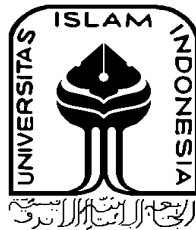


**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE ALAT UJI  
*FATIGUE* RANGKA SEPEDA PADA BAGIAN *HEAD TUBE***

**TUGAS AKHIR**

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



**Disusun Oleh :**

**Nama : Irsyad Jannata**

**No. Mahasiswa : 19525068**

**NIU : 1906090065**

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

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Irsyad Jannata

NIM : 19525068

Program Studi : S1, Teknik Mesin

Institusi : Universitas Islam Indonesia

Judul Laporan : Perancangan dan Pembuatan Prototipe Alat Uji *Fatigue* Rangka Sepeda pada Bagian *Head 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



Irsyad Jannata  
19525068

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

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

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh :**

**Nama : Irsyad Jannata**

**No. Mahasiswa : 19525068**

**NIU : 1906090065**

Yogyakarta, 21 November 2023

**Pembimbing I,**



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

**Pembimbing II,**



**Ir. Santo Aje Dhewanto, S.T., M.M., IPP**

# LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

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

### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Irsyad Jannata

No. Mahasiswa : 19525068

NIRM : 1906090065

Tim Penguji

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

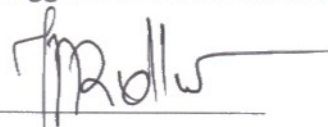
Ketua



Tanggal : 22 Desember 2023

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

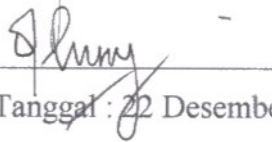
Anggota I



Tanggal : 22 Desember 2023

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

Anggota II



Tanggal : 22 Desember 2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada bapak, ibu, kakak, dan adik yang sudah memberikan support dan mendoakan segala yang baik. Berkat doa-doa yang kalian panjatkan, saya bisa mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini sampai selesai. Serta berkat didikan dan dukungan kalian selama ini, saya menjadi pribadi yang tangguh dan disiplin. Berkat kalian juga, saya bisa menyelesaikan studi sarjana dengan lancar.

Tugas akhir ini juga saya persembahkan kepada semua tenaga pendidik terutama dosen pembimbing saya, yang dengan segala kesabaran mendidik dan memberikan masukan-masukan yang membangun sehingga saya mendapatkan banyak ilmu-ilmu yang berharga dan membentuk saya menjadi pribadi yang lebih baik.

## **HALAMAN MOTTO**

*Jangan pernah menunda pekerjaanmu sampai besok, sementara kau bisa mengerjakannya hari ini*

*Jika kamu sudah mengambil keputusan pada suatu hal, bertanggung jawablah dengan apa yang sudah kamu putuskan*

## 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 HEAD TUBE”. Dapat disusun dengan baik sebagai 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. Orang tua, kakak, dan adik tercinta di Wonosobo, yang selalu mendoakan, memberikan masukan serta memberikan semangat.
2. Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FTI UII.
3. Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir Teknik Mesin FTI UII.
4. Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir Teknik Mesin FTI UII.
5. Semua dosen dan laboran Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan ilmu selama perkuliahan yang sangat bermanfaat untuk mendukung pengerjaan tugas akhir ini.
6. Andika Putra Prasetiyo dan Satria Bimantara teman satu tim Tugas Akhir yang sudah bekerja sama dengan baik.
7. Aria Pandu Firmansyah dan Aktaffi Berlian Fazia yang telah membantu dan memberikan masukan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
8. Awang Nur Fauzi dan Abrori Cahyo Hermawan yang telah membantu memberikan referensi sistem kerja alat dalam pembuatan desain tugas akhir.
9. Kawan-kawan *Javanese Class*, yang menjadi teman seperjuangan dan teman berkeluh kesah selama perkuliahan.

10. Kawan-kawan Kos Pondok Sawojajar yang menemani dan menghibur selama letih mengerjakan tugas akhir.
11. Kawan-kawan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia, yang menjadi teman seperjuangan dalam menempuh studi.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dan mendukung dalam penyusunan laporan ini sampai selesai.

Semoga segala dukungan dan kontribusi yang diberikan kepada penulis dibalas beribu-ribu kali lipat oleh Allah SWT. Aamiin Ya Robbal 'Alamin.

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 diterima dengan senang hati. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 27 Februari 2023

Irsyad Jannata



## ABSTRAK

Sepeda adalah sarana transportasi yang murah, menyehatkan, dan ramah lingkungan. Selain sebagai alat transportasi, sepeda juga digunakan sebagai alat olahraga. Meningkatnya pengguna sepeda di era modern saat ini, membuat banyak pengusaha sepeda modifikasi rumahan bermunculan. Pengusaha sepeda modifikasi rumahan melakukan proses pengujian rangka sepeda yang modifikasi hanya melakukan pengujian sederhana tanpa melakukan pengujian yang telah ditetapkan beberapa industri tentang kelayakan rangka sepeda. Sehingga dengan masalah tersebut memunculkan ide untuk membantu para pengusaha tersebut untuk membuat suatu alat uji sepeda. Proses perancangan dan pembuatan prototipe alat uji fatigue rangka sepeda pada bagian head tube mengacu pada standar ISO 4210-6. Perancangan alat uji menggunakan sistem kendali elektro-pneumatik. Pengujian dilakukan sebanyak 100.000 siklus dengan 20 kali tahapan, dimana satu kali tahapan sebanyak 5.000 siklus untuk satu silinder pneumatik. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa rancangan dan sistem kendali alat uji *fatigue* rangka sepeda pada bagian *head tube* bisa berjalan dengan lancar sebanyak 100.000 siklus mengacu pada standar ISO 4210-6.

Kata kunci: Sepeda, *Fatigue*, Rangka, ISO 4210-6.

## **ABSTRACT**

*Bicycles are a cheap, healthy, and environmentally friendly means of transportation. Apart from being a means of transportation, bicycles are also used as sports equipment. The increase in bicycle users in today's modern era, makes many home modified bicycle entrepreneurs appear. Home modification bicycle entrepreneurs carry out the process of testing modified bicycle frames only doing simple testing without doing the testing that has been set by several industries about the feasibility of bicycle frames. So with this problem, the idea came to help these entrepreneurs to make a bicycle test kit. The process of designing and manufacturing bicycle frame fatigue test equipment on the head tube refers to the ISO 4210-6 standard. The design of the test equipment uses an electro-pneumatic control system. The test was carried out as many as 100,000 cycles with 20 stages, of which one stage was 5,000 cycles for one pneumatic cylinder. From the test results, it was found that the design and control system of the bicycle frame fatigue test equipment on the head tube can run smoothly as many as 100,000 cycles referring to the ISO 4210-6 standard.*

*Keywords: Bicycle, Fatigue, Body, ISO 4210-6.*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
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
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 .....	3
1.4 Tujuan Perancangan .....	3
1.5 Manfaat Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	5
2.2.1 <i>Frame</i> sepeda .....	6
2.2.2 Standar Pengujian ISO 4210 .....	8
2.2.3 Simulasi Pembebanan .....	9
2.2.4 Pengujian <i>Fatigue</i> .....	9
2.2.5 <i>SolidWorks 2021</i> .....	11
2.2.6 Elektro Pneumatik .....	11
2.2.7 <i>Festo FluidSim</i> .....	12
2.2.8 Katup Selenoid .....	12

2.2.9	Besi UNP .....	13
2.2.10	<i>Counter</i> .....	13
2.2.11	<i>Magnetic limit switch</i> .....	14
Bab 3	Metode Penelitian .....	15
3.1	Alur Perancangan.....	15
3.2	Peralatan dan Bahan.....	16
3.3	Observasi .....	17
3.3.1.	Ukuran Jenis <i>Frame</i> Sepeda.....	17
3.3.2.	Pemilihan Sistem Kendali .....	17
3.3.3.	Pemilihan Silinder Pneumatik .....	17
3.4	Perancangan Desain.....	18
3.5	Pembuatan Alat Uji.....	18
3.5.1.	Pembuatan Rangka Alat Uji .....	18
3.5.2.	Perancangan Sistem Kendali .....	19
3.5.3.	Perakitan Alat Uji .....	19
3.6	Pengujian Alat Uji.....	19
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	20
4.1	Hasil Observasi .....	20
4.2	Hasil Perancangan Desain.....	22
4.3	Simulasi Pembebanan .....	31
4.4	Pembuatan Rangkaian Sistem Kendali .....	35
4.4.1	Perhitungan Silinder .....	35
4.4.2	Pembuatan Rangkaian Sistem Kendali.....	37
4.5	Pembuatan Alat Uji.....	39
4.6	Hasil Pengujian .....	46
4.7	Pembahasan .....	50
Bab 5	Penutup.....	54
5.1	Kesimpulan .....	54
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	54
Daftar Pustaka	.....	55
Lampiran	.....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan .....	16
Tabel 4. 1 Gaya dan Siklus Pengujian.....	20
Tabel 4. 2 Ukuran <i>Frame</i> Sepeda yang ada Di Pasaran .....	21
Tabel 4. 3 Perbandingan Sistem Kendali.....	21
Tabel 4. 4 Perbandingan Desain Alternatif .....	26
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-Bagian <i>Frame</i> Sepeda .....	7
Gambar 2. 2 <i>Fatigue Test with Horizontal forces</i> .....	8
Gambar 2. 3 Simulasi Pembebanan Menggunakan <i>SolidWork</i> .....	9
Gambar 2. 4 Alat Pengujian <i>Fatigue</i> .....	10
Gambar 2. 5 Kurva S-N .....	10
Gambar 2.6 Desain Menggunakan <i>SolidWork</i> .....	11
Gambar 2.7 Simulasi <i>Festo FluidSIM</i> .....	12
Gambar 2. 8 Katup Selenoid .....	12
Gambar 2. 9 Besi UNP .....	13
Gambar 2. 10 <i>Counter</i> .....	13
Gambar 2. 11 <i>Magnetic limit switch</i> .....	14
Gambar 3. 1 Alur Perancangan .....	15
Gambar 4. 1 Sketsa Alat Uji Pertama.....	23
Gambar 4. 2 Sketsa Alat Uji Kedua .....	23
Gambar 4. 3 Referensi Desain 1 .....	24
Gambar 4. 4 Referensi Desain 2.....	24
Gambar 4. 5 Desain Alternatif 1.....	25
Gambar 4. 6 Desain Alternatif 2.....	25
Gambar 4. 7 Perubahan Dudukan Silinder Pneumatik.....	27
Gambar 4. 8 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Plat.....	28
Gambar 4. 9 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Besi Siku.....	28
Gambar 4. 10 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Besi <i>Hollow</i> .....	28
Gambar 4. 11 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Besi UNP .....	29
Gambar 4. 12 Alternatif Menggunakan Sistem <i>Dumbell Rod Bar</i> .....	29
Gambar 4. 13 Alternatif Menggunakan Sistem Mur Baut.....	30
Gambar 4. 14 Desain Akhir Alat Uji.....	30
Gambar 4. 15 Posisi <i>Fixtures</i> dan Arah Gaya Tampak Samping.....	31
Gambar 4. 16 Posisi <i>Fixtures</i> dan Arah Gaya Tampak Bawah.....	31
Gambar 4. 17 <i>Stress Analysis</i> Alat Uji <i>Fatigue Frame</i> Sepeda .....	32
Gambar 4. 18 Titik <i>Stress</i> Tertinggi Terjadi pada Baut .....	32

Gambar 4. 19 Nilai Tegangan Sambungan Las Head Tube dengan Down Tube.	33
Gambar 4. 20 <i>Strain Analysis</i> Alat Uji <i>Fatigue Frame</i> Sepeda .....	33
Gambar 4. 21 <i>Strain</i> Tertinggi Berada pada <i>Linear Slide Block Bearing</i> .....	34
Gambar 4. 22 <i>Displacement</i> Alat Uji <i>Fatigue Frame</i> Sepeda.....	34
Gambar 4. 23 <i>Displacement</i> Tertinggi Alat Uji <i>Fatigue Frame</i> Sepeda.....	35
Gambar 4. 24 Katalog Silinder Pneumatik.....	36
Gambar 4. 25 <i>Counter Ct4s-1p4</i> .....	37
Gambar 4. 26 Diagram Rangkaian Elektro-Pneumatik .....	38
Gambar 4. 27 Rangkaian Elektro-Pneumatik .....	38
Gambar 4. 28 Kondisi Pergerakan Silinder Pneumatik.....	38
Gambar 4. 29 Simulasi Rangkaian Elektro-Pneumatik.....	39
Gambar 4. 30 Proses Pembersihan Besi UNP .....	39
Gambar 4. 31 Proses Pensejajaran Besi UNP.....	40
Gambar 4. 32 Proses Pengelasan Besi UNP.....	40
Gambar 4. 33 Kerangka Alat Uji.....	41
Gambar 4. 34 Proses Pembubutan.....	42
Gambar 4. 35 Percobaan Perakitan Alat Uji.....	42
Gambar 4. 36 Percobaan Pengujian dengan Silinder Pneumatik 75mm .....	43
Gambar 4. 37 Percobaan Pengujian dengan Silinder Pneumatik 25mm .....	43
Gambar 4. 38 Proses Pengecatan.....	44
Gambar 4. 39 Proses Perakitan Alat Uji.....	44
Gambar 4. 40 Proses Perakitan Sistem Kendali Alat Uji .....	45
Gambar 4. 41 Kontrol Panel.....	45
Gambar 4. 42 Kontrol Panel dengan Pin Konektor .....	46
Gambar 4. 43 Persiapan Pengujian Alat.....	47
Gambar 4. 44 Alat Uji Dalam Kondisi Siap Pengujian.....	47
Gambar 4. 45 Pengecekan Suhu Silinder Pneumatik .....	48
Gambar 4. 46 Penambahan Kipas Angin .....	49
Gambar 4. 47 Pengoperasian Alat Uji.....	52

## DAFTAR NOTASI

F	: Gaya (N)
P	: Tekanan (Pa)
A	: Luas Permukaan (m <sup>2</sup> )
D	: Diameter (cm)
NO	: <i>Normaly Open</i>
NC	: <i>Normaly Close</i>



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sepeda adalah sarana transportasi yang murah dan menyehatkan. Kendaraan ini tidak mengeluarkan polusi dan sangat ramah lingkungan. Selain difungsikan sebagai transportasi, sepeda juga berfungsi sebagai alat olahraga (Setiawan, R., 2019). Gaya hidup di era modern seperti saat ini banyak mendorong masyarakat untuk lebih meningkatkan kembali aktivitas berolahraga. Salah satu bentuk aktivitasnya adalah bersepeda, karena Bersepeda membantu membangun kebugaran sambil menikmati kebebasan jalan terbuka (Romadhon & Rustiadi, 2016).

Tren bersepeda sedang marak di kalangan masyarakat di berbagai kota di Indonesia. Bersepeda telah menjadi hobi bagi banyak orang di seluruh Indonesia. Mayoritas orang bisa mengendarai sepeda, termasuk pria, wanita, anak-anak dan orang dewasa. Fenomena tren sepeda telah menciptakan peluang bagi para pembuat sepeda *custom*. Sepeda *custom* dibuat khusus sesuai dengan model dan spesifikasi yang diinginkan. Sepeda *custom* berbeda secara signifikan dari kebanyakan sepeda yang ada. Pemilik sepeda *custom* sengaja membuat sepeda yang berbeda dari kebanyakan sepeda yang ada (Lubis & Waluyowati, 2022).

Rangka sepeda (*bicycle frame*) merupakan komponen utama dari sebuah sepeda. Rangka berfungsi sebagai tempat dudukan semua komponen pada sepeda dan penopang untuk pengendara sepeda. Sehingga pada saat ingin melakukan perancangan harus memperhatikan berbagai faktor, seperti struktur geometri rangka, keamanan rangka, kekuatan rangka, dan pemilihan jenis material rangka. Rangka sepeda sendiri memiliki beberapa bagian, yaitu *head tube*, *seat tube*, *fork*, *chainstay*, pedal, dan lain sebagainya.

Pengujian sepeda *custom* yang biasa dilakukan oleh bengkel rumahan hanya mengedepankan *endurance frame* sepeda, tanpa memperhatikan *safety factor* yang akan dihasilkan dari *frame* sepeda *custom*. Pengujian yang biasanya dilakukan oleh pembuat sepeda *custom* hanya sebatas sepeda digunakan dengan jangka waktu yang lama tanpa melihat standar kekuatan dari sepeda. Setelah

sepeda *custom* digunakan cukup lama dan *frame* yang digunakan cukup kuat atau tanpa adanya kecacatan, maka dapat dikatakan *frame* sepeda tersebut dapat dikatakan layak untuk dipasarkan. Para pembuat *frame* sepeda *custom* melakukan hal tersebut dikarenakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengujian sesuai standar sangatlah mahal dan juga tempat pengujian belum tentu di setiap kota ada.

*Fatigue* adalah kerusakan material yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan yang besarnya kurang dari tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) ( $\sigma_u$ ) atau tegangan luluh (*yield*) material di bawah beban konstan (Septiawan, 2018). Pada pengujian ini *frame* akan diberikan gaya secara horizontal. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah bagian *head tube frame* retak atau patah dengan beban *fatigue* searah horizontal dengan siklus yang ditentukan. Apabila tidak terdapat retak atau patah pada pipa atau sambungan *frame* sesuai siklus yang ditetapkan maka *frame* lolos uji (Tappo, 2018).

Mendukung hal tersebut dibutuhkan analisis terhadap rangka alat uji sepeda menggunakan *software Solidworks*. Salah satunya menggunakan analisis pembebanan yang berfungsi untuk mencari tahu *stress analysis*, *displacement*, dan *strain analysis* dari rangka alat uji *frame* sepeda yang diberikan pembebanan dengan metode elemen hingga (*Finite Element Method*). Proses pengujian rangka sepeda, dilakukan dengan secara langsung untuk pengujian *fatigue*. Bagian rangka yang dilakukan pengujian diantaranya adalah bagian *head tube*, sadel, dan pedal sepeda.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana rancangan dan pembuatan alat uji *fatigue frame* sepeda dengan pendekatan standar ISO 4210-6 pada bagian *head tube*?
2. Bagaimana rancangan sistem kendali alat uji *fatigue frame* sepeda sehingga dapat menguji sampel *frame* sepeda dengan mengacu standar ISO 4210-6 pada bagian *head tube*?

### 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. *Frame* sepeda yang dapat digunakan adalah *frame* sepeda dewasa jenis *Road bike* (sepeda balap) dan *City bike* (sepeda kota).
2. Perancangan desain CAD dan CAE hanya menggunakan *software SolidWork*.
3. Pembuatan alat uji yang bisa digunakan untuk menguji *frame* sepeda mengacu pada standar ISO 4210-6 pada bagian *head tube*.
4. Perancangan hanya sampai apakah alat uji yang dirancang dapat menguji bagian *head tube* sepeda.
5. Menggunakan sistem elektro-pneumatik sebagai mekanisme pengujian.
6. *Software* simulasi sistem elektro-pneumatik hanya menggunakan *software Festo Fluidsim*.

### 1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube* mengacu pada standar ISO 4210-6.
2. Mengetahui sistem kendali elektro-pneumatik berjalan sesuai dengan rangkaian serta kriteria desain yang telah ditetapkan.

### 1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan sebuah fasilitas alat pengujian *fatigue frame* sepeda kepada produsen sepeda *costum* yang ingin melakukan pengujian *fatigue*.
2. Memberikan alternatif bagi pembuat *frame* sepeda *custom* yang ingin mengetahui kekuatan dan ketahanan bahan *frame* sepeda per jumlah satuan..
3. Dapat menerapkan keilmuan khususnya terkait ilmu manufaktur yang didapatkan pada saat perkuliahan untuk berlatih memecahkan permasalahan pada pengujian *frame* sepeda *custom*.

## 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 *head tube* menggunakan pengujian *fatigue*.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Anggraini, 2016 melakukan penelitian pengujian *fatigue frame* sepeda dengan metode pengujian menggunakan *software ANSYS* dengan mengacu standar ISO 4210-6. Penelitian tersebut melakukan pengambilan data dengan variasi sudut pembebanan dan jumlah siklus pengujian hanya dilakukan sebanyak 8 kali pada setiap variasi pembebanan. (Anggraini, 2016). Sedangkan dalam penelitian ini dilakukan pengujian *fatigue frame* sepeda secara langsung dengan perancangan alat uji *fatigue* yang mengacu dari skema standar ISO 4210-6. Selain itu, pengujian yang dilakukan hanya menggunakan jumlah siklus yang sesuai dengan standar ISO 4210-6 yang berjumlah 100.000 siklus dalam sekali pengujian.

Pahlawan, R. A., 2021 melakukan simulasi pengujian pembebanan pada rangka *gokart* menggunakan *software SolidWork*. Penelitian tersebut melakukan analisis dengan cara perhitungan manual dan menggunakan *software SolidWork* untuk mengetahui hasil perbandingan antara perhitungan manual dan analisis menggunakan *software SolidWork* (Pahlawan, R. A., et al., 2021). Namun dalam penelitian ini, analisis simulasi pembebanan hanya dilakukan menggunakan *software SolidWork* untuk mengetahui kekuatan rangka struktur dari alat uji *fatigue frame* pada bagian *head tube* tanpa melakukan perbandingan hasil perhitungan manual.

Nasrullah, 2022 melakukan suatu perancangan alat pelatihan yang menggunakan sistem elektro-pneumatik sebagai sistem utama dalam alat tersebut. Alat pelatihan tersebut juga dirancang untuk dapat melakukan pengujian suatu produk. Perancangan alat pelatihan tersebut tersusun dari beberapa komponen elektro-pneumatik, diantaranya *power supply*, *air service unit*, *solenoid valve single coil*, *solenoid valve 5/2 double coil*, *cylinder pneumatic*, dan *push button* (Nasrullah et al., 2022). Penelitian tersebut digunakan sebagai acuan dalam membuat rancangan rangkaian sistem kendali elektro pneumatik pada alat uji rangka sepeda pada bagian *head tube*. Namun dalam perancangan tersebut

ditambahkan komponen *counter* yang digunakan untuk melakukan perhitungan siklus ketika melakukan pengujian alat.

Islahudin, 2019 melakukan suatu rancang bangun sensor tekanan berbasis koil datar yang digunakan untuk mengatasi daerah bendungan yang rawan banjir. Penelitian tersebut melakukan pengambilan data dengan cara mencelupkan koil datar kedalam air sehingga menghasilkan getaran pada koil yang membuat koil tersebut bergerak menekan pelampung yang berfungsi untuk mengetahui tekanan yang terjadi di dalam bendungan (Islahudin et al., 2019). Penelitian tersebut dijadikan acuan dalam pencarian silinder pneumatik yang akan digunakan dengan menggunakan perhitungan tekanan. Persamaan tekanan yang digunakan sebagai berikut :

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

## 2.2 Dasar Teori

Berikut merupakan dasar teori dari perancangan alat menggunakan beberapa landasan teori yang digunakan untuk mendasari teori pada perancangan alat ini.

### 2.2.1 *Frame* sepeda

Sepeda merupakan salah satu alat transportasi yang paling penting di dunia, karena selain ramah lingkungan, sepeda juga menjadi tonggak munculnya kendaraan-kendaraan lainnya. Dari masa ke masa sepeda sama sekali tidak kehilangan para pencintanya. Sepeda digemari dari semua kalangan dan menjadi pilihan sebagai salah satu hobi. Banyak orang yang memiliki kegemaran untuk berolahraga menggunakan sepeda (Nurulhadi, F. L., Hanafi, R., 2021).

Sementara itu sepeda sendiri memiliki bagian-bagian penting guna menyusun rangka sepeda. Bagian *frame* sepeda dapat dilihat pada Gambar 2.1. Bahan *frame* sepeda pada umumnya terbuat dari bahan *steel*, aluminium, *carbon fiber*, *chromoly*, dan titanium.



Gambar 2. 1 Bagian-Bagian *Frame* Sepeda

(Sumber : <https://zieralsepeda.blogspot.com/2016/10/komponen-sepeda-lengkap-dengan.html>)

1. *Head Tube*

*Head tube* berfungsi sebagai penghubung antara garpu dan setang. *Head tube* terletak di bawah setang sepeda dan di atas *preload adjuster*.

2. *Front Dropout*

*Front Dropout* berfungsi untuk memasukkan pin poros roda sepeda kemudian mengunci pin agar roda sepeda tetap pada tempatnya. *Front Dropout* terbagi menjadi dua tipe yaitu tipe terbuka dan tipe tertutup.

3. *Bottom Bracket*

Fungsi *bottom bracket* adalah untuk menyambungkan *chainset* dengan rangka agar *chainset* dapat berputar dengan leluasa. Letak *bottom bracket* sendiri berada pada sambungan antara *frame seat* dengan *down tube*.

4. *Chainstay*

*Chainstay* atau dikenal juga dengan lengan bawah sepeda, terletak tepat di atas *chainstay* roda bawah. *Chainstay* mempunyai fungsi untuk membantu rantai roda sepeda berputar dengan baik tanpa ada kendala. Selain itu, *chainstay* digunakan untuk menghubungkan *bottom bracket* ke *rear dropout*.

## 5. *Seat Tube*

Fungsi *seat tube* adalah sebagai tempat masuknya *seat post*. Posisi *seat tube* seperti terlihat pada Gambar 2.1 tepat di atas bottom bracket.

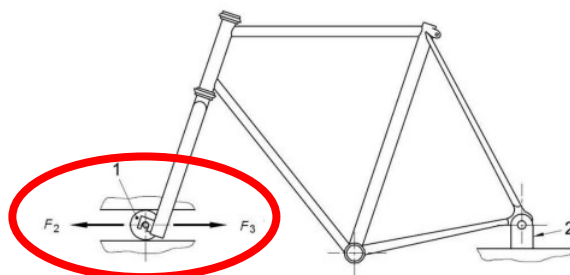
## 6. Rear Triangle

*Rear triangle* atau segitiga belakang berfungsi mengangkat ban belakang dan mempunyai daya tumpuan yang baik. Segitiga belakang antara lain berfungsi untuk mengurangi beban ban sekaligus sebagai tempat memarkir sepeda. Letaknya di dekat bagian atas rantai sepeda seperti terlihat pada Gambar 2.1.

### 2.2.2 Standar Pengujian ISO 4210

ISO merupakan suatu federasi yang bergerak dalam standarisasi bertaraf internasional. Pengembangan standar internasional biasanya dilakukan oleh komite anggota teknis ISO. Setiap anggota yang tertarik dengan materi pelajaran yang telah dibentuk panitia teknis berhak untuk diwakili dalam panitia tersebut (ISO 4210, 2003). Salah satu standar ISO yang bergerak dalam persyaratan keamanan dalam pembentukan sepeda yaitu ISO 4210.

Standar ISO 4210 terdapat beberapa bagian-bagian persyaratan pembuatan sepeda, salah satunya pada bagian 6 yaitu *Frame and fork test methods*. Bagian 6 menjelaskan terkait pengujian *frame* sepeda, salah satunya pengujian *fork*. Skema pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.2. Di dalam pengujian tersebut *frame* diberikan gaya secara *horizontal* pada bagian *fork* dan fix pada bagian *rear end*. Pengujian untuk mengetahui bahwasanya *frame* itu kuat pada beban *fatigue* searah *horizontal*. Selain itu, penambahan beban 80kg yang berada di *seat tube* berfungsi untuk meningkatkan tekanan sehingga umur dari material semakin pendek dan jumlah siklus yang diterima semakin sedikit. Apabila tidak ada retak atau patah pada *frame* dan sambungan, maka frame dinyatakan lolos uji.

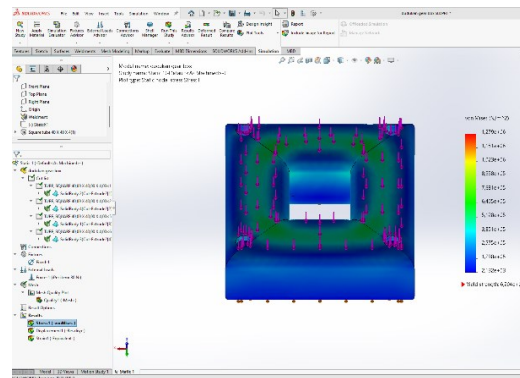


Gambar 2. 2 *Fatigue Test with Horizontal forces*



### 2.2.3 Simulasi Pembebanan

Simulasi pembebanan merupakan salah satu jenis analisis desain yang dilakukan untuk mengetahui kekuatan material dari struktur suatu rangka. Simulasi pembebanan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tegangan, perubahan bentuk, dan regangan yang mampu diterima oleh rangka tersebut. Apabila hasil simulasi tidak sesuai atau tidak aman, maka tahapan desain dilakukan kembali agar kekuatan dari rangka lebih sesuai dengan material dan struktur menjadi lebih aman (Badruzzaman et al., 2020).



Gambar 2. 3 Simulasi Pembebanan Menggunakan *SolidWork*

### 2.2.4 Pengujian *Fatigue*

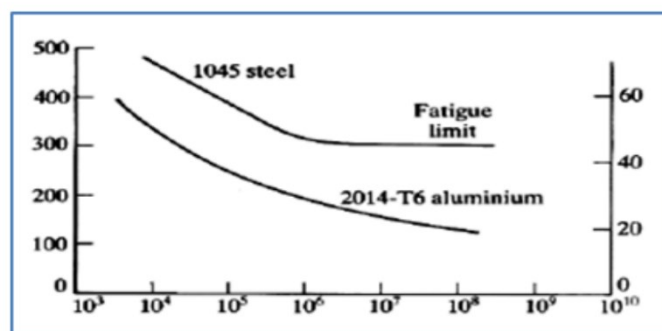
*Fatigue* atau kelelahan adalah kerusakan material yang disebabkan oleh tegangan yang berfluktuasi yang kurang dari besarnya tegangan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) (*u*) atau tegangan luluh (*yield strength*) material yang diberi beban konstan (Loppies et al., 2022). Pengujian *fatigue* dapat dilakukan dalam jangka waktu tertentu, hingga sebuah material sudah memperlihatkan beberapa patahan seperti retakan pada permukaannya. Alasan utama dilakukannya pengujian *fatigue* adalah untuk menentukan umur pada sebuah material yang harus menahan jenis pembebanan siklik. Pengetesan ini juga dapat dilakukan untuk

menentukan ketahanan retakan pada sebuah material atau kekuatan *fatigue* pada sebuah material (Wicaksono, 2021).



Gambar 2. 4 Alat Pengujian *Fatigue*

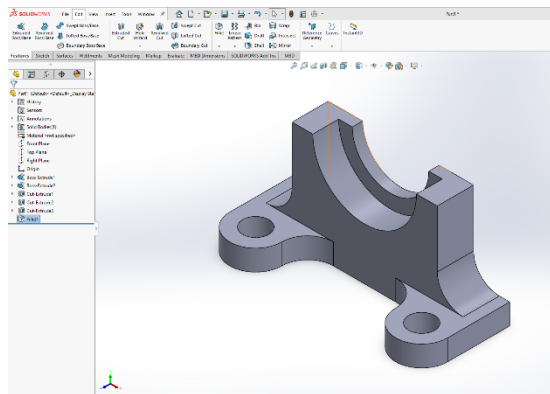
Penyajian data fatik adalah menggunakan kurva S-N yaitu pemetaan tegangan (S) terhadap jumlah siklus sampai terjadi kegagalan (N). Kurva S-N ini lebih diutamakan menggunakan skala semi log seperti ditunjukkan pada gambar 2. Untuk beberapa bahan teknis yang penting, 96 TURBO p-ISSN: 2301-6663, e-ISSN: 2447-250X Vol. 7 No. 1. 2018 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  $N > 10^7$  (Budyanto et al., 2018).



Gambar 2. 5 Kurva S-N

### 2.2.5 SolidWorks 2021

*Solidworks* adalah perangkat lunak desain yang digunakan untuk mendesain. Selain itu, *Solidworks* juga dapat digunakan sebagai *software* simulasi yang memungkinkan setiap desainer dan insinyur melakukan simulasi struktur bagian atau komponen suatu struktur menggunakan *Finite Element Analysis* (FEM). *Solidworks* juga berfungsi meningkatkan dan memvalidasi kinerja dan mengurangi kebutuhan prototipe yang mahal atau perubahan desain yang lebih baru (Sasmito, 2018).



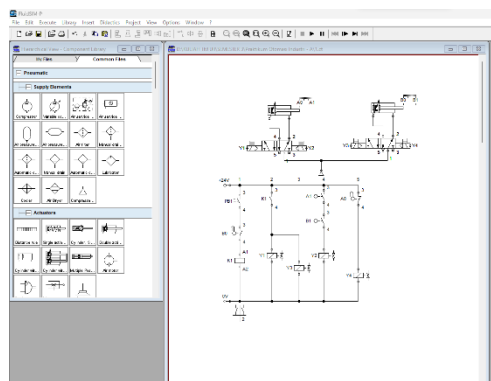
Gambar 2.6 Desain Menggunakan *SolidWork*

### 2.2.6 Elektro Pneumatik

Elektro-pneumatik adalah evolusi dari pneumatik. Prinsip kerjanya menggunakan energi pneumatik sebagai media kerja (tenaga penggerak), dan media kontrolnya menggunakan sinyal elektrik atau elektronik. Sinyal elektrik dialirkan ke kumparan yang terpasang pada katup pneumatik dengan mengaktifkan saklar, sensor, atau saklar pembatas, yang berfungsi sebagai penyambung atau pemutus sinyal. Sinyal tersebut dikirim ke kumparan dan menghasilkan medan elektromagnetik, yang mengaktifkan dan mengubah katup pengatur arah sebagai elemen terakhir rangkaian kerja pneumatik. Namun, elemen kerja pneumatik, seperti silinder, akan digerakkan oleh media kerja pneumatik (Sofnivagi et al., 2020).

### 2.2.7 Festo FluidSim

*Festo FluidSIM* adalah *software* yang digunakan untuk pembuatan, simulasi, panduan, dan studi sirkuit elektro-pneumatik, elektro-hidraulik, dan digital (Adhyatma, 2013). *FluidSim* menyediakan editor diagram sirkuit intuitif dengan penjelasan rinci tentang semua komponen, bagian pratinjau animasi, foto komponen, dan urutan video. Oleh karena itu, *FluidSim* sangat ideal untuk pengajaran dan persiapan serta sebagai program belajar mandiri. Perangkat lunak ini merupakan program pendukung untuk demonstrasi simulasi aliran fluida (angin), khususnya pada sistem *loop* pneumatik.



Gambar 2.7 Simulasi *Festo FluidSIM*

### 2.2.8 Katup Selenoid

Solenoid merupakan alat yang terdiri dari kumparan dengan inti besi yang dapat bergerak, yang ditarik ke dalam kumparan ketika kumparan diberi tenaga. Fungsinya adalah untuk mengubah sinyal listrik atau arus listrik menjadi gerakan mekanis linier. Besar gaya tarikan atau dorongan yang dihasilkan, yang dipengaruhi oleh jumlah lilitan kawat dan arus yang mengalir melalui kumparan (Pramujiyanto, 2010).



Gambar 2. 8 Katup Selenoid

### 2.2.9 Besi UNP

Istilah lain untuk Besi UNP adalah Kanal U, U-channel, Profil U. Besi unnp merupakan bagian dari konstruksi baja, biasanya digunakan untuk struktur tangga, anak balok, konstruksi bak mobil, dan keperluan lainnya seperti pembuatan rangka mesin (Wandi, 2019). Besi UNP merupakan salah satu material yang sangat penting di dunia konstruksi dan sangat penting saat membangun bangunan atau struktur baja. Besi UNP atau *Channel Steel* adalah salah satu jenis besi yang dibuat sesuai standarisasi Eropa dan digunakan sebagai bagian dari pembuatan struktur bangunan (Saint et al., 2022).



Gambar 2. 9 Besi UNP

### 2.2.10 Counter

Counter merupakan komponen elektro-pneumatik yang mempunyai fungsi menghitung data masukan dan menampilkan parameter data. Pencacah mempunyai fungsi pencacah data masukan dan pemutus arus. Penghitung bertindak sebagai pemutus arus dan diaktifkan ketika data yang diperlukan tercapai. Penghitung biasanya dihubungkan ke beberapa sensor saklar batas seperti sensor jarak, saklar magnetik, dan lain lain.



Gambar 2. 10 Counter

### 2.2.11 *Magnetic limit switch*

*Magnetic limit switch* adalah saklar atau alat elektro-mekanis dengan batang penggerak yang mengubah posisi kontak terminal (dari NO/NO menjadi tertutup atau sebaliknya, dari NC/NC menjadi terbuka). Ketika batang aktuator didorong atau ditekan oleh suatu benda, maka posisi kontaknya akan berubah. Seperti halnya saklar biasa, saklar batas hanya mempunyai dua kondisi yaitu menghubungkan atau memutus arus. Dengan kata lain hanya memiliki kondisi ON atau Off saja.

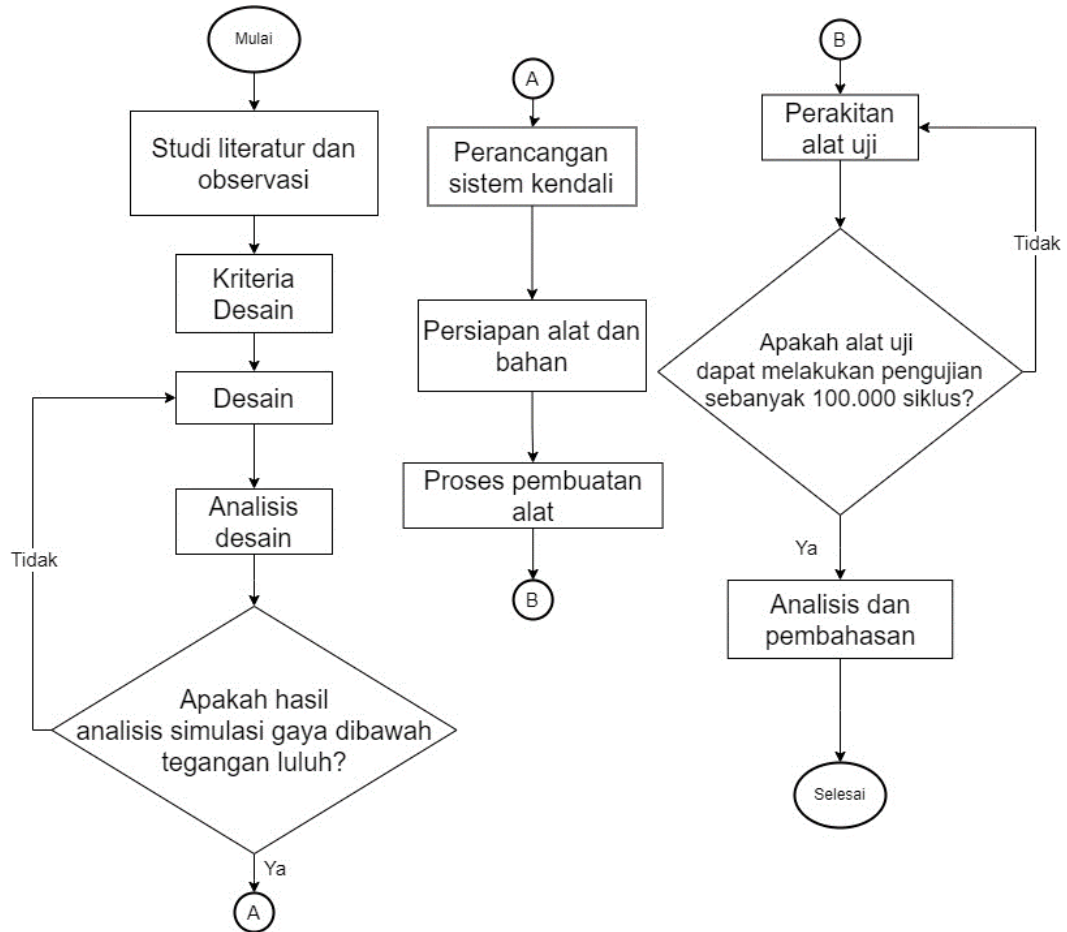


Gambar 2. 11 *Magnetic limit switch*

## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Perancangan

Tahapan yang dilaksanakan dalam proses perancangan dan pembuatan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Alur Perancangan

Berdasarkan Gambar 3.1, proses awal yang dilakukan yaitu studi literatur dan observasi. Hal tersebut dilakukan dengan cara mencari data informasi ukuran *frame* sepeda dari *website* merk sepeda dan pencarian data pengujian *fatigue* pada standar ISO 4210-6. Selain itu, pada tahap tersebut juga mencari sistem kendali yang cocok digunakan pada alat ini. Ini dilakukan guna mendapatkan suatu kriteria desain yang digunakan untuk melakukan perancangan desain dengan yang

mengacu pada hasil studi literatur dan standar ISO 4210-6. Setelah dilakukan kegiatan mendesain alat menggunakan *Solidwork*, dilakukan analisis desain guna mengetahui kekuatan dari alat itu apakah kuat atau tidak. Dilanjutkan perancangan sistem kendali sesuai dengan kriteria desain yang ditentukan. Sistem kendali dibuat menggunakan *software Festo Fluidsim* dan juga dilakukan simulasi gerakan sistem kendali sebelum dilakukan perakitan sistem kendali secara langsung. Kegiatan dilanjutkan perakitan alat uji dan simulasi pengujian alat guna mengetahui alat tersebut berhasil melakukan pengujian atau tidak dan mengetahui hasil pengujian.

### 3.2 Peralatan dan Bahan

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

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Laptop	Besi UNP 80x45x5 mm
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 pneumatik</i>
Gerinda bangku	<i>Magnetic switch</i>
Kompresor	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 22 mm
	Plat aluminum 30 mm
	<i>Linear slide block bearing</i>



### 3.3 Observasi

Observasi yang dimaksud bertujuan untuk mengetahui tahapan awal sebelum melakukan perancangan alat uji. Kegiatan observasi penting dilakukan agar tujuan, fungsi, dan keefektifitasan alat uji dapat dicapai dengan baik. Observasi yang dilakukan sebagai berikut:

#### 3.3.1. Ukuran Jenis *Frame* Sepeda

Berbagai jenis *frame* sepeda yang ada dipasaran sangatlah berbeda-beda dari segi ukuran. Hal tersebut dikarenakan ukuran dari *frame* sepeda yang berbeda-beda ini memiliki fungsi yang berbeda satu sama lainnya. Oleh sebab itu dengan adanya perbedaan ukuran jenis *frame* sepeda membuat perancangan alat uji ini dirancang agar dapat digunakan untuk berbagai jenis sepeda yang ada dipasaran. Pencarian ukuran jenis *frame* sepeda ini dilakukan dengan cara mencari data ukuran sepeda yang ada di *website* sepeda.

#### 3.3.2. Pemilihan Sistem Kendali

Tahap perancangan alat uji ini dibutuhkan sebuah sistem kendali yang berfungsi sebagai sistem penggerak dari alat uji. Pemilihan sistem kendali yang akan digunakan berdasarkan kemudahan penggunaan, komponen yang mudah didapatkan, dan cara mendapatkan data pengujian alat yang akurat.

#### 3.3.3. Pemilihan Silinder Pneumatik

Tahap selanjutnya adalah pemilihan silinder pneumatik yang digunakan sebagai aktuator penggerak pada alat uji. Proses pemilihan silinder pneumatik diperlukan perhitungan dengan menggunakan persamaan tekanan. Dalam Hal tersebut gaya yang dibutuhkan dalam pengujian *head tube* mengacu dengan standar ISO 4210-6 dan ketersediaan kompresor yang ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Sehingga dengan diketahuinya gaya dan tekanan kompresor yang ada, maka diameter silinder pneumatik yang dibutuhkan dapat dicari menggunakan persamaan (3.1).

$$P = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

### **3.4 Perancangan Desain**

Proses perancangan alat uji *fatigue frame* sepeda diawali dengan perancangan desain alat uji. Proses perancangan desain diawali dengan melakukan observasi terkait ukuran *frame* sepeda dan skema pengujian yang mengacu pada standar ISO 4210-6. Langkah-langkah dalam melakukan perancangan desain yaitu:

1. Pengumpulan data ukuran *frame* dari 3 jenis *frame* sepeda yang digunakan sebagai acuan dimensi alat uji.
2. Pembuatan sketsa Gambar alat uji.
3. Perancangan desain menggunakan *software Solidworks*.
4. Perakitan desain dari beberapa *komponen* desain alat uji.
5. Analisis pembebanan dari desain alat uji menggunakan *software Solidworks* untuk mengetahui kekuatan dari alat uji yang sudah didesain.

### **3.5 Pembuatan Alat Uji**

Proses pembuatan alat uji memiliki beberapa langkah produksi sebagai berikut:

#### **3.5.1. Pembuatan Rangka Alat Uji**

Proses pembuatan rangka alat uji memiliki beberapa langkah dalam proses produksinya, yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pengukuran dan pemotongan besi UNP yang sesuai dengan dimensi desain yang sudah dibuat.
3. Proses pengelasan besi UNP untuk menyambungkan bahan agar sesuai dengan desain.
4. Pembuatan pengunci *fork* sepeda.
5. Pembuatan penahan *fork* sepeda.
6. Pembuatan dudukan silinder pneumatik.
7. Pembuatan tempat untuk peletakan rangkaian sistem kendali dan panel kontrol.
8. Proses pengecatan.

### 3.5.2. Perancangan Sistem Kendali

Proses sistem kendali alat uji memiliki beberapa langkah dalam proses produksinya, yaitu:

1. Perancangan dan simulasi dilakukan menggunakan *software Festo Fluidsim*.
2. Persiapan alat dan bahan.
3. Pembuatan diagram elektro-pneumatik dari sistem kendali alat uji.
4. Perakitan sistem kendali alat uji.
5. Simulasi secara langsung sistem kendali elektro-pneumatik.

### 3.5.3. Perakitan Alat Uji

Setelah melakukan produksi rangka alat uji dan sistem kendali alat uji, dilanjutkan proses perakitan alat uji dengan pemasangan komponen-komponen alat uji yang sudah dibuat dan pemasangan rangkaian sistem kendali alat uji. Langkah-langkah perakitan sebagai berikut:

1. Persiapan seluruh alat yang telah diproduksi.
2. Perakitan komponen-komponen alat uji.
3. Pemasangan frame sepeda yang digunakan sebagai sampel untuk dilakukan pengujian.
4. Pemasangan rangkaian sistem kendali elektro-pneumatik pada alat uji.

### 3.6 Pengujian Alat Uji

Setelah dilakukan perakitan alat uji, selanjutnya dilakukan proses pengujian alat uji. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah alat uji dapat bekerja sesuai dengan skema yang mengacu ISO 4210-6. Proses pengujian alat uji memiliki beberapa parameter yang harus dipenuhi dalam pengujian *frame* sepeda, berikut parameter yang harus dipenuhi:

1. Alat uji mampu menguji *frame* sepeda dengan gaya sebesar 450 N dan 600 N.
2. Pengujian mampu melakukan 100.000 siklus dalam sekali pengujian.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Observasi

Dalam tahap studi literatur, pertama melakukan pencarian data terkait perancangan dan pembuatan pengujian *fatigue* pada bagian *head tube* sepeda yang mengacu pada standar ISO 4210-6. Pencarian data yang digunakan perancangan tahap awal adalah data gaya yang bekerja dan jumlah siklus yang bekerja dalam pengujian *fatigue* pada bagian *head tube* sepeda. Rincian data gaya dan siklus pengujian 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 kedepan, F2 (N)	450	1.200	600
Gaya kebelakang, F3 (N)	450	600	600
Siklus Pengujian, <i>CI</i>	100.000	50.000	100.000

Proses selanjutnya yaitu pencarian data tekanan kompressor yang ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Dengan ketersediaan kompressor yang terdapat di laboratorium, kompressor yang tersedia hanya bertekanan 10 bar.

Setelah selesai melakukan pencarian data gaya dan tekanan, selanjutnya dilakukan data ukuran *frame* sepeda yang ada dipasaran. Pada proses tersebut, pencarian ukuran *frame* dilakukan dengan cara mencari data informasi ukuran *frame* sepeda dari *website* merk sepeda. Sehingga didapatkan data ukuran *frame* sepeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Ukuran *Frame* Sepeda yang ada Di Pasaran

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	-

Setelah dilakukan observasi ukuran tiga jenis *frame* sepeda. Ukuran *frame* sepeda yang terpanjang yaitu sepanjang 1130 mm untuk *frame* sepeda jenis MTB dan *frame* sepeda terpendek yaitu 1001 mm untuk *frame* sepeda jenis *Road bike*. Hasil dari observasi terkait ukuran *frame* sepeda, ini berfungsi sebagai acuan panjang untuk desain alat uji. Sehingga alat uji dapat digunakan untuk beberapa jenis *frame* sepeda.

Proses selanjutnya yaitu penentuan sistem kendali yang akan digunakan sebagai sistem penggerak dari alat uji. Sistem kendali yang akan dirancang dalam alat uji ini mempunyai dua alternatif sistem kendali, yaitu sistem kendali pneumatik dan sistem kendali elektro-pneumatik. Kedua sistem ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, dapat dilihat pada tabel 4-3.

Tabel 4. 3 Perbandingan Sistem Kendali

Parameter	Pneumatik	Elektro-Pneumatik
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak menggunakan komponen listrik dalam rangkaian.</li> <li>• Pemasangan lebih mudah.</li> <li>• Komponen yang digunakan lebih sedikit.</li> <li>• Ringkas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data yang didapatkan lebih akurat.</li> <li>• Pengoperasian lebih mudah.</li> <li>• Alternatif sensor untuk pembacaan data lebih banyak.</li> <li>• Komponen mudah didapatkan.</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data yang didapat kurang akurat.</li> <li>• Komponen relatif lebih mahal.</li> <li>• Pemilihan sensor pembaca data yang sedikit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemasangan lebih rumit.</li> <li>• Lebih banyak komponen yang digunakan.</li> <li>• Membutuhkan catu daya tambahan.</li> </ul>

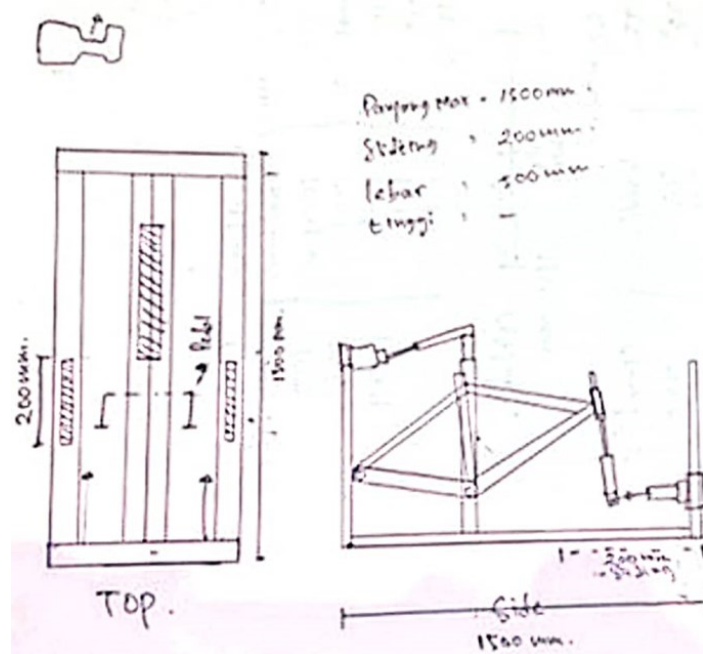
Parameter	Pneumatik	Elektro-Pneumatik
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemilihan alternatif pengembangan lebih sedikit.</li> </ul>	

Setelah melakukan studi literatur dan observasi yang berguna untuk proses pembuatan alat. Maka didapatkan suatu kriteria desain alat uji *frame* sepeda sebagai berikut:

1. Alat uji dapat melakukan pengujian 100.000 siklus.
2. Struktur rangka memiliki kekuatan yang mampu menahan *yield strength* material yang digunakan.
3. Bagian panel kontrol alat uji mudah dicapai oleh pengguna ketika alat uji akan dioperasikan.
4. Alat uji dapat digunakan pada jenis sepeda dewasa jenis *Road bike* (sepeda balap) dan *City bike* (sepeda kota).
5. Pneumatik dapat menghasilkan gaya 450 N dan 600 N.
6. Alat uji yang dapat dibongkar pasang.
7. Alat uji mengacu standar ISO 4210-6.

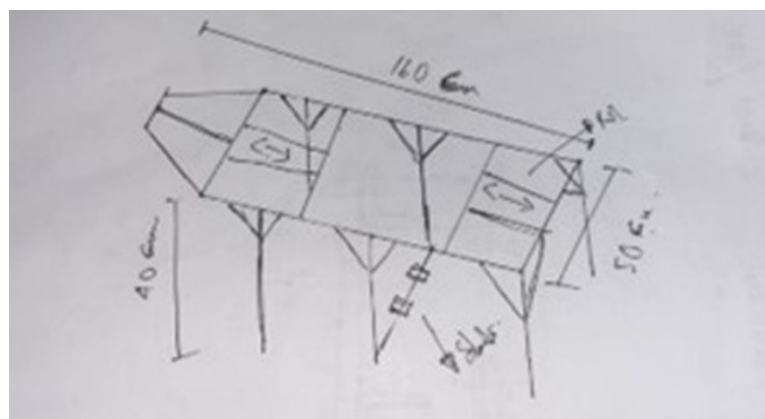
#### 4.2 Hasil Perancangan Desain

Hasil studi literatur yang dilakukan didapatkan dua sketsa peletakan dan ukuran alat yang akan dibuat. Sketsa pertama, alat uji hanya diletakkan dilantai. Sketsa pertama dibuat dengan pertimbangan selama pengoperasian alat dilakukan dengan cara duduk dilantai. Ukuran yang dirancang hanya menggunakan panjang 1500 mm. Penggunaan panjang tersebut dikarenakan untuk pengaturan posisi *frame* sepeda berada ditengah rangka. Sementara untuk perubahan tinggi pneumatik dilakukan dengan cara naik dan turun saja pada bagian depan rangka alat uji. Sketsa perancangan alat uji *fatigue frame* yang pertama sepeda dapat dilihat pada Gambar 4.1.



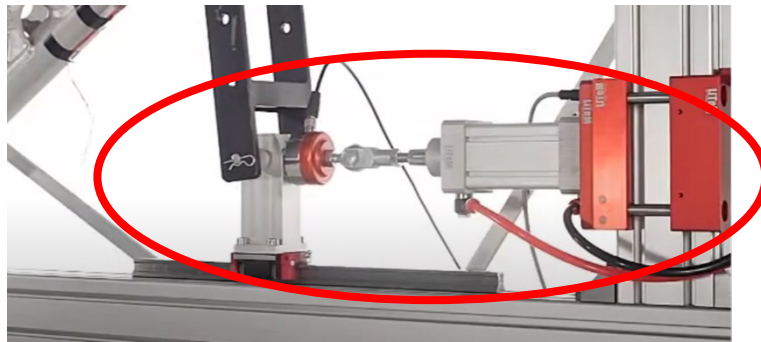
Gambar 4. 1 Sketsa Alat Uji Pertama

Sketsa kedua dibuat dengan pertimbangan kenyamanan ketika pengoperasian alat dengan cara ditambahkan kaki rangka alat uji. Sketsa kedua dibuat dengan pertimbangan selama pengoperasian alat hanya dilakukan dengan cara berdiri. Sehingga penggunaan alat uji jauh lebih nyaman dibandingkan dengan sketsa yang pertama. Selain itu juga, pada sketsa yang kedua ini dirancang agar posisi dari *frame* sepeda dapat maju dan mundur guna penyesuaian panjang dari rangka sepeda. Sehingga didapatkan panjang yaitu 1600 mm. Sketsa perancangan alat uji *fatigue frame* yang kedua sepeda dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 2 Sketsa Alat Uji Kedua

Langkah selanjutnya yaitu proses pembuatan desain menggunakan *software SolidWorks*. Selama proses desain alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*, dilakukan juga mencari berbagai referensi alat uji dari *youtube*. Hal tersebut dilakukan karena jurnal yang terkait pembuatan alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube* tidak temukan. Selama proses desain alat uji dengan mengacu referensi yang sudah ada, desain juga melakukan pertimbangan 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 : EnginLAB channel - Bicycle frame fatigue test standard EN ISO 4210-6

Gambar 4.3 merupakan referensi desain 1 yang akan dijadikan sebagai referensi desain dalam proses pembuatan desain alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*, ditandai dengan linkaran pada Gambar 4.3.



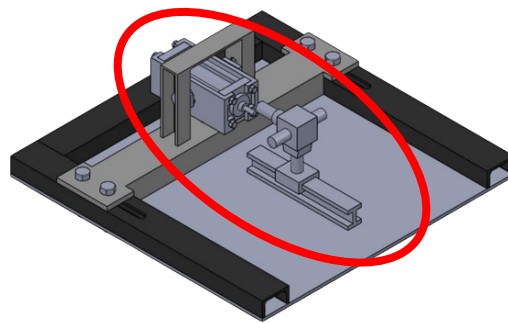
Gambar 4. 4 Referensi Desain 2

Sumber : Smally Chen - Top Fire tube fatigue test

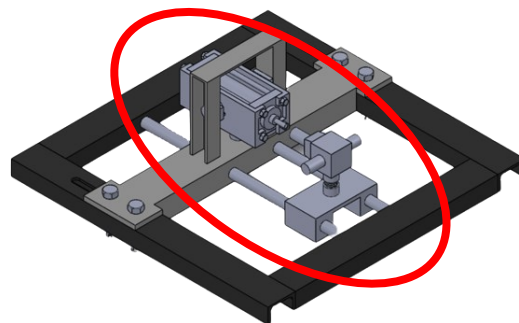


Gambar 4.4 merupakan referensi desain 2, yang akan dijadikan sebagai referensi desain dalam proses pembuatan desain alat uji rangka sepeda pada bagian seat tube ditandai dengan linkaran pada Gambar 4.4.

Berdasarkan hasil sketsa perancangan dan pencarian referensi desain alat uji fatigue frame sepeda pada bagian head tube. Sehingga memunculkan dua alternatif desain dengan penggunaan mekanisme yang berbeda. Desain alternatif 1 dan 2 alat uji *fatigue frame* sepeda dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Sementara kelebihan dan kekurangan kedua desain dapat dilihat pada Tabel 4.4.



Gambar 4. 5 Desain Alternatif 1



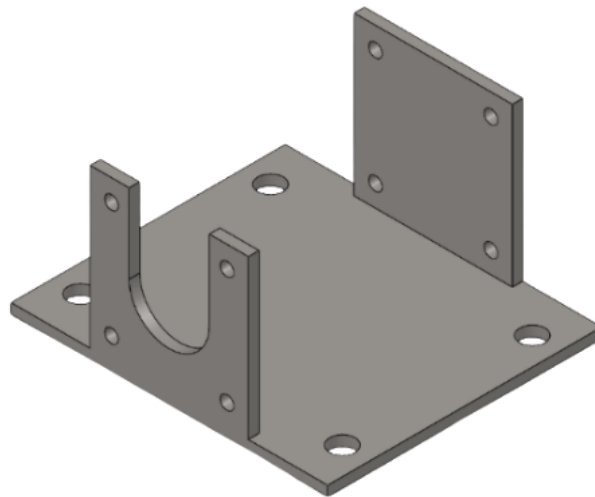
Gambar 4. 6 Desain Alternatif 2

Tabel 4. 4 Perbandingan Desain Alternatif

Parameter	Desain Alternatif 1	Desain Alternatif 2
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan aluminium slot sebagai jalur gerakan.</li> <li>- Menggunakan <i>linear mation bearing</i> sebagai alat penggerak.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menggunakan pipa pejal sebagai jalur gerakan.</li> <li>- Menggunakan <i>linear slide block bearing</i> sebagai alat penggerak.</li> <li>- Komponen mudah didapatkan.</li> <li>- Harga Rp 58.000.</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Harga Rp 432.000.</li> <li>- Memerlukan plat tambahan sebagai alas peletakan aluminium slot.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pergantian komponen memerlukan banyak pembongkaran.</li> </ul>

Berdasarkan Tabel 4.4 perbandingan kelebihan dan kekurangan desain alternatif tersebut. Desain alternatif alat uji *fatigue frame* yang dipilih adalah desain alternatif 2. Hal tersebut dikarenakan komponen-komponen yang digunakan lebih mudah didapatkan dan *linear bearing* yang digunakan harganya jauh lebih terjangkau.

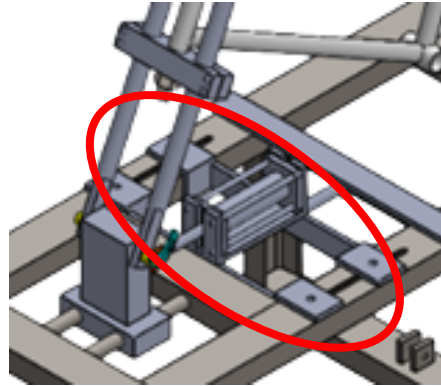
Selama melakukan desain alat uji, terjadi beberapa perubahan komponen dengan mempertimbangkan kekuatan bahan dan kemudahan dalam pembuatan produk serta pengoperasian alat. Komponen yang pertama mengalami perubahan ketika semua bagian disatukan adalah bentuk bagian gawangan yang digunakan untuk peletakan silinder pneumatik dan berfungsi sebagai perubahan naik dan turun pneumatik. Melihat sistem kerja dari desain gawangan tersebut, sistem kerja yang rancang terkesan rumit. Hal tersebut dikarenakan diperlukan penyesuaian ketinggian kanan kiri dudukan agar silinder pneumatik dapat sejajar dengan cagakan depan yang diasumsikan sebagai batang poros dari roda sepeda bagian depan. Sehingga didapatkan hasil seperti Gambar 4-5. Perubahan dudukan pneumatik seperti ini dimaksudkan agar selama proses bongkar pasang pneumatik menjadi lebih mudah.



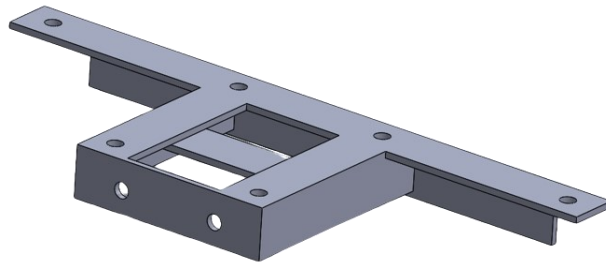
Gambar 4. 7 Perubahan Dudukan Silinder Pneumatik

Selanjutnya perubahan juga terjadi pada bagian penahan dudukan silinder pneumatik. Penahan dudukan silinder pneumatik memiliki beberapa alternatif desain yang bisa diaplikasikan serta melihat ketersediaan material yang digunakan untuk membuat penahan dudukan silinder pneumatik. Material yang tersedia di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia yaitu plat besi tebal 5mm, besi siku 45x45mm, dan besi *hollow* 40x40mm. Mempertimbangkan ketersediaan material yang ada dan cukup untuk membuat penahan dudukan pneumatik yaitu hanya besi *hollow*. Sehingga penahan dudukan

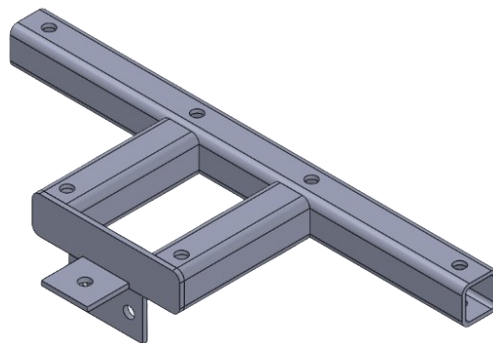
pneumatik dibuat menggunakan besi *hollow*. Desain alternatif penahan dudukan silinder pneumatik menggunakan besi siku dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan desain alternatif penahan dudukan silinder pneumatik menggunakan besi *hollow* Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Plat



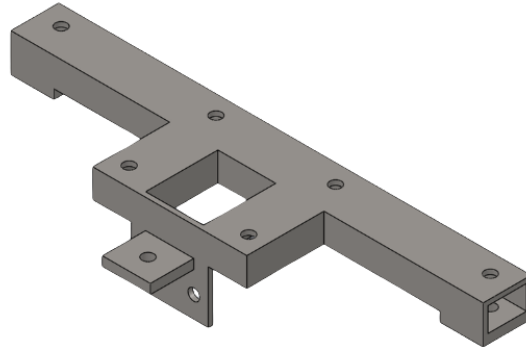
Gambar 4. 9 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Besi Siku



Gambar 4. 10 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Besi  
*Hollow*

Setelah dilakukan proses produksi penahan dudukan silinder pneumatik menggunakan besi *hollow*, ternyata selama melakukan percobaan perangkaian alat dudukan mengalami kerusakan pada lubang baut. Hal tersebut terjadi ketika dilakukan pengencangan dudukan penahan silinder pneumatik ke rangka utama

alat uji. Sehingga memunculkan ide untuk membuatudukan pneumatik dengan bahan yang lebih kuat, menggunakan bahan UNP yang berukuran lebih kecil dari rangka utama alat uji. Sementara itu Gambar dari penahan dudukan silinder pneumatik menggunakan besi UNP dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 11 Penahan Dudukan Silinder Pneumatik Berbahan Besi UNP

Selanjutnya dilakukan perancangan pengunci *head tube*. Dalam perancangan pengunci *head tube*, terdapat dua alternatif pengunci. Alternatif pertama menggunakan sistem *dumbbell rod bar*, yaitu dengan menggunakan dua buah mur pada setiap ujung besi. Desain alternatif pertama dapat dilihat pada Gambar 4.10. Alternatif kedua menggunakan sistem mur baut, yaitu dengan menggunakan satu buah mur yang terletak pada salah satu ujung besi. Desain alternatif pertama dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 12 Alternatif Menggunakan Sistem *Dumbbell Rod Bar*

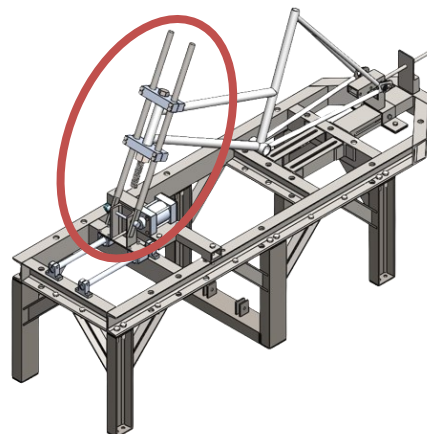
(Sumber : <https://fitsy.in/product/strength-training/weight-plates-bars/fitsy-chrome-metal-rubberized-grip-threaded-dumbbell-rods-with-locks-connecting-rod-16-inches>)



Gambar 4. 13 Alternatif Menggunakan Sistem Mur Baut

Melihat kedua alternatif desain pengunci *fork* sepeda, dipilihlah alternatif kedua. Pemilihan alternatif kedua sebagai pengunci, dikarenakan penggunaan yang lebih mudah dibandingkan alternatif pertama. Hal tersebut dikarenakan alternatif kedua hanya satu sisi saja yang dilakukan penguncian, sehingga kerja ketika melakukan pembongkaran alat uji jauh lebih cepat dibandingkan sistem dari alternatif pertama.

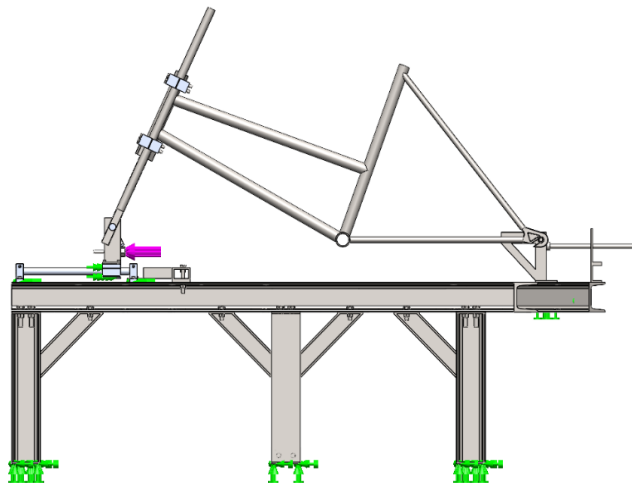
Selain perubahan yang dialami beberapa komponen, perubahan juga terjadi pada memposisikan bentuk dari besi UNP. Posisi besi UNP pada desain pertama yang terdapat pada Gambar 4.3 dilakukan perubahan dikarenakan mempertimbangkan kekuatan dari material dari besi UNP itu sendiri untuk struktur rangka alat uji. Besi UNP yang diposisikan tersebut, tidak lebih kuat ketika besi UNP diposisikan seperti pada Gambar 4.12. Hal tersebut dikarenakan besi UNP pada Gambar 4.3 hanya memiliki 1 luas penampang yang lebih kuat. Besi UNP pada Gambar 4.12 lebih kuat, dikarenakan besi UNP menjadi memiliki 2 luas penampang yang lebih kuat untuk struktur rangka alat uji. Sehingga besi UNP pada Gambar 4.12 yang lebih cocok sebagai struktur rangka alat uji dibandingkan besi UNP yang diposisikan seperti Gambar 4.3. Setelah dilakukan perubahan tersebut, didapatkan desain akhir untuk alat uji yang dapat dilihat pada Gambar 4.12.



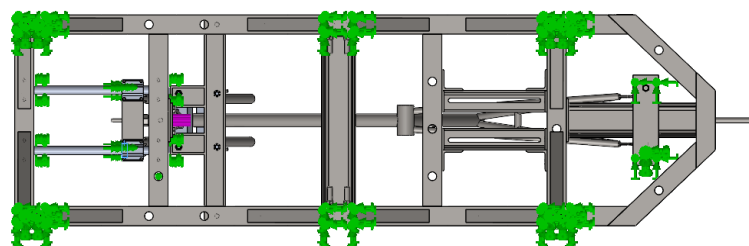
Gambar 4. 14 Desain Akhir Alat Uji

### 4.3 Simulasi Pembebanan

Setelah didapatkan desain akhir alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*, proses selanjutnya dilakukan analisis kekuatan struktur rangka alat uji. Analisis kekuatan struktur rangka alat uji dilakukan untuk mengetahui kemampuan atau kekuatan rangka alat uji yang telah dirancang ketika menggunakan gaya dorong dan tarik yang mengacu pada standar ISO 4210-6. Gaya yang digunakan pada simulasi ini menggunakan gaya tertinggi dari standar ISO 4210-6 sebesar 600N. Material yang digunakan pada struktur rangka utama alat uji adalah AISI 1020 atau baja karbon rendah. Penggunaan material AISI 1020 untuk struktur rangka utama alat uji dikarenakan tegangan luluh yang mampu dicapai dari material cukup besar dengan tegangan sebesar 351,57 Mpa. Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 merupakan posisi *fixtures* dan arah gaya yang diberikan. Gaya yang digunakan pada simulasi yaitu sebesar 600N.

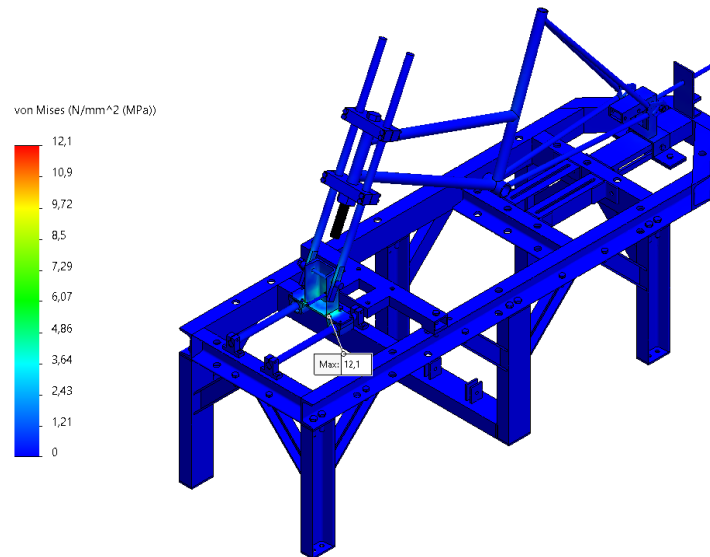


Gambar 4. 15 Posisi *Fixtures* dan Arah Gaya Tampak Samping

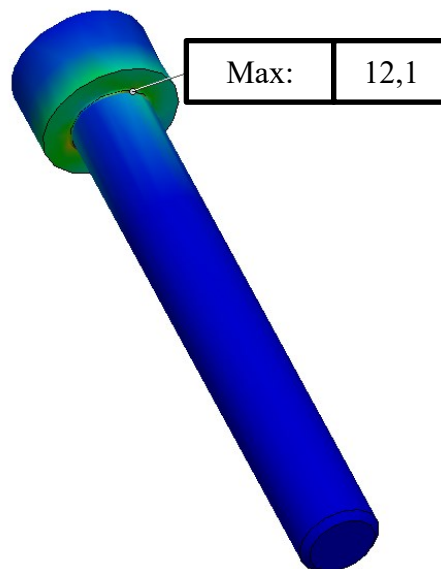


Gambar 4. 16 Posisi *Fixtures* dan Arah Gaya Tampak Bawah

Proses setelah memberikan *fixtures* dan arah gaya yang diberikan, dilanjutkan simulasi analisis kekuatan rangka alat uji guna mengetahui hasil *stress analysis*, *strain analysis*, dan *displacement*. Sementara itu hasil *stress analysis* dapat dilihat pada Gambar 4.15 dan titik *stress* tertinggi dapat dilihat pada Gambar 4.16. Sementara itu, nilai tegangan yang terjadi pada sambungan las antara *head tube* dan *down tube* sebesar 68,3 MPa, dapat dilihat pada Gambar 4.19.

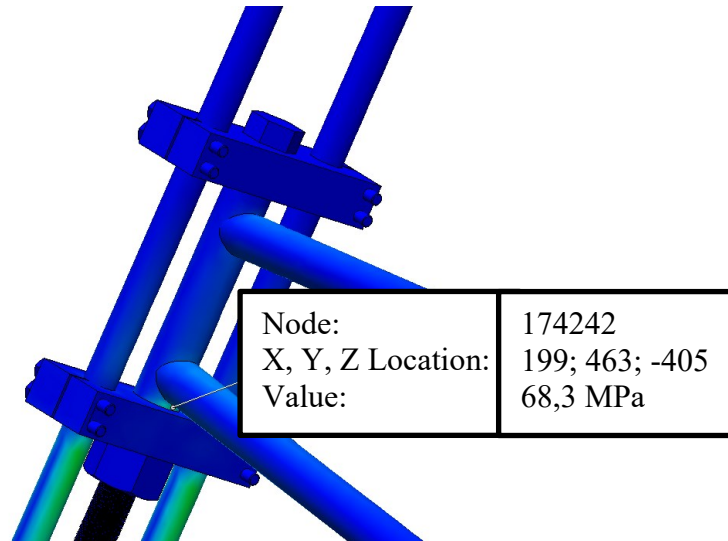


Gambar 4. 17 *Stress Analysis* Alat Uji *Fatigue Frame* Sepeda



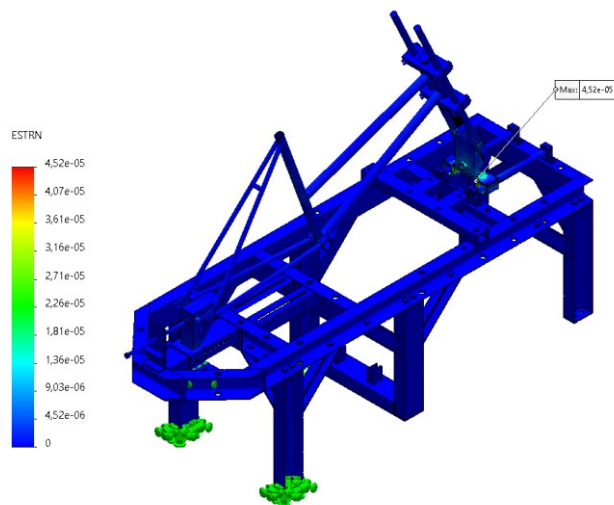
Gambar 4. 18 Titik *Stress* Tertinggi Terjadi pada Baut



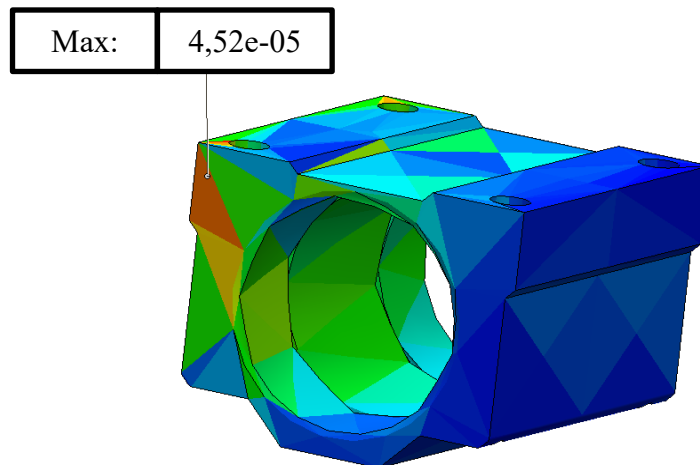


Gambar 4. 19 Nilai Tegangan Sambungan Las Head Tube dengan Down Tube

Hasil dari *stress analysis* kekuatan struktur rangka alat uji didapatkan bahwa kekuatan struktur rangka alat uji memiliki tegangan maksimal yang terjadi pada rangka alat uji sebesar 12,1 MPa dan titik tertinggi berada dibagian baut yang terpasang pada *linear slide block bearing*. Hasil ini menunjukkan bahwa rangka alat uji *fatigue frame* sepeda yang dibuat aman dan mampu menerima gaya dorong yang dihasilkan oleh silinder pneumatik yang digunakan. Analisis yang dilakukan selanjutnya adalah *strain analysis* (analisis regangan) pada rangka alat uji *fatigue frame* sepeda. Hasil *strain analysis* dapat dilihat pada Gambar 4.17.

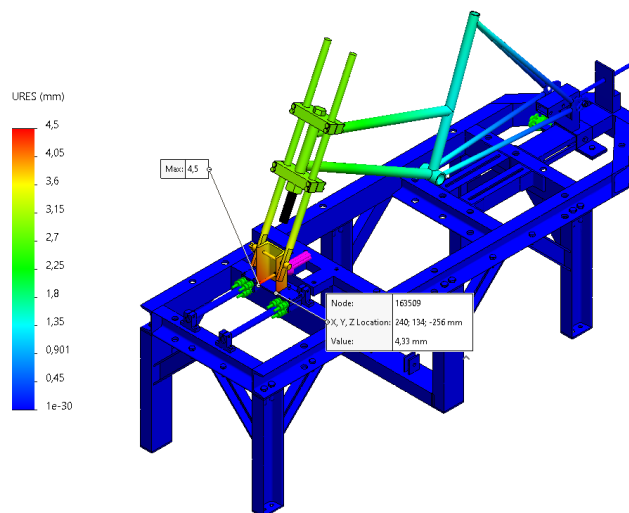


Gambar 4. 20 *Strain Analysis* Alat Uji *Fatigue Frame* Sepeda

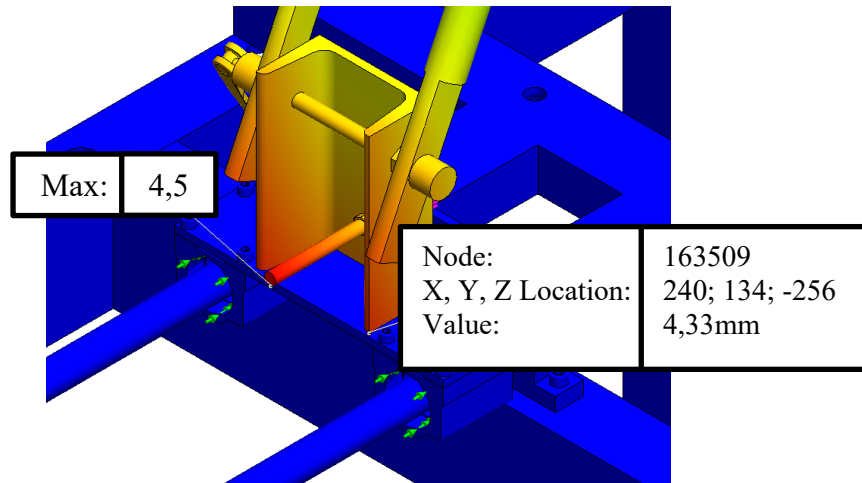


Gambar 4. 21 *Strain* Tertinggi Berada pada *Linear Slide Block Bearing*

Hasil dari *strain analysis* kekuatan struktur rangka alat uji didapatkan bahwa kekuatan struktur rangka alat uji memiliki regangan maksimal yang terjadi pada rangka alat uji sebesar  $4,52 \times 10^{-5}$  dan titik tertinggi berada dibagian *linear bearing* yang dapat dilihat pada Gambar 4.18. Analisis terakhir yang dilakukan adalah *displacement* (perubahan bentuk) pada rangka alat uji *fatigue frame* sepeda. Hasil *displacement* dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 22 *Displacement* Alat Uji *Fatigue Frame* Sepeda



Gambar 4. 23 *Displacement* Tertinggi Alat Uji *Fatigue Frame* Sepeda

Perubahan bentuk (*displacement*) yang terjadi setelah analisis berfokus pada bagian penahan depan atau penahan *fork* dikarenakan pada bagian ini terjadi penerusan gaya dari silinder sehingga perubahan bentuk yang terjadi sebesar 4,33 mm yang dapat dilihat pada Gambar 4.20. Perubahan bentuk yang terjadi pada cagakkan depan atau penahan *fork* masih tergolong aman. Sehingga kondisi material bisa dinyatakan dalam kondisi normal karena perubahan bentuk yang terjadi tidak terlalu besar.

#### 4.4 Pembuatan Rangkaian Sistem Kendali

Proses pembuatan rangkaian sistem kendali memiliki beberapa langkah pembuatan sebagai berikut:

##### 4.4.1 Perhitungan Silinder

Dalam Pemilihan silinder pneumatik yang akan dilakukan perhitungan menggunakan rumus tekanan agar dapat diketahui diameter silinder pneumatik yang dapat digunakan dengan ketersediaan kompressor yang ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia. Dikarenakan gaya yang dibutuhkan dan tekanan yang digunakan diketahui tertinggi 1200 N dan tekanan yang digunakan sebesar 5 bar. Pemilihan menggunakan tekanan 5 bar ini dikarenakan ketika akan melakukan penaikan tekanan, tekanan yang dihasilkan dari air unit pneumatik tidak mengalami kelebihan tekanan ketika alat uji bekerja.

Sebelum dimasukkan kedalam persamaan 3.1 gaya harus dikonversikan dahulu menjadi kgf sehingga mendapatkan hasil 122,36 kgf.

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

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

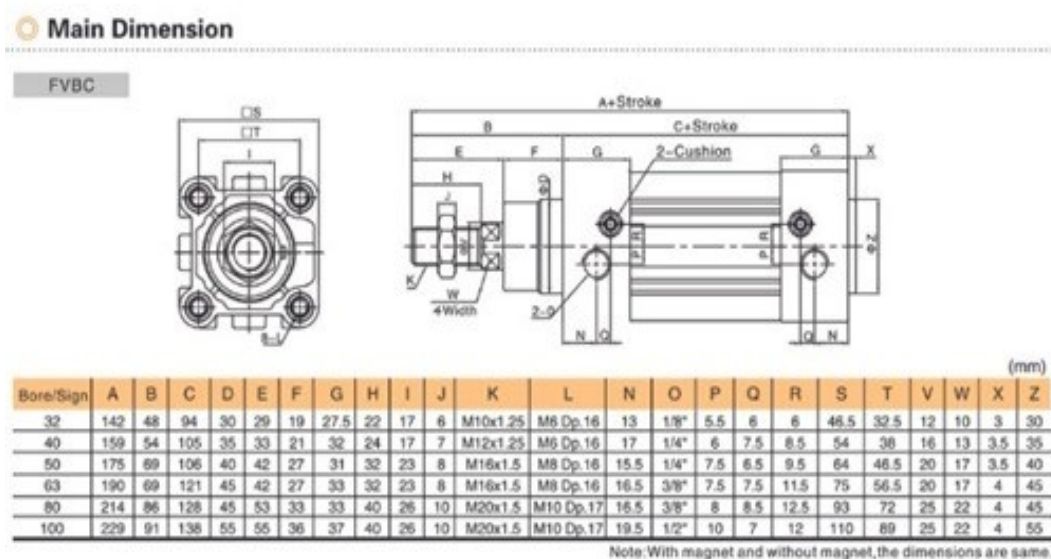
$$\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{F}{P}$$

$$D = \sqrt{\frac{122,36}{5} \times \frac{4}{1}\pi}$$

$$D = \sqrt{31,17}$$

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

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil diameter silinder pneumatik sebesar 5,58 cm. Ketika melakukan pencarian ukuran pneumatik yang ada dipasaran dengan dasar ukuran diameter 5,58 cm, maka didapatkan ukuran yang mendekati ketentuan diameter yang dapat berkerja yaitu silinder pneumatik dengan diameter bore 6,3 cm dengan panjang stroke 7,5 cm. Ketersediaan silinder pneumatik yang ada dipasaran dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 24 Katalog Silinder Pneumatik

(Sumber Produk PT. EMC, 2019)

#### 4.4.2 Pembuatan Rangkaian Sistem Kendali

Hasil dari pemilihan sistem kendali yang akan digunakan untuk pengoperasian dalam menjalankan alat uji frame yaitu elektro-pneumatik. Sistem kendali elektro-pneumatik dipilih karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pneumatik itu sendiri. Mulai dari data yang dihasilkan dengan menggunakan elektro-pneumatik lebih akurat dibandingkan sistem kendali pneumatik, pengoperasian sistem kendali yang lebih mudah, serta komponen-komponen yang digunakan cenderung mudah didapatkan dipasaran.

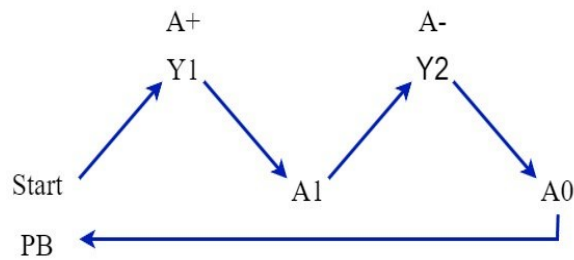
Sistem kendali elektro-pneumatik yang digunakan pada alat uji menggunakan sebuah silinder pneumatik ganda sebagai aktuator, katup 5/2 sebagai pengatur maju mundurnya silinder, dan *magnetic switch* sebagai penerima data agar silinder pneumatik dapat bergerak maju mundur. Selain itu, pada perancangan ini digunakan Counter Ct4s-1p4 sebagai penghitung data siklus yang dihasilkan dari pergerakan silinder yang akan di tampilkan pada layer lcd. Counter Ct4s-1p4 bisa dilihat pada Gambar 4.22



Gambar 4. 25 Counter Ct4s-1p4

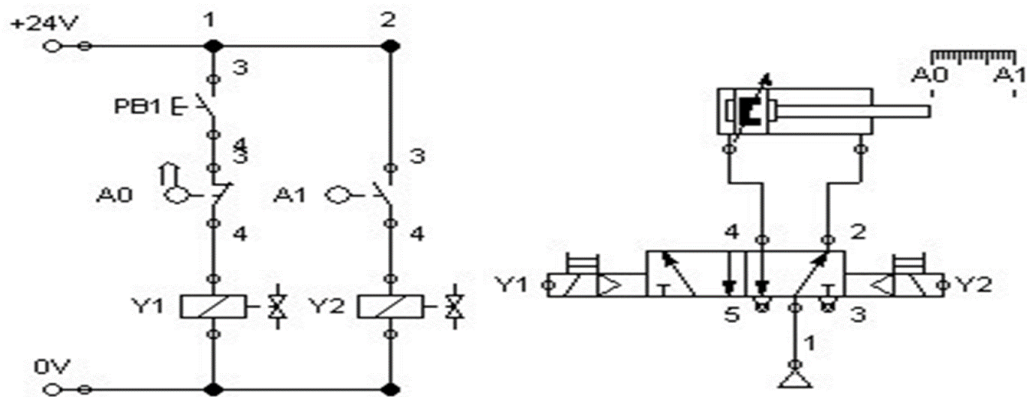
Proses perancangan rangkaian sistem kendali yang digunakan untuk menjalankan rangkaian elektro-pneumatik yaitu A+ dan A-. A+ merupakan kondisi silinder pneumatik maju ke depan dan A- merupakan kondisi silinder pneumatik mundur ke belakang. Penjelasan terkait hal tersebut dapat dilihat pada Gambar

4.25. Sehingga didapatkan suatu diagram rangkaian elektro-pneumatik. Diagram rangkaian elektro-pneumatik dapat dilihat pada Gambar 4-23.

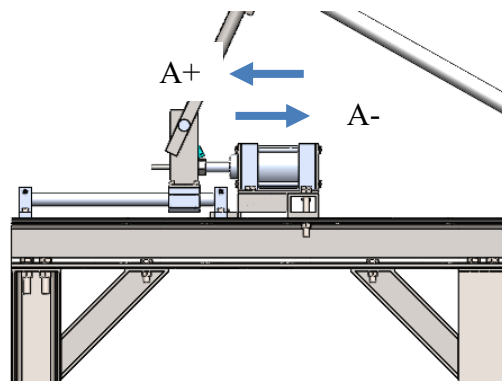


Gambar 4. 26 Diagram Rangkaian Elektro-Pneumatik

Setelah menetapkan rangkain elektro-pneumatik sebagai sistem kendali, dilanjutkan melakukan simulasi rangkaian sistem kendali pada *software Festo Fluidsim*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah rangkain dapat berjalan atau tidak sebelum dilakukan simulasi secara langsung pada alat uji *fatigue frame* sepeda. Rangkaian sistem kendali elektro-pneumatik yang sudah disimulasikan pada *software Festo Fluidsim*, dapat dilihat rangkaian tersebut pada Gambar 4.24.

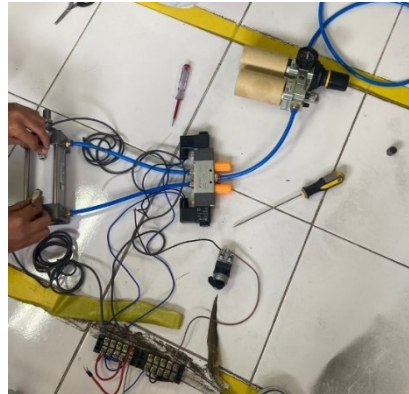


Gambar 4. 27 Rangkaian Elektro-Pneumatik



Gambar 4. 28 Kondisi Pergerakan Silinder Pneumatik

Setelah melakukan simulasi pada *software Festo Fluidsim* dan berhasil, dilanjutkan simulasi rangkaian sistem kendali secara langsung pada komponen elektro-pneumatik yang sudah tersedia. Proses simulasi rangkaian sistem kendali berjalan dengan lancar dan sesuai dengan simulasi yang sudah dilakukan pada *software Festo Fluidsim*. Kendala yang dialami hanya memerlukan suatu dudukan untuk meletakkan *magnetic switch*. Proses simulasi rangkaian sistem kendali secara langsung dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4. 29 Simulasi Rangkaian Elektro-Pneumatik

#### 4.5 Pembuatan Alat Uji

Setelah proses perancangan selesai, selanjutnya proses pembuatan alat. Proses pembuatan alat dilakukan beberapa tahapan seperti pembubutan, pengelasan, pengeboran, dan *milling*. Tahap pertama, besi UNP dipotong sesuai ukuran yang dibutuhkan yaitu panjang 160 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 40 cm. Proses pemotongan besi dilakukan dengan mesin gerinda bangku. Selesai proses pemotongan besi UNP, kemudian dilakukan pembersihan besi dari cat dan karat agar memudahkan dalam proses pengelasan ditunjukkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 30 Proses Pembersihan Besi UNP

Proses selanjutnya dilakukan juga proses pensejajaran besi UNP yang dapat dilihat pada Gambar 4.28. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kepresisian pemotongan. Proses dilanjutkan pengelasan besi UNP hingga terbentuk rangka utama alat uji *fatigue frame* sepeda. Proses pengelasan digunakan elektroda las RD-26 E6013 dan dilakukan pengampuhan sebelum pengelasan. Hal tersebut dilakukan agar pada saat proses pengelasan setiap sambungan lasan menjadi lebih kuat. Proses pengelasan besi UNP dapat dilihat pada Gambar 4.29. Selain pembuatan rangka utama alat uji, proses produksi juga meliputi pembuatan penyangga kaki rangka alat uji.



Gambar 4. 31 Proses Pensejajaran Besi UNP



Gambar 4. 32 Proses Pengelasan Besi UNP



Setelah proses pengelasan selesai, langkah selanjutnya adalah merakit rangka alat uji dengan menggunakan baut M14 yang digunakan untuk menyambung komponen-komponen rangka alat uji. Hal tersebut bertujuan untuk memastikan bentuk rangka sesuai dengan desain yang telah dibuat. Percobaan perakitan rangka alat uji yang sudah dirakit ditunjukkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4. 33 Kerangka Alat Uji

Tahap selanjutnya dilakukan pembuatan komponen pengganti fork depan dengan menggunakan silinder besi solid berukuran 20mm. Namun dengan ketersediaan material yang ada di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesai yang ada hanya silinder pejal berdiameter 22mm. Maka dilakukan proses bubut untuk memperkecil ukuran diameter silinder pejal tersebut. Proses pembubutan silinder pejal dapat dilihat pada Gambar 4.31. Selanjutnya pembuatan dudukan silinder pneumatik dan panahan dudukan. Hal tersebut dilakukan agar silinder pneumatik berada ditengah-tengah antara jalur dari penahan depan atau sejajar dengan penahan depan yang berfungsi sebagai perumpamaan poros roda sepeda.



Gambar 4. 34 Proses Pembubutan

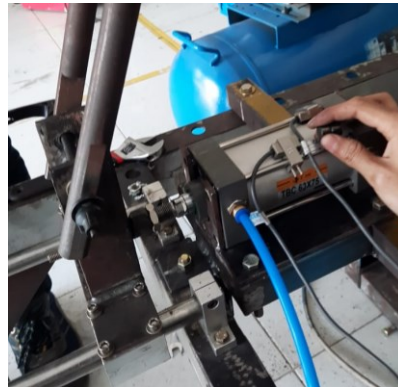


Gambar 4. 35 Percobaan Perakitan Alat Uji

Setelah percobaan perakitan yang dilakukan pada Gambar 4.32 dan pembuatan komponen pendukung rangka alat uji yang dilakukan pada. Tahap selanjutnya adalah proses pembuatan tempat komponen sistem kendali, dilanjutkan dengan uji coba terlebih dahulu untuk mengetahui apakah seluruh komponen fabrikasi sudah sesuai dengan desain, sebelum dilanjutkan ke tahap pengecatan dan perakitan alat uji.

Proses percobaan pertama alat uji dilakukan sebanyak 10 siklus yang terdapat pada Gambar 4.33 dengan menggunakan silinder pneumatik 75mm. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem kendali mampu bekerja dengan baik sesuai dengan simulasi yang dilakukan pada *software* maupun simulasi secara langsung sebelum diaplikasikan pada alat uji. Namun dalam pengaplikasian sistem

kendali pada alat uji mengalami kendala yang membuat sistem kendali tidak berjalan dengan lancar. Kendala yang dialami ketika pengaplikasian secara langsung yaitu *stroke* silinder pneumatik yang terlalu panjang. Hal tersebut dikarenakan pada observasi pertama menggunakan *stroke* 75mm dengan pertimbangan jarak keluar dari silinder pneumatik dapat diatur dengan *magnetic switch*. Kenyataannya pengaturan menggunakan *magnetic switch* sangatlah susah dan memerlukan magnet tambahan untuk membantu pembacaan sensor *magnetic switch* agar sistem kendali dapat berjalan dengan lancar. Sehingga diputuskan untuk mengganti *stroke* silinder pneumatik dengan panjang 25mm yang mengacu dari hasil observasi. Hal tersebut dilakukan karena apabila memaksakan menggunakan silinder pneumatik dengan panjang *stroke* 75mm dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa komponen alat uji. Salah satunya yang dapat mengalami kerusakan adalah silinder pneumatiknya itu sendiri. Proses percobaan alat uji dilakukan dengan silinder pneumatik 25mm yang dilakukan pada Gambar 4.34.



Gambar 4. 36 Percobaan Pengujian dengan Silinder Pneumatik 75mm



Gambar 4. 37 Percobaan Pengujian dengan Silinder Pneumatik 25mm

Setelah dilakukan pergantian silinder pneumatik, sistem kendali dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan simulasi yang dilakukan pada *software* maupun simulasi secara langsung sebelum diaplikasikan di alat uji.

Tahap berikutnya merupakan tahap *finishing* atau tahap pendempulan dan pengecatan yang dapat dilihat pada Gambar 4.35 sebelum dilakukan pengujian yang mengacu pada standar ISO 4210-6. Proses pendempulan alat dilakukan agar permukaan komponen alat uji lebih halus. Selanjutnya proses pengecatan dilakukan agar rangka alat uji maupun komponen alat uji tidak mengalami karat. Setelah semua cat kering, dilakukan proses perakitan kembali rangka dan sistem kendali sebelum dilakukan pengujian alat. Proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.36 dan Gambar 3.37.



Gambar 4. 38 Proses Pengecatan

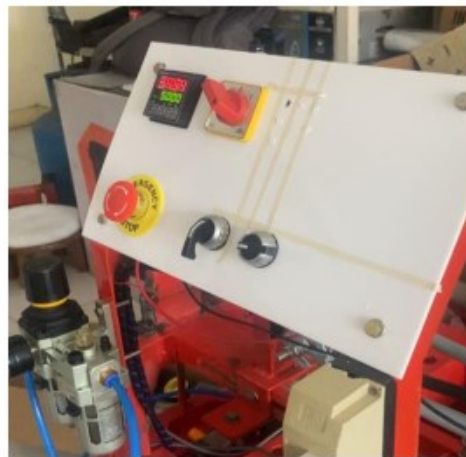


Gambar 4. 39 Proses Perakitan Alat Uji



Gambar 4. 40 Proses Perakitan Sistem Kendali Alat Uji

Setelah proses pengecatan, perakitan alat uji, dan perakitan sistem kendali alat uji, dilakukan pembuatan kontrol panel pada Gambar 3.38 yang bertujuan untuk memudahkan dalam pengoperasian alat uji. Komponen yang terpasang pada kontrol panel yaitu; 2 *push button*, 1 *selector switch*, *emergency stop*, dan *counter Ct4s-1p4*.



Gambar 4. 41 Kontrol Panel

Setelah komponen-komponen tersebut terpasang, proses selanjutnya penambahan pin konektor. Penambahan pin konektor membuat proses pengoperasian alat uji *fatigue frame* sepeda jant lebih nyaman dan mudah. Hal tersebut dikarenakan perubahan rangkaian sistem kendali ketika akan melakukan pengujian dibagian lain hanya perlu merangkai kabel dibagian kontrol panel dan

merubah selang pneumatik. Hasil pembuatan pin konektor dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4. 42 Kontrol Panel dengan Pin Konektor

#### 4.6 Hasil Pengujian

Selesai pembuatan komponen dan perakitan alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*, maka dilanjutkan dengan pengujian alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*. Pengujian dilakukan dengan mangacu standar ISO 4210-6 yang bertujuan untuk mengetahui apakah alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube* dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan kriteria desain yang sudah ditentukan. Proses pengujian alat uji ini *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube* dilakukan di ruangan Pojok Kreatif Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Sebelum dilakukan proses pengujian alat uji, proses pertama yang dilakukan yaitu mempersiapkan beberapa alat pendukung dan sample *frame* sepeda itu sendiri. Setelah semua persiapan dirasa sudah dalam kondisi siap, maka alat uji dapat dilakukan proses pengujian. Proses persiapan perngujian dilakukan pada Gambar 4.40 hingga alat uji siap dilakukan pengujian pada Gambar 4.41.



Gambar 4. 43 Persiapan Pengujian Alat



Gambar 4. 44 Alat Uji Dalam Kondisi Siap Pengujian

Proses pengujian bagian *head tube* yang dilakukan 20 kali pengujian dengan satu kali pengujian yaitu 5000 siklus dengan total siklus sebanyak 100.000 siklus. Selama proses pengujian dilakukan jeda kurang lebih 5 menit yang bertujuan untuk pembuangan air yang tertampung pada *air unit pneumatik*. Hal tersebut dilakukan agar selama proses pengujian dapat berjalan dengan gerakan

yang stabil. Selain itu, setiap selesai satu kali pengujian (5000 siklus) dilakukan pengukuran suhu pneumatik. Pengukuran suhu dilakukan agar menjaga kemampuan pembacaan sensor *magnetic switch* dapat berjalan dengan baik. Salah satu kegiatan pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4. 45 Pengecekan Suhu Silinder Pneumatik

Melihat temperatur suhu pneumatik yang semakin tinggi, maka dilakukan pendinginan dengan cara menambahkan kipas angin yang diarahkan ke silinder pneumatik yang sedang bekerja. Hal tersebut dilakukan juga bertujuan untuk menjaga kestabilan pembacaan sensor *magnetic switch*. Penambahan kipas angin dapat dilihat pada Gambar 4.43. Sementara itu, hasil yang didapatkan selama pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.





Gambar 4. 46 Penambahan Kipas Angin

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian

Pengujian ke-	Jumlah Siklus	Kondisi	Tekanan Kompresor (bar)	Waktu	Suhu Silinder Pneumatik (°C)
0	0	Siang	8	0	32,7
1.	5.000	Siang	4	31 menit 5 detik	41,5
2.	10.000	Siang	4	31 menit 5 detik	41
3.	15.000	Siang	4	31 menit 5 detik	41,8
4.	20.000	Siang	4	31 menit 5 detik	41,7
5.	25.000	Siang	4	31 menit 5 detik	43,3
6.	30.000	Siang	4	31 menit 5 detik	42,6
7.	35.000	Sore	4	31 menit 5 detik	42,6
8.	40.000	Sore	4	31 menit 5 detik	42,6

Pengujian ke-	Jumlah Siklus	Kondisi	Tekanan Kompresor (bar)	Waktu	Suhu Silinder Pneumatik (°C)
9.	45.000	Sore	4	31 menit 5 detik	42,4
10	50.000	Sore	4	31 menit 5 detik	44,4
11.	55.000	Sore	4	31 menit 5 detik	45,9
12.	60.000	Sore	4	31 menit 5 detik	46,9
13.	65.000	Malam	4	31 menit 5 detik	45
14.	70.000	Malam	4	31 menit 5 detik	43,5
15.	75.000	Malam	4	31 menit 5 detik	44,6
16.	80.000	Malam	4	31 menit 5 detik	44,8
17.	85.000	Malam	4	31 menit 5 detik	45,3
18.	90.000	Malam	4	31 menit 5 detik	44,4
19.	95.000	Malam	4	31 menit 5 detik	43
20.	100.000	Malam	4	31 menit 5 detik	44,4

Berdasarkan tabel 4.5, dapat diketahui bahwa alat uji dapat berkerja selama 100.000 siklus dan sistem kendali dapat berjalan dengan lancar. Selain itu suhu yang tertinggi dialami pada pengujian ke-12 dengan suhu mencapai 46,6 °C. Hal tersebut membuat pada pengujian ke-14 dilakukan pendinginan alat uji dengan cara ditambahkan kipas angin untuk mendinginkan alat uji. Pengujian dilakukan kurang lebih selama 10 jam 30 menit.

#### 4.7 Pembahasan

Standar ISO 4210-6 menjadi acuan dalam perancangan dan proses pembuatan alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*. Perancangan diawali dengan observasi dan studi literatur yang berfungsi sebagai dasar perancangan alat uji.

Proses pembuatan alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*, diawali dengan proses pembuatan sketsa rangka alat uji. Kemudian dari sketsa tersebut direalisasikan menggunakan *software Solidworks* untuk mengimplementasikannya hingga membentuk desain 3D. Setelah proses perancangan selesai, dilanjutkan dengan perancangan sistem kendali yang akan digunakan pada alat uji. Selanjutnya dilakukan proses pembuatan rangka alat uji berdasarkan rancangan yang telah selesai dibuat dan pengaplikasian sistem kendali yang telah dirancang sebelumnya menggunakan *software Festo Fluidsim*.

Setelah proses pembuatan rangka alat uji dan sistem kendali, dilanjutkan dengan proses pengujian alat uji untuk mengetahui apakah alat tersebut dapat beroperasi dengan lancar dan dapat menguji sepeda yang mengacu pada standar ISO 4210-6.

Berdasarkan proses pembuatan dan pengujian alat uji, hasilnya menunjukkan bahwa alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube* dapat memenuhi semua persyaratan kriteria desain yang telah dibuat. Berikut adalah poin-poin penting dari kriteria desain yang telah dibuat:

1. Alat uji dapat melakukan pengujian 100.000 siklus. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap alat uji, alat uji tersebut dapat melakukan pengujian sebanyak 100.000 siklus pada pengujian *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*
2. Struktur rangka memiliki kekuatan yang berada dibawah *yield strength* material yang digunakan. Berdasarkan hasil simulasi pembebanan, rangka yang didesain dapat dikatakan aman. Hal tersebut dapat dibuktikan dari hasil simulasi yang menyatakan semua hasil simulasi berada dibawah *yield strength* material yang digunakan.
3. Bagian panel kontrol alat uji mudah dicapai oleh pengguna ketika alat uji akan dioperasikan. Berdasarkan desain panel kendali dengan tinggi 80 cm, panel kendali dilengkapi dengan pin konektor. Peralatan uji dapat dioperasikan dengan lebih mudah dan nyaman. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-44.



Gambar 4. 47 Pengoperasian Alat Uji

4. Alat uji dapat digunakan pada jenis sepeda dewasa jenis *Road bike* (sepeda balap) dan *City bike* (sepeda kota). Alat uji dapat digunakan untuk menguji bagian *head tube* pada *frame* sepeda jenis *Road bike* (sepeda balap) dan *City bike* (sepeda kota), karena dalam proses perancangan dan pembuatan alat uji mengacu pada 3 jenis *frame* sepeda yaitu *Road bike* (sepeda balap), *City bike* (sepeda kota), dan *MTB* (*Mountain bike*). Tetapi alat uji ini tidak dapat digunakan untuk menguji jenis sepeda *MTB* dikarenakan harus dilakukan perubahan rangkaian sistem kendali agar gaya yang bekerja sesuai dengan standar pengujian *MTB* yang mengacu pada standar ISO 4210-6.
5. Pneumatik dapat menghasilkan gaya 450N dan 600N.

Berdasarkan hasil perhitungan yang berfungsi sebagai dasar pemilihan silinder pneumatik dengan menggunakan gaya sebesar 1200N dan tekanan 5bar, didapatkan diameter *bore* 5,58 cm. Namun melihat ketersediaan silinder pneumatik yang ada dipasaran, maka dipilih silinder pneumatik yang berdiameter *bore* 6,3cm. Sehingga dapat menghasilkan gaya 450N dan 600N.

6. Alat uji yang dapat dibongkar pasang. Selain menggunakan sistem pengelasan untuk penggabungan komponen, rangka alat uji juga menggunakan sistem mur dan baut untuk penggabungan komponen. Hal tersebut dimaksudkan untuk memudahkan dalam bongkar pasang alat dan memudahkan dalam pemindahan alat uji ke tempat lain. Penggabungan rata-rata menggunakan baut M14 dan M12.
7. Alat uji mengacu standar ISO 4210-6. Proses pembuatan dan perancangan alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube* mengacu skema pengujian *fatigue* pada bagian *head tube* sepeda yang ada dalam standar ISO 4210-6.

Perancangan tugas akhir ini banyak mengalami kendala dalam proses pembuatan alat uji *fatigue frame* sepeda pada bagian *head tube*. Berdasarkan proses yang sudah dijalani, kendala yang dialami selama proses pembuatan yaitu:

1. Pembuatan komponen alat uji banyak dilakukan secara manual dan keterbatasan alat yang dapat digunakan. Sehingga banyak ukuran komponen yang tidak presisi.
2. Proses pembuatan sistem kendali mengalami kendala dalam penggunaan *magnetic switch*. Hal tersebut disebabkan *magnetic switch* yang digunakan menggunakan merek yang kurang bagus dalam kualitasnya sehingga menyebabkan beberapa kali penggantian *magnetic switch* yang mengalami error dan rusak.
3. Penggunaan *stroke* silinder pneumatik yang terlalu panjang. Hal tersebut menyebabkan rusaknya silinder pneumatik dikarenakan kekuatan tahanan dari struktur rangka yang dibuat. Sehingga menyebabkan gaya yang dihasilkan menjadi lebih besar. Oleh sebab itu, dilakukan penggantian silinder pneumatik yang menggunakan *stroke* yang lebih pendek.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Alat uji yang telah dirancang bekerja dan berhasil melakukan pengujian *fatigue* pada bagian *head tube frame* sepeda sesuai dengan kriteria desain yang mengacu pada standar ISO 4210-6.
2. Sistem kendali elektropneumatik berjalan sesuai dengan rangkaian yang sudah dirangkai atau disimulasikan pada *software festo fluidsims* serta dapat berjalan selama 100.000 siklus dengan lancar.

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

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

1. Penambahan komponen PLC dalam sistem kendali untuk meminimalisir terjadinya error pada saat melakukan pengujian.
2. Penambahan mekanisme pendingin pada silinder pneumatik agar suhu silinder pneumatik lebih stabil sehingga pada proses pengujian kecepatan diameter silinder tidak berubah.
3. Melakukan modifikasi rangkaian sistem kendali agar pengujian *fatigue* untuk *frame* sepeda jenis MTB dapat menggunakan alat uji ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhyatma, D. D. (2013). Efektivitas Penggunaan Festo Fluidsim Sebagai Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pneumatik Siswa Kelas Xii Di Smk Muda Patria Kalasan. *Jurnal Skripsi*, 1–209.
- Anggraini, R. (2016). *Analisis frekuensi optimum pengujian horizontal fatigue pada berbagai rangka sepeda tipe trekking dengan metode elemen hingga*. 1–51.
- Badruzzaman, B., Endramawan, T., & ... (2020). Analisis Kekuatan Pembebanan Rangka Pada Perancangan Mesin Grading fish Jenis Ikan Lele Menggunakan Simulasi Solidworks. *Prosiding Industrial ...*, 26–27. <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2004>
- Budyanto, 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>
- Fariz Luthfi Nurulhadi, Rizal Hanafi, O. (2021). Analisis Kekuatan dan Desain Frame Mini Bike 20 Inch Menggunakan Pendekatan Finite Element Method (FEM). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(1), 168–175. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6589569>
- 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. (2003). International Standard International Standard. *61010-1 © Iec:2001, 2003*, 13.
- Loppies, V. B., Satrijo, D., & Kurdi, O. (2022). Analisis Rangka Roadbike Dengan Material Komposit Karbon Dan Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 233–240.
- Lubis, M. D., & Waluyowati, N. P. (2022). Membangun Keunggulan Bersaing dengan Strategi Produksi Job Lot Shop pada Usaha Sepeda Custom Pusat

- Bike. *Journal Skripsi*, 1(4), 438–443.
- Nasrullah, H., Wilantara, B., Saifudin, M., & Nugroho, F. (2022). Manufacturing and Testing of Electrical Pneumatic System Trainers at the Laboratory of Politeknik Piksi Ganesha Indonesia. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 4(1), 27–34. <https://doi.org/10.46574/motivection.v4i1.103>
- Pramujianto, M. A. (2010). Aplikasi Mikrokontroler ATMEGA85335 Untuk Otomatisasi Pompa Motor DC dan Solenoid Valve pada Alat Ukur Tekanan Darah dan Denyut Nadi Gluterna Meter Digital. *Undergraduate Thesis-UNDIP*. <http://eprints.undip.ac.id/20853/>
- Randy Septiawan, dan. (2018). Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi Analisa Pengujian Lelah Material Stainless Steel 304 Dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 64–73. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- Restu Pahlawan, A., Hanifi, R., & Santosa, A. (2021). Analisis Perancangan Frame Gokart dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD Solidworks 2016. *Jurnal METTEK*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.24843/mettek.2021.v07.i01.p01>
- 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. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/peshr>
- Saint, P., Sorong, P., Rangka, L., Rangka, P., Kelapa, S., & Diesel, M. (2022). *Desain rangka utama mesin pengurai sabut kelapa asepal spanyol*. *Yolanda j. lewerissa* 2. 7(1), 1–8.
- Sasmito, A. (2018). Disain Kekuatan Sambungan Hoop Pillar Dan Floor Bearer Pada Struktur Rangka Bus Menggunakan Solidworks. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 657–670. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i1.2023>
- Setiawan, A. B. (2019). Komunikasi Organisasi Komunitas Sepeda Gunung (Adventure Freedom Bike) Bondowoso dalam Mempertahankan Ekstensi Diri. *Jurnal Skripsi*.



<http://repository.unmuhjember.ac.id/5901/1/JURNAL.pdf>

- Sofnivagi, M., Razi, M., & Hasrin, H. (2020). Rancang Bangun Sistem Elektro Pneumatik Untuk Mesin Pencetak Biobriket. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1744>
- Tappo, D. N. S. (2018). Pembuatan Sambungan Part Seat Tube pada Sepeda Menggunakan 3d Printer Berdasarkan Topology Optimization Design. *Journal of Physical Therapy Science*, 9(1), 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.07.010><http://dx.doi.org/10.1016/j.visres.2014.07.001><https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.08.006><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24582474><https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.12.007><https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.12.007>
- Wandi, S. (2019). Analisa Kekuatan Rangka Mesin Penghancur Limbah Kayu Kapasitas 15 Kg/Jam. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41–49.
- Wicaksono, A. A. (2021). *Rancang Bangun Alat Uji Fatigue Telapak Kaki Palsu Berdasarkan Standar Iso 10328*.

# LAMPIRAN

## 4.4 Frame — Fatigue test with horizontal forces

### 4.4.1 General

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

It is not necessary for a genuine fork to be fitted, provided that any substitute fork is of the same length as the intended fork (see [Annex A](#)) and it is correctly installed in the steering-head bearings. For a suspension fork, 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.

In tests on suspension frames with pivoted joints, lock the moving part of the frame into a position as would occur with an 80 kg rider seated on the bicycle. This can be achieved by locking the suspension unit in an appropriate position or, if the type of suspension system does not permit it to be locked, then the suspension system can be replaced by a solid link of the appropriate compressed size. Ensure that the axes of the front and rear axles are horizontally in line, as shown in [Figure 4](#). For suspension frames in which the chain stays do not have pivots but rely on flexing, ensure that any dampers are set to provide the minimum resistance in order to ensure adequate testing of the frame.

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.

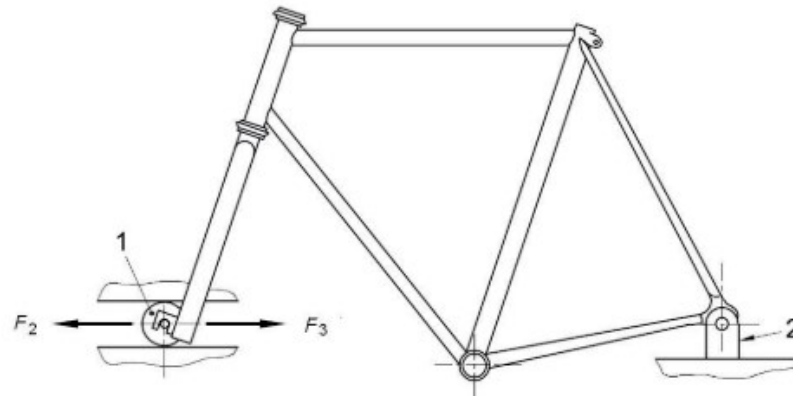
### 4.4.2 Test method

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 4](#). Ensure that the axis of the front and rear axles are horizontally in line.

Apply cycles of dynamic, horizontal forces of  $F_2$  in a forward direction and  $F_3$  in a rearward direction to the front fork dropouts for  $C_1$  cycles as shown in [Table 4](#) and [Figure 4](#), with the front fork constrained in vertical direction but free to move in a fore/aft direction under the applied forces. The maximum test frequency shall be maintained as specified in ISO 4210-3:2014, 4.5.

**Table 4 — Forces and cycles on front fork dropouts**

Bicycle type	City and trekking bicycles	Young adult bicycles	Mountain bicycles	Racing bicycles
Forward force, $F_2$ N	450	450	1 200	600
Rearward force, $F_3$ N	450	450	600	600
Test cycles, $C_1$	100 000	100 000	50 000	100 000

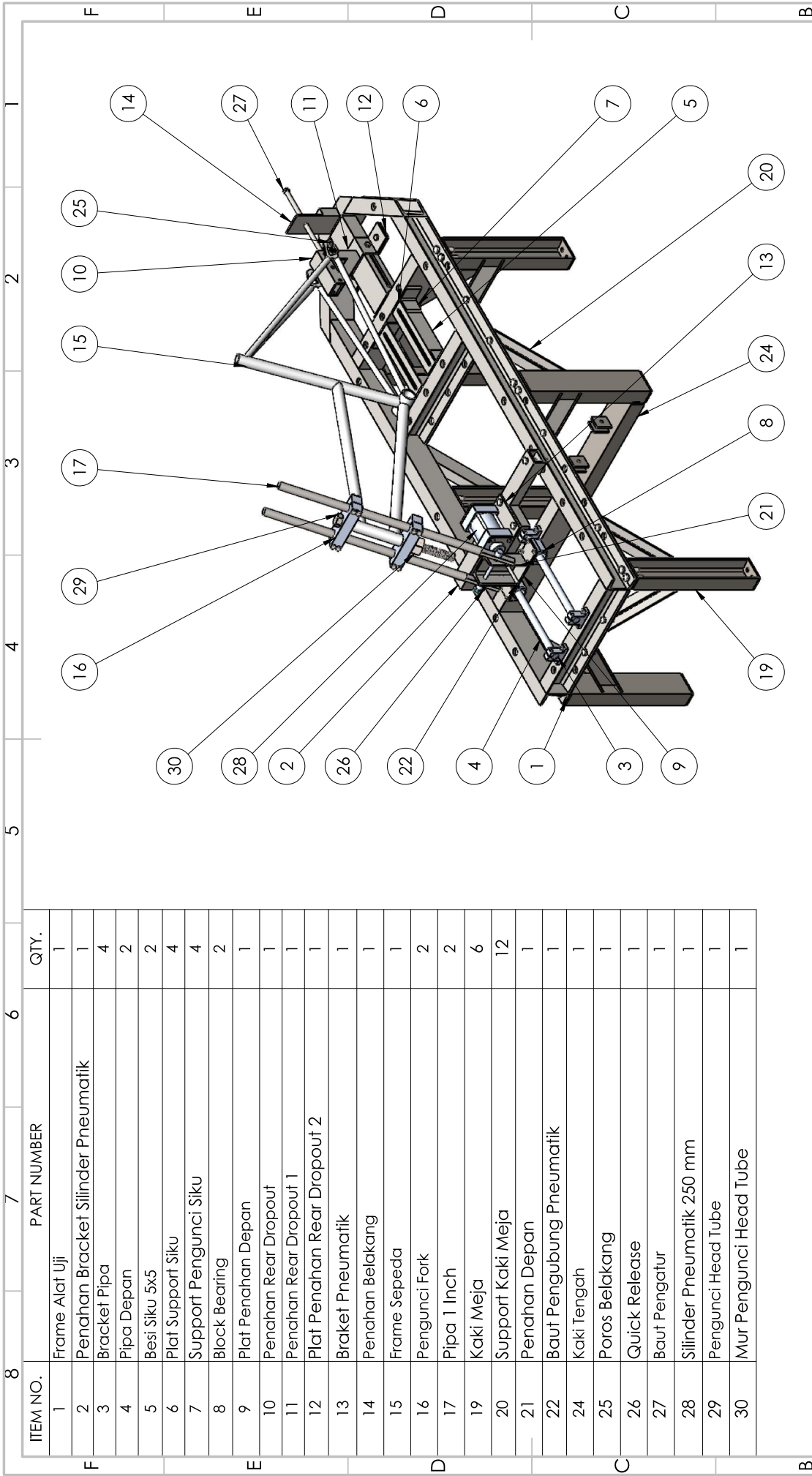


**Key**

- 1 free-running guided roller
- 2 rigid, pivoted mounting for rear-axle attachment point

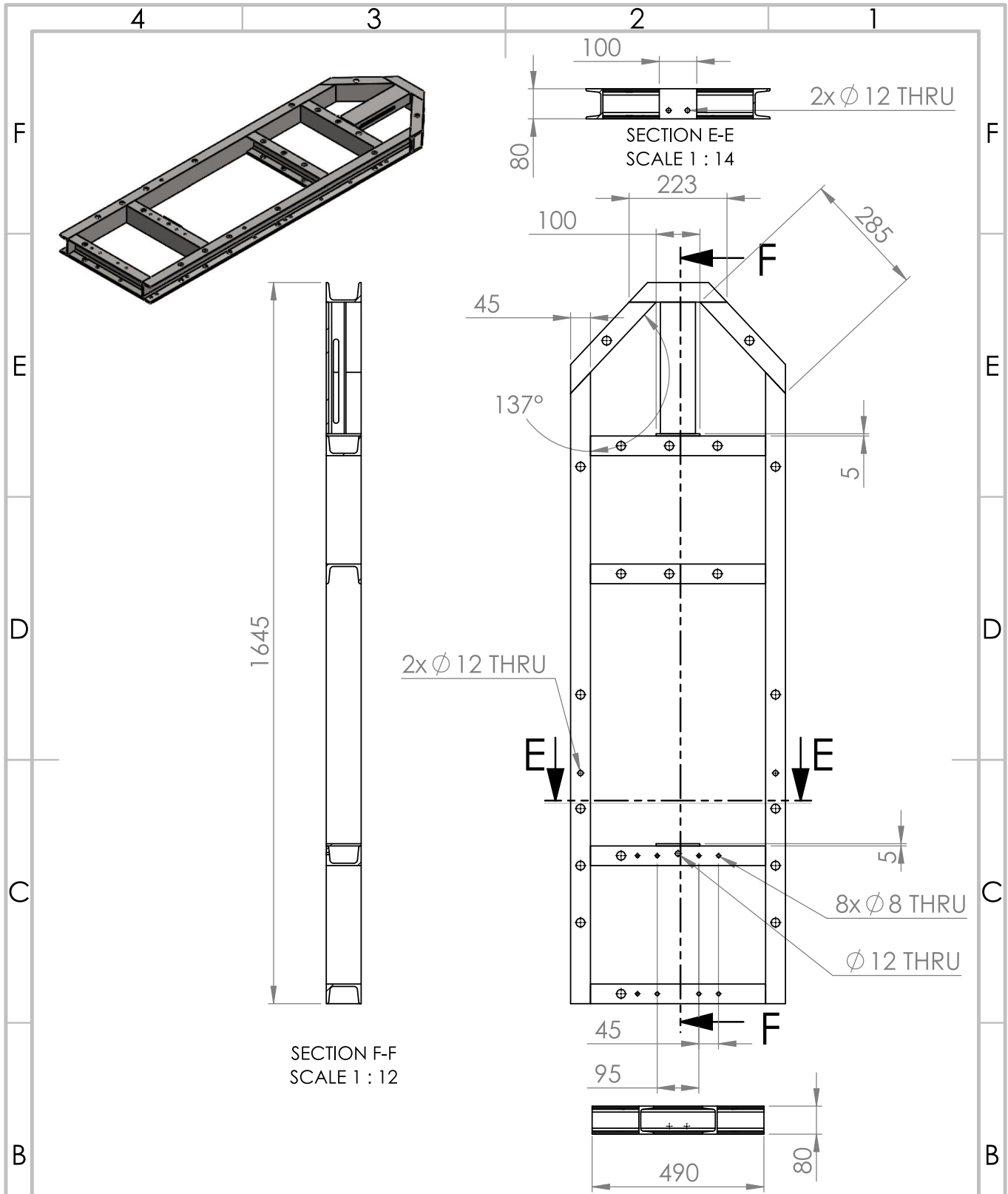
**Figure 4 — Frame — Fatigue test with horizontal forces**

<b>Besi Kanal U / UNP</b>	
<b>UKURAN</b>	<b>BERAT</b>
<b>5(50 X 38 X 5 mm) – 6 M</b>	30 kg
<b>6,5(65 X 42 X 5 mm) – 6 M</b>	41 kg
<b>7,5(75 X 40 X 5 mm) – 6 M</b>	45,3 kg
<b>8(80 X 45 X 5 mm) – 6 M</b>	47,76 kg
<b>10(100 X 50 X 5 mm) – 6 M</b>	56,2 kg
<b>12(120 X 55 X 6 mm) – 6 M</b>	80,4 kg
<b>12,5(125 X 65 X 6 mm) – 6 M</b>	80,4 kg
<b>15(150 X 75 X 6,5 mm) – 6 M</b>	112 kg
<b>18(180 X 75 X 7 mm) – 6 M</b>	128 kg
<b>20(200 X 80 X 7,5 mm) – 6 M</b>	148 kg
<b>25(250 X 90 X 9 mm) – 6 M</b>	208 kg
<b>30(300 X 100 X 10,5 mm) – 6 M</b>	526 kg
<b>14(140 X 60 X 7 mm) – 6 M</b>	96 kg
<b>16(160 X 65 X 7,5 mm) – 6 M</b>	115,5 kg
<b>18(180 X 70 X 8 mm) – 12 M</b>	271 kg
<b>20(200 X 75 X 8,5 mm) – 12 M</b>	310 kg
<b>22(220 X 80 X 9 mm) – 12 M</b>	371 kg
<b>24(240 X 85 X 9,5 mm) – 12 M</b>	410 kg
<b>26(260 X 90 X 10 mm) – 12 M</b>	456 kg
<b>28(280 X 95 X 10 mm) – 12 M</b>	500 kg
<b>30(300 X 100 X 10 mm) – 12 M</b>	556 kg
<b>32(320 X 100 X 14 mm) – 12 M</b>	714 kg
<b>40(400 X 110 X 14 mm) – 12 M</b>	862 kg



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Frame Alat Uji	1
2	Penahan Bracket Silinder Pneumatik	1
3	Bracket Pipa	4
4	Pipa Depan	2
5	Besi Siku 5x5	2
6	Plat Support Siku	4
7	Support Pengunci Siku	4
8	Block Bearing	2
9	Plat Penahan Depan	1
10	Penahan Rear Dropout	1
11	Penahan Rear Dropout 1	1
12	Plat Penahan Rear Dropout 2	1
13	Braket Pneumatik	1
14	Penahan Belakang	1
15	Frame Sepeda	1
16	Pengunci Fork	2
17	Pipa 1 Inch	2
19	Kaki Meja	6
20	Support Kaki Meja	12
21	Penahan Depan	1
22	Baut Pengubung Pneumatik	1
24	Kaki Tengah	1
25	Poros Belakang	1
26	Quick Release	1
27	Baut Pengatur	1
28	Silinder Pneumatik 250 mm	1
29	Pengunci Head Tube	1
30	Mur Pengunci Head Tube	1

DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	02
DEBRIBE AND BREAK SHARP EDGES			
FINISH:			
NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN: RSYAD JANNATA			
CHKD:			
APP'VD:			
MFG:			
G.A:			
MATERIAL:			
DRAWING NAME:		FORK	
TITLE:		BILL OF MATERIAL	
SCALE: 1:10		2	
WEIGHT:		3	
SHEET 1 OF 1		2	



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		
APP'VD		
MFG		
Q.A		
MATERIAL:		
WEIGHT:		

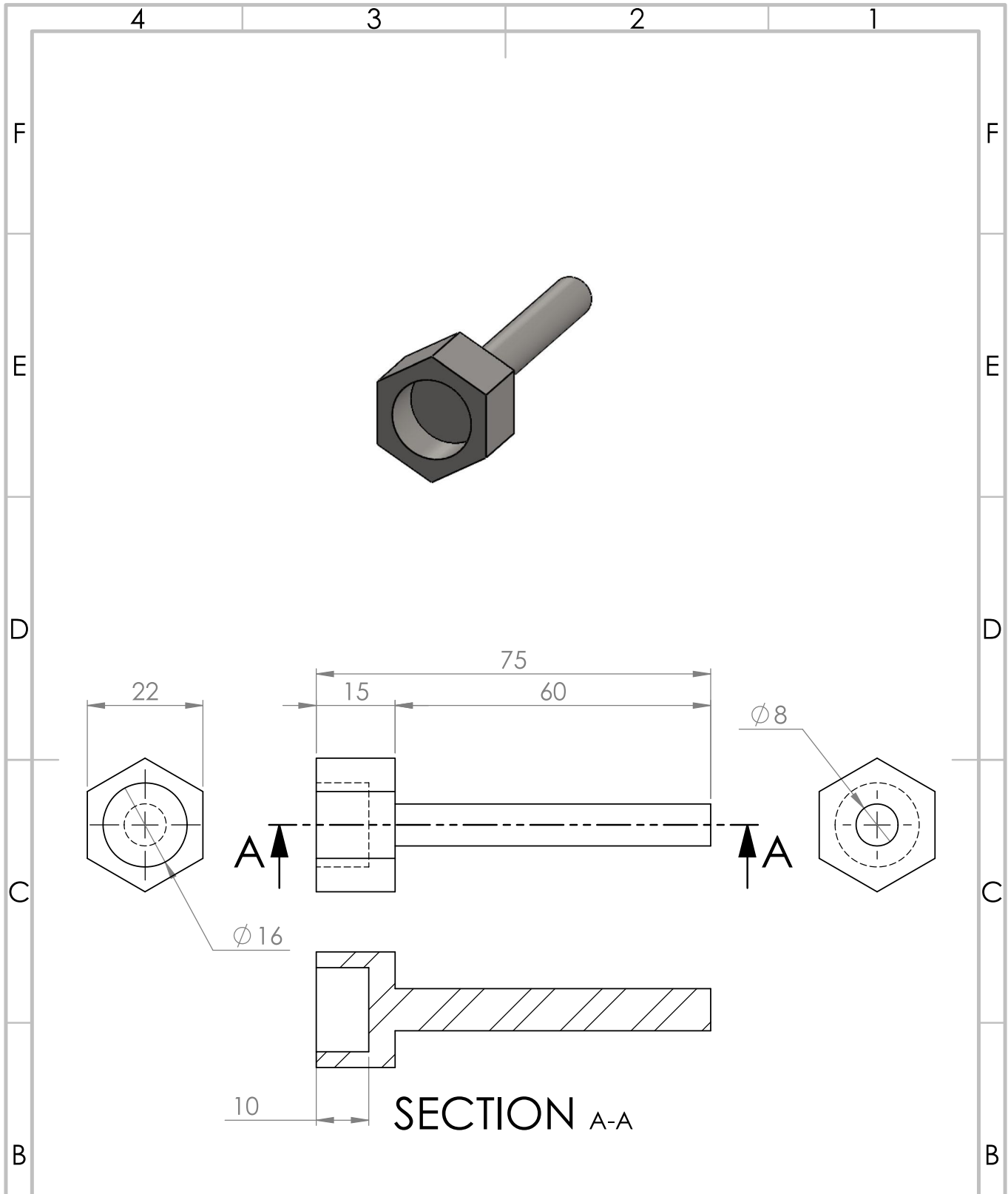
TITLE:  
**RANGKA ALAT UJI**

DWG NO.

A4

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 01

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	IRSYAD JANNATA				
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

**BAUT PENGUBUNG**

DWG. NO.

A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

A

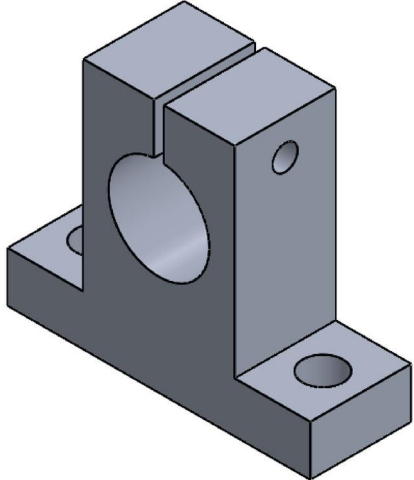
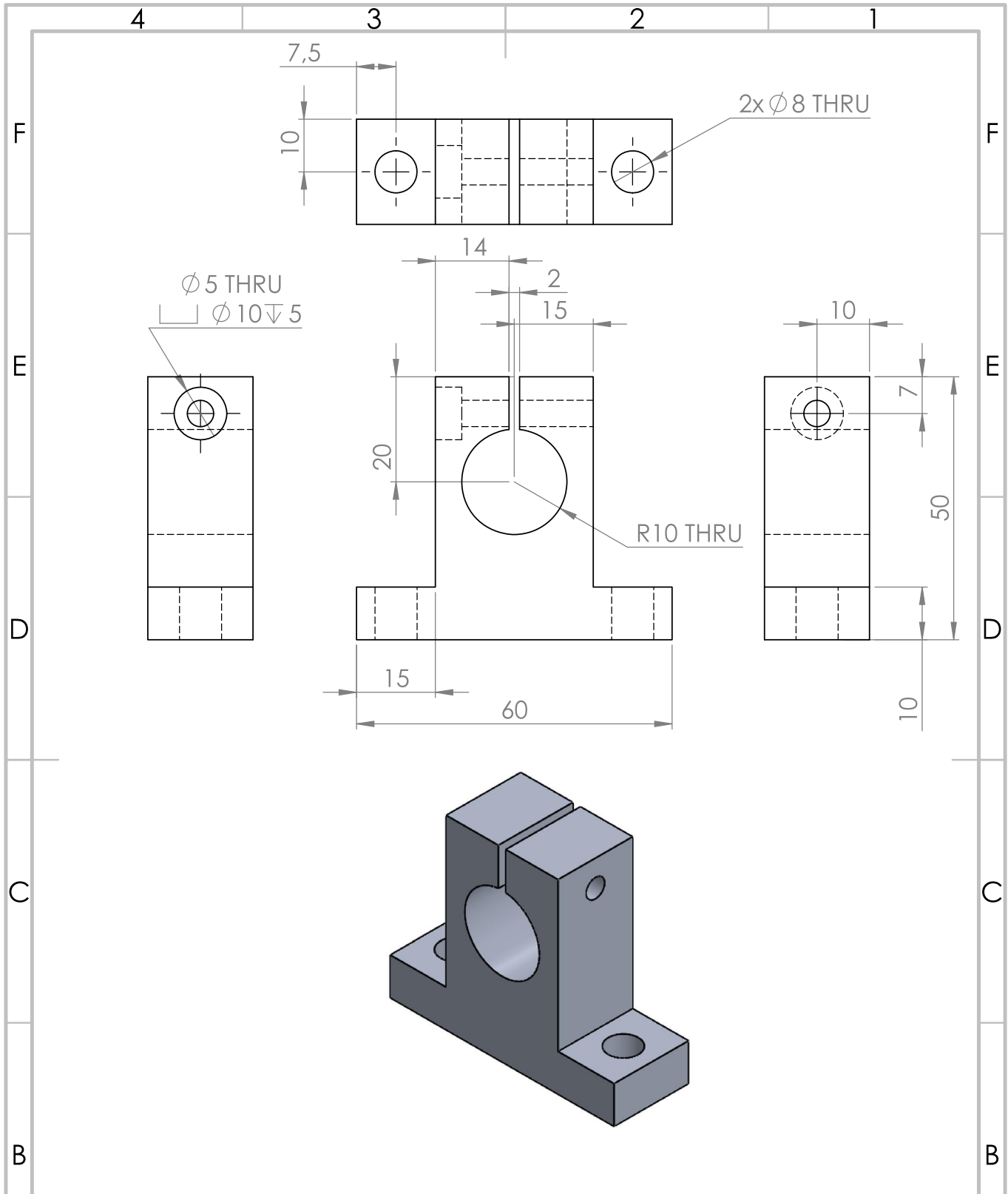
A

4

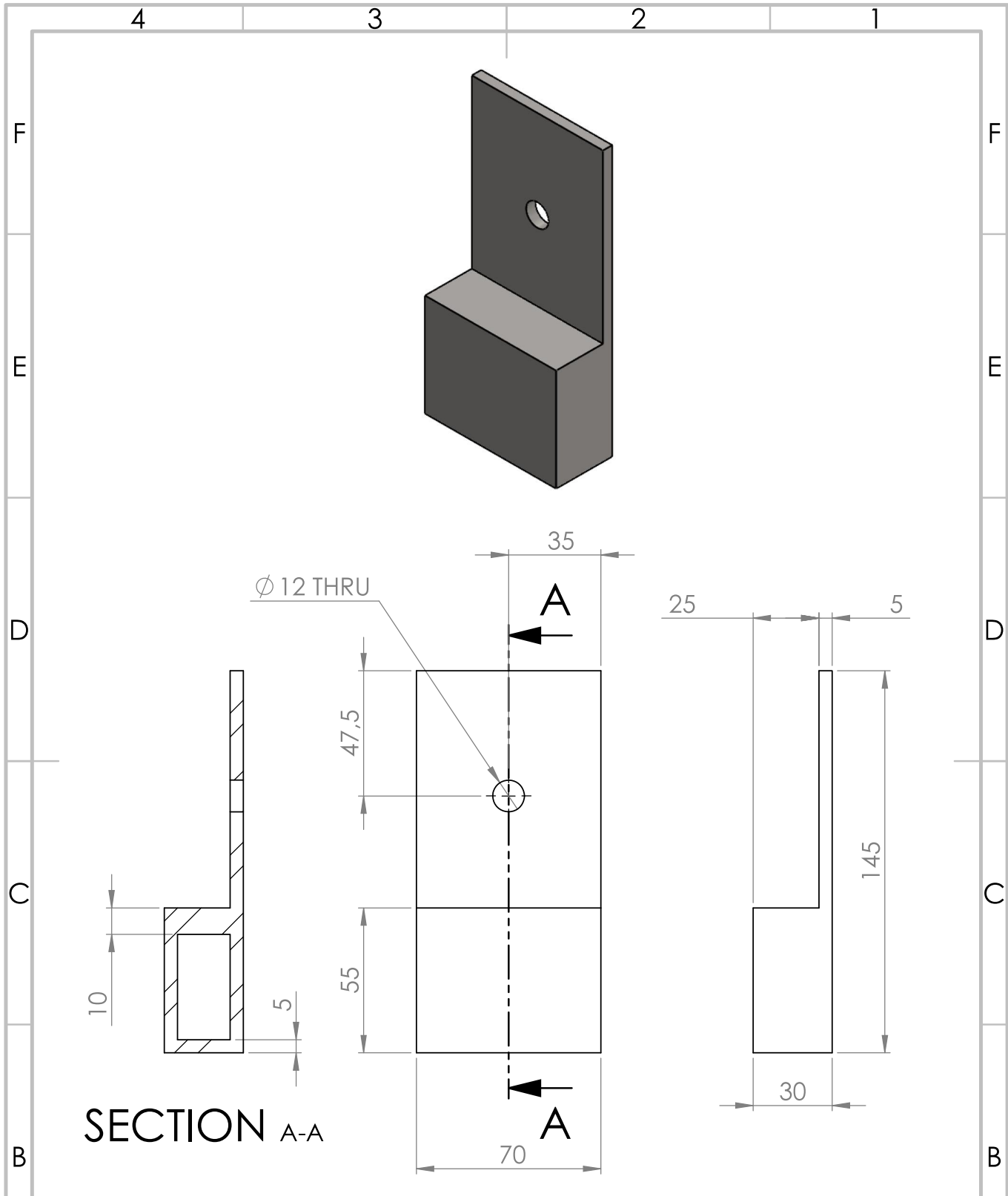
3

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	
DRAWN IRSYAD JANNATA		SIGNATURE		DATE		TITLE: <b>BRACKET PIPA JALUR DEPAN</b>			
CHK'D						MATERIAL:		DWG. NO.	
APPV'D								A4	
MFG						WEIGHT:		SCALE:1:1	
Q.A								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 02

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN	IRSYAD JANNATA			
CHK'D				
APP'VD				
MFG				
Q.A				
				MATERIAL:
				WEIGHT:

TITLE:

**PENAHAN  
 BELAKANG**

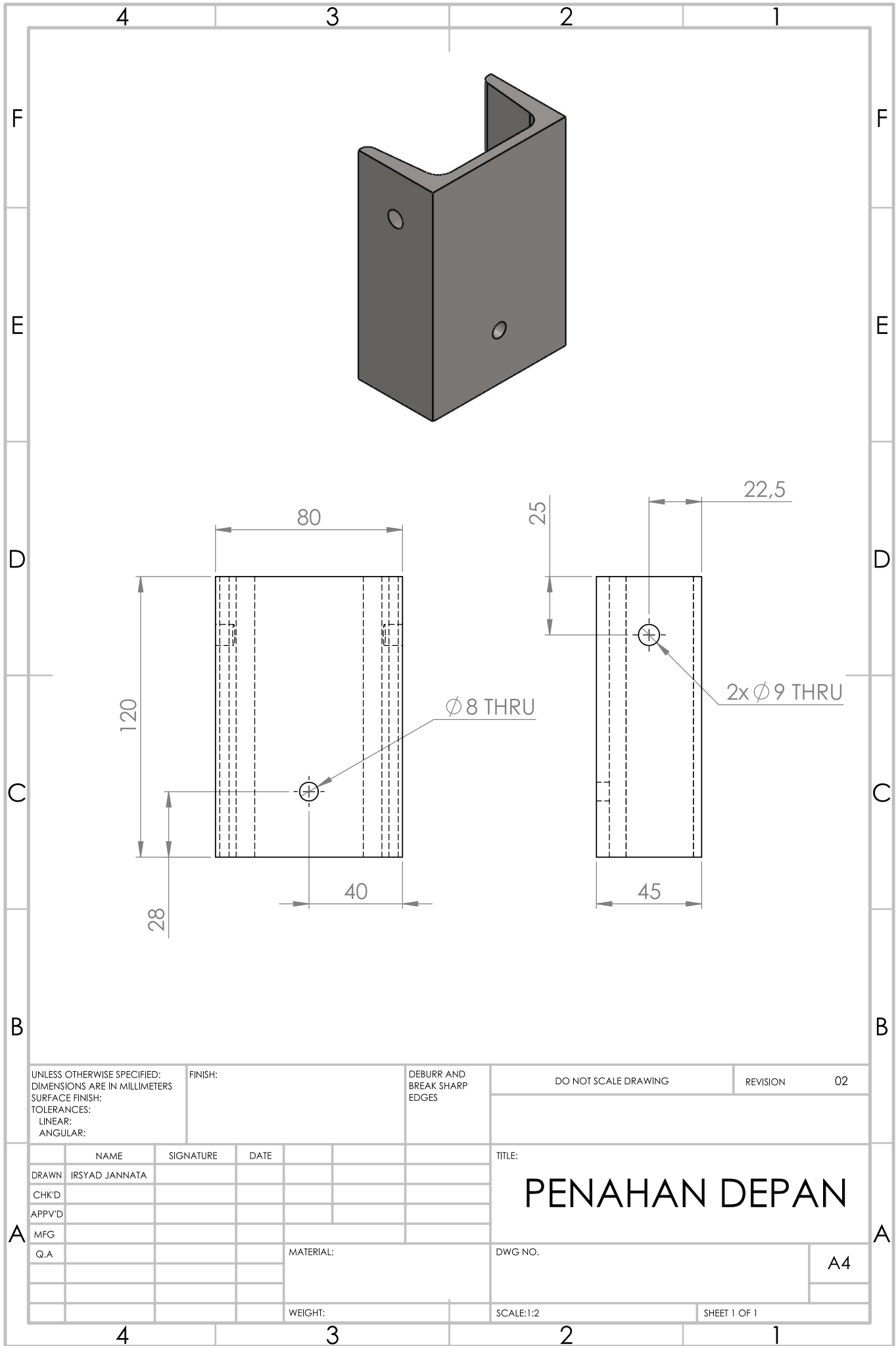
DWG. NO.

A4

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 02

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	IRSYAD JANNATA				
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

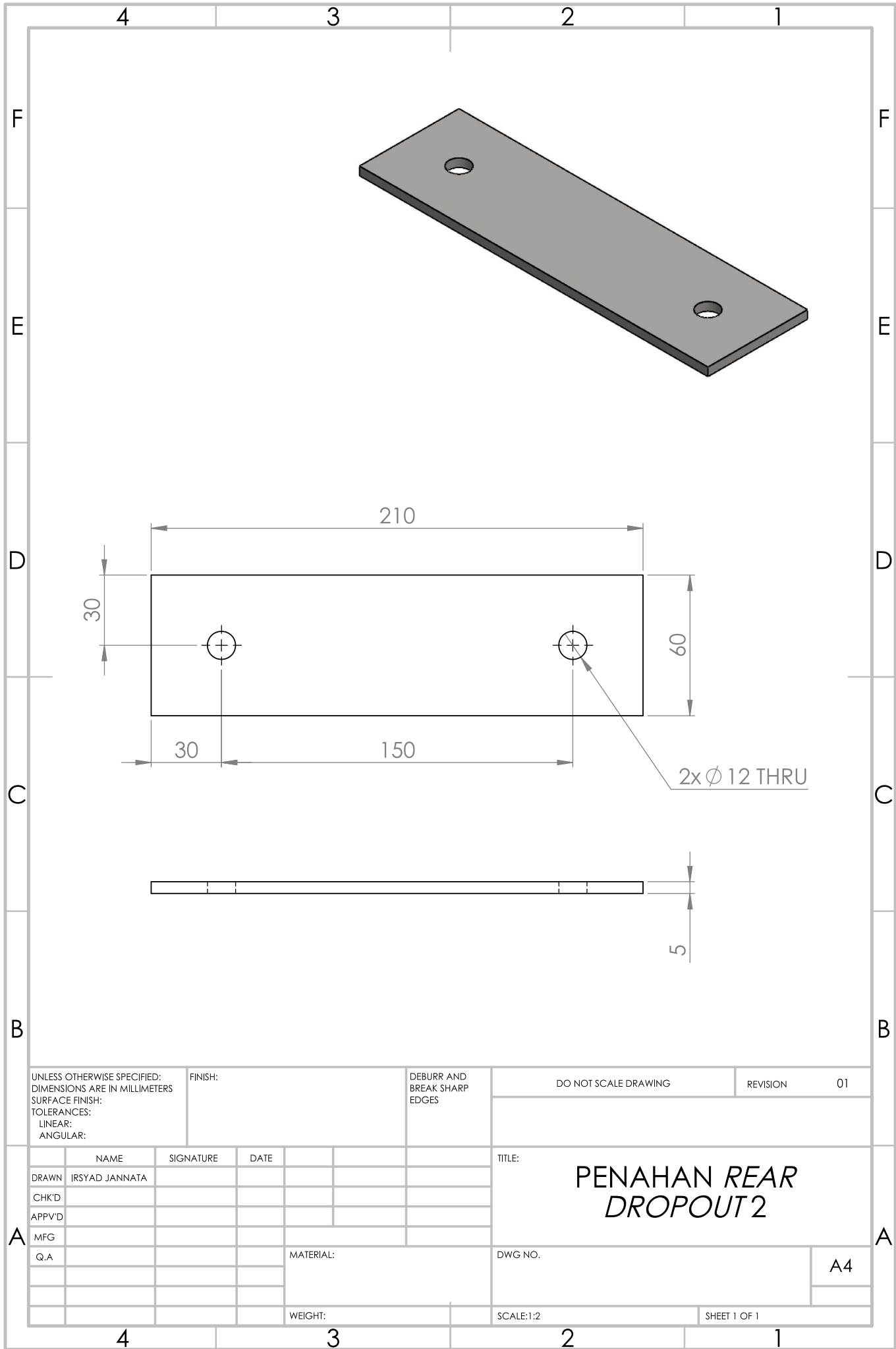
**PENAHAN DEPAN**

DWG. NO.

A4

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 01

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	IRSYAD JANNATA				
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

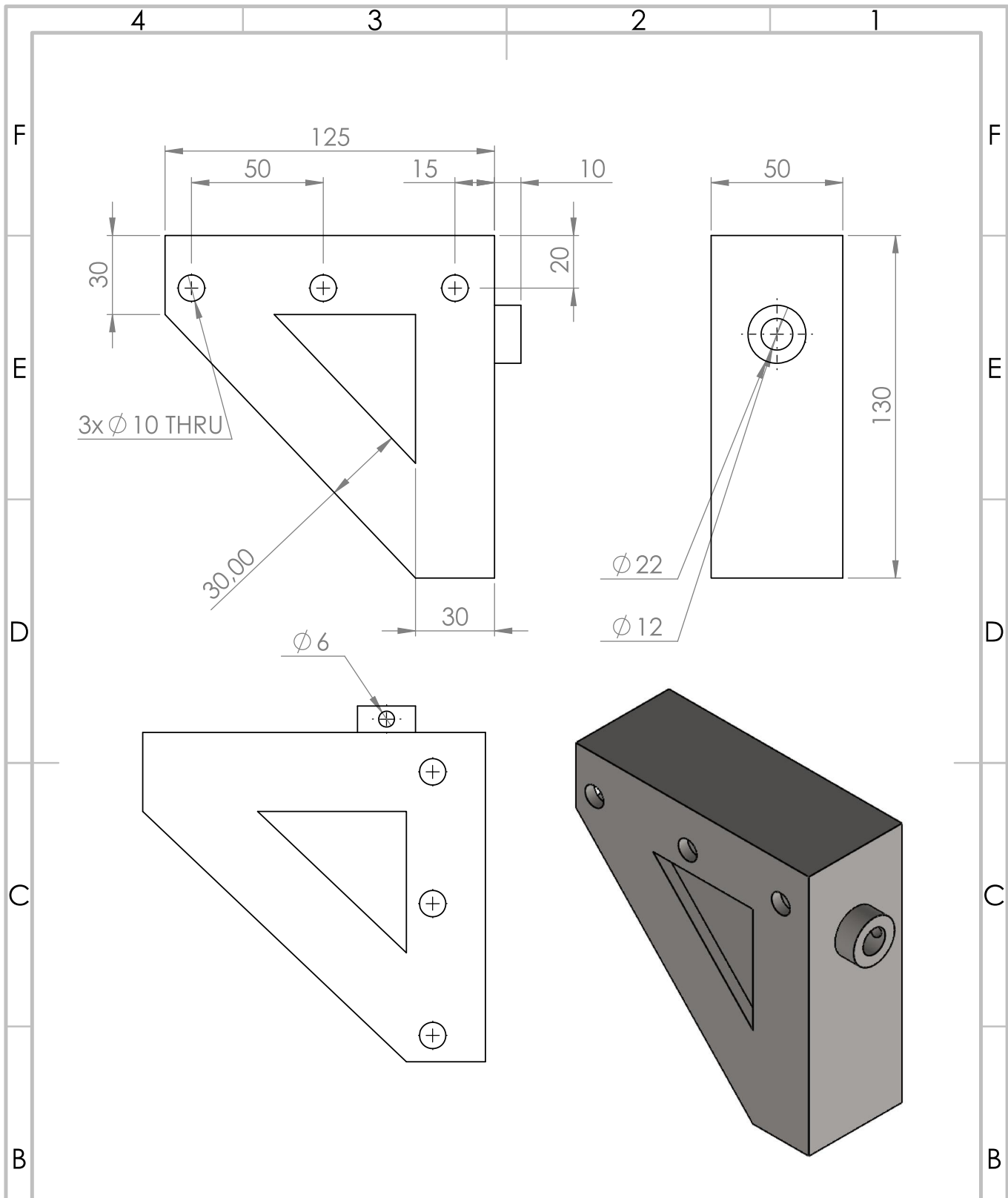
**PENAHAN REAR  
 DROPOUT 2**

DWG NO.

A4

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 02

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

TITLE:

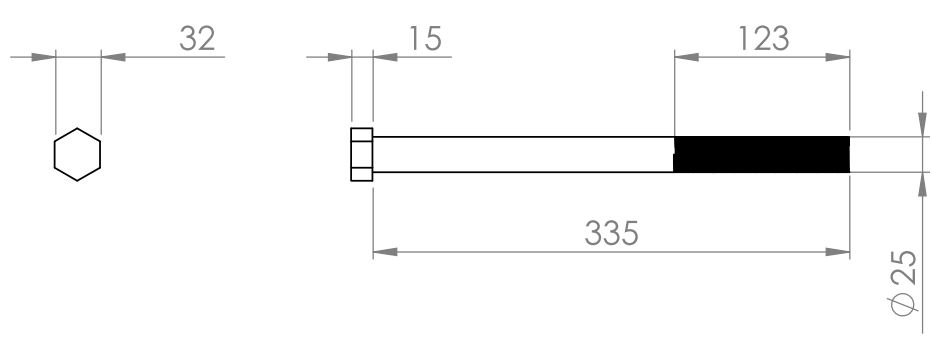
# PENAHAN REAR DROPOUT

DWG. NO.

A4

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 01

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

TITLE:

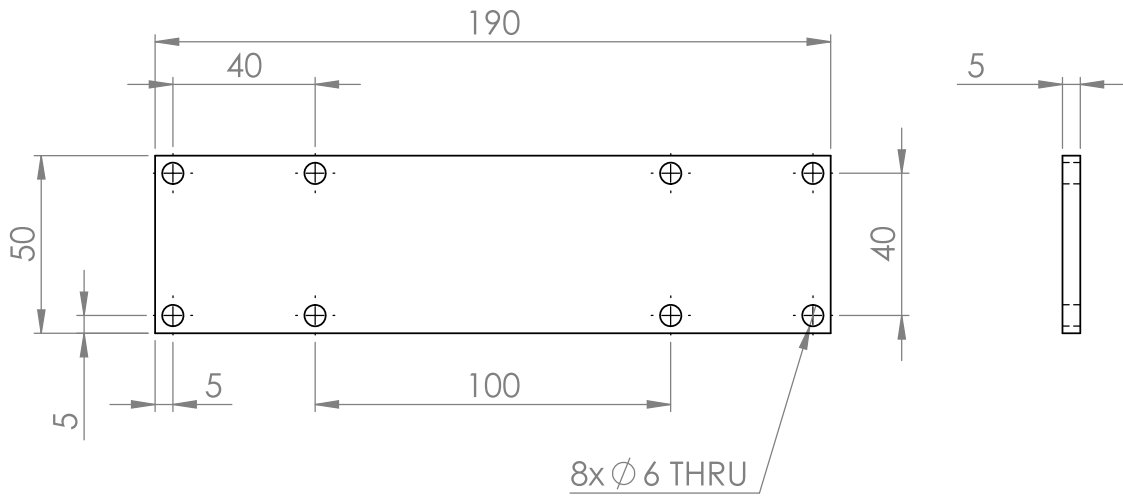
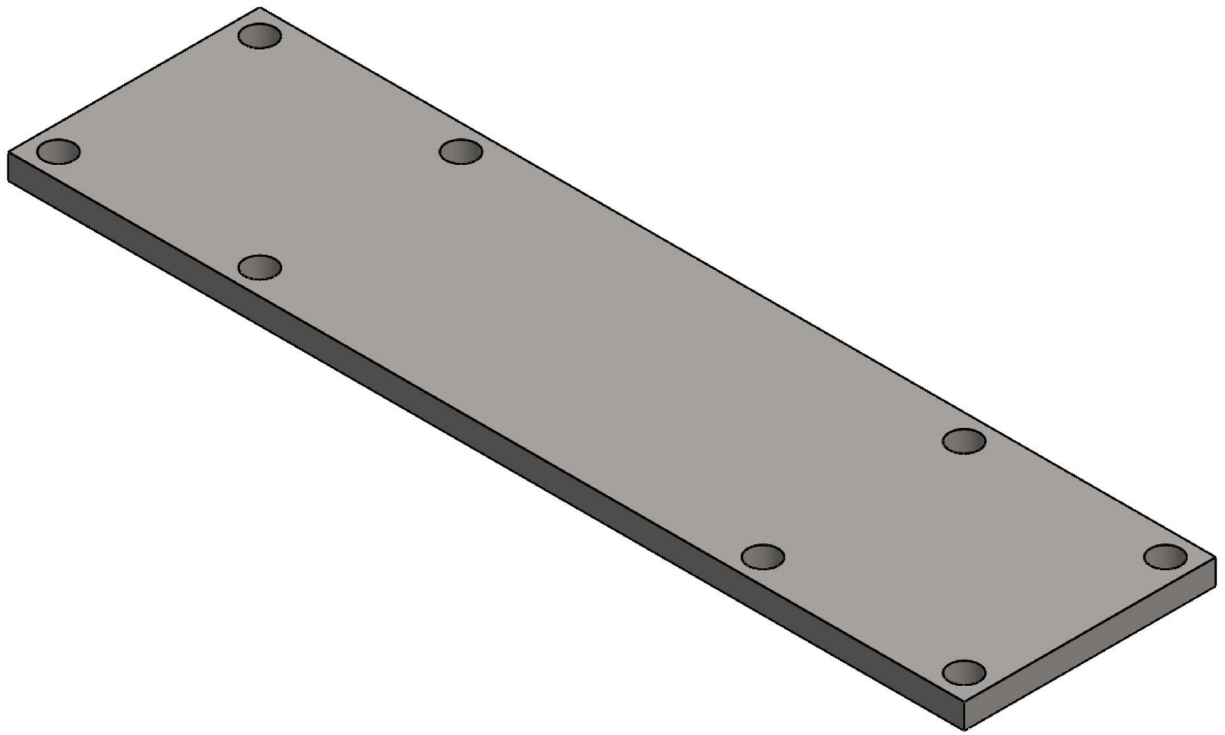
**PENGUNCI HEAD  
 TUBE**

DWG NO.

A4

SCALE:1:5

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					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

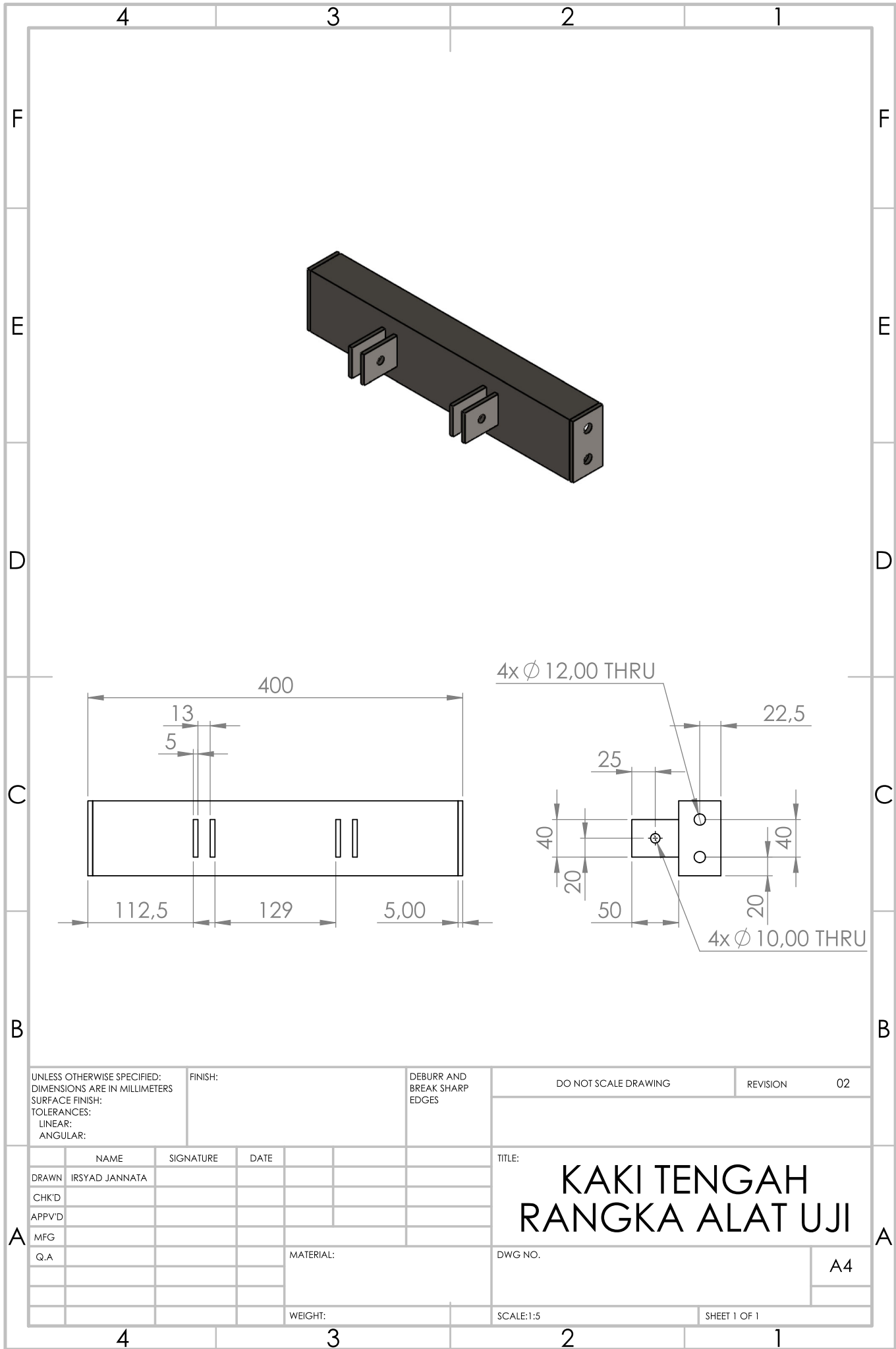
**PLAT PENAHAN  
DEPAN**

DWG NO.

A4

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 02

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN IRSYAD JANNATA		
CHK'D		
APP'VD		
MFG		
Q.A		
MATERIAL:		
WEIGHT:		

TITLE:

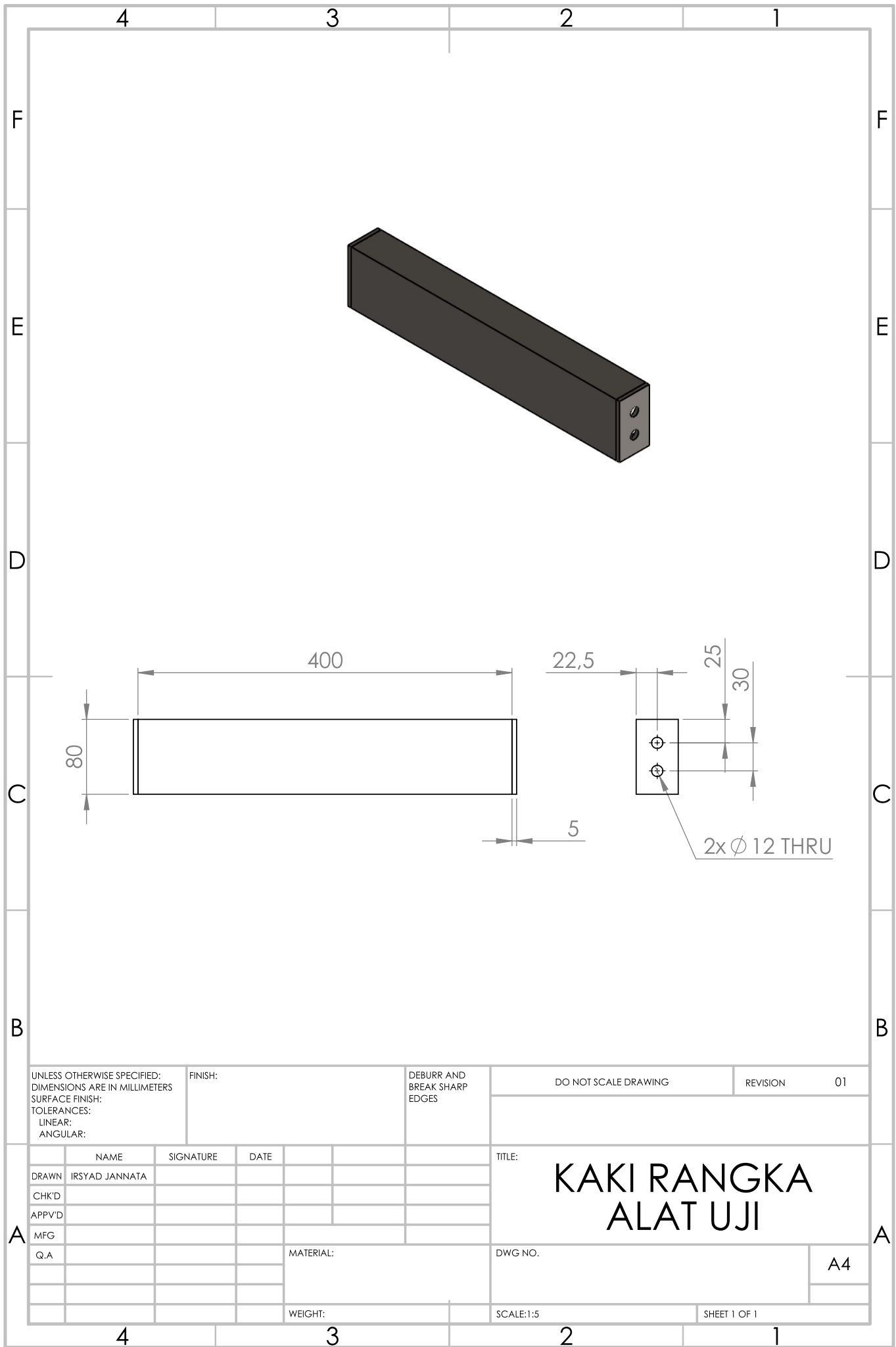
# KAKI TENGAH RANGKA ALAT UJI

DWG NO.

A4

SCALE:1:5

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 01

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

TITLE:

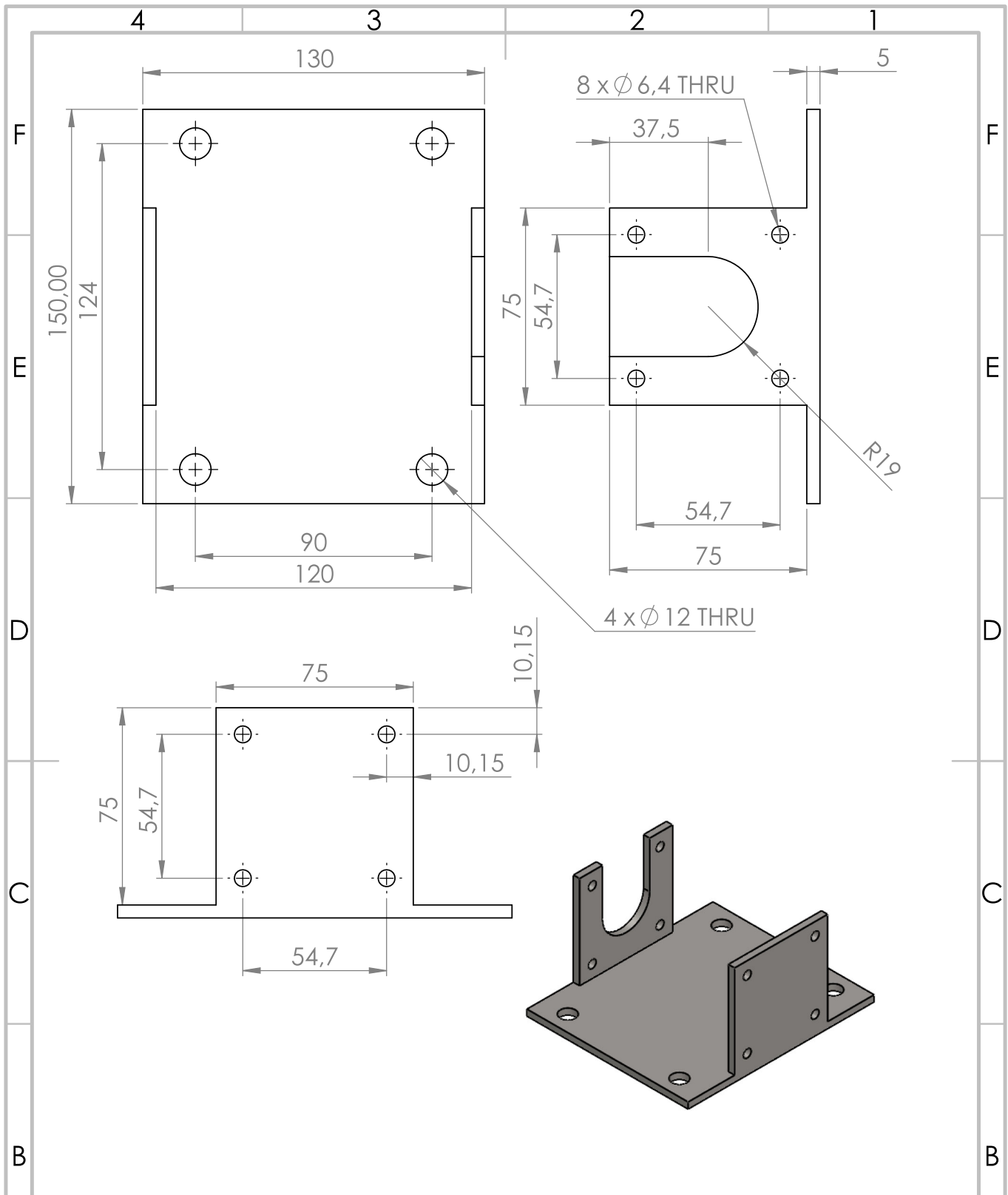
**KAKI RANGKA  
 ALAT UJI**

DWG NO.

A4

SCALE:1:5

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				
				MATERIAL:
				WEIGHT:

TITLE:

# Dudukan Silinder Pneumatik

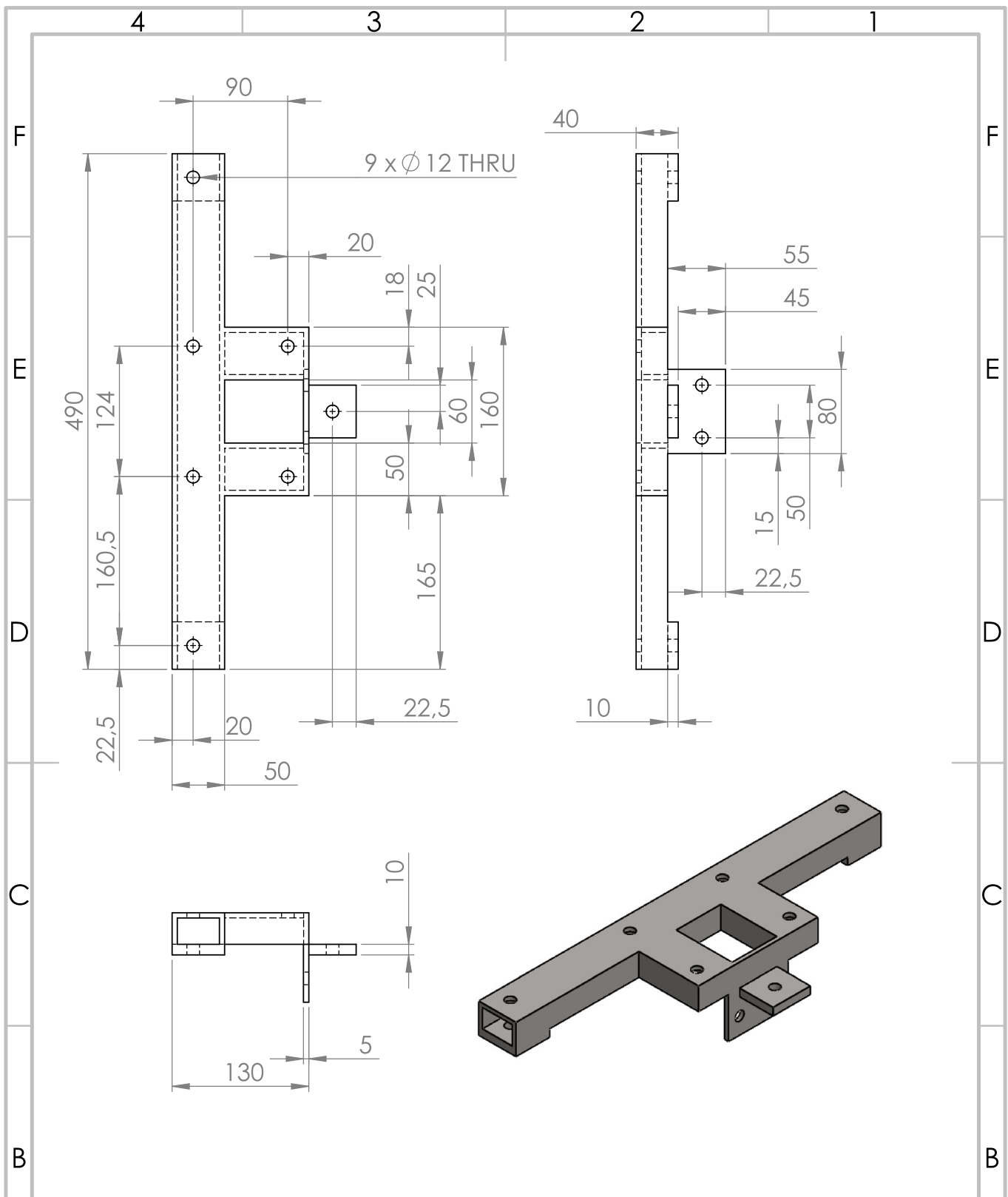
DWG. NO.

A4

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			
APP'VD			
MFG			
Q.A			

TITLE:  
**Penahan Dudukan Silinder  
Pneumatik**

MATERIAL:

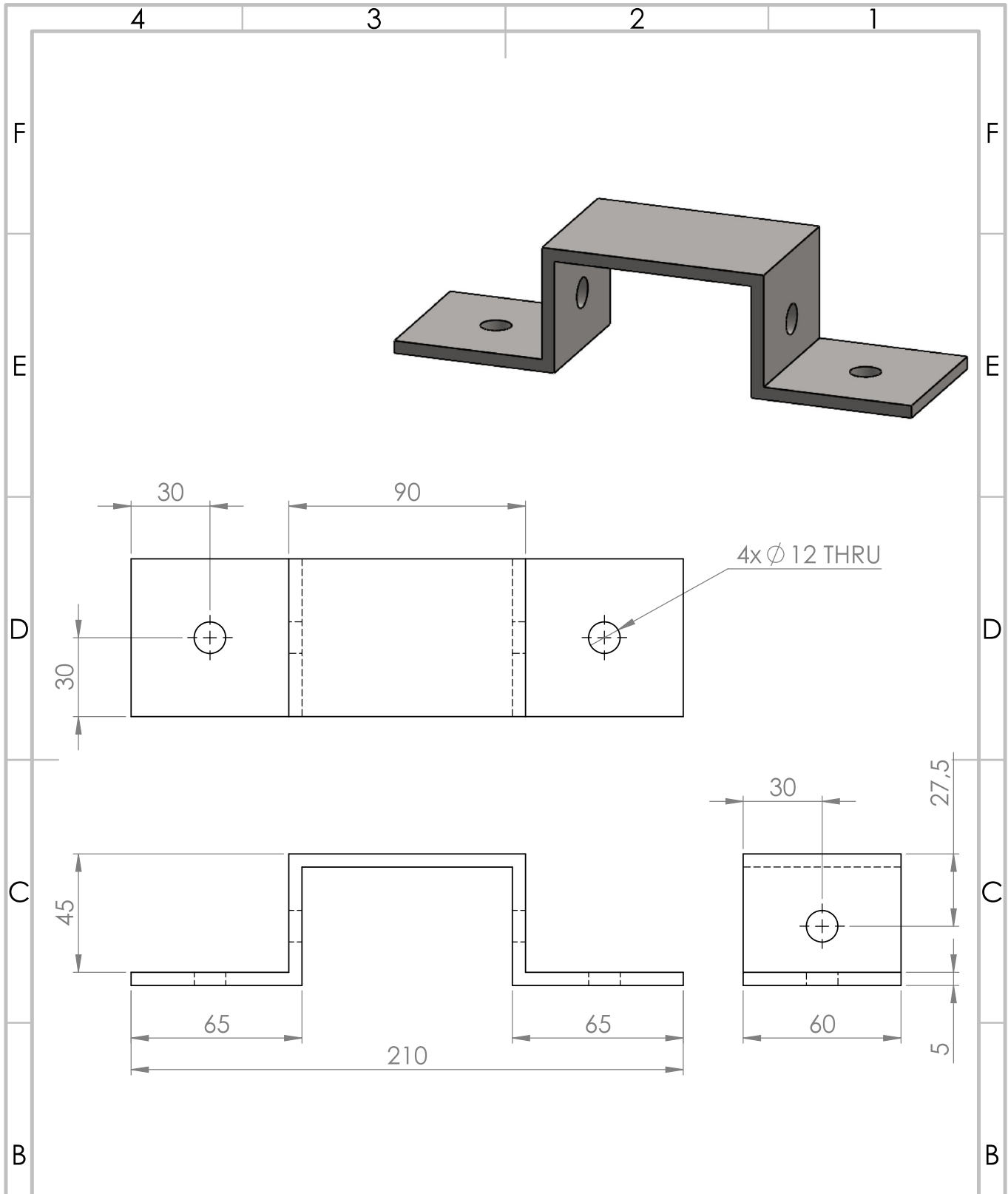
DWG NO.

A4

WEIGHT:

SCALE:1:5

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 01

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	IRSYAD JANNATA				
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:  
**PENAHAN BELAKANG 1**

DWG NO.

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

A

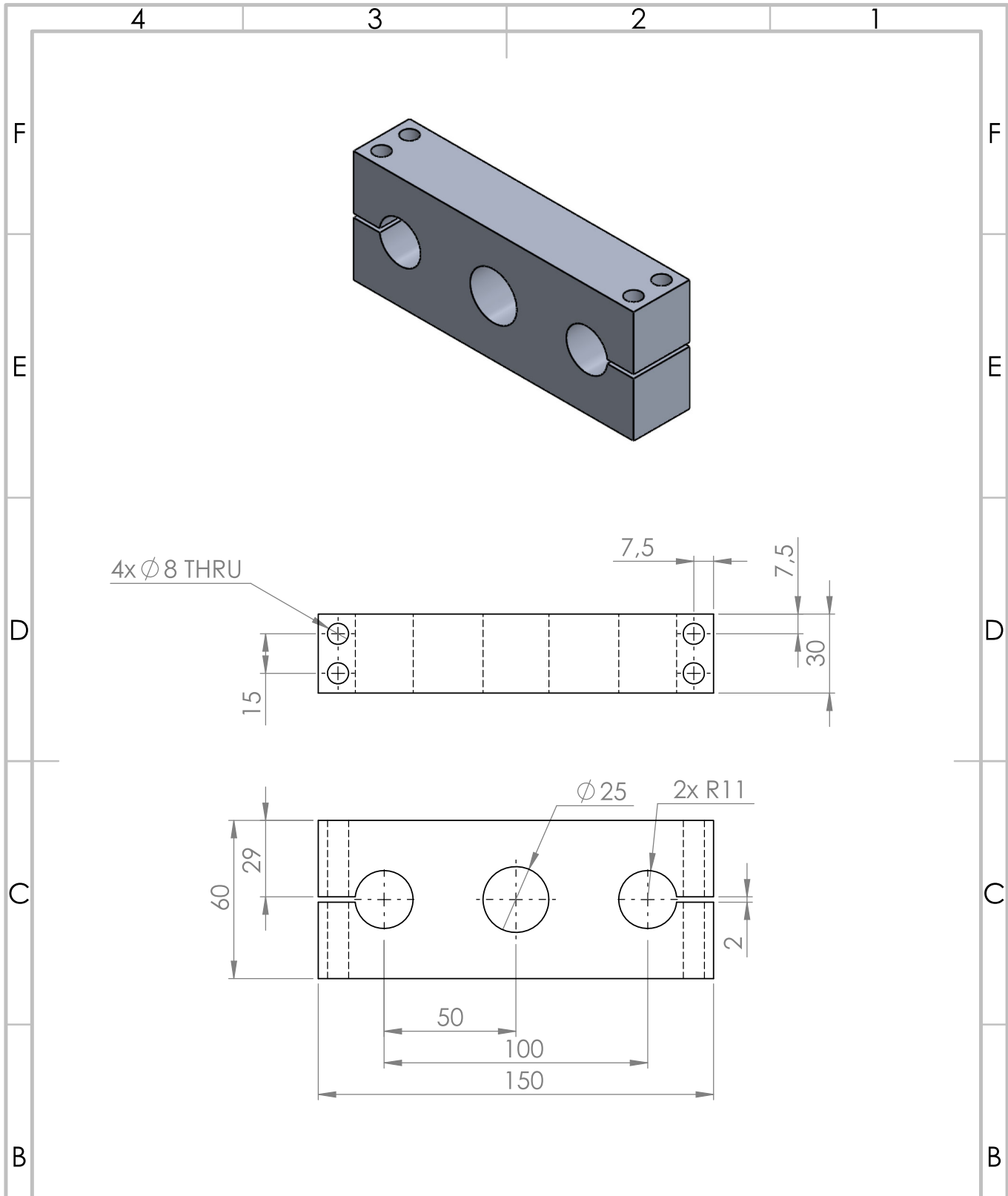
A

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:  
**PENGUNCI FORK**

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

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

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

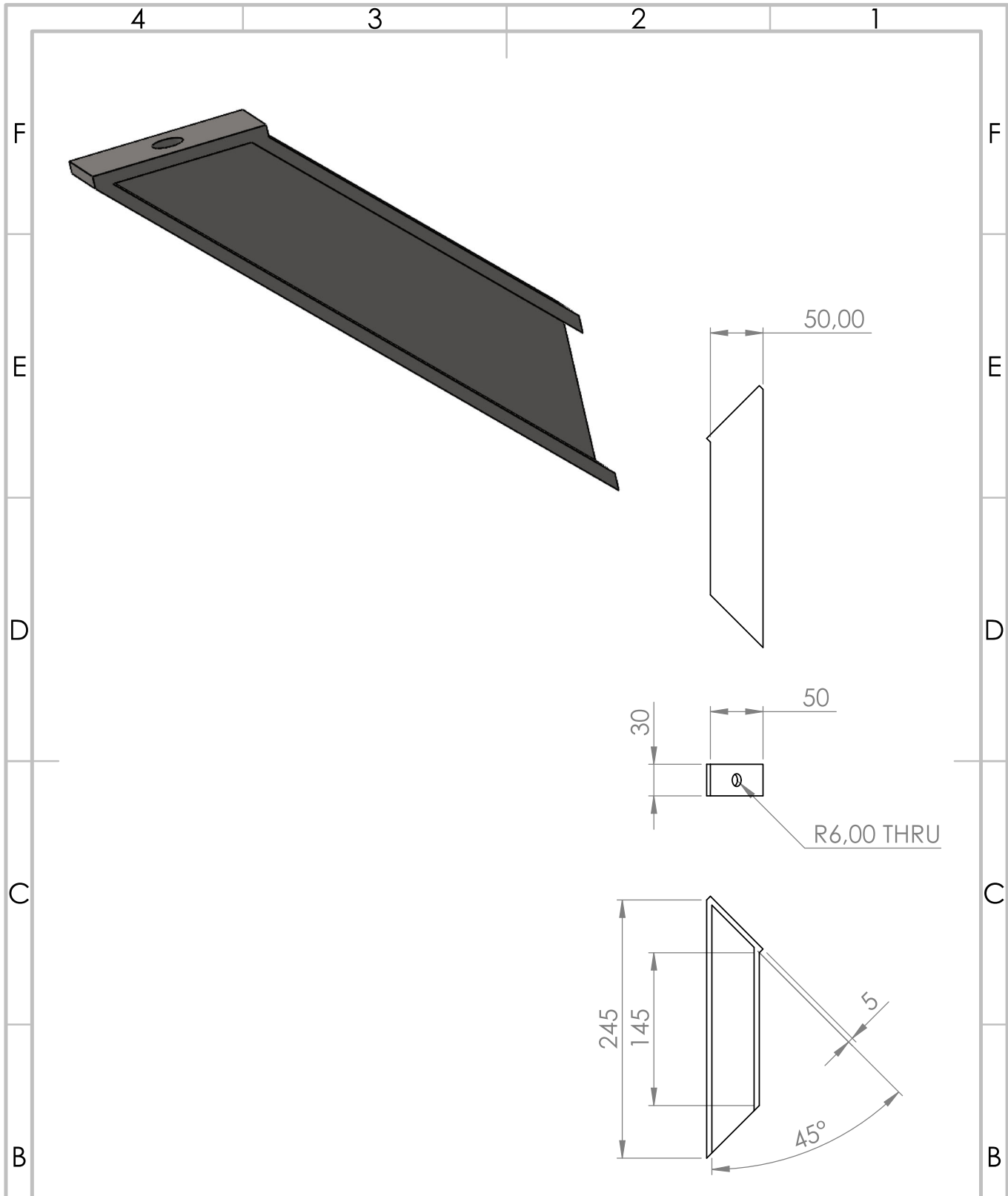
SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

A4

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					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

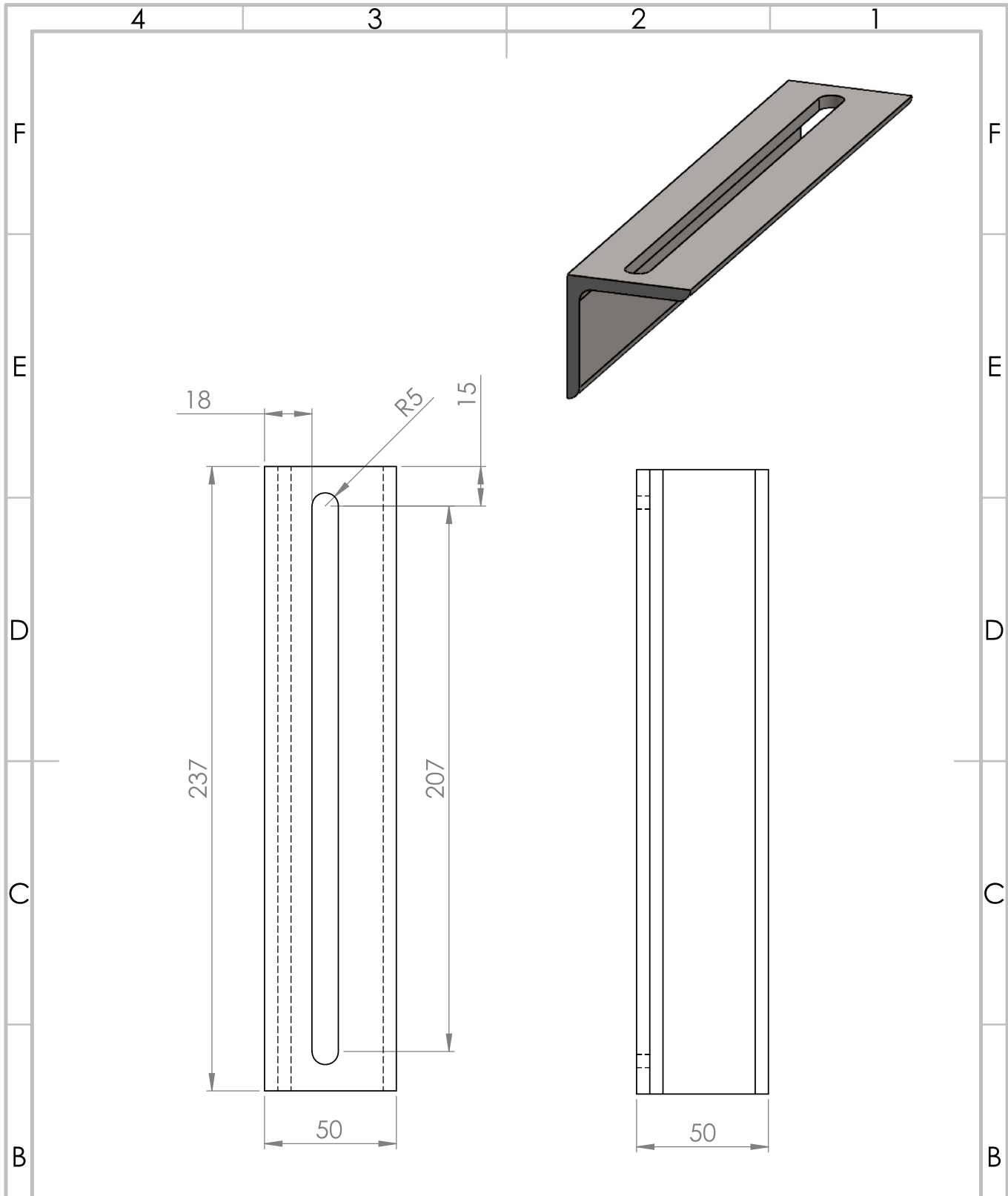
# SUPPORT KAKI RANGKA ALAT UJI

DWG. NO.

A4

SCALE:1:5

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 02

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN	IRSYAD JANNATA			
CHK'D				
APP'VD				
MFG				
Q.A				
				MATERIAL:
				WEIGHT:

TITLE:

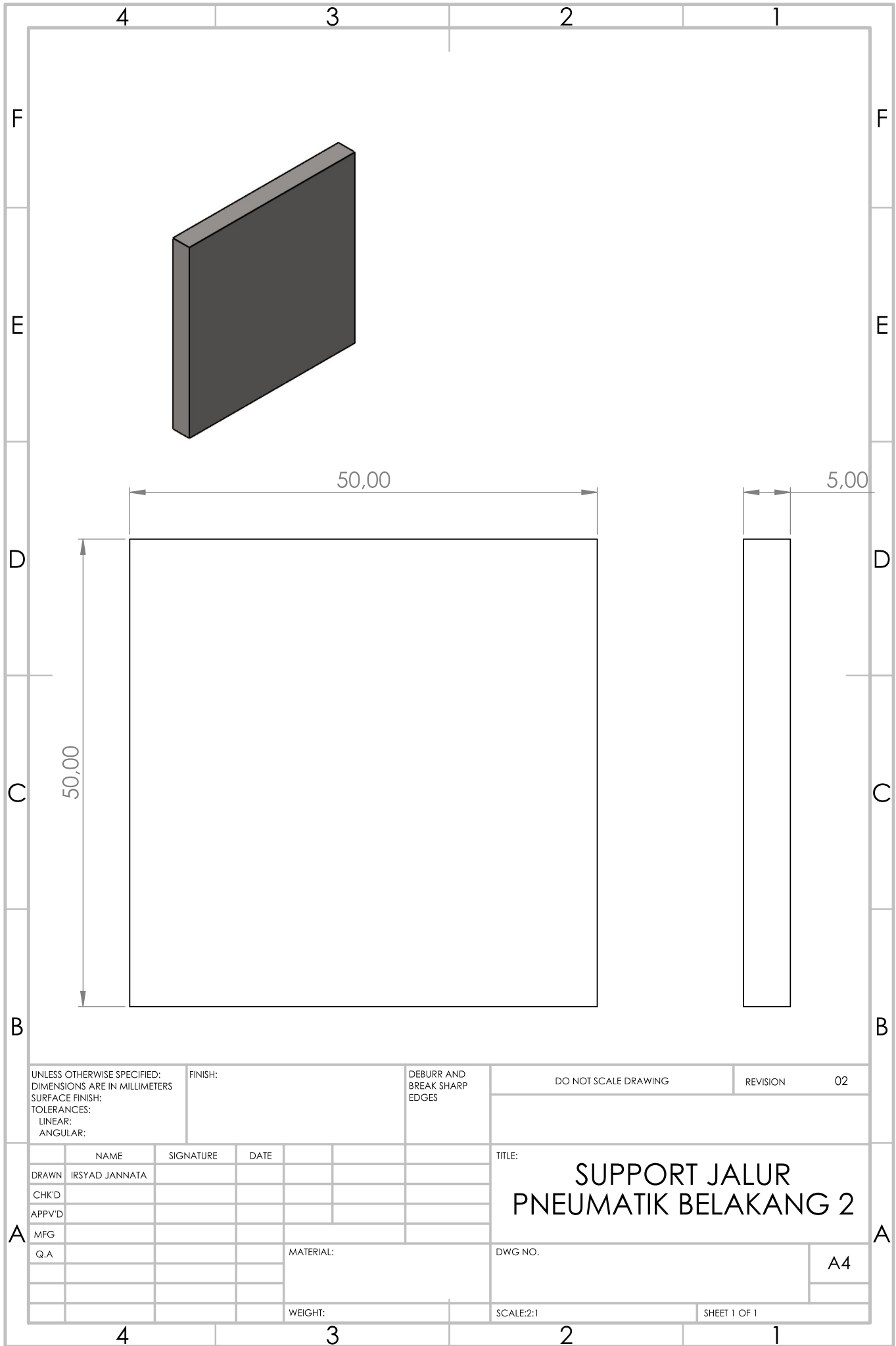
**JALUR PNEUMATIK  
 BELAKANG**

DWG NO.

A4

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 02

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

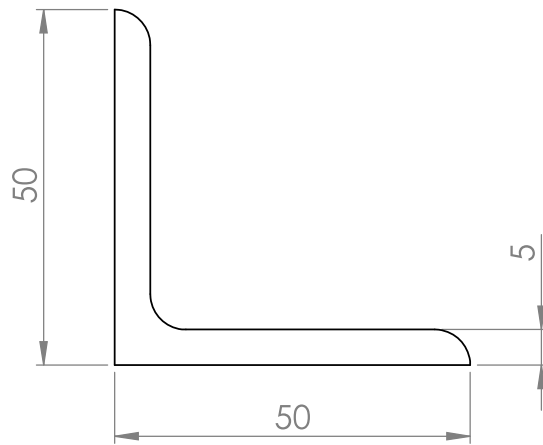
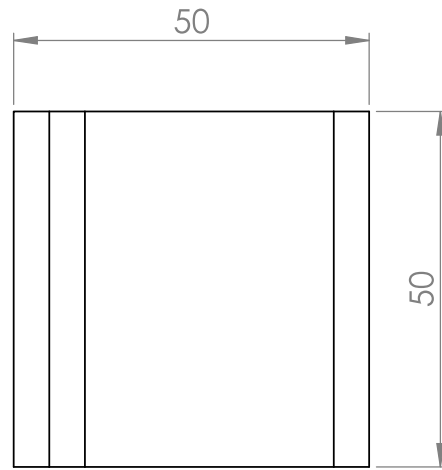
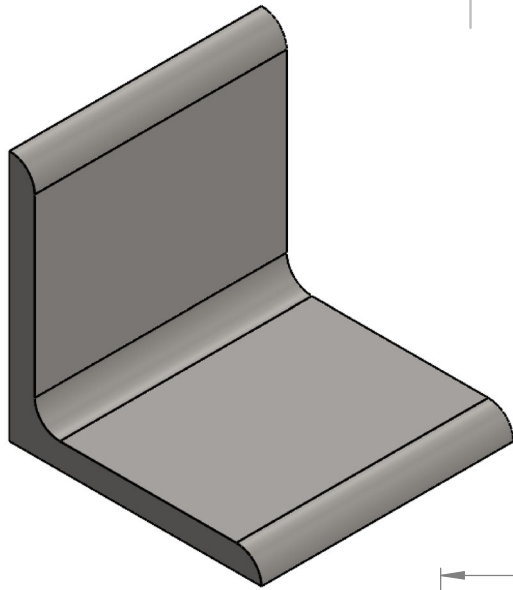
TITLE:  
**SUPPORT JALUR  
 PNEUMATIK BELAKANG 2**

DWG NO.

A4

SCALE:2:1

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 02

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

TITLE:  
**SUPPORT JALUR  
 PNEUMATIK BELAKANG 1**

DWG NO. A4

SCALE:1:1 SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

E

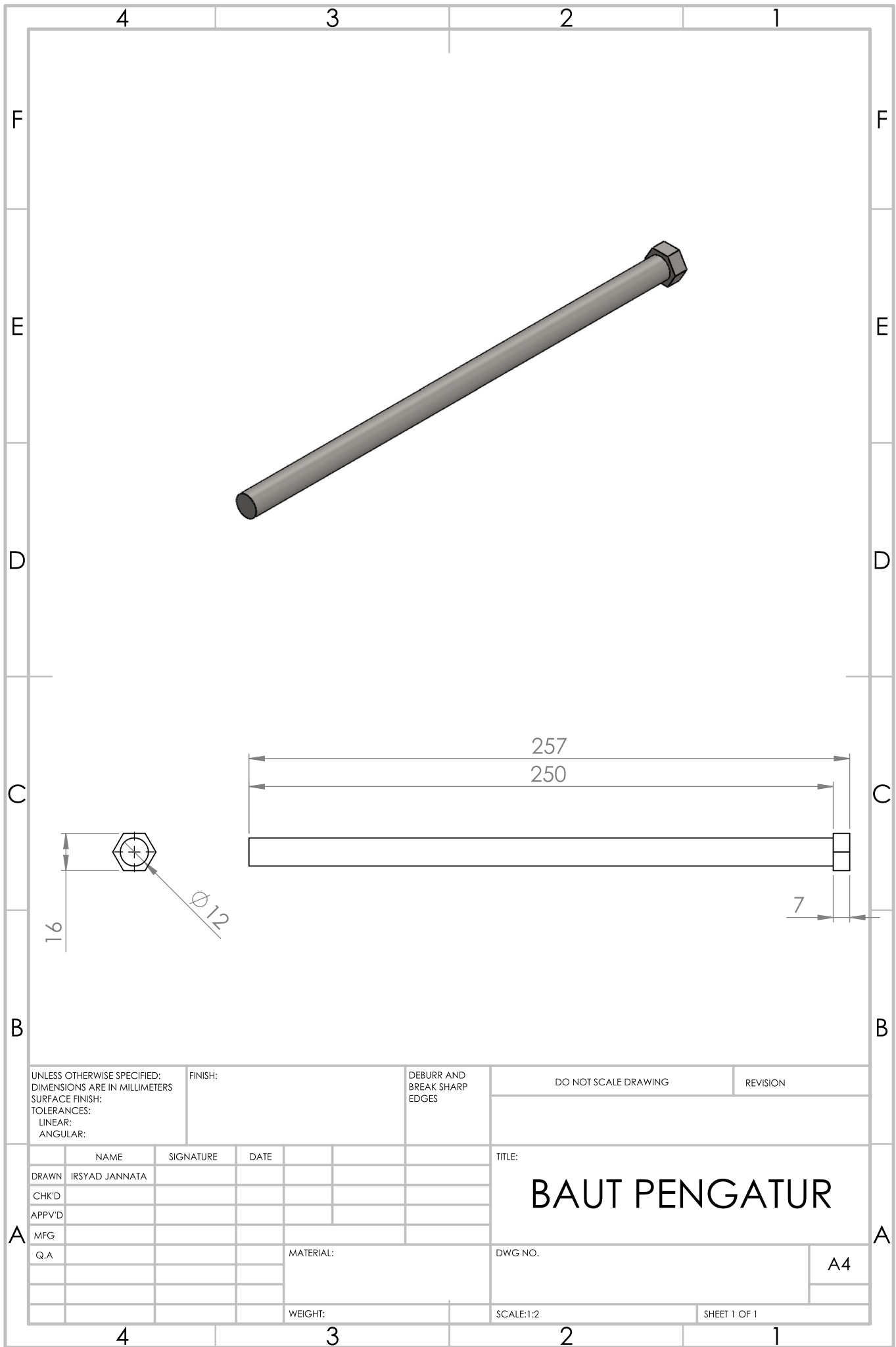
D

C

B

A

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

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	IRSYAD JANNATA				
CHK'D					
APP'VD					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:

**BAUT PENGATUR**

DWG. NO.

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1