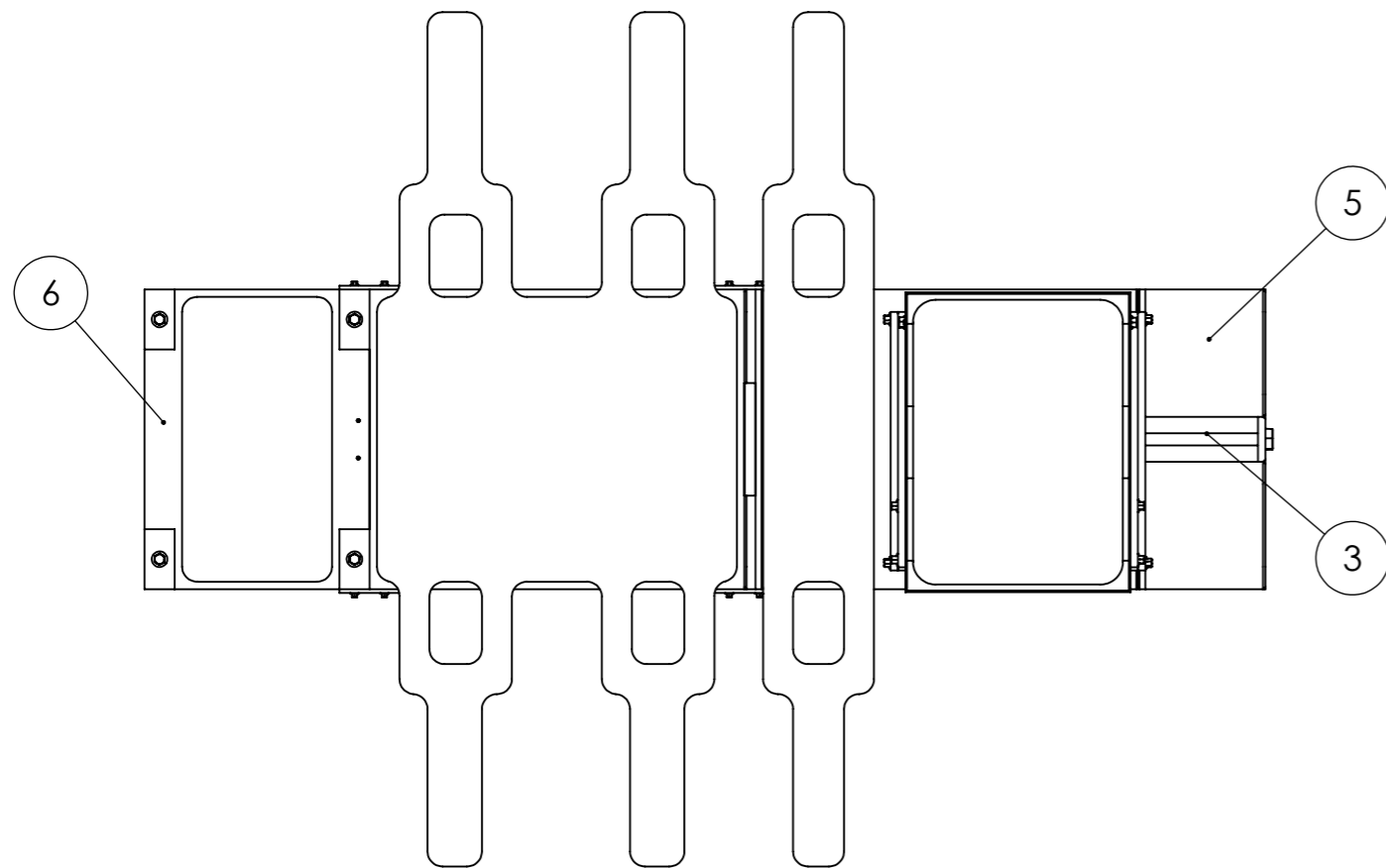
(Halaman sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS

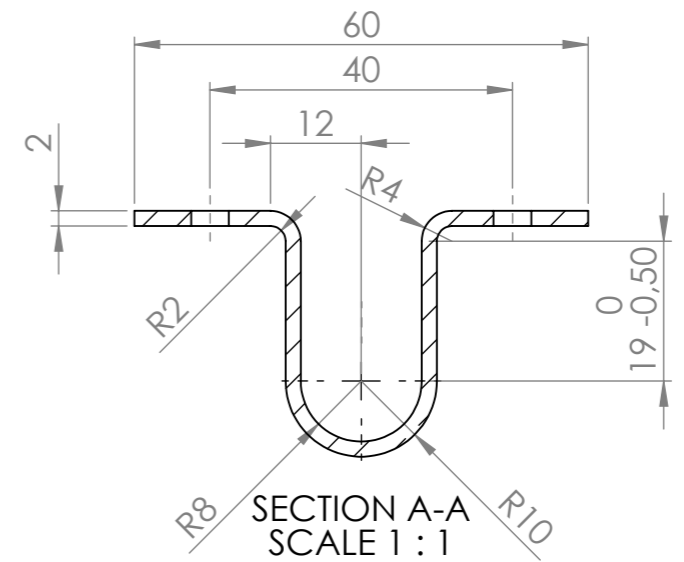


Ardhi Bintang Ridollah, lahir pada 09 Mei 1995 di kota Cirebon, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK. Pertiwi Kuningan, SD Negeri 1 Kuningan, SMP Negeri 1 Kuningan, SMA Negeri 1 Kuningan, dan akhirnya penulis masuk menjadi mahasiswa program sarjana Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya angkatan 2013, dan terdaftar dengan NRP. 02111340000119.

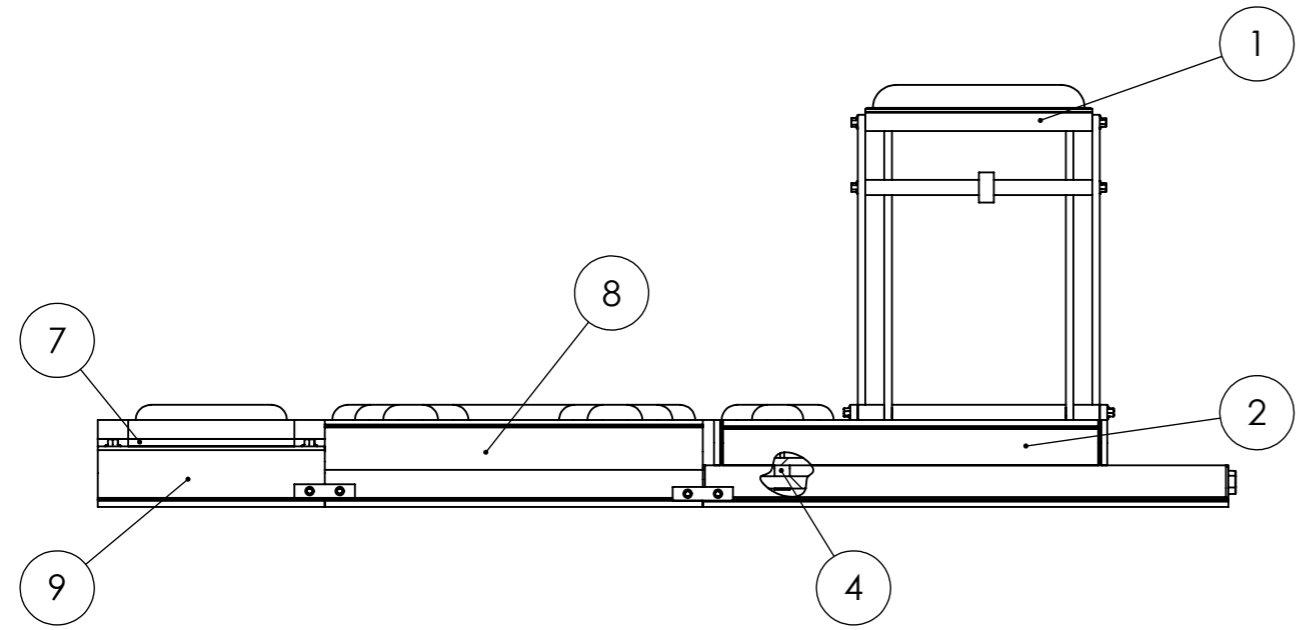
Selama menjalani masa perkuliahan, penulis juga aktif terlibat dalam kegiatan kemahasiswaan seperti Himpunan Mahasiswa Mesin. Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di CV. Karya Hidup Sentosa, Yogyakarta. Penulis pada akhir masa perkuliahan memilih mengerjakan tugas akhir pada Laboratorium Rekayasa Produksi.



SCALE 1 : 1

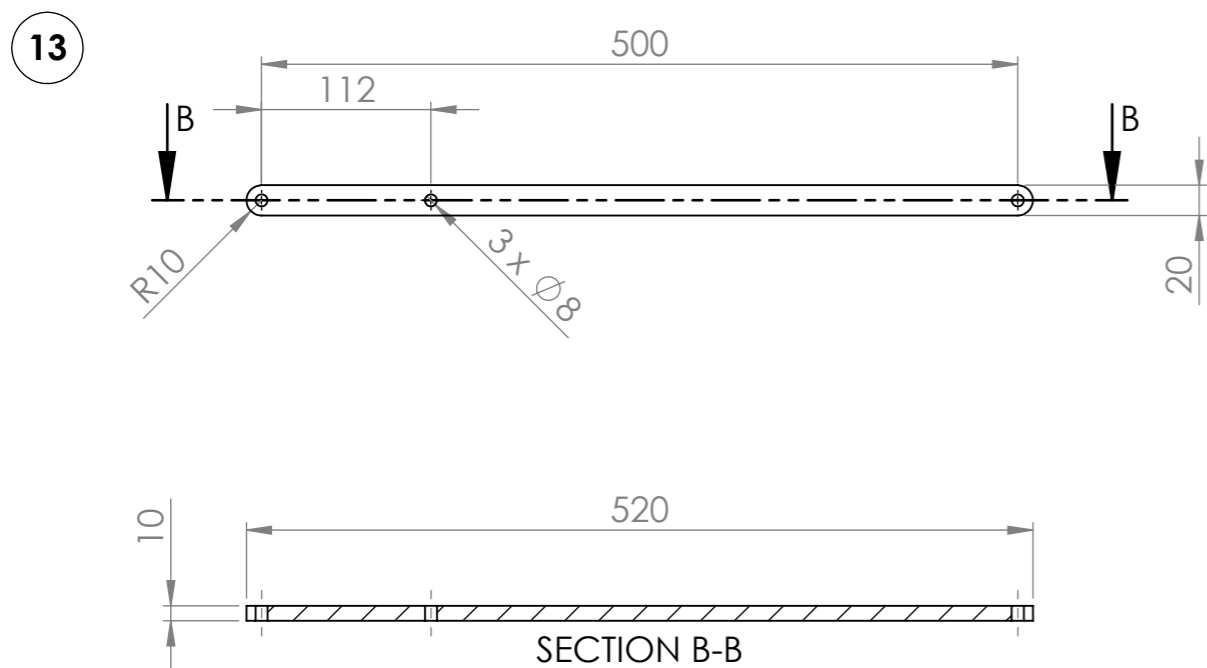
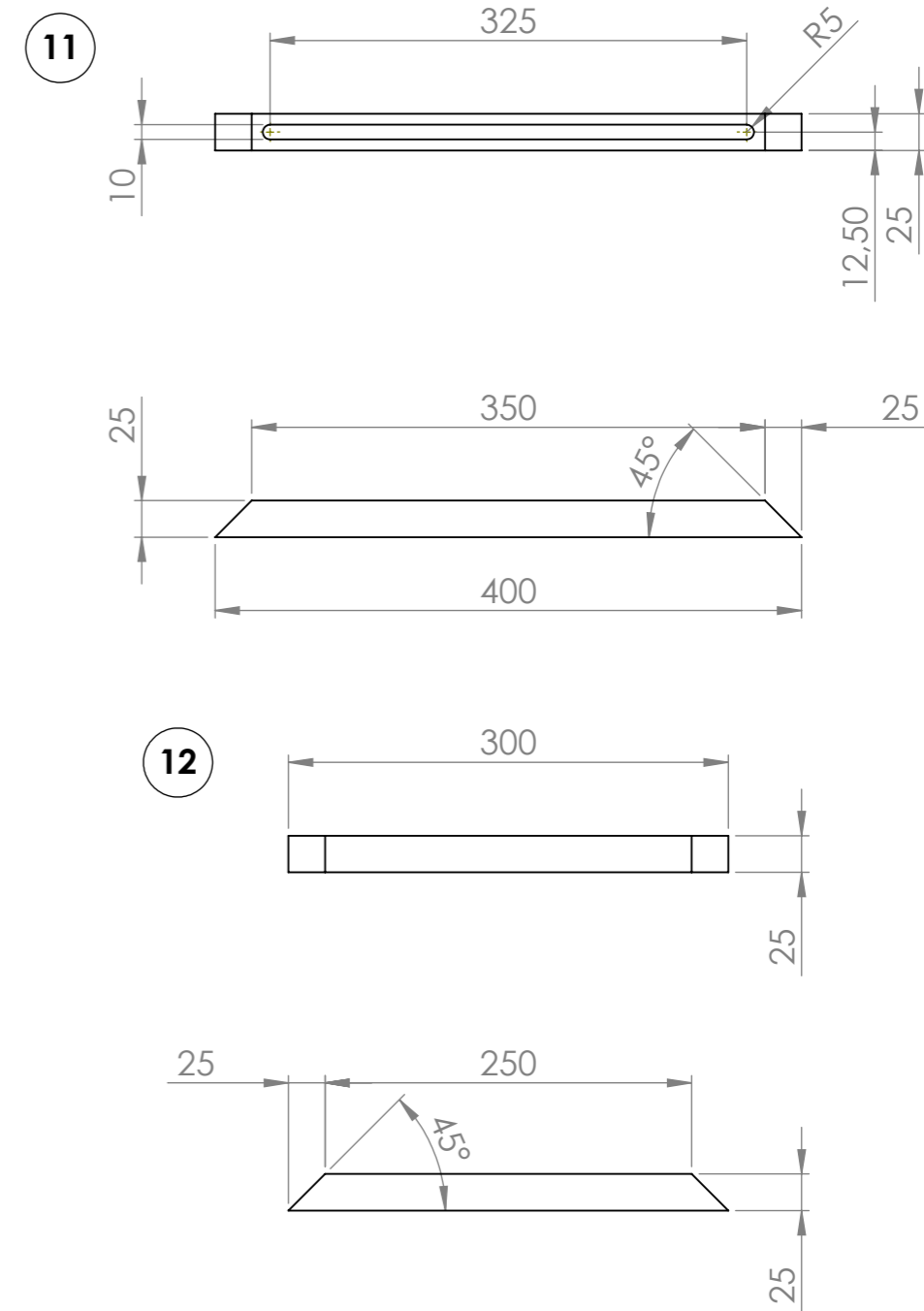
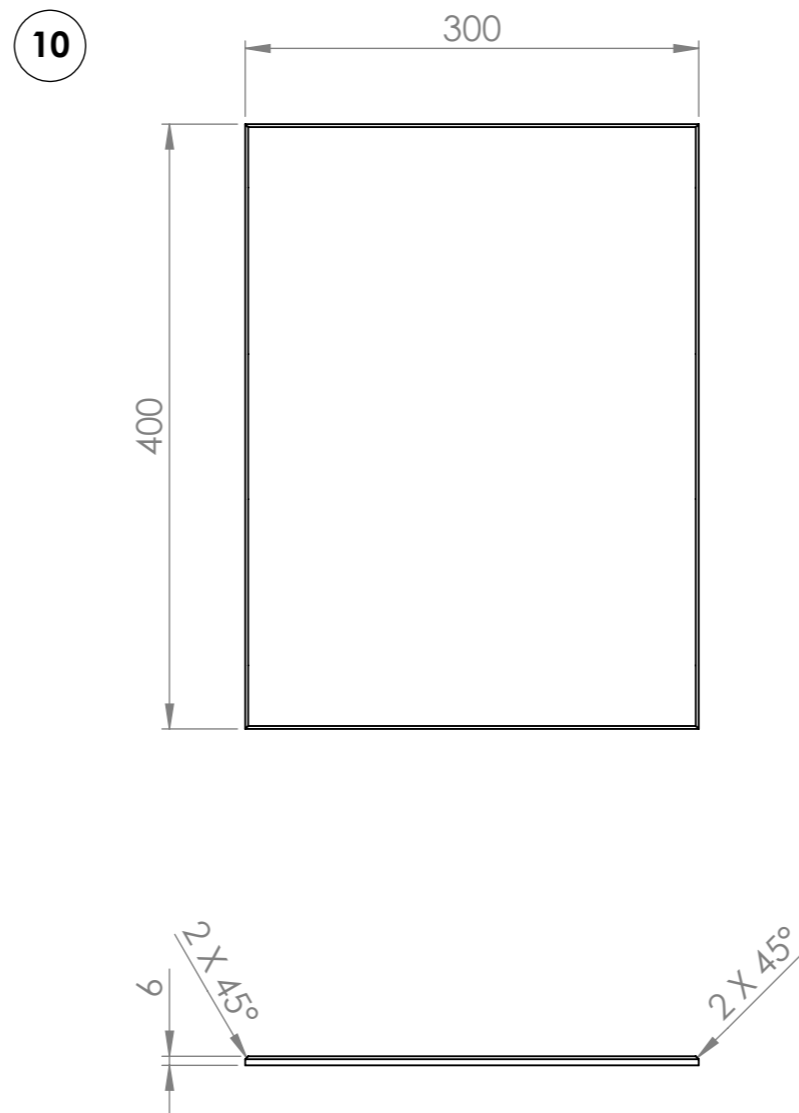
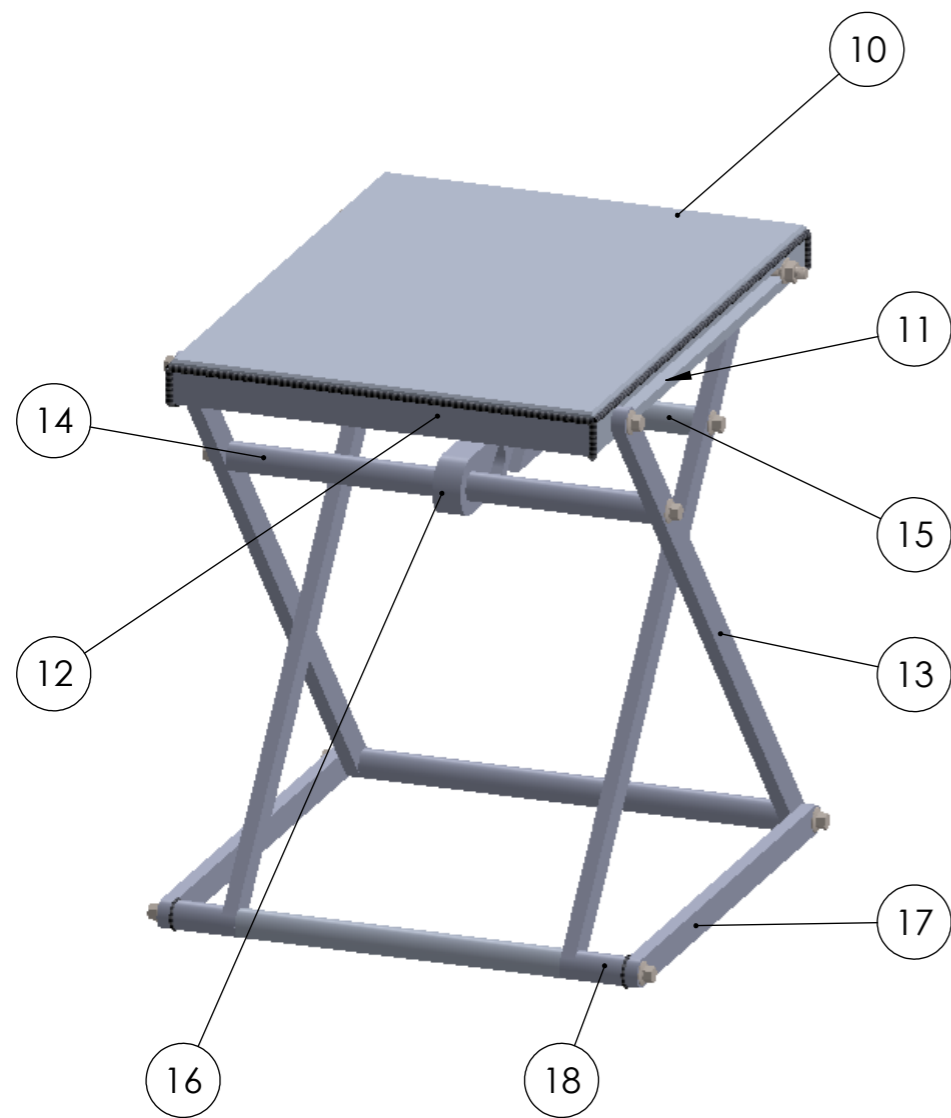


SECTION A-A
SCALE 1 : 1



1	1	RANGKA DUDUKAN KAKI	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
2	1	RANGKA PINGGANG	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
3	1	REL	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
4	4	GUIDER	AL 3003-O		PART
5	1	BASE RANGKA BAWAH	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
6	1	RANGKA KEPALA	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
7	1	BASE RANGKA KEPALA	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
8	1	RANGKA PUNGGUNG	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY
9	1	BASE RANGKA ATAS	AL 3003-O		SUB-ASSEMBLY

ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
		UKURAN : millimeter	NRP : 02111340000119		
		TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		

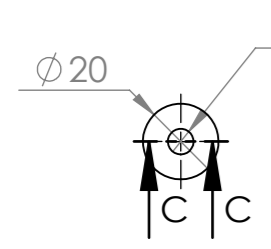


10	1	RDK - 1	AL 3003-O		PLAT
11	2	RDK - 2	AL 3003-O		Sq. BAR
12	2	RDK - 3	AL 3003-O		Sq. BAR
13	4	RDK - 4	AL 3003-O		KAKI
14	2	RDK - 5	AL 3003-O		SHAFT
15	2	RDK - 6	AL 3003-O		SHAFT
16	1	RDK - 7	AL 3003-O		KUNCI
17	2	RDK - 8	AL 3003-O		Sq. BAR
18	2	RDK - 9	AL 3003-O		SHAFT

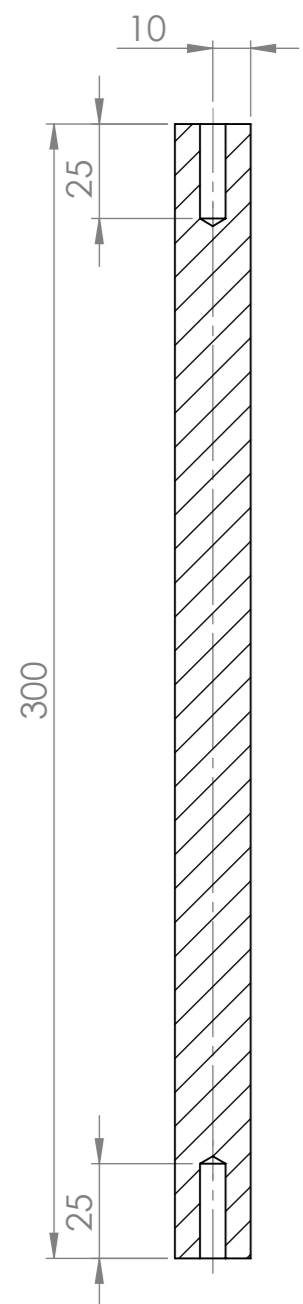
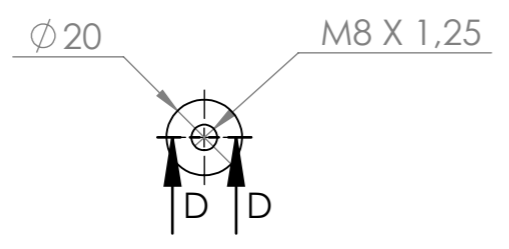
ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
		UKURAN : millimeter	NRP : 02111340000119		
		TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		

TEKNIK MESIN FTI-ITS	RANGKA DUDUKAN KAKI	NO.02	A3
----------------------	---------------------	-------	----

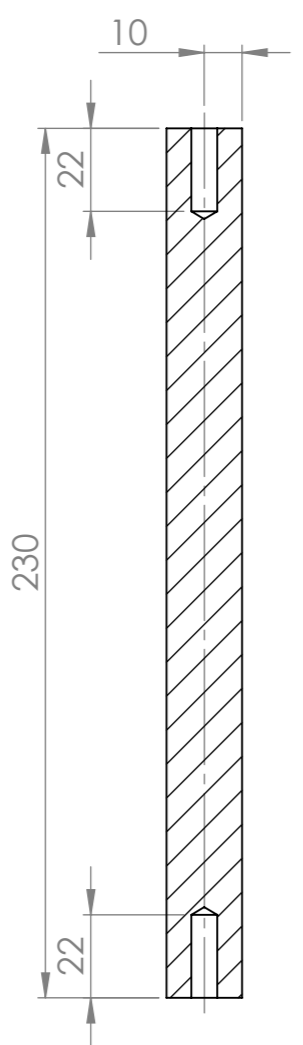
14



15

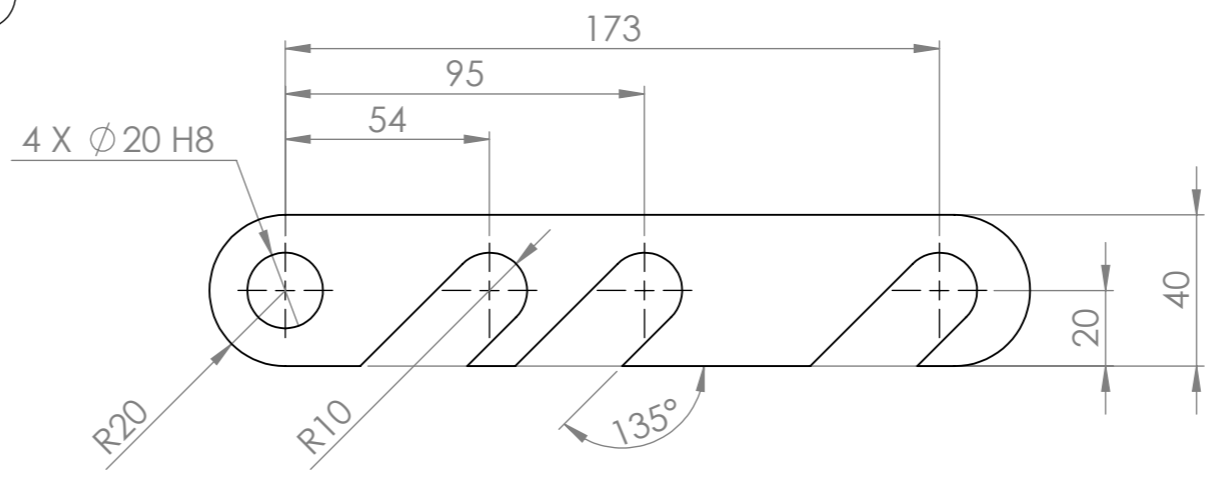


SECTION C-C

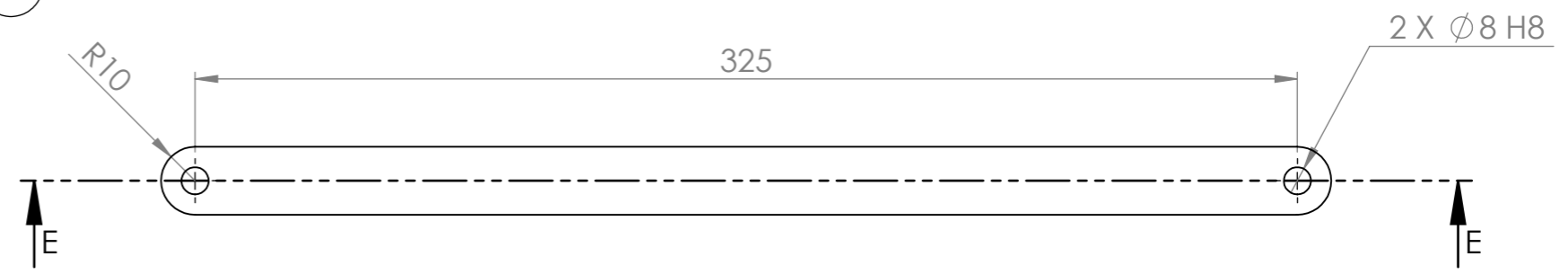


SECTION D-D

16

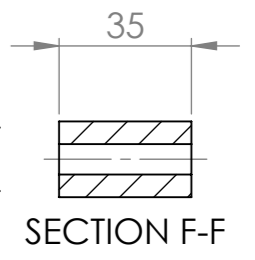
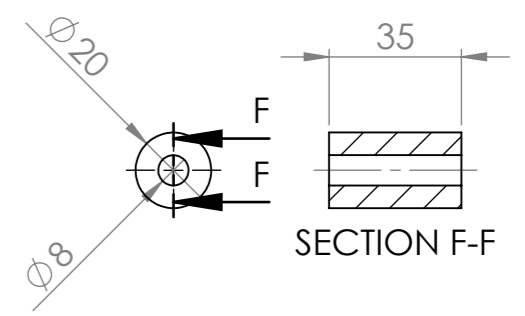


17

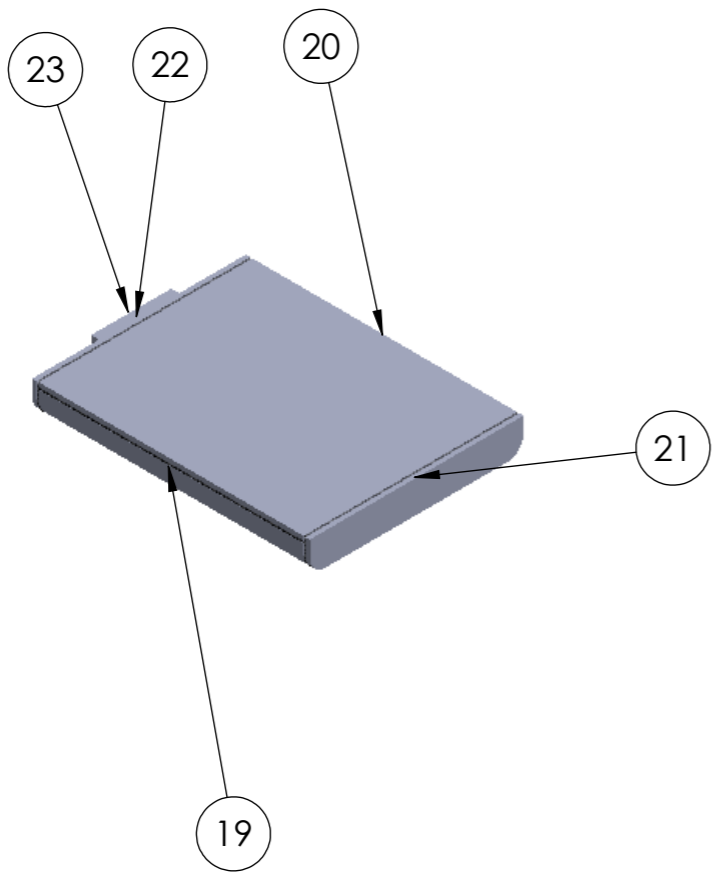


SECTION E-E

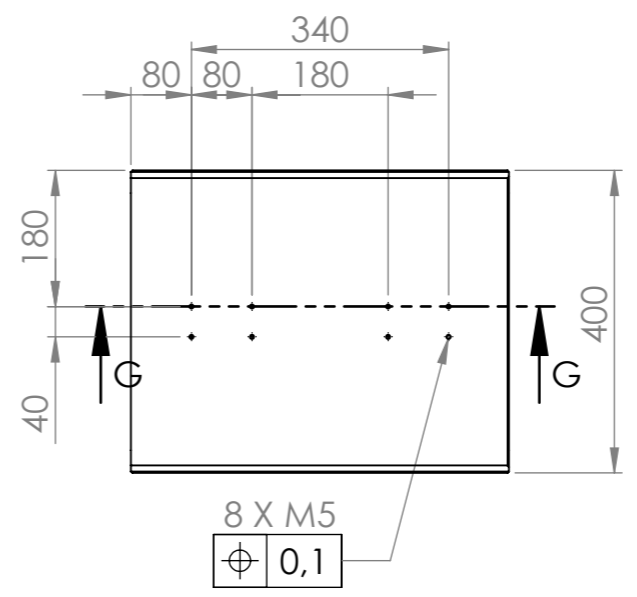
18



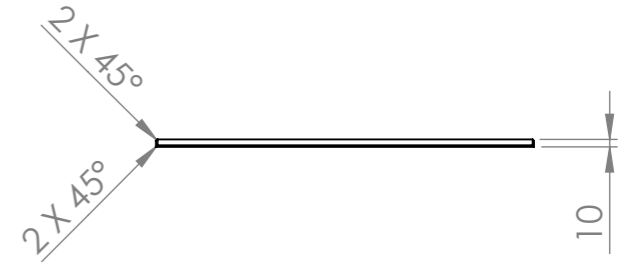
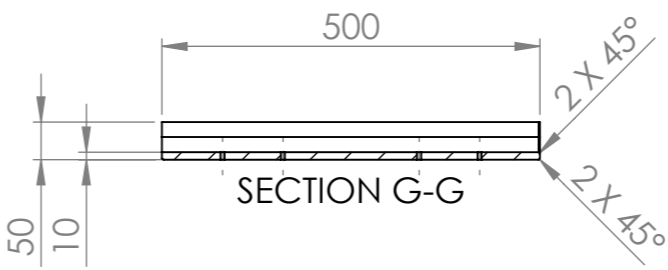
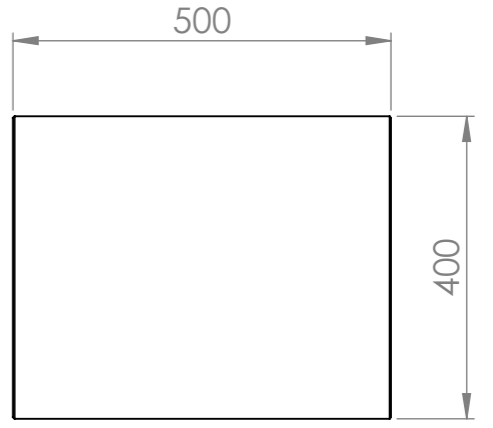
	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.	PERINGATAN :	
	UKURAN : millimeter	NRP : 0211134000119		
	TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS	RANGKA DUDUKAN KAKI		NO.03	A3



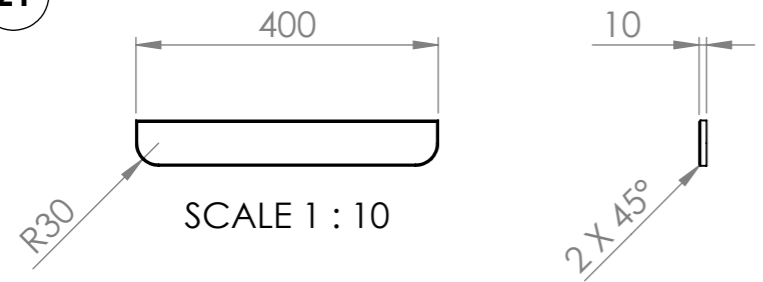
19



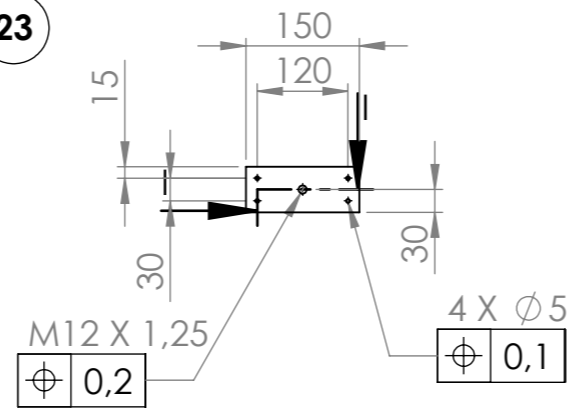
20



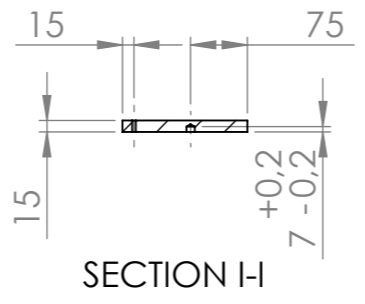
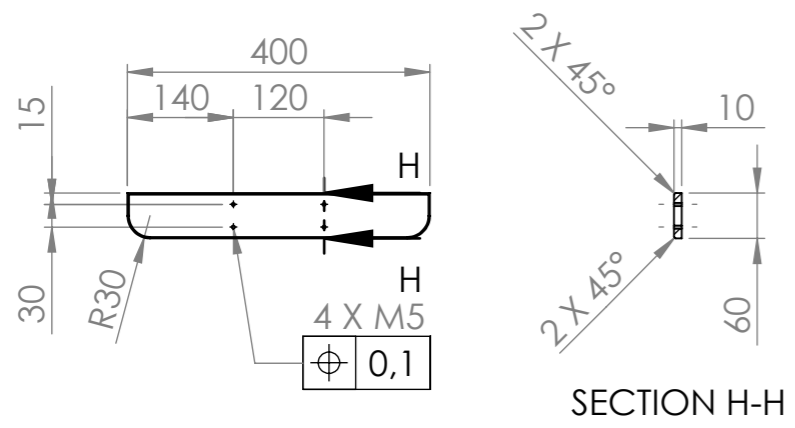
21



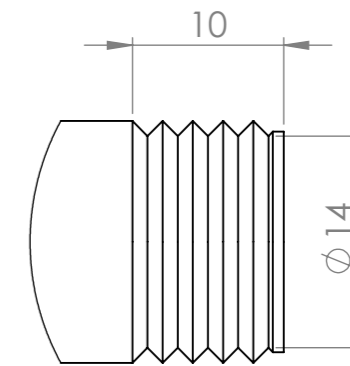
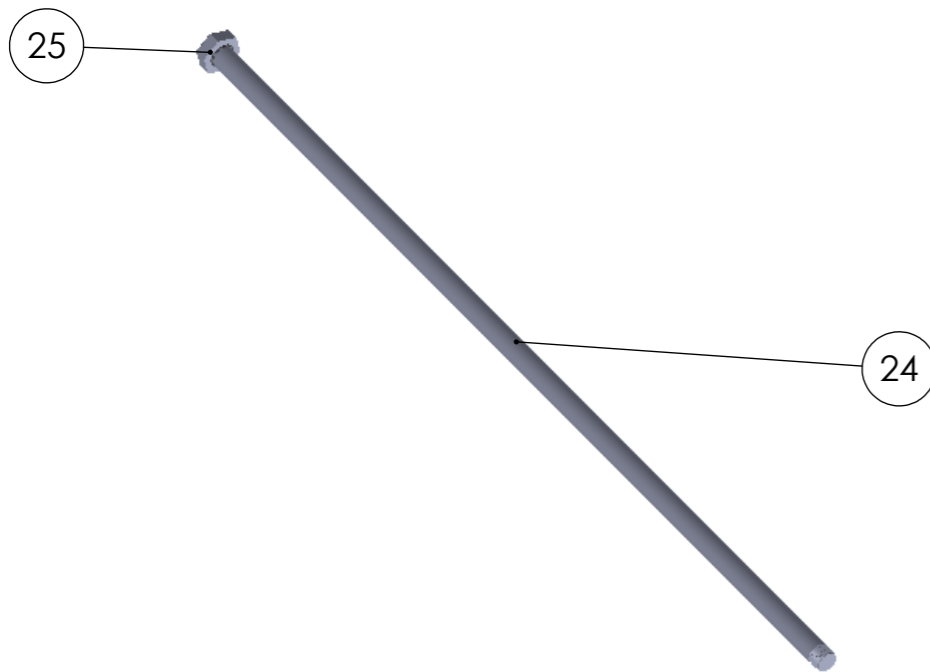
23



22

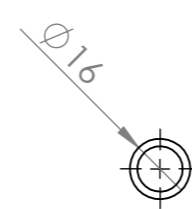


19	1	RPI - 1	AL 3003-O		PLAT
20	1	RPI - 2	AL 3003-O		PLAT
21	1	RPI - 3	AL 3003-O		PLAT DEPAN
22	1	RPI - 4	AL 3003-O		PLAT BELAKANG
23	1	RPI - 5	AL 3003-O		PUNCH
ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
		UKURAN : millimeter	NRP : 02111340000119		
		TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS			RANGKA PINGGANG		NO.04
					A3

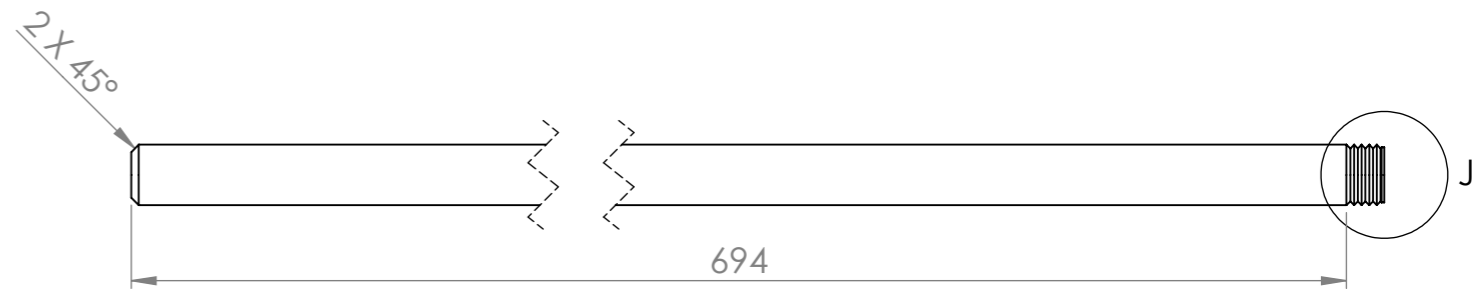


DETAIL J
SCALE 2 : 1

24

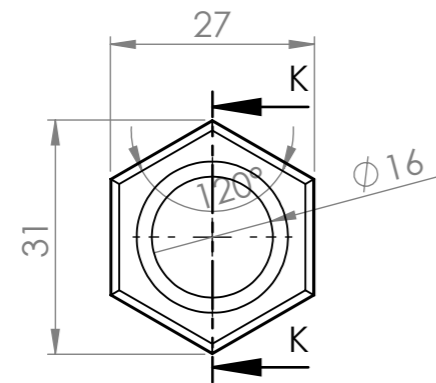


SCALE 1 : 2

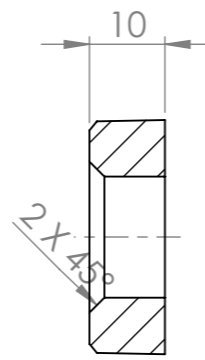


SCALE 1 : 2

25

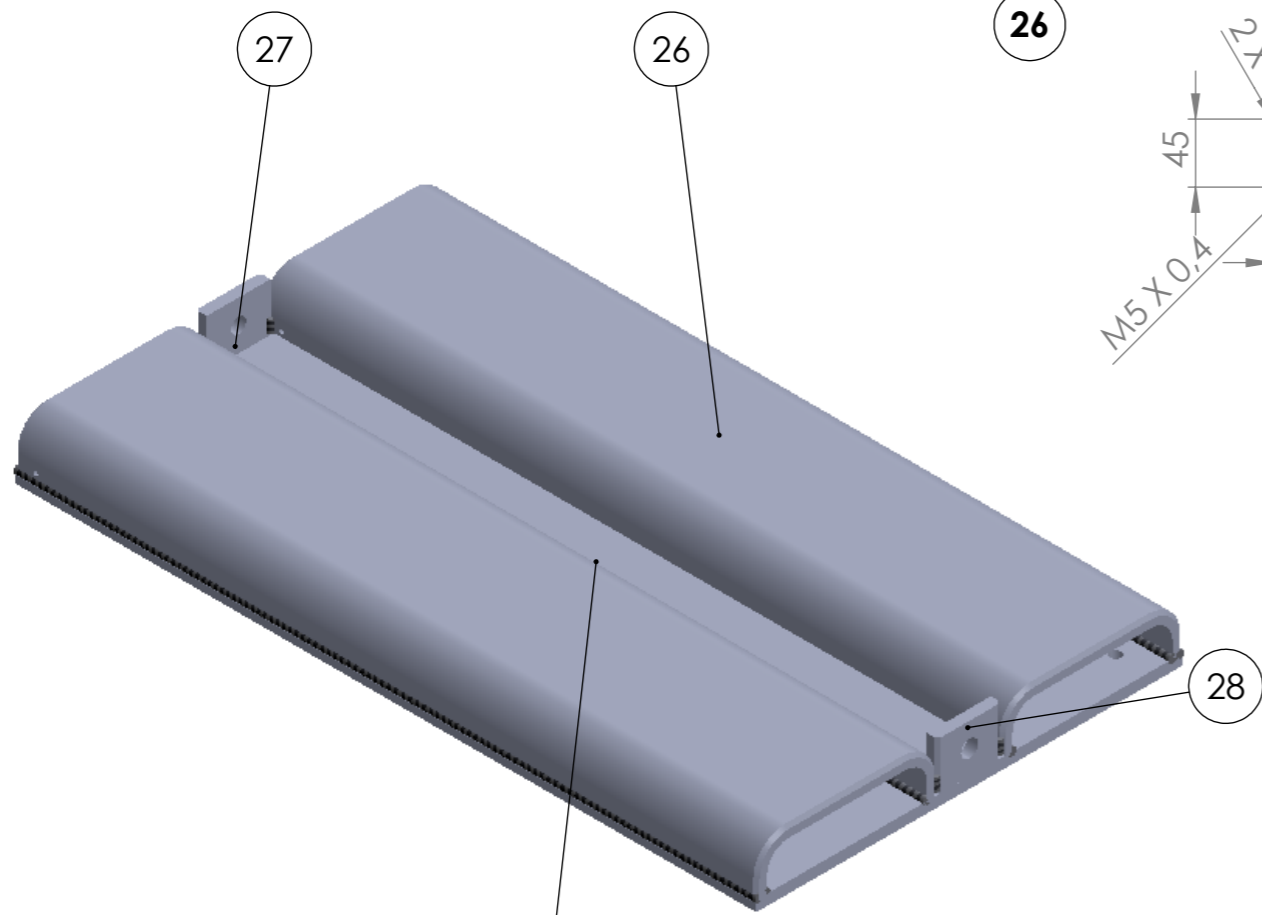


SCALE 1 : 1

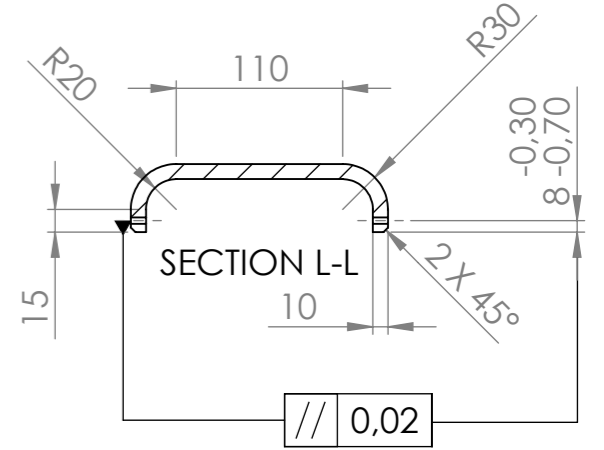
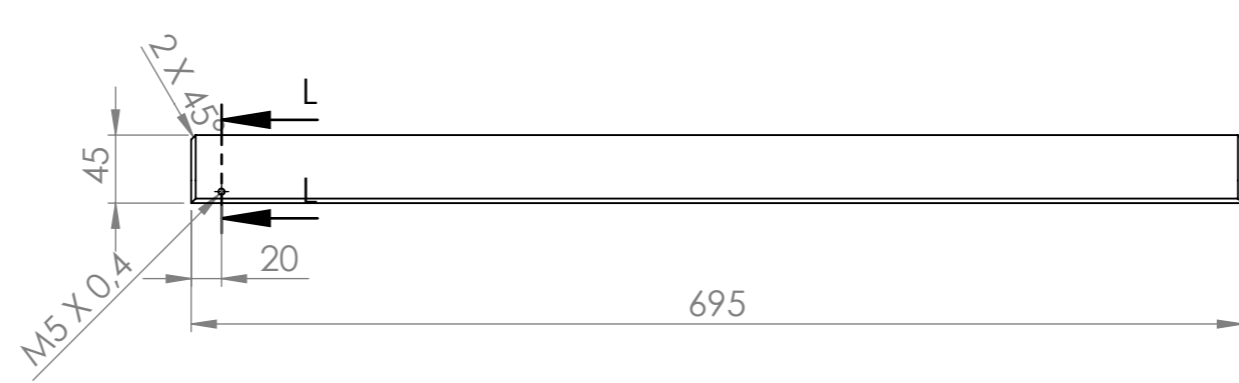


SECTION K-K
SCALE 1 : 1

24	1	PRS - 1	AL 3003-O		SHAFT
25	1	KBA - 1	AL 3003-O		KEPALA BAUT
ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
	SKALA :		DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
	UKURAN : millimeter		NRP : 0211134000119		
	TANGGAL :		DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS			REL		NO.05 A3

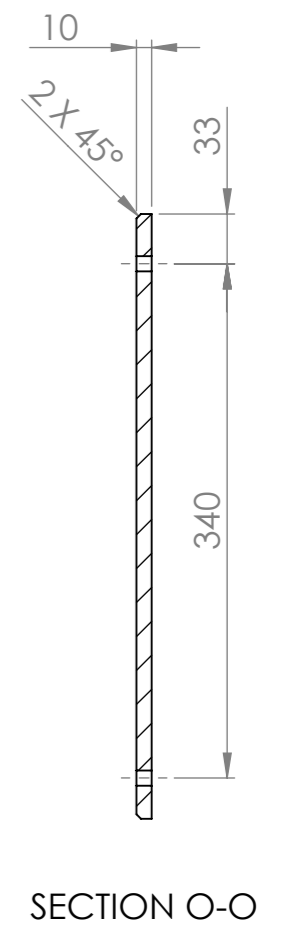
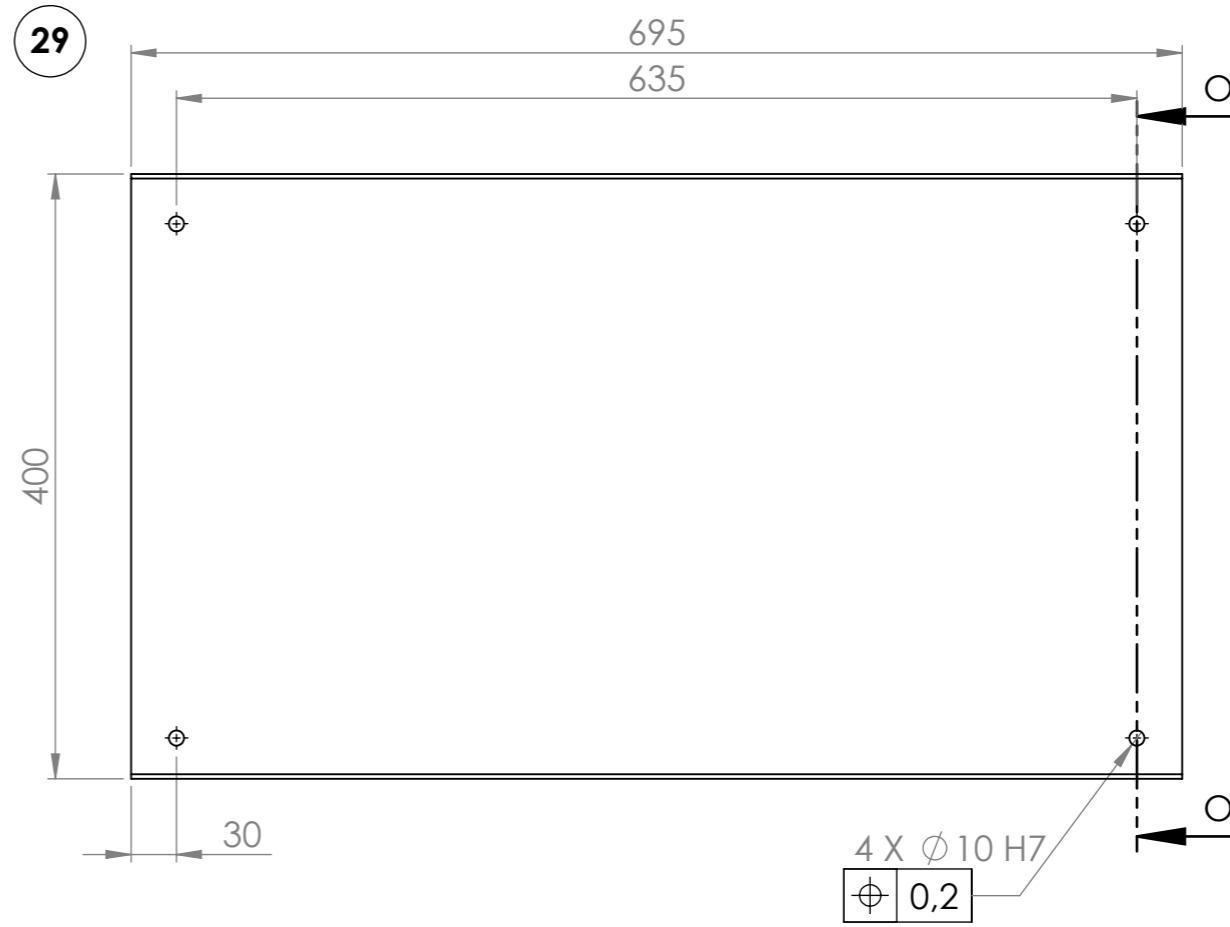


26

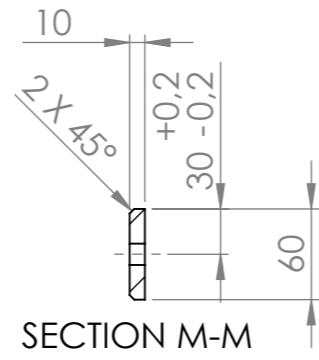
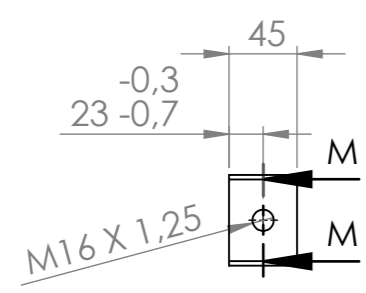


29

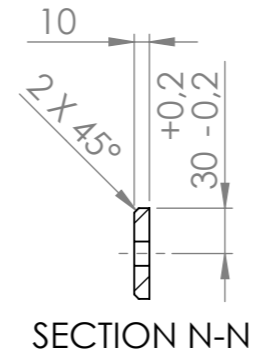
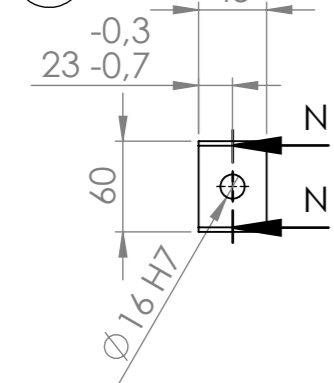
29



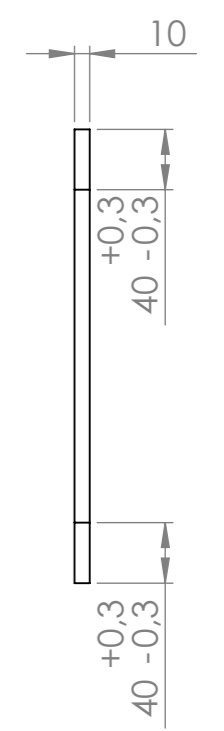
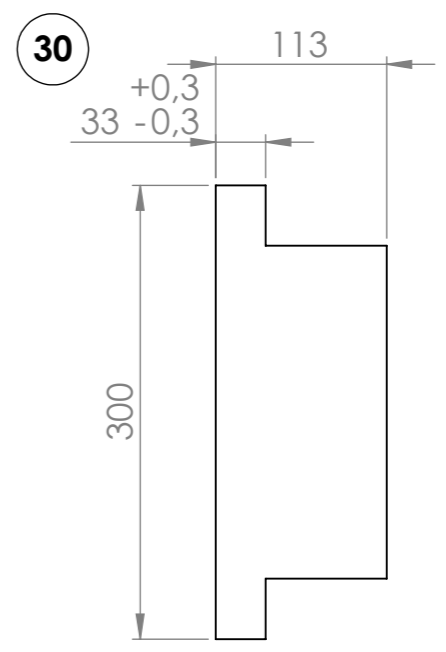
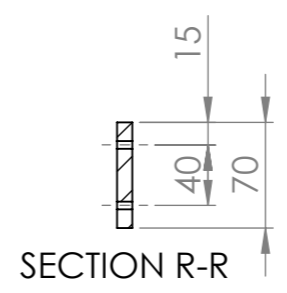
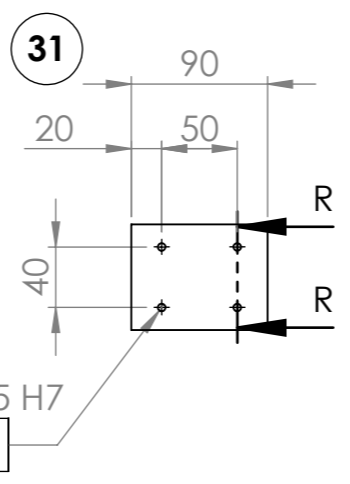
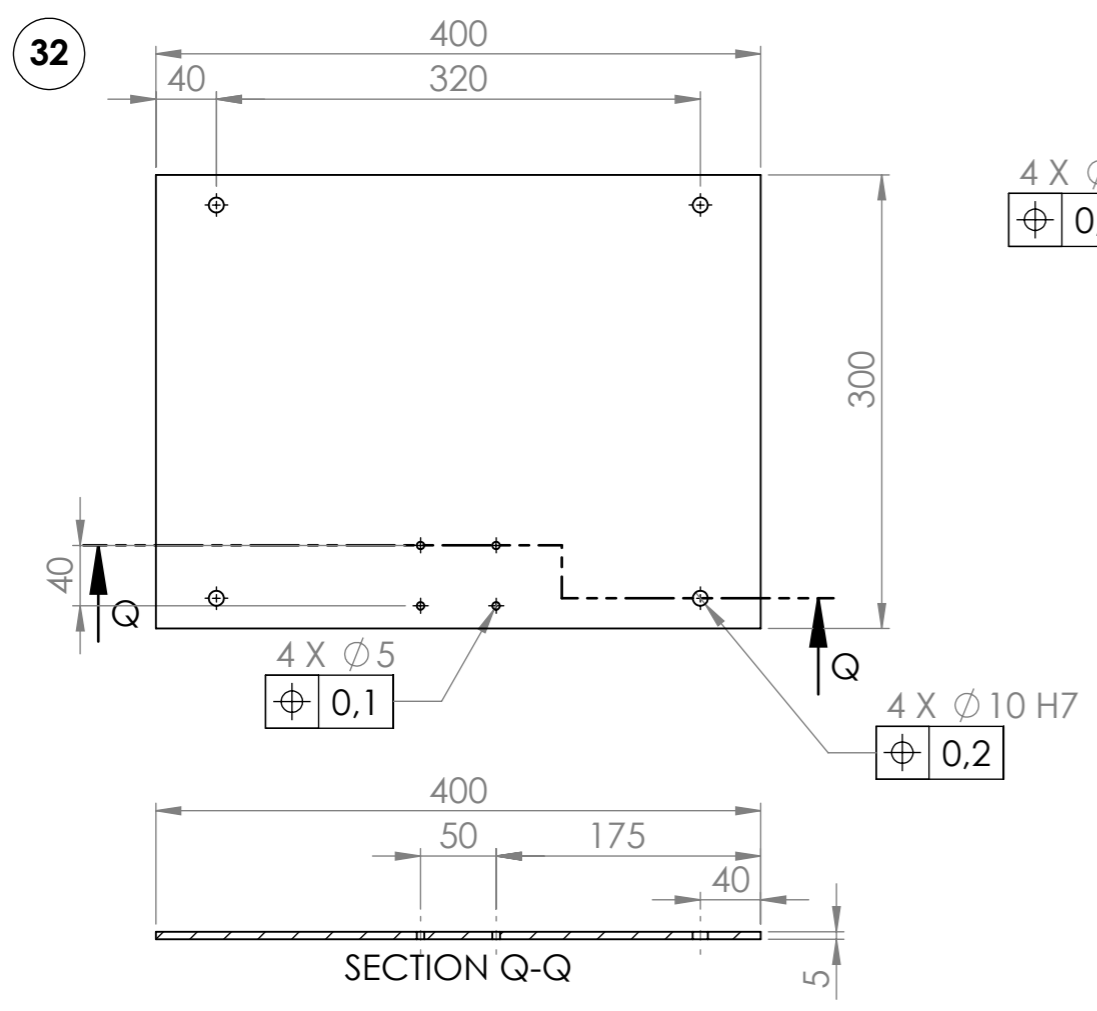
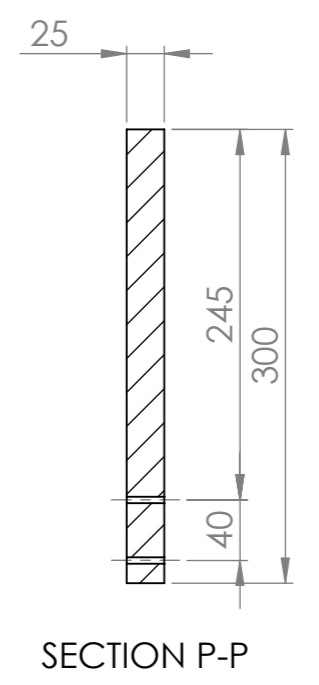
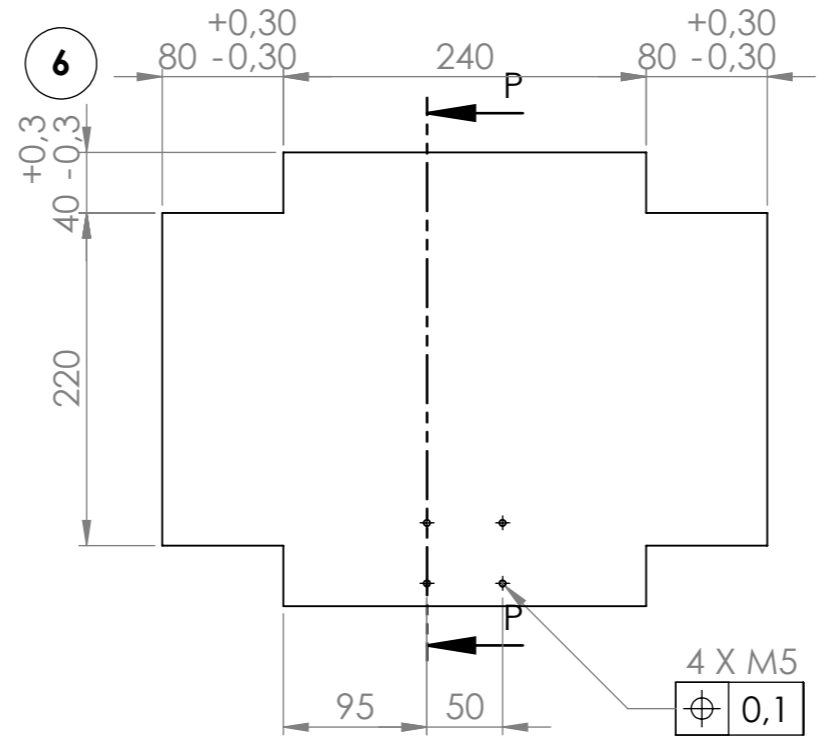
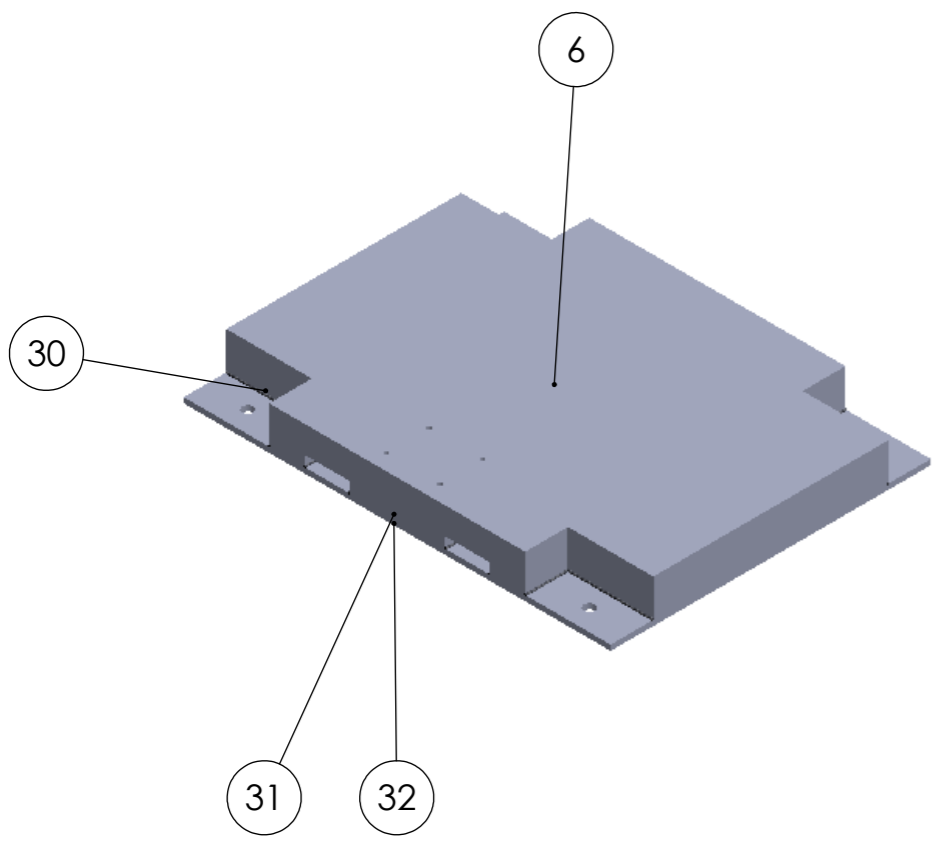
27



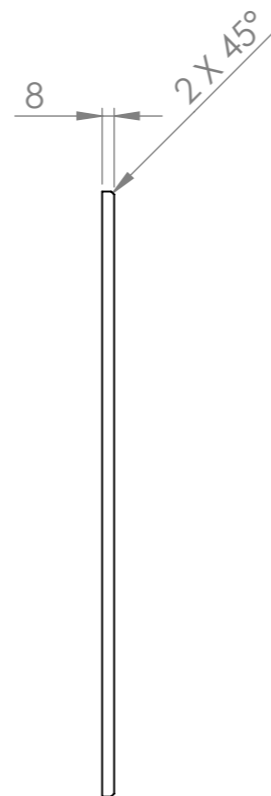
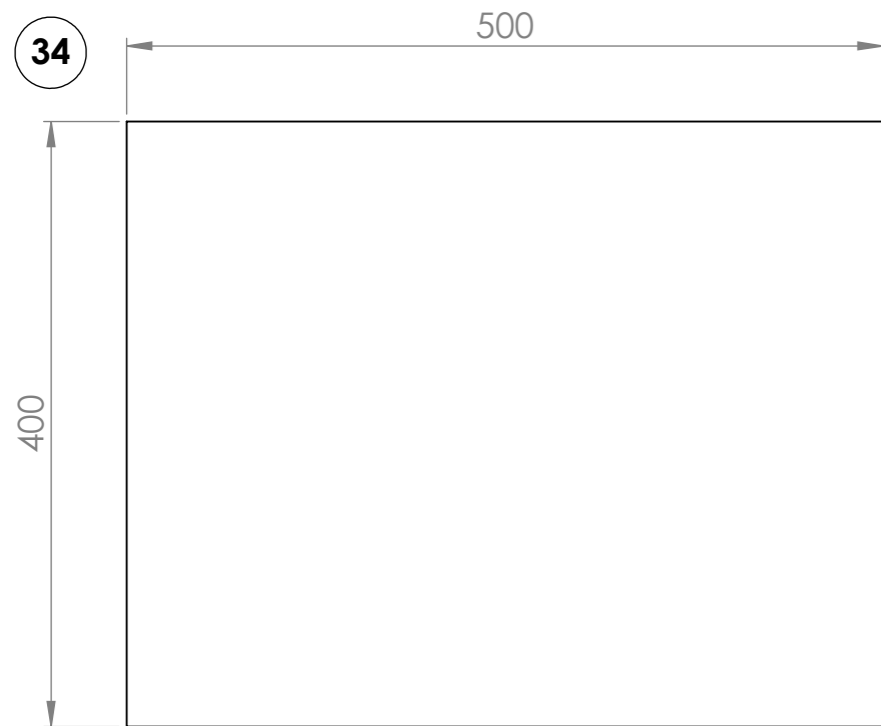
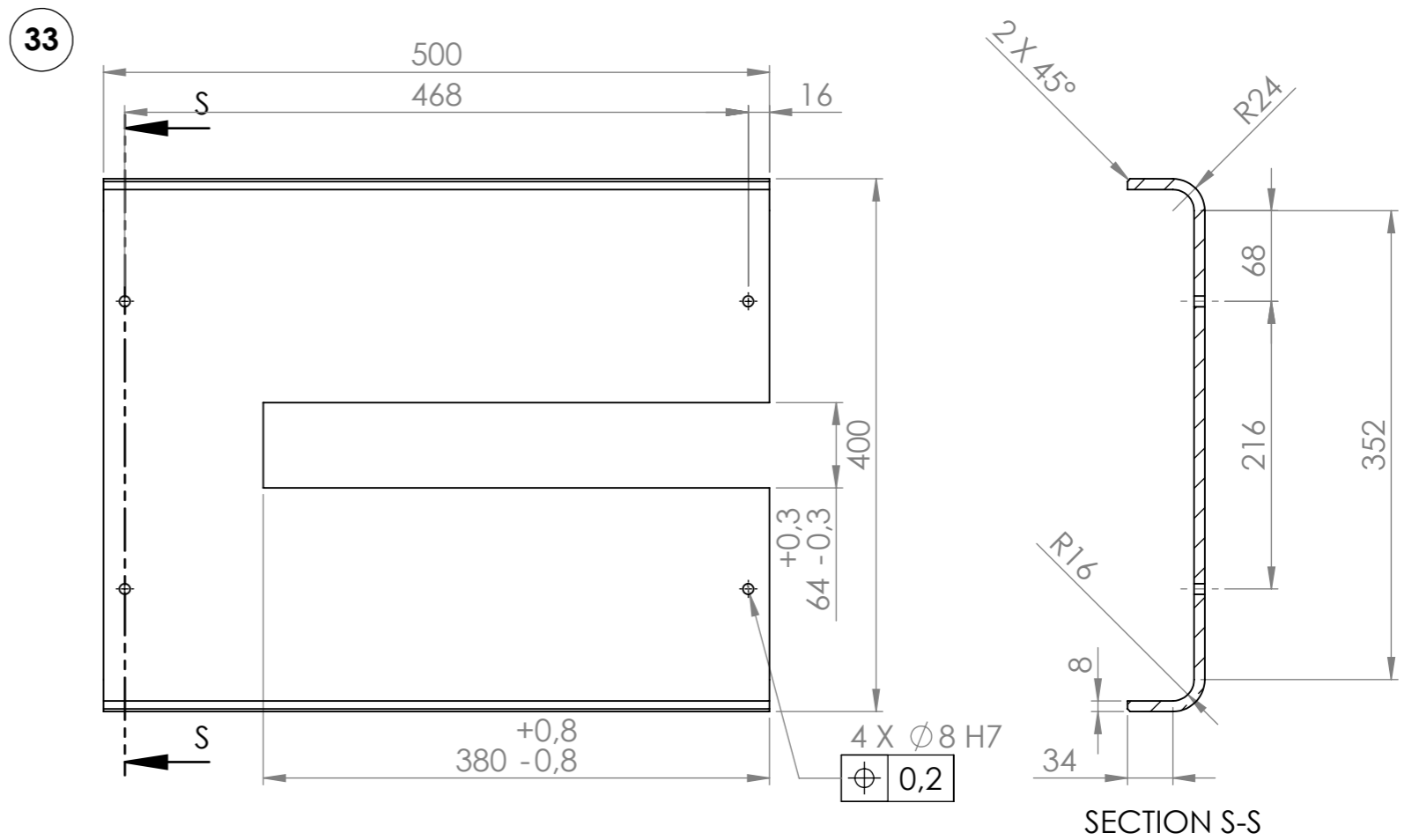
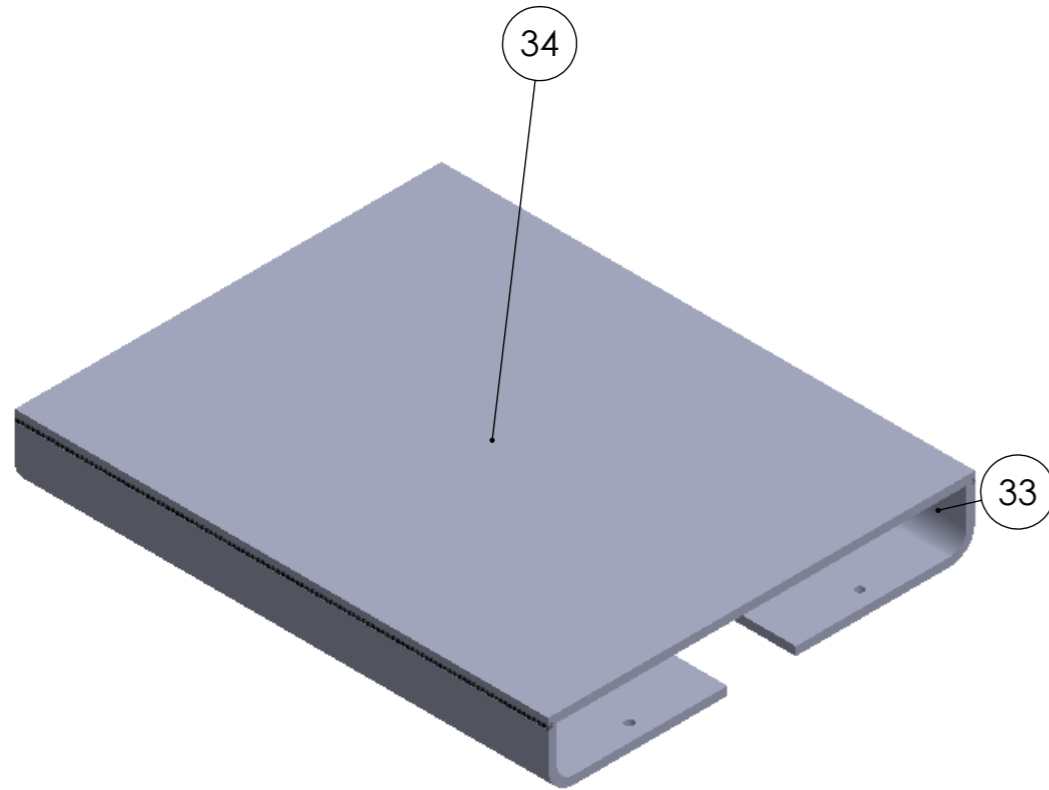
28



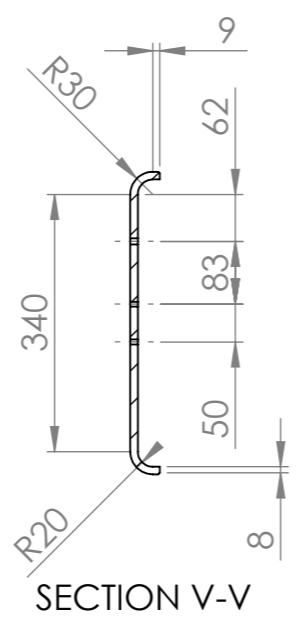
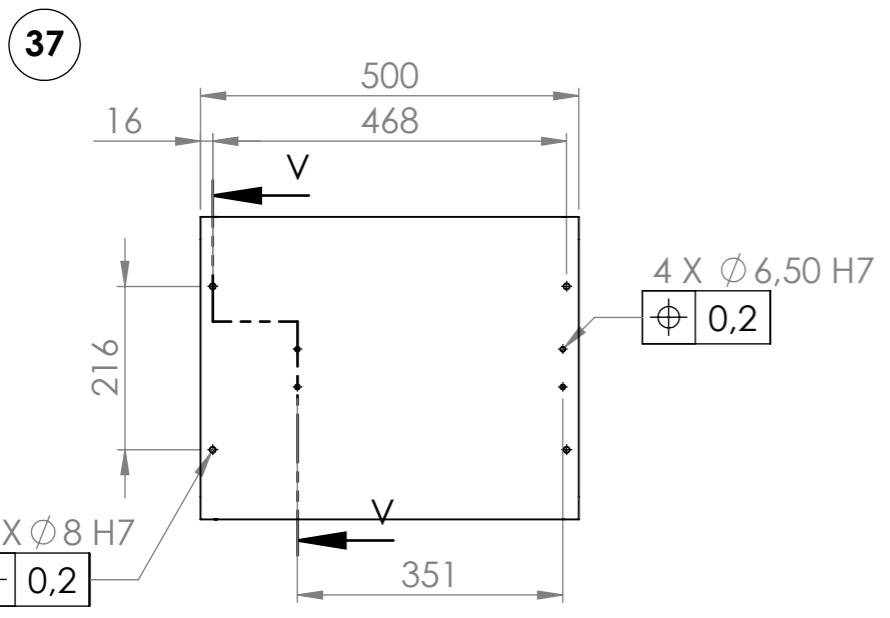
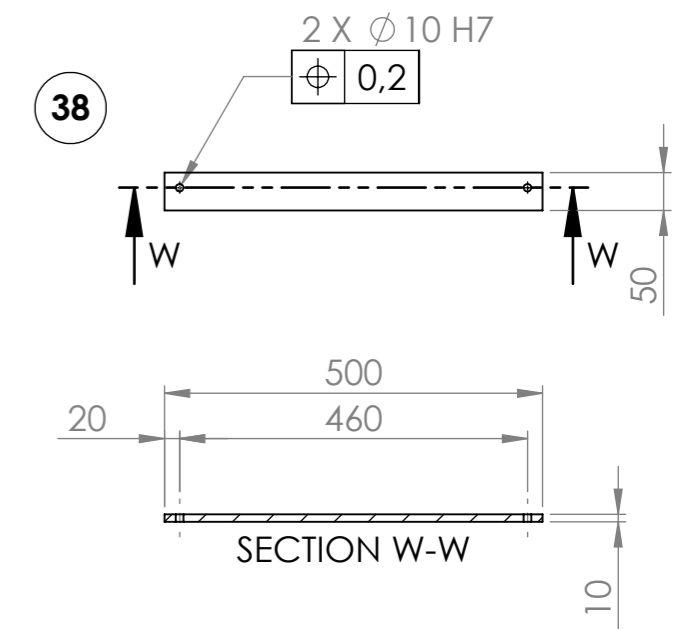
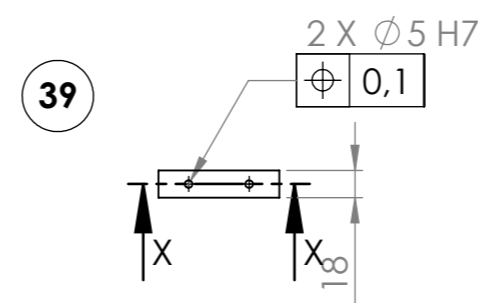
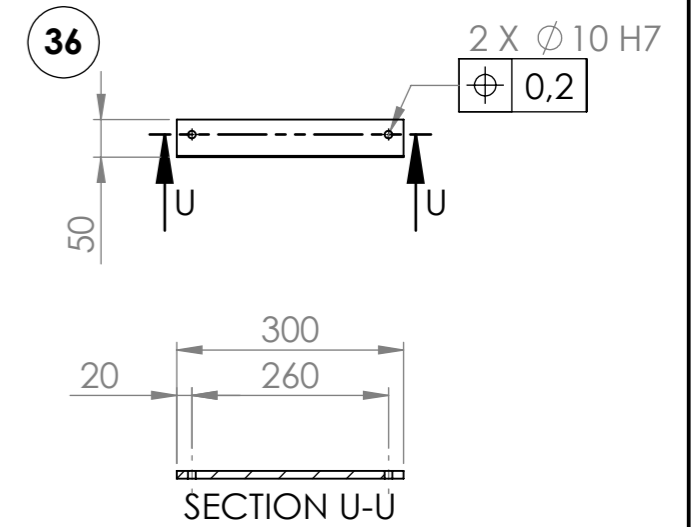
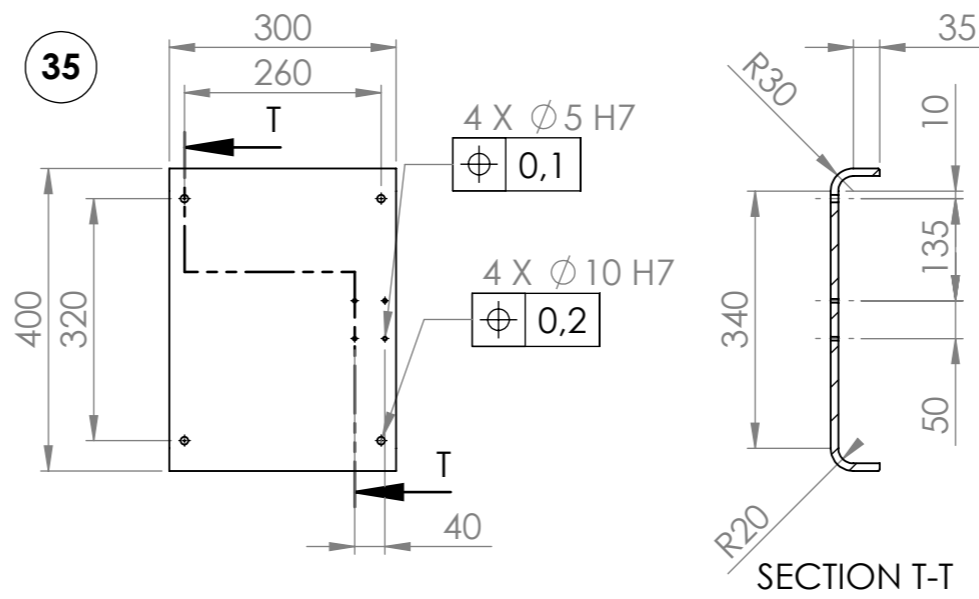
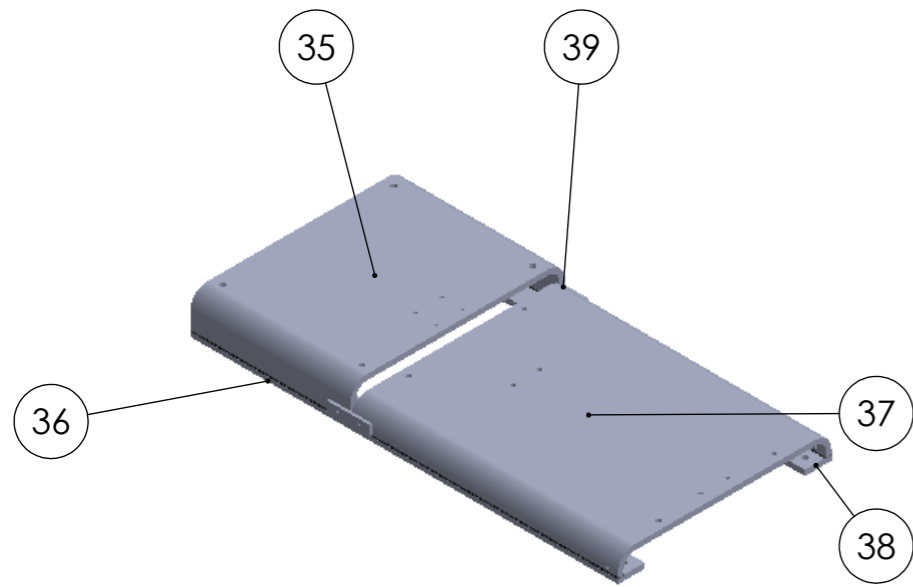
26	2	BRB - 1	AL 3003-O		PLAT
27	1	BRB - 2	AL 3003-O		PLAT
28	1	BRB - 3	AL 3003-O		PLAT
29	1	BRB - 4	AL 3003-O		PLAT
ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 5		DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
	UKURAN : millimeter		NRP : 0211134000119		
	TANGGAL :		DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS			BASE RANGKA BAWAH		NO.06 A3



6	1	RANGKA KEPALA	AL 3003-O		PLAT
30	2	BRK - 1	AL 3003-O		PLAT
31	1	BRK - 2	AL 3003-O		PLAT
32	1	BRK - 3	AL 3003-O		PLAT DEPAN
ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
		UKURAN : millimeter	NRP : 02111340000119		
		TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS			BASE RANGKA KEPALA		NO.07
					A3



30	1	RPU - 1	AL 3003-O		PLAT
31	1	RPU - 2	AL 3003-O		PLAT
ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
	SKALA : 1 : 5		DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
	UKURAN : millimeter		NRP : 02111340000119		
	TANGGAL :		DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN FTI-ITS			RANGKA PUNGGUNG		NO.08 A3



35	1	BRA - 1	AL 3003-O		PLAT
36	2	BRA - 2	AL 3003-O		PLAT
37	1	BRA - 3	AL 3003-O		PLAT
38	2	BRA - 4	AL 3003-O		PLAT
39	2	BRA - 5	AL 3003-O		PLAT

ITEM	QTY	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 10	DIGAMBAR : ARDHI BINTANG R.		PERINGATAN :
		UKURAN : millimeter	NRP : 02111340000119		
		TANGGAL :	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		