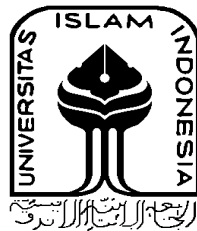


**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT UJI  
*FATIGUE* RANGKA SEPEDA PADA BAGIAN *SEAT TUBE***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Andika Putra Prasetyo**  
**No. Mahasiswa : 19525022**  
**NIRM : 1901120044**

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

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Andika Putra Prasetyo

NIM : 19525022

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Institusi : Universitas Islam Indonesia

Judul Laporan : Perancangan dan Pembuatan Prototipe Alat Uji *Fatigue* Rangka Sepeda Pada Bagian *Seat Tube*

Dengan ini saya menyatakan, semua yang saya tulis pada Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan atau ringkasan yang saya ambil sebagai referensi dan telah saya cantumkan sumber-sumbernya. Apabila di kemudian hari pengakuan saya terbukti tidak benar, maka saya bersedia mengikuti hukuman atau sanksi yang diberikan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 27 Desember 2023



Andika Putra Prasetyo  
19525022

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT UJI  
FATIGUE RANGKA SEPEDA PADA BAGIAN SEAT TUBE**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

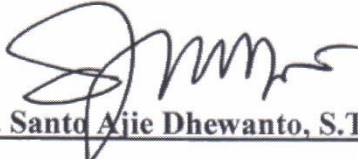
**Nama : Andika Putra Prasetyo**

**No. Mahasiswa : 19525022**


**NIRM : 1901120044**

Yogyakarta, \_\_\_\_\_ 20\_\_

Pembimbing I,

  
Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP

Pembimbing II,

  
Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

## PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT UJI FATIGUE RANGKA SEPEDA PADA BAGIAN SEAT TUBE

### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Andika Putra Prasetiyo

No. Mahasiswa : 19525022

NIRM : 1901120044

Tim Penguji

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP

Ketua

  
Tanggal : 22 Desember 2023

Muhammad Ridlwan, S.T, M.T., IPP

Anggota I

  
Tanggal : 22 Desember 2023

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.

Anggota II

  
Tanggal : 21 Desember 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



  
Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan segala kekurangannya. Terima kasih kepada Allah SWT yang memberikan nikmat ilmu, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Persembahan tugas akhir ini di persembahkan untuk:

1. Ayah dan Ibu serta kakak dan adik tercinta di Pekanbaru, yang selalu mendoakan, memberikan masukan serta memberikan semangat.
2. Dosen pembimbing karena telah memberikan masukan, nasihat, dan ilmu sehingga laporan tugas akhir ini dapat selesai dengan lancar.
3. Teman-teman seperjuangan saya di Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia, yang selalu memberikan bantuan, dukungan, serta nasihat yang baik hingga selesainya tugas akhir ini.
4. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menjalankan tugas akhir ini.
5. Buat seseorang dimasa depan yang akan menjadi bagian dari kehidupan penulis dan selalu menjadi alasan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sebagai motivasi dan penyemangat ketika penulis sedang tidak semangat.

## **HALAMAN MOTTO**

*“Selesaikanlah apa yang telah dimulai walaupun tidak sesuai dengan keinginan”*

*“Dan gapailah sesuatu hal yang mustahil niscaya jika dengan usaha yang maksimal maka hal yang mustahil itu bisa dicapai”*

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan menyebut nama Allah SWT, yang maha pengasih lagi maha penyayang. Puji syukur ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul: “PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT UJI *FATIGUE* RANGKA SEPEDA PADA BAGIAN *SEAT TUBE*” dapat disusun dengan baik sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi strata-1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, disampaikan mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang terlibat, memberi arahan, saran dan motivasi. Ucapan terima kasih di sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Ayah dan Ibu serta kakak dan adik tercinta di Pekanbaru, yang selalu mendoakan, memberikan masukan serta memberikan semangat.
3. Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M., IPP selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Irsyad Jannata dan Satria Bimantara teman satu tim Tugas Akhir yang sudah bekerja sama dengan baik.
7. Mas Adi, Mas Rizky, Mas Syafi'i, Mas Fariz, Bu Umi, Bapak Sukirna dan Mbak Dhanti selaku staf laboran dan staf administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu untuk semua urusan administrasi selama pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
8. Keluarga Besar Teknik Mesin khususnya angkatan 2019 yang sudah menjadi keluarga kedua.

9. Teman-teman perjuangan *Javanesse class* yang selalu menerima keluh kesah penulis dan selalu berbagi ilmu.
10. Seseorang yang bakal menjadi masa depan penulis yang selalu menjadi alasan semangat penulis untuk membuat Tugas Akhir ini dan menjadi motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan masa studi kuliahnya.
11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan penulis satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan ini sampai selesai.

Akhir kata, pada laporan ini masih banyak kekurangan dalam penulisan. Oleh karena itu mohon maaf jika terdapat kesalahan pada penulisan laporan Tugas Akhir ini, maka dari itu kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan akan di terima dengan senang hati. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 27 Desember 2023

Andika Putra Prasetyo



## ABSTRAK

Sepeda adalah salah satu alternatif transportasi yang ramah lingkungan. Pada zaman sekarang penyuka olahraga sepeda sangat banyak sehingga muncul pengrajin sepeda buatan sendiri. Dalam proses pembuatannya pengrajin sepeda hanya melakukan pengujian sederhana dan tidak mengikuti standar pengujian yang telah ditetapkan oleh beberapa Lembaga. Oleh karena itu dibutuhkan suatu rancangan alat uji yang dapat menguji rangka sepeda terutama pada bagian *seat tube* sepeda mengacu pada standar ISO 4210-6. Pada proses perancangan alat uji melewati beberapa tahap seperti studi literatur dan observasi, kriteria desain, perancangan desain, perancangan sistem kendali, perancangan alat dan hasil pengujian alat. Hasil rancangan alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* berjalan dengan lancar sebanyak 50.000 siklus pengujian selama lebih kurang 7 jam pengujian. Proses pengujian alat mengalami beberapa kendala seperti sling terputus, *magnetic switch sensor* yang turun sehingga alat uji berhenti dan *seatclamp* yang mengalami aus sehingga saat akan melakukan pengujian berikutnya *seatclamp* harus diganti dengan yang baru. Alat uji berhasil dirancang dan dibuat dengan acuan pada standar ISO 4210-6 dengan hasil pengujian alat uji bekerja sesuai dengan kriteria desain dan sistem kendali berjalan dengan lancar.

Kata kunci: sepeda, rangka, standar ISO 4210-6

## **ABSTRACT**

*Bicycles are one of the environmentally friendly transportation alternatives. Nowadays there are so many bicycle sports enthusiasts that homemade bicycle craftsmen appear. In the manufacturing process, bicycle craftsmen only carry out simple testing and do not follow the testing standards set by several institutions. Therefore, a test equipment design is needed that can test the bicycle frame, especially on the bicycle seat tube referring to the ISO 4210-6 standard. The test equipment design process goes through several stages such as literature study and observation, design, design criteria, drive system design, tool design and tool test results. The design of the bicycle frame test equipment on the seat tube ran smoothly as many as 50,000 test cycles for approximately 7 hours of testing. The tool testing process experienced several obstacles such as a disconnected sling, magnetic switch sensor that dropped so that the test equipment stopped and the seatclamp was worn out so that when going to do the next test the seatclamp had to be replaced with a new one. The test equipment was successfully designed and made with reference to the ISO 4210-6 standard with the test results of the test equipment working according to design criteria and the drive system ran smoothly.*

*Keywords : bicycle, frame, ISO 4210-6 standard*

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
Daftar Notasi .....	xvi
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Perancangan .....	2
1.5 Manfaat Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	6
2.2.1 Sepeda .....	6
2.2.2 Rangka Sepeda .....	6
2.2.3 Pengujian <i>Fatigue</i> .....	7
2.2.4 Elektro pneumatik .....	8
2.2.5 Katup solenoid .....	8
2.2.6 <i>Counter</i> .....	9
2.2.7 <i>Magnetic limit switch</i> .....	9
2.2.8 Besi UNP .....	10

2.2.9	Festo fluidsims .....	10
2.2.10	Standar pengujian ISO 4210-6 .....	11
Bab 3	Metode Penelitian .....	12
3.1	Alur Penelitian .....	12
3.2	Peralatan dan Bahan.....	13
3.3	Kriteria Desain .....	14
3.4	Observasi .....	14
3.5	Perancangan Desain .....	14
3.6	Pemilihan sistem kendali .....	15
3.7	Pemilihan Silinder Pneumatik .....	15
3.8	Pembuatan Alat uji.....	16
3.8.1	Proses pembuatan rangka alat uji .....	16
3.8.2	Proses pembuatan sistem kendali .....	16
3.9	Proses perakitan alat uji .....	16
3.10	Proses pengujian alat.....	17
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	18
4.1	Hasil Observasi .....	18
4.2	Hasil Perancangan.....	20
4.2.1	Hasil Perancangan desain .....	20
4.3	Hasil analisis simulasi gaya .....	27
4.3.1	Hasil analisis tegangan ( <i>stress</i> ).....	27
4.3.2	Hasil analisis regangan ( <i>strain</i> ).....	29
4.3.3	Hasil analisis perubahan bentuk ( <i>displacement</i> ) .....	30
4.4	Hasil pemilihan silinder pneumatik .....	31
4.5	Hasil perancangan sistem kendali.....	31
4.6	Proses pembuatan alat.....	34
4.7	Hasil Pengujian .....	39
4.8	Analisis dan Pembahasan.....	46
Bab 5	Penutup.....	49
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	49
Daftar Pustaka	.....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan bahan.....	13
Tabel 4. 1 Gaya dan siklus pengujian.....	18
Tabel 4. 2 Perbandingan ukuran-ukuran jenis sepeda ( <i>wheelbase</i> ).....	18
Tabel 4. 3 Perbandingan pneumatik dan elektropneumatik .....	19
Tabel 4. 4 Hasil pengujian alat .....	44
Tabel 4. 5 Kesimpulan pengujian .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangka sepeda secara umum .....	7
Gambar 2. 2 Kurva S-N .....	8
Gambar 2. 3 Katup solenoid .....	9
Gambar 2. 4 <i>Counter</i> .....	9
Gambar 2. 5 <i>Magnetic Limit Switch</i> .....	10
Gambar 2. 6 Besi UNP .....	10
Gambar 2. 7 <i>Fatigue test with vertical loads</i> .....	11
Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....	12
Gambar 4. 1 Sketsa 1 .....	20
Gambar 4. 2 Sketsa 2 .....	21
Gambar 4. 3 Referensi desain 1 .....	21
Gambar 4. 4 Referensi desain 2 .....	22
Gambar 4. 5 Referensi desain 3 .....	22
Gambar 4. 6 Referensi desain 4 .....	23
Gambar 4. 7 Alternatif desain 1 .....	23
Gambar 4. 8 Alternatif desain 2 .....	24
Gambar 4. 9 Alternatif mekanisme pengatur kemiringan .....	24
Gambar 4. 10 Alternatif mekanisme pengatur kemiringan .....	25
Gambar 4. 11 Pengembangan alternatif desain 1 .....	26
Gambar 4. 12 Pengembangan alternatif desain 2 .....	26
Gambar 4. 13 Hasil akhir desain yang dipilih .....	27
Gambar 4. 14 Hasil analisis tegangan .....	28
Gambar 4. 15 Tegangan maksimal .....	28
Gambar 4. 16 Hasil analisis regangan .....	29
Gambar 4. 17 Regangan maksimal.....	29
Gambar 4. 18 Hasil analisis <i>displacement</i> .....	30
Gambar 4. 19 Hasil analisis maksimal <i>displacement</i> .....	30
Gambar 4. 20 <i>Counter Ct4s-1p4</i> .....	32
Gambar 4. 21 Diagram rangkaian elektropneumatik.....	32
Gambar 4. 22 Rangkaian elektropneumatik .....	33

Gambar 4. 23 Pengaplikasian rangkaian elektropneumatik .....	33
Gambar 4. 24 Proses pemotongan besi UNP.....	34
Gambar 4. 25 Proses perakitan besi UNP .....	35
Gambar 4. 26 Proses pengelasan .....	35
Gambar 4. 27 Kerangka alat uji.....	36
Gambar 4. 28 Perakitan alat uji .....	36
Gambar 4. 29 Proses pengecatan.....	37
Gambar 4. 30 Proses perakitan alat .....	37
Gambar 4. 31 Proses perakitan alat .....	38
Gambar 4. 32 Panel kontrol tanpa pin konektor.....	38
Gambar 4. 33 Sistem kendali dengan pin konektor.....	39
Gambar 4. 34 Hasil perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda.....	39
Gambar 4. 35 Proses persiapan alat uji.....	40
Gambar 4. 36 Alat uji siap melakukan pengujian .....	40
Gambar 4. 37 <i>Magnetic switch sensor</i> yang terpasang .....	41
Gambar 4. 38 Sling terputus .....	42
Gambar 4. 39 Pergantian sling dengan diameter yang lebih besar.....	42
Gambar 4. 40 Sling terputus pada percobaan terakhir.....	43
Gambar 4. 41 <i>Seatclamp</i> .....	44
Gambar 4. 42 Proses pengecekan suhu silinder pneumatik.....	44
Gambar 4. 43 Proses pengoperasian alat uji.....	47

## DAFTAR NOTASI

F = Gaya (Newton)

P = Tekanan (Bar)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

D = Diameter (cm)



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sepeda adalah salah satu alternatif transportasi yang ramah lingkungan dan dapat menggantikan kendaraan motor untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan (Sugasta et al., 2016). Bersepeda adalah kegiatan olahraga, serta merupakan sebagai sarana transportasi. Banyak pesepeda yang melakukan kegiatan bersepeda diberbagai medan seperti bukit-bukit, medan yang terjal maupun hanya untuk bersantai (Romadhon & Rustiadi, 2016).

Di Indonesia, sepeda pertama kali dikenalkan pada masa penjajahan belanda. Orang Belanda membawa sepeda dari asalnya sebagai alat transportasi saat menjajah di Indonesia. Kemunculan sepeda-sepeda modern yang dimulai pada tahun 1980-an di Indonesia seperti sepeda gunung (*mountain bike*), sepeda perkotaan (*road bike*), sepeda anak dan sepeda lipat (*folding bike*) (Arsyad et al., 2021).

Pada zaman sekarang, sepeda tidak hanya digunakan sebagai moda transportasi juga sebagai media untuk berolahraga dan menyalurkan hobi. Dimasa sekarang dimana polusi udara meningkat diakibatkan oleh penggunaan kendaraan konvensional. Dengan menggunakan sepeda sebagai alternatif transportasi dengan harapan dapat mengurangi polusi udara tersebut. Sepeda banyak diminati oleh masyarakat disebabkan beberapa faktor salah satunya adalah untuk meningkatkan imun tubuh (Lutfi & Baehaqi, 2022). Sehingga dengan banyaknya minat masyarakat yang menggunakan sepeda, banyak masyarakat yang membuat sepeda dengan rakitannya sendiri. Akan tetapi proses pembuatannya hanya sekedar pembuatan tanpa dilakukan pengujian terlebih dahulu terutama pada bagian rangka sepeda karena bagian ini sangat penting untuk sebuah pembuatan sepeda.

Untuk mendukung minat masyarakat pada sepeda dengan membuat sepeda rakitan sendiri maka dibutuhkan suatu alat uji yang berstandar dan membuktikan bahwa sepeda rakitan masyarakat layak digunakan. Untuk

mendukung hal tersebut dibutuhkan analisis terhadap bagian utama dari sepeda yaitu rangka sepeda dengan menggunakan *Fatigue Analysis* untuk mencari tahu *Fatigue life* dan *Fatigue Safety Factor* dari *frame* sepeda akibat pembebanan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka diperoleh rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana rancangan alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube* dengan acuan pada standar ISO 4210-6?
2. Bagaimana rancangan sistem kendali untuk alat uji *fatigue* rangka sepeda agar bisa menguji sampel rangka sepeda dengan acuan pada standar ISO 4210-6?

## 1.3 Batasan Masalah

Setelah rumusan masalah ditentukan ada beberapa hal yang dijadikan batasan agar pembahasan tidak menjauh dari inti dan tujuan perancangan. Batasan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

1. Perancangan alat uji hanya pada bagian *seat tube* rangka sepeda.
2. Rangka sepeda yang diuji adalah jenis sepeda gunung.
3. Standar ISO 4210-6 sebagai acuan dalam perancangan dan pembuatan alat uji.
4. Menggunakan elektro pneumatik sebagai mekanisme dalam pengujian.
5. Perancangan hanya sampai apakah alat uji yang dirancang dapat menguji bagian *seat tube* rangka sepeda pada satu siklus.

## 1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube* mengacu pada standar ISO 4210-6.
2. Mengetahui hasil alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube* mengacu pada standar ISO 4210-6.

## **1.5 Manfaat Perancangan**

Manfaat dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Memfasilitasi para pembuat rangka sepeda buatan sendiri ataupun penelitian yang mengangkat topik tentang pengujian *fatigue* sepeda untuk melakukan uji *fatigue*.
2. Memberikan alternatif kepada pembuat rangka sepeda buatan sendiri yang ingin mengetahui kekuatan dan daya tahan material rangka sepeda.
3. Menerapkan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan untuk menyelesaikan permasalahan dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji *fatigue* rangka sepeda.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Bagian ini berisikan mengenai urutan dan sistematika penulisan laporan tugas akhir yang dilengkapi dengan ringkasan isi dari masing-masing bab dalam penelitian ini.

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada bagian ini menjelaskan terkait latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bagian ini berisikan teori dan kajian pustaka yang mendukung pengerjaan tugas akhir.

### **BAB III: METODE PENELITIAN**

Pada bagian ini berisikan alur perancangan, kriteria desain serta alat dan bahan yang digunakan dalam proses perancangan.

### **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini berisikan tentang analisis data hasil perancangan yang telah dilakukan untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

### **BAB V : PENUTUP**

Pada bagian ini berisikan kesimpulan dari perancangan alat pengujian *frame* sepeda pada bagian *fork* menggunakan pengujian *fatigue*.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Konsep tekanan sangat penting dalam mempelajari sifat fluida. Besar tekanan didefinisikan sebagai gaya tiap satuan luas. Persamaan tekanan ditulis sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A}$$

Satuan tekanan dalam SI adalah  $\text{N/m}^2$  atau disebut juga *pascal*, disingkat *Pa*.

Berdasarkan perumusan di atas diperoleh bahwa tekanan berbanding terbalik dengan luas bidang tekan. Persamaan tersebut akan digunakan untuk mencari diameter silinder pneumatik yang digunakan sebagai aktuator dari alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* (Islahudin et al., 2019).

Metode elemen hingga atau *Finite Element Analysis (FEA)* digunakan untuk memprediksi persoalan statik dan dinamik. Di bidang struktur, metode ini memudahkan para insinyur untuk memprediksi tegangan, regangan, deformasi dan kegagalan pada produk yang akan diuji sehingga dapat mengurangi biaya pengujian produk secara eksperimen dan mengoptimalkan produk sebelum diproduksi dan diimplementasikan. Metode *FEA* merupakan salah satu metode numerik untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dibidang *engineering* dengan membagi-bagi benda menjadi bentuk elemen-elemen yang berhingga dan saling berhubungan. Secara umum metode ini memiliki tiga tahapan yaitu *pre-processing, analysis dan post-processing* (Ghazaly, 2014). Hasil dari metode elemen hingga berupa analisis tegangan, regangan dan deformasi. Apabila hasil analisis tegangan maksimal yang terjadi pada suatu struktur melebihi tegangan luluh (*yield strength*) material yang digunakan maka struktur tersebut mengalami kegagalan dan sebaliknya.

Proses perancangan dan pembuatan sistem kendali alat uji menggunakan sistem rangkaian elektropneumatik. Elektropneumatik adalah sistem gabungan komponen elektrik dan pneumatik. Dalam proses perancangannya sistem rangkaian elektropneumatik menggunakan *software* simulasi yang digunakan

untuk membuat rangkaian elektropneumatik. Rangkaian digambar dan dilakukan proses simulasi pengguna dapat melihat kinerja dari rangkaian elektropneumatik secara langsung dan dapat diset secara *step by step*. Jika terdapat kekurangan pada rangkaian dapat diperbaiki secara langsung (Anditha et al., 2017).

*Fatigue* atau kelelahan adalah kerusakan material yang diakibatkan oleh adanya tegangan yang berfluktuasi yang besarnya lebih kecil dari tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) ( $\sigma_u$ ) maupun tegangan luluh (*yield*) material yang diberikan beban konstan. Terdapat tiga fase dalam perpatahan fatik yaitu :

1. Permulaan retak

Mekanisme fatik umumnya dimulai dari permulaan retak yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan (seperti goresan, notch, lubang-pits dll) akibat adanya pembebanan berulang.

2. Penyebaran retak

Permulaan retak ini berkembang menjadi penyebaran retak. Perambatan atau perpaduan penyebaran retak ini kemudian membentuk *macrocracks* yang akan berujung pada *failure*.

3. Patah

Perpatahan terjadi ketika material telah mengalami siklus tegangan dan regangan yang menghasilkan kerusakan yang permanen. Didefinisikan sebagai proses perubahan struktur permanen *progressive localized* pada kondisi yang menghasilkan fluktuasi regangan dan tegangan dibawah kekuatan tariknya dan pada satu titik atau banyak titik yang dapat memuncak menjadi retak (*crack*) atau patahan (*fracture*) secara keseluruhan sesudah fluktuasi tertentu (Rahmatullah & Ahmad, 2018).

Memperhatikan beberapa parameter seperti material, specimen atau sampel pengujian dan prosedur dalam pengujian harus dilakukan dalam proses pengujian *fatigue* rangka sepeda agar hasil pengujian sesuai dengan acuan standar yang digunakan saat melakukan pengujian alat uji (Tomaszewski, 2021).

## **2.2 Dasar Teori**

Dalam perancangan ini menggunakan beberapa landasan teori yang digunakan untuk mendasari teori pada perancangan alat ini.

### **2.2.1 Sepeda**

Sepeda adalah salah satu alternatif transportasi yang umum digunakan dikalangan masyarakat. Selain digunakan sebagai alat transportasi, sepeda juga dijadikan sebagai hobi yang diminati karena dengan bersepeda membuat masyarakat menjadi lebih sehat dan ramah lingkungan. Sepeda memiliki beberapa kelebihan dibanding alat transportasi lainnya seperti, harga lebih murah, ringan, mudah digunakan dan ramah lingkungan. Akan tetapi, memiliki kelemahan pada daya jelajah dan kecepatan (Setyono, 2016).

### **2.2.2 Rangka Sepeda**

Bagian utama dari sepeda adalah rangka, berfungsi untuk menopang beban dari pengguna dan sebagai penghubung semua bagian-bagian sepeda yang lain. Rangka sepeda memiliki beberapa bagian seperti, *top tube*, *head tube*, *down tube*, *chain tube*, *seat tube*, *rear end*, *bottom bracket* dan *seat stay*. *Top tube* dan *down tube* berfungsi sebagai penghubung *head tube* dan *seat tube*, *head tube* berfungsi sebagai tempat pemasangan *fork* dan stang, *seat stay* berfungsi untuk menyalurkan beban dari pengguna ke roda belakang, *seat tube* sebagai penopang pengguna arah vertical, *rear end* berfungsi untuk memasang roda belakang, *bottom bracket* berfungsi sebagai tempat pemasangan pedal, dan *chain stay* berfungsi untuk melawan gaya rantai ketika dikayuh (Putra, 2016). Bagian-bagian dari rangka sepeda dapat dilihat pada Gambar 2.1.

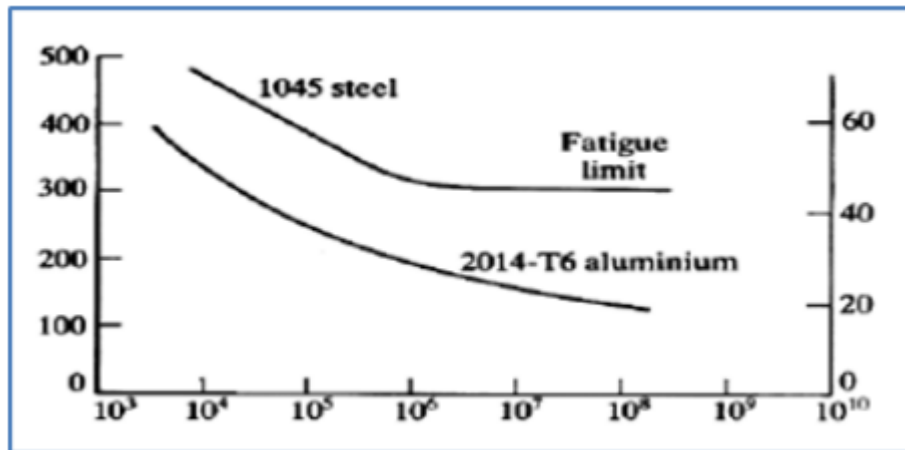


Gambar 2. 1 Rangka sepeda secara umum

### 2.2.3 Pengujian *Fatigue*

*Fatigue* adalah ketika material mengalami beban berulang atau siklik, terjadi kerusakan *structural local* yang dikenal sebagai kelelahan (*fatigue*). Nilai tegangan tertinggi yang bekerja pada material kurang dari batas *ultime strength stress* ( $\sigma_{uts}$ ), dan mungkin lebih rendah dari batas *yield strength* material. Kerusakan dimulai dengan terbentuknya *crack* kecil di permukaan. Saat *crack* mencapai ukuran yang signifikan, struktur akan tiba-tiba patah. Tegangan rata-rata atau stabil ( $\sigma_m$ ) dan tegangan bolak-balik ( $\sigma_a$ ) adalah dua bagian dari siklus tegangan yang berfluktuasi. Besar tegangan rentang ( $\sigma_r$ ), yang dihasilkan dari pengurangan tegangan variabel terhadap tegangan stabil, harus diketahui juga (Bahri, 2016).

Penyajian data fatik adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. Untuk beberapa bahan teknis yang penting, kurva tersebut didapat dari pemetaan tegangan terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan pada benda uji. Pada kurva ini siklus menggunakan skala logaritma. Batas ketahanan fatik (*endurance limit*) aluminium ditentukan pada jumlah siklus  $N > 10^7$  (Budiyanto et al., 2018).



Gambar 2. 2 Kurva S-N

### 2.2.4 Elektro pneumatik

Pneumatik adalah bidang yang mempelajari gerakan atau perpindahan udara serta karakteristik atau fenomena udara. Dengan kata lain, "pneumatik" berarti mempelajari gerakan angin (udara) yang dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga dan kecepatan (Akhmad, 2009).

Elektropneumatik adalah suatu sistem kontrol pneumatik yang menggerakkan rangkaian komponen pneumatik menggunakan sinyal listrik (AC atau DC) dan komponen kelistrikannya. Beberapa komponen listrik yang sering digunakan dalam pengontrolan rangkaian komponen pneumatik yaitu: solenoid, *relay*, *push button switch*. Solenoid adalah salah satu komponen utama kontrol elektronik dalam rangkaian pneumatik (Nur Hidayati A & Faisol M, 2016).

### 2.2.5 Katup solenoid

Katup solenoid pneumatik adalah katup yang digerakkan oleh listrik. Katup solenoid memiliki kumparan yang menggerakkan *plunger*, yang dapat digerakkan oleh arus AC atau DC. Katup solenoid pneumatik juga dikenal sebagai katup solenoida, memiliki lubang masukan, keluaran, dan *inlet* utama. Ketika katup solenoid pneumatik bekerja, lubang *inlet* utama berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan udara bertekanan masuk untuk unit layanan, lalu lubang keluaran dan lubang masukan berfungsi sebagai terminal atau tempat tekanan angin keluar yang dihubungkan ke pneumatik. Di sisi lain, lubang



jebakan udara (*exhaust*) berfungsi untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak saat *plunger* bergerak atau pindah posisi (Ridha et al., 2020). Untuk contoh katup solenoid dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 3 Katup solenoid  
Sumber : (Ridha et al., 2020)

### 2.2.6 Counter

*Counter* adalah komponen elektropneumatik yang dapat menghitung data yang masuk dan menampilkan parameter data. Selain berfungsi sebagai penghitung data yang masuk, *counter* juga berfungsi sebagai pemutus rangkaian. Ketika data yang diinginkan sudah tercapai *counter* akan aktif sebagai pemutus. Ini biasanya terhubung dengan beberapa sensor penghalang, seperti sensor jarak dekat atau *switch magnet*. Contoh gambar dari *counter* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 4 Counter

### 2.2.7 Magnetic limit switch

*Magnetic limit switch* adalah saklar yang dapat merespon medan magnet yang berada disekitarnya. *Magnetic switch* ini seperti halnya *sensor limit switch* yang diberikan tambahan plat logam yang dapat merespon adanya magnet. Prinsip kerja *magnetic limit switch* adalah akan terhubung pada saat sensor

merespon medan magnet yang ada disekitarnya dan terputus ketika tidak merespon medan magnet tersebut (Dona et al., 2018). Contoh gambar dari *magnetic limit switch* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 5 *Magnetic Limit Switch*

Sumber : (Dona et al., 2018)

### **2.2.8 Besi UNP**

Besi UNP yang digunakan sebagai sambungan atau dudukan atap dan memiliki bentuk lengkung seperti huruf U adalah salah satu material yang sangat penting di dunia konstruksi dan sangat penting saat membangun bangunan atau struktur baja. Contoh gambar besi UNP dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 6 Besi UNP

### **2.2.9 Festo fluidsिम**

*Software festo Fluidsim* adalah *software* yang dapat mensimulasikan rangkaian pneumatik dan elektro-pneumatik, yang dapat membuat rangkaian pneumatik lebih mudah bagi pengguna. Program ini berjalan pada sistem operasi

windows. Adanya *software Festo Fluidsim* diharapkan membuat pembelajaran pneumatika dan hidrolika lebih mudah bagi siswa (Ramadani, 2017).

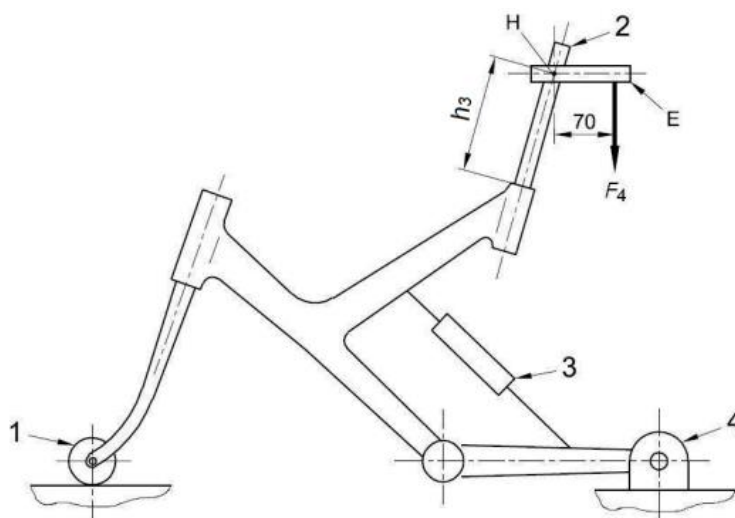
### 2.2.10 Standar pengujian ISO 4210-6

ISO adalah standar internasional yang memiliki aturan yang menerapkan kualitas, keamanan dan efisiensi produk. ISO adalah standar yang dikeluarkan dan dibuat oleh *The International Organization for Standard*. Aturan yang ditetapkan oleh ISO telah diimplementasikan ke lebih dari 160 negara. Pengujian ISO untuk sepeda adalah pengujian lelah pada bagian *seat tube* sepeda dengan tujuan untuk mengetahui *lifetime* pemakaian yang lama serta aman digunakan. Berikut adalah penjelasan dari standar pengujian ISO 4210-6 pada bagian *seat tube*:

#### 1. *Fatigue test with vertical loads*

Pengujian ini menguji rangka sepeda dengan beban/gaya pada bagian *seat tube* secara vertikal dengan fix pada bagian belakang. Untuk siklus pengujian sebanyak 50.000 siklus dengan beban  $F_4 = 1200\text{N}$  dan  $h_3 = 250\text{mm}$ . Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah rangka atau sambungan rangka retak atau patah. Jika tidak, rangka dinyatakan lolos uji. Skema pengujian dari standar ISO 4210-6 dapat dilihat pada Gambar 3.1 (ISO 4210:6, 2014).

Berdasarkan standar ISO 4210:3 untuk frekuensi pengujian *fatigue* rangka sepeda adalah tidak melebihi dari 10Hz (ISO 4210:3, 2016).

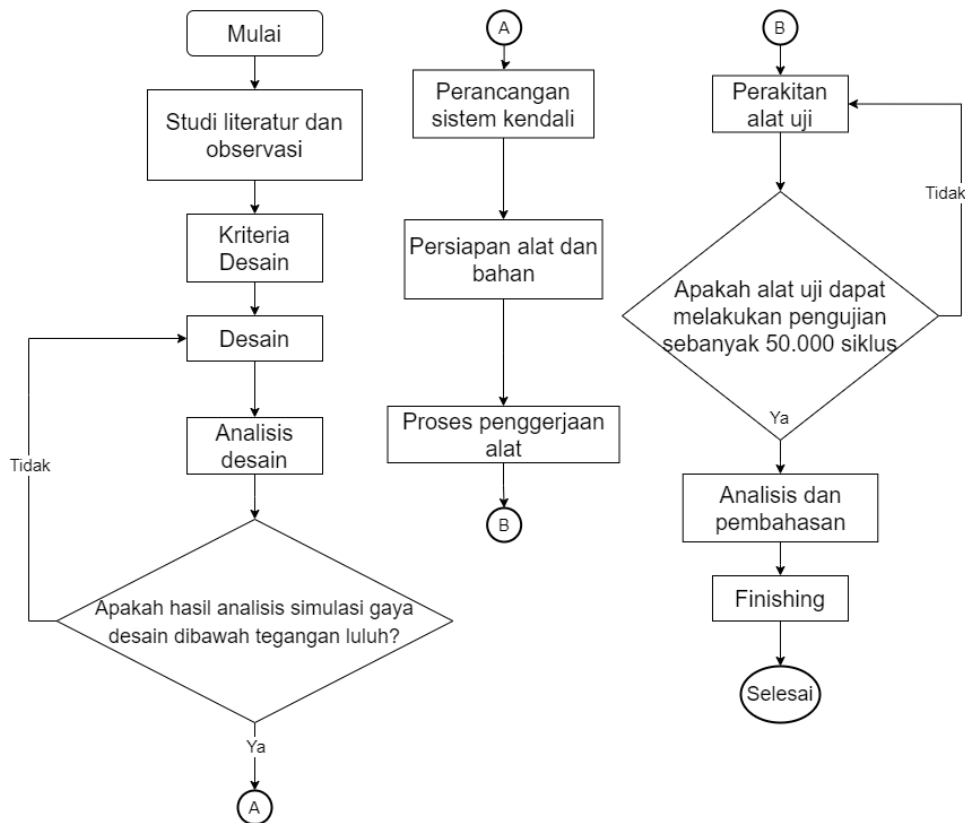


Gambar 2.7 *Fatigue test with vertical loads*

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Tahapan pelaksanaan perancangan dan pembuatan alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube* dapat dilihat dari gambar diagram alir berikut ini. Untuk gambar alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Pada alur perancangan di atas tahap awal yang dilakukan adalah proses observasi dan studi literatur, tujuan dari tahap ini adalah mencari data dan informasi terkait kebutuhan dalam merancang alat uji seperti standar pengujian yang akan dipakai, ukuran-ukuran rangka sepeda. Selain itu juga mencari sistem kendali yang cocok untuk merancang alat uji tersebut. Tahap ini dilakukan untuk memenuhi kriteria desain yang telah ditentukan. Setelah dilakukan studi literatur dan observasi serta pemilihan sistem kendali dilakukan tahap mendesain alat uji sesuai dengan kriteria desain. Kemudian dilakukan analisis dan simulasi gaya

terhadap desain yang telah dibuat menggunakan *solidworks* dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan dari desain yang telah dibuat. Dilanjutkan pembuatan rangkaian sistem kendali yaitu elektropneumatik menggunakan *software festofluidsim* dan juga dilakukan simulasi gerakan sebelum dibuat menjadi rangkaian elektropneumatik secara langsung. Kemudian kegiatan dilanjutkan dengan perakitan alat uji dan melakukan pengujian pada alat uji, apakah alat uji berhasil dirancang atau tidak.

### 3.2 Peralatan dan Bahan

Perancangan yang telah dilakukan memerlukan peralatan dan bahan yang digunakan untuk menunjang proses perancangan produk. Berikut peralatan dan bahan yang digunakan. Untuk alat dan bahan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat dan bahan

Alat	Bahan
Laptop	Besi UNP 80x45x5mm
Mesin <i>Frais</i>	Plat Besi 5 mm
Mesin Las SMAW	Silinder Pneumatik
Mesin Bubut	Katup Solenoid 5/2
Mesin <i>Drilling</i>	<i>Counter Autonics CT4S-1p4</i>
Gerinda Tangan	<i>Air Unit Pneumatic</i>
Gerinda duduk	<i>Magnetic Switch</i>
Kompressor	Kabel
Mesin Bor tangan	Selang Pneumatik
<i>Solidworks 2021</i>	<i>Power Supply 24 VDC</i>
<i>Festo Fluidsim</i>	Cat
	<i>Frame Sepeda</i>
	Pipa Pejal Ø 22mm
	Plat Aluminium 20mm
	<i>Linear Slide Block Bearing</i>
	Sling baja
	<i>Seatclamp</i>

### **3.3 Kriteria Desain**

Proses perancangan dan pembuatan alat uji memerlukan sebuah kriteria agar alat yang akan dirancang dan dibuat sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Adapun kriteria tersebut adalah kriteria desain yang ditentukan sesuai dengan kebutuhan. Adapun kriteria desain yang dibutuhkan sebagai berikut :

1. Alat uji mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus dalam satu kali pengujian.
2. Bagian sistem kendali alat uji mudah digapai oleh pengguna ketika alat uji akan dioperasikan.
3. Alat uji dapat menguji rangka sepeda gunung.
4. Silinder pneumatik mampu menghasilkan gaya penarik sebesar 1200 N.
5. Alat uji mengacu pada standar ISO 4210-6.

### **3.4 Observasi**

Sebelum melakukan proses perancangan dan pembuatan alat uji, melakukan observasi terlebih dahulu. Observasi ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam melakukan perancangan. Seperti mengumpulkan data-data rangka sepeda dari berbagai jenis merek untuk menentukan dimensi ukuran dari alat uji yang akan dirancang, referensi-referensi alat uji yang telah ada untuk bentuk desain alat uji yang akan dibuat, mekanisme-mekanisme yang akan diaplikasikan dalam perancangan ini, sistem kendali yang akan digunakan dan bahan serta alat yang akan digunakan dalam proses perancangan. Serta standar ISO 4210-6 sebagai acuan dalam perancangan tersebut.

### **3.5 Perancangan Desain**

Tahap selanjutnya dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda adalah perancangan desain. Ditahap perancangan desain melewati beberapa proses. Tahapan proses dari perancangan sebagai berikut :

1. Mencari informasi terkait ukuran-ukuran rangka sepeda dari beberapa jenis sepeda.
2. Membuat sketsa gambar.

3. Mencari referensi untuk desain alat uji rangka sepeda.
4. Membuat beberapa desain sebagai alternatif.
5. Memilih alternatif desain sesuai dengan kebutuhan perancangan.
6. Proses perakitan dari tiap komponen desain.
7. Proses analisis desain.

### **3.6 Pemilihan sistem kendali**

Perancangan dan pembuatan alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube* memerlukan sebuah sistem kendali untuk mengendalikan gerak dari alat uji tersebut. Proses pemilihan sistem kendali memiliki beberapa alternatif seperti pneumatik dan elektropneumatik. Dalam proses pemilihan sistem kendali mempertimbangkan dari beberapa aspek seperti ketersediaan komponen di pasaran dan mudah digunakan karena alat uji *fatigue* rangka sepeda akan digunakan dalam siklus yang panjang dan memerlukan pergantian komponen ketika komponen tersebut rusak.

### **3.7 Pemilihan Silinder Pneumatik**

Perancangan dan pembuatan alat uji tersebut dilakukan pemilihan silinder pneumatik sesuai dengan kebutuhan. Dalam proses pemilihan dilakukan perhitungan dengan persamaan tekanan untuk mencari diameter silinder pneumatik. Diketahui dari standar ISO 4210-6 gaya yang bekerja pada pengujian *seat tube* adalah 1200 N sedangkan tekanan yang digunakan dari kompressor adalah 5 bar. Sehingga dengan diketahuinya gaya dan tekanan maka diameter silinder pneumatik dapat dihitung menggunakan persamaan tekanan yaitu persamaan (3.1).

$$P = \frac{F}{A} \tag{3.1}$$

### **3.8 Pembuatan Alat uji**

#### **3.8.1 Proses pembuatan rangka alat uji**

Pada proses ini dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Persiapan gambar kerja.
2. Mengukur dimensi bahan baku seperti besi UNP sesuai pedoman gambar kerja.
3. Memotong bahan baku sesuai dimensi yang telah diukur.
4. Menyambungkan bahan baku menggunakan teknik pengelasan.
5. Mengebor pada beberapa titik pada rangka alat uji sesuai dengan pedoman gambar kerja.
6. Proses pembersihan pada rangka alat uji menggunakan gerinda poles dan gerinda kawat.
7. Proses perakitan dari masing-masing bagian rangka alat uji.
8. Proses penyelesaian berupa pengecatan rangka alat uji.

#### **3.8.2 Proses pembuatan sistem kendali**

Pada proses ini dilakukan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Mensimulasikan rangkaian elektropneumatik menggunakan *software festo fluidsims*.
2. Mengimplementasikan simulasi pada *software festo fluidsims* ke rangkaian elektropneumatik yang sebenarnya.
3. Persiapan alat dan komponen untuk rangkaian elektropneumatik.
4. Merangkai alat dan komponen rangkaian elektropneumatik sesuai dengan simulasi yang telah dilakukan pada *software festo fluidsims*.
5. Menguji coba rangkaian elektropneumatik berjalan lancar sesuai dengan simulai awal.

### **3.9 Proses perakitan alat uji**

Setelah proses pembuatan rangka alat uji dan pembuatan sistem kendali alat uji *fatigue* rangka sepeda dan semua kelengkapannya, langkah berikut yang



dilakukan yaitu proses perakitan alat. Adapun langkah dalam proses perakitan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan serta perlengkapan pendukung lainnya.
2. Menyatukan tiap-tiap komponen alat uji menjadi satu alat uji.
3. Memasang rangka sepeda yang akan diuji pada alat uji pada posisi yang sesuai.
4. Memasang komponen pendukung untuk pengujian *seat tube* rangka sepeda.
5. Melakukan pemasangan sistem kendali pada pengujian *seat tube*.

### **3.10 Proses pengujian alat**

Setelah proses perakitan alat telah selesai, langkah berikutnya adalah proses pengujian alat. Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat uji bekerja dengan baik atau tidak ketika melakukan pengujian pada rangka sepeda dengan acuan standar ISO 4210-6. Dalam proses pengujiannya memerlukan beberapa parameter dari acuan standarnya, sebagai berikut :

1. Alat uji mampu melakukan pengujian dengan gaya sebesar 1200 N.
2. Alat uji mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Observasi

Studi literatur dilakukan untuk mencari data yang diperlukan dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube*. Data yang terkait dengan pengujian *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube* yang mengacu pada standar ISO 4210-6 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Gaya dan siklus pengujian

Jenis Sepeda	<i>City Bike</i>	<i>Mountain Bike</i>	<i>Road Bike</i>
Gaya (N)	1000	1200	1200
Siklus	50.000	50.000	50.000

Langkah berikutnya adalah mencari data kapasitas tekanan kompressor yang akan digunakan untuk sistem kendali alat uji yang tersedia pada laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, data tersebut digunakan untuk menghitung diameter silinder pneumatik. Kompressor yang tersedia dan yang akan digunakan kapasitas tekanannya adalah 10 bar. Selanjutnya adalah mencari dan mengumpulkan data-data rangka sepeda dari berbagai macam jenis sepeda. Data ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan dimensi dari alat uji tersebut. Untuk data rangka sepeda dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perbandingan ukuran-ukuran jenis sepeda (*wheelbase*)

Ukuran	<i>Mountain Bike</i> (mm)	<i>Road Bike</i> (mm)	<i>City Bike</i> (mm)
XS	1009	1001	1072
X	1112	1001	1089
M	1112	1005	1014
L	1115	1016	-
XL	1130	1026	-

Sistem kendali pada alat uji rangka sepeda tersebut digunakan untuk menjalankan mekanisme penggerak saat melakukan pengujian. Sistem kendali yang akan digunakan memiliki dua alternatif yaitu sistem kendali pneumatik dan sistem kendali elektropneumatik. Dari dua alternatif tersebut memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan. Kelebihan dan kekurangan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Perbandingan pneumatik dan elektropneumatik

Parameter	Pneumatik	Elektropneumatik
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak memerlukan komponen elektrik</li> <li>• Pemasangan mudah</li> <li>• Penggunaan part yang lebih sedikit</li> <li>• Ringkas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data yang di dapatkan lebih tepat</li> <li>• Pengoprasian lebih mudah</li> <li>• Allternatif sensor pembaca data yang lebih banyak</li> <li>• Part mudah didapatkan</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data yang di dapat kurang tepat</li> <li>• Part relatif lebih mahal</li> <li>• Pilihan sensor pembaca yang sedikit</li> <li>• Jika akan dikembangkan untuk pilihan alternatif nya sedikit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan yang sedikit lebih rumit</li> <li>• Lebih banyak part yang digunakan</li> <li>• Membutuhkan catu daya tambahan</li> </ul>

Observasi dan studi literatur setelah dilaksanakan maka didapatkan beberapa kriteria desain yang sesuai dengan apa yang dibutuhkan dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda sehingga alat uji tersebut sesuai dengan apa yang diharapkan. Adapun kriteria desain yang dibutuhkan sebagai berikut :

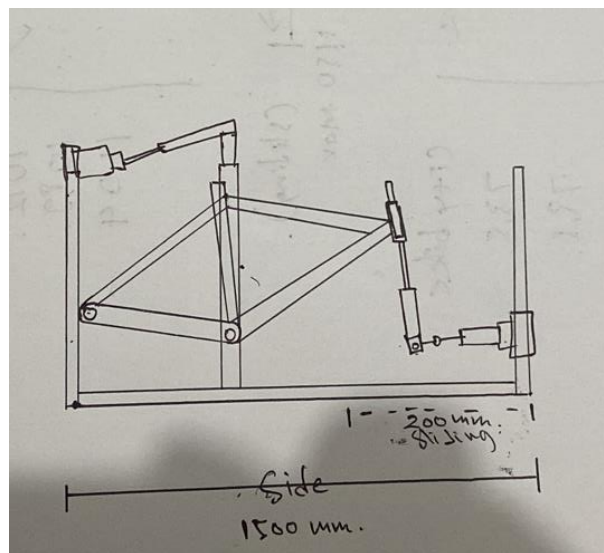
1. Alat uji mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus dalam satu kali pengujian.

2. Bagian sistem kendali alat uji mudah digapai oleh pengguna ketika alat uji akan dioperasikan.
3. Alat uji dapat menguji rangka sepeda gunung.
4. Silinder pneumatik mampu menghasilkan gaya penarik sebesar 1200 N.
5. Alat uji mengacu pada standar ISO 4210-6.

## 4.2 Hasil Perancangan

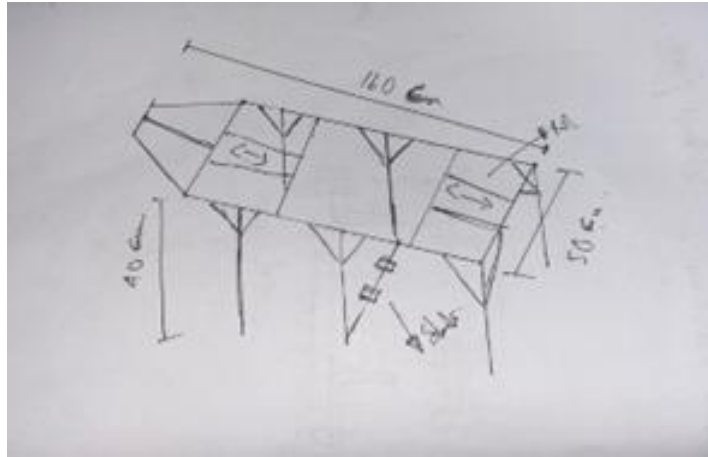
### 4.2.1 Hasil Perancangan desain

Setelah dilakukan observasi dan studi literatur dalam mengumpulkan data rangka sepeda yang diperlukan maka dilakukan proses pembuatan sketsa awal untuk desain alat uji tersebut. Dari hasil pembuatan sketsa awal tersebut didapat untuk dimensi panjang dari alat uji tersebut adalah 150 cm. Untuk sketsa awal dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Sketsa 1

Setelah dilakukan pembuatan pada sketsa 1, dipertimbangkan lagi dengan posisi pengoperasian alat, konstruksi struktur kekuatan dari rangka alat uji. Sehingga dibuat kembali sketsa baru dengan dimensi panjang 160 cm, lebar 49 cm dan tinggi 50 cm. Sketsa baru dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Sketsa 2

Langkah berikutnya setelah proses pembuatan sketsa maka dilakukan proses desain menggunakan *software CAD solidworks*. Dalam proses desain ini desain terinspirasi dari berbagai macam referensi alat uji dari *youtube* dikarenakan jurnal tentang alat uji rangka sepeda tidak ditemukan. Dalam proses desain alat uji mempertimbangkan mekanisme dan cara penggunaan yang berbeda sehingga didapatkan beberapa alternatif desain. Alternatif desain dilakukan agar memiliki beberapa pilihan desain untuk pertimbangan agar hasil desain sesuai dengan acuan standar yang digunakan.



Gambar 4. 3 Referensi desain 1

Sumber : <https://www.youtube.com/shorts/14PrqEbwkDI>

Pengunggah : Smally Chen

Gambar 4.3 merupakan referensi desain 1, yang akan dijadikan sebagai referensi desain dalam proses pembuatan desain alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* ditandai dengan tanda panah pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 4 Referensi desain 2

Sumber : <https://www.youtube.com/shorts/rPxRUFCfBFk>

Pengunggah : pursuit cycles LLC

Gambar 4.4 merupakan referensi desain 2, yang akan dijadikan sebagai referensi desain dalam proses pembuatan desain alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* ditandai dengan tanda panah pada Gambar 4.4.

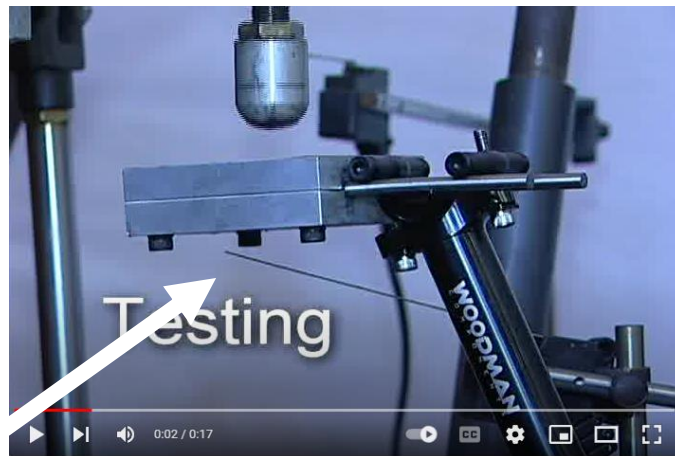


Gambar 4. 5 Referensi desain 3

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=28uFevCkRgo>

Pengunggah : Cesar Molina

Gambar 4.5 merupakan referensi desain 3, yang akan dijadikan sebagai referensi desain dalam proses pembuatan desain alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* ditandai dengan tanda panah pada Gambar 4.5.

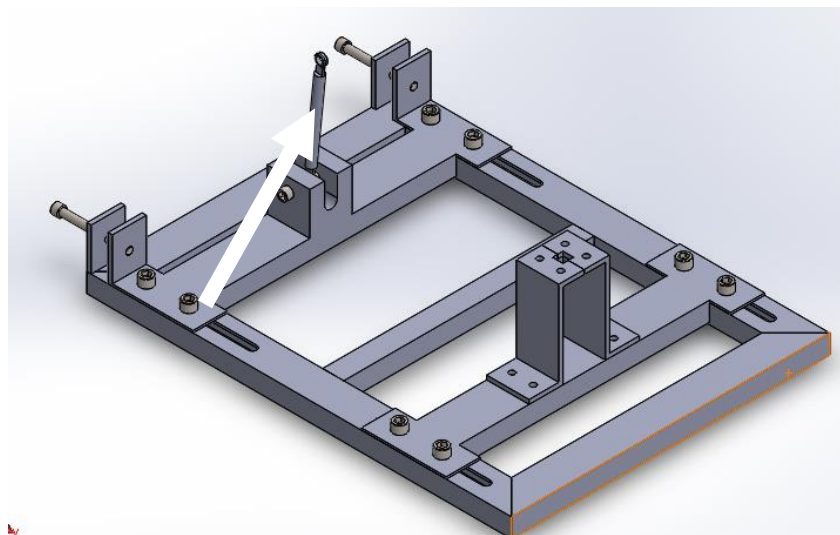


Gambar 4. 6 Referensi desain 4

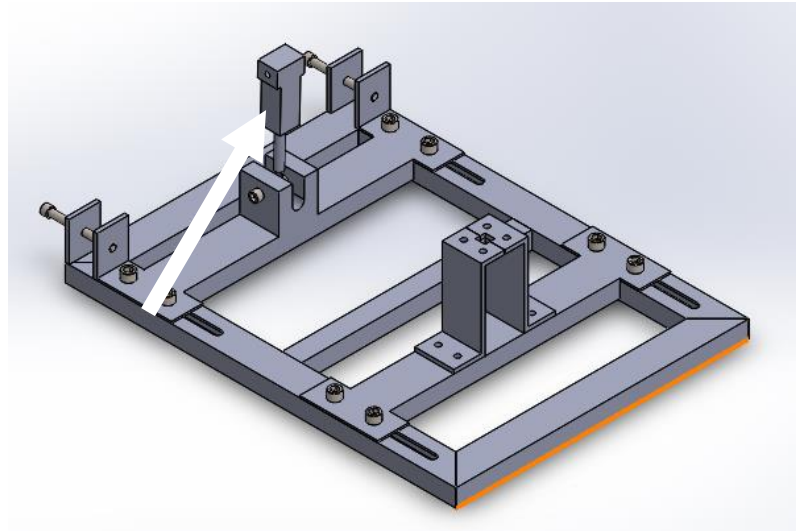
Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=HRL-DylkW9g>

Pengunggah : NinoScale

Gambar 4.6 merupakan referensi desain 4, yang akan dijadikan sebagai referensi desain dalam proses pembuatan desain alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* ditandai dengan tanda panah. Kemudian dari hasil pencarian referensi-referensi alat uji dari *youtube* maka dilakukan proses pembuatan beberapa alternatif desain.



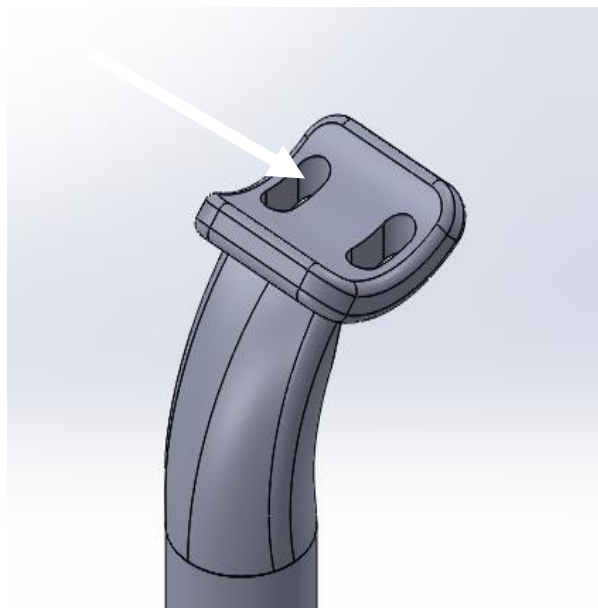
Gambar 4. 7 Alternatif desain 1



Gambar 4. 8 Alternatif desain 2

Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 merupakan alternatif desain yang dibuat berdasarkan dari referensi-referensi desain tersebut. Perbedaan dari dua alternatif desain tersebut dapat dilihat pada tanda panah. Untuk alternatif desain 1 menggunakan tie rod dan alternatif desain 2 yaitu besi pejal yang dibentuk melalui proses pemesinan, untuk bentuk besi pejalnya dapat dilihat pada Gambar 4.8.

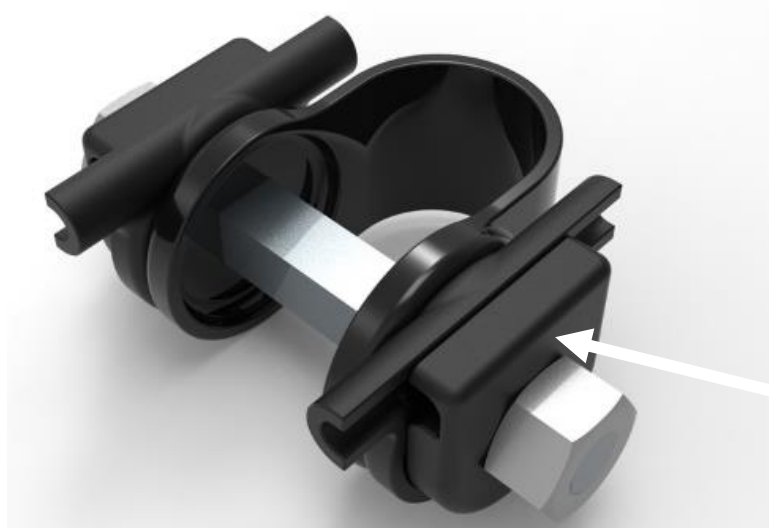
Selanjutnya dilakukan pengembangan desain dan alternatif lainnya untuk mekanisme yang cocok dan sesuai serta mudah diaplikasikan saat proses pembuatan alat uji tersebut.



Gambar 4. 9 Alternatif mekanisme pengatur kemiringan



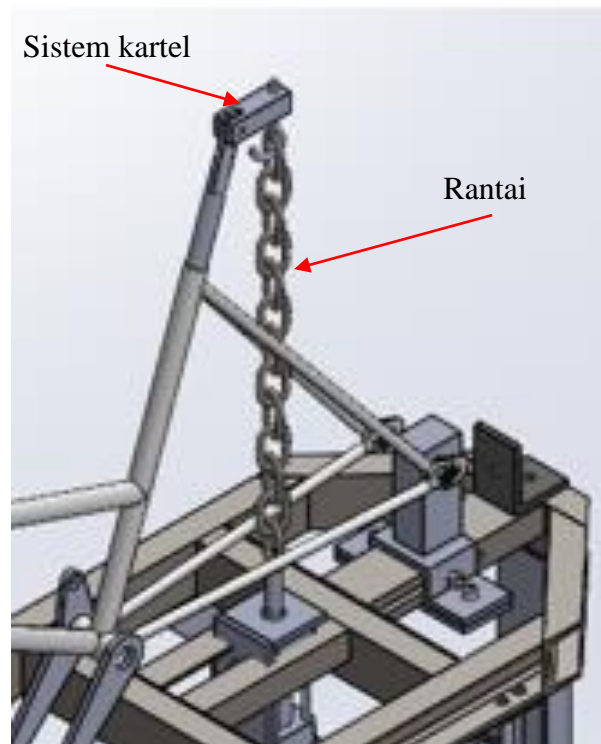
Gambar 4.9 merupakan alternatif desain untuk mekanisme pengatur kemiringan. Alternatif tersebut merupakan *seatpost* dari beberapa macam merk sepeda. Untuk pengaturan kemiringannya dapat dilihat pada tanda panah, jadi untuk mengatur kemiringan menyesuaikan dengan cekungan yang ditunjukkan tanda panah.



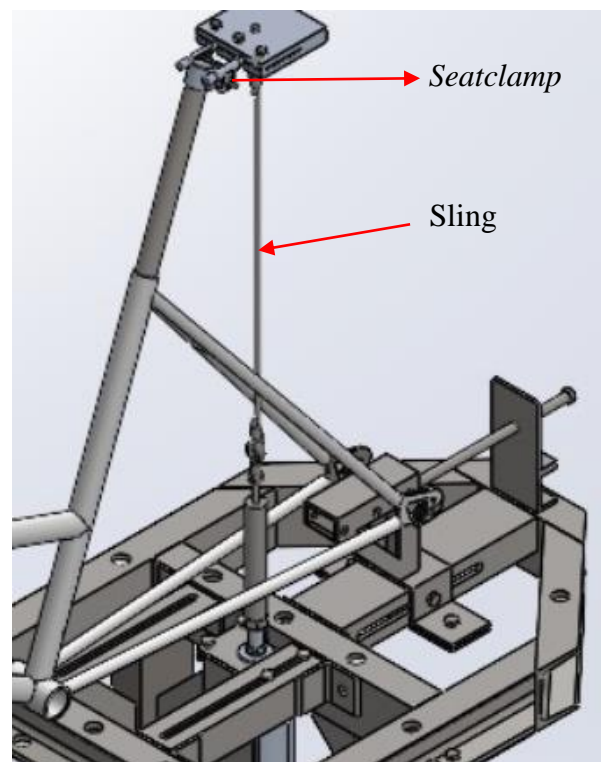
Gambar 4. 10 Alternatif mekanisme pengatur kemiringan

Gambar 4.10 merupakan alternatif desain untuk mekanisme pengatur kemiringan. Alternatif tersebut merupakan *seatclamp* yang digunakan pada sepeda untuk mengatur kemiringan tempat duduk. Untuk pengaturan kemiringannya dapat dilihat pada tanda panah, jadi untuk mengatur kemiringannya dengan cara melonggarkan baut kemudian memutar *seatclamp* sesuai dengan kemiringan yang diinginkan lalu baut dikencangkan kembali.

Karena dalam proses pengujian rangka sepeda gaya tarik yang diberikan harus tegak lurus dengan sumbu y maka diperlukan mekanisme pengatur kemiringan, karena tiap-tiap jenis rangka sepeda memiliki perbedaan pada kemiringan *seat tube*.



Gambar 4. 11 Pengembangan alternatif desain 1

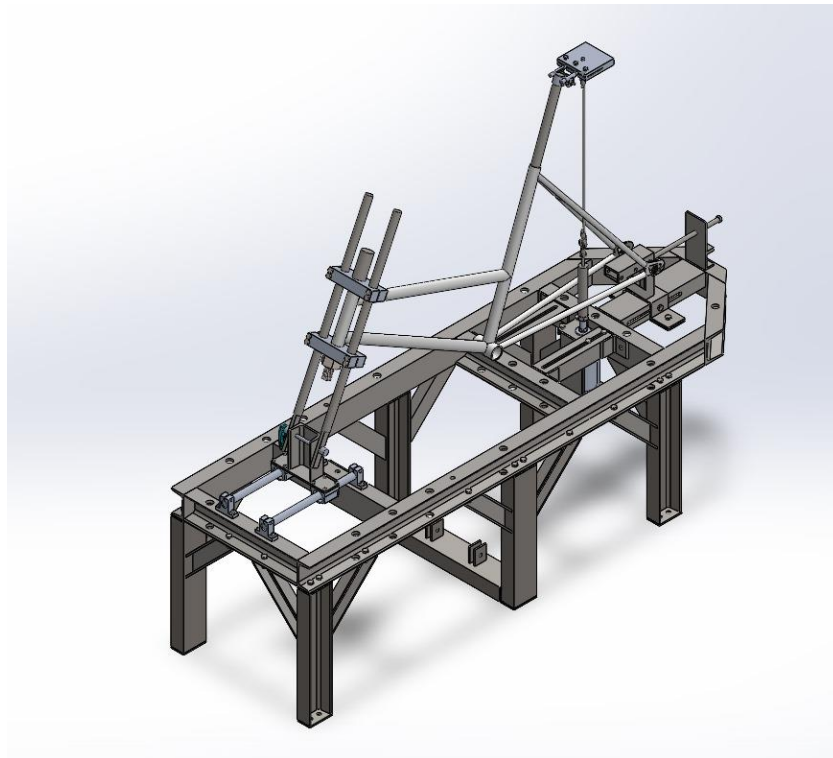


Gambar 4. 12 Pengembangan alternatif desain 2

Langkah berikutnya dilakukan pengembangan pada desain, Gambar 4.11 merupakan mekanisme pengatur kemiringan menggunakan sistem kartel dan baut

sebagai pengencang serta rantai sebagai penarik. Gambar 4.12 merupakan mekanisme pengatur kemiringan menggunakan *seatclamp* sepeda dan baut sebagai pengencang serta sling sebagai penarik.

Langkah berikutnya adalah memilih alternatif desain yang telah dibuat. Alternatif desain yang dipilih adalah pengembangan alternatif desain 2 karena proses pembuatan mudah dilakukan dan komponen dari desain mudah dicari di pasaran. Untuk hasil akhir desain yang dipilih dari dua alternatif desain dapat dilihat pada Gambar 4.13.



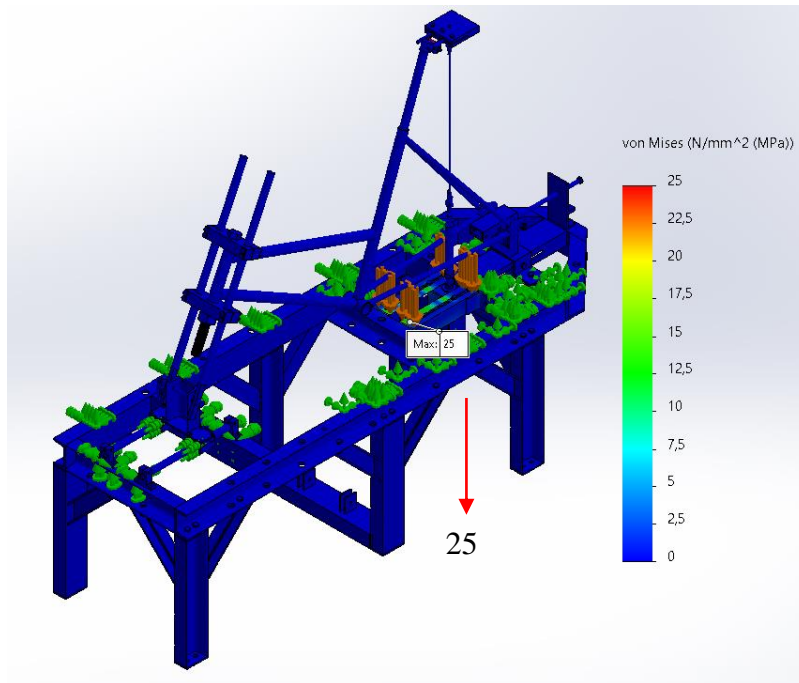
Gambar 4. 13 Hasil akhir desain yang dipilih

### **4.3 Hasil analisis simulasi gaya**

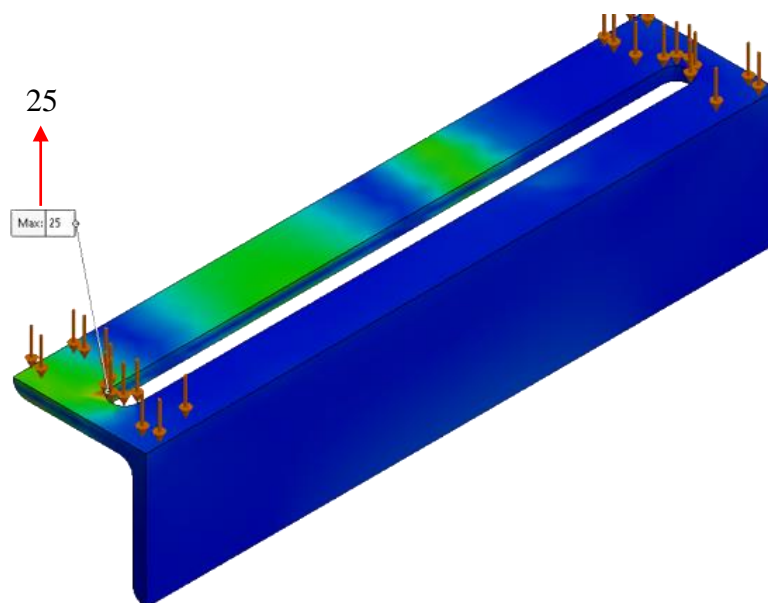
#### **4.3.1 Hasil analisis tegangan (*stress*)**

Analisis simulasi gaya pada desain dilakukan setelah dilakukan proses desain. Analisis simulasi dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah desain mampu menerima gaya yang diberikan sesuai dengan acuan standar ISO 4210-6 dengan gaya sebesar 1200N. Material yang digunakan pada desain yaitu AISI 1020 atau baja karbon rendah. Material tersebut dipilih karena mudah ditemukan

di pasaran dan tegangan luluh material tersebut sebesar 352 MPa dan material tersebut biasanya digunakan untuk konstruksi-konstruksi baja sehingga cocok untuk desain dari alat uji *fatigue* rangka sepeda bagian *seat tube*. Untuk hasil analisis tegangan dari desain alat uji dapat dilihat pada Gambar 4.14, sedangkan untuk tegangan maksimal terdapat pada mekanisme slot yang dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 14 Hasil analisis tegangan

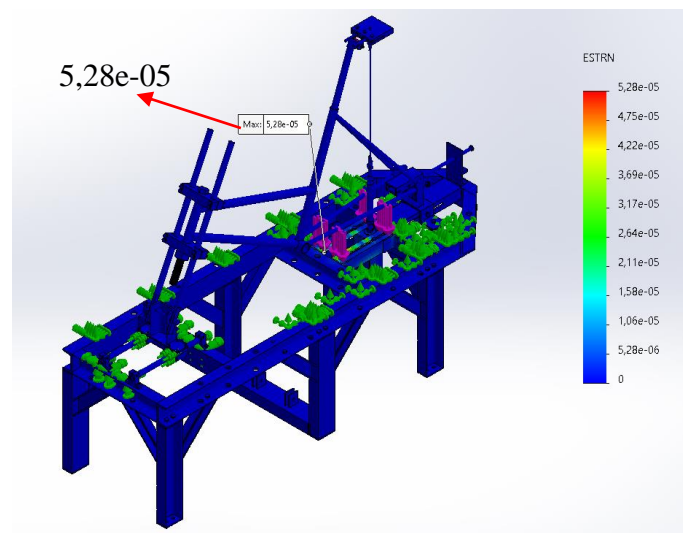


Gambar 4. 15 Tegangan maksimal

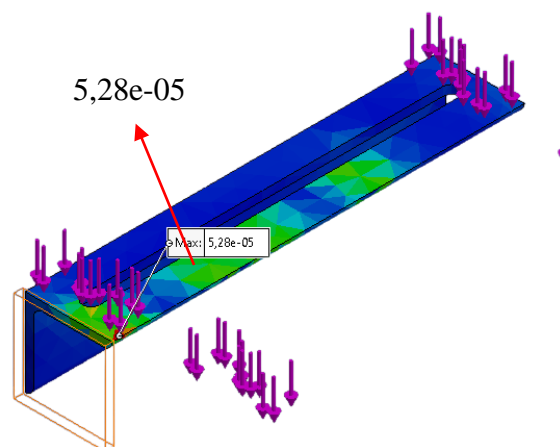
Hasil dari analisis tegangan pada struktur alat uji terletak pada bagian slot dudukan pneumatik. Dilihat dari hasil tegangan maksimal yang terjadi pada struktur alat uji sebesar 25 MPa maka menunjukkan hasil desain aman dan mampu menerima gaya yang diberikan sebesar 1200N. Karena tegangan maksimal masih jauh dibawah tengangan luluh material tersebut.

#### 4.3.2 Hasil analisis regangan (*strain*)

Kemudian setelah dilakukan analisis tegangan maka selanjutnya dilakukan analisis regangan pada struktur atau pertambahan panjang. Untuk hasil regangan dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Hasil analisis regangan

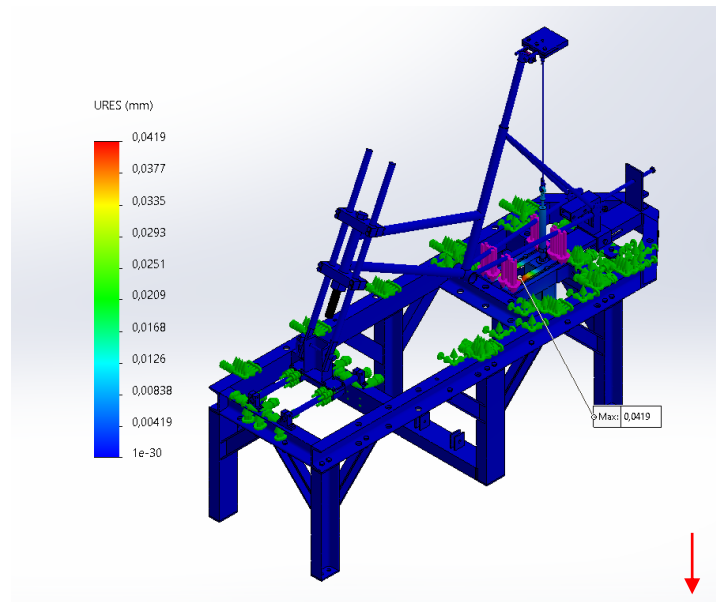


Gambar 4. 17 Regangan maksimal

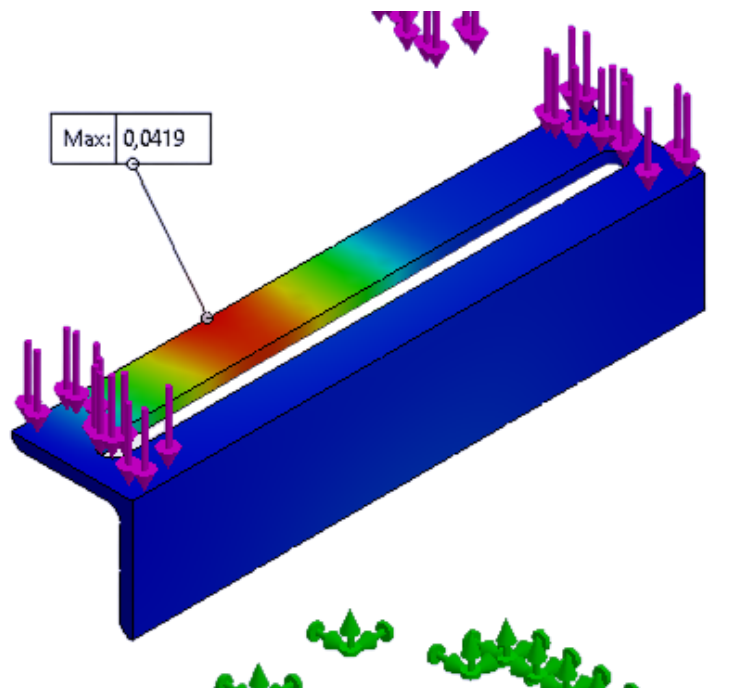
Regangan maksimal terjadi pada bagian slot dudukan pneumatik sebesar  $5,28 \times 10^{-6}$  dapat dilihat pada Gambar 4.17.

### 4.3.3 Hasil analisis perubahan bentuk (*displacement*)

Kemudian setelah dilakukan analisis tegangan dan regangan selanjutnya melakukan analisis pada perubahan bentuk struktur desain (*displacement*).



Gambar 4. 18 Hasil analisis *displacement* 0,0419



Gambar 4. 19 Hasil analisis maksimal *displacement*

Hasil analisis *displacement* telah didapatkan dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.18. *Displacement* maksimal terjadi pada bagian mekanisme slot dudukan pneumatik atau bisa dilihat pada Gambar 4.19 sebesar 0,0419 mm.

#### 4.4 Hasil pemilihan silinder pneumatik

Hasil dari pemilihan silinder pneumatik dapat dilakukan dengan cara mencari diameter silinder pneumatik menggunakan persamaan tekanan. Dalam proses perhitungan memerlukan gaya dan tekanan yang diketahui. Untuk gaya diketahui melalui acuan standar yang digunakan yaitu 1200N dan untuk tekanan adalah tekanan kompresor yaitu 5 bar. Sebelum dimasukkan ke persamaan tekanan gaya yang digunakan harus dikonversi menjadi kgf sehingga mendapatkan hasil sebesar 122,36 kgf.

Persamaan tekanan :

$$P = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{P}$$

$$\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{F}{P}$$

$$\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{122,36}{5}$$

$$\frac{1}{4}\pi D^2 = 24,472$$

$$D = \sqrt{24,472 \times \frac{4}{\pi}}$$

$$D = 5,58 \text{ cm}$$

Setelah melakukan perhitungan diameter silinder pneumatik dan mendapatkan hasil sebesar 5,58cm. Kemudian dilakukan pencarian silinder pneumatik di pasaran karena ketersediaan silinder pneumatik diameter 5,58 cm tidak ada maka dicari pendekatan dan didapatkan silinder pneumatik dengan diameter 6,3 cm dan *stroke* 7,5 cm.

#### 4.5 Hasil perancangan sistem kendali

Sistem kendali yang dipilih untuk mengoperasikan alat uji *fatigue* rangka sepeda adalah elektropneumatik. Elektropneumatik dipilih karena dalam

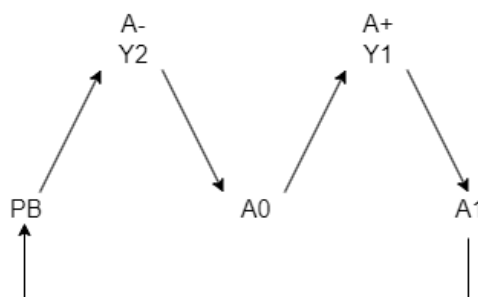
pengoperasian mudah dan ketersediaan komponen-komponen yang mudah dicari di pasaran serta proses pengoperasian elektropneumatik lebih mudah dibandingkan dengan pneumatik.

Sistem kendali elektropneumatik yang digunakan menggunakan 1 buah silinder sebagai aktuator, katup solenoid 5/2 sebagai pengatur maju mundur silinder dan *magnetic switch sensor* sebagai penerima data dan pemicu maju mundurnya silinder pneumatik. Selain itu pada sistem kendali menggunakan *counter Ct4s-1p4* untuk menghitung jumlah siklus pengujian yang dihasilkan dari pergerakan silinder pneumatik. Untuk *counter Ct4s-1p4* dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Counter Ct4s-1p4

Rangkaian yang digunakan untuk menjalankan sistem kendali elektropneumatik pada perancangan ini adalah A+ dan A-. Diagram rangkaian elektropneumatik dapat dilihat pada Gambar 4.21.

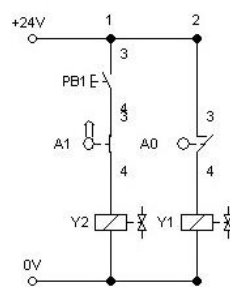
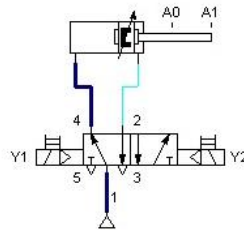


Gambar 4. 21 Diagram rangkaian elektropneumatik

Setelah membuat rangkaian elektropneumatik selanjutnya dilakukan proses uji coba simulasi rangkaian pada *software festofluidsim* untuk mengetahui apakah rangkaian berjalan sesuai dengan yang diinginkan sebelum diaplikasikan ke sistem kendali alat uji tersebut. Setelah proses uji coba simulasi rangkaian

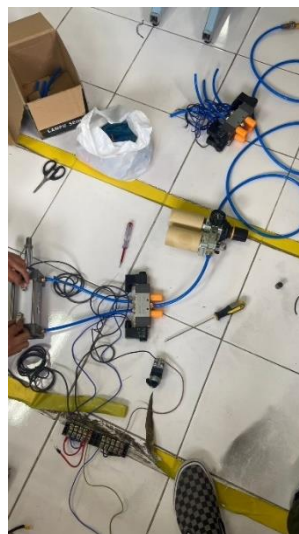


tersebut berhasil maka dilanjutkan dengan pengaplikasian rangkaian kedalam proses pembuatan sistem kendali alat uji. Untuk rangkaian pneumatik dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Rangkaian elektropneumatik

Setelah rangkaian elektropneumatik yang disimulasikan berjalan dengan lancar maka dilakukan proses pengaplikasian pada sistem kendali secara langsung, pada saat proses pengaplikasian berjalan dengan lancar tanpa ada kendala. Untuk proses pengaplikasian rangkaian elektropneumatik dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4. 23 Pengaplikasian rangkaian elektropneumatik

#### 4.6 Proses pembuatan alat

Setelah proses perancangan desain dan perancangan sistem kendali selanjutnya dilakukan proses pembuatan alat. Proses pembuatan alat ini melalui beberapa proses permesinan seperti *drilling*, *boring*, pengelasan, penggerindaan dan *milling*.

Memotong besi UNP dengan ukuran yang telah didesain yaitu panjang 160 cm, lebar 49 cm dan tinggi 50 cm. Proses pemotongan dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Proses pemotongan besi UNP

Setelah pemotongan langkah selanjutnya dilakukan proses pembersihan dan perakitan besi UNP yang telah dipotong sebelum dilakukan proses pengelasan agar sesuai dengan desain yang telah dibuat. Proses perakitan besi UNP dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 25 Proses perakitan besi UNP

Setelah besi UNP dirakit sesuai dengan desain kemudian dilakukan proses pengelasan agar besi UNP menyatu. Dalam proses pengelasan ini menggunakan elektroda RD-260 dengan diameter 2,6 mm. Proses pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 26 Proses pengelasan

Selanjutnya dilakukan perakitan pada rangka alat uji menggunakan sambungan baut. Proses perakitan kerangka alat uji dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Kerangka alat uji

Selanjutnya dilakukan proses perakitan alat uji setelah dilakukan proses pembuatan komponen-komponen pendukung lainnya dan juga memasang rangka sepeda yang akan diuji dikerangka alat uji yang telah dirakit. Proses perakitan alat uji dan komponen-komponen pendukung lainnya dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Perakitan alat uji

Setelah dilakukan proses perakitan selanjutnya dilakukan proses pengecatan pada alat uji atau sebagai *finishing* agar alat uji lebih enak dilihat. Proses pengecatan dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4. 29 Proses pengecatan

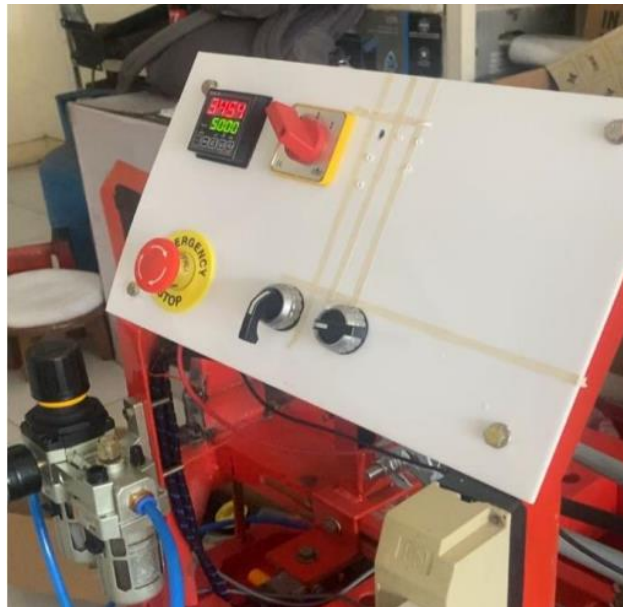
Setelah dilakukan proses pengecatan langkah selanjutnya yaitu merakit alat uji dari semua komponen yang telah dibuat dan merangkai komponen sistem kendali yang sudah dibuat termasuk pemasangan sistem kendali. Sistem kendali yang digunakan terdapat 2 *push button*, 1 *selector switch*, *emergency stop*, dan *counter Ct4s-1p4*. Namun, dilakukan penambahan pin konektor pada sistem kendali agar mempermudah operator dalam melakukan menggunakan alat uji. Proses perakitan alat uji dan sistem kendali dapat dilihat pada Gambar 4.30, Gambar 4.31, Gambar 4.32, Gambar 4.33 dan hasil perancangan dan pembuatan alat uji dapat dilihat pada Gambar 4.34.



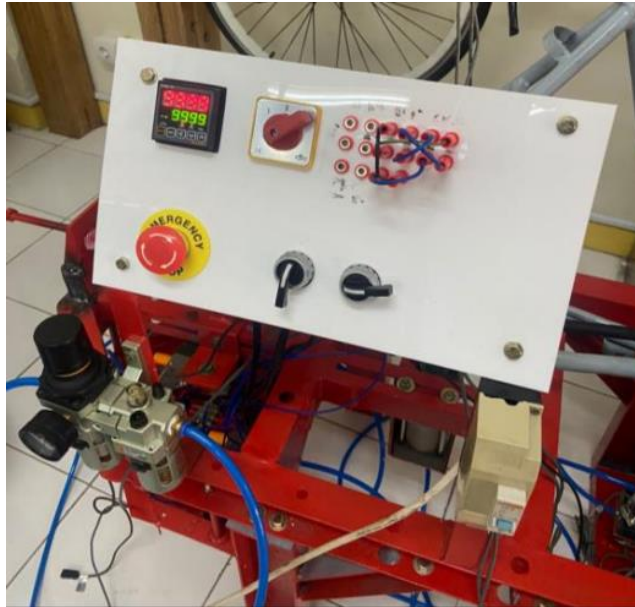
Gambar 4. 30 Proses perakitan alat



Gambar 4. 31 Proses perakitan alat



Gambar 4. 32 Panel kontrol tanpa pin konektor



Gambar 4. 33 Sistem kendali dengan pin konektor



Gambar 4. 34 Hasil perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda

#### 4.7 Hasil Pengujian

Setelah melakukan proses pembuatan dan perancangan alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *seat tube*, langkah selanjutnya melakukan pengujian alat uji apakah sesuai dengan acuan standar ISO 4210-6. Tempat pelaksanaan

dilakukan nya pengujian alat uji tersebut terletak di ruangan pojok kreatif mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Langkah pertama dalam proses pengujian alat adalah melakukan persiapan alat uji dan sampel rangka sepeda yang akan diuji serta alat sudah siap untuk dilakukan pengujian. Proses persiapan alat uji dapat dilihat pada Gambar 4.35 dan alat uji siap melakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4. 35 Proses persiapan alat uji

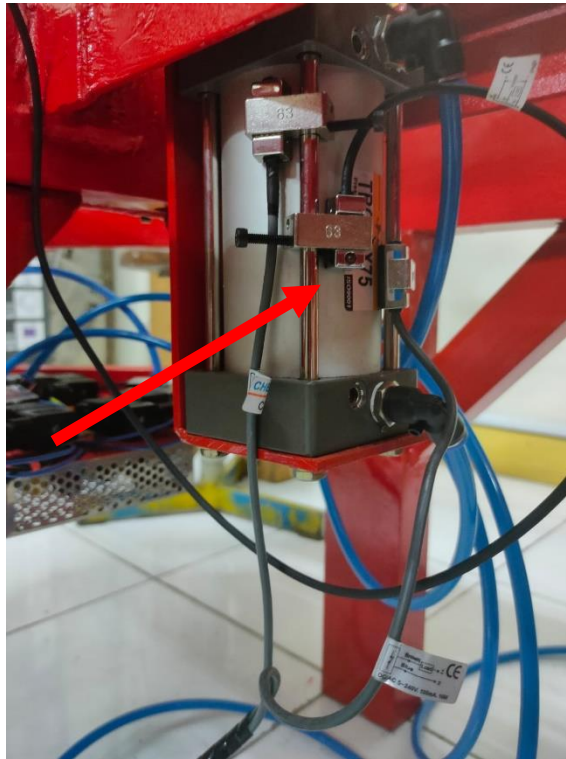


Gambar 4. 36 Alat uji siap melakukan pengujian



Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan jumlah total siklus percobaan sebanyak 50.000 siklus dan waktu percobaan kurang lebih 7 jam. Dalam proses pengujian dilakukan secara berkala dengan 1 kali percobaan sebanyak 5000 siklus. Setiap jeda percobaan diberikan waktu 10 menit untuk mengecek air yang tertampung di *air filter* pneumatik dan melihat keadaan rangka sepeda yang sedang diuji. Saat proses pengujian mengalami beberapa permasalahan seperti :

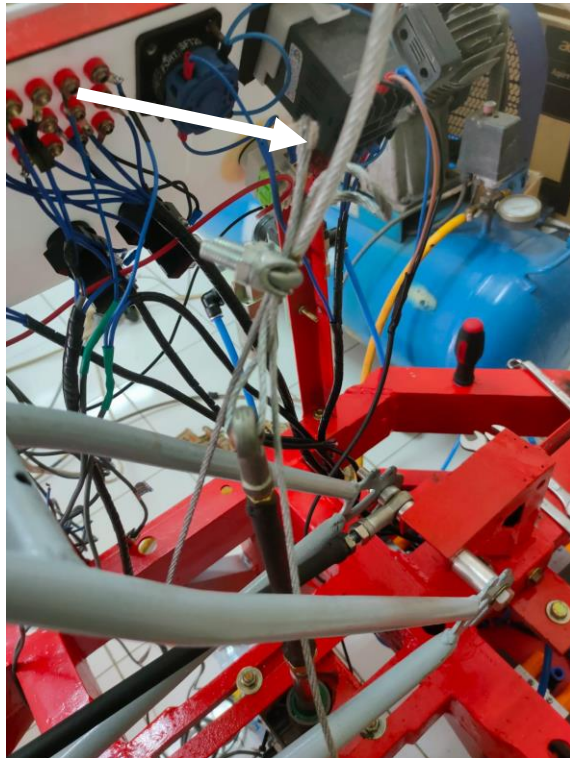
1. Turunnya *bracket magnetic switch sensor* yang mengakibatkan berhentinya alat uji. Permasalahan ini terjadi karena baut *bracket magnetic switch sensor* kurang kencang dalam pemasangan. Solusi yang dilakukan adalah mengencangkan kembali baut *bracket magnetic switch sensor*. *Magnetic switch sensor* yang terpasang pada silinder pneumatik dapat dilihat pada Gambar 4.37.



Gambar 4. 37 *Magnetic switch sensor* yang terpasang

2. Permasalahan berikutnya adalah sling terputus pada saat percobaan ke 3 atau siklus ke 15.000. Ini terjadi dikarenakan gaya tarik yang terjadi terhadap sling sehingga sling tidak mampu menahan dan putus. Solusinya adalah mengganti sling dengan diameter yang lebih besar. Untuk sling yang terputus

dapat dilihat pada ambar 4.38 yang ditunjukkan tanda panah dan pergantian sling dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4. 38 Sling terputus



Gambar 4. 39 Pergantian sling dengan diameter yang lebih besar

3. Permasalahan berikutnya adalah sling terputus lagi pada siklus ke 50.000 atau percobaan terakhir. Ini disebabkan sling tidak mampu menahan beban tarik yang terus menerus. Solusinya adalah memperhatikan diameter sling yang akan digunakan. Sling yang terputus pada percobaan terakhir dapat dilihat pada Gambar 4.40 yang ditunjukkan oleh tanda panah.



Gambar 4. 40 Sling terputus pada percobaan terakhir.

4. Permasalahan berikutnya adalah terjadinya aus pada gerigi *seatclamp* sehingga saat akan melakukan pengujian berikutnya daya cengkram dari *seatclamp* berkurang. Solusi yang dilakukan adalah melakukan pergantian pada *seatclamp* ketika akan melakukan pengujian selanjutnya. *Seatclamp* yang mengalami aus setelah proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.41.



Gambar 4. 41 *Seatclamp*

Saat proses pengujian dilakukan juga pengecekan suhu pada silinder pneumatik dikarenakan suhu maksimal yang dapat ditahan oleh silinder pneumatik adalah suhu 60°C. Proses pengecekan suhu dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4. 42 Proses pengecekan suhu silinder pneumatik

Setelah dilakukan proses pengujian alat dengan serangkaian percobaan maka didapatkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan kesimpulan pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Hasil pengujian alat

Pengujian Ke-	Jumlah Siklus	Tekanan Kompresor	Kondisi	WAKTU ±	Suhu Silinder Pneumatik
0	0	8 bar	Pagi	0	31,2 °
1	5000	2 bar	Siang	38 menit	34,9 °

Pengujian Ke-	Jumlah Siklus	Tekanan Kompresor	Kondisi	WAKTU ±	Suhu Silinder Pneumatik
2	10000	2 bar	Siang	41 menit	36,9 °
3	15000	2 bar	Siang	37 menit	37 °
4	20000	2 bar	Siang	45 menit	36,6 °
5	25000	2 bar	Siang	43 menit	36,9 °
6	30000	2 bar	Sore	38 menit	36,7 °
7	35000	2 bar	Sore	37 menit	36,9 °
8	40000	2 bar	Sore	35 menit	35,7 °
9	45000	2 bar	Sore	34 menit	36,5 °
10	50000	2 bar	Sore	36 menit	35,3 °

Frekuensi pengujian yang terjadi pada pengujian alat uji *fatigue* rangka sepeda yaitu dengan mencari hasil siklus perdetik.

Siklus = 50.000 siklus

Waktu = 7 jam = 420 menit = 25.200 detik

Frekuensi pengujian : 50.000siklus/25.200detik

: 1,98 siklus/detik = 1,98Hz

Sehingga frekuensi pengujian alat uji *fatigue* rangka sepeda tersebut tidak melebihi frekuensi 10Hz yang terdapat pada standar ISO 4210:3.

Tabel 4. 5 Kesimpulan pengujian

	Pertanyaan	Keterangan
Kesimpulan	Apakah alat uji mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus?	Mampu, alat uji <i>fatigue</i> pada bagian <i>seat tube</i> rangka sepeda mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus mengacu pada standar ISO 4210-6
	Apakah sistem kendali alat uji mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus?	Mampu, sistem kendali alat uji <i>fatigue</i> pada bagian <i>seat tube</i> rangka sepeda mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus

#### 4.8 Analisis dan Pembahasan

Pelaksanaan tugas akhir ini adalah perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* yang mengacu pada standar ISO 4210-6. Observasi dan studi literatur adalah proses awal yang akan digunakan sebagai pedoman dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji.

Langkah perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* dimulai dengan pembuatan sketsa awal alat uji. Kemudian sketsa awal tersebut diaplikasikan ke dalam proses desain 3D menggunakan *software CAD Solidworks*. Setelah proses desain dilakukan, langkah selanjutnya yaitu membuat sistem kendali alat uji tersebut. Lalu melanjutkan pembuatan alat uji sesuai dengan desain yang dibuat dan pembuatan sistem kendali yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah langkah pembuatan alat uji dan sistem kendali alat uji, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian alat untuk mengetahui apakah alat uji mampu melakukan pengujian atau tidak yang mengacu pada standar ISO 4210-6.

Berdasarkan langkah pengujian alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube*, alat uji memenuhi semua dari kriteria desain yang telah ditentukan. Berikut adalah kriteria desain dan pembuktiannya :

1. Alat uji mampu melakukan pengujian sebanyak 50.000 siklus dalam satu kali pengujian. Berdasarkan dari hasil pengujian, alat uji mampu melakukan pengujian pada bagian *seat tube* rangka sepeda sebanyak 50.000 siklus.
2. Sistem kendali alat uji mudah dicapai oleh pengguna ketika alat uji akan dioperasikan. Sistem kendali dibuat dan dirancang dengan ketinggian 80 cm yang dilengkapi dengan pin konektor untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan alat uji. Proses pengoperasian alat dapat dilihat pada Gambar 4.43.



Gambar 4. 43 Proses pengoperasian alat uji

3. Alat uji mampu menguji rangka sepeda gunung. Berdasarkan hasil dari studi literatur dan observasi dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji, dimensi alat uji dirancang untuk jenis sepeda tersebut.
4. Silinder pneumatik mampu menghasilkan gaya penarik sebesar 1200 N. Proses pemilihan silinder pneumatik berdasarkan persamaan perhitungan untuk menentukan diameternya memang sudah dirancang untuk menghasilkan gaya penarik sebesar 1200N.
5. Alat uji mengacu pada standar ISO 4210-6 Perancangan dan pembuatan alat uji rangka sepeda pada bagian *seat tube* mengacu pada skema pengujian standar ISO 4210-6.



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Alat uji berhasil dirancang dan dibuat dengan acuan pada standar ISO 4210-6 dengan hasil pengujian alat uji bekerja sesuai dengan kriteria desain.
2. Sistem kendali elektropneumatik berjalan dengan lancar sebanyak 50.000 siklus pengujian selama lebih kurang 7 jam pengujian.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Adapun beberapa hal yang disarankan untuk perancangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan komponen PLC dalam sistem kendali untuk mengurangi error yang terjadi selama pengujian berlangsung.
2. Menambahkan mekanisme sistem pendingin pada silinder pneumatik agar suhu silinder pneumatik stabil sehingga pada saat pengujian kecepatan gerak dan pembacaan data siklus dari silinder pneumatik tidak mengalami gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, A. (2009). Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Dengan Pengontrolan Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*, 3(18), 21–28.
- Anditha, F. I., Kabul, T., & Ym, W. (2017). HOLDER MECHANISM PADA SHEET METAL SHEARING MACHINE DESIGN AND SIMULATION OF ELECTRO PNEUMATIC HOLDER MECHANISM ON SHEET METAL SHEARING MACHINE lain “ Perancangan Simulasi Sistem Pergerakan Controller Modulle untuk Rancangan Mesin Holder Mechanism pada She. *Profisiensi*, 5(1), 51–60.
- Arsyad, M., Wahyuni, N., Jurusan, D., Mesin, T., Negeri, P., & Pandang, U. (2021). *Modifikasi Sepeda Konvensional Menjadi Sepeda Listrik*. 40–43. <https://www.polygonbikes.com/id/mengenal-sejarah-dan-munculnya-sepeda-di-indonesia/>
- Bahri, M. (2016). *Strength Analyze of Passenger Car on Dynamic Radial Fatigue Simulation Test Using Finite Element Methods*.
- Budiyanto, E., Nugroho, E., & Zainudin, A. (2018). Uji Ketahanan Fatik Aluminium Scrap Hasil Remelting Piston Bekas Menggunakan Alat Uji Fatik Tipe Rotary Bending. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(1). <https://doi.org/10.24127/trb.v7i1.717>
- Dona, M., Louk, A. C., & Tanesib, J. L. (2018). Otomatisasi Sistem Buka-Tutup Atap Rumah Teleskop Dan Pengontrol Kelembaban Udara Menggunakan Raspberry Pi 3. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 3(3), 163–169. <https://doi.org/10.35508/fisa.v3i3.622>
- Ghazaly, N. M. (2014). Applications of Finite Element Stress Analysis of Heavy Truck Chassis: Survey and Recent Development. *Journal of Mechanical Design and Vibration*, 2(3), 69–73. <https://doi.org/10.12691/jmdv-2-3-3>
- Islahudin, I., Riadi, F., Rosdaniah, R., & Yustina Yuyun, Y. Y. (2019). Rancang Bangun Sensor Tekanan Berbasis Koil Datar Untuk Mengukur Tekanan Hidrostatik Air Bendungan Rawan Banjir Di Wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan*

- Fisika*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.31764/orbita.v5i1.893>
- ISO 4210:3. (2016). *International Standard. 2015*.
- ISO 4210:6. (2014). *International Standard. 61010-1 © Iec:2001, 2014*, 13.
- Lutfi, F. Z., & Baehaqi, M. (2022). Pengaruh Healty Lifestyle, Perceived Quality dan Perceived Value Terhadap Keputusan Pembelian Sepeda Jenis Roadbike Merk Polygon. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi (JIMMBA)*, 4(4), 462–478. <https://doi.org/10.32639/jimmba.v4i4.129>
- Nur Hidayati A & Faisol M. (2016). *Design of Machine Striping Bamboo With Electronic Control Systems-Pneumatic*. 1–112.
- Putra, G. S. (2016). *Analisa Kekuatan Rangka Road Bike Dengan Variasi Arah Serat, Jumlah Lapisan Dan Jenis Material Carbon Fiber*.
- Rahmatullah, R., & Ahmad, R. (2018). Analisa Pengujian Lelah Material Bronze Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2430>
- Ramadani, A. H. (2017). EFEKTIFITAS PENGGUNAAN PROGRAM FESTO FLUIDSIM DALAM PRAKTIKUM PNEUMATIKA DAN HIDROLIKA (mahasiswa teknik mesin universitas hasyim asy`ari). *Reaktom : Rekayasa Keteknikan Dan Optimasi*, 2(1), 42–47. <https://doi.org/10.33752/reaktom.v2i1.154>
- Ridha, M., Jamluddin, & Azhar. (2020). Rancang Bangun Sistem Kontrol Elektro Pneumatik Sebagai Pengatur Tuas Penutup Botol Minuman. *Jurnal Tektro*, 4(1), 43.
- Romadhon, S. A., & Rustiadi, T. (2016). Motivasi dan Minat Masyarakat Dalam Berolahraga Sepeda di Kota Semarang. *Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 4(2), 1613–1620.
- Setyono, B. (2016). Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid “Trisona” Menggunakan Software Autodesk Inventor. *Jurnal IPTEK*, 20(2), 37. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2016.v20i2.43>
- Sugasta, H. H., Widodo, S., & Mayuni, S. (2016). Analisis Efektivitas Lajur Khusus Sepeda Pada Kawasan Perkotaan Pontianak ( Studi Kasus Jalan Sutan Syahrir - Jalan Jendral Urip - Jalan K. H. W. Hasyim - Jalan

Merdeka). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 4(4), 1–9.  
<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/19197>

Tomaszewski, T. (2021). Fatigue life analysis of steel bicycle frame according to ISO 4210. *Engineering Failure Analysis*, 122(September 2020), 105195.  
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.105195>

## 4.5 Frame — Fatigue test with a vertical force

### 4.5.1 General

Where a frame is convertible for male and female riders by the removal of a bar, remove the bar.

Where a suspension frame has adjustable brackets or linkages to vary the resistance of the bicycle against the ground-contact forces or to vary the attitude of the bicycle, arrange the positions of these adjustable components to ensure maximum forces in the frame. Secure the rear suspension as described in 4.3.1.

If a suspension fork is fitted lock it at a length equivalent to that with an 80 kg (in case of young adult bicycles, apply 40 kg) rider seated on the bicycle either by adjusting the spring/damper or by external means.

### 4.5.2 Test method

Mount the frame in its normal attitude and secured at the rear dropouts so that it is not restrained in a rotary sense (i.e. preferably by the rear axle) as shown in Figure 5. Fit a suitable roller to the front axle in order to permit the frame to flex in a fore/aft sense under the test forces.

Insert intended seat post at minimum insertion depth or equivalent to a seat stem to a depth of 75 mm in the top of the seat tube and secure this to the manufacturer's instructions by the normal clamp. Securely attach a horizontal, rearward extension (E in Figure 5) to the top of this bar such that its length (dimension  $h_3$  in Figure 5) places point H in a position equivalent to that of the centre of the saddle clamp with the bicycle at its maximum saddle height recommended for the particular frame, or, if the maximum saddle height information is not available, dimension  $h_3$  shall be 250 mm.

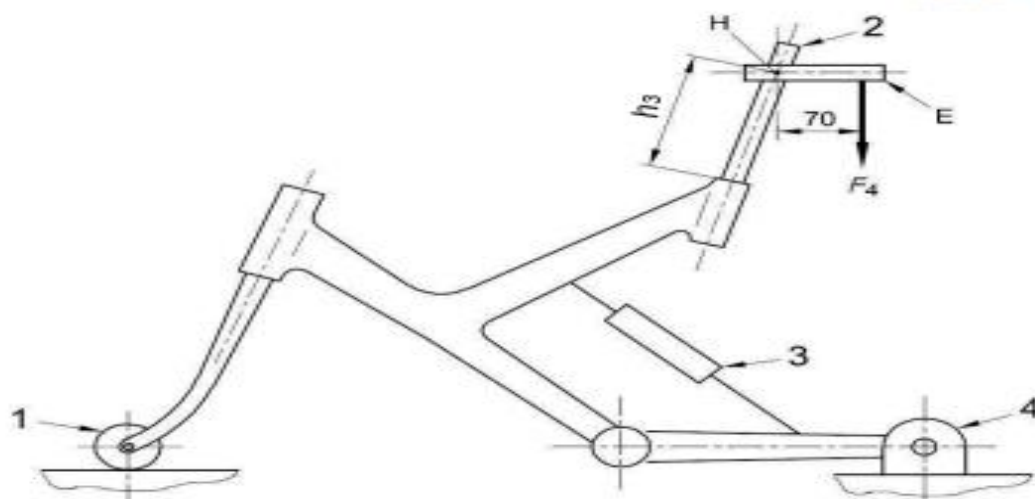
Apply cycles of dynamic, vertically-downward forces of  $F_4$  at a point 70 mm behind the intersection of the axes of the solid steel bar and the extension piece, E, as shown in Figure 5 for 50 000 test cycles. The forces are given in Table 5. The maximum test frequency shall be maintained as specified in ISO 4210-3:2014, 4.5.

ISO 4210-6:2014(E)

Table 5 — Forces on seat stem

Bicycle type	Forces in newtons			
	City and trekking bicycles	Young adult bicycles	Mountain bicycles	Racing bicycles
Force, $F_4$	1 000	500	1 200	1 200

Dimensions in millimetres

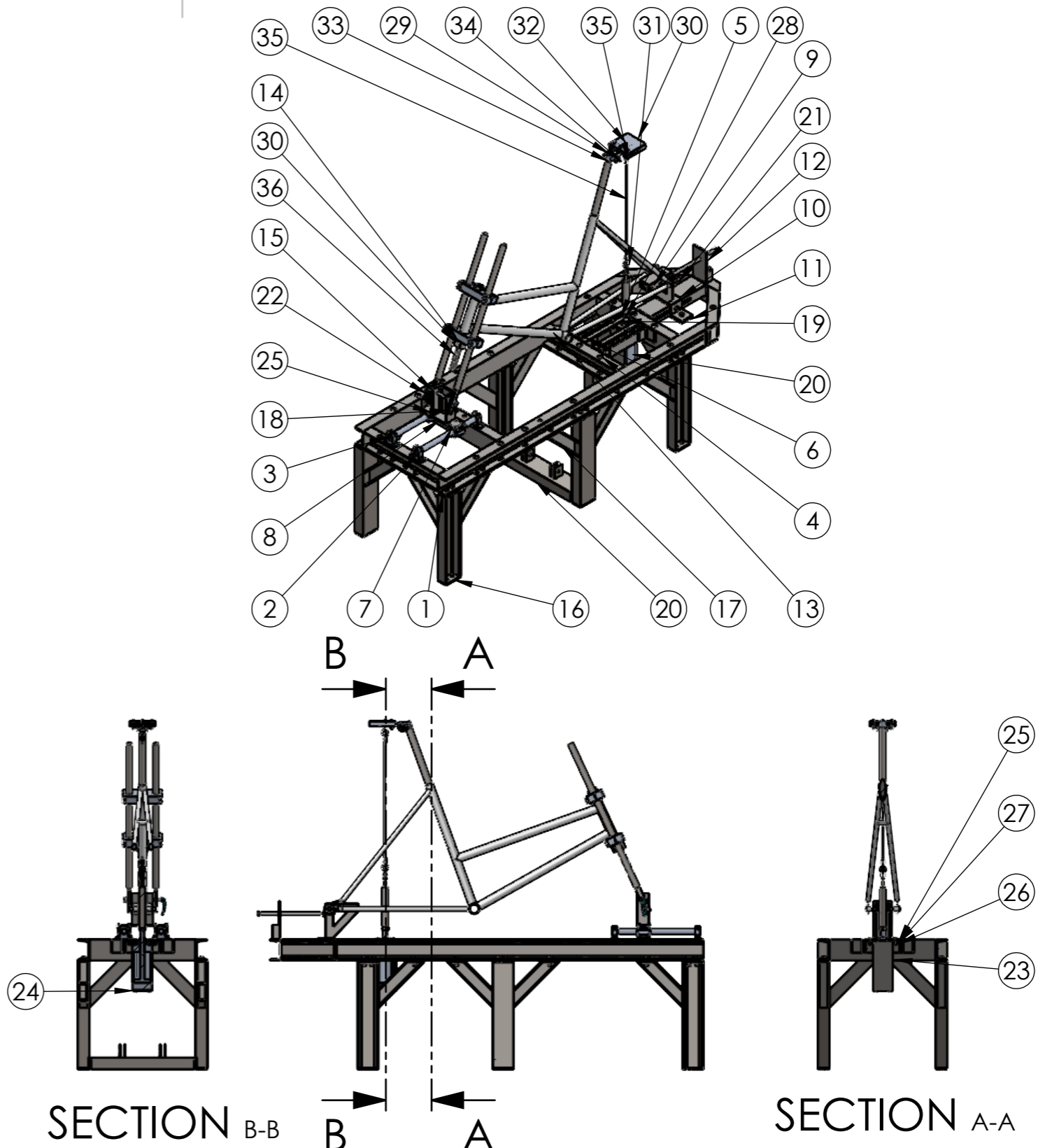


#### Key

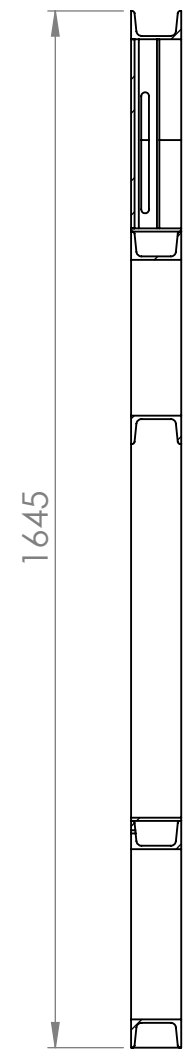
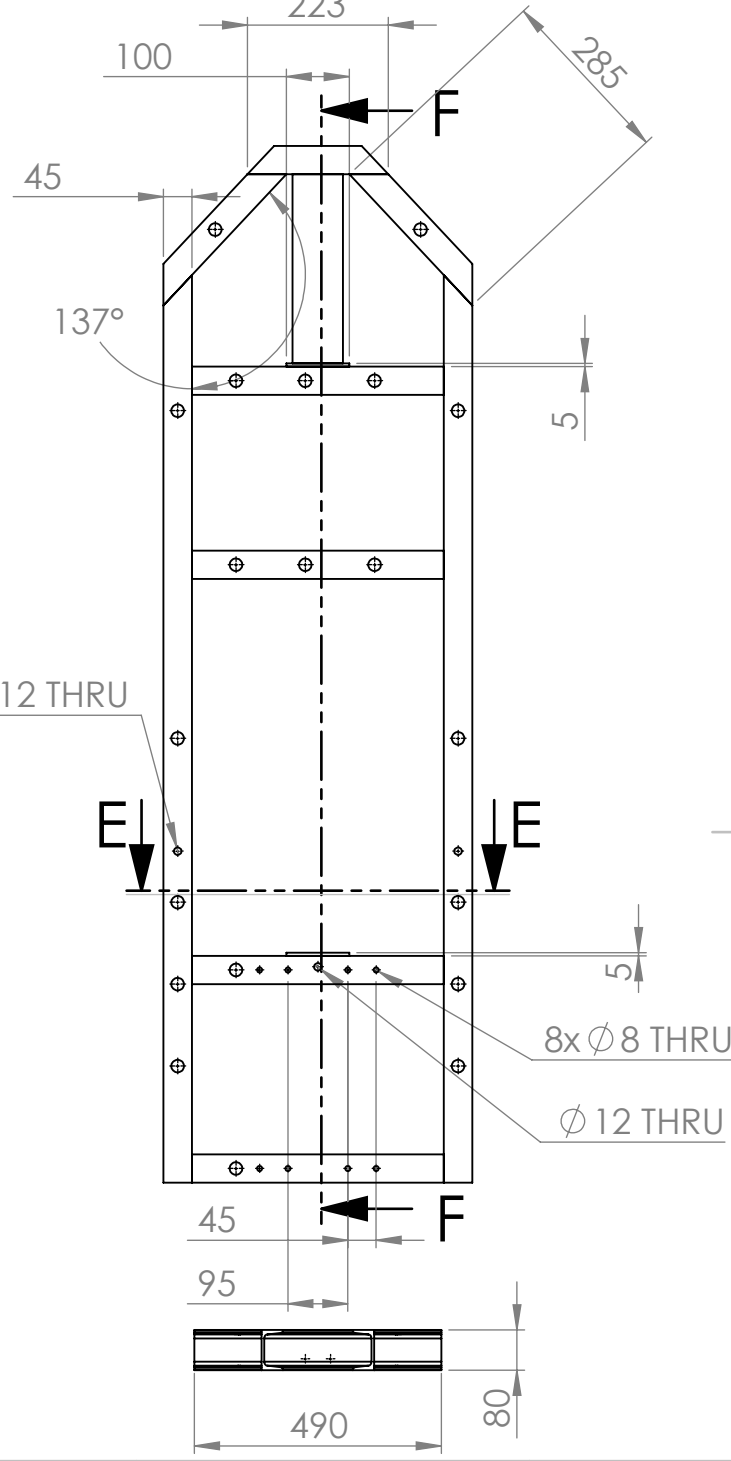
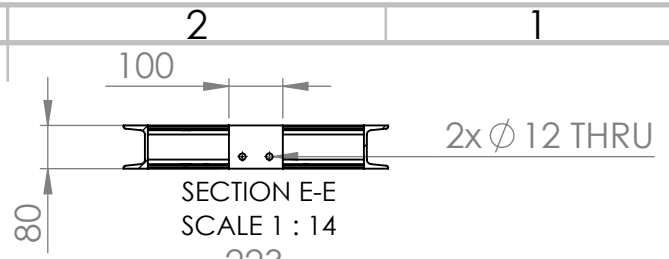
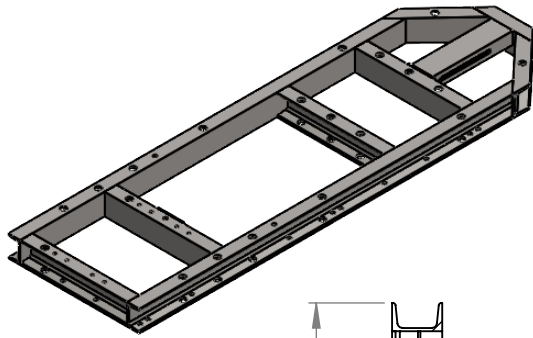
- E horizontal, rearward extension
- H position equivalent to that of the centre of the saddle clamp with the bicycle
- 1 free-running roller
- 2 steel bar
- 3 locked suspension unit or solid link for pivoted chain stays
- 4 rigid, pivoted mounting for rear axle attachment point

Figure 5 — Frame — Fatigue test with a vertical force

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Frame Alat Uji	1
2	Bracket Pipa	4
3	Pipa Depan	2
4	Besi Siku 5x5	2
5	Plat Support Siku	4
6	Support Pengunci Siku	4
7	Block Bearing	2
8	Plat Penahan Depan	1
9	Penahan Rear Dropout	1
10	Penahan Rear Dropout 1	1
11	Plat Penahan Rear Dropout 2	1
12	Penahan Belakang	1
13	Frame Sepeda	1
14	Pengunci Fork	2
15	Pipa 1 Inch	2
16	Kaki Meja	6
17	Support Kaki Meja	12
18	Penahan Depan	1
19	Pneumatik 75 mm	1
20	Kaki Tengah	1
21	Poros Belakang	1
22	Quick Release	1
23	Dudukan Belakang	1
24	Dudukan Pneumatik Belakang 2	1
25	Dudukan Pneumatik Belakang Layer 1	1
26	Dudukan Pneumatik Belakang Layer 2	1
27	Support Braket Belakang	2
28	Pengubung Pneumatik Belakang	1
29	Besi Saddle	1
30	Plat Aluminium Dudukan Penarik Sadel	1
31	Rod End 8mm	1
32	Besi Seat	2
33	Clamp Saddle	1
34	Baut Saddle	1
35	Sling	1
36	Pengunci Head Tube	1



FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION 02	
DRAWN IRSYAD JANNATA		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D		MFG		Q.A		BILL OF MATERIAL	
MATERIAL:		DRAWING NAME:		SADDLE		A3	
WEIGHT:		SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1			



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 03

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN IRSYAD JANNATA		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:  
**RANGKA ALAT UJI**

MATERIAL:

DWG NO.

A4

WEIGHT:

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

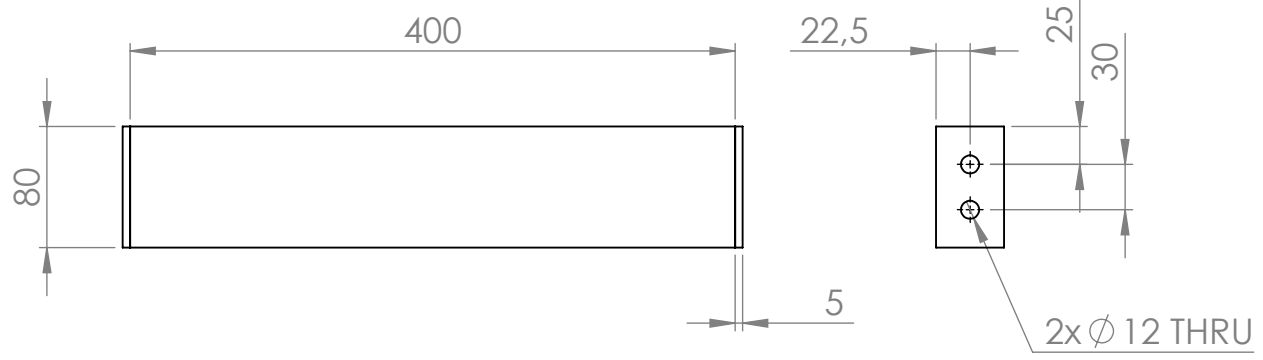
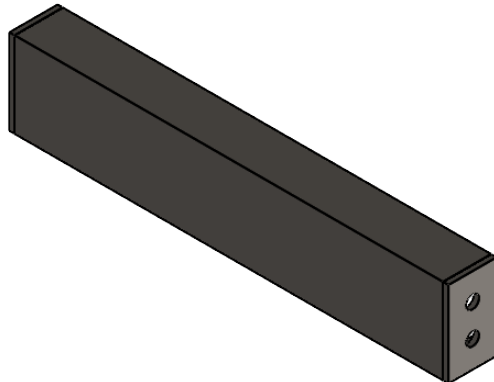
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**KAKI RANGKA  
 ALAT UJI**

DWG NO. A4

WEIGHT: SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

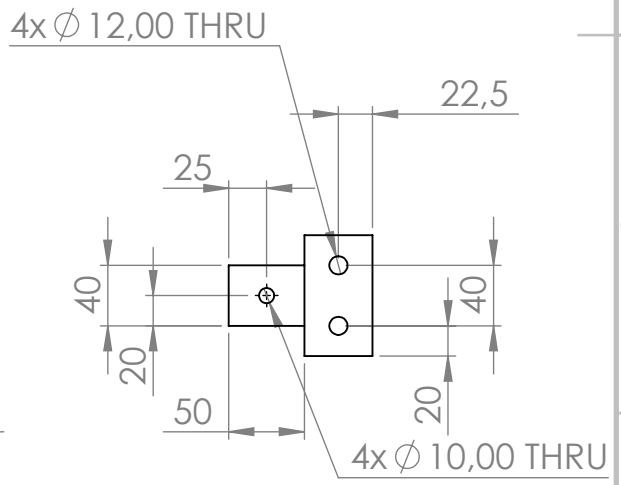
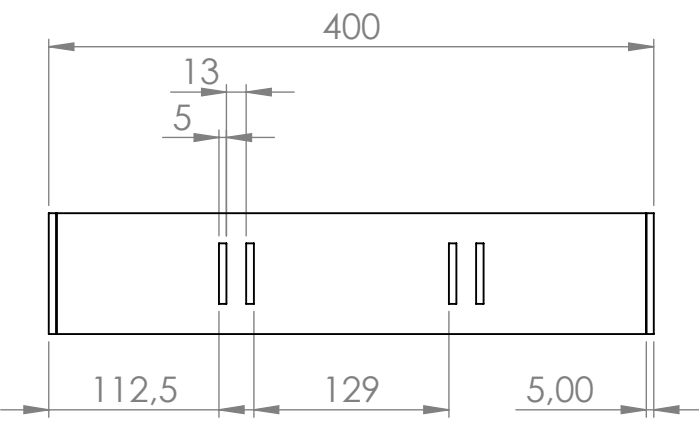
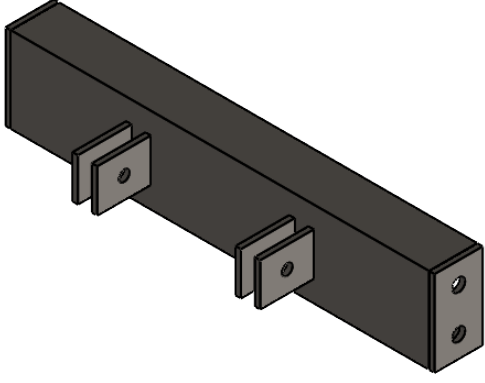
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 02

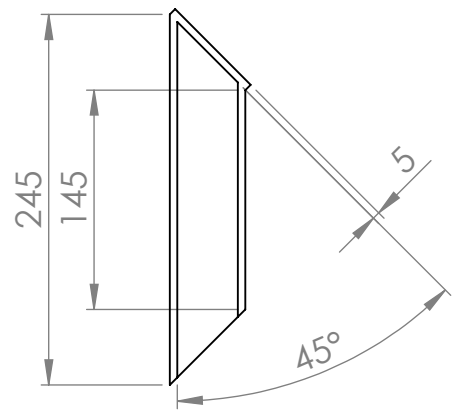
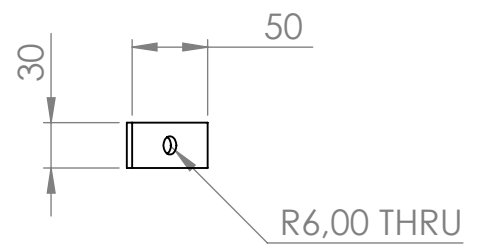
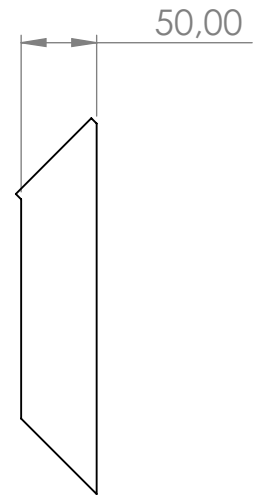
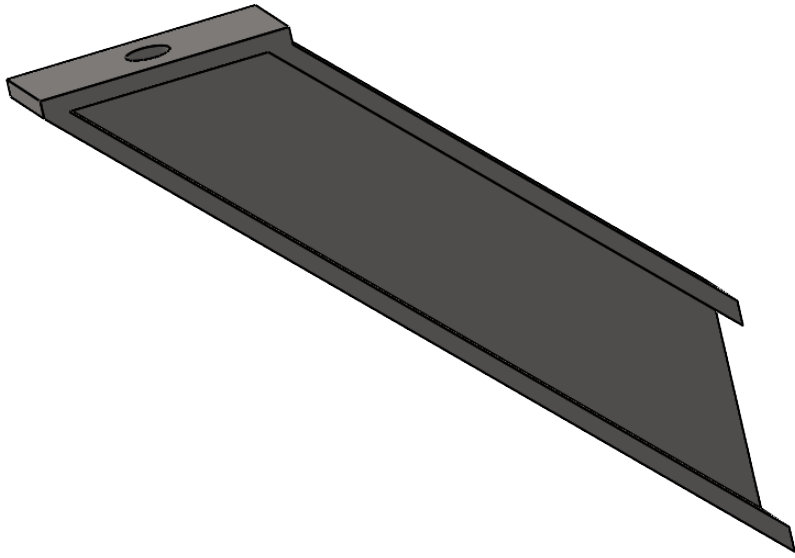
NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN IRSYAD JANNATA		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:  
**KAKI TENGAH  
RANGKA ALAT UJI**

DWG NO. A4

SCALE: 1:5 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN IRSYAD JANNATA		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:  
**SUPPORT KAKI  
 RANGKA ALAT UJI**

DWG NO. A4

SCALE: 1:5 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

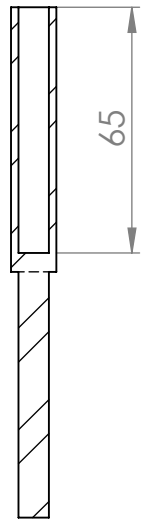
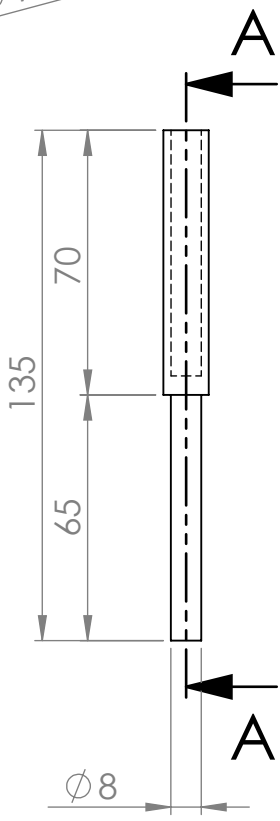
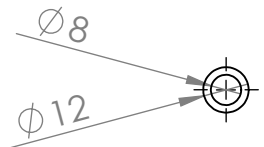
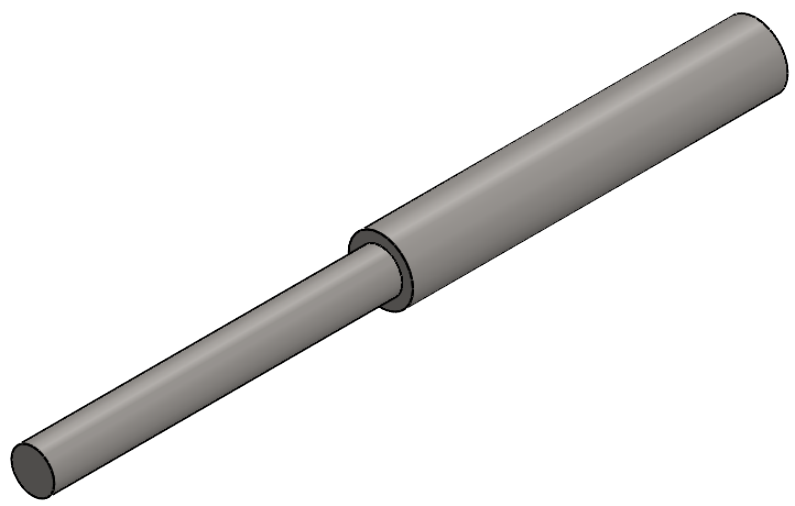
D

C

C

B

B



SECTION A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PENGHUBUNG  
 PNEUMATIK**

DWG NO. A4

SCALE: 1:2 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

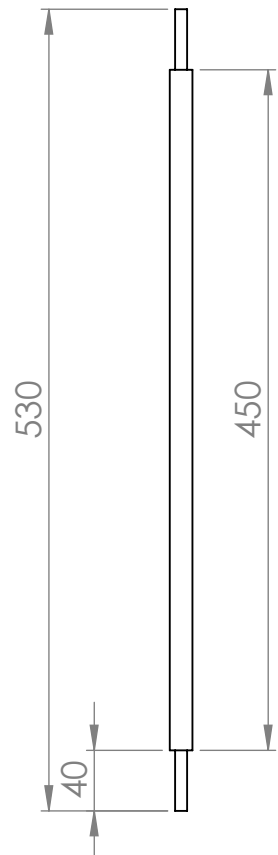
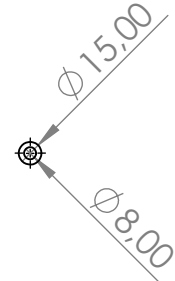
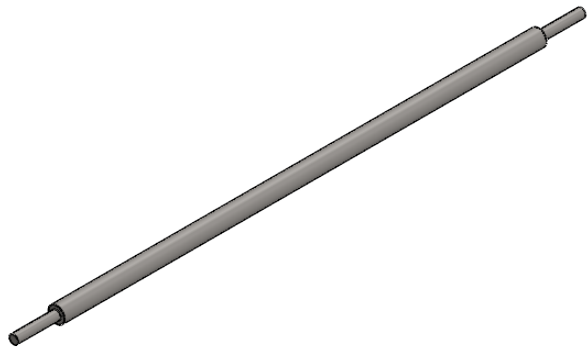
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PENGHUBUNG  
 BELAKANG DAN PEDAL**

DWG NO. A4

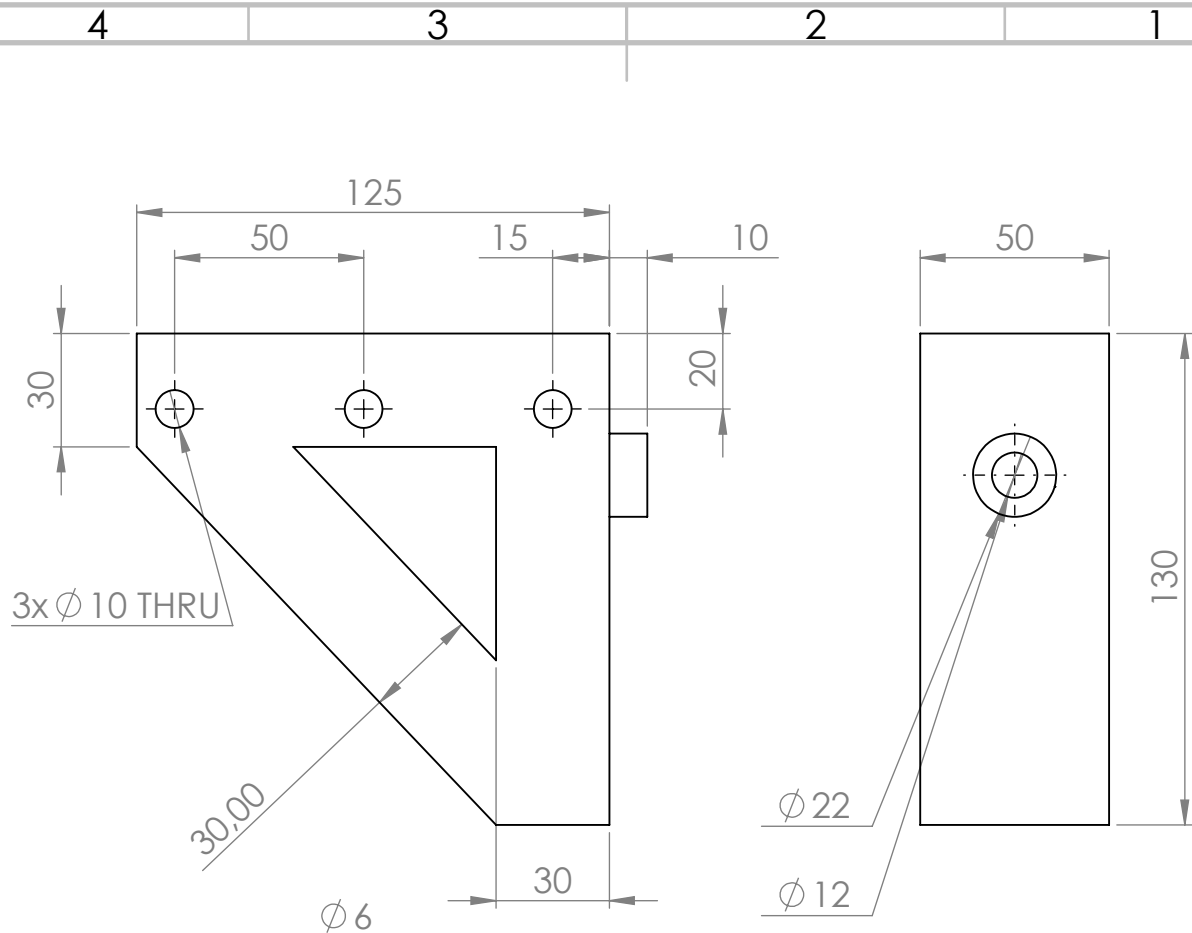
WEIGHT: SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A



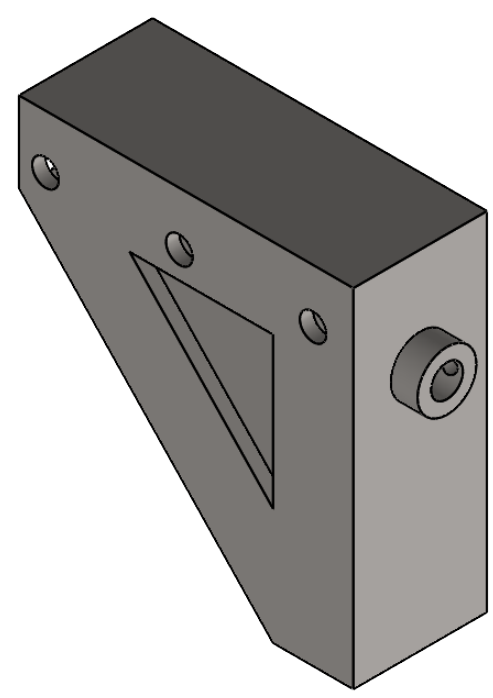
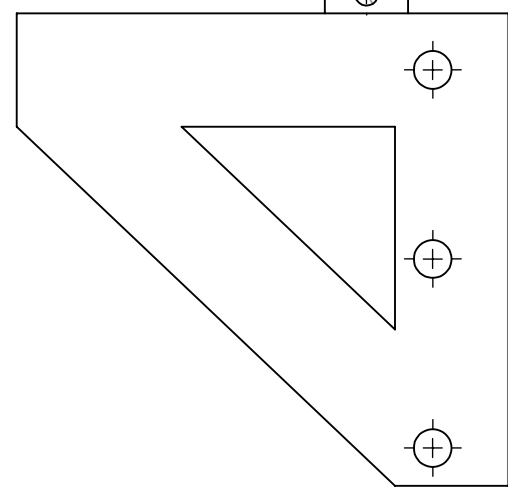
3x  $\phi$  10 THRU

30,00

$\phi$  6

$\phi$  22

$\phi$  12



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION	02
DRAWN			SIGNATURE	DATE	TITLE: <b>CAGAKAN BELAKANG</b>		
IRSYAD JANNATA							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4		
			WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1		

# CAGAKAN BELAKANG

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

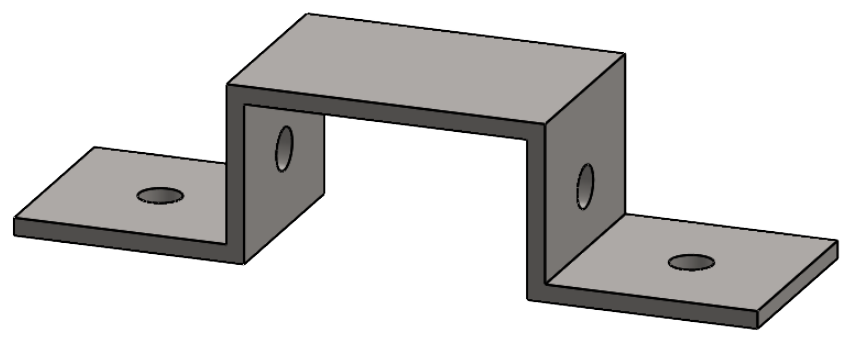
4 3 2 1

F

F

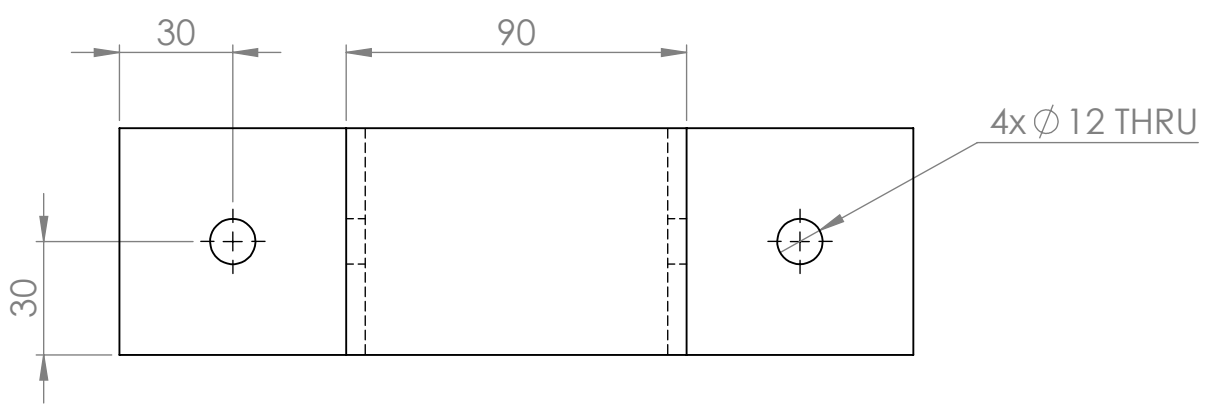
E

E



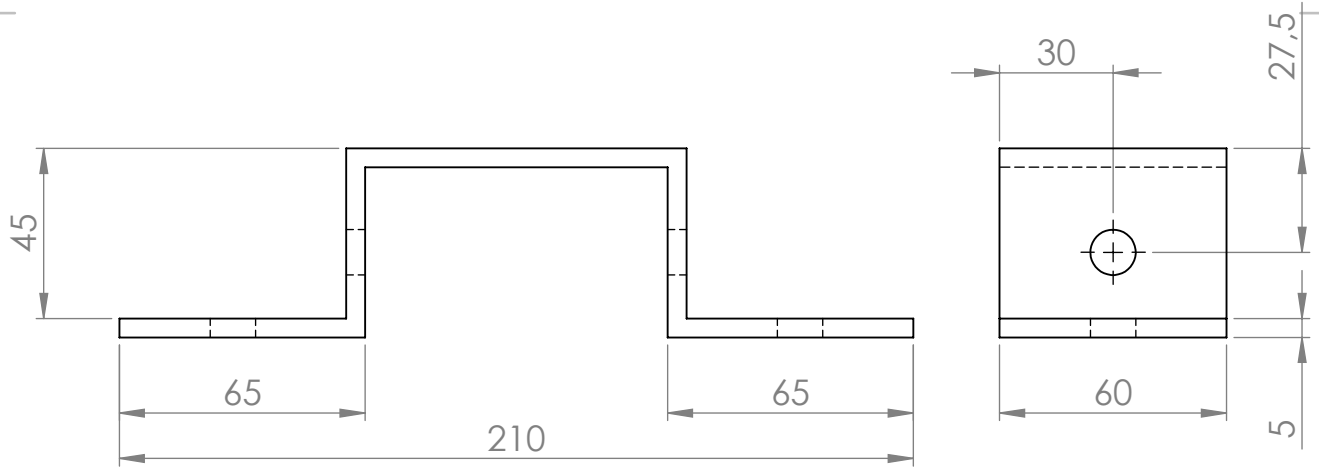
D

D



C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

A

A

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN IRSYAD JANNATA		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:  
**PENAHAN CAGAKAN  
BELAKANG 1**

MATERIAL:

DWG NO. -

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

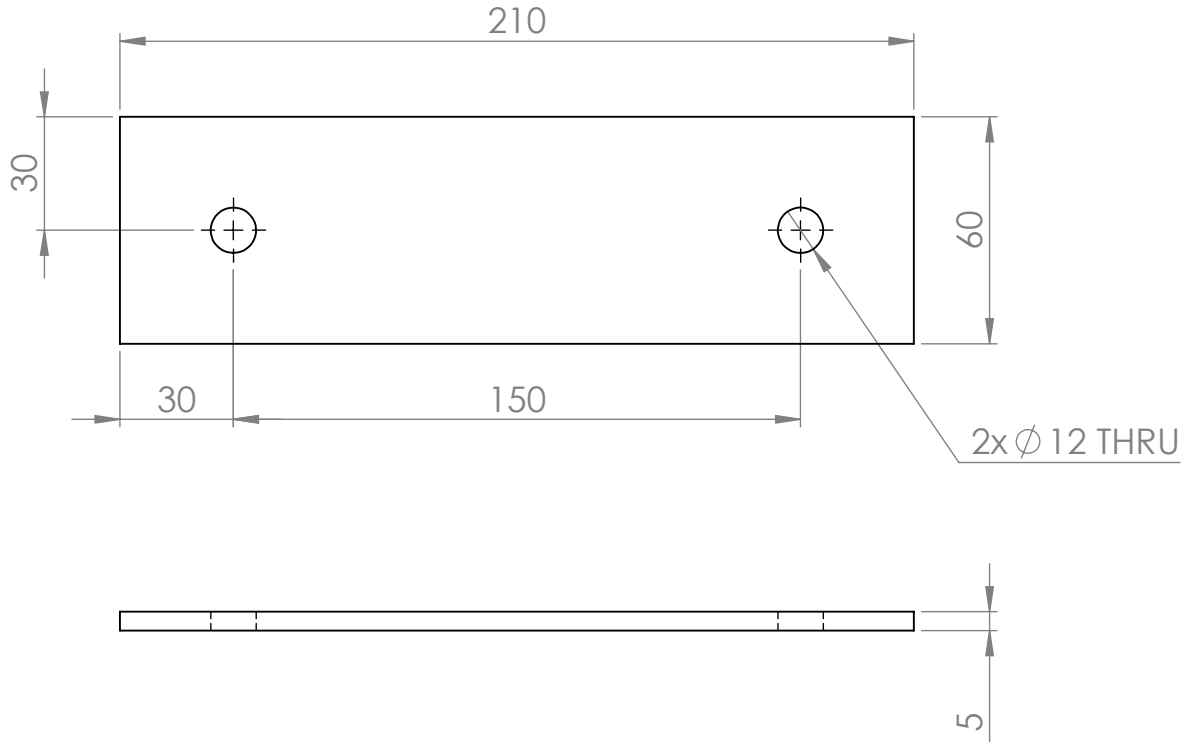
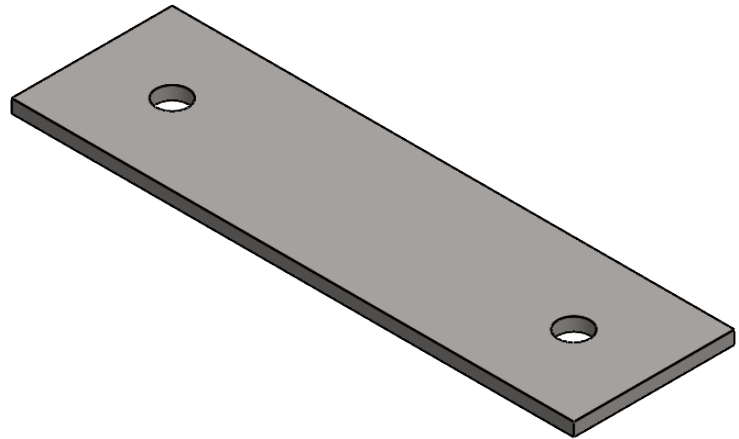
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PENAHAN CAGAKAN  
 BELAKANG 2**

MATERIAL:  
 DWG NO. A4

WEIGHT:  
 SCALE:1:2 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

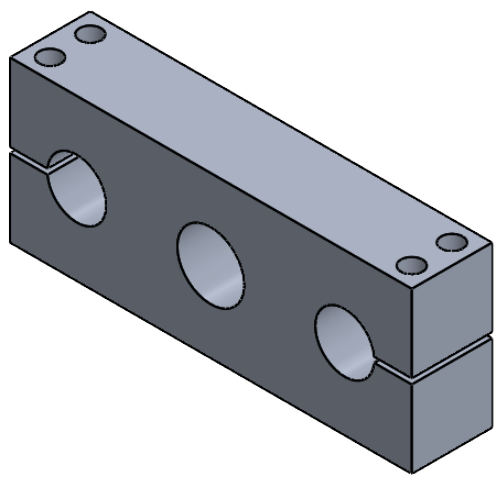
4 3 2 1

F

F

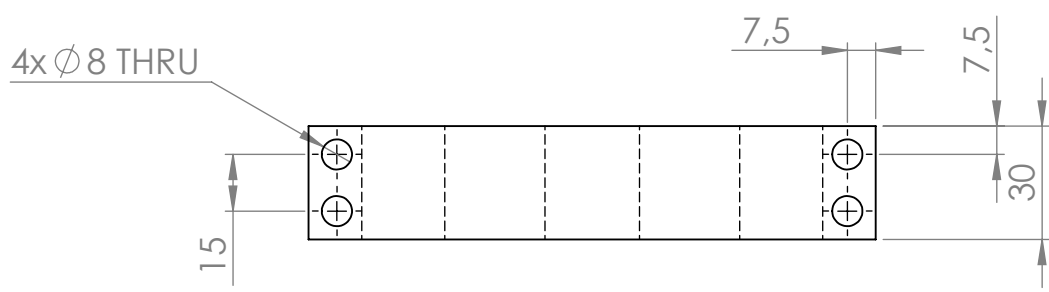
E

E



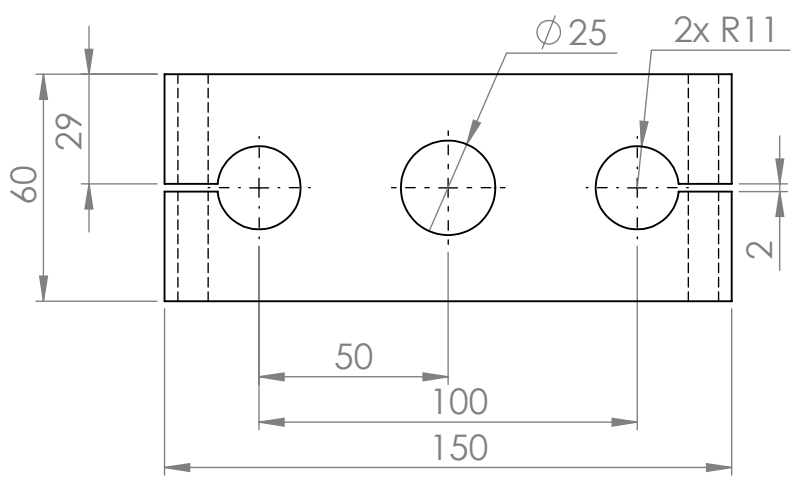
D

D



C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

A

A

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE: **PENGUNCI FORK**

MATERIAL:

DWG NO.

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1



4 3 2 1

F

F

E

E

D

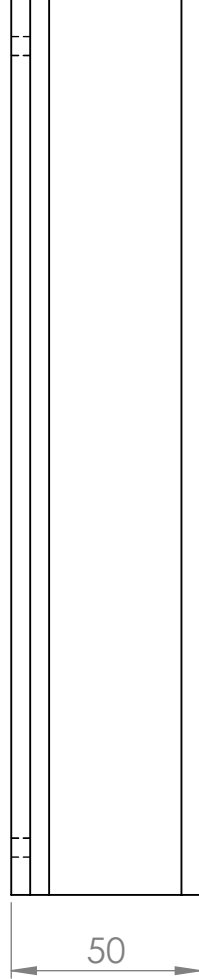
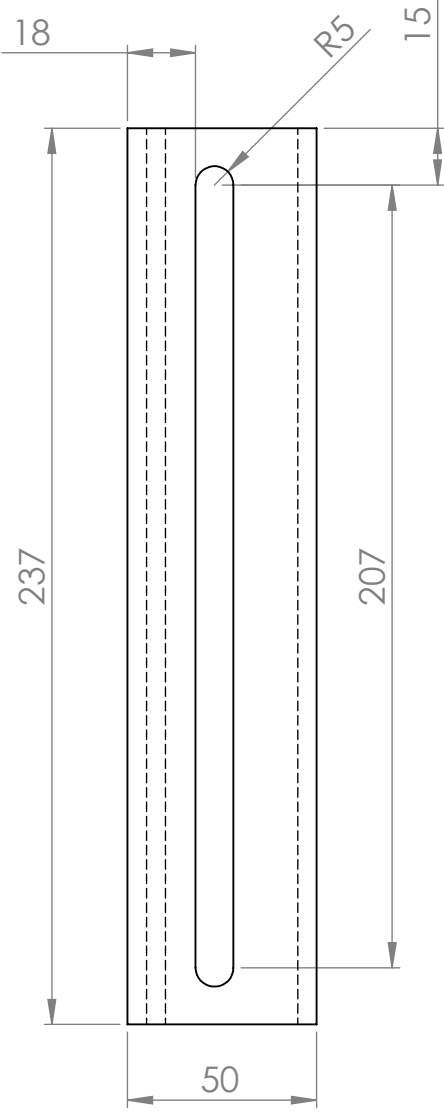
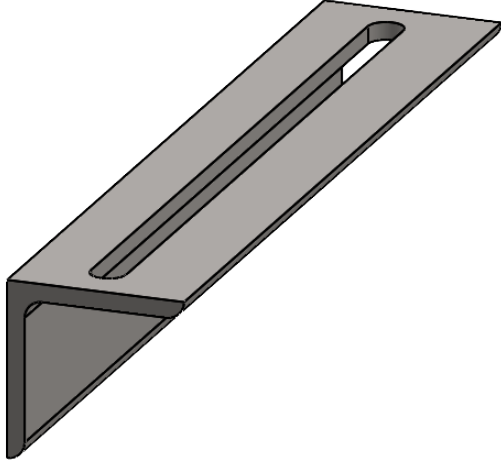
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

02

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**JALUR PNEUMATIK  
 BELAKANG**

MATERIAL:

DWG NO.

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

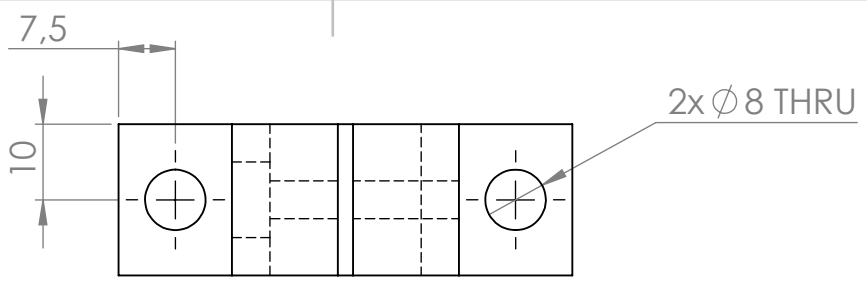
A

A

4 3 2 1

F

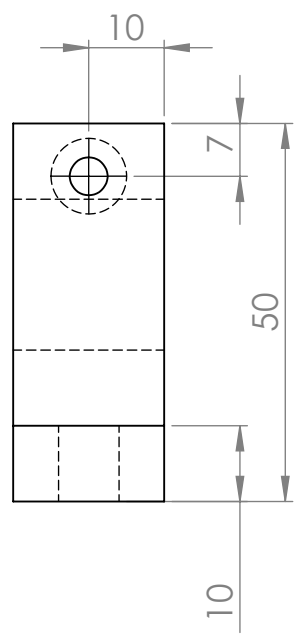
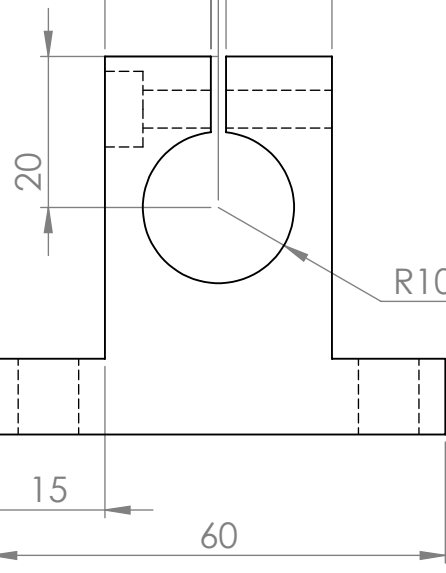
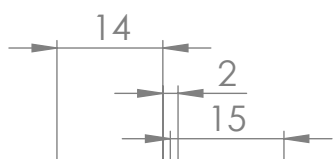
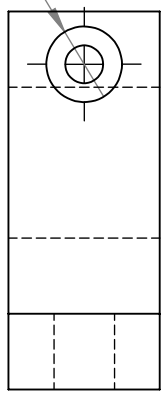
F



E

E

Ø5 THRU  
Ø10 ∇5

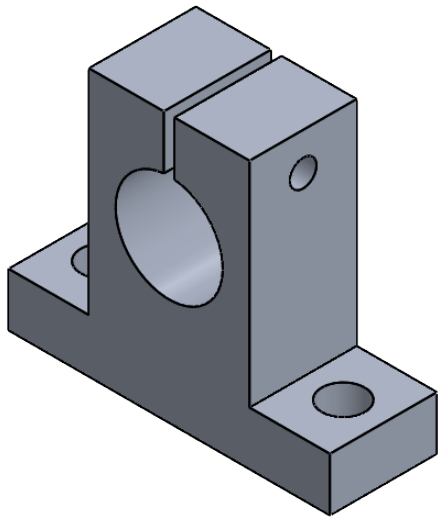


D

D

C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**BRACKET PIPA  
JALUR DEPAN**

DWG NO. A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

A

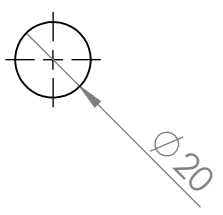
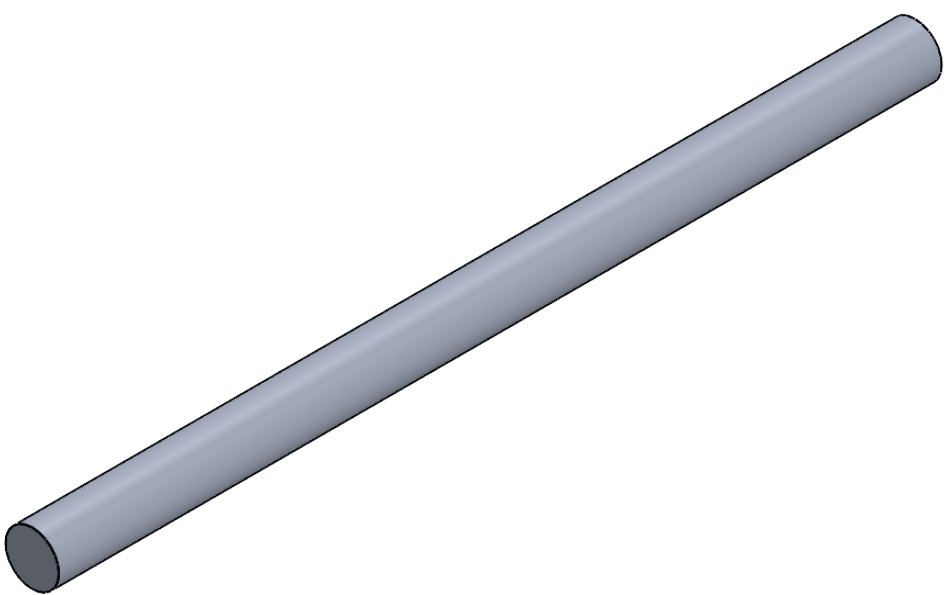
A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F



E

E

D

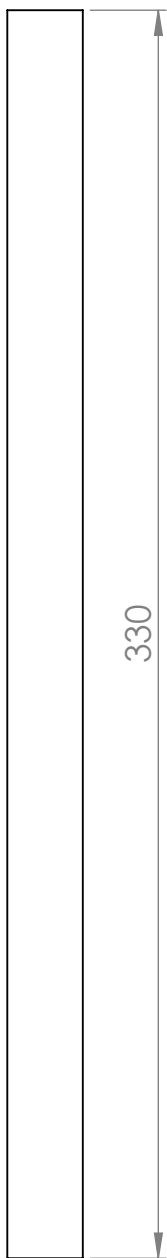
D

C

C

B

B



330

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PIPA JALUR DEPAN**

MATERIAL:

DWG NO.

A4

WEIGHT:

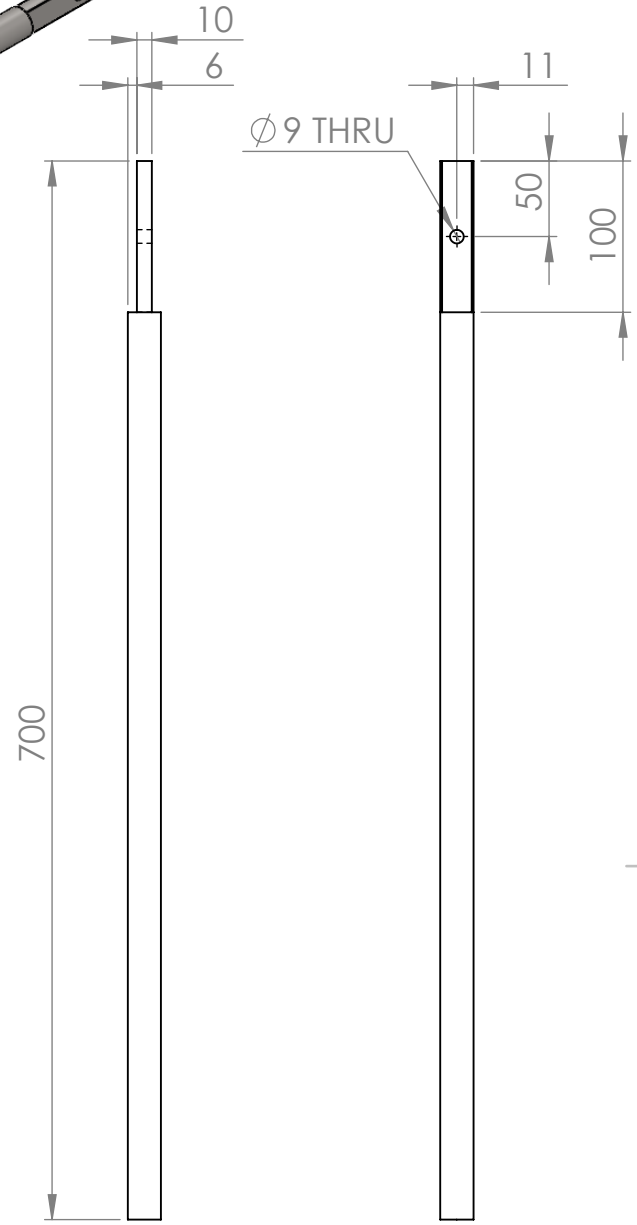
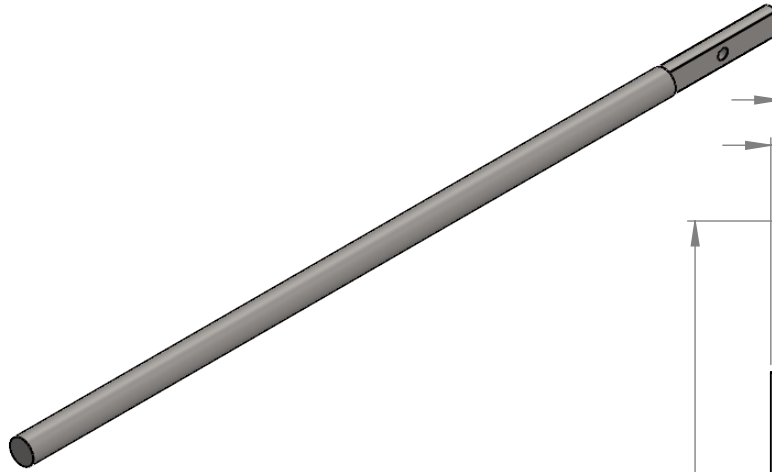
SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A



Ø22

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

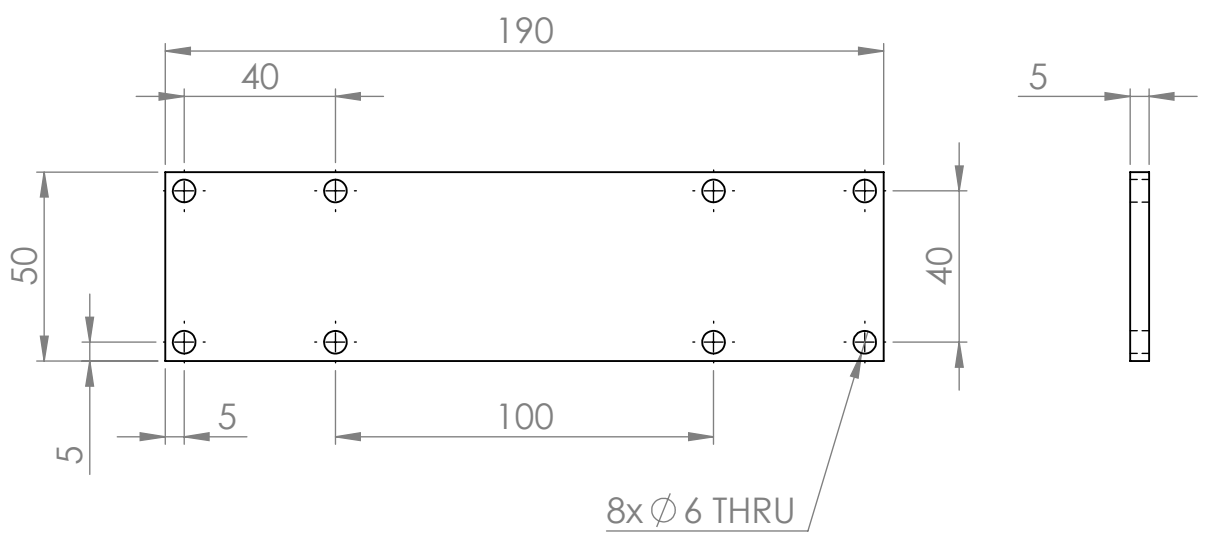
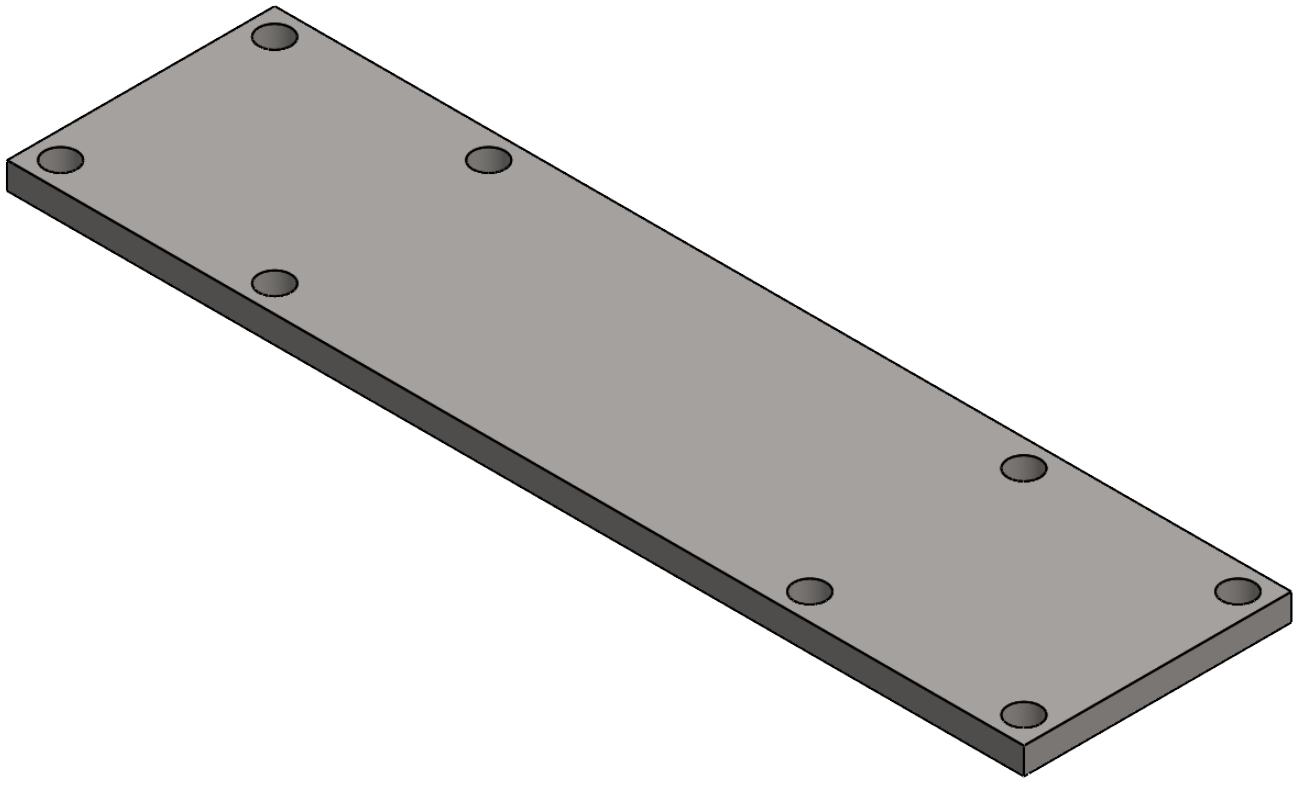
REVISION 01

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PIPA FORK**

DWG NO. A4

SCALE:1:10 SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION 03

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PENAHAN  
 CAGAKAN DEPAN**

MATERIAL:

DWG NO.

A4

WEIGHT:

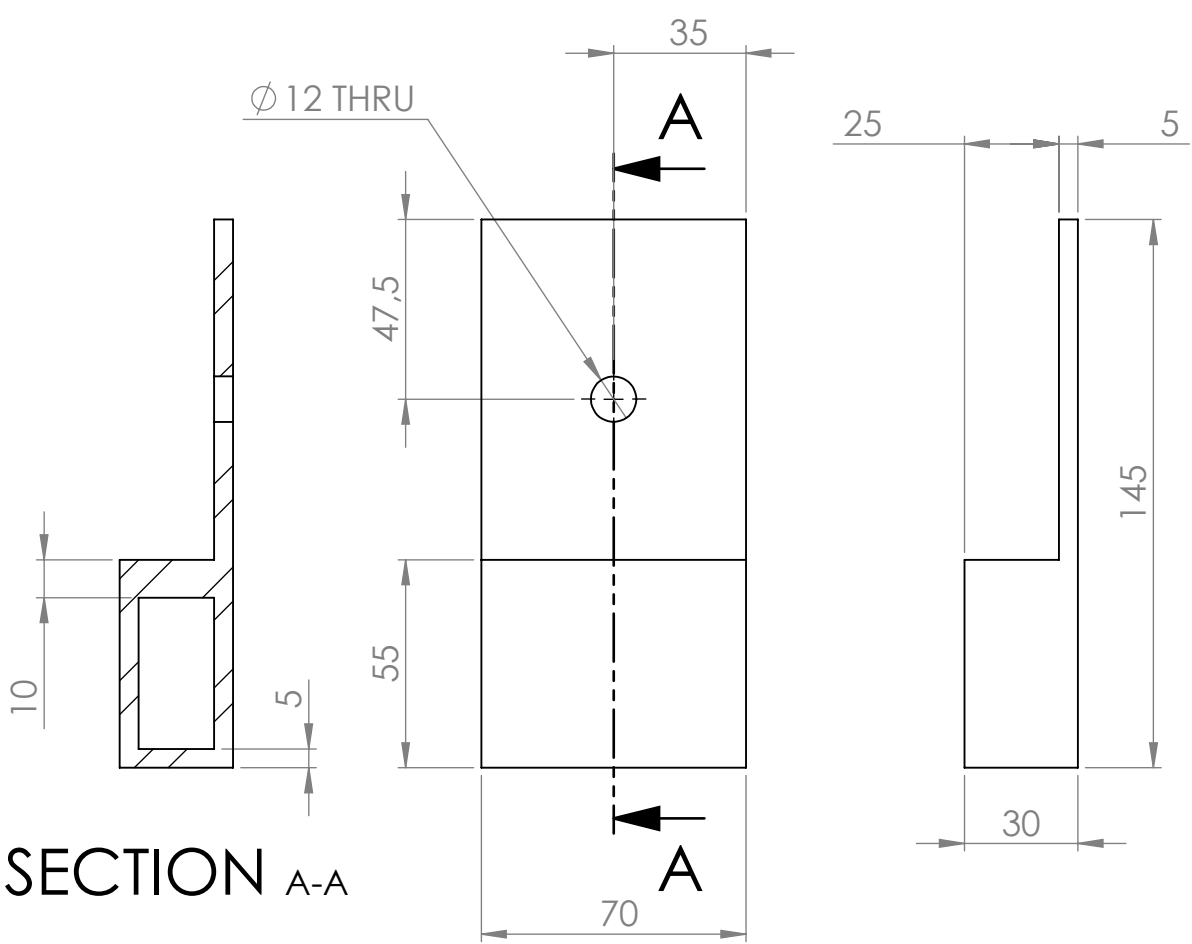
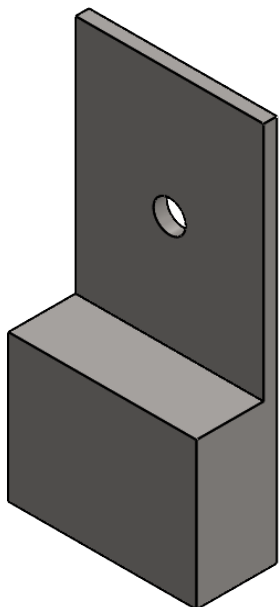
SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F  
E  
D  
C  
B

F  
E  
D  
C  
B



SECTION A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

02

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<h1>PENAHAN BELAKANG</h1>
DWG NO.	
MATERIAL:	A4
WEIGHT:	SCALE:1:2
	SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

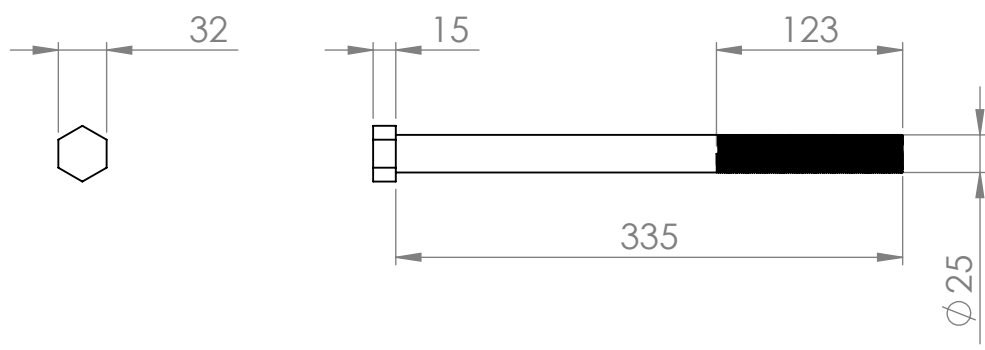
D

D



C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

01

A

A

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNAT		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PENGUNCI HEAD  
TUBE**

MATERIAL:

DWG NO.

A4

WEIGHT:

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

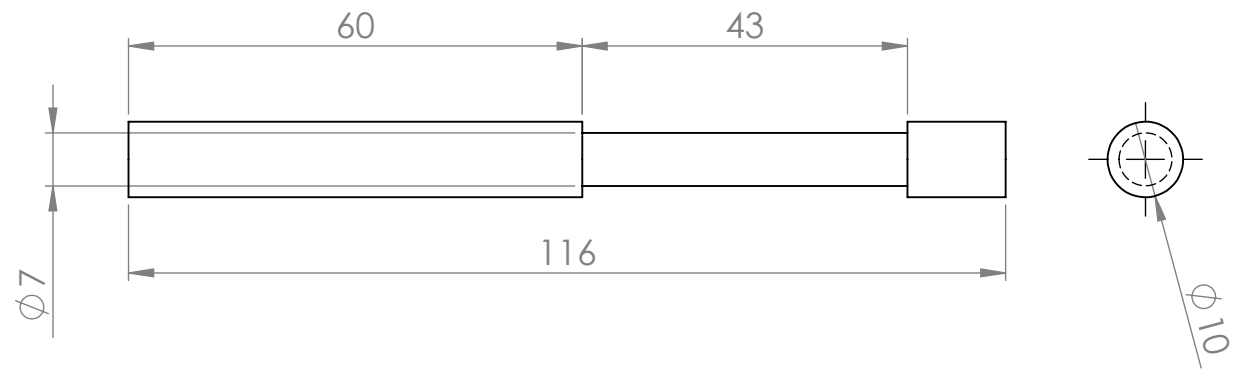
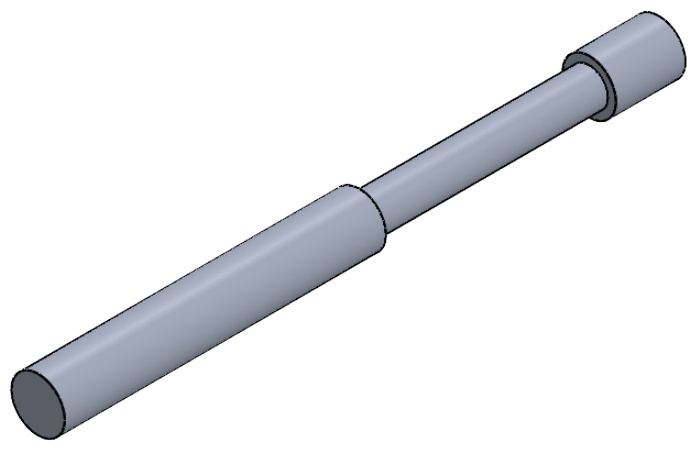
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**BESI SEAT**

MATERIAL:  
 DWG NO. A4

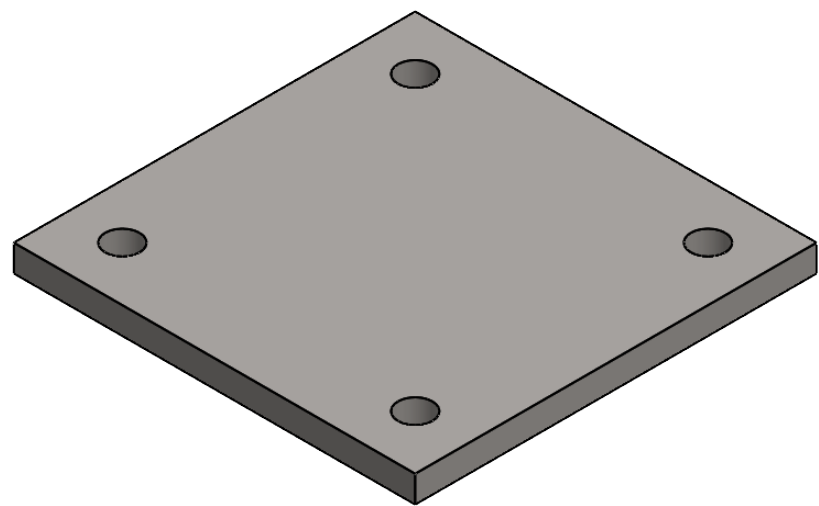
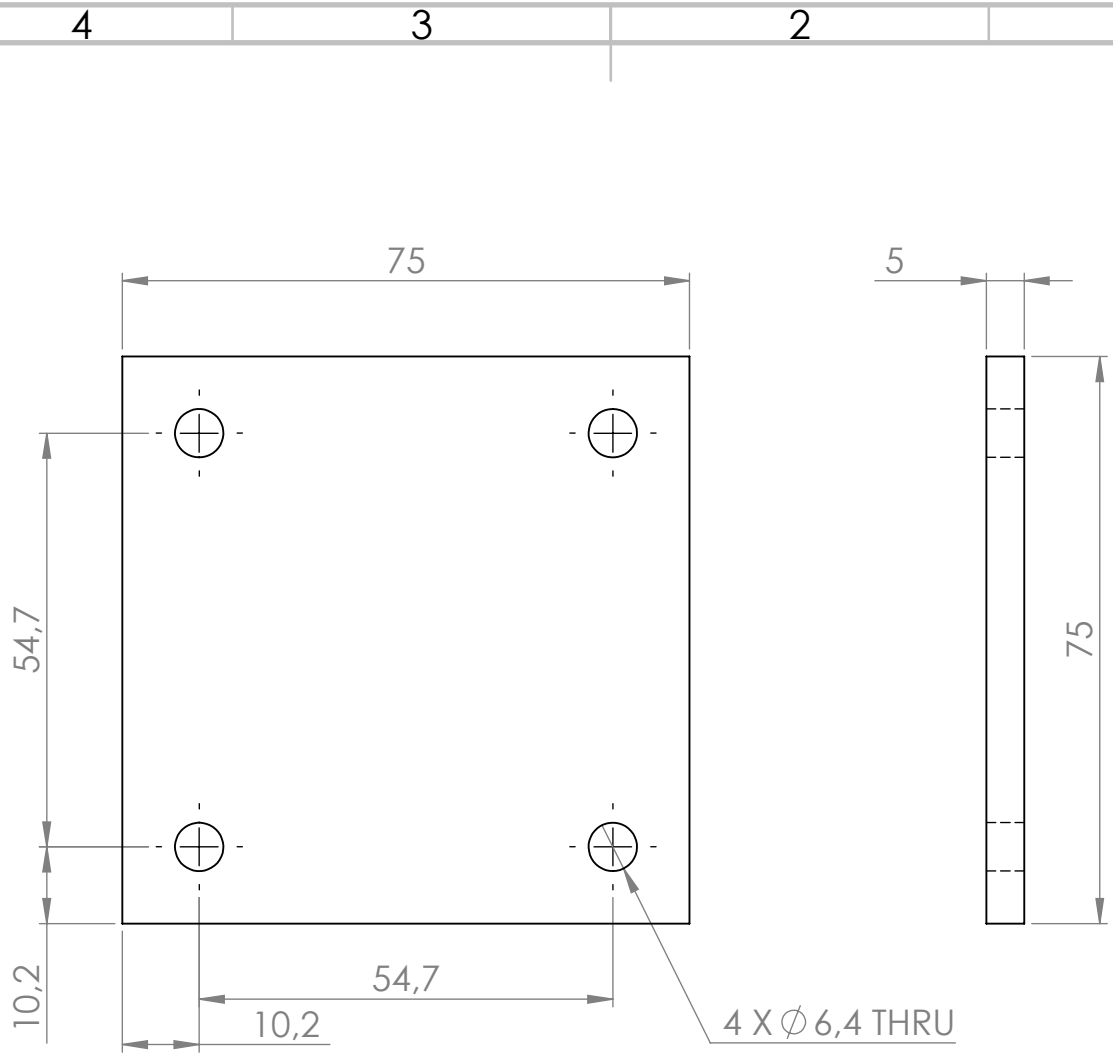
WEIGHT:  
 SCALE:1:1 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

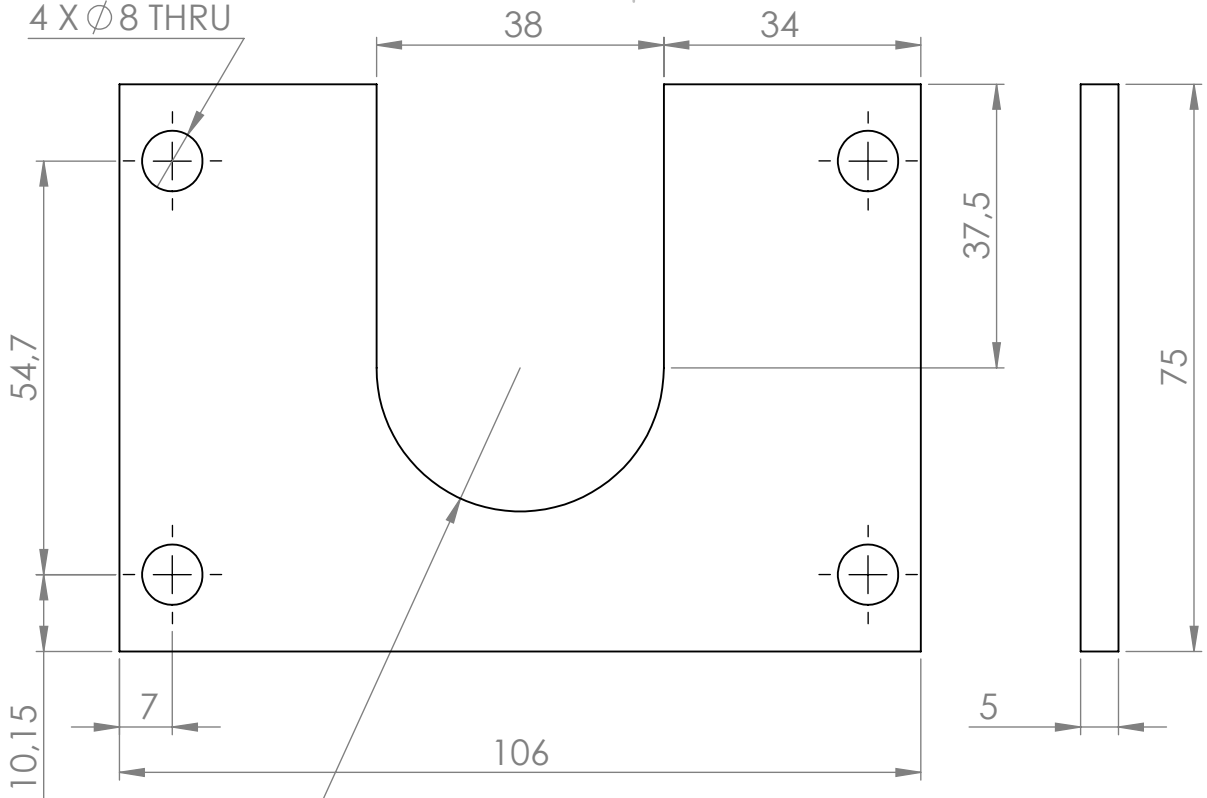
A



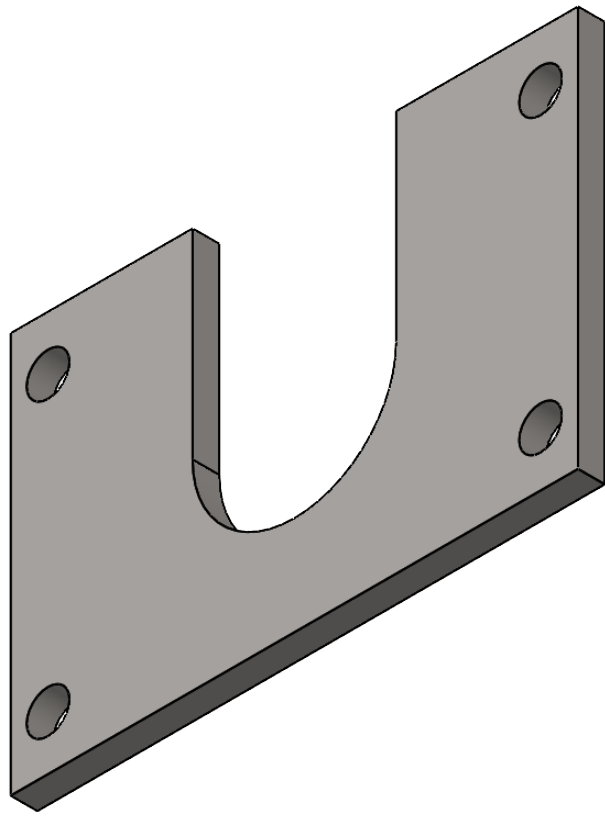


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DRAWN IRSYAD JANNATA</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPV'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN IRSYAD JANNATA				CHK'D				APPV'D				MFG				Q.A				TITLE: <b>DUDUKAN PNEUMATIK BELAKANG 2</b>		A4
NAME	SIGNATURE	DATE																												
DRAWN IRSYAD JANNATA																														
CHK'D																														
APPV'D																														
MFG																														
Q.A																														
MATERIAL:				DWG NO.																										
WEIGHT:				SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1																								

4 X Ø 8 THRU



R19



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

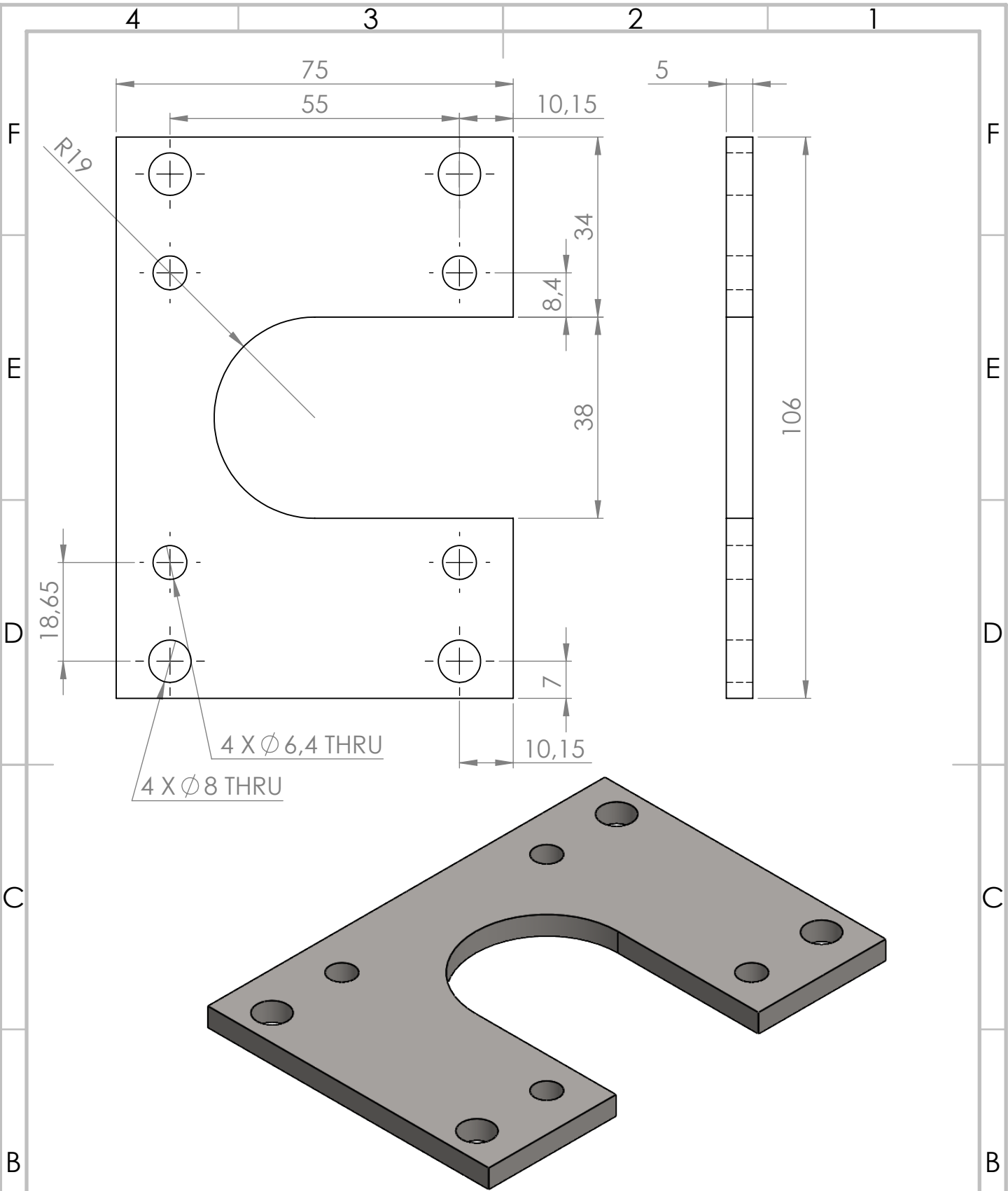
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**DUDUKAN PNEUMATIK  
 BELAKANG LAYER 1**

MATERIAL:  
 DWG NO. A4

WEIGHT:  
 SCALE:1:1 SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN: IRSYAD JANNATA		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:  
**DUDUKAN PNEUMATIK  
 BELAKANG LAYER 2**

MATERIAL:

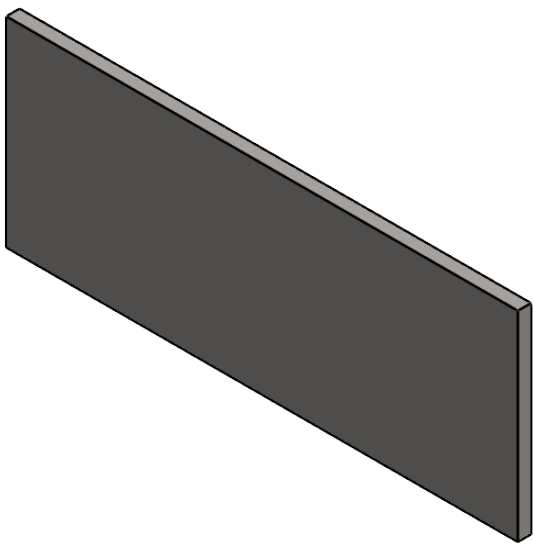
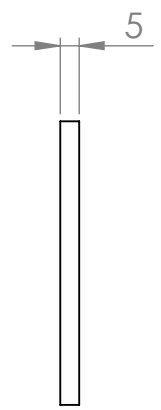
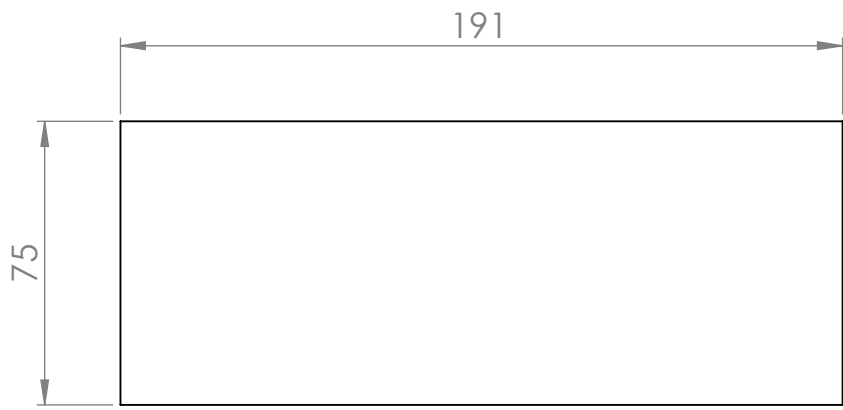
DWG NO.

WEIGHT:

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**DUDUKAN PNEUMATIK  
 BELAKANG**

DWG NO. \_\_\_\_\_

MATERIAL: \_\_\_\_\_

WEIGHT: \_\_\_\_\_

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

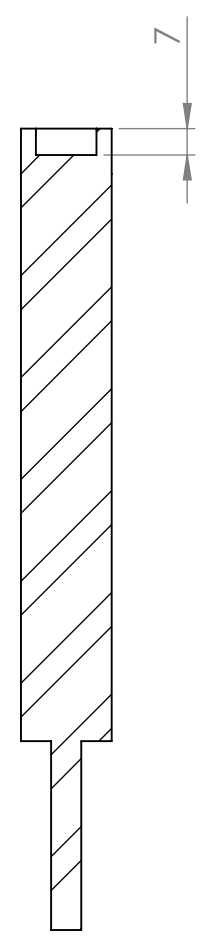
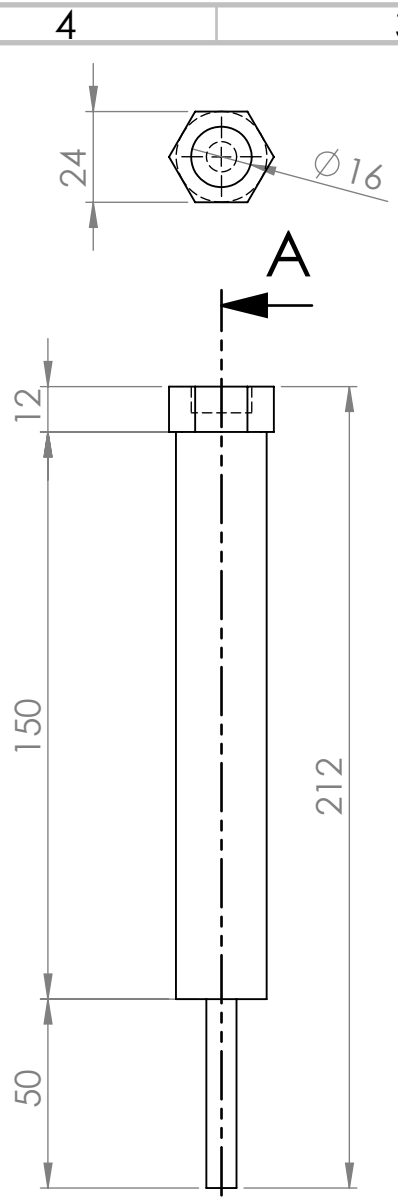
A4

F  
E  
D  
C  
B  
A

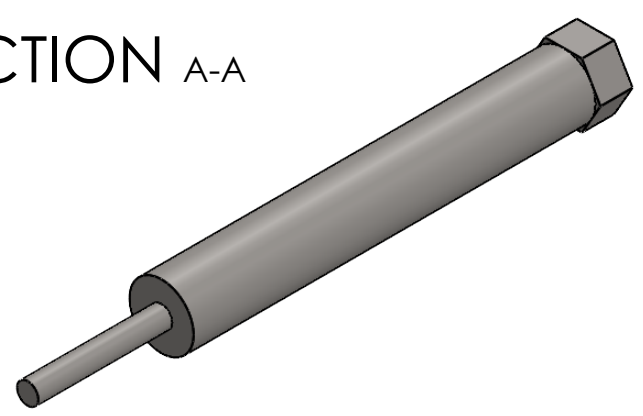
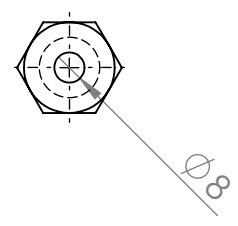
F  
E  
D  
C  
B  
A

4 3 2 1

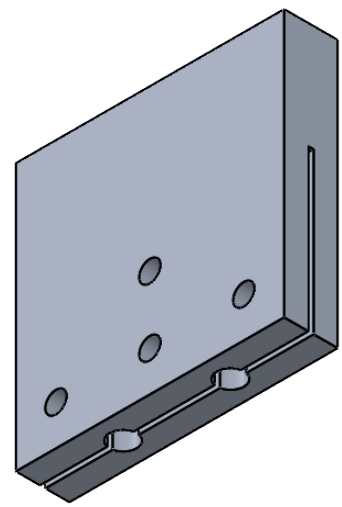
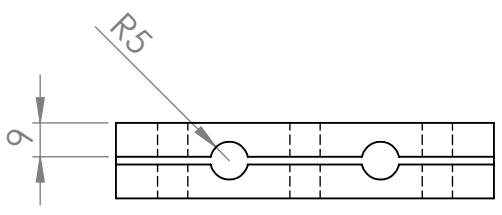
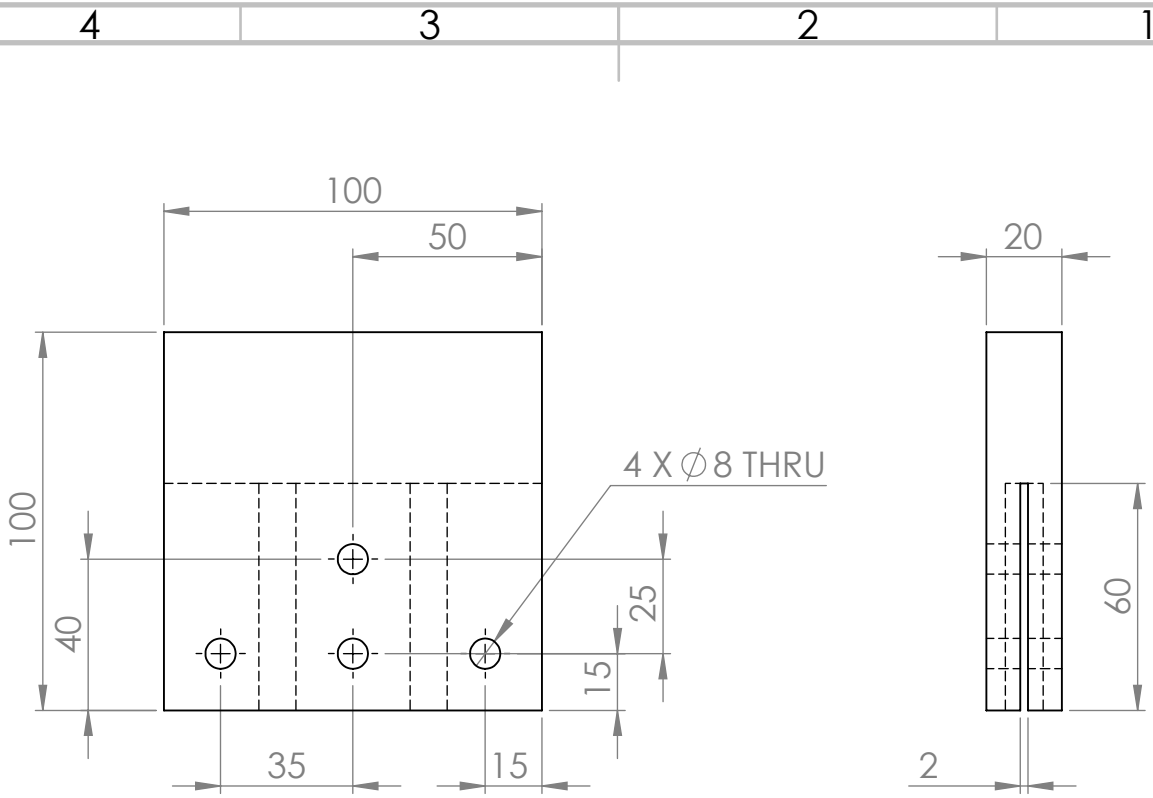
4 3 2 1



SECTION A-A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DRAWN</td> <td>IRSYAD JANNATA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPV'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN	IRSYAD JANNATA			CHK'D				APPV'D				MFG				Q.A				TITLE: <b>PENGHUBUNG PNEUMATIK BELAKANG</b>		
NAME	SIGNATURE	DATE																												
DRAWN	IRSYAD JANNATA																													
CHK'D																														
APPV'D																														
MFG																														
Q.A																														
MATERIAL:				DWG NO.		A4																								
WEIGHT:				SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1																								



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

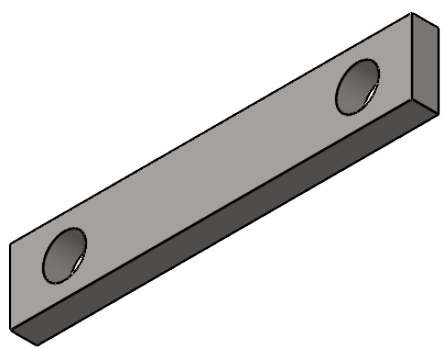
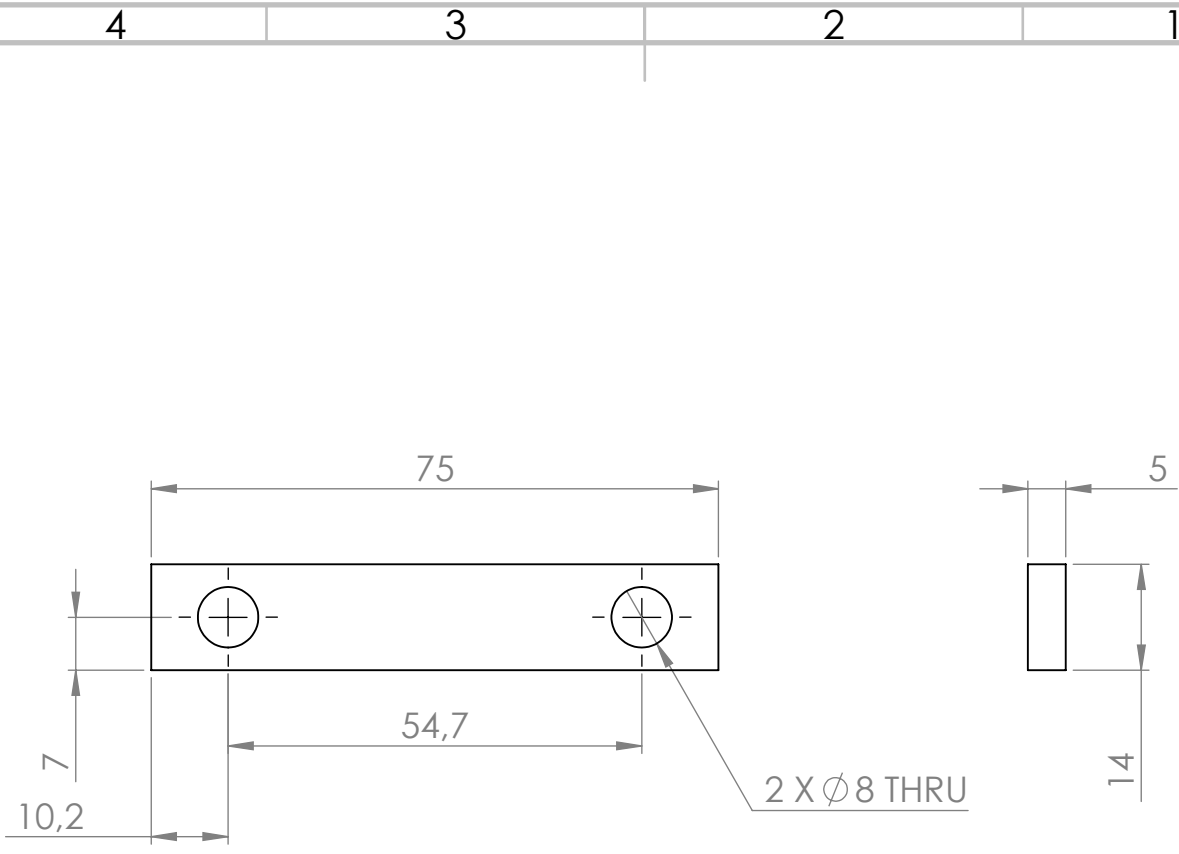
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**PLAT ALUMINIUM DUDUKAN  
 PENARIK SADEL**

MATERIAL:  
 DWG NO. A4

WEIGHT:  
 SCALE:1:2 SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
 SURFACE FINISH:  
 TOLERANCES:  
 LINEAR:  
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND  
 BREAK SHARP  
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	IRSYAD JANNATA		
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**SUPPORT BRACKET  
 BELAKANG**

MATERIAL:

DWG NO.

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1